

Stabilisierung von echtem Weinstein (Kaliumhydrogentartrat) mittels Kaliumpolyaspartat im Vergleich zur Stabilisierung mittels Metaweinsäure und Carboxymethylcellulose in österreichischen Weiß- und Rotweinen

Christian Philipp, Mario Strauss, Markus Willach, Nikolaus Schlögl und Reinhard Eder
Email: christian.philipp@weinobst.at

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die weinsteinstabilisierende Wirkung von Kaliumpolyaspartat (KPA) im Vergleich zu Metaweinsäure und Carboxymethylcellulose (CMC) zu testen. Verwendet wurden Weine der Sorten Chardonnay und Rheinriesling (Jahrgang 2017) und ein Roter Verschnitt (Jahrgang 2018), bei welchen in einigen Varianten durch die Zugabe von L-Weinsäure und Kalium eine chemische Weinsteininstabilität induziert wurde. Die Proben wurden bei einer Lagerungstemperatur von 2 °C und 20 °C aufbewahrt und der Weinsteinausfall in dreimonatigen Intervallen gravimetrisch über eine Lagerperiode von 12 Monaten bestimmt. Die Daten wurden mittels eines verallgemeinerten linearen Modells auf signifikante Einflüsse der Faktoren Sorte, Lagertemperatur, Zusatz von Weinsäure und Kalium sowie der unterschiedlichen Behandlungsvarianten (keine Behandlung, Metaweinsäure, CMC, KPA - volle Aufwandmenge, KPA - halbe Aufwandmenge) untersucht. In den Ergebnissen wurde eindeutig dokumentiert, dass die nicht stabilisierten Weine bei den beiden Versuchstemperaturen beträchtliche Ausfällungen von Kaliumhydrogentartrat aufwiesen. Der Weinsteinstabilisator CMC konnte bei den künstlich instabilen Weiß- und Rotweinproben den Weinsteinausfall nur unzureichend verhindern. Der Weinsteinstabilisator Metaweinsäure wies bei den Weiß- und Rotweinen grundsätzlich eine gute stabilisierende Wirkung auf, jedoch war diese bei einer Lagerungstemperatur von 2 °C nur von kurzer Dauer. Letztlich waren es nur die mit KPA stabilisierten Weine, welche an allen Messzeitpunkten und bei künstlich instabilen Varianten keinen Kaliumhydrogentartratniederschlag feststellen ließen. Es kann angemerkt werden, dass von den drei getesteten Stabilisatoren lediglich KPA, welches auch zusätzlich mit der halben Aufwandmenge erprobt wurde, die Weinsteinausfällung in den verschiedenen Varianten erfolgreich verhindern konnte. Des Weiteren wurde hinsichtlich des Weinsteinausfalls kein signifikanter Interaktionseffekt der beiden Weißweinsorten verzeichnet, demnach dürfte die Rebsorte den Ausfall von Kaliumhydrogentartrat bei den verschiedenen Stabilisatoren nicht beeinflusst haben. Es muss ausdrücklich betont werden, dass bei diesem Versuch nur das Kaliumhydrogentartrat betrachtet wurde, eine Stabilisierung hinsichtlich des Calciumtartrats wurde nicht diskutiert und erforscht. Dies soll in zukünftigen Forschungen erfolgen.

Schlagwörter: Weinsteininstabilität, additive Verfahren, Kaliumhydrogentartrat, Kaliumpolyaspartat, Metaweinsäure, Carboxymethylcellulose

Tartar (potassium bitartrate) stabilisation by means of potassium polyaspartate compared to stabilization by means of metatartaric acid and carboxymethyl cellulose in Austrian white and red wines
The aim of this study was to test the tartaric stabilising effect of potassium polyaspartate in comparison to metatartaric acid and carboxymethylcellulose. Wines of the Chardonnay and Rheinriesling varieties (2017 vintage) and a red blend (2018 vintage) were used, in some of which chemical tartaric instability was induced by the addition of L-tartaric acid and potassium. The samples were kept at a storage temperature of 2 °C and 20 °C and the tartaric precipitation was determined gravimetrically at three-month intervals over a 12-month storage period. The data were analysed using a generalized linear model for significant influences of the factors variety, storage temperature, addition of tartaric acid and potassium, and the different treatment options (no treatment, metatartaric acid, CMC, KPA - full dosage, KPA - half dosage). The results clearly demonstrated that the non-stabilised wines showed considerable precipitation of potassium hydrogen tartrate at the two experimental temperatures. The tartrate stabiliser carboxymethylcellulose could only insufficiently prevent tartrate precipitation in the artificially unstable white and red wine samples. The tartrate stabiliser metatartaric acid basically had a good stabilising effect with the white and red wines, but this was only short-lived at a storage

temperature of 2 °C. However, it was only the wines stabilised with potassium polyaspartate that did not show any potassium hydrogen tartrate precipitation at all measuring times and with artificially created unstable variants. It can be noted that of the three stabilisers tested, only potassium polyaspartate, which was also tested at half the application rate, successfully prevented tartrate precipitation in the different variants. Furthermore, with regard to tartrate precipitation, no significant interaction effect of the two white wine varieties was recorded; accordingly, the grape variety is not likely to have influenced the precipitation of potassium hydrogen tartrate with the different stabilisers. It must be explicitly emphasized that only potassium hydrogen tartrate was considered in this experiment, stability with respect to calcium tartrate was not discussed or explored. This is to be done in future research.

Einleitung

Die Weinsteinstabilität von Weiß- und Rotweinen stellt die heutige Weinbranche immer wieder vor neue Herausforderungen. Fällt Weinstein aus, so kann dies den Genuss des Produkts deutlich mindern. Gemäß Marbe-Sans (2016) ist ein hohe Weinqualität nur dann gegeben, wenn keine kristallinen Ausscheidungen vorhanden sind. Eines der wesentlichsten Kriterien hinsichtlich der Weinqualität ist dessen Reinheit. Ein Weinsteinausfall in der Flasche kann somit nicht nur den Genuss des Weines beeinträchtigen, sondern auch dessen Vermarktung erschweren. In den meisten europäischen Ländern gilt ein Weinsteinausfall nicht als Weinfehler und die Verkehrsfähigkeit wird dadurch nicht beeinträchtigt (Eder, 2003). In den USA, oder in Russland hingegen, sind Weine, in welchen Weinstein ausgefallen ist, nicht verkehrsfähig. In den USA wird ein Weinsteinausfall gar mit schlechter önologischer Praxis in Verbindung gebracht. Es lässt sich also zweifelsfrei behaupten, dass die Weinsteinstabilisierung ein wesentliches Kriterium hinsichtlich der guten önologischen Praxis darstellt.

Grundsätzlich unterscheidet man in der Technologie der Weinsteinstabilisierung zwischen additiven und subtraktiven Verfahren. Bei subtraktiven Verfahren wird durch Kälte und den Zusatz von Kontakt-Kaliumhydrogentartrat bereits im Weintank ein Weinsteinausfall induziert. Des Weiteren gibt es auch das Verfahren der Elektrodialyse, bei welcher die für den Weinsteinausfall verantwortlichen Komponenten Weinsäure und Kalium entfernt werden. Additive Verfahren hingegen inhibieren durch die Zugabe eines Stabilisators die Auskristallisation des Weinsteins. Bereits etablierte Stabilisatoren sind Metaweinsäure, Carboxymethylcellulose (CMC), Mannoproteine und Gummiarabikum (Steidl, 2017). Seit 2016 ist

das Kaliumpolyaspartat (KPA) nach der OIV-OENO Resolution 543-2016 zur Weinsteinstabilisierung zugelassen. Dies stellt eine zusätzliche additive Weinsteinstabilisierungsmöglichkeit dar (Eder, 2009a; 2009b).

