



# Einfluss der Lagertemperatur auf das Aroma von Weißwein

Mit dem Erscheinen dieser Ausgabe der DWZ ist die heißeste Zeit des Jahres erreicht. Nur die wenigsten Winzer haben jedoch eine präzise Information über die Temperatur in ihrem Flaschenlager. Volker Schneider, Bingen, geht in diesem Beitrag auf die Bedeutung der Lagertemperatur für Haltbarkeit und Aroma von Weißweinen ein.

Während der Vergärung von Weißwein werden keine Anstrengungen gescheut, um durch Temperaturkontrolle und aktive Kühlung die Erzeugung von Aroma zu maximieren. Ungleich weniger Bedeutung wird der Erhaltung dieser Aromen während der nachfolgenden Lagerung beigemessen. In nicht wenigen Betrieben werden die Aromen, die durch teilweise extrem niedrige Gärttemperaturen erzeugt werden, im Sommer des Folgejahres durch unkontrolliert hohe Lagertemperaturen systematisch zerstört. Es ist sehr gut bekannt, dass erhöhte Temperaturen die Haltbarkeit von Lebens- und Genussmitteln aller Art verringern. Deshalb werden Fleisch, Wurst, Eier und Käse im Kühlschrank aufbewahrt. Demgegenüber sind sich weite Bereiche der Weinbranche immer noch nicht bewusst, dass fruchtige Weißweine ähnlich sensibel auf Wärme reagieren, auf jeden Fall mehr als Rotweine. Folglich wird diese Tatsache auch kaum an die Verbraucher kommuniziert.

Die bekannte Arrhenius-Gleichung besagt vereinfacht, dass die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion exponentiell mit der Temperatur zunimmt. Schon vor langer Zeit wurde für abgefüllte Weine gezeigt, dass die relativen Werte für Sauerstoffaufnahme, Bräunung und  $\text{SO}_2$ -Abbau mit der Temperatur steigen und eine Lagerung von nur wenigen Tagen bei  $40^\circ\text{C}$  zu dramatischen Qualitätseinbußen führt (Ough 1985). Entsprechend dem damaligen Zeitgeist stand das Verhalten der  $\text{SO}_2$  und Farbe als Folge der Sauerstoffaufnahme im Vordergrund. Die Auswirkungen der Wärmebelastung als solcher auf die Aromatik wurden kaum berücksichtigt.

## Abbau von Fruchtroma erfordert nicht zwangsläufig Sauerstoff

Traditionell wurde die Weinalterung mit einer Aufnahme von Sauerstoff in Verbindung gebracht, wie sie zum Beispiel durch ungeeignete Flaschenverschlüsse stattfinden kann. In früheren Jahrzehnten waren Korken mit hoher Sauerstoffpermeabilität ein prägnantes Beispiel dafür. Die Sauerstoffaufnahme durch den Flaschenverschluss löst eine Art von Weinalterung aus, die man oxidative Alterung nennt. Sie war schon immer bekannt gewesen und geht stets mit dem bekannten Verlust von  $\text{SO}_2$  und zunehmender Farbintensität einher. Gleichzeitig werden die fruchtigen Aromen des Jungweins zunehmend durch solche von Nüssen, Honig, Heu, schwarzem Tee, gekochtem Gemüse, gekochten Kartoffeln und feuchter Gartenerde ersetzt.

Mit der Verbreitung der Schraubverschlüsse haben der durch den Verschluss zutretende Sauerstoff und damit die oxidative Alterung jedoch erheblich an Bedeutung verloren. So beträgt die Sauerstoffpermeabilität von Schraubverschlüssen mit Saranex als Dichteinlage nur  $1,0\text{--}1,5\text{ mg/l O}_2$  pro Jahr, während die von den meisten Winzern eingesetzten Schraubverschlüsse mit Zinn-Saran-Dichtscheiben mit  $0,0\text{ mg/l O}_2$  pro Jahr sogar hermetisch abdichten (Vidal et al. 2011). Trotzdem kann man auch unter absolut luftdichten



*Durch nicht-invasive Messung mittels Chemolumineszenz und Lichtfaserkabel kann der gelöste Sauerstoff in verschlossenen Flaschen gemessen werden, ohne dass der unvermeidbare Luftzutritt beim Öffnen der Flasche das Ergebnis verfälschen würde.*  
Foto: V. Schneider

Verschlüssen Verluste von Fruchtroma beobachten, die in keinem Zusammenhang mit einer fehlerhaften Entwicklung (UTA, Lagerböcker) des Weins stehen. Diese Art von Alterung wird als nicht-oxidativ bezeichnet.

