RESOLUTION OIV-OENO 631-2020

BESTANDSAUFNAHME DER PRAKTIKEN ZUR REDUZIERUNG DER ZUGABE VON SO_2 IN DER WEINBEREITUNG

DIE GENERALVERSAMMLUNG,

GESTÜTZT auf Artikel 2 Absatz 2 b) ii des Übereinkommens vom 3. April 2001 zur Gründung der internationalen Organisation für Rebe und Wein,

AUF VORSCHLAG der Sachverständigengruppen „Mikrobiologie“ und „Technologie“,

IN ANBETRACHT des Interesses des Weinsektors an der Herstellung von Weinen mit geringem SO2-Gehalt,

BESCHLIESST, folgende Leitlinien der OIV für die Reduzierung der Zugabe von SO2 in der Weinbereitung zu verabschieden:

Bestandsaufnahme der Praktiken zur Reduzierung der Zugabe von SO_2 in der Weinbereitung

Hintergrund

Die Herstellung von sensorisch hochwertigen Weinen ist ein vorrangiges Ziel der weltweiten Weinindustrie. Zudem ist die Nachfrage der Verbraucher nach Erzeugnissen ohne chemische Zusatzstoffe in den letzten Jahren sehr stark gestiegen. Deshalb konzentriert sich die OIV auf die Sicherheit der Verbraucher und ihre Erwartungen, die im Strategieplan 2015-2019 der OIV einen Schwerpunkt darstellen (Schwerpunkt 4: Beitrag zur Sicherheit der Verbraucher und Berücksichtigung ihrer Erwartungen).

Eines der Probleme der modernen Kellerwirtschaft ist die Verwendung von Schwefeldioxid (SO_2), dem bei der Weinherstellung am häufigsten verwendeten chemischen Zusatzstoff. In dem vorliegenden Dokument bezieht sich der Begriff „SO_2 “ auf die wichtigsten Formen von SO_2 (molekulares SO_2, Bisulfitionen (HSO_3-) und gebundenes SO_2), die im Wein im Gleichgewicht vorliegen. SO_2ist dank seiner antiseptischen, antioxidativen und enzymhemmenden Wirkung für die Erhaltung der Weinqualität ein Mittel der Wahl (Ribéreau-Gayon et al., 2006). In den Phasen vor der alkoholischen Gärung können durch SO_2Oxidationen eingeschränkt und die mikrobielle Gesamtbelastung des Mostes reduziert werden, indem die Auswahl der für

Beglaubigte Ausführung Paris-videokonferenz, 26 November 2020
Der Generaldirektor der OIV
Sekretär der Generalversammlung
Pau ROCA

© OIV 2020

die alkoholische Gärung am besten geeigneten Mikroorganismen wie Saccharomyces cerevisiae bevorzugt und so das Risiko von Gärfehlern verringert wird. Im fertigen Wein, ggf. nach der malolaktischen Gärung, zielt die Anwendung von SO_2darauf ab, unerwünschte Mikroorganismen wie Milchsäurebakterien, Essigbakterien und Hefen der Gattung Brettanomyces/Dekkera zu eliminieren, die aufgrund der Bildung flüchtiger Phenole für Fehlgerüche verantwortlich sind. Sauerstoff gelangt aus der Luft in den Most und Wein und wird während der Weinbereitung, der Reifung und der Lagerung gelöst. Abhängig von der Zusammensetzung des Weins und dem Grad der Sauerstoffexposition bei der Weinherstellung können Oxidationen sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Weinqualität haben. SO_2verhindert wirksam das Auftreten von oxidativen Fehlaromen und den Abbau zahlreicher Aromen und Farbstoffe. Eine Form von HSO3- kann oxidative Enzyme im Most hemmen und die oxidative Bräunung verhindern (Du Toit et al., 2006; Waterhouse et al., 2016). Was die Oxidasen betrifft, ist Laccase von Botrytis spp. unempfindlicher als traubeneigene Tyrosinase, so dass Moste aus von Botrytis spp. befallenen Trauben größere Mengen an Sulfit benötigen (Du Toit et al., 2006). In Weinen, in denen die chemische Oxidation vorherrscht, reagieren Sulfite mit Wasserstoffperoxid und hemmen die Fenton-Reaktion, die durch Hydroxylradikalbildung für die Oxidation von Ethanol und anderen organischen Verbindungen verantwortlich ist (Danilewicz, 2007). Die Reaktion zwischen Sulfiten und Wasserstoffperoxid findet auch in Mosten statt, obwohl die chemische Oxidation hier in viel geringerem Ausmaß auftritt. Eine weitere Wirkung von Schwefeldioxid beruht auf seiner Fähigkeit, mit Chinonen zu reagieren, die in der ersten Phase der Kaskadenreaktionen gebildet werden, und sie wieder zu Phenolen reduzieren (Danilewicz et al., 2008; Waterhouse & Laurie, 2006). Darüber hinaus bindet es Aldehyde (z.B. Acetaldehyd) und spielt daher bei der Verringerung der Wahrnehmung von oxidationstypischen Geschmacksfehlern eine Rolle (Waterhouse e Laurie, 2006). In letzter Zeit sind Bedenken hinsichtlich der Sicherheit von Sulfiten in Lebensmitteln entstanden. Schwefeldioxid und Sulfite haben bei empfindlichen Personen bekannte toxische Wirkungen, sowohl akute als auch chronische. Durch sie werden Atemwegs-, dermatologische, kardiovaskuläre und gastrointestinale Symptome verschlimmert, was sich bei sulfitempfindlichen Personen, hauptsächlich in asthmatische Reaktionen äußert, während schwere allergische Reaktionen (Anaphylaxie) ungewöhnlich sind (Papazian, 1996; Vally & Thompson, 2003). Die WHO hat deshalb für Schwefeldioxid eine zulässige Tagesdosis (ADI) von 0,7 mg/kg Körpergewicht festgelegt. In der Europäischen Union ist die Kennzeichnung mit der Angabe „enthält Sulfite“ gesetzlich vorgeschrieben, wenn der Gehalt an Gesamt-SO2 höher als 10 mg/L ist (Richtlinie 2003/89/EG). Es ist zudem zu beachten, dass Schwefeldioxid durch Hefen während der alkoholischen Gärung