Definitionsgemäß handelt es sich bei KPA um ein geruchloses, hellbraunes Pulver mit meist 90% Trockenmasse. KPA hat die chemische Summenformel $[C_4H_5NO_3K]_n$ und ist vollständig in Wasser löslich. Für die Produktion von KPA werden L-Asparaginsäure Monomere verwendet. Durch Erhitzen bilden die L-Asparaginsäure Monomere ein unlösliches Polysuccinimid. Um nun KPA zu erzeugen, muss unter kontrollierten Bedingungen das Polysuccinimid mit Kaliumhydroxid behandelt werden. Das KPA wirkt als Schutzkolloid und inhibiert somit die Ausfällung von Weinsäure (OIV, 2017). Das pulverförmige KPA wird in deionisiertem Wasser gelöst und mittels Schwefeldioxid konserviert. Die Schwefeldioxid-Konzentration beträgt im Endprodukt 0,3 % (Triulzi, 2017; Boianchini, 2017). Gemäß der Verordnung (EU) 2017/1961 ist die Behandlung von Wein mittels KPA ausdrücklich erlaubt. Die Höchstaufwandmenge von 10 g/hL darf nicht überschritten werden. Eine höhere Aufwandmenge würde die weinsteinstabilisierende Wirkung nicht verbessern, stattdessen könnte eine Überdosierung in einer Trübung resultieren. Die Filtrationsleistung scheint nicht negativ beeinflusst zu werden. KPA ist in flüssiger Form erhältlich und muss nicht wie andere Stabilisierungspräparate aufgelöst werden. Laut Schedler (2018) müssen die Weine eiweißstabil sein. Hinsichtlich der Stabilisierung von Calciumtartrat liegen bis dato noch wenige Informationen vor, Philipp (2021) zeigte aber,

dass Calciumtartrat durch KPA nicht stabilisiert wird.

Es stellt sich nun die Frage, wie KPA im Vergleich zu den bereits etablierten Weinsteinstabilisatoren Metaweinsäure und CMC abschneidet. Zu diesem Thema gibt es bis dato noch wenige Versuche. Es mangelt vor allem an Versuchen, in welchen die langfristige Wirkung von KPA getestet wird. Willach und Strauß (2018) sowie Eder et al. (2019) zeigten zum Beispiel, dass die Wirksamkeit von KPA gegenüber Weinsteinausfall bei Weißwein im Zeitraum von bis zu 6 Monaten im Vergleich zu Metaweinsäure und CMC bei einem mit Weinsäure und Kalium angereicherten Wein besser war. Martínez-Pérez et al. (2020) verglichen die Wirksamkeit von KPA (kombiniert mit Gummiarabicum), CMC (kombiniert mit Gummiarabicum), Ionenaustauscherharze und Elektrodialyse in spanischem Rotwein und fanden heraus, dass KPA eine gute Stabilität über 12 Monaten zeigte und der behandelte Wein sensorisch besser abschnitt als Weine, die mit Ionenaustauscherharzen oder durch Elektrodialyse stabilisiert wurden. Auch Bosso et al. (2020) beschäftigten sich mit der Wirksamkeit von KPA, vor allem in Bezug auf Wechselwirkungen zwischen anderen Inhaltsstoffen. Sie zeigten, dass die Kombination mit Gummiarabicum vor allem für Rotwein essentiell ist. Die Wirksamkeit in Bezug auf die Weinsteinstabilität über 12 Monate konnte bestätigt werden. Die beiden letztgenannten Studien untersuchten vor allem südländische Weine, es fehlt die Bestätigung, ob die Aussagen auch für Cool-Climate-Regionen wie Österreich anwendbar sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Wirkung des KPA über den Zeitraum von 12 Monaten sowohl in österreichischen Weiß- als auch im österreichischen Rotweinen zu testen. Um die Wirkung des Präparats auszureizen, sollen verschiedene Temperatur- und Behandlungsvarianten erstellt werden. Bei den verschiedenen Behandlungsvarianten soll das KPA durch den Zusatz von Kalium und Weinsäure mit höchst weinsteininstabilen Bedingungen konfrontiert werden. Mittels eines verallgemeinerten linearen Modells sollen alle Haupteffekte aber auch alle Zwei-Wege-Interaktionen hinsichtlich der Temperatur, Rebsorte und Behandlung errechnet werden.

Material und Methoden

Weine

Um die Wirksamkeit des neuartigen Weinsteinstabilisators Kaliumpolyaspartat (KPA; Enartis Zenith Uno, Bratislava, Slowakei) breitgefächert zu testen, wurden zwei weiße und ein roter Wein ausgewählt. Bei den beiden Weißweinen handelte es sich um Weine der Rebsorten Chardonnay und Rheinriesling und bei dem Rotwein um einen Verschnitt aus mehreren Rotweinsorten. Die drei Grundweine wurden hinsichtlich der für die Weinsteinstabilität relevanten Parameter Weinsäure und Kalium mittels FOSS-WineScan (FT 120 Reference Manual; Foss, Hamburg, Deutschland) nach der OIV/OENO Resolution 390/2010 (OIV, 2010) und ICP-OES (iCap 6200; Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) nach der OIV/OENO Resolution 478/2013 (OIV, 2013) analysiert, wobei alle Grundweine unterschiedliche Gehalte aufwiesen. Die Grundparameter der Versuchsweine sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Versuchsweine wurden mittels Kaliumpyrosulfit (Preziso KPS; Raiffeisen Ware AG, Wien, Österreich) auf 75 mg/L freies Schwefeldioxid eingestellt. Die Weine der Rebsorten Chardonnay und Rheinriesling, Jahrgang 2017, und der rote Verschnitt, Jahrgang 2018, kamen vom Standort Agneshof (Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg) der HBLA u. BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg. Die Proben wurden auch auf Proteinstabilität überprüft und diese für ausreichend befunden (Steidl, 2004).

Tabelle 1: Grundparameter der Versuchsweine

Parameter	Chardonnay 2017	Rheinriesling 2017	Roter Verschnitt 2018
Relative Dichte	0,9911	0,9906	0,9944
Vorhandener Alkohol	13 %vol.	13,2 %vol.	13,2 %vol.
Zuckergehalt	< 1,7 g/L	< 1,7 g/L	n.n.
Fructose	1,5 g/L	< 1,1 g/L	n.n.
Glucose	n.n.	n.n.	n.n.
Titrierbare Gesamtsäure	5,6 g/L	6,3 g/L	4,3 g/L
pH-Wert	3,32	3,16	3,90
Flüchtige Säuren	0,3 g/L	0,6 g/L	1,0 g/L
Weinsäure	2,4 g/L	3,6 g/L	1,2 g/L
Äpfelsäure	2,0 g/L	n.n.	n.n.
Milchsäure	n.n.	0,9 g/L	1,8 g/L

Weiters wurde der Kaliumgehalt der Versuchsweine mittels Atomabsorptionsspektroskopie mit der Methode nach BARNA & GRILL (1984) analysiert. Die Ergebnisse sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Kaliumgehalte der Versuchsweine

Mineralstoff	Chardonnay 2017	Rheinriesling 2017	Roter Verschnitt 2018
Kalium	702 mg/L	506 mg/L	1800 mg/L

Versuchsdurchführung

Der gesamte Versuch erfolgte in dreifacher Wiederholung. Für die Versuchsdurchführung wurden die Weine zunächst in Glasballons umgefüllt.