## Minderung von Fruchtroma durch Zerfall von Estern

Jedem Winzer ist die rasche Minderung des extrem fruchtigen Aromas junger Weine während der ersten Wochen und Monate nach Abschluss der Gärung bekannt. Sie ist auf einen Abbau von Gäraromen zurückzuführen, die durch den zur Dominanz kommenden Hefestamm gebildet wurden und nicht unbedingt spezifisch für die

Rebsorte sind. Die zugrundeliegende Reaktion ist die saure Hydrolyse von Estern und Acetaten höherer Alkohole im sauren pH-Bereich des Weins. Wenn in Abhängigkeit von der Lagertemperatur nach einigen Monaten das chemische Gleichgewicht zwischen Estern und ihren korrespondierenden Alkoholen erreicht ist, kommt dieser Prozess zum Stillstand (Pérez-Coello et al. 2003). Er ist in jungen Weinen unvermeidbar, nicht an einen Zutritt von Sauerstoff gebunden und wird nicht unbedingt als der Qualität abträglich angesehen. Dem gegenüber sind die traubenbürtigen Aromen (Terpene, Isoprenoide) wesentlich stabiler.

Das sensorisch markanteste Beispiel nicht-oxidativer Aromaverluste durch Hydrolyse kann in Weinen der Rebsorte Sauvignon Blanc beobachtet werden, wenn diese in randvollen Stahltanks gelagert werden. Gleiches gilt nach ihrer Abfüllung mit Schraubverschlüssen, welche mit Zinn-Saran-Dichtscheiben versehen sind. Wenn ungefähr zwei Monate nach der Abfüllung der im Kopfraum der Flaschen eingeschlossene Sauerstoff gebunden und verschwunden ist, liegt ein absolut anaerobes Milieu vor, welches Aromaverluste durch Oxidation ausschließt. Trotzdem ist der Abbau von Sortenaroma innerhalb des ersten Jahres frappierend. Der Grund liegt in der besonderen Chemie des Aromas von Sauvignon und teilweise auch der Scheurebe. Solche Weine, sofern sie aus reifem Lesegut gewonnen werden, enthalten sogenannte Aromathiole, also Schwefelverbindungen, die für ihr typisches Aroma von tropischen Früchten wie Passionsfrüchten, Grapefruit und schwarzen Johannisbeeren verantwortlich sind. Eines dieser Thiole ist das 3-Mercaptohexanol-Acetat (3-MHA). Dabei handelt es sich um einen Ester, der allmählich durch Hydrolyse zum 3-Mercaptohexanol (3-MH) und Essigsäure abgebaut wird. Unglücklicherweise hat das ursprüngliche 3-MHA eine 15-fach höhere Geruchsintensität als das 3-MH (Coetzee und du Toit 2012). Daraus resultieren eine starke Minderung des fruchtigen Sortenaromas und ein andersartiges Aromaprofil innerhalb des ersten halben Jahres nach der Gärung.

Riesling und die meisten anderen Rebsorten weisen zwar auch Aromathiole auf, aber meist unterhalb ihres sensorischen Schwellenwertes.

## Bildung neuer Aromastoffe in der Wärme

So wie eine warme Lagerung den Zerfall fruchtig-floraler Ester beschleunigt, fördert sie auch zusätzlich die Bildung völlig neuer Komponenten. Dazu zählen aromatisch aktive Produkte der Maillard-Reaktion zwischen Aminosäuren, Zuckern, Dicarboxylen (wie Diacetyl) und Ketonen (wie Acetoin), welche Geruchsnoten von gerösteten Haselnüssen, Mais und Popcorn aufweisen (Marchand et al. 2000, Pripis-Nicolau et al. 2000). Solche Noten, die allein durch Wärmebelastung entstehen, sind sensorisch nur schwer zu unterscheiden von denen, welche sich aus der Einwirkung von Sauerstoff ergeben. Sie erklären, warum trotz der hervorragend dichtenden Verschlüsse, die inzwischen verfügbar sind, immer noch starke Verluste von Sorten- und Fruchtroma auftreten, wenn die Weine nach der Abfüllung zu warm gelagert werden.



