

Zur Stabilität des Aromas abgefüllter Weißweine

Volker Schneider, Bingen

Nicht immer verläuft die Alterung von Weißweinen auf der Flasche so wie gewünscht. Während im unteren Qualitätssegment der UTA ein weit verbreitetes Problem darstellt, wird bei höherwertigen Erzeugnissen die Haltbarkeit eher durch das Auftreten von Altersfirne eingeschränkt. Altersfirne ist eine eng umschriebene sensorische Erscheinung, die stets mit einem Verlust von Fruchtaromen einhergeht. Der Abbau des im Herbst mit viel Mühen erzeugten Fruchtaromas kann ein seriöses Problem werden. In nicht wenigen Betrieben läßt sich die Situation auf einen einfachen Nenner bringen: Im Herbst wird das Aroma erzeugt, im Flaschenlager wird es zerstört. Der Erhaltung der gewünschten Aromen kommt daher eine ähnliche Bedeutung zu wie ihrer Gewinnung.

Aromaveränderungen während der Flaschenlagerung sind grundsätzlich nicht zu vermeiden und können bei höherwertigen Weißweinen sogar erwünscht sein, wenn sie zu einer komplexen Edelfirne führen. Dabei sollen fruchtige Aromakomponenten auf jeden Fall noch zu erkennen sein. Die hedonische Bewertung fällt jedoch negativ aus, wenn das Aromaprofil einseitig durch Altersfirne dominiert wird. In diesem Fall entstehen erhebliche Einbußen an Marktwert und Akzeptanz. Lagertemperatur, Flaschenverschluß und Phenolbelastung der Weine wurden als entscheidende Parameter erkannt. Ihr Einfluß auf die Aromastabilität von Weißweinen war daher Gegenstand eingehenderer Untersuchungen.

Obwohl Altersfirne immer noch mit der gleichen Frequenz wie in früheren Jahrzehnten auftritt, wird sie in der Sensorik weniger gezielt angesprochen. Verantwortlich ist dafür zum Teil eine Verlagerung der Aufmerksamkeit hin zu anderen Alterungsaromen wie den untypischen Alterungston (UTA) und Lagerböckern, besonders aber ein unpräziser und nachlässiger Sprachgebrauch in der Beschreibung und Zuordnung der verschiedenen Alterungstöne. Als Beitrag zur Objektivierung und sprachlichen Bereinigung sind in Tabelle 1 Alterungsaromen mit ihren geruchlichen Deskriptoren aufgelistet. Danach ist die Altersfirne eindeutig definiert als ein überwiegend trocken-vegetatives Aroma, welches an schwarzen Tee, altes Stroh, feuchte Gartenerde, Pilzkonserven, Honig und Nüsse erinnert (1). Naturgemäß ist ihr Auftreten stets an eine verminderte Wahrnehmung der fruchtig-floralen Aromakomponenten gebunden. Der Verlust an Fruchtaroma kann auf einen Zerfall der zugrunde liegenden Moleküle und durch seine Maskierung durch neu entstandene Produkte der Alterungsreaktionen erklärt werden. Meist stellt sich zuerst eine Verringerung von Fruchtaroma ein, ehe eine eventuell auftretende Altersfirne bewußt wahrgenommen wird. Diese Erscheinungen treten weitgehend unabhängig von der Höhe des Gehalts an freier schwefliger Säure auf. Der UTA ist eine fehlerhafte Abweichung von dieser Regel, und positive Alterung eine Ausnahme unter Weißweinen.

Sauerstoff an Alterung beteiligt

Die Veränderungen des Aromas während der Alterung werden in der einschlägigen Literatur (2,3,4,5,6) zusammengefaßt als

- Veränderungen im Gehalt der Ester; Abnahme der Acetate und Zunahme der Ethylester;
- Bildung von gänzlich neuen Substanzen aus dem Abbau von Kohlenhydraten und Carotinoiden;
- säurekatalysierte Reaktionen der Terpene, aber auch deren Freisetzung aus glycosidischen Bindungsformen.

Flüchtige Phenole, überwiegend mikrobiologischen Ursprungs, liegen in reduktiv ausgebauten Weißweinen unterhalb ihres Geruchsschwellenwertes vor und beinhalten Geruchsbilder, die mit dem der Altersfirne nichts gemeinsam haben (4,7).