Um die Grenzen der Wirksamkeit des KPA auszutesten, wurde in einem Teil der Grundweine in weiteren Versuchsreihen durch die Zugabe von Weinsäure (1,0 g/L; Preziso (L+) Weinsäure; Raiffeisen Ware AG, Wien, Österreich) und Kalium (0,5 g/L; Kaliumchlorid, Fluka Chemie AG, Buchs, Schweiz) eine künstliche Weinsteininstabilität induziert. Nach der exakten Auswaage der Weinsäure- (1 g/L) und Kaliumchloridmengen (0,9534 g/L) mittels Analysenwaage (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland) wurden diese in Wasser gelöst.

Neben der Null-Probe wurden pro Variante die Weinsteinstabilisatoren Metaweinsäure (Metavin Opti; Erbslöh, Geisenheim, Deutschland), Carboxymethylcellulose (CMC; VinoStab, Erbslöh, Geisenheim, Deutschland) sowie KPA angewandt. Die Menge an Metaweinsäure (10 g/hL) wurde mittels Analysenwaage in ein Becherglas eingewogen, im Wein gelöst und der Gesamtmenge unter gleichmäßigem Rühren beigefügt (Erbslöh, 2019). Die Mengen an CMC (130 mL/hL) und KPA

(100 mL/hL; 50 mL/hL) wurden in ein Becherglas pipettiert, im Wein gelöst und ebenso der Gesamtmenge unter gleichmäßigem Rühren beigefügt (Enartis, 2018; Erbslöh, 2022). Bei Metaweinsäure, CMC und KPA wurde jeweils die maximal empfohlene Aufwandsmenge eingesetzt. Bei KPA wurde zusätzlich die halbe Aufwandsmenge (50 mL/hL) erprobt. Die Aufwandsmengen sind der Tabelle 3 zu entnehmen. In jeder Versuchsreihe gab es eine Referenzprobe, welcher kein Weinsteinstabilisator zugesetzt wurde. Die Abfüllung jeder Probe aller Varianten erfolgte mittels Reihenfüller (FA. Kraft GmbH, Wien, Österreich) in weiße 0,75 L Weinflaschen mit Schraubverschluss ohne Filtration, da bekannt ist, dass durch die Filtration weinsteinstabilisierende Mittel wieder reduziert werden (Scheiblhofer, 2021). Die Weine jeder Versuchsreihe wurden bei zwei verschiedenen Temperaturen (2 °C und 20 °C) bis zu den verschiedenen Analysenzeitpunkten gelagert. Die Lagerung bei 2 °C erfolgte in einer Klimakammer mit einer Schwankungsbreite von plus/minus 1 °C. Die Proben der 20 °C – Varianten wurden in einem temperaturgeregelten Lagerraum aufbewahrt. Nach 70, 120 und 175 Tagen wurden die Flaschen zur Analyse entnommen.

Tabelle 3: Auflistung der eingesetzten Weinstabilisatoren

Stabilisator	Handelsname	Firma	Aufwandmenge
Metaweinsäure	Metavin® Opti	Erbslöh (Geisenheim, Deutschland)	10 g/hl
Carboxymethylcellulose	VinoStab®	Erbslöh (Geisenheim, Deutschland)	130 ml/hl
Kaliumpolyaspartat	Zenith uno®	Enartis (Bratislava, Slowakei)	100 ml/hl
Kaliumpolyaspartat	Zenith uno®	Enartis (Bratislava, Slowakei)	50 ml/hl

Quelle: ENARTIS, 2018; ERBSLÖH, 2022

Chemisch-physikalische Analysen

Die Bestimmung der Menge des Kaliumhydrogentartrat (KHT)-Niederschlags erfolgte optisch und anschließend gravimetrisch. Die Proben wurden durch einen Weichfilter filtriert, anschließend wurden die Filter (Typ 595

½, Whatman plc, Vereinigtes Königreich) in einem Trockenofen (Abbildung 1) bei 160 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, danach wurde der getrocknete Weinstein in den Filtern (Abbildung 2) in ein kleines Becherglas überführt und anschließend mit einer Analysenwaage gewogen und auf 1 Liter umgerechnet. Pro Variante und Messzeitpunkt wurden somit 3 Flaschen filtriert.

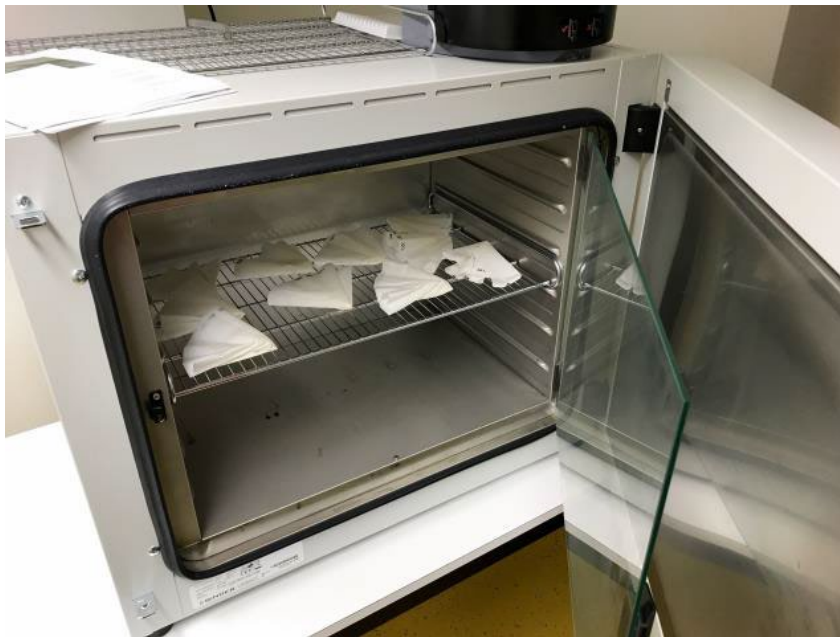


Abbildung 1: Trocknung der Filter



Abbildung 2: Getrockneter Filter mit Weinstein (KHT)

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte durch explorative Datenanalyse mittels SPSS 26.0 (IBM, Armonk, USA). Die Ergebnisse wurden in Form von Boxplot-Diagrammen dargestellt. Die Daten wurden hinsichtlich der Varianten bei jeweiliger Berücksichtigung der Sorte, der Lagertemperatur und mit oder ohne Zusatz von Weinsäure und Kalium untersucht. Zur statistischen Analyse der Daten wurde ein „Verallgemeinertes Lineares Modell“ gewählt, da in vielen Proben kein Weinstein ausgefallen ist und dementsprechend die Tests auf Normalverteilung negativ ausfielen. Es wurden die Haupteffekte inklusive aller zwei-Wege Interaktionen auf dem Signifikanz-Niveau von $p \leq 0,05$ statistisch berechnet.