### Ab ungefähr 18 °C wird es kritisch

Erst um die Jahrtausendwende setzten detailliertere Untersuchungen zu den aromatischen Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturstufen ein. So ergaben die sensorischen Daten aus Lagerversuchen mit italienischen Weißweinen bei 4, 15 und 25 °C, dass die Haltbarkeit bei 4 °C länger als zwei Jahre war, ungefähr 20 Monate bei 15 °C und nur noch 7-9 Monate bei 25 °C (Barbanti et al. 1997).

In Weißweinen verschiedener Rebsorten aus Deutschland ergaben sich nach zehn Monaten Flaschenlager bei 18 °C signifikant niedrigere Intensitäten von fruchtigem Sortenaroma und eine entsprechend stärkere Altersfirne als nach einer Lagerung bei 12 °C; bei 22 °C war die Alterung noch ausgeprägter. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel. Dabei wirkten die Temperaturbelastung als solche und die Sauerstoffaufnahme durch den Verschluss synergistisch (Schneider 2000).

In Grünem Veltliner aus Österreich stellten sich nach einjähriger Lagerung bei 2 und 10 °C fast keine sensorisch erkennbaren Veränderungen in der Aromatik ein. Dagegen führte eine Lagerung über vier Monate bei 20 °C zu Veränderungen des Aromas in einem Ausmaß, welches für den Konsumenten nachvollziehbar war (Stöckl 2003).

Während der Lagerung von jungem Sauvignon Blanc über 12 Monate bei 5, 10 und 18 °C sowie bei Raumtemperatur führte eine Temperatur von 18 °C und höher zu einer übermäßigen Hydrolyse von Estern einschließlich des 3-MHA und zu einer entsprechenden Abnahme des damit zusammenhängenden Aromas von tropischen Früchten. Gleichzeitig verstärkten sich Aromenoten von Holz, Rauch, Butter und Spargelkonserven. Die kühl gelagerten Varianten wiesen die höchsten Intensitäten von „fruchtig“ und „vegetativ“ auf (Makhotkina et al 2012).

### Auswirkungen von Temperaturspitzen während des Transports

Wird Wein während der warmen Jahreszeit transportiert, können unkontrolliert hohe Temperaturspitzen auftreten. Um die reale Wärmebelastung beim Transport abgefüllter Weine durch die USA zu erfassen, wurden mit Temperaturschreibern ausgestattete Flaschen an verschiedenen Stellen eines Containers gelagert. Die akkumulierte Wärmebelastung (Zeit x Temperatur) wurde errechnet und mit der des unter idealen Kellerbedingungen gelagerten Weins verglichen. Es ergab sich, dass die Wärmebelastung während des Transports einer Alterung von 1 bis 18 Monaten unter betriebsüblichen Lagerbedingungen entsprach (Butzke et al. 2012).

In einem ähnlichen Versuch wurde der Einfluss der Temperatur auf einen Chardonnay untersucht, der in Kunststoffanks per Schiff über einen Zeitraum von zwei Monaten von Australien nach Deutschland transportiert wurde. Dabei lag die Weintemperatur während mindestens drei Wochen über 25 °C. Hohe Außentemperaturen und Lagerung der Tanks in der Sonne führten naturgemäß zu einem raschen Anstieg der Weintemperatur. Der Transport während der Tagundnachtgleiche hielt die durchschnittliche Weintemperatur um 6 °C niedriger als der Transport um die Sonnenwende

im Juni bzw. Dezember. In der Sensorik führten die höheren Temperaturen zu verstärkten Sinneseindrücken von Honig und Butter, zu weniger Frische und SO<sub>2</sub> sowie zu höherer Farbintensität. Diese sensorischen Veränderungen gingen mit weitreichenden analytischen Veränderungen einher. Am besten blieb die Weinqualität bei Lagerung der Tanks unter Deck und Transport um die Tagundnachtgleiche erhalten (Walther et al. 2018). Im gleichen Zusammenhang weist eine weitere Studie (Marquez et al. 2012) auf die Bedeutung der Temperaturspitzen während der vor- und nachgelagerten Landtransporte unter Bedingungen heißen Klimas hin. Sie sind meist ausgeprägter als die während des Seetransportes.

Fest steht: Außergewöhnlich hohe Temperaturen, wie sie während des Transportes auftreten können, führen innerhalb kürzester Zeit zu bleibenden Einbußen fruchtiger Sortenaromen. Für Chardonnay ergaben sich signifikante Unterschiede in der Aromatik nach der Lagerung über nur fünf bis neun Tage bei 40 °C im Vergleich mit 5 °C. Es kam zu einer starken Minderung der fruchtig-floralen Aromenoten unter gleichzeitiger Verstärkung solcher von Honig, Tabak und Gummi (de la Presa-Owens & Noble 1997).