© OIV 2020

gebildet wird (Suzzi et al., 1985; Wells & Osborne, 2011), wobei je nach Hefestamm und Mostzusammensetzung Konzentrationen bis zu 100 mg/L erreicht werden können (Thomas & Surdin-Kerjan, 1997). Heute werden Starterhefen so ausgewählt, dass sie geringe Mengen an Sulfiten produzieren. Auf dem Markt sind jedoch noch zahlreiche Hefestämme erhältlich, die während der alkoholischen Gärung signifikante Mengen an Sulfiten produzieren können.

Entsprechend der Verbrauchernachfrage geht der Trend heute dahin, den Einsatz von Sulfiten bei der Weinherstellung zu verringern. Verschiedene andere Zusatzstoffe und innovative physikalische Verfahren, wie gepulste elektrische Felder, wurden vorgeschlagen, um die verschiedenen Ziele des Einsatzes von Schwefeldioxid zur erreichen (Lisanti et al., 2019). Einige alternative Zusatzstoffe sind für die Weinherstellung bereits zugelassen, die meisten Zusatzstoffe und innovativen physikalischen Verfahren wurden aber nur im Versuchsmaßstab getestet. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann SO2 jedoch durch keine dieser Alternativen vollständig ersetzt werden. SO2 ist nach wie vor ein nützlicher und in einigen Fällen unverzichtbarer Zusatzstoff.

Die vorliegenden Leitlinien enthalten Empfehlungen für die Handhabung des gesamten Weinbereitungsprozesses - von der Rebe bis zur Flasche -, um den Einsatz von SO2 zu reduzieren, ohne die Qualität des Weins im Hinblick auf seine sensorischen Eigenschaften und die mikrobiologische Stabilität zu beeinträchtigen.

Allgemeine Grundsätze

Eine geringe und angepasste Sauerstoffzufuhr kann insbesondere bei der Rotweinherstellung notwendig sein, um die Farbe und das Aroma des Weins zu verbessern, wobei die mikrobiologische Stabilität stets gewährleistet sein muss.

Folgende Faktoren müssen berücksichtigt werden:

- die mikrobielle Belastung des Weins und des Mosts
- das Vorhandensein von Oxidasen aus Pilzen im Most
- die Konzentration von an SO_2-bindenden Stoffen in Most und Wein
- der pH-Wert
- die Temperatur des Weins
- die Sauerstoffexpositio
- das Vorhandensein und die Konzentration endogener antioxidativer Verbindungen

© OIV 2020

im Wein

Einige Weinbaupraktiken können einen oder mehrere dieser Faktoren beeinflussen und damit den SO_2-Bedarf verändern, indem sie ihn erhöhen oder verringern.
Die Zugabe von SO_2zur Vermeidung von Oxidation und mikrobiellen Verunreinigungen ist zumindest in folgenden Phasen sinnvoll:

- bei der maschinellen Lese, bei der Herstellung von Weißweinen und Roséweinen
- in präfermentativen Phasen (Trauben und Most), insbesondere bei Weißweinen und Roséweinen,
- am Ende der alkoholischen Gärung (oder ggf. der malolaktischen Gärung)
- beim Abfüllen und Degorgieren von Schaumweinen (endgültige Verkorkung)

Vor allem bei der Weißweinherstellung ist es notwendig, SO_2und eventuell Zusatzstoffe (z.B. Ascorbinsäure) zu verwenden, die seine Wirkung unterstützen, möglicherweise in Kombination mit reinen oder gemischten Inertgasen (z.B. Argon oder Stickstoff), um den Wein vor Oxidation zu schützen und sein Aroma zu erhalten.
Bei der Behandlung mikrobiologischer Zwischenfälle sollte die Sulfitierung durch die Zugabe von gasförmigem SO_2 (aus flüssigem SO_2 freigesetzt) aufgrund der höheren Wirksamkeit bevorzugt werden.
Bei gleicher SO_2-Gesamtkonzentration hängt das Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Formen (freies, molekulares und gebundenes SO_2) von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Weins d.h. vom pH-Wert, Alkoholgehalt, von Verbindungen, die SO_2 binden können, sowie der Temperatur ab. Der Anteil des an Acetaldehyd gebundenen SO_2 ist zum Schutz des Weins schlecht verfügbar, da diese Kombination sehr stabil ist. Sie sollte daher minimiert werden, indem die Bildung von Acetaldehyd in Wein, sowohl chemischen als auch mikrobiologischen Ursprungs, reduziert wird (Waterhouse et al., 2016; Capece et al., 2020).
Um einen wirksamen Schutz zu gewährleisten, können Referenzwerte von 20-40 mg/L freies SO_2 für den antioxidativen Schutz in Betracht gezogen werden, während zur Verhinderung mikrobieller Veränderungen im fertigen Wein 0,6 mg/L molekulares SO2 in trockenen Weinen und mindestens 0,8 mg/L molekulares SO_2 in Süßweinen als Referenzwerte angegeben werden (Waterhouse, 2016). Die Reduzierung der Gesamtkonzentration von SO_2 sollte so erfolgen, dass stets ein angemessenes Schutzniveau gewährleistet ist, das auf den Eigenschaften des Weins,

© OIV 2020

den Lagerbedingungen und der erwarteten kommerziellen Lebensdauer basiert.