Ergebnisse

Ergebnisse der untersuchten Weißweinproben

Die Ergebnisse bei den Versuchen mit Weißwein sind den Abbildung 3-4 zu entnehmen, wovon die Abbildungen 3 den Weinsteinausfall bei 2 °C und die Abbildung 4 bei 20 °C darstellen. In den Abbildungen 3C, 3D, 4C, 4D sind die Ergebnisse des Weinsteinausfalls, welcher durch den Zusatz von Kalium und L-Weinsäure stark begünstigt wurde, zu sehen. Die linke Spalte entspricht bei beiden Abbildungen den Versuchen bei

Chardonnay, während die rechte Spalte die Versuche mit Rheinriesling repräsentiert.

Betrachtet man die verschiedenen additiven Weinstabilisierungsmethoden im Weißweinmodell bei 2 °C Lagerungstemperatur, so geht klar hervor, dass durch den Zusatz von Kalium und L-Weinsäure in den Abbildungen 3C und 3D die Weinstabilisatoren Metaweinsäure und CMC den Weinstein nicht in Lösung halten bzw. nicht stabilisieren konnten. Einzig die beiden KPA-Varianten hielten der chemisch induzierten Weinsteininstabilität über die gesamte Versuchsdauer von einem Jahr stand. Der Weinstabilisator KPA dürfte laut diesen Ergebnissen auch bei sehr instabilen Weinen mit hohen Weinsäure- und Kaliumgehalten effektiv wirken (Enartis, 2020). In der Abbildung 3A (Chardonnay ohne Zusatz) ist zu sehen, dass jeder eingesetzte Weinstabilisator die Weinsteininstabilität über den Versuchszeitraum von 12 Monaten aufrechterhalten konnte. In keiner der Varianten ist Weinstein ausgefallen. In der Abbildung 3B (Rheinriesling ohne Zusatz) kann jedoch beobachtet werden, dass in den Varianten Metaweinsäure, CMC und KPA-halbe Aufwandmenge nach 12 Monaten Lagerdauer bei 2 °C eine kleine Menge Weinstein ausgefallen ist. Die Weinsteinmengen waren bei den Varianten CMC, KPA-halbe Aufwandmenge und KPA-volle Aufwandmenge marginal, bei der Variante Metaweinsäure waren sie im Vergleich mehr als doppelt so hoch. Dieser geringe Weinsteinausfall könnte auf den deutlich höheren Weinsäuregehalt des für den Versuch

eingesetzten Weißweines zurückzuführen sein (Steidl, 2017). Der hierfür verwendete Rheinriesling wies einen Weinsäuregehalt von 3,6 g/L auf. Der Weinsäuregehalt der Rebsorte Chardonnay war im Vergleich um 1,2 g/L geringer und betrug 2,4 g/L. Vergleicht man nun

Abbildung A mit Abbildung B, so ist festzustellen, dass bei einem Weinsäuregehalt von 2,4 g/L (Abbildung 3A) jeder Weinsteinstabilisator den Weinstein bei 2 °C stabilisierte, dies war nach 12-monatiger Lagerung bei einem Weinsäuregehalt von 3,6 g/L (Abbildung 2B) nicht der Fall.

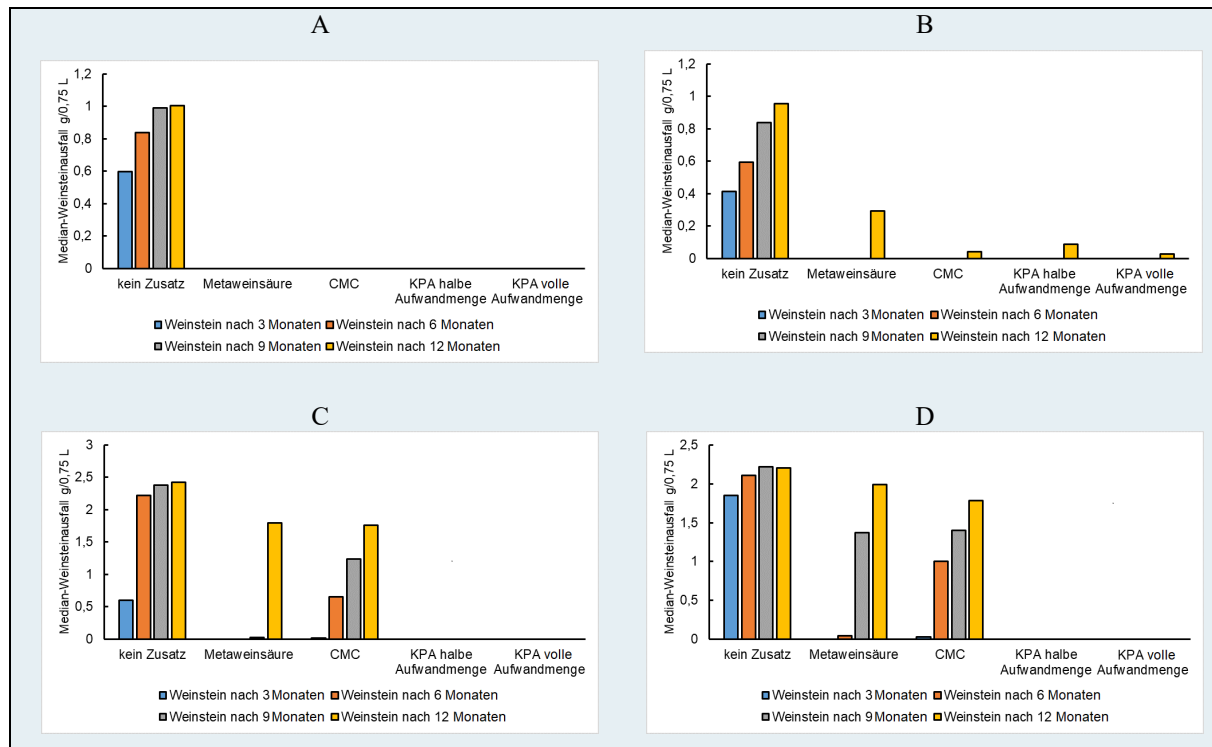


Abbildung 3: Weinsteinausfall (Medianwert aus 3 Flaschen) bei Chardonnay (linke Spalte) und Rheinriesling (rechte Spalte) bei 2°C über 12 Monate: A: Chardonnay ohne Kalium und Weinsäurezusatz; B: Rheinriesling ohne Kalium und Weinsäurezusatz; C: Chardonnay mit Kalium und Weinsäurezusatz; D: Rheinriesling mit Kalium und Weinsäurezusatz

Bei einer Lagerungstemperatur von 20 °C verhinderten, wie in den Abbildungen 4A und 4B zu sehen ist, alle Weinsteinstabilisatoren die Auskristallisation des Weinstein, auch in der Null-Variante fiel kein Weinstein aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Löslichkeitsprodukt des Kaliumhydrogentartrats (KHT; echter Weinstein) bei 20 °C sehr hoch ist und sich demnach eine Auskristallisation als eher unwahrscheinlich darstellt (WÜRDIG & WOLLER, 1989). Bei den chemisch instabilen Varianten (Abbildungen 4C und 4D) wurde nur bei der Variante Metaweinsäure nach einem Jahr ein Weinsteinausfall festgestellt. Die Varianten CMC, KPA-halbe Aufwandmenge und KPA-volle Aufwandmenge hielten bei einer Lagerungstemperatur von 20 °C die

Weinsteinstabilität über den gesamten Versuchszeitraum von einem Jahr aufrecht.