Einige dieser Reaktionen stehen in direktem Zusammenhang mit einem Abbau von Fruchtaromen. So ist der hydrolytische Zerfall der Acetate, unvermeidbar im sauren pH-Bereich des Weines, verantwortlich für die Minderung fruchtiger Jungweinaromen aus dem Gärungsstoffwechsel der Hefe. Die Umwandlung von Terpenen in solche geringerer Geruchsintensität bedingt eine Minderung des typischen Sortenbuketts. Flüchtige Schwefelverbindungen, die an dem Sortenaroma einiger Rebsorten beteiligt sind, können auf oxidativem Weg zerstört werden.

Während über den Abbau von Fruchtaromen recht viel bekannt ist, sind die für die Altersfirne verantwortlichen Reaktionsmechanismen und Endprodukte kaum erforscht. Zahlreiche Indizien deuten jedoch darauf hin, dass Zucker und Aminosäuren über sehr langsam verlaufende Karamelisierungsreaktionen und solche vom Typ der Maillard-Reaktion involviert sind.

Reaktionen von Aminosäuren mit Aldehyden und Ketonen zu geruchlich aktiven Substanzen wurden unter den Bedingungen des Weins nachgewiesen. Insbesondere S-haltige Aminosäuren wie das Cystein führen zu diversen Pyrazinen, Thiazolen, Thiazolidinen und Oxazolen, die für komplexe Aromen nach Haselnüssen, gegrilltem Fleisch und reifen Früchten verantwortlich sind (8). Unabhängig davon wurden über einen völlig anderen Syntheseweg gebildete Lactone zumindest teilweise für das firne Geruchsbild verantwortlich gemacht (9).

Unter oxidativen Bedingungen werden durch gekoppelte Oxidation von *ortho*-Dihydroxyphenolen Acetaldehyd, höhere Aldehyde und Aldehydacetale gebildet (10), die wesentlich am Aroma von Sherry beteiligt sind. Die Bildung von Aldehyden ist ein Oxidationsproblem und führt zu einer sensorischen Beeinträchtigung (11). Simpson (12) konnte in Riesling nachweisen, dass infolge oxidativer Alterung eine Reihe von Substanzen gebildet werden, die bei Alterung unter Luftabschluß nicht entstehen. Zu solchen geruchlich aktiven Verbindungen zählten u. a. höhere Aldehyde einschließlich Benzaldehyd und Furfurale. Ferreira da Silva und Bertrand (13) fanden unter den Bedingungen oxidativer Lagerung im Holzfaß ebenso eine Zunahme von Carbonylverbindungen wie gesättigte und ungesättigte Aldehyde sowie Methylketone. Sie schreiben die Altersfirne dem 2-Nonanon und dem 2-Undekanon zu.

Escudero et al. (14) fanden nach der Oxidation von sechs Weißweinen 22 neue geruchlich aktive Substanzen. Vier davon lagen in allen Weinen und 13 in mehr als der Hälfte der Weine vor. Mehrere dieser Komponenten wiesen unangenehme bzw. oxidierte Geruchsnuancen auf. In der deskriptiven Analyse stellten sich 15 geruchliche Attribute als durch die Oxidation beeinflusst heraus. Das Aromagramm veränderte sich zu über 60 %. Für das Aromabild oxidierter Weine werden hauptsächlich höhere Aldehyde verantwortlich gemacht. Es ist ein allen Weinen gemeinsames Oxidationsmuster ersichtlich.

Lavigne-Cruech et al. (15) identifizierten 2,5-Furandicarbaldehyd, Furylhydroxymethylketon und Hydroxymaltol als chemische Marker für die Entstehung von Altersfirne, insbesondere des Attributs Honig, während der Lagerung teilgeklärten Weißweins im Holzfaß. Durch periodisches Aufschlagen der Hefe konnte die Bildung der genannten Verbindungen als auch der Altersfirne erheblich gemindert werden. Für den stabilisierenden Effekt der Hefe wird ihre Abgabe reduzierender Substanzen wie Cystein und Glutathion an das Milieu verantwortlich gemacht, die die Oxidation hemmen.

Eine andere Erklärung der Reduktionskraft der Hefe wird in ihrer Fähigkeit gesehen, große Mengen Sauerstoff zu verarbeiten und so der Reaktion mit oxidierbaren Weininhaltsstoffen zu entziehen (16).