In dem vorliegenden Dokument wird der gesamte Prozess der Weinherstellung analysiert, indem die Interventionspunkte (IP), die der Reduzierung der Gesamt-SO_2 -Gehalte dienen, ermittelt und Hinweise für deren sachgerechte Handhabung gegeben werden.

Klassifizierung der Interventionspunkte (IP)

In vorliegendem Dokument sind die Interventionspunkte wie folgt kodiert:

- IPa) Interventionspunkt zur Begrenzung des Vorhandenseins und der Aktivität von Oxidase-Enzymen,
- IPb) Interventionspunkt zur Verhinderung der mikrobiellen Verunreinigung von Most und Wein,
- IPc) Interventionspunkt zur Begrenzung der Auflösung und des Verbrauchs von Sauerstoff in Mosten (c1: enzymatische Oxidation und von Oxidationsreaktionen (c2 chemische Oxidation),
- IPd) Interventionspunkt zur Erhöhung der Wirksamkeit von SO_2 (d1 Erhöhung des molekularen SO_2, d2 Minimierung der Bildung von an SO_2-bindenden Verbindungen, einschließlich derjenigen, die von Trauben mit Pilzinfektionen herrühren),
- IPe) Interventionspunkt zur Vermeidung einer übermäßigen oder unerwünschten Zufuhr von SO_2,
- IPf) Interventionspunkt zur Gewährleistung des Schutzes durch SO_2.

Alle önologischen Verfahren sind gemäß dem Kodex der Önologischen Praxis der OIV anzuwenden. Das Dokument sollte nach der Zulassung neuer önologischer Verfahren aktualisiert werden.

INTERVENTIONSPUNKTE

A. IN ALLEN PHASEN DER WEINBEREITUNG

Es wird folgendes empfohlen:

- Es ist sicherzustellen, dass während des gesamten Prozesses geeignete

© OIV 2020

Hygienemaßnahmen getroffen werden (IPb).

- Es ist sicherzustellen, dass durch Ausrüstungen für den Traubentransport und die Weinbereitung keine Metallionen (Eisen, Kupfer und Mangan) an Most und Wein abgeben werden (IPc2).
- Es ist sicherzustellen, dass Trauben keine oder geringe Konzentrationen von Metallionen aus phytosanitären Behandlungen wie Kupfer (Bordelaiser Brühe) enthalten (IPc2).
- Es ist sicherzustellen, dass Rohre und Rohrverbinder keine Risse oder Löcher aufweisen. Die Rohre sind in regelmäßigen Abständen zu ersetzen (IPc).
- Es ist sicherzustellen, dass die Innenflächen von Tanks und Fässern intakt sind und keine Risse aufweisen (IPb).
- Bei der Auswahl der Pumpen zur Förderung von Most und Wein ist zu berücksichtigen, dass der Sauerstoffeinlass je nach Typ der Pumpe unterschiedlich ist. Kreiselpumpen sind z.B. von Nachteil, wenn die während der Förderung auftretende Kavitation der Flüssigkeit nicht verhindert wird (IPc).
- Berücksichtigung der Sauerstoffdurchlässigkeit der Materialien, aus denen die Weinbereitungs- oder Lagerbehälter (IPc) bestehen (IPc)
- Begrenzung der Sauerstoffaufnahme während der dynamischen Phasen (Turbulenzen durch Ein-/Ausschalten von Pumpen, Venturi-Effekt durch Verbindungen mit unzureichender Dichtheit, Förderung in offenen Abteilen) und statische Phasen (durch Löcher und poröse Materialien) (IPc)
- Wird SO_2 in Form von Kaliummetabisulfit oder Lösungen zugesetzt, ist darauf zu achten, dass das Haltbarkeitsdatum des Produkts nicht überschritten ist, das Produkt ordnungsgemäß gelagert wurde (IPf) und die Lösungen nicht kristallisieren (IPf).

Wichtiger Hinweis: Es ist zu berücksichtigen, dass SO2-bindende Stoffe durch Pilze aus dem Weinberg sowie bei der alkoholischen Gärung entstehen, aber auch im Wein nach Kontamination durch aerobe Hefen und Bakterien oder nach chemischen Oxidationsreaktionen, die durch Metalle wie Eisen und/ oder Kupfer katalysiert werden.