### Sauerstoff verstärkt Effekt der Wärme

Natürgemäß sind die sensorischen Ergebnisse der Wärmebelastung auch von der Sauerstoffzufuhr durch den Flaschenverschluss abhängig. In Wechselwirkung mit Sauerstoff üben hohe Lagertemperaturen um 40 °C einen synergistischen Effekt auf die Minderung von Estern, Terpenen und Isoprenoiden aus, welche für das fruchtig-florale Aroma junger Weißweine verantwortlich ist. Gleichzeitig fördern sie die Entstehung altersbedingter Fehl aromen, die an Honig, gekochte Kartoffeln, trockene Kräuter und Mais erinnern. Diese werden im deutschen Sprachgebrauch als Altersfirne umschrieben und sind auch auf erhöhte Gehalte von Oxidationsprodukten wie Phenylacetaldehyd und Methional zurückzuführen (Ferreira da Silva et al. 2002).

Bag-in-Box-Verpackungen sind bekannt für ihre relativ hohe Sauerstoffaufnahme durch ihr Entnahmeventil. Die kombinierten Effekte von Wärme und Sauerstoff wurden dort unter Realbedingungen bei Chardonnay bestätigt, nachdem dieser in Flaschen mit Verschlüssen unterschiedlicher Sauerstoffbarrierewirkung sowie in Bag-in-Box während drei Monaten bei drei verschiedenen Temperaturstufen gelagert wurde. Unter diesen Bedingungen zeigte der in Bag-in-Box abgefüllte Wein eine besonders starke Zunahme von Alterungsaromen und Farbe im

Vergleich mit den in Glasflaschen abgefüllten Varianten, die mit Flaschenverschlüssen geringerer Sauerstoffdurchlässigkeit versehen waren (Hopfer et al. 2012).

### Hitzeschäden auch unter Sauerstoffabschluss

Wichtig ist in diesem Zusammenhang aber, dass eine starke Wärmebelastung auch dann zu ausgeprägten negativen Veränderungen in der Aromatik führt, wenn kein Zutritt von Sauerstoff durch den Flaschenverschluss erfolgt. Es ist sensorisch jedoch sehr schwierig zu differenzieren, ob die Alterung durch Wärme, Sauerstoff oder beides gleichzeitig herbeigeführt wurde.

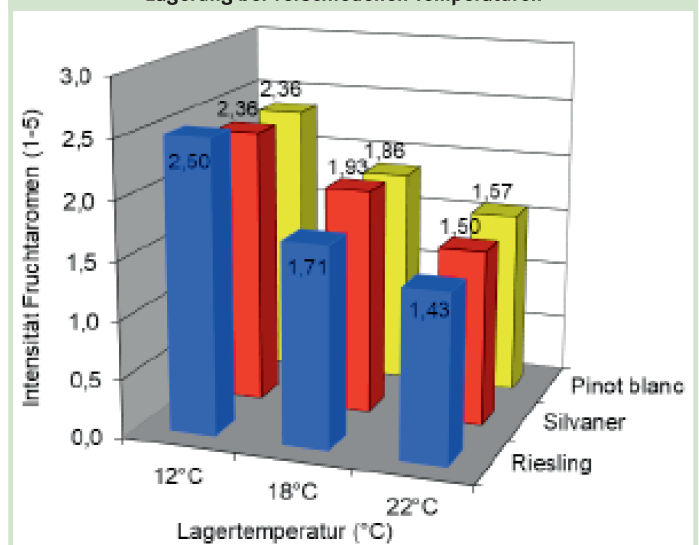
In Untersuchungen mit Sémillon und Chardonnay führte eine Lagerung über nur drei Wochen bei 45 °C unter Luftabschluss zu einer Minderung des blumigen Aromas unter Verstärkung von Aromattributen wie Eiche, Tabak und Rauch. Dagegen erzeugte eine Hitzebehandlung bei 90 °C während einiger Minuten unter Luftabschluss keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich mit der unbehandelten Kontrolle (Francis et al. 1994).

