

# 1. EINLEITUNG

---

Den wichtigsten Beitrag zur Qualität eines Weines liefern seine sensorischen Eigenschaften: sein Aussehen, sein Geruch, Geschmack und Mundgefühl. Diese Eigenschaften werden durch zahlreiche Faktoren im Entstehungsprozess, vom Wachstum der Trauben im Weinberg über die Verarbeitung zu Most, der anschließenden Gärung und schließlich der Reifung und Alterung des Weines, beeinflusst.

Zum Geschmack eines Weines tragen hauptsächlich die Geschmacksmodalitäten süß, sauer und bitter bei. Das Zusammenspiel der Grundgeschmacksarten süß und sauer wird hierbei, je nach Weintyp und Rebsorte, vom Konsumenten als mehr oder weniger gelungen wahrgenommen. Dagegen wird ein bitterer Geschmack, besonders im Weißwein, als grundsätzlich negativ und qualitätsmindernd betrachtet.

Durch Professionalisierung der Weinwirtschaft und technologische Fortschritte und Innovationen hat sich zwar unter anderem durch schonendere Methoden der Weinbehandlung die Qualität der Weine in den letzten Jahrzehnten zunehmend verbessert, jedoch ist es bislang nicht gelungen, die Bitterkeit von Weißweinen nachhaltig zu reduzieren. Für Rotwein konnte exemplarisch bei einem Amarone nachgewiesen werden, dass der bittere Geschmack auf dem Zusammenspiel von niedermolekularen Flavan-3-olen und Phenolcarbonsäureethylestern beruhte (Hufnagel, 2007). Für Weißwein sind die molekularen Ursachen des bitteren Geschmacks dagegen unbekannt. Inwieweit technologische Maßnahmen während der Vinifikation den bitteren Geschmack beeinflussen können, ist daher ebenfalls unklar, auch wenn einige Herstellungsverfahren mit der Verstärkung des bitteren Geschmacks in Verbindung gebracht werden.

Bei Studien zum bitteren Geschmack ist die Wahl der eingesetzten sensorischen Technik ein entscheidender Aspekt. Hierbei stehen neben der am häufigsten angewandten Deskriptiven Analyse mit der Bewertung des Attributes bitter auf einer statischen Skala auch Methoden zur Verfügung, bei denen der bittere Geschmack über die Zeit beurteilt wird. Bei der Time-Intensity Methode erfolgt hierbei eine Intensitätsmessung der Bitterkeit über die Zeit. Dagegen wird in der multidimensionalen Temporal Dominance of Sensations Methode das Attribut bitter über die Zeit in Relation zu den anderen sensorischen Attributen des Weines bewertet.



Übergeordnete Zielstellung der vorliegenden Arbeit war es, den bitteren Geschmack von Weißwein näher zu erforschen. Dabei ergaben sich folgende Fragestellungen:

1. *Mit welcher sensorischen Technik kann der bittere Geschmack von Weißwein am geeignetsten gemessen werden?*

Hierzu sollten die drei sensorischen Techniken der deskriptiven Analyse, Time-Intensity Analyse und Temporal Dominance of Sensations Analyse für die Bewertung des Attributes bitter bei einem Datensatz kommerzieller Weißweine eingesetzt und die Ergebnisse der Techniken in Bezug auf die Leistungsfähigkeit und Aussagekraft bei der Bewertung des bitteren Geschmacks verglichen werden.

2. *Welche oenologischen Verfahren können den bitteren Geschmack von Weißwein beeinflussen?*

Der Einfluss verschiedener technologischer Maßnahmen im Weinherstellungsprozess (Maischekontaktzeit, Reinzuchthefestamm, Dauer des Hefelagers und Trubgehalt des Mostes und Einsatz von Schönungsmitteln) auf den bitteren Geschmack sollte bei verschiedenen Rebsorten untersucht werden.