© OIV 2020

B. BEWIRTSCHAFTUNG VON REBFLÄCHEN UND LESE

- Die Auswahl des Anbaugebiets und der Rebsorte sollte darauf ausgerichtet sein, gesunde Trauben zu erzeugen, die bei Erreichen der Reife einen angemessenen Säuregehalt aufweisen.
- Es sind Weinbauverfahren anzuwenden, die die Gesundheit der Trauben und/oder einen niedrigen pH-Wert des Mostes gewährleisten.
- Da Kupfer ein Katalysator der chemischen Oxidation ist, sollte seine Verwendung im Weinberg so weit wie möglich eingeschränkt werden, aber an den Schutz der Trauben vor Pilzentwicklung angepasst werden (IPc2).
- Insbesondere bei Sorten mit sehr kompakten Trauben (IPa-IPb) sollten weinbauliche Praktiken angewendet werden, durch die die Belüftung der Fruchtzone gefördert und das Risiko von Pilzinfektionen verringert wird (z.B. Entlaubung, Stickstoffdüngung, usw.)
- Der Zeitpunkt der Lese sollte sorgfältig gewählt werden, um Moste mit einem angemessenen Säure- und Zuckergehalt zu erhalten, die den Abschluss der Gärungen und die Erfüllung der sensorischen Erwartungen ermöglichen (IPb-IPd1).
- Insbesondere bei bestimmten Rebsorten und in heißen Klimazonen ermöglicht die Lese und die Verarbeitung eines Teils des Leseguts vor der Reife die Gewinnung eines saureren Weins. Dadurch kann der Säuregehalt des Weins erhöht werden, der aus dem Anteil der Trauben hergestellt wird, die bei voller Reife geerntet werden („Doppelernte“). Alternativ kann eine Mischung aus verschiedenen Rebsorten mit verschiedenen Reifegraden verwendet werden. Dazu ist die Überwachung der mit der technologischen Reife verbundenen chemischen Parameter (lösliche Feststoffe, Gesamtsäure, Apfelsäure, Weinsäure, Kalium und pH-Wert) erforderlich (IPd1).
- Die Lese sollte selektiv erfolgen, um durch Pilze geschädigte Trauben getrennt zu verarbeiten, um das Vorhandensein von Oxidase-Enzymen und unerwünschten Mikroorganismen zu begrenzen (IPa-IPb).
- Bei der maschinellen Lese ist sicherzustellen, dass die Trauben möglichst unversehrt bleiben. Wenn möglich, erlaubt die manuelle Lese, die mechanische Beschädigung der Trauben zu begrenzen (IPb).

© OIV 2020

- Um die Beschädigung der Trauben und die durch die Freisetzung des Saftes begünstigte Vermehrung von Mikroorganismen zu vermeiden, müssen gesunde und unbeschädigte Trauben in sauberen, gut belüfteten Behältnissen transportiert werden, um hohe Feuchtigkeit und Schimmelbildung zu vermeiden. Bei beschädigten Trauben ist es vorzuziehen, diese getrennt in inerten Behältern zu verarbeiten, um die Oxidation des Mostes und die Vermehrung aerober Mikroorganismen zu begrenzen (IPa-IPb).

C. TRAUBEN UND MOST

- Werden Moste aus mikrobiologisch verunreinigten Trauben gewonnen, sollte von der Annahme der Trauben bis zu ihrer Verarbeitung im Keller eine getrennte Behandlung erfolgen, da sie einen höheren Schutz durch SO2 und daher die Anwendung höherer Zugabe erfordern (IPa-IPb).
- Alle präfermentativen Arbeitsschritte müssen so schnell wie möglich durchgeführt werden, um die Sauerstoffexposition zu begrenzen (IPc), es sei denn, es erfolgt eine Hyperoxygenierung des Mosts mit anschließender Klärung, um oxidierbare Verbindungen vor der Weinbereitung zu entfernen.
- Präfermentative Arbeitsschritte wie Abbeeren, Einmaischen, Pressen (oder Kombinationen dieser Arbeitsschritte) sollten so schonend wie möglich erfolgen, um die Extraktion von Kaliumkationen zu begrenzen und so die Säure des Mosts zu erhalten (IPd1) und die Extraktion von Oxidase-Enzymen zu reduzieren (IPa).
- Ggf. muss eine Säuerung der Moste vorgenommen werden. Die Säuerung sollte so früh wie möglich erfolgen (IPd).
- Die Zugabe von SO_2 vor der alkoholischen Gärung sollte so weit wie möglich eingeschränkt und an den pH-Wert des Mosts angepasst werden, um seine Bindung an Carbonylverbindungen, vor allem Acetaldehyd, die während der alkoholischen Gärung entstehen, zu vermeiden (IPd2).
- Ein frühzeitiges Beimpfen mit ausgewählten Mikroorganismen (Hefen und/oder Bakterien) in der präfermentativen Phase kann sinnvoll sein, um die Entwicklung einer unerwünschten indigenen mikrobiellen Flora zu verhindern.

Insbesondere für die Herstellung von Weiß- oder Roséweinen gilt:

© OIV 2020

- Der antioxidative Schutz sollte während oder kurz nach dem Pressen gewährleistet sein. Die Zugabe von SO_2 zur Traubenmasse sollte vollkommen homogen sein (IPc).
- Zur Unterstützung der Wirkung von SO_2 kann die Zugabe von Antioxidantien (wie Ascorbinsäure, inaktivierte glutathionreiche Hefen, Tannine) und antimikrobiellen Wirkstoffen (wie Lysozym, Chitosan) in Betracht gezogen werden (IPb, IPc).
- Im Falle der Zugabe von Ascorbinsäure muss diese nach der Zugabe von SO_2 erfolgen (IPc2).
- In Phasen, die im Hinblick auf die Oxidation kritisch sind, wie der Transfer nach dem Entrappen und/oder Einmaischen, Pressen und Mostklärung (statische Klärung mit oder Zugabe von Enzymen oder Hilfsstoffen, Flotation, Filtration oder Zentrifugieren) sollte Schutzgas verwendet werden (IPc).
- Die Mosttemperatur in der präfermentativen Phase muss so geregelt werden, dass sie einerseits mit dem gewählten Klärungsprozess und andererseits mit der Begrenzung des Risikos der Entwicklung einer spontanen mikrobiellen Flora, die den Klärungsprozess behindern würde, vereinbar ist. Obwohl niedrige Temperaturen Oxidationsprozesse verlangsamen, sollte der Einfluss niedriger Temperaturen auf die Erhöhung der Sauerstofflöslichkeit berücksichtigt werden. Als Richtwert kann eine Temperatur von etwa 15 °C bei der Flotation, unter 10 °C bei der statischen Klärung und 20 °C bei der Filtration oder Zentrifugation empfohlen werden, wenn die Moste nach ihrer Herstellung kontinuierlich behandelt werden. Die Temperatur kann abhängig vom Zeitraum zwischen dem Maischen und der Behandlung wesentlich niedriger sein (IPc).