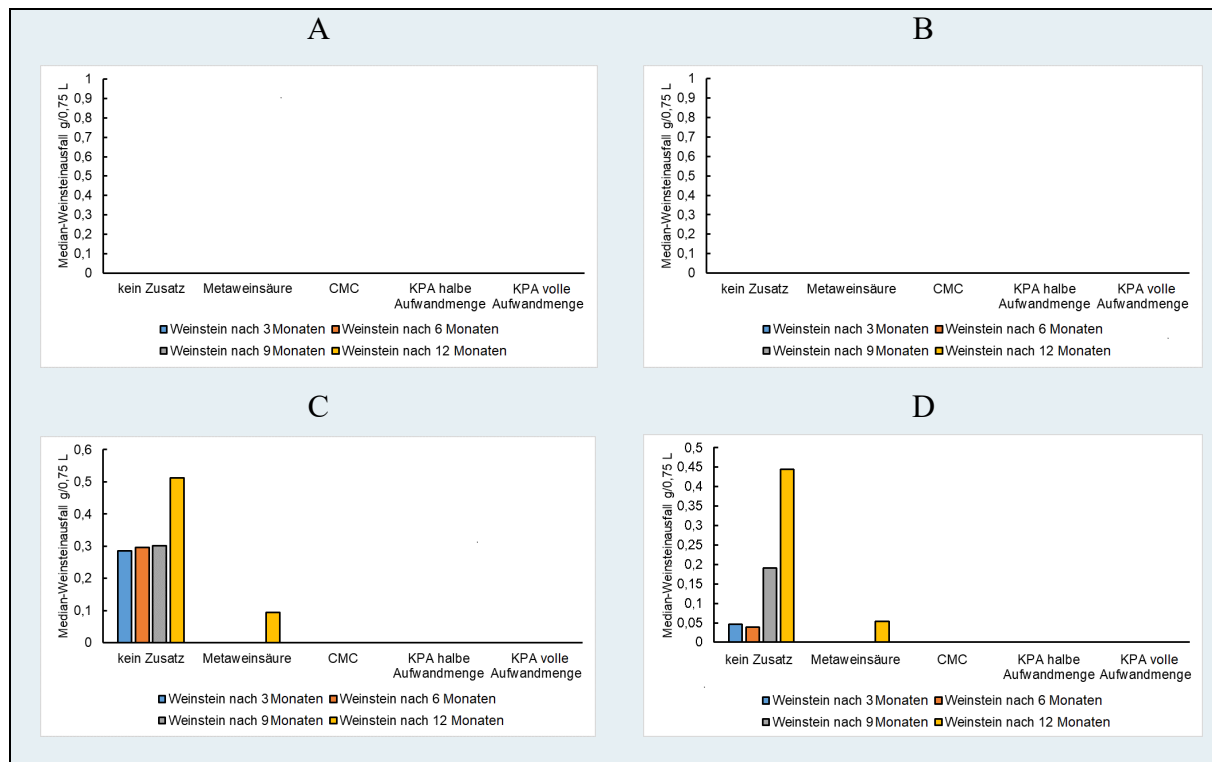


Abbildung 4: Weinsteinausfall (Medianwert aus 3 Flaschen) bei Chardonnay (linke Spalte) und Rheinriesling (rechte Spalte) bei 20°C über 12 Monate: A: Chardonnay ohne Kalium und Weinsäurezusatz; B: Rheinriesling ohne Kalium und Weinsäurezusatz; C: Chardonnay mit Kalium und Weinsäurezusatz; D: Rheinriesling mit Kalium und Weinsäurezusatz

In Tabelle 4 sind die Haupteffekte und Zwei-Wege-Interaktionen mittels eines verallgemeinerten linearen Modells errechnet. Unter dem Zusatz ist die Zugabe von Kalium und L-Weinsäure zu verstehen. Die Behandlungsvariante umfasst die eingesetzten Weinstabilisatoren Metaweinsäure, CMC, KPA-halbe Aufwandmenge und KPA-volle Aufwandmenge. Hinsichtlich des Messzeitpunkts wurden in diesem Modell hochsignifikante Ergebnisse errechnet, die Parameter Sorte und Zusatz sind hingegen nicht signifikant. Interessant ist, dass in diesem Modell die Temperatur, gleich wie die Behandlungsvariante, hoch signifikante Ergebnisse lieferte. In nahezu allen Zwei-Wege-Interaktionen, welche den Messzeitpunkt einschließen (Messzeitpunkt * Zusatz,

Messzeitpunkt * Temperatur, Messzeitpunkt * Behandlungsvariante) sind signifikante Interaktionseffekte zu verzeichnen. Lediglich in der Zwei-Wege-Interaktion Messzeitpunkt * Sorte wurde kein signifikanter Interaktionseffekt errechnet. Interessant ist, dass bei den Zwei-Wege-Interaktionen Sorte * Zusatz, Sorte * Temperatur und Sorte * Behandlungsvariante ebenfalls kein signifikanter Interaktionseffekt ersichtlich ist. Die Ergebnisse der Zwei-Wege-Interaktionen Zusatz * Temperatur und Zusatz * Behandlungsvariante sind wiederum hochsignifikant. Gleiches gilt für die Interaktion zwischen Temperatur und Behandlungsvariante. Es scheint somit hochsignifikante Interaktionseffekte zwischen dem Zusatz, der Temperatur und der Behandlungsvariante zu geben.

Tabelle 4: Haupteffekte und Zwei-Wege-Interaktionen Weißweine

Quelle	Typ III		
	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
Messzeitpunkt	79,914	3	,000
Sorte	,436	1	,509
Zusatz	2,711	1	,100
Temperatur	11,794	1	,001
Behandlungsvariante	147,299	4	,000
Messzeitpunkt * Sorte	2,059	3	,560
Messzeitpunkt * Zusatz	180,383	3	,000
Messzeitpunkt * Temperatur	298,511	3	,000
Messzeitpunkt * Behandlungsvariante	750,504	12	,000
Sorte * Zusatz	,747	1	,387
Sorte * Temperatur	3,256	1	,071
Sorte * Behandlungsvariante	3,064	4	,547
Zusatz * Temperatur	120,575	1	,000
Zusatz * Behandlungsvariante	139,751	4	,000
Temperatur * Behandlungsvariante	354,219	4	,000