Andererseits scheint die Reduktionskraft der Hefe in der postfermentativen Phase langfristig nicht alle Oxidationen unterbinden zu können. Während der Flaschengärung von Sekten wurden Unterschiede in der Sauerstoffdurchlässigkeit verschiedener Kronkorken festgestellt, die auf die Qualität der synthetischen Bidule zurückzuführen waren. Es entstanden sensorische Unterschiede zwischen Flaschen innerhalb einer Charge. Mit der Sauerstoffdiffusion durch den Flaschenverschluß nahmen oxidative Aromen wie gekochte Früchte, Toast, trockene Kräuter und laktisch zu (17).

Aus dem Vorliegenden ist ersichtlich, dass das Entstehen der Altersfirne an die Aufnahme und Umsetzung von Sauerstoff gebunden ist, und dass Carbonylverbindungen wie höhere Aldehyde und deren Folgeprodukte zu den geruchlich verantwortlichen Substanzen zählen. Damit stellt sich die Frage, ob und in welchem Ausmaß Sauerstoff in die Flasche gelangen kann, und welche Rolle der Flaschenverschluß bei abgefüllten Weißweinen spielt.

Kork beschleunigt oxidative Alterung

Im Wein gelöster Sauerstoff entzieht sich der Bestimmung, nachdem er sich mit Weininhaltsstoffen umgesetzt hat. Aus den Folgen der Oxidation kann nicht auf die Menge umgesetzten Sauerstoffs zurückgeschlossen werden.

Zur Messung der Sauerstoffaufnahme durch den Flaschenverschluß wurde eine wässrige Lösung abgefüllt, in der Sauerstoff eine meßbare Veränderung hervorruft, die stöchiometrisch umgerechnet werden kann. Diese Lösung enthielt 12% Ethanol, 150 mg/l Ascorbinsäure, 2,5 g/l Weinsäure und 2,0 mg/l Ei-

sen. Die Aufnahme von 1 mg Sauerstoff führt zu einer Minderung der Ascorbinsäure um 5,51 mg. Die Flaschen von 750 ml waren mit Stickstoff vorgespannt und wurden mit 18 verschiedenen Korken und einem Anrollverschluß verschlossen. Jede der 19 Varianten wurde während 12,5 Monaten unter verschiedenen Bedingungen gelagert: liegend bei 22°C, liegend bei 12°C, und stehend bei 12°C. Anschließend wurde der durch den Verschluß diffundierte Sauerstoff aus der Abnahme der Ascorbinsäure errechnet.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammengefaßt und als Sauerstoffdiffusion in mg O₂ pro Verschluß und Jahr dargestellt. Es zeigt sich, dass alle Korken eine bemerkenswerte Aufnahme von Sauerstoff zulassen, die um einen Mittelwert von 15,4 mg O₂ pro Jahr schwankt. Nur die mit Schraubverschluß verschlossenen Varianten zeigten mit 4-5 mg O₂ eine deutlich geringere Sauerstoffaufnahme. Bei den Korken ergaben sich signifikante Unterschiede in der Sauerstoffdiffusion in Abhängigkeit von der Lagerung. Eine Lagerung bei 12°C führt zu einer deutlich höheren Sauerstoffaufnahme als eine solche bei 22°C, bedingt durch die bessere Löslichkeit des Gases in der Kälte. Die stehende Lagerung bei 12°C ergab die stärkste Streuung zwischen den Korken; die Sauerstoffdiffusion schwankte zwischen 9 und 17 mg O₂ pro Jahr. In den bei 12°C liegend aufbewahrten Varianten minimierten sich die Unterschiede zwischen den Korken.

Der Korkverschluß versorgt also den Wein mit beachtlichen Mengen von Sauerstoff, die für Alterungsreaktionen zur Verfügung stehen. Der Schraubverschluß verringert die Sauerstoffaufnahme um einen Faktor von zwei bis drei.

Je nach Flaschengröße wirkt der Sauerstoff auf unterschiedliche Weinvolumen. Ein in einer 0,375 Liter-Flasche abgefüllter Wein erfährt, pro Liter, eine annähernd dreifach höhere Sauerstoffzufuhr als der in einer 1,0 Liter-Flasche. Daraus wird die Problematik beschleunigter oxidativer Alterung in kleinen Flaschengrößen deutlich.