D. ALKOHOLISCHE GÄRUNG

- Eine Beimpfung mit Starterhefe ist ratsam; es sollten Hefen mit guter Gärtätigkeit und hoher Dominanz gewählt werden, die geringe Mengen SO_2, H_2S (SO_2-bindende Verbindungen) und Acetaldehyd produzieren. Die Hefen müssen korrekt gelagert werden. Die Herstellung des Inokulums aus aktiver Trockenhefe oder anderen Hefen muss nach Herstellerangaben erfolgen und zu einer Ausgangspopulation führen, mit der ein schneller Start der alkoholischen Gärung (ca. 1-2 x 106 KBE/mL) gewährleistet werden kann (IPb-IPd-IPe).
- Die Ko-Inokulation von ausgewählten Starterhefen und Milchsäurebakterien kann

© OIV 2020

die Reduzierung der Lag-Phase zwischen der alkoholischen und der malolaktischen Gärung unterstützen und so das Risiko einer unerwünschten Entwicklung von Bakterien und Brettanomyces spp. verringern (Resolution OIV-OENO 462-2014) (IPb). Im Falle der Ko-Inokulation ist die Zugabe von SO_2 zu Most zu vermeiden. Die Zugabe von SO_2 während der alkoholischen Gärung ist zu vermeiden, wenn diese gut voranschreitet, da die Sauerstoffauflösung begrenzt ist und die Mikrobenpopulation von Gärhefen beherrscht wird. Das Risiko der Entwicklung einer unerwünschten Mikrobenpopulation ist daher minimal. Wird in dieser Phase SO_2 zugesetzt, bindet dieses an Carbonylverbindungen und der Gehalt an Gesamt-SO_2 wird bei gleichbleibendem freien SO_2 unnötig erhöht (IPd2).

- Darüber hinaus wird das während der alkoholischen Gärung zugesetzte SO_2 direkt von Gärhefen verstoffwechselt, bei denen nachweislich das Risiko besteht, Verbindungen zu produzieren, die für Reduktionsfehler (H2S) verantwortlich sind.
- Es sollten önologische Verfahren angewendet werden, die darauf abzielen, einen normalen, reibungslosen Ablauf der alkoholischen Gärung zu gewährleisten und die Bildung von Carbonylverbindungen zu reduzieren (darunter Zugabe von Thiamin, Verwendung von stickstoffhaltigen Nährstoffen, Wachstumsförderern und Heferinden zur Entgiftung des Mediums, falls erforderlich). Es sollte ebenfalls eine Temperaturkontrolle erfolgen (IPb-IPd2). Stickstoff kann in mineralischer oder organischer Form zugesetzt werden (Quellen wie Hefeautolysat oder inaktivierte Hefen).
- Die Fermentationskinetik sollte täglich kontrolliert werden, um einen normalen, reibungslosen Ablauf der alkoholischen Gärung sicherzustellen. Gärverzögerungen und Gärstockungen müssen so schnell wie möglich erkannt werden. Der Einsatz von automatisierten Temperaturregelsystemen wird empfohlen (IPb-IPd2).
- Im Falle von Gärverzögerungen und Gärstockungen sind önologische Verfahren anzuwenden, um die alkoholische Gärung so schnell wie möglich wieder in Gang zu bringen. Eine angemessene Sulfit-Zugabe wird empfohlen, um die bakterielle Entwicklung zu hemmen, bevor die alkoholische Gärung wieder gestartet wird. Die Entgiftung des Mediums (Eliminierung von Fettsäuren) durch Heferinden wird empfohlen. Der Gehalt an flüchtiger Säure sollte überwacht werden (IPb-IPd2).

© OIV 2020

- Für trockene Weine wird eine vollständige Umwandlung der reduzierenden Gärzucker (reduzierende Zucker < 2 g/L) empfohlen (IPb).

E. PROZESSE NACH DER ALKOHOLISCHEN GÄRUNG UND MALOLAKTISCHE FERMENTATION

- Bei der Weiß- und Roséweinherstellung sollte das Abfließen luftgeschützt erfolgen; der Auffangbehälter, Rohre und Rohrverbinder müssen vor Eintritt des Weins mit Kohlendioxid, Stickstoff oder Argon (oder mit einem Gemisch aus diesen Gasen) inertisiert werden (IPc2).
- Bei der Rotweinherstellung kann durch schonendes Pressen des Tresters die Extraktion der Kaliumkationen reduziert und der Anstieg des pH-Werts begrenzt werden (IPd1).
- Ist eine malolaktische Gärung erwünscht, sollte diese schnell eingeleitet werden. Eine Ko-Inokulation mit Hefen und Milchsäurebakterien oder eine frühzeitige Beimpfung mit ausgewählten Milchsäurebakterien vor oder sofort nach der Beimpfung mit Hefen kann unter geeigneten Voraussetzungen hilfreich sein, um die Lag-Phase zwischen der alkoholischen Gärung und der malolaktischen Gärung zu verkürzen (IPb). Starterkulturen sollten entsprechend den Empfehlungen des Anbieters hergestellt werden (IPb).
- Alle für den korrekten Verlauf der malolaktischen Gärung wichtigen Parameter (pH-Wert, Nährstoffe, Temperatur) müssen kontrolliert und flüchtige Säuren, Milchsäure und Apfelsäure bis zur Beendigung der Gärung überwacht werden (IPb)
- Zur Verhinderung der malolaktischen Gärung kann ein antimikrobieller Wirkstoff wie Chitosan zur Unterstützung der Wirkung von SO_2 verwendet werden.
- Nach Beendigung der alkoholischen Gärung sollte die Konzentration des molekularen SO2 überwacht werden, um einen wirksamen Schutz des Weins zu gewährleisten (IPf).

