HBLA und Bundesamt
Klosterneuburg
Wein- und Obstbau

Untersuchung zur Entstehung von flüchtigen Säuren bei der Weinbereitung aus Maischen mit hohen pH-Werten

Untersuchungen zum Beitrag von ausgewählten Hefen zur Unterdrückung der Bildung von flüchtigen Säuren

Untersuchung zur Entstehung von flüchtigen Säuren bei der Weinbereitung aus Maischen mit hohen pH-Werten

Untersuchungen zum Beitrag von ausgewählten Hefen zur Unterdrückung der Bildung von flüchtigen Säuren

Klosterneuburg, 2021

Impressum

Projektleiter: DI Christoph Detz
E-Mail: christoph.detz@weinobst.at
Projektmitarbeiter: Scheiblhofer. Pimpel, Artner, Heiss, Wandler, Scheiblhofer, Winkler, Sieber, Schneider, Patzl-Fischerleitner, Schober, Marek, Korntheuer
Kooperationspartner: Weingut Scheiblhofer, Abteilung Chemie, Abteilung Kellerwirtschaft
Finanzierungsstellen: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
Projektlaufzeit: 1 Jahr

Alle Rechte vorbehalten.

Klosterneuburg, 2021. Stand: 7. April 2021

Inhalt

1 Flüchtige Säuren in der Weinbereitung 6

1.1 Flüchtige Säuren 6

1.1.1 Bedeutung der flüchtigen Säuren im Wein 6

1.1.2 Ursache 6

1.1.3 Vorbeugung 6

1.1.4 Behandlung 7

1.2 Hefen 7

1.2.1 Die Hefe 7

1.2.2 Hefearten 7

1.2.3 Spezielle Hefen 8

1.2.4 Bildung von flüchtigen Säuren durch die Hefe 9

1.3 Arten der Gärung 10

1.3.1 Spontangärung 10

1.3.2 Gärung mit Reinzuchthefen 10

2 Problemstellung 11

3 Material & Methoden 12

3.1 Material 12

3.1.1 Rhône 2056 12

3.1.2 Ionys 14

3.1.3 Laktia 16

3.1.4 Gaïa 18

3.1.5 Übernahme und Rebler 19

3.1.6 Traubenmaterial 20

3.2 Analysenmethoden 20

3.2.1 FTIR 20

3.2.2 Konelab 20

3.2.3 pH-Meter 21

3.2.4 Säure potentiometrisch 21

3.3 Methoden 22
3.3.1 Rhône 2056 22
3.3.2 Laktia 22
3.3.3 Ionys 22
3.3.4 Spontangärung 22
3.3.5 Gaïa 22
4 Ergebnisse 23
4.1 Einfluss der Hefen auf den pH-Wert 23
4.2 Einfluss der verschiedenen Hefen auf den Gehalt der flüchtigen Säuren 24
4.3 Einfluss der verschiedenen Hefen auf den Gehalt der Säure 25
Zusammenfassung 27
Summary 28
5 Literaturverzeichnis 29

1 Flüchtige Säuren in der Weinbereitung

1.1 Flüchtige Säuren

1.1.1 Bedeutung der flüchtigen Säuren im Wein

Weine mit flüchtigen Säuren sind meist hochfärbiger und bilden gelegentlich eine kleine, feine Kahmhaut. Der Geruch ist leicht säuerlich stechend nach Essig. Flüchtige Säuren werden vor allem durch Essigsäurebakterien unter Sauerstoffeinfluss gebildet (STEIDL, 2015).
Flüchtige Säuren bestehen zu zirka 90% aus Essigsäure. Als Flüchtige Säuren bezeichnet man alle Säuren, die bei einer Wasserdampfdestillation des Weines in das Destillat übergehen (STEIDL, 2015).
Hefen bilden Essigsäuren auch als Nebenprodukt bei der Gärung durch Oxidation von Acetaldehyd. Essigsäure wird auch von Milchsäurebakterien gebildet, solange Zucker vorhanden ist. Ein biologischer Säureabbau erhöht in der Regel den Gehalt an flüchtigen Säuren um 0,2 bis 0,3 g/L. Liegt der pH-Wert nicht über 3,4 so führt der simultane biologische Säureabbau nicht zu einer Erhöhung der flüchtigen Säuren (AMANN, 2007).
Bei der Gärung werden 0,2-0,5 g/L flüchtige Säuren gebildet. Wilde Hefen können bis zu einem Gramm pro Liter flüchtige Säuren bilden (EDER UND BRANDES, 2003).
Sensorisch wahrnehmbar sind die flüchtigen Säuren bereits unter dem gesetzlichen Grenzwert. Auch spielen dabei der Extrakt und die Fülle des Weines eine große Rolle (AMANN, 2007).

1.1.2 Ursache

Die Ursache der Entstehung von flüchtigen Säuren in Wein ist üblicherweise unsaubere Arbeit im Keller. Unter anderem zählt dazu das zu späte Auffüllen von Fässern. In den letzten Jahren entstehen erhöht flüchtige Säuren durch ungewöhnliche Witterung (FISCHER, 2015).

1.1.3 Vorbeugung

Am besten sollte man für die Vermeidung der Entstehung von flüchtigen Säuren sauberes und gesundes Traubenmaterial verwenden. In der Verarbeitung sollte immer alles regelmäßig gereinigt werden, vor allem während der Traubenverarbeitung. Eine Maischeschwefelung

unterbindet dabei die Bakterienentwicklung und eine rasche Gärung verdrängt für die Bildung flüchtiger Säuren notwendigen Sauerstoff (STEIDL, 2015).
Durch das Aussortieren von essigfaulen Trauben sollte der Gehalt an flüchtigen Säuren im Most gesenkt werden. Denn durch die höheren Temperaturen bei der Ernte vermehren sich die Essigsäurebakterien schneller und bilden dadurch mehr flüchtige Säuren (AMANN, 2007).

1.1.4 Behandlung

Ein Weinfehler durch flüchtige Säuren ist einer der gefährlichsten Weinfehler. Eine Behebung leichter Fehler durch flüchtige Säuren ist durch Verschnitt und Sterilfiltration möglich. Auch könnte man die Essigsäure durch Ionenaustauscher und Umkehrosmose entfernen, doch momentan ist diese Methode nicht zugelassen (STEIDL, 2015).

1.2 Hefen

1.2.1 Die Hefe

Durch die Vergärung des Zuckers werden einerseits Alkohol und Kohlendioxid gebildet, andererseits entstehen auch charakteristische Gäraromen, das so genannte Sekundärbukett. Verantwortlich für diese vielseitigen Aromen sind die Hefen – natürlich vorkommende Pilze mit verschiedensten Zell- und Vermehrungsformen. Bei der alkoholischen Gärung sind immer *Saccharomyces* und deren Arten gemeint. Je nach Art kann die Zelle der Hefe kugelig, oval, länglich bis zylindrisch oder gespitzt vorkommen. Der größte Teil der Hefe stammt von der Oberfläche der Traubenbeeren. An diesen Stellen können sie sich am besten vermehren, da sie hier den besten Zutritt zum Saft haben (feine Risse, Wunden, Fruchtpolster der Beerenstiele). Auf einer Beere finden sich ungefähr 8 Millionen Zellen, auf aufgesprungenen allerdings fast 40-mal so viele wie auf unverletzten. Eine der wichtigsten Infektionsquellen ist der Weingartenboden, wo die Hefezellen durch spritzende Regentropfen auf die Beeren gelangen können. Auf bodennahen Trauben finden sich ungefähr 5-mal so viele Zellen wie auf den Beeren in den oberen Regionen. Einer der wichtigsten Vermehrungsorte ist auch die Weinpresse, die Keimzahl kann nach Verlassen der Presse hundertmal höher sein (STEIDL, 2015).