Die sensorischen Ergebnisse aus dem Versuch bei 90 °C über wenige Minuten haben weitreichende Konsequenzen. Sie zeigen, dass eine kurzfristige Hitzebehandlung unter kontrollierten Bedingungen wie bei der Pasteurisation (Kurzzeithocherhitzung, KZE) die Weinqualität weit weniger beeinträchtigt als eine Langzeitlagerung bei niedrigeren Temperaturen im unkontrolliert warmen Flaschenlager. In der Realität fürchten sich die Winzer jedoch mehr vor vermeintlichen „Kochschäden“ nach kurzzeitiger Hitzebelastung durch Pasteurisation als vor der langfristigen Wärmebelastung im Flaschenlager.

### Petrolton

Die bis hierhin behandelten Ergebnisse beziehen sich auf Weine, in denen der durch Hitze beschleunigte Abbau fruchtiger Sortenaromen mit der Entstehung von Aromen der typischen Alterung einhergeht, die auch als Altersfirne beschrieben wird. Sensorisch und chemisch hat sie nichts mit

Abbildung 1: Abhängigkeit der sensorisch wahrnehmbaren Fruchtaromen dreier abgefüllter Weißweine nach 10 Monaten Lagerung bei verschiedenen Temperaturen





anderen Ausdrucksformen der Alterung von Weißwein wie die untypische Alterung (UTA), Flaschenböckser oder Petrolton zu tun.

Der Petrolton ist eine Art von Alterung, die fast ausschließlich in Rieslingen aus heißen Wachstumsbedingungen und reifem Leseget auftritt. Er ist auf erhöhte Gehalte an TDN (1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphtalen) zurückzuführen, welches während der Lagerung aus geruchlosen Vorläuferstufen freigesetzt wird. Dieser Prozess ist nicht an die Anwesenheit von Sauerstoff gebunden. Die durch TDN hervorgerufene Geruchs Komponente nach Petroleum, Kerosin oder trockenen Aprikosen wird bis zu einem gewissen Ausmaß akzeptiert oder sogar als bereichernd empfunden, bei höherer Intensität jedoch als einseitig dominant abgelehnt. Diese Problematik verschärft sich mit fortschreitendem Klimawandel auch in den kühleren Anbaugebieten.

Die Freisetzung des TDN hängt ganz erheblich von der Lagertemperatur ab. Eine Lagerung unter Kork bei 15 °C kann den Petrolton in sensorisch akzeptablen Grenzen halten (Marais et al. 1992). Innendichtende Verschlüsse wie Korken aller Art adsorbieren den größten Teil des freigesetzten TDN, während es unter Schraubverschlüssen akkumuliert und vielfach höhere Gehalte erreicht.

#### Wert beschleunigter Alterungstests

Wärme führt zu einer Weinalterung im Zeitraffer. Folglich eignen sich beschleunigte Alterungstests in der Wärme sehr gut, um das Potenzial eines Weins zu atypischen Veränderungen des Aromas frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig gegensteuern zu können. Solche Tests können mit oder ohne Anwesenheit von Sauerstoff durchgeführt werden. Eine schon lange bekannte Anwendung ist der sogenannte UTA-Test, welcher nach einer Warmlagerung während einiger Tage bei ca. 60 °C eindeutig zeigt, ob der Wein zur Ausbildung von UTA tendiert. Mit einigen Abwandlungen erlaubt dieser Test auch, die Entwicklung des Petroltons bei Riesling oder eines Lagerböckers vorherzusagen (Schneider 2019).

#### Fazit

In den meisten Betrieben herrscht deutlicher Nachholbedarf bei der Temperaturkontrolle des Flaschenlagers, weil das Augenmerk einseitig auf die Temperaturkontrolle während der Gärung gerichtet ist. Besonders während der heißen Sommermonate können die Verluste von Sorten- und Fruchtaroma durch ein zu warmes Flaschenlager extreme Ausmaße einnehmen. Eine entsprechend beschleunigte Alterung ist die Folge. In vielen Betrieben nimmt die Situation absurde Züge an: Die Aromen, welche durch teilweise extrem niedrige Gärttemperaturen erzeugt werden, werden im Sommer des Folgejahres bei unkontrolliert hohen Lagertemperaturen systematisch zerstört. Die absolute Höhe der Temperatur und die zeitliche Dauer ihrer Einwirkung sind dabei im Zusammenhang zu sehen. Wer jedoch über Wochen hinweg über 18 °C in seinem Flaschenlager misst, hat zumindest im Bereich der Weißweine eindeutigen Handlungsbedarf. Grundsätzlich gilt: je kühler, desto besser.