F. STABILISIERUNG

© OIV 2020

- Am Ende der alkoholischen Gärung (oder ggf. der malolaktischen Gärung) sollte der Wein geschwefelt werden. Es ist ratsam, freies Acetaldehyd zu binden. Die SO_2-Dosis wird daher je nach pH-Wert, Alkoholgehalt und Temperatur festgelegt, um einen antioxidativen und antimikrobiellen Schutz (PIb-PIc2) zu gewährleisten (IPb-IPc2).
- Um einen wirksamen Schutz des Weins zu gewährleisten, ist es zweckmäßig, nach Beendigung der alkoholischen Gärung die Menge des Gesamt-SO_2und des freien SO_2 zu überwachen und die Konzentration des molekularen SO_2 zu berechnen (IPf).

Physikalische Behandlungen

- Nach der alkoholischen Gärung oder ggf. der malolaktischen Gärung wird die mikrobiologische Stabilisierung des Weins durch physikalische (sterile Membranfiltration und Pasteurisierung) und/oder chemische Verfahren (Zusatz von SO_2 und eventuell anderen für Wein zugelassenen antimikrobiellen Wirkstoffen wie Chitosan) empfohlen. Es ist darauf zu achten, dass eine spätere Rekontamination vermieden wird. Von diesen technischen Möglichkeiten scheint der Einsatz der tangentialen Mikrofiltration in Verbindung mit der Permeatbehandlung besonders geeignet zu sein (IPb).
- Die Phasen zu Beginn und am Ende der verschiedenen Stabilisierungsverfahren wie Filtration, Mikrofiltration, Membranverfahren und Abfüllung sind für die Einbringung von Sauerstoff in Wein besonders kritisch. Das Volumen der behandelten Charge ist daher wichtig und sollte maximiert werden. Wenn möglich, sind kontinuierliche Prozesse vorzuziehen (IPc2).
- Der Einsatz von Schutzgas ist bei den zuvor genannten Prozessen empfehlenswert. Kann Schutzgas nicht während der gesamten Prozessdauer verwendet werden, sind die kritischsten Punkte die Anfangs- und Endphase des Prozesses, die Inertisierung der leeren Apparatur (Filter und Rohre) sowie die Inertisierung von Vorrats- und Auffangtanks. Es ist zu beachten, dass die Sauerstoffanreicherung der Weine je nach Art des Filters unterschiedlich sein kann. Diese Eigenschaften sind bei der Auswahl zu berücksichtigen (IPc2).
- Venturi-Systeme, die zur Zugabe von Schönungsmitteln und deren Homogenisierung verwendet werden, können zu einer übermäßigen Löslichkeit

© OIV 2020

von Sauerstoff im Wein führen (IPc2).

- Die Kaltstabilisierung des Weins ist ein sehr kritischer Punkt, da aufgrund der niedrigen Temperatur eine hohe Menge Sauerstoff gelöst werden kann. Die statische Stabilisierung ist kritischer als dynamische Verfahren. Es sollte Schutzgas verwendet werden und die leere Apparatur einschl. des Filtersystems vor Eintritt des Weins inertisiert werden. Hier ist es ratsam, den Wein durch niedrige SO_2-Dosagen zu schützen (IPc2). Alternative Stabilisierungstechniken wie physikalische Behandlungen (Kationenaustauscherharze, Elektrodialyse) oder Produkte (Carboxymethylcellulose, Kaliumpolyaspartat, Mannoproteine oder Metaweinsäure) müssen je nach Weinprofil und Erfordernissen (z.B. biologischer Anbau) in Betracht gezogen werden.

G. LAGERUNG UND REIFUNG

- Tanks, in die der Wein umgefüllt wird, sind zu inertisieren und von unten zu befüllen, um den Lufteintritt zu begrenzen (IPc2).
- Umsetzung eines regelmäßigen Kontrollplans für Weine, der sowohl auf analytischen Standardparametern (pH-Wert, Alkoholgehalt, titrierbare Säure, flüchtige Säure, freies und Gesamt- SO_2) als auch auf mikrobiologischen Parametern (Vorhandensein und Gehalt von kontaminierenden Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten) basiert.
- Behälter (Tanks, Fässer) sollten immer gefüllt sein (kein Kopfraum). Für die Nachfüllung ist mikrobiologisch stabiler Wein zu verwenden, um eine mikrobiologische Kontamination größerer Mengen zu vermeiden. Ist ein Kopfraum für kurze Zeit unvermeidbar, muss Schutzgas verwendet werden (IPb-IPc2).
- Entwickeln sich Hefen an der Oberfläche des Weins, ist zu beachten, dass sie eine hohe Menge an Acetaldehyd produzieren, das an SO_2 bindet. Es sollte daher nicht versucht werden, diese Hefen durch Zugabe von SO_2 abzutöten, da die meisten gegenüber SO_2 sehr unempfindlich sind. Bevor zum Schutz des Weins der Gehalt an freiem SO_2 wiederhergestellt wird, ist der Hefefilm durch Filtration zu entfernen und der Behälter zu befüllen (IPb-IPc2-IPd2-IPf).
- Während der Lagerung oder Reifung des Weins ist die Temperatur konstant zu halten (Richtwert 13-18 °C). Durch eine zu niedrige Temperatur wird die

© OIV 2020

Löslichkeit des Sauerstoffs erhöht und durch eine zu hohe Temperatur werden Oxidationsreaktionen und die Vermehrung von Mikroorganismen begünstigt (IPb-IPc2).