1.2.2 Hefearten

Aus dem Weingarten gelangen nur 1-3 % der erwünschten Hefen in den Keller. Meistens sind es nur 16 verschiedene Hefestämme, von denen nur fünf den Most vollständig durchgären

können. Man unterscheidet die Hefen nach Aussehen und der vorhandenen Gärleistung (STEIDL, 2015).
Die eigentliche Weinhefe *Saccharomyces cerevisiae* ist auf den Trauben eher selten und wenn, dann nur auf sehr wenigen Exemplaren, zu finden. Trotzdem setzt sie sich gegen Ende der alkoholischen Gärung rasch durch und überwiegt am Schluss mit 90 % gegenüber allen anderen Hefen. Seit den 1960er Jahren werden gezielte Trockenhefen produziert. Inzwischen gibt es am Hefemarkt eine nahezu unübersehbare Anzahl an *Saccharomyces cerevisiae*-Arten (GEMMRICH, et. al. 2007).

1.2.2.1 Stark gärende Hefen

Stark gärende Hefen bilden viel Alkohol und einige positive Nebenprodukte. Diese Hefen bezeichnet man auch als „echte Weinhefen“ der Art *Saccharomyces cerevisiae*. Sie sind aber zu Beginn der Gärung nur in geringer Anzahl vertreten (STEIDL, 2015).

1.2.2.2 Schwach gärende Hefen

Schwach gärende Hefen sind von Natur aus im Most vorhanden, sie werden auch als „wilde Hefen“ bezeichnet. Anfänglich sind sie tausendfach zahlreicher als *Saccharomyces cerevisiae* und sie beginnen die Gärung. Die Hauptvertreter sind *Kloeckera apiculata* („Apiculatushefen“), *Candida, Metschnikowa*-Arten. Diese weisen eine zugespitzte, zitronenartige Form auf. Die Alkoholverträglichkeit ist mit größer gleich 3-4 %vol nicht sehr groß, Alkohol wirkt auf sie demnach hemmend. Sobald die Anzahl an wilden Hefen in Mosten stark abnimmt, führen die Saccharomyceten die Gärung fort. Einige Gärnebenprodukte der wilden Hefen wie Glycerin sind vorteilhaft, allerdings können einige Vertreter bis 0,5 g/L Essigsäure bilden, ungefähr zehnmal mehr als *Saccharomyces cerevisiae* (STEIDL, 2015).

1.2.2.3 Kammhefen

Kammhefen benötigen Sauerstoff, sind weinschädlich und vermehren sich gerne auf der Oberfläche von Weinen mit niedrigerem Alkoholgehalt (11 %vol) (STEIDL, 2015).

1.2.3 Spezielle Hefen

Die Verwendung von ausgewählten Reinzuchthefen der Spezies *Saccharomyces cerevisiae* zur Weinbereitung hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dieser Trend hat sich auch in den letzten Jahren fortgesetzt. Dies ist auf die vielen Vorteile der Reinzuchthefen und das immer größer werdende Angebot an selektionierten und

gentechnisch modifizierten *Saccharomyces cerevisiae*- Stämmen zurückzuführen (MILLES, 1994).

1.2.3.1 Ionys

Ionys ist die erste Weinhefe, bei der innerhalb der *Saccharomyces cerevisiae* -Art nachgewiesen wurden, dass sie die Fähigkeit hat, Most während der Gärung signifikant und auf natürliche Weise anzusäuern. Weine aus reifen Trauben, die mit dieser Hefe fermentiert werden, sind ausgewogener und frischer (LALLEMAND, 2019).

1.2.3.2 Laktia

Laktia ist eine natürliche Alternative zur Ansäuerung. Laktia ist eine Reinkultur von Lachencea thermotolerans, die von Lallemand selektioniert wurde. Die Hefe produziert während der alkoholischen Gärung hohe Werte an Milchsäure. Daher ist sie ein natürliches Hilfsmittel zum Säureausgleich von Rotweinen aus heißen Weinbaugebieten. Darüber hinaus bringt Laktia nicht nur Frische und Säure, sondern auch aromatische Komplexität mit sich (LALLEMAND, 2019).

1.2.4 Bildung von flüchtigen Säuren durch die Hefe

Die flüchtige Säure von Weinen besteht aus wasserdampfflüchtigen Fettsäuren. Außer Ameisensäure, die bereits in Mosten in höhere Menge vorhanden ist (bis 60 mg/L), werden alle Fettsäuren während der Vergärung durch die Hefe gebildet. Die wichtigste gebildete Fettsäure ist Essigsäure, deren Konzentration, ausgehend von den wenigen mg/L, die in Most enthalten sind, in Abhängigkeit von Hefestämmen zu ca. 300-400 mg/L Essigsäure gebildet wird. Daneben wird noch Hexansäure bis zu 8 mg/l gebildet. Propionsäure, 2-Methylpropionsäure, n-Buttersäure sowie 2- und 3-Methylbuttersäure werden nur in Spuren (um 1 mg/L oder darunter) gefunden. Die flüchtige Säure ist ein wichtiges Beurteilungskriterium für die durch Mikroorganismen verursachte Beschaffenheit von Weinen. Für sie wurden Grenzwerte festgelegt, die für die Verkehrsfähigkeit von Weinen verbindlich sind (SPONHOLZ, et. al. 1981).

Durch die Glyzerinbrenztraubensäure-Gärung ist bekannt, dass bei der Gärung neben Alkohol und CO_2 auch einige Sekundärprodukte entstehen können. Neben Glyzerin entsteht auch Essigsäure, Bernsteinsäure, 2,3-Butandiol, Acetoin und Acetaldehyd. Hefen wie *Torulopsis* und *Hansenula* bilden sehr viel Essigsäure und Bernsteinsäure, was zum Teil auf deren Atmung zurückzuführen ist. Wichtig ist die Bildung von Essigsäureäthylester. Weinhefen erzeugen alle auf unterschiedlichste Art Essigsäureäthylester. Während *Saccharomyces*, die *Torulaspora* und die *Torulopsis* keine stark-esterbildende Hefen sind, können *Kloeckera apiculata*,

Saccharomyces ludwigii und speziell *Pichia* und *Hansenula*, diese bilden Oberflächenhäute, sehr hohe Gehalte an flüchtiger Säure aufweisen (PEYNAUD, 1957).

1.3 Arten der Gärung

1.3.1 Spontangärung

Bei der Spontangärung wird gewartet bis sich die Hefezellen unter Lufteinfluss auf die notwendige Zellzahl vermehrt. Zumeist findet man dabei immer die gleichen 16 Hefestämme, dies sind vor allem wilde Hefen. Beeinflusst wird die Hefegattung durch Rahmenbedingungen wie SO_2, Temperatur, Ausgangskeimzahl und Pflanzenschutzmittelrückständen. Die wilden Hefen sind hauptsächlich zu Beginn der Gärung vorhanden, sie produzieren viel Glycerin, vertragen aber, wie bereits beschrieben, nur einen Alkoholgehalt von maximal 4 %vol. Charakteristika einer spontanen Gärung sind: erhöhter Glyceringehalt, mehr höhere Alkohole, mehr flüchtige Säure, mehr SO_2-Bedarf, mögliche Gärungsschwierigkeiten (STEIDL, 2015).