Altersfirne durch Korken

Die Sauerstoffaufnahme läßt einen Einfluß auf die sensorische Qualität erwarten. In einem weiteren Lagerversuch wurde ermittelt, inwiefern sich die unterschiedliche Sauerstoffpermeabilität der Flaschenverschlüsse auf die Aromastabilität von Weißweinen auswirkt. Dazu dienten ein Riesling QbA und eine Faberrebe Spätlese, deren Matrix zusätzlich variiert wurde durch Zugabe von je 30 mg/l flavonoider Phenole in Form von Phenolextrakt aus Traubenkernen, und 30 mg/l reinem Catechin. Die drei Varianten pro Wein wurden mit identischem Gehalt an freier SO₂ auf Flaschen von 0,75 l abgefüllt, von denen ein Teil mit Schraubverschluß und ein anderer Teil mit Naturkork verschlossen wurde.

Die Lagerdauer betrug 15 Monate, davon sechs Monate liegend bei 12°C und neun Monate stehend bei 22°C. Die nachfolgende sensorische Auswertung umfaßte u. a. die Bewertung der geruchlich wahrnehmbaren Intensität von Altersfirne mittels der Rangziffernmethode. Das Prüfpersonal bestand aus mit der Fragestellung vertrauten Winzern, denen die Proben kodifiziert gereicht wurden.

In einer ersten Probe wurden wurde der Effekt des Flaschenverschlusses bewertet. Für jede der drei Varianten pro Wein wurden Schraubverschluß und Kork paarweise miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 widergegeben.

In allen Fällen zeigte die mit Schraubverschluß verschlossene Variante weniger Altersfirne als die mit Naturkork abgefüllte Variante. In vier der sechs Fälle waren die Unterschiede statistisch signifikant auf einem Niveau von $p = 0,05$. Diese Unterschiede traten auch in den Ausgangsweinen auf, deren Phenolgehalt nicht erhöht wurde und als optimal galt.

Die gemachten Beobachtungen erlauben folgende Schlußfolgerungen:

- Das Entstehen von Altersfirne ist zumindest teilweise ein oxidativer Vorgang und an das Hinzutreten von Sauerstoff gebunden.
- Der Schraubverschluß schützt Weißweine besser vor Alterung als Korken. Das signifikant schlechtere Abschneiden der Korken ist durch ihre höhere Sauerstoffdurchlässigkeit bedingt.
- Unterschiede in der Sauerstoffdurchlässigkeit zwischen den Korken führen zu unterschiedlichen Alterungsraten. Sie ist ein bis jetzt unterbewertetes Qualitätskriterium von Korken.

Phenole produzieren Peroxide

Die soweit erzielten Ergebnisse geben keine Auskunft darüber, in welcher Art der Sauerstoff in die beteiligten Reaktionen eingebracht wird - sei es in seiner relativ trägen molekularen Form (O_2) oder in einer seiner aktivierten Formen wie das Hydroxylradikal und Wasserstoffperoxyd mit ungleich höherer Oxidationskraft. Die aktivierten Formen sind in der Lage, Substanzen zu oxidieren, die der direkten Oxidation mit molekularem Sauerstoff nicht zugänglich sind. Sie setzen aber die Anwesenheit von Aktivatoren voraus (18). Solche Aktivatoren sind abhängig von der Matrix des Weins und erklären, warum eine gegebene Menge chemisch umgesetzten Sauerstoffs zu unterschiedlichen Oxidationsergebnissen führen kann.

Diese Verhältnisse wurden am besten für Wasserstoffperoxyd untersucht, welches als intermediäres Produkt bei der Oxidation von ortho-Dihydroxyphenolen entsteht (10). Zu diesen Phenolen zählen Derivate der reichlich vorhandenen Hydroxymethylsäuren wie die Catechinsäure, einige Anthocyane im Rotwein, Catechine und ihre Polymerisate, sowie Ellagittannine aus dem Faßholz oder aus Tanninpräparaten. Die beiden ersten sind schwache Peroxydbildner. In Weißweinen sind überwiegend Catechine sowie ihre Derivate und Polymere (Procyanidine) für eine mögliche Peroxydbildung verantwortlich. Sie können analytisch als flavonoide Phenole erfaßt werden. Obwohl der flavonoiden Phenolfraktion nur ein quantitativ untergeordneter Anteil der Gesamtphenole zukommt, wohnt ihnen eine hohe chemische Dynamik mit sensorischen Konsequenzen inne, die der nichtflavonoiden Phenolfraktion abgehen. Der Gesamtphenolgehalt ist in diesem Zusammenhang völlig unbrauchbar und aussagegelos (19).