3. *Wie stark wird der bittere Geschmack von Weißwein durch die Hauptinhaltsstoffe beeinflusst?*

Da Effekte der Majorinhaltsstoffe auf den bitteren Geschmack von Weißwein zwar bekannt sind, bislang aber nur in Modellansätzen untersucht wurden, soll der Einfluss der Hauptweinhaltsstoffe auf den bitteren Geschmack sowohl bei der Untersuchung der kommerziellen Weine als auch bei den mit verschiedenen oenologischen Methoden hergestellten Versuchsweinen beleuchtet werden.



## 2. THEORETISCHER HINTERGRUND

---

### 2.1. Bitterer Geschmack

Der Geschmackssinn ist ein wichtiger menschlicher Sinn. Er ist dafür verantwortlich, den Nährstoffgehalt der Nahrung zu schätzen und die Aufnahme toxischer Substanzen zu verhindern, bevor diese geschluckt werden (Chandrashekar et al., 2006). Obwohl in der Alltagssprache Geruchseindrücke in die Geschmacksbewertung eines Lebensmittels miteinbezogen werden, wie zum Beispiel der „Geschmack nach Pfirsich“, werden diese wissenschaftlich getrennt voneinander betrachtet (Amerine et al., 1965). Denn die Modalitäten des Geschmacks, zwischen denen unterschieden werden kann, sind süß, sauer, salzig, bitter und umami. Daneben wird in den letzten Jahren auch die geschmackliche Wahrnehmung von Fett beziehungsweise Fettsäuren diskutiert (Galindo et al., 2012; Stewart et al., 2010).

Die Wahrnehmung dieser Geschmacksqualitäten erfolgt über die Geschmackspapillen auf der Zunge, wobei sich geschmacksempfindliche Sinneszellen beim Menschen auch in weiteren Teilen der Mundhöhle, des Rachens und des Kehlkopfes befinden (Burdach, 1988). Diese Geschmackspapillen, die sich in Wallpapillen, Blätterpapillen und Pilzpapillen aufteilen, enthalten in Gruppen angeordnete Geschmacksrezeptoren, die sogenannten „Geschmacksknospen“ (Burdach, 1988). Die Wallpapillen mit tausenden Geschmacksknospen befinden sich im hinteren Bereich der Zunge. Die Blattpapillen, die zwölf bis hunderte von Geschmacksknospen enthalten, liegen an den hinteren Seitenrändern der Zunge. Die nur eine oder sehr wenige Geschmacksknospen umfassenden Pilzpapillen sind im vorderen Zungenbereich lokalisiert (Chandrashekar et al., 2006). Die Art, wie die verschiedenen Geschmacksqualitäten über die Geschmacksknospen vermittelt werden, ist unterschiedlich: Während der salzige und der saure Geschmack über Ionenkanäle vermittelt wird, erfolgt die Vermittlung der Eindrücke süß, umami und bitter über G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (Lindemann, 1996).

Der süße Geschmack wird als sehr positiv empfunden und dient dem Erkennen hochkalorischer Nahrung. Die Geschmacksqualität umami zeigt energiereiche Nahrungsmittel an, die einen hohen Gehalt an Natriumglutamat, Nukleotiden und weiteren Aminosäuren aufweisen. Ihr Name leitet sich vom japanischen Wort für Wohlgeschmack ab. Salziger Geschmack hilft bei der Regulation des Mineralstoffhaushaltes. Der saure Geschmackseindruck wird erst mit steigender



Intensität als unangenehm empfunden und dient dem Erkennen unreifer Früchte und verdorbener Speisen und der Vermeidung von Gewebeschäden durch Säure sowie Problemen bei der systemischen Säure-Base Regulation. Bitterer Geschmack warnt dagegen vor der Aufnahme von potentiell unbedenklichen und toxischen Substanzen und Inhaltsstoffen. (Lindemann, 1996)

Da der bittere Geschmack vor der Aufnahme von giftigen Substanzen schützen soll, ist er, zumindest bei höherer Intensität, immer negativ besetzt. Schon Neugeborene reagieren auf bittere Stimulanzen ablehnend (Steiner, 1997). Im Vergleich zu den anderen Geschmacksmodalitäten sind die Schwellenwerte für das Erkennen des bitteren Geschmacks deutlich niedriger (Pfaffmann et al., 1971), jedoch steht die Intensität des bitteren Geschmacks hierbei nicht in Korrelation zur Toxizität der Substanzen (Glendinning, 1994).