1.3.2 Gärung mit Reinzuchthefen

In der Weinbereitung hat die Auswahl von Reinzuchthefe, der Spezies Saccharomyces cerevisiae, stark an Bedeutung gewonnen. Dabei sind die vielen Vorteile, das immer steigende Angebot an Hefe-Selektionen und gentechnische Veränderungen dieser Saccharomyces-Stämme essentiell (MILLIES, 1994).
Durch den Zusatz von Reinzuchthefen kann für eine ausreichende Zellzahl zu Beginn der Gärung gesorgt werden. Damit kann eine Fehlgärung weitgehend unterbunden werden und eine gewisse Sicherheit bei der An- und Durchgärung gewährleistet werden (STEIDL, 2015).

2 Problemstellung

Der Klimawandel bringt immer häufiger Trauben mit höherer Reife. Dies wiederum bedeutet meist einen Anstieg der Zuckerkonzentration und ein Absinken und der Säure und damit einen Anstieg des pH-Wertes. Diese Arbeit befasst sich mit möglichen Folgen des immer weiter ansteigenden pH-Wertes der Maischen bzw. der Weine. Durch höhere pH-Werte steigt in der Praxis meist auch der Gehalt an flüchtigen Säuren in den Weinen an. Im Zuge dieser Arbeit sollen wichtige Auslöser für diesen Anstieg gesucht werden. Es werden dazu verschiedene Vinifikationsverfahren miteinander verglichen. Es wird der Einfluss einer Entsäuerung, Säuerung, „Spontangärung“, der Einsatz der Reinzuchthefen Rhône 2056, Ionys, Laktia und Gaïa sowie der Einfluss von „Saftentzug aus Maischen auf die Auswirkung auf den Gehalt an flüchtigen Säuren untersucht. Diese Arbeit soll damit untersuchen, wie weit dieses Verfahren einen Einfluss auf den Gehalt an flüchtigen Säuren hat. Dieses Wissen soll dem Praktiker/der Praktikerin helfen die Gefahr der Bildung von flüchtigen Säuren zu minimieren. Alle Versuche werden mit Rotweinmaischen durchgeführt.

3 Material & Methoden

3.1 Material

3.1.1 Rhône 2056

Abb. 1 Rhône 2056

Rhône 2056 (Abb. 1) ist eine Reinzuchthefe der Spezies Saccharomyces cerevisiae für die alkoholische Gärung, sie dient zur Beimpfung des zu vergärenden Mostes.

3.1.1.1 Herkunft

Die Hefe Rhône 2056, von der Firma LALVIN, wurde vom ITV (Institut Technologie du Vin) in Interhône (Frankreich) selektioniert.

3.1.1.2 Produkteigenschaften

- Zählt zur Spezies Saccharomyces cerevisiae
- Gärungs-Geschwindigkeit: mittel
- Temperaturtoleranz von 15 °C – 28 °C
- Hohe Bildung von Glycerin
- Geringe Bildung von flüchtigen Säuren
- Alkoholtoleranz geht bis 16 % vol.
- Stickstoffbedarf in der Gärung ist mittel
- Lag-Phase ist sehr kurz

- Anschließender BSA wird empfohlen

3.1.1.3 Vorteile

- Hohe Alkoholtoleranz
- Verleiht dem Produkt mehr Frucht, Körper und Sortenspezifische Aromen
- Ist für Rotwein, Weißwein und Roséwein geeignet
- Sicheres Durchgären

3.1.1.4 Anwendungsbereich

Diese Trockenreinzuchthefe ist vor allem für die alkoholische Gärung von Rotweinen geeignet. Bei Weinen mit potenziellen Alkoholgehalten bis 15 %vol. und bei fruchtbetonten Weinen ist die Hefe Rhône 2056 sehr gut geeignet.

3.1.1.5 Einsatzweise

Die Trockenhefe mit der fünf- bis zehnfachen Menge Wasser (35-37 °C) für 20 Minuten rehydrieren. Nach einer ersichtlichen Schaumbildung soll der Hefe eine kleine Menge des zu vergärenden Mostes zugesetzt werden. Große Temperaturschwankungen während der Rehydrierung sollen vermieden werden.

3.1.1.6 Beimpfung

Bei der Rhône 2056 – Hefe ist eine Dosierung bei Weißwein von 25 bis 40 g/hL und bei Rotwein von 30 bis 50 g/hL empfohlen. Bei der Beimpfung muss man den SO_2-Gehalt des Mostes beachten, der Gehalt darf 15 mg/L nicht übersteigen.

3.1.1.7 Lagerung

Auf der Verpackung der Hefe befinden sich vorgeschriebene Lagerbedingungen, damit die Produktqualität gewährleistet werden kann. Bei einer Lagerungstemperatur von +4 °C ist eine Haltbarkeit von 24 Monaten beschrieben. Bereits geöffnete Packungen sollen so schnell wie möglich verbraucht werden.

3.1.1.8 Qualität & Sicherheit

Die Produkte, die zur önologischen Verwendung produziert werden, sind im OIV-Codex als zugelassene Weinbehandlungsmittel angeführt. Diese Produkte entsprechen den aktuellen Vorschriften des OIV-Codex. (LALLEMAND, 2018)

Die EU-Verordnung 606/2009 beinhaltet Durchführungsbestimmungen zur EU-Verordnung 479/2008. Diese nehmen Bezug auf die Kategorie des Weinbauerzeugnisses und önologische Verfahren. Die dabei geltenden Beschränkungen lassen die Verwendung der genannten Produkte in önologischen Anwendungen und Verfahren zu. (LALLEMAND, 2018)

3.1.2 Ionys

Abb. 2 Ionys

Ionys (Abb. 2) ist eine Reinzuchthefe der Spezies Saccharomyces cerevisiae für die alkoholische Gärung, sie dient zur Beimpfung des zu vergärenden Mostes.

3.1.2.1 Produkteigenschaften

- Zählt zur Spezies Saccharomyces cerevisiae
- Gärungs-Geschwindigkeit: mittel bis niedrig
- Temperaturtoleranz von 25 °C – 28 °C
- Sehr geringe Bildung von flüchtigen Säuren
- Alkoholtoleranz geht bis 15,5 %vol.
- Bildet während der Gärung erhöhte Gehalte Bernsteinsäure
- Glycerinbildung ist sehr hoch

3.1.2.2 Vorteile

- Absenkung des pH-Wertes
- Verleiht dem Produkt mehr Frische
- Verringerte Ethanolbildung
- Hohe Glyceringehalte

3.1.2.3 Anwendungsbereich

Die Reinzuchthefe Ionys eignet sich besonders für die Vergärung von hochreifem Rotweinmost mit hohem pH-Wert und niedrigem Säuregehalt. Die Hefe ermöglicht es aus hochreifen Lesematerial durch eine erhöhte Bernsteinsäurebildung Weine zu erzeugen, die frischer und säurereicher wirken. Durch die erhöhte Bildung von Glycerin und Bernsteinsäure ist es möglich einen reduzierten Alkoholgehalt im Vergleich zu anderen Hefen zu erzielen.

3.1.2.4 Einsatzweise

Die Trockenhefe mit der fünf- bis zehnfachen Menge Wasser (35-37 °C) für 20 Minuten rehydrieren. Nach einer ersichtlichen Schaumbildung soll der Hefe eine kleine Menge des zu vergärenden Mostes zugesetzt werden. Große Temperaturschwankungen während der Rehydrierung sollen vermieden werden.

3.1.2.5 Beimpfung

Bei der Ionys – Hefe ist eine Dosierung von 25 bis 40 g/hL empfohlen. Bei der Beimpfung muss man den SO_2-Gehalt des Mostes beachten, der Gehalt darf 15 mg/L an freiem SO_2 nicht übersteigen.

3.1.2.6 Lagerung

Auf der Verpackung der Hefe befinden sich vorgeschriebene Lagerbedingungen, damit die Produktqualität gewährleistet werden kann. Bei einer Lagerungstemperatur von +4 °C ist eine Haltbarkeit von 24 Monaten beschrieben. Bereits geöffnete Packungen sollen so schnell wie möglich verbraucht werden.