Das aus der Phenoloxidation entstandene Peroxyd wird in verschiedene Folgereaktionen eingebracht. Dabei oxidiert es schweflige Säure zu Sulfat, Ethanol zu Acetaldehyd, höhere Alkohole zu höheren Aldehyden, oder wiederum Phenole. Nach der Belüftung von Rotwein beträgt seine Halbwertszeit einige Stunden bis Tage, während es in Weißwein bevorzugt durch die schweflige Säure abgefangen wird (10, 18, 20).

Mittels einer enzymatischen Methode unter Zuhilfenahme des Systems NAD/NADH₂-Peroxidase wurde das Peroxyd bestimmt, wie es nach der Belüftung verschiedener Weine und Modellösungen als Momentanwert vorliegt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Flavonoide Phenole wie Catechin können Sauerstoff tatsächlich zu Peroxyd aktivieren, das in Rotweinen und SO₂-freien Weißweinen nachweisbar ist. In SO₂-haltigen Weißweinen wird die Akkumulation des Peroxyds zu nachweisbaren Mengen durch seine spontane Reaktion mit freier schwefliger Säure unterbunden. Aufgrund dieser Ergebnisse ist es naheliegend, dass der Flavonoidgehalt der Weißweine, obwohl als solches geruchlich inaktiv, Einfluß auf die Aromastabilität bei Zutritt von Sauerstoff hat.

Von den zur sensorischen Bewertung der Flaschenverschlüsse verwandten Weinen wurden die mit Naturkork verschlossenen Varianten unter dem Aspekt ihrer Phenolmatrix geruchlich verglichen. Für jeden Wein wurde der Standard, die mit Catechin angereicherte Variante und die mit Kernextrakt angereicherte Variante im direkten Vergleich miteinander bewertet. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse.

Die Erhöhung des Gehaltes an flavonoiden Phenolen, sei es durch Zusatz von reinem Catechin oder von Flavonoidextrakt aus Traubenkernen, führte zu einer signifikanten Zunahme der geruchlich wahrnehmbaren Altersfirne. Waren die gleichen Weine mit Schraubverschluß gelagert, ergab sich keine signifikante Abhängigkeit der Altersfirne vom Flavonoidgehalt (Daten nicht dargestellt).

Die analytisch nachweisbare Peroxydbildung durch flavonoide Phenole ist somit sensorisch nachvollziehbar. Durch diesen Mechanismus beschleunigen und verstärken Flavonoide die oxidative Alterung von Weißwein, wenn Sauerstoff durch den Korken oder in der Abfüllung vorgelagerten Phasen hinzutritt. Erhöhte Sauerstoffaufnahme durch strapaziöse Weinbehandlung leitet die entsprechenden Reaktionen schon im Faßwein ein.

Ein Teil des Sauerstoffs oxidiert direkt in seiner molekularen Form; ein anderer Teil oxidiert als Peroxyd Substanzen, die nicht direkt mit molekularem Sauerstoff reagieren. Die relativen Anteile sind schwerlich zu quantifizieren. Nichts ist über die Reaktionswege bekannt, die vom Peroxyd zu den als Altersfirne geruchlich wahrnehmbaren Verbindungen führen. Es ist jedoch ein Zusammenhang zu erkennen zwischen der Oxidation von Alkoholen zu den entsprechenden Aldehyden in Anwesenheit von

Peroxyd (10) und der Vielfalt aldehydischer Verbindungen (8,11,12,13,14,15), die in oxidativ gealterten Weißweinen gefunden wurden.