Erfahrungsgemäß ist im Sommer die Kühlung des Flaschenlagers durch Nachtbelüftung mittels



Ein Wärmeschrank mit präziser Temperatureinstellung ist ein nützliches Instrument zur Durchführung beschleunigter Alterungstests.  
Foto: V. Schneider

Belüftungsanlage nur realistisch, wenn das Flaschenlager sehr gut isoliert ist. Es ist daher in vielen Betrieben sinnvoll, einen Teil des Energieaufwandes von der Gärkühlung hin zur aktiven Kühlung des Flaschenlagers zu verlagern. Da sich die Problematik erhöhter Lagertemperatur im Handel und beim Verbraucher fortsetzt, sollte auch ihm die Wärmeempfindlichkeit fruchtiger Weißweine kommuniziert werden.

#### Literatur

Barbanti D., Galassi S., Potentini G., Versari A., 1997. Valutazione della shelf life di un vino bianco in funzione di differenti modalità di confezionamento e di conservazione. *Vignevini* 24: 21-25.  
Butzke C. E., Vogt E. E., Chacón-Rodríguez L., 2012. Effect of heat exposure on wine quality during transport and storage. *J. Wine Res.* 23: 15-25.  
Coetzee C., du Toit W. J., 2012. A comprehensive review on Sauvignon blanc aroma with a focus on certain positive volatile thiols. *Food Res. Int.* 45: 287-298.  
de la Presa-Owens C., Noble A. C., 1997. Effect of storage temperature at elevated temperatures on aroma of Chardonnay wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 48 (3): 310-316.  
Ferreira A. C. S., Guedes de Pinho P., Rodrigues P., Hogg T., 2002. Kinetics of oxidative degradation of white wines and how they are affected by selected technological parameters. *J. Agric. Food Chem.* 50 (21): 5919-5924.  
Francis I. L., Sefton M. A., Williams P. J., 1994. The sensory effects of pre- or post-fermentation thermal processing on Chardonnay and Semillon wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 45 (2): 243-251.  
Hopfer H., Ebeler S. E., Heymann H., 2012. The combined effects of storage temperature and packaging type on the sensory and chemical properties of Chardonnay. *J. Agric. Food Chem.* 60 (43): 10743-10754.  
Makhotkina O., Pineau B., Kilmartin P. A., 2012. Effect of storage temperature on the chemical composition and

sensory profile of Sauvignon blanc wines. *Aust. J. Grape Wine Res.* 18 (1): 91-99.

Marchand S., de Revel G., Bertrand A., 2000. Approaches to wine aroma: Release of aroma compounds from reactions between cysteine and carbonyl compounds in wine. *J. Agric. Food Chem.* 48 (10): 4890-4895.

Marquez L. Dunstall S., Bartholdi J., MacCawley A., 2012. Cool or hot: A study of container temperatures in Australian wine shipments. *Australasian J. Reg. Studies* 18 (3): 420-443.

Marais J., van Wyk C. J., Rapp A., 1992. Effect of storage time, temperature and region on the levels of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphtalene and other volatiles, and on quality of Weisser Riesling wines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 13 (1): 33-44.

Ough C. S., 1985. Some effects of temperature and SO<sub>2</sub> on wine during simulated transport or storage. *Am. J. Enol. Vitic.* 36 (1): 18-22.

Pérez-Coello M. S., González-Viñas M. A., Cabezedo M. D., 2003. Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wine. *Food Control* 14 (5): 301-306.

Pripis-Nicolau L., de Revel G., Bertrand A., Mau-jean A., 2000. Formation of flavor compounds by the reaction of amino acids and carbonyl compounds in mild conditions. *J. Agric. Food Chem.* 48: 3761-3766.

Schneider V., 2000. Die Aromastabilität von Weißweinen. *Deut. Weinmagazin* 25: 10-14.

Schneider V., 2019. Aussagekraft beschleunigter Alterungstests. *Deut. Weinmagazin* 24: 21-24.

Stöckl A., 2013. Einfluss von Lagerzeit und Lagertemperatur: Trinkreife abschätzen? *Der Winzer* 5: 33-35.

Vidal J.-C., Guillemat B., Chayvialle C., 2011. Oxygen transmission rate of screwcaps by chemoluminescence and air/capsule/headspace/acidified water system. *Bull. de l'OIV* 84: 189-198.

Walther A. K., Durner D., Fischer U., 2018. Impact of temperature during bulk shipping on the chemical composition and sensory profile of a Chardonnay wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 69 (3): 247-257. ■