3.1.2.7 Qualität & Sicherheit

Die Produkte, die zur önologischen Verwendung produziert werden, sind im OIV-Codex als zugelassene Weinbehandlungsmittel angeführt. Diese Produkte entsprechen den aktuellen Vorschriften des OIV-Codex. (LALLEMAND, 2018)

Die EU-Verordnung 606/2009 beinhaltet Durchführungsbestimmungen zur EU-Verordnung 479/2008. Diese nehmen Bezug auf die Kategorie des Weinbauerzeugnisses und önologische Verfahren. Die dabei geltenden Beschränkungen lassen die Verwendung der genannten Produkte in önologischen Anwendungen und Verfahren zu. (LALLEMAND, 2018)

3.1.3 Laktia

Abb. 3 Laktia

Laktia (Abb. 3) ist eine Reinzuchthefe der Spezies Lachancea thermotolerans für die alkoholische Gärung, sie dient zur Beimpfung des zu vergärenden Mostes.

3.1.3.1 Produkteigenschaften

- Zählt zur Spezies Lachancea thermotolerans
- Gärungs-Geschwindigkeit: mittel
- Temperaturtoleranz von 15 °C – 30 °C
- Sehr geringe Bildung von flüchtigen Säuren
- Sehr geringe Alkoholtoleranz: bis 10 %vol.
- Bildet während der Gärung hohe Gehalte an Milchsäure
- Lag-Phase ist sehr kurz

3.1.3.2 Vorteile

- natürliche Alternative zur Ansäuerung
- Verleiht dem Produkt mehr Frische
- Gute Toleranz gegenüber hohen Temperaturen
- Erhöhte Gehalte an Milchsäure nach der Gärung

3.1.3.3 Anwendungsbereich

Diese Trockenreinzuchthefe ist vor allem für die alkoholische Gärung von Rotweinmost mit einem geringen Säuregehalt geeignet. Für Weine die mehr Frische und Säure bekommen sollen ist die Hefe Laktia sehr gut geeignet. Die Hefe hat eine sehr geringe Alkoholtoleranz und wird deshalb oftmals mit Hefen der Spezies Saccharomyces cerevisiae kombiniert.

3.1.3.4 Einsatzweise

Die Trockenhefe mit der fünf- bis zehnfachen Menge Wasser (35-37 °C) für 20 Minuten rehydrieren. Nach einer ersichtlichen Schaumbildung soll der Hefe eine kleine Menge des zu vergärenden Mostes zugesetzt werden. Große Temperaturschwankungen während der Rehydrierung sollen vermieden werden.

3.1.3.5 Beimpfung

Bei der Laktia – Hefe ist eine Dosierung von 25 bis 30 g/hL empfohlen. Bei der Beimpfung muss man den SO_2-Gehalt des Mostes beachten, der Gehalt darf 15 mg/L an freiem SO_2 nicht übersteigen.

3.1.3.6 Lagerung

Auf der Verpackung der Hefe befinden sich vorgeschriebene Lagerbedingungen, damit die Produktqualität gewährleistet werden kann. Bei einer Lagerungstemperatur von +4 °C ist eine Haltbarkeit von 24 Monaten beschrieben. Bereits geöffnete Packungen sollen so schnell wie möglich verbraucht werden.

3.1.3.7 Qualität & Sicherheit

Die Produkte, die zur önologischen Verwendung produziert werden, sind im OIV-Codex als zugelassene Weinbehandlungsmittel angeführt. Diese Produkte entsprechen den aktuellen Vorschriften des OIV-Codex. (LALLEMAND, 2018)
Die EU-Verordnung 606/2009 beinhaltet Durchführungsbestimmungen zur EU-Verordnung 479/2008. Diese nehmen Bezug auf die Kategorie des Weinbauerzeugnisses und önologische Verfahren. Die dabei geltenden Beschränkungen lassen die Verwendung der genannten Produkte in önologischen Anwendungen und Verfahren zu. (LALLEMAND, 2018)

3.1.4 Gaïa

Abb. 4 Gaïa

Gaïa (Abb. 4) ist eine Hefe der Spezies Metschnikowia fructicola, sie dient zur Beimpfung des zu vergärenden Mostes vor der alkoholischen Gärung. Gaia selbst besitzt keine Gärkraft. Für die alkoholische Gärung muss eine Saccharomyces cerevisiae Hefe zugesetzt werden.

3.1.4.1 Produkteigenschaften

- Zählt zur Spezies Metschnikowia fructicola
- Temperaturtoleranz von 8 °C – 16 °C
- Sehr geringe Bildung von flüchtigen Säuren
- Unterdrückt Wildhefen und Bakterien
- Lag-Phase ist sehr kurz

3.1.4.2 Vorteile

- Für Kaltmazeration geeignet
- Abtötung von unerwünschten Hefen und Bakterien
- natürliche Alternative zur Maischeschwefelung

3.1.4.3 Anwendungsbereich

Die Hefe Gaïa wird zur Unterdrückung von Wildhefen und Bakterien angewendet. Dabei wird die alkoholische Gärung verzögert und unerwünschte Mikroorganismen unterdrückt. Gaïa ist speziell für eine Kaltmazeration von Maischen vor der Vergärung sehr gut geeignet.

3.1.4.4 Einsatzweise

Die Trockenhefe mit der zehnfachen Menge Wasser (20 °C) für 15 Minuten rehydrieren. Große Temperaturschwankungen während der Rehydrierung sollen vermieden werden. Die rehydrierte Hefe auf die Trauben, Maische oder Most zugeben.

3.1.4.5 Beimpfung

Bei der Gaïa – Hefe ist eine Dosierung von 7 bis 20 g/hL empfohlen.

3.1.4.6 Lagerung

Auf der Verpackung der Hefe befinden sich vorgeschriebene Lagerbedingungen, damit die Produktqualität gewährleistet werden kann. Bei einer Lagerungstemperatur von +4 °C ist eine Haltbarkeit von 24 Monaten beschrieben. Bereits geöffnete Packungen sollen so schnell wie möglich verbraucht werden.

3.1.4.7 Qualität & Sicherheit

Die Produkte, die zur oenologischen Verwendung produziert werden, sind im OIV-Codex als zugelassene Weinbehandlungsmittel angeführt. Diese Produkte entsprechen den aktuellen Vorschriften des OIV-Codex. (LALLEMAND, 2018)
Die EU-Verordnung 606/2009 beinhaltet Durchführungsbestimmungen zur EU-Verordnung 479/2008. Diese nehmen Bezug auf die Kategorie des Weinbauerzeugnisses und önologische Verfahren. Die dabei geltenden Beschränkungen lassen die Verwendung der genannten Produkte in önologischen Anwendungen und Verfahren zu. (LALLEMAND, 2018)

3.1.5 Übernahme und Rebler

Die Traubenübernahme und der Rebler (Abb. 5) stammen von der Firma Benczak. Durch den Einfülltrichter gelangen die Trauben aus den Leseboxen auf einen Vibrationstisch, der mit einem Sieb ausgestattet ist, um oxidierten Most und andere Fremdkörper abzuscheiden. Über den Vibrationstisch gelangen die Trauben in die Lochtrommel des Reblers, wo die Beeren von den Stielen entfernt werden. Durch freien Fall gelangen die gerebelten Beeren in eine neue Lesebox zur weiteren Verarbeitung.

Abb. 5 Traubenübernahme

3.1.6 Traubenmaterial

Von der HBLA u. BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg wurde für den Versuch eine Rotweinmaische aus Zweigelt & Blaufränkisch (50:50 Verhältnis) zur Verfügung gestellt.