Die Belastung der Weißweine mit flavonoiden Phenolen resultiert überwiegend aus deren Extraktion aus den Kernen. Sie ist von der Vinifikation, der Rebsorte und dem Reifegrad abhängig. Der Riesling zählt zu den Sorten mit der geringsten Flavonoidbelastung. Daraus erklärt sich seine beachtliche Haltbarkeit, die nur rein zufällig mit einer erhöhten Säure zusammentrifft. Mit zunehmender Reife stehen mehr extrahierbare Flavonoide zur Verfügung. In der Konsequenz sind Weißweine aus warmen Anbaugebieten tendenziell weniger haltbar als solche aus kühlen Regionen, und Auslesen müssen nicht unbedingt haltbarer als Qba-Weine sein. Diese Einflüsse werden jedoch durch die der Vinifikation überlagert, woraus sich eine ausgesprochene Betriebsspezifität ergibt. Schonende Traubenverarbeitung genügt allein nicht zur Erzeugung haltbarer Weine, wenn keine scharfe Mostvorklärung nachfolgt. Mit dem Mosttrub werden flavonoide Phenole abgetrennt, die durch die passive Oxidation des Mostes ausgeflockt sind. Durch gezielte Mostoxidation wird dieser Effekt optimiert, woraus sich die außerordentliche Aromastabilität mostoxidierter Weißweine ergibt (21). Der Einsatz schwefliger Säure konserviert die Phenole auf dem hohen Niveau, wie es nach dem Pressen vorliegt.

Wärme zerstört Fruchtaromen

Da alle chemischen Reaktionen durch Wärme beschleunigt werden, war der Einfluß der Lagertemperatur auf die Aromastabilität Gegenstand weiterer Untersuchungen. Zu diesem Zweck wurden verschiedene, mit Kork verschlossene Weißweine aus der laufenden Produktion während 10 Monaten liegend bei drei verschiedenen Temperaturstufen gelagert: 12, 17 und 22°C. Die sensorische Auswertung nach der Rangziffermethode umfaßte Fruchtaroma und Altersfirne über Nase. Die Resultate gehen aus Tabelle 5 hervor. Sie belegen eindeutig, dass mit zunehmender Temperatur im Flaschenlager die Altersfirne von Weißweinen zunimmt, während sich umgekehrt das Fruchtaroma entsprechend stärker mindert. Zwischen der niedrigsten und der höchsten Temperaturstufe - 10°C Unterschied - sind die sensorischen Unterschiede fast immer hoch signifikant.

Ein ähnlicher Versuch wurde mit einem Riesling durchgeführt, bei dem Lagertemperatur und Flavonoidgehalt gleichzeitig variiert wurden. Flavonoide Phenole aus Schalenextrakt wurden dem abgefüllten Wein zugegeben und die Flaschen sofort wieder verschlossen. Abbildung 2 zeigt die Ausprägung der Altersfirne nach vier Monaten Flaschenlager mit Korkverschluß. Flavonoide und Wärme wirken zusammen in Hinblick auf den Verlust des Fruchtaromas. In warm gelagerten Weinen sind erhöhte Flavonoidgehalte schädlicher als unter kalten Lagerbedingungen. Die geringste Altersfirne war bei geringem Flavonoidgehalt und kalter Lagerung zu verzeichnen.

Trotz der höheren Sauerstoffaufnahme bei niedriger Lagertemperatur (Abb. 1) ist die Aromastabilität in der Kälte besser. Offensichtlich überlagern sich mehrere Effekte, die in der Summe das Aroma eines gealterten Weißweins ergeben:

- eine vom Sauerstoff abhängige und durch Flavonoide katalysierte Synthese von Komponenten der Altersfirne, und
- ein von der Temperatur abhängiger und pH-katalysierter Abbau von fruchtigen Aromakomponenten.

Aus der Fülle des Zahlenmaterials (Daten nicht dargestellt) konnten noch weitere Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden: Die Entstehung eines Petroltons, innerhalb eines gewissen Ausmaßes der Qualität nicht unbedingt abträglich, wird gleichermaßen durch Wärme gefördert, soweit der Wein dazu eine Veranlagung aufweist. Eine grundsätzliche Zunahme der Adstringenz schließlich ist einfach zu erklären durch die Polymerisation von flavonoiden Phenolen zu geschmacklich intensiveren Gerbstoffen (22). Der Verlust an Kohlensäure ist bei der höchsten Lagertemperatur am stärksten.