- Die Reifung auf der Hefe kann eine sinnvolle Praktik zur Erhöhung der antioxidativen Wirkung von SO_2 sein. Mögliche Mechanismen sind der Verbrauch von Sauerstoff für die Lipidoxidation, die Bindung von Carbonylverbindungen und die Freisetzung reduzierender Verbindungen. Der Gehalt an flüchtiger Säure, die mikrobielle Belastung und freies, gebundenes und molekulares SO_2 sollten jedoch sorgfältig überwacht werden, da Produkte der Hefeautolyse die Vermehrung unerwünschter Mikroorganismen (Essig- und Milchsäurebakterien, Brettanomyces spp.) begünstigen können. Der Schutz durch SO_2 sollte während der gesamten Dauer gewährleistet sein (IPc2).
- Zur Unterstützung der Wirkung von SO_2 kann die Zugabe von Antioxidantien (z.B. Tannine und inaktivierte glutathionreiche Hefen) und antimikrobiellen Wirkstoffen (z.B. Lysozym und Chitosan) im Falle einer Kontamination mit Brettanomyces spp. in Betracht gezogen werden (IPb, IPc).
- Die Luftfeuchtigkeit im Weinkeller, die Temperatur und die Belüftung sind zu kontrollieren, um einen übermäßigen Weinverlust durch die Verdunstung aus Fässern und die Bildung von Kopfraum zu vermeiden (IPc2).
- Es ist zu beachten, dass unterschiedliche Holzarten sowie neue Fässer im Vergleich zu gebrauchten Fässern eine unterschiedliche Sauerstoffdurchlässigkeit aufweisen und deshalb unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Weins sorgfältig ausgewählt werden sollten (Polyphenolgehalt, Notwendigkeit der Farbstabilisierung, Grad der Adstringenz) (IPc2).
- Bei der Reifung in Holzfässern sollten das Eindringen von Luft über das Spundloch, das Nachfüllen und das Öffnen für die Verkostung begrenzt werden. Es ist darauf zu achten, dass das Holz keine Risse aufweist (IPc2).
- Die perfekte Desinfektion alter Holzfässer ist ziemlich schwierig, insbesondere im Hinblick auf Kontaminationen mit Brettanomyces spp. Durch Schleifen und neues Toasting kann die am stärksten verunreinigte Holzschicht entfernt werden, wodurch die Wirksamkeit der Desinfektion erhöht wird. In tiefen Holzschichten sollten wirksame Techniken und Materialien eingesetzt werden. Kaliumbitartrat-Kristalle müssen vor der Desinfektion entfernt werden (IPb).
- Es ist zu beachten, dass gasförmiges SO_2 , das zur Desinfektion der Holzfässer

© OIV 2020

verwendet wird, bei der Befüllung auf den Wein übergehen und ihn mit SO2 anreichern kann (IPe).

H. VERPACKUNG

- Es sollte eine wirksame Hygienisierung der Verpackungsanlage, einschließlich der Flaschen und des Raumes erfolgen, um eine Rekontamination des Weins zu vermeiden. Bei der Prozessgestaltung sollten energie- und ressourcensparende Lösungen bevorzugt werden. Bei Verwendung von Schutzgas muss dieses sowie das Waschwasser für Flaschen mikrofiltriert werden (IPb).
- Die Abfülltemperatur sollte ca. 15-20 °C betragen (IPc2).
- Der abzufüllende Wein muss mikrobiologisch stabilisiert sein. Die mikrobiologische Kontrolle sollte vor der Abfüllung und bei abgefülltem Wein an Stichproben durchgeführt werden (IPb).
- Physikalische Verfahren, wie die Sterilfiltration und in einigen Fällen die Pasteurisierung, gewährleisten die Reduzierung der mikrobiellen Belastung des Weins und ermöglichen die Anwendung niedrigerer SO_2 -Dosagen (IPb).
- Bei Weinen, die vergärbare Zucker enthalten, kann die Verwendung von Produkten , die die antimikrobielle Wirkung von SO_2 unterstützen (z.B. Sorbinsäure und Dimethyldicarbonat), in Betracht gezogen werden (IPb).
- Enthält der Wein bei der Abfüllung eine hohe Menge an gelöstem Sauerstoff (> 0,5 mg/L), sollte er erst sachgerecht desoxygeniert werden (IPc2-IPb).
- Flaschenverschlüsse sollten in der Originalverpackung gut verschlossen und in einem kühlen und trockenen Raum gelagert werden (IPb).
- Da die Verbindung zwischen SO_2 und den Molekülen des Weins nicht unmittelbar zu überprüfen ist, sollte die Konzentration an freiem SO_2 einige Tage nach der Zugabe von SO_2 überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie der Konzentration entspricht, die für den Erhalt der Stabilisierungsbedingungen notwendig ist. Ggf. ist eine weitere Zugabe erforderlich (IPf).
- Bei der Zugabe von SO_2 sollten der durch die Oxidation bedingte Verlust (Menge an gelöstem O_2) und die voraussichtliche Haltbarkeitsdauer des Weins berücksichtigt werden (IPf).