3.2 Analysenmethoden

3.2.1 FTIR

Damit alle Parameter, welche im Wein enthalten sind mit dem FTIR Gerät erfasst werden können, müssen zuvor Lösungen und die Probe vorbereitet werden. Die benötigten Lösungen sind Nullpunkt-, Reinigungs- und Phosphorsäurelösung. Bei der SO_2-Analyse sind die Proben davor gut zu schütteln. Vor der Messung wird die Probe durch weiche Filter filtriert und im Anschluss in 50 mL FTIR Glasprobengefäße gefüllt. Nach der Auswahl des entsprechenden Programms wird die Messung gestartet und anschließend folgen eine automatische Reinigung und eine Nullpunktmessung. Die Parameter Glucose, Fructose und titrierbare Säure werden in g/L angegeben. Der Alkoholgehalt wird in %vol. angeführt und die relative Dichte wird auf 4 Dezimalen angegeben (EDER UND BRANDES, 2003).

3.2.2 Konelab

Konelab ist ein System für Routine und Spezialuntersuchungen in der klinischen Chemie. Das breite Spektrum des Systems lässt sich durch eigene, kundendefinierte Tests erweitern, somit lässt sich auch die Äpfelsäure bestimmen.

3.2.2.1 Leistung, Durchsatz

Das Konelab kann bis zu 250 Tests pro Stunde durchführen, wobei immer 84 Proben untersucht werden können. Das Gerät ist dabei mit Barcodeleser und Gefäßtypenerfassung ausgestattet. Bis zu 35 Reagenzien können im gekühlten Reagenzteller aufbewahrt werden.

3.2.2.2 Kontrolle

Für die ausreichende Kontrolle der Werte kann man beim Konelab fixe Kontrollintervalle programmieren.

3.2.2.3 Messung

Die Messung geschieht mittels Ein-Kanal-Filterphotometer, wobei 11 Filter oder mehr verbaut werden. Gemessen wird in einem Spektralbereich von 340 bis 800 nm und bei einer Temperatur von 37 °C (VAW (Verfahrensanweisung) Abteilung Chemie 4.2.5).

3.2.3 pH-Meter

Es wurde mit einer Glaselektrode gemessen.

Bei dieser Methode wird die vom pH-Wert abhängige Spannung, welche sich beim Eintauchen in eine Lösung zwischen Innen- und Außenseite aufbaut gemessen und vom Gerät in pH-Einheiten umgerechnet und angegeben. Diese Methode hat die Vorteile, dass sie unabhängig von der Eigenfarbe der gemessenen Lösung ist und eine genaue Anzeige bietet (EDER und BRANDES, 2003). Das pH-Meter wurde zuerst mittels zwei Pufferlösungen mit pH 3,0 und 7,0 kalibriert. Anschließend wurde die Elektrode in den Wein eingetaucht und der Wert abgelesen. Danach wurden noch zwei weitere Messdurchgänge durchgeführt.

3.2.4 Säure potentiometrisch

Ein abgemessenes Volumen Wein wird bis zum Erreichen von pH-Wert 7,0 mit Lauge einer bekannten Konzentration versetzt und die dafür benötigte Menge gemessen. Durch die benötigte Menge Wein kann der Säuregehalt berechnet werden. Die potentiometrische Methode ist im Gegensatz zur acidimetrischen Methode genauer da der pH-Wert mit einem pH-Meter gemessen wird und dadurch Störungen durch starke Farbe vermieden werden (EDER UND BRANDES, 2003).

3.3 Methoden

Die Rotweinmaische wurde in 50 Liter Kunststofftanks jeweils 35 Liter Maische eingefüllt. Danach wurde die immer exakt gleiche Menge an homogenisierter Rotweinmaische mit verschiedenen Hefearten beimpft, um den Einfluss der Hefe auf den Gehalt der flüchtigen Säure zu analysieren. Bei jedem Versuch wurden drei Wiederholungen durchgeführt.

3.3.1 Rhône 2056

Drei Gärtanks mit jeweils 35 Liter Maische wurden mit der Hefe Rhône 2056 beimpft. Dabei wurde mit der doppelten Menge, als empfohlen gearbeitet, dies entsprach einer Dosage von 60 g/hL.

3.3.2 Laktia

Drei Gärtanks mit jeweils 35 Liter Maische wurden mit der Hefe Laktia beimpft. Dabei wurde mit der doppelten Menge, als empfohlen gearbeitet. Dies entsprach einer Dosage von 50 g/hL.

3.3.3 Ionys

Drei Gärtanks mit jeweils 35 Liter Maische wurden mit der Hefe Laktia beimpft. Dabei wurde mit der doppelten Menge, als empfohlen gearbeitet. Dies entsprach einer Dosage von 55 g/hL.

3.3.4 Spontangärung

Für den Vergleich zwischen Reinzuchthefen und wilden Hefen wurden drei Gärbehälter mit jeweils 35 Liter Maische spontan vergoren. Bei dieser Versuchsreihe wurde keine Hefe zugesetzt.

3.3.5 Gaïa

Für diesen Versuch wurden drei Gärbehälter direkt nach der Befüllung mit der Hefe Gaïa beimpft. Dabei wurde mit der doppelten Menge, als empfohlen, gearbeitet. Dies entsprach einer Dosage von 80 g/hL. Diese Hefe hat keine Gärkraft und produziert somit keinen Alkohol. Sie wird verwendet um unerwünschte Mikroorganismen zu unterdrücken. Die Gärung erfolgte laut Herstellerangaben daher durch wilde Hefen. Dabei wurde also keine Reinzuchthefe verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Einfluss der Hefen auf den pH-Wert