Ergebnisse der untersuchten Rotweinproben

Beim Roten Verschnitt wurde ein ähnliches Modell gewählt (Abbildung 5). Die Abbildung 5A und 5B zeigen den Weinsteinausfall bei 2 °C, 5C und 5D bei 20 °C. Die Abbildungen 5B und 5D zeigen die Ergebnisse der künstlich instabilen Weinproben des Rotweins. Die Abbildung 5A zeigt die Ergebnisse des Weinsteinausfalls bei 2 °C ohne Zusatz von Kalium und Weinsäure. Es ist ersichtlich, dass alle Weinstabilisatoren den Weinstein in Lösung hielten, lediglich bei der Null-Variante ist Weinstein ausgefallen. Die Abbildung 5B zeigt den Weinsteinausfall bei 20 °C. Bei keiner der Varianten ist ein Weinsteinausfall zu verzeichnen. Dies ist, wie bereits erwähnt, darauf zurückzuführen, dass das Löslichkeitsprodukt des KHT bei 20 °C sehr hoch und das Risiko einer Kristallisation sehr gering ist (WÜRDIG & WOLLER, 1989). In der Abbildung 5C wurde beim Roten Verschnitt eine chemische Weinsteininstabilität hervorgerufen und die weinsteininstabilisierende Wirkung der verschiedenen Weinstabilisatoren, gleich wie bei den Weißweinmodellen, unter diesen Extrembedingungen erprobt. Es ist augenfällig, dass sich in der Variante CMC bereits nach drei Monaten bei 2 °C eine beträchtliche Menge an Weinstein gebildet hatte. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Rotweine einen

deutlich höheren Gerbstoffgehalt aufweisen und dieser laut ERBSLÖH (2022) die Wirkung des CMC negativ beeinflussen kann. Interessant ist aber, dass in der Abbildung 5A und 5B bei der Variante CMC kein Weinstein ausgefallen ist. Durch den Überschuss an Kalium und L-Weinsäure (Abbildung 5C und 5D) ist das chemische Lösungspotenzial des KHT sehr stark vermindert, was in Kombination mit dem hohen Gerbstoffgehalt des Rotweines die Wirkung des CMC möglicherweise negativ beeinflusste (ERBSLÖH, 2022). Es ist des Weiteren anzumerken, dass die Metaweinsäure bei einer Lagerungstemperatur von 2 °C eine sehr gute Wirkung hinsichtlich der Weinsteininstabilität bewies. Bei der Variante KPA-halbe Aufwandmenge war ein leichter Weinsteinausfall zu erkennen. Die Variante KPA-volle Aufwandmenge hielt den extremen Bedingungen vollständig stand. In der Abbildung 5D des Rotweinmodells ist die Weinsteinmenge bei 20 °C zu sehen. Hier wurde, gleich wie in der Abbildung 5C, Kalium und L-Weinsäure zugegeben, um damit die Weinsteininstabilität zu erhöhen. In dieser Grafik wies nur die Variante CMC eine sehr geringe Weinsteinmenge auf. Alle anderen Weinstabilisatoren hielten den Weinstein erfolgreich in Lösung bzw. die Weinsteininstabilität aufrecht. In der Abbildung 5D zeigt sich, dass dem Weinstein stabilisator CMC bei Rotweinen womöglich keine effektive

Wirkung bei 20 °C und höheren Weinsäure- und Kaliumgehalten beigemessen werden kann.

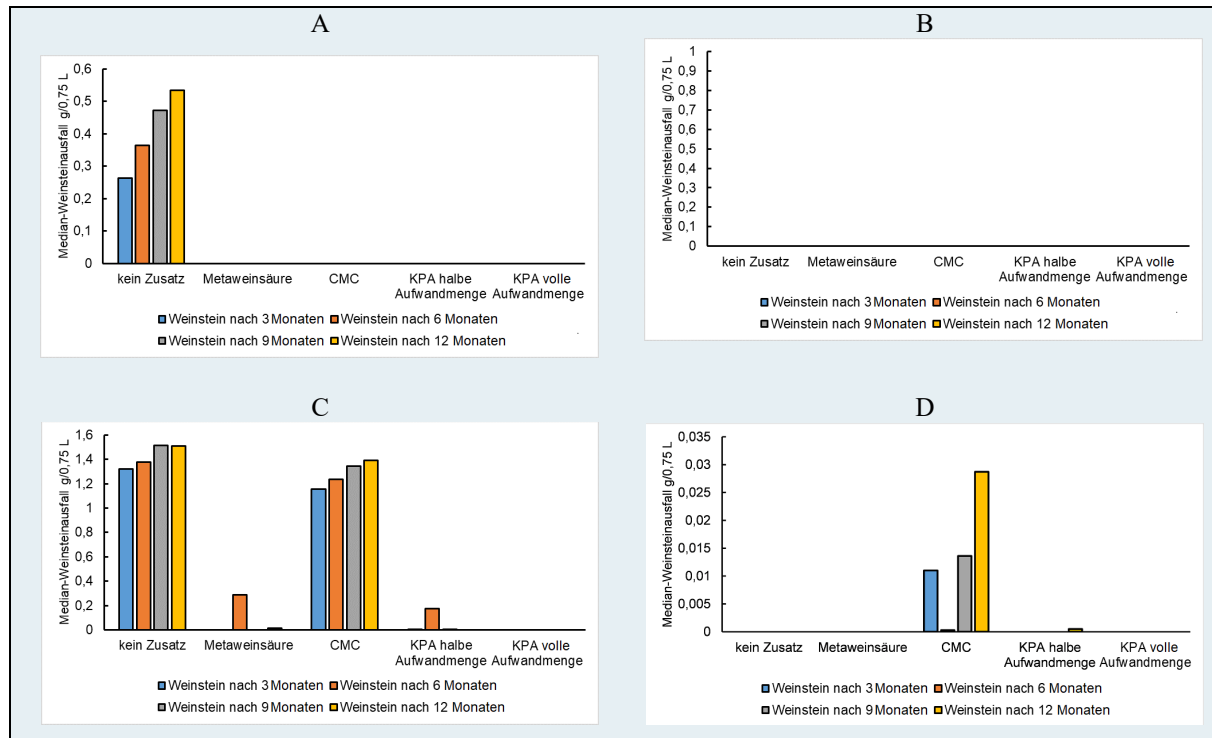


Abbildung 5: Weinsteinausfall (Medianwert aus 3 Flaschen) beim roten Verschnitt bei 2°C (linke Spalte) und 20°C (rechte Spalte) über 12 Monate: A: Roter Verschnitt ohne Kalium und Weinsäurezusatz bei 2°C; B: Roter Verschnitt ohne Kalium und Weinsäurezusatz bei 20°C; C: Roter Verschnitt mit Kalium und Weinsäurezusatz bei 2°C; D: Roter Verschnitt mit Kalium und Weinsäurezusatz bei 20°C

Das Haupteffekt- und Zwei-Wege-Interaktionsmodell ist in Tabelle 5 dargestellt. In diesem Modell ist der Messzeitpunkt nicht signifikant. Zusatz, Behandlungsvariante und Temperatur sind hingegen hochsignifikant. Interessant sind die Zwei-Wege-Interaktionen, hier zeigt sich, dass in jenen Interaktionen,

welche den Messzeitpunkt einschließen, nicht signifikante Interaktionseffekte vorhanden sind. Die Zwei-Wege-Interaktionen Zusatz * Behandlungsvariante, Zusatz * Temperatur und Behandlungsvariante * Temperatur deuten auf signifikante Interaktionseffekte hin.