Ein zu warmes Flaschenlager ist eine der häufigsten Ursachen frühzeitiger Alterung von Weißweinen. Es ist sinnlos, die Aromaintensität während der Vinifikation önologisch hochzuputzen, wenn das so gewonnene Aroma nicht erhalten werden kann. Der Temperaturkontrolle des Lagers kommt eine ähnliche Bedeutung wie der Temperaturüberwachung bei der Gärung zu.

Zusammenfassung

Minderung des Fruchtaromas und Auftreten von Altersfirne sind häufig beobachtete Phänomene bei der Alterung von Weißweinen. Sie werden durch Sauerstoff, Wärme und flavonoide Phenole beschleunigt. Der Schraubverschluss erhöht die Aromastabilität gegenüber dem Naturkork aufgrund seiner geringeren Sauerstoffdurchlässigkeit. Kontrolle des Flavonoidgehaltes und Kühlung des Weinlagers sind weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Weißweinen.

Literatur

1. Schneider, V.: Entstehung und Charakterisierung von Altersfirne. Das Deutsche Weinmagazin 14, 1996, 19-21.
2. Rapp, A.: Aromastoffe des Weines. Weinwirtschaft-Technik 7, 1989, 17-27.
3. Rapp, A.: Den Geheimnissen der Weinalterung auf der Spur. Die Winzer-Zeitung 4, 1995, 32-35.
4. Dubois, P.: Les arômes des vins et leurs défauts. Revue Fr. d'Oenologie 145, 1994, 27-40 und 146, 1994, 39-50.
5. Garafolo A., Piracci A.: Evolution des esters des acides gras pendant la conservation des vins. Constantes d'équilibre et énergies d'activation. Bull. de l'OIV 67, 1994, 225-245.
6. Rapp, A.: Foreign and undesirable flavours in wine. In: Les acquisitions récentes en chromatographie du vin (B. Donèche, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 1993, 151-174.
7. Rapp A., Versini G.: Flüchtige phenolische Verbindungen in Wein. In: Tagungsberichte 4. Int. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft, Stuttgart 1995, 20-36.
8. Pripis-Nicolau L. et al.: Les composés dicarbonylés et carbonylés du vins: Précurseurs possibles d'arômes. In: Oenologie 99, (A. Lonvaud-Funel, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 425-427.
9. Muller D.J., Kepner R.E., Webb A.D.: Lactones in wines - a review. Am. J. Enol. Vitic. 24, 1973, 5-9.
10. Wildenradt H.L., Singleton V.L.: The production of aldehydes as a result of oxidation of polyphenolic compounds and its relation to wine aging. Am. J. Enol. Vitic. 25, 1974, 19-26.
11. Baro A.L., Quiros Carrasco J.A.: Les conditions de formation des aldéhydes dans les vins. Bull. de l'OIV 50, 1977, 253-267.
12. Simpson R.: Aroma and compositional changes in wine with oxidation, storage and ageing. Vitis 17, 1978, 274-287.
13. Ferreira da Silva A.C., Bertrand A.: Evolution de quelques constituants du vin de Porto au cours du vieillissement. Etude particulière des composés carbonylés. In: Oenologie 95, (A. Lonvaud-Funel, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 1996, 520-523.
14. Escudero A. et al.: Wine flavour oxidation: Changes in the aroma profiles during oxidation and their potential sensory significance. In: Oenologie 99, (A. Lonvaud-Funel, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 422-424.
15. Lavigne-Cruech V., Cutzach I., Dubourdiou D.: Interprétation chimique du vieillissement aromatique défectueux des vins blancs. Incidence des modalités d'élevage. In: Oenologie 99, (A. Lonvaud-Funel, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 433-438.
16. Schneider, V.: Das Arbeiten mit der Feinhefe. Das Deutsche Weinmagazin , 2000,
17. Tribaut-Sohier I., Valade M.: L'influence du bouchage des Champagnes sur leur vieillissement en bouteilles. In: Oenologie 99 (A. Lonvaud-Funel, Ed.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 439-442.
18. Vivas, N.: Les oxydations et les réductions dans les moûts et les vins. Editions Feret, Bordeaux 1999.
19. Schneider, V.: Oxidative Alterung. I. Analytische Ansätze. Das Deutsche Weinmagazin 17, 1993, 18-26.