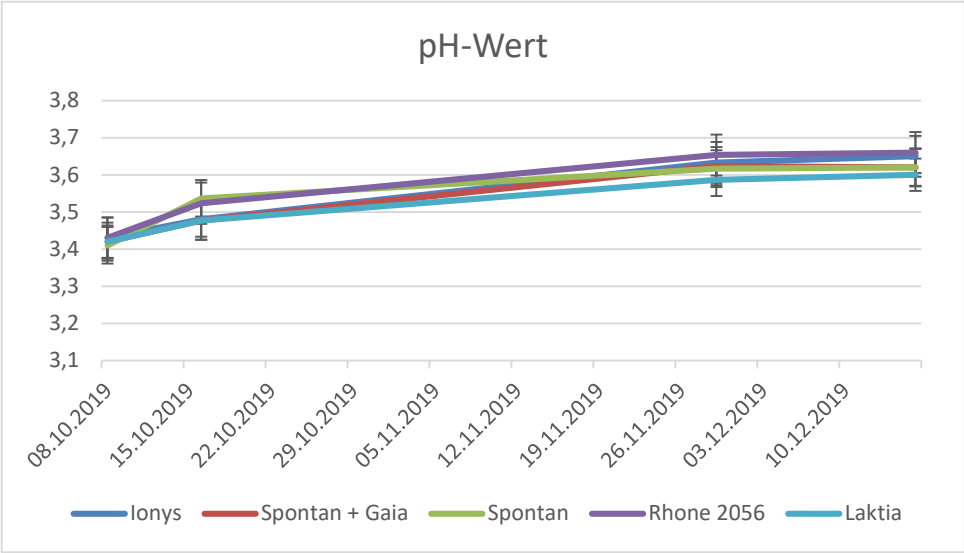

Abb. 6 Veränderung des pH-Werts während der Gärung

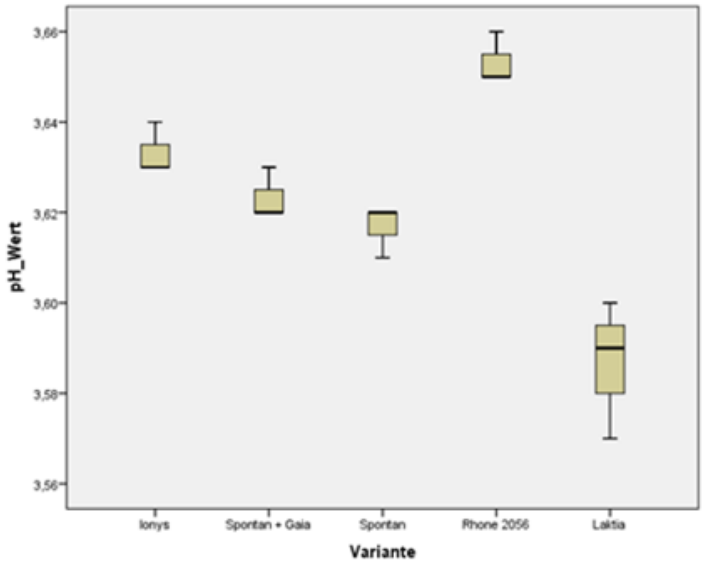

Abb. 7 pH-Wert der verschiedenen Hefen

Die Abbildung 6 zeigt die Veränderung des pH-Wertes im Laufe der Gärung, Abbildung 7 den pH-Wert am Ende der Gärung. Bei der Gegenüberstellung der fünf unterschiedlichen Gärvarianten mit Ionys, Gaïa, Spontangärung, Rhône 2056 und Laktia ist aus den Abbildungen zu entnehmen, dass die Weine der Hefe Laktia den niedrigsten pH-Wert aufweisen. Das

entspricht den Erwartungen, da die Hefe Laktia Säure bildet und somit den pH-Wert senkt. Dabei muss man beachten, dass die Spannweite dabei von ungefähr 3,57 bis 3,60 reicht. Weine der Variante Rhône 2056 zeigt von allen Varianten den höchsten pH-Wert auf, gefolgt von der Variante mit der Hefe Ionys. Das Ergebnis der Hefe Ionys entspricht nicht den Erwartungen. Die Hefe Ionys sollte ebenfalls wie die Hefe Laktia währen der Gärung Säure bilden und ebenfalls den pH-Wert senken. Spontangärung und Spontangärung mit Einsatz der Hefe Gaïa haben im Durchschnitt den gleichen pH-Wert aufgewiesen.

4.2 Einfluss der verschiedenen Hefen auf den Gehalt der flüchtigen Säuren

Abbildung 8 zeigt die Gegenüberstellung der flüchtigen Säure der verschiedenen Gärvarianten während und nach der Gärung. Das Liniendiagramm zeigt einen deutlichen Anstieg der flüchtigen Säuren in Richtung 0,5 g/L bis 0,7 g/L. Dabei ist ersichtlich, dass die Variante Laktia den höchsten Gehalt an flüchtige Säuren aufweist. Die Varianten Spontangärung, Spontangärung + Gaïa, Rhône 2056 und Spontangärung haben im Durchschnitt den gleichen Gehalt von 0,6 g/L aufgewiesen. Die Hefe Ionys hat mit einem Gehalt von durchschnittlich 0,5 g/L den geringsten Gehalt an flüchtigen Säuren. Dies entspricht den Erwartungen, da die Hefe Ionys eine Säure bildende Hefe ist und dadurch weitgehend die Entstehung flüchtiger Säuren vermindert.

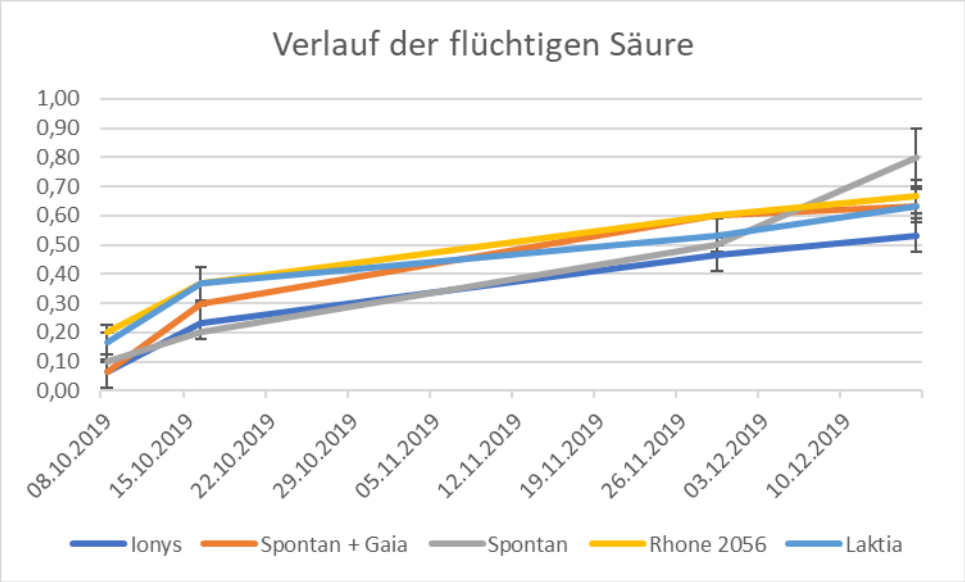

Abb. 8 Verlauf der flüchtigen Säuren (in g/L berechnet als Essigsäure)

4.3 Einfluss der verschiedenen Hefen auf den Gehalt der Säure

Bei der Gegenüberstellung (Abb. 9 und 10) des Gesamtsäuregehaltes der fünf unterschiedlichen Gärvarianten mit Ionys, Gaïa, Spontangärung, Rhône 2056 und Laktia ist aus der oben angeführten Abbildung 10 zu entnehmen, dass die Hefe Laktia den höchsten Gehalt an titrierbarer Säure am Ende der Gärung aufweist. Dabei muss man beachten, dass die Spannweite von ungefähr 7,3 bis 8 g/L reicht. Rhône 2056 zeigt von allen Varianten am wenigsten Gesamtsäure am Ende der Gärung auf, gefolgt von der Hefe Ionys. Spontangärung und Spontangärung mit Einsatz der Hefe Gaïa haben den gleichen Wert an Gesamtsäure aufgewiesen. Der Gesamtsäuregehalt der Gärvariante Laktia entspricht den Erwartungen. Die Hefe bildet Milchsäure während der Gärung und hebt somit den Gehalt der gesamten titrierbaren Säure. Auch die Varianten Spontangärung mit Einsatz der Hefe Gaïa, Spontangärung und Rhône 2056 entsprechen den Erwartungen. Die Hefe Ionys entspricht nicht den Erwartungen, da auch diese Hefe, wie die Laktia, Säure bilden sollte. Insgesamt ist zu sagen, dass sich bei allen Varianten im Laufe der Gärung der Gehalt an titrierbarer Säure vermindert, was auf den biologischen Säureabbau zurückzuführen ist.