Tabelle 5: Haupteffekt- und Zwei-Wege-Interaktionsmodell Rotwein

Quelle	Typ III		
	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
Messzeitpunkt	2,648	3	,449
Zusatz	183,949	1	,000
Behandlungsvariante	462,485	4	,000
Temperatur	295,368	1	,000
Messzeitpunkt * Zusatz	,553	3	,907
Messzeitpunkt * Behandlungsvariante	8,913	12	,710
Messzeitpunkt * Temperatur	2,480	3	,479
Zusatz * Behandlungsvariante	204,896	4	,000
Zusatz * Temperatur	162,118	1	,000
Behandlungsvariante * Temperatur	409,578	4	,000

Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, wie effektiv KPA im Vergleich zu den bereits etablierten Weinstabilisatoren Metaweinsäure und CMC den Weinsteinausfall inhibieren kann. Zu diesem Thema gibt es bis dato noch wenige Langzeitversuche. In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirkung des KPA über den Zeitraum von 12 Monaten getestet. Um die Wirkung des Präparats auszureizen, wurden - teils künstlich - verschiedene Temperatur- und Behandlungsvarianten erstellt.

Vergleicht man die Ergebnisse beim untersuchten Rotwein mit den Ergebnissen bei den zwei Weißweinen, so ist festzustellen, dass die Metaweinsäure im Rotwein die Auskristallisation des Weinstein sehr gut verhindern konnte. Der altbekannte Weinstabilisator konnte sich auch bei den künstlichen Extrembedingungen durchsetzen und den Weinsteinausfall unterbinden. Beim Weißwein zeigte sich bei all jenen Weinen, welche nicht durch L-Weinsäure und Kalium künstlich instabil gemacht wurden, ein ähnlich stabiler Trend. Es muss aber betont werden, dass die Metaweinsäure den künstlich hervorgerufenen Extrembedingungen größtenteils nicht standhielt und bereits nach wenigen Monaten in diesen Varianten erste Weinsteinmengen festgestellt werden konnten.

Der Weinstabilisator KPA wies sowohl in den Weißwein- als auch in den Rotweinmodellen eine sehr gute Wirkung auf. Bei der Variante KPA-volle Aufwandmenge wurde in keinem der Modelle über den gesamten Versuchszeitraum von einem Jahr ein Weinsteinausfall verzeichnet. Das KPA in voller Aufwandmenge hielt sogar den künstlich geschaffenen Extrembedingungen stand. In den

Studien zur Weinstabilität von BOSCO et al. (2020) und MARTÍNEZ-PÉREZ et al. (2020) wurde ebenfalls festgestellt, dass jene Weine, welchen der Weinstabilisator KPA zugesetzt wurde, auch nach einem Jahr weinsteinstabil waren. Interessant ist, dass die Wirkung des KPA bei halber Aufwandmenge vergleichbar gute Ergebnisse erzielte. Bezugnehmend auf den praktischen Einsatz von KPA sollte aber die empfohlene Aufwandmenge von 100 mL/hL präferiert werden (ENARTIS, 2020).

Der Weinstabilisator CMC wies in den Weißweinmodellen eine gute Wirkung auf. Den instabilen Verhältnissen hingegen, welche durch den Zusatz von Kalium und L-Weinsäure induziert wurden, hielt die CMC aber nicht stand. Hinsichtlich der weinstabilisierenden Wirkung des CMC widersprechen sich die Ergebnisse der Abbildung 5 des Rotweinmodells mit den Studienergebnissen von PITTARI et al. (2018), GREEFF et al. (2012) und CRACHERAU et al. (2001), in welchen der Zusatz von CMC die die Kristallisation des KHT im Rotwein vollständig hemmte. Es muss aber hinzugefügt werden, dass in dem hier durchgeführten Versuch durch den Zusatz von Kalium und L-Weinsäure die Versuchsweine extrem instabil waren. Diese künstlich erzeugten Extrembedingungen entsprechen nicht den Normalbedingungen. Die Übersättigung des Weins mit L-Weinsäure ist nämlich eine Grundvoraussetzung für die Kristallisation von KHT und kann als starker Impuls angesehen werden. CMC scheint bei Weinen mit einer sehr hohen Weinsteininstabilität weniger wirksam zu sein. Laut COULTER et al. (2015) sollte bereits eine gewisse Weinsteininstabilität vor dem Zusatz von CMC gegeben sein. Hinsichtlich der Zwei-Wege-Interaktionen scheint der Parameter Sorte bei den Weißwein-

proben zu keinen signifikanten Interaktionseffekten mit den Parametern Zusatz, Behandlungsvariante und Temperatur geführt zu haben, was auf die analytisch annähernde Homogenität der beiden Weißweine zurückzuführen sein könnte (STEIDL, 2017). Betrachtet man den Messzeitpunkt, so zeigt sich hingegen ein signifikanter Interaktionseffekt bezüglich der Parameter Zusatz, Temperatur und Behandlungsvariante. Im Detail könnte sich der signifikante Zwei-Wege-Interaktionseffekt zwischen den Parametern Messzeitpunkt und Zusatz dadurch begründen, dass sich einige Stabilisatoren bei den künstlich induzierten Extrembedingungen während des Gesamtversuchszeitraums von zwölf Monaten nicht durchsetzen konnten. Hier gilt zu betonen, dass der Weinsteinstabilisator KPA auch unter diesen extrem instabilen Bedingungen die Weinsteinstabilität über den gesamten Versuchszeitraum aufrecht halten konnte. Die signifikante Interaktion zwischen den Parametern Messzeitpunkt und Temperatur ist ebenfalls nicht überraschend, da eine niedrige Temperatur über den gesamten Versuchszeitraum das Löslichkeitspotential des KHT langfristig so weit herabsenkte, bis die ersten Weinsteinstabilisatoren nachgegeben hatten (WÜRDIG und WOLLER, 1989). Hierbei muss betont werden, dass das KPA bei der kühlen Lagerungstemperatur von 2 °C den Weinstein zwölf Monate stabilisierte. Ein signifikanter Interaktionseffekt ist auch der Zwei-Wege-Interaktion Messzeitpunkt und Behandlungsvariante zu entnehmen. Hierbei zeigt sich deutlich, dass es hinsichtlich der Dauer der stabilisierenden Wirkungen der einzelnen Weinsteinstabilisatoren signifikante Unterschiede gibt. Einen signifikanten Interaktionseffekt gab es auch bei Zusatz * Temperatur, Zusatz * Behandlungsvariante und Temperatur * Behandlungsvariante Interaktionen. Dementsprechend dürfte die Temperatur signifikant mit der künstlich induzierten Weinsteinstabilität interagieren. Höchstwahrscheinlich liegt dies daran, dass bei 20 °C Temperatur das Löslichkeitspotential des KHT höher ist als bei 2 °C, was in Verbindung mit der künstlichen Instabilisierung die Wirkung der verschiedenen Weinsteinstabilisatoren stark beeinflusste (WÜRDIG und WOLLER, 1989). Der Interaktionseffekt zwischen dem Zusatz und der Behandlungsvariante ist durchaus ein kausaler, da klarerweise unter höchst instabilen Bedingungen nicht alle Weinsteinstabilisatoren optimal Weinstein stabilisierend wirken (CRACHERAU et al., 2001). Die positive Betonung liegt bei dieser Interaktion wieder beim KPA, welches selbst

diesen Bedingungen standhielt. Logisch begründen lässt sich ebenso der signifikante Interaktionseffekt zwischen der Temperatur und der Behandlungsvariante. Dies kann mithilfe der veränderten Löslichkeitspotentiale des KHT bei verschiedenen Temperaturen erklärt werden (COLTER et al., 2015).