20. Singleton, V.L.: Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems: Observations and practical implications. *Am. J. Enol. Vitic.* 38, 1987, 69-77.
21. Schneider, V.: Mostoxidation in neuer Auflage. *Das Deutsche Weinmagazin* 20, 2000, 18-21 und 21, 2000, 10-13.
22. Schneider, V.: Gerbstoffe in Weißwein. *Das Deutsche Weinmagazin* , 2000,

Tabelle 1: Sensorische Charakterisierung von Alterstönen		
Bezeichnung	Deskriptoren	verantwortliche Substanzen
Untypischer Alterungston (UTA)	schmutzige Wäsche, Waschmaschine, Waschpulver, Akazienblüten, Bohnerwachs, Mottenkugeln	2-Aminoacetophenon, Skatol
Altersfirne	schwarzer Tee, altes Stroh, Nüsse, Honig, feuchte Gartenerde, Pilzkonserven	höhere Aldehyde Acetale
Luftton	Sherry	freier Acetaldehyd
Lagerböckser	verbrannter Gummi, Fleisch, roher Schinken, Knoblauch, Hühnerstall, gekochter Kohl, faules Gemüse	s-haltige organische Verbindungen
Petrolton	Kerosin, Benzin	1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalin (TDN)

Tabelle 2: Einfluß des Flaschenverschlusses auf die geruchliche wahrnehmbare Altersfirne bei zwei Weißweinen unterschiedlicher Phenolmatrix.

Vergleich des Flaschenverschlusses im Dual-Test pro Variante. Mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnete Rangziffern unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$.

	Riesling QbA trocken	Faberrebe SPL trocken
Standard + Schraubverschluß	1,083 ^A	1,167 ^A

Standard + Naturkork	1,917 ^B	1,833 ^B
+Kernextrakt +Schraubverschluß	1,333 ^A	1,083 ^A
+ Kernextrakt + Naturkork	1,667 ^A	1,917 ^B
+ Catechin + Schraubverschluß	1,250 ^A	1,416 ^A
+ Catechin + Naturkork	1,750 ^B	1,667 ^A

Tabelle 3: Momentane Peroxydkonzentration (als mg/l H₂O₂) nach der Belüftung (9 mg/l O₂) verschiedener Weine und Modellösungen.

Medium	H ₂ O ₂ , mg/l
Wasser	0
Wasser + 10 mg/l H ₂ O ₂	9,2
Ethanol 10%	0
Ethanol 10% + 250 mg/l Catechin	7
diverse Weißweine mit freier SO ₂	0
diverse Weißweine ohne freie SO ₂	0 - 0,5
diverse Rotweine	1,0 - 4,6

Tabelle 4: Einfluß der Phenolmatrix auf die geruchlich wahrnehmbare Altersfirne zweier mit Naturkork verschlossener Weißweine.

Auswertung nach der Rangziffernmethode. Mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnete Rangziffern unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von p = 0,05.

	Riesling QbA trocken	Faberrebe SPL trocken
Standard	1,583 ^A	1,583 ^A
+ 30 mg/l Flavonoide als Kern-extrakt	1,750 ^A	2,500 ^B
+ 30 mg/l Flavonoide als Cate-chin	2,667 ^B	2,167 ^B

Tabelle 5: Einfluß der Lagertemperatur auf die sensorisch wahrnehmbare Alterung von Weißweinen.

Auswertung nach der Rangziffernmethode. Mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnete Rangziffern unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$.

Rebsorte	Parameter	Lagertemperatur		
		12°C	17°C	22°C
98 Rhh. Riesling Kabinett	Altersfirne	1,214 ^A	1,929 ^{AB}	2,714 ^B
	Fruchtaroma	2,500 ^A	1,714 ^{AB}	1,429 ^B
98 Rhh. Silvaner Kabinett	Altersfirne	1,429 ^A	2,071 ^{AB}	2,500 ^B
	Fruchtaroma	2,357 ^A	1,929 ^{AB}	1,500 ^B
98 Rhh. Weißburgunder Kabinett	Altersfirne	1,429 ^A	2,143 ^{AB}	2,429 ^B
	Fruchtaroma	1,857 ^{AB}	2,357 ^A	1,571 ^B
98 Spätburgunder Weißherbst QbA	Altersfirne	1,643 ^A	1,714 ^A	2,286 ^A
	Fruchtaroma	2,143 ^A	1,714 ^A	2,071 ^A