© OIV 2020

- Ascorbinsäure kann die antioxidative Wirkung von SO_2 erhöhen, jedoch sollte ihre Zugabe aufgrund des SO_2 -Verlusts während der voraussichtlichen Haltbarkeitsdauer des Weins sorgfältig geprüft werden. Die antioxidative Wirkung von SO_2 muss bis zum voraussichtlichen Zeitpunkt des Weinkonsums gewährleistet sein. Die Zugabe von Ascorbinsäure muss immer nach der Zugabe von SO_2 erfolgen (IPb - IPc2).
- Die Verpackungsanlage einschl. der Behälter sollte (falls möglich und notwendig) inertisiert werden, wobei besonderes Augenmerk auf die erste und letzte Phase des Verpackungsprozesses zu richten ist (IPb - IPc2).
- Es ist sicherzustellen, dass das Füllvolumen auch in Abhängigkeit von der Temperatur korrekt eingestellt ist (IPc2).
- Nach dem Befüllen muss der Kopfraum sachgemäß inertisiert werden (IPb - IPc2).
- Es wäre sinnvoll, die Gesamtsauerstoffmenge der Verpackungseinheit (Total Package Oxygen, TPO) an Stichproben anhand einer zerstörungsfreien optischen Methode zu messen. Die gleiche Methode kann zur Überwachung der Sauerstoffauflösung entlang der Verpackungslinie angewendet werden. Es sind die Referenzwerte zu berücksichtigen, die nach der Verpackung im Wein nicht überschritten werden dürfen (z.B. < 0,5 mg/L). Es müssen gleichwertige Behälter in die Anlage eingebracht werden, die die Messung ermöglichen (durchsichtig und mit Sensor ausgestattet) (IPc2).
- Die Verwendung von Weißglas-Flaschen, durchsichtigen Kunststoffbehältern und sauerstoffdurchlässigem Material ist zu vermeiden. Es wird empfohlen, Grün- oder Braunglas-Flaschen zu verwenden (IPc2).
- Es ist sicherzustellen, dass die Homogenität des Durchmessers der Flaschenhälse vom Flaschenverkäufer bescheinigt wurde, da Abweichungen vom Nenndurchmesser zu einem unkontrollierten Sauerstoffeintritt führen können (IPc2).
- Verschlüsse sind unter Berücksichtigung der Sauerstoffdurchlässigkeit in Bezug auf die Merkmale der Zusammensetzung des Weins auszuwählen, um eine Oxidation zu verhindern. Im Falle von Kork- oder synthetischen Verschlüssen sind Produkte zu verwenden, bei denen die elastische Erholung nach der Kompression in kurzer Zeit erfolgt. Für Weine, die besonders oxidationsempfindlich sind, kann die Verwendung von Schraubverschlüssen empfohlen werden (IPc2).

© OIV 2020

I. TRANSPORT, LAGERUNG UND VERTRIEB

- Während des Transports und der Lagerung sind hohe Temperaturen und direkte Lichteinstrahlung zu vermeiden. Für die Lagerung von abgefüllten Weinen wird eine Temperatur von 15 °C bis 20 °C und eine Luftfeuchtigkeit von nicht höher als 70 % empfohlen (IPb-IPc2).
- Es wird empfohlen, thermisch isolierte Behälter zu verwenden. Der Versand der Weine sollte in der kühleren Jahreszeit erfolgen, insbesondere im Falle des interkontinentalen Transports. Es sind
- Vorrichtungen vorzusehen, die die Messung und Aufzeichnung von Temperatur und Feuchtigkeit während des Transports ermöglichen (IPc2).
- Der Letztvertreiber sollte angesichts des niedrigen SO2-Gehalts des Weins über seine angemessene Lagerung und Verteilung informiert werden (IPc2).
- Hinweis: Hierbei sollte ebenfalls der OIV-Leitfaden der guten Praxis für die Beförderung von nicht abgefüllten Weinen berücksichtigt werden.

LITERATUR

1. Capece, A., Pietrafesa, R., Siesto, G., & Romano, P. (2020). Biotechnological Approach Based on Selected Saccharomyces cerevisiae Starters for Reducing the Use of Sulfur Dioxide in Wine. Microorganisms, 8(5), 738.
2. Danilewicz, J. C. (2007). Interaction of sulfur dioxide, polyphenols, and oxygen in a wine-model system: Central role of iron and copper. American Journal of Enology and Viticulture, 58(1), 53-60.
3. Danilewicz, J. C., Seccombe, J. T., & Whelan, J. (2008). Mechanism of interaction of polyphenols, oxygen, and sulfur dioxide in model wine and wine. American journal of enology and viticulture, 59(2), 128-136.
4. Du Toit, W. J., Marais, J., Pretorius, I. S., & Du Toit, M. (2006). Oxygen in must and wine: A review. South African Journal of Enology and Viticulture, 27(1), 76-94.
5. Lisanti, M. T., Blaiotta, G., Nioi, C., & Moio, L. (2019). Alternative methods to SO2 for microbiological stabilization of wine. Comprehensive Reviews in Food Science

© OIV 2020

and Food Safety, 18(2), 455-479.

6. Papazian, R. (1996). Sulfites, safe for most, dangerous for some. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration.
7. Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications (Vol. 1). Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
8. Suzzi, G., Romano, P., & Zambonelli, C. (1985). Saccharomyces strain selection in minimizing SO2 requirement during vinification. American journal of enology and viticulture, 36(3), 199-202.
9. Thomas, D., & Surdin-Kerjan, Y. (1997). Metabolism of sulfur amino acids in Saccharomyces cerevisiae. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 61(4), 503-532.
10. Vally, H., & THOMPSON, P. (2003). Allergic and asthmatic reactions to alcoholic drinks. Addiction biology, 8(1), 3-11.
11. Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding wine chemistry. John Wiley & Sons.
12. Waterhouse, A. L., & Laurie, V. F. (2006). Oxidation of wine phenolics: A critical evaluation and hypotheses. American Journal of Enology and Viticulture, 57(3), 306-313.
13. Wells, A., & Osborne, J. P. (2011). Production of SO2 binding compounds and SO2 by Saccharomyces during alcoholic fermentation and the impact on malolactic fermentation. South African Journal of Enology and Viticulture, 32(2), 267-279.

© OIV 2020