Interessanterweise wurden bei den Zwei-Wege-Interaktionen beim Rotwein in allen Interaktionen, welche den Parameter Messzeitpunkt beinhalten, keine signifikanten Interaktionseffekte verzeichnet. Eine genaue Interpretation dieses Sachverhalts ist schwierig. Anscheinend dürften die verschiedenen Messzeitpunkte im Abstand von drei Monaten weder mit den künstlichen Zusätzen noch mit der Behandlungsvariante und der Temperatur interagiert haben. In den Boxplots zeigt sich, dass bei einem stattgefundenem Weinsteinausfall bereits die Gesamtmenge an Weinstein beim ersten Messzeitpunkt ausgefallen ist, und diese im Verlaufe des Versuchszeitraumes nicht weiter anstieg. Beim Rotwein interagierte, ähnlich wie bei den Weißweinproben, der Parameter Zusatz signifikant mit der Behandlungsvariante und der Temperatur. Ebenso ist bei der Zwei-Wege-Interaktion Behandlungsvariante und Temperatur ein signifikanter Interaktionseffekt zu verzeichnen. Die Gründe für diese signifikanten Effekte sind damit zu begründen, dass die verschiedenen Weinsteinstabilisatoren unterschiedliche Wirkungsweisen und Temperaturoptima aufweisen (ENARTIS, 2018; ERBSLÖH, 2019). Ein Zusatz von L-Weinsäure und Kalium ist ein extremer Eingriff in die Weinmatrix, welcher die einzelnen Weinsteinstabilisatoren beeinflussen kann. Auch kann, ebenso wie bei den Weißweinen, hinsichtlich des Löslichkeitspotentials des KHT argumentiert werden, welches bei höheren Temperaturen höher und bei niedrigeren Temperaturen niedriger ist. Die Interaktion mit den künstlichen Zusätzen liegt somit sehr nahe (COLTER et al., 2015).

Conclusion

Das Kaliumpolyaspartat verhinderte im direkten Vergleich zu den Stabilisatoren Carboxymethylcellulose und Metaweinsäure erfolgreich den Ausfall von Kaliumhydrogentartrat in allen Behandlungs- und Temperaturvarianten über den gesamten Versuchszeitraum. Der Stabilisator Carboxymethylcellulose konnte die Weinsteinstabilität in den künstlich instabilen Varianten

nicht aufrechterhalten, die Metaweinsäure wies dahingehend eine gute Wirkung auf, jedoch wurde beobachtet, dass in den 2 °C Varianten die Wirkung der Metaweinsäure nur von kurzer Dauer war. Weitere wissenschaftliche Aktivitäten sollten sich der Stabilität gegenüber Calciumtartrat widmen und den sensorischen Einfluss von KPA untersuchen.

Literatur

- Barna, J., Grill, F.** 1980: Die Bestimmung des Aschegehaltes von Weinen und Fruchtsäften aus deren Kalium-, Magnesium-, Natrium-, Calcium- und Phosphatgehalten. Mitteilungen Klosterneuburg 30: 247-249.
- Bogianchini, M.** 2017: Technical Applications. Tagungsunterlagen Enartis
- Bosso, A., Lopez, R., Panero, L., Motta, S., Petrozziello, M., Asproudi, A., & Guaita, M.** 2020. Use of polyaspartates for the tartaric stabilisation of white and red wines and side effects on wine characteristics. *Oeno One* 51: 15-26.
- Coulter, A.D., Holdstock, M.G., Cowey, G.D., Simos, C.A., Smith, P.A., Wilkes, E.N.** 2015: Potassium bitartrate crystallisation in wine and its inhibition. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 21: 627–641.
- Cracherau, J.C., Gabas, N., Blouin, J., Hebrard, B., Maujean, A.** 2001: Stabilisation tartrique des vins par la carboxyméthylcellulose (CMC). *Bull. l'OIV*, 74: 17–23.
- Eder, R.** 2003: Weinfehler 174-184. – Linz: Agrarverlag, 2003
- Eder, R.** 2009a: Ursachen und Vermeidung von Weinsteinausfall, Teil 1. *Der Winzer* 2009(5): 30-32.
- Eder, R.** 2009b: Ursachen und Vermeidung von Weinsteinausfall, Teil 2. *Der Winzer* 2009(6): 30-32.
- Eder, R., Willach, M., Strauss, M., Philipp, C.** 2019: Efficient tartaric stabilisation of white wine with potassium polyaspartate. In: *BIO Web of Conferences* (Vol. 15, p. 02036). EDP Sciences.
- Enartis,** 2018: Zenith®Uno. <https://www.enartis.com/de/produkte/wein/stabilisierungsmittel/kaliumpolyaspartat/zenith-uno-2/>, (14.02.2022)
- Erbslöh,** 2019: Metavin® Opti. <https://erbsloeh.com/produkte/wein/stabilisierung>, (14.02.2022)
- Erbslöh,** 2022: VinoStab®. <https://erbsloeh.com/produkte/wein/stabilisierung>, (14.02.2022)
- Greeff A.E., Robillard, B., du Toit, W.J.** 2012: Short-and long-term efficiency of carboxymethylcellulose (CMC) to prevent crystal formation in South African wine. *Food Addit.*, 29: 1374–1385.
- International Organization of Vine and Wine** 2016: OIV-OENO Resolution 543/2016
- International Organization of Vine and Wine** 2017: OIV-OENO Resolution 572/2017
- Marb´e-Sans, D.** 2016: Weinsteinausfall vermeiden. *Das Deutsche Weinmagazin* 3: 12-13
- Philipp, C.** 2021: Kalium-Polyaspartat als Weinsteinstabilisierungsmittel am Prüfstand, Teil 2. *Der Winzer* 07/2021: 28-31.
- Pittari, E., Catarino, S., Andrade, M.C., Ricardoda-Silva, J.M.** 2018: Preliminary results on tartaric stabilization of red wine by adding different carboxymethylcelluloses. *Ciênc. Téc. Vitiviníc.* 33: 47–57.
- Schedler, S.** 2018: „Kaliumpolyaspartat“ Die Weinsteinstabilisierung der neuesten Generation!? Aktuelle Erkenntnisse zum neuen Weinbehandlungsmittel. *Forum Oenologie* 2018, Tagungsunterlagen, Bernkastel-Kues, Deutschland
- Scheibelhofer, H.** 2021: Rasch zum Jungwein. *Der Winzer* 09/2021: 12-13.
- Steidl, R.** 2004: Schönung und Stabilisierung. – Linz: Agrarverlag, 2004
- Steidl, R.** 2017: Kellerwirtschaft. – Linz: Agrarverlag, 2017

Strauss, M., Willach, M. 2019: Wirksamkeit des Weinstabilisierungsmittels Polyaspartat im Vergleich zu Metaweinsäure und CMC sowie mögliche Auswirkungen bei der Weinanalyse mittels FTIR. Klosterneuburg, Österreich, Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Diplomarbeit

Triulzi, G. 2017: History, production process, main benefits. Tagungsunterlagen Enartis

Würdig, G., Woller, R. 1989: Chemie des Weines. – Stuttgart: Ulmer Verlag, 1989