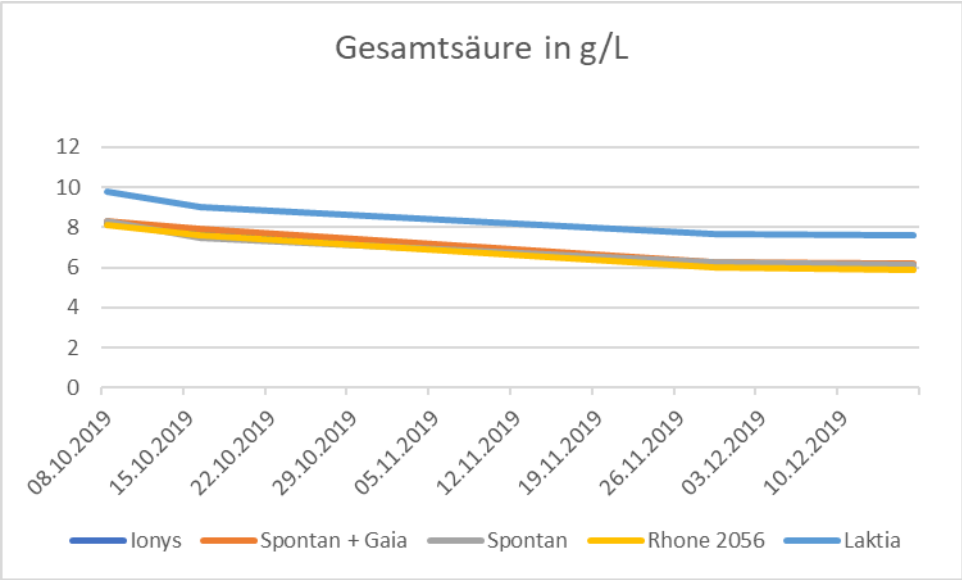

Abb. 9 Verlauf der Gesamtsäure (in g/L) während der Gärung

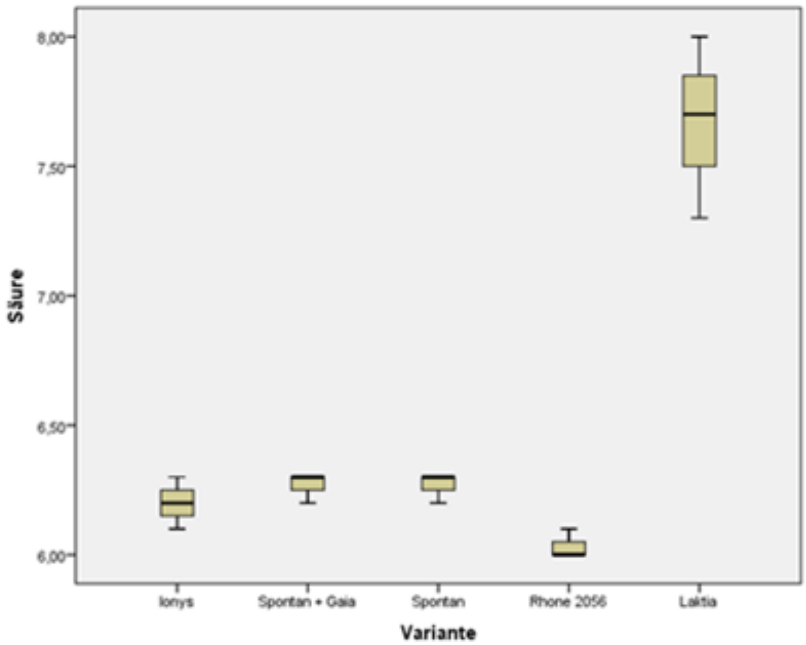

Abb. 10 Gesamtsäure (in g/L) am Ende der Gärung

Zusammenfassung

Das Reduzieren flüchtiger Säuren im Wein ist essenziell für die Kellerwirtschaft. Durch steigende Temperaturen in den letzten Jahren lässt sich ein Trend der sinkenden Säuregehalten in Weinen beobachten. Es steigen die pH-Werte und damit die Gefahr der Essigsäurebildung. Um dem Vorzubeugen wurden an der HBLAuBA unterschiedliche Methoden überprüft. Der Einfluss des Einsatzes von gewissen säurebildenden Hefen wurde untersucht. Verwendet wurden dafür die Sacch. Cer.- Hefenart Ionys, die Bernsteinsäure produziert, die Lachencea thermotolerans- Hefenart Laktia, die hohe Milchsäuregehalte produziert und die Hefe Gaïa (Metschnikowia fructicola), die selbst kein Alkoholbildner ist, aber sehr schnell das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen verhindert. Verglichen wurden diese Hefen mit Rhône 2056 und der spontanen Vergärung. Für den Versuch wurde eine Blaufränkisch/Zweigelt Maische homogenisiert, auf 50 Liter-Behälter aufgeteilt, jeweils mit einer Hefe beimpft und es wurden zwei Wiederholungen durchgeführt. Somit gab es 15 solcher Behälter. Der pH-Wert steigt bei allen Varianten während der Gärung leicht an, jedoch erwiesen sich die pH-Werte der Laktia-Variante nach Ende der Gärung als am niedrigsten, die pH-Werte der Rhône 2056-Variante als am höchsten und die Ionys-Variante ebenso als recht hoch. Die Varianten Spontangärung und Gaïa hatten im Vergleich mittlere pH-Werte. In Summe bewegten sich die Unterschiede zwischen pH 3,57 und pH 3,66. Bezüglich der Gehalte an flüchtigen Säuren hatten Weine der Ionys den geringsten Gehalt im fertigen Wein von 0,5 g/L, Gaïa-, Rhône 2056- und die Spontangärungsvarianten hatten 0,6 g/L und Laktia-Variante hatte den höchsten Gehalt mit 0,8 g/L. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Gesamtsäure und dem Gehalt an flüchtiger Säure war nicht zu erkennen.

Summary

The reduction of volatile acids in wine is essential in enology. Rising temperatures in past years lead to a decrease of acidity in wine. Therefore, pH values increase and consequently the risk of higher volatile acid content rises. To prevent this from happening several methods were tested at the HBLAuBA. The influence of the use of certain acid-forming yeasts was investigated. The Sacch. Cer. Variety Ionys, the Lachencea thermotolerans- Laktia and the yeast (Metschnikowia fructicola), were used for this. The first one produces succinic acid, the second one produces high levels of lactic acid. Gaïa is not an alcohol-forming yeast itself, but it quickly prevents the growth of undesirable microorganisms. These yeast varieties were compared with Rhône 2056 and spontaneous fermentation. In the experiment, the Blaufränkisch / Zweigelt mash was homogenized, divided into 50 L containers and inoculated with a yeast (double repetition). Thus there were 15 such containers. The pH value rises slightly during fermentation in all variants, but the Laktia variant proved to be the lowest after the end of fermentation, Rhône 2056 variant as the highest and Ionys variant as quite high. The spontaneous fermentation and Gaïa variants had medium pH values. In total, the differences ranged between pH 3.57 and pH 3.66. With regard to the content of volatile acids, the Ionys variant had the lowest content in the finished wine of 0.5 g / L, the Gaïa variant, the spontaneous fermentation variant and the Rhône 2056 variant had 0.6 g / L and the Laktia variant had the highest content with 0.8 g / L. A direct relationship between the total acid and the volatile acid content was not identified.

5 Literaturverzeichnis

AMANN, R. 2007: Säuren in Most und Wein, Das Deutsche Weinmagazin Ausgabe 19, 2007

AMANN, R. 2010: Wie die Säuerung sensorisch ankommt. Der badische Winzer September 2010, S. 15-17

BENNINGA, 1990: A History of Lactic Acid Making: A Chapter in the History of Biotechnical, 1990

BRIZUELA N., TYMCZYSZYN E.E., SEMORILE L.C., LA HENS D.V., DELFEDERICO L., HOLLMANN A., BRAVO-FERRADA B. 2018: Lactobacillus plantarum as a malolactic starter culture in winemaking: A new (old) player?, Electronic Journal of Biotechnology, S. 10-16

BRIZUELA N.S., BRAVO-FERRADA B.M., POZO-BAYON M.A. SEMORILLE L., TYMCZYSZYN E.E. 2018: Changes in volatile profile of Pinot noir wines caused by patagonian Lactobacillus plantarum and Oenococcus oeni strains. Food Research International

CINQUANTA L., DE STEFANO G., FORMATO D., NIRO S., PANFILI G. 2017: Effect of pH on malolactic fermentation in southern Italian wines

DELFINI, C., BOSIA, P.D. und MARTELLA, M. 2010: Experiments of acidification of musts and wines with DL-malic, DL-lactic acid and L(+)tartaric acid, Office international de la vigne et du vin Paris, S. 160-199

EDER R. 2009: Biologischer Säureabbau beim Rotwein: Simultan oder sukzessiv?, Der Winzer Ausgabe 8/2009, 2009

EDER R., BRANDES, W. 2003: Weinanalyse im eigenen Betrieb: Grundparameter. S. 76, S. 25-26. Linz: Eugen Ulmer Österreichischer Agrarverlag.

EDER, R., BERGER, S., SCHOBER, V., D'AMBROSIO, L. UND JUNG, R. 2004: Weinanalyse im eigenen Betrieb: Qualitätsparameter. S. 20-21. Linz: Eugen Ulmer Österreichischer Agrarverlag.

Effect of stressful malolactic fermentation conditions on the operational and chemical stability of silica-alginate encapsulated Oenococcus oeni
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618317916?via%3Dihub

FISCHER U. 2015: Schreckensgespenst flüchtige Säure, Die Winzer August 2015, Zeitschrift, 2015

G-ALEGRIA E., LÓPEZ I., RUIZ J.I., SÁENZ J., FERNÁNDEZ E., ZARAZAGA M., DIZY M., TORRES C., RUIZ-LARREA F. 2003: High tolerance of wild Lactobacillus plantarum and Oenococcus oeni strains to lyophilisation and stress environmental conditions of acid and ethanol

GEßNER, M. 2010: Option Säuerung. Das deutsche Weinmagazin Juli 2010, S. 28-31

GROSSMANN, PRETORIUS, 1999: Verfahren zur Identifizierung von Weinhefen und Verbesserung der Eigenschaften von Saccharomyces cerevisiae

HAMM, Ulrich. Milchsäuregärung mehr als nur ein einfacher Säureabbau?

DWZ 2012, Heft 5:34-35

HERMANN, J.V.. Neue Starterkulturen zum Biologischen Säureabbau: Mehrjährige Erfahrungen / Köhler, Hans-Jürgen: Das Deutsche Weinmagazin 2011, Heft 19: 35-39

https://www.bundeskellereiinspektion.at/downloads/allgemein/weingesetz2009.pdf, (18.06.2019)

KRIEGER-WEBER, Sibylle. Neues Konzept für die Mikroflora : Lactobacillus plantarum bei hohen pH-Werten / Dumont, Ann Das Deutsche Weinmagazin 2017 Heft 19: 30-32.

LALLEMAND 2019: Datenblatt ML-Prime Lactobacillus plantarum
https://catalogapp.lallemandwine.com/uploads/bacteria/docs/705b7d43b8bbc90f531a8b5b1476d272dff39165.pdf

LERM E., ENGELBRECHT L., DU TOIT M. 2011: Selection and Characterisation of Oenococcus oeni and Lactobacillus plantarum South African Wine Isolates for Use as Malolactic Fermentation Starter Cultures, Institute for Wine Biotechnology, Department of Viticulture and Oenology, Stellenbosch University, Private Bag X1, Matieland (Stellenbosch), South Africa

Lerm, E. 2012: Mixed bacterial starter culture launched / Du Toit, Maret Australian and newzealand Grapegrower and Winemaker 2012, Heft 577: 52-56

LIU S.Q. 2002: Malolactic fermentation in wine – beyond deacidification

LÓPEZ I., LÓPEZ R., SANTAMARIA P., TORRES C., RUIZ-LAERREA F. 2008: Performance of malolactic fermentation by inoculation of elected Lactobacillus plantarum and Oenococcus oeni strains isolated from Rioja red wines. S. 123-129

LUCIO O., PARDO I., HERAS J.M. KRIEGER S., FERRER S. 2018: Influence of yeast strains on managing wine acidity using Lactobacillus plantarum, www.elsevier.com/locate/foodcont

LUCIO O., PARDO I., HERAS J.M., KRIEGER-WEBER S., FERRER S. 2017: Use of starter cultures of Lactobacillus to induce malolactic fermentation in wine, Australian Society of Viticulture and Oenology Inc.

MALIK, PACH, HALAMA, 1990: Zur Charakterisierung einiger Eigenschaften immobilisierter Weinhefen, 1. Mitteilung: Mechanische Eigenschaften immobilisierter Zellen. Mitt. Klostemeuburg, 40

MILLES, K.D. 1994: Reinzucht Trockenhefen im Test. Dt. Weinbau 18:65-71

MIRA DE ORDUÑA, R. 2010: Climate change associated effects on grape and wine quality and production, 2010 Elsevier Ltd., S. 1844-1856

NIGL, M., Peinsipp, L., RAAB, R. 2016: Untersuchungen zur Trubstabilität von Rotwein. Klosterneuburg, Österreich, HBLA Klosterneuburg, Diplomarbeit

PEYNAUD U. J. RIBEREAU-GAYON: QUANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UMSETZUNGSPRODUKTE DES EINER ALKOHOLISCHEN GÄRUNG ZUGESETZTEN ACETALDEHYDS. C.R. ACAD. SCI 223

RADLER F. 1958: Untersuchung des biologischen Säureabbaus im Wein

RIPPEL K. 1948: Der biologische Säureabbau im Wein. S. 1-3, Versuchs- und Forschungsanstalt für Weinbau in Freiburg

SCHEIBLHOFER, Harald. Biologischer Säureabbau anders gedacht: Bakterien mit unterschätztem Potenzial, Der Winzer 2015, Band: 71, Heft 9: 10-13

SCHEIBLHOFER, Harald. Persönliche Mitteilungen

SCHNEIDER, Ilona. Biologischer Säureabbau? : Auswirkungen auf die Sensorik

Der Winzer 2017, Band: 73, Heft 6: 26-27

Selection and characterization of Oenococcus oeni strains for use as new malolactic fermentation starter cultures Received: 16 August 2015 /Accepted: 22 April 2016 /Published online: 10 May 2016 # Springer-Verlag Berlin Heidelberg and the University of Milan 2016

SIEGLER, J. 2008: Von der Süßreserve zur Sauerreserve? Der badische Winzer 7/2008, S. 21-25

SOMMER, Stephan. Bakteriell induzierte Fehltöne im Wein Das Deutsche Weinmagazin 2014, Heft 19: 11-17

SPONHOLZ, DITTRICH, HAAS, WÜNSCH, 1981: Die Bildung von flüchtigen Fettsäuren durch Saccharomyces-Hefen während der Vergärung von Traubenmost, Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung

STEIDL, R. 2015: Kellerwirtschaft

STEIDL R. und LEINDL, G. 2002: Biologischer Säureabbau – Möglichkeiten, Durchführung, Kontrolle – Österreichischer Agrarverlag Druck- und Verlagsges.m.b.H. Nfg. KG, Österreich, 2002

VOLSCHENK, H., VAN VUUREN, H. J. J. und VILJOEN-BLOOM, M. 2006: Malic acid in wine: origin, function and metabolism during vinification. South African Journal of Enology & Viticulture. 27(2):123-136, doi:10.21548/27-2-1613

WEIAND, J. 2009: Wie lassen sich die 2003er Erfahrungen nutzen? Das deutsche Weinmagazin 21/2009, S. 18-21

WIKEN, RICHARD, 1951: Untersuchungen über die Physiologie der Weinhefen

WÜRDIG und WOLLER R. 1989: Chemie des Weines, Ulmer, Deutschland, 1989