Die Herkunft und die Struktur von Substanzen, die bittere Geschmackseigenschaften aufweisen, sind sehr unterschiedlich. So können bittere Stoffe als Sekundärmetaboliten von Pflanzen gebildet werden, während der Maillard Reaktion, im Laufe von Fermentationsprozessen oder bei thermischen Behandlungen ausgebildet werden und durch chemische Synthese entstehen. Die Gruppe der Bitterstoffe umfasst unter anderem anorganische Substanzen wie Calcium-, Ammonium-, und Magnesiumsalze, Metallionen und zahlreiche organische Stoffe, wie Amide, Aminosäuren, Peptide, einige Aldehyde, Ketone und Ester, Schwefel- und Stickstoffgruppen, Hydroxyfettsäuren, Fettsäuren, Terpene, Secoiridoide, Phenole, Flavonoide, Glycoside, halogenierte oder acetylierte Zucker, Lactone, Steroide, sowie Alkaloide wie Chinin, Coffein, Kokain, Morphin, Nikotin und Strychnin (Belitz und Wieser, 1985; Burdach, 1988; DuBois et al., 2008).

Bittere Substanzen können allerdings nicht von allen Menschen gleich gut wahrgenommen werden. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die Empfindlichkeit für den bitteren Geschmack der Thioharnstoff-Derivate Phenylthiocarbamid (PTC) und 6-n-Propylthiouracil (PROP). Einige Menschen erkennen den bitteren Geschmack dieser Substanzen schon in sehr geringen Dosen, während andere ihn erst in sehr hohen Konzentrationen empfinden. So kann man sie entsprechend ihres Schwellenwertes in Superschmecker, Schmecker und Nicht-Schmecker einteilen (Bartoshuk, 1993). Hierbei haben Nicht-Schmecker nur einen sehr hohen Schwellenwert für PROP, dessen bitteren Geschmack sie in sehr hohen Konzentrationen dennoch wahrnehmen können.



Diese Einteilung nach PTC/PROP Erkennungsschwellenwerten wurde zum einen in zahlreichen Studien mit den Erkennungsschwellen anderer Bitterstoffe wie Coffein, Urea (Hall et al., 1975), Chininhypochlorid (Schifferstein und Frijters, 1991; Hall et al., 1975), Kaliumchlorid, Natrium- und Kaliumbenzoat (Bartoshuk et al., 1988), oder Isohumulonen (Mela, 1990) korreliert. Zum anderen wurde der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung des bitteren Geschmacks verschiedener Lebensmittel wie zum Beispiel Bier (Intranuovo und Powers, 1998), Rotwein (Pickering et al., 2004) und der Geschmacksempfindlichkeit für PTC oder PROP untersucht. In einigen dieser Studien konnten positive Zusammenhänge zwischen der Wahrnehmung von PTC oder PROP in niedrigen Konzentrationen und hoher Sensitivität für den bitteren Geschmack anderer Substanzen oder Lebensmittel feststellen, z.B. für Coffein und PTC (Hall et al., 1975). Andere Studien dagegen fanden keine Zusammenhänge, für einige Verbindungen ergeben sich in verschiedenen Studien unterschiedliche Ergebnisse.

Die G-Protein-gekoppelten Rezeptoren für die Erkennung von Bitterstoffen heißen (human) TASTE 2 Rezeptoren ((h)TAS2R) (Meyerhof et al., 2010). Diese werden selektiv in einigen Geschmacksrezeptorzellen des Zungen- und des Gaumenepithels exprimiert (Chandrashekar et al., 2000). Meyerhof et al. (2010) konnten für 20 der 25 hTAS2R eine Aktivierung durch natürliche sowie synthetische Bitterstoffe feststellen, wobei etwa die Hälfte der untersuchten Bitterstoffe nur einen der Rezeptoren stimulierten, während die andere Hälfte eine Reaktion bei mehreren (2-15) der hTAS2R auslösten. Dass es möglich ist, eine solche Vielzahl an strukturell unterschiedlichen Substanzen mit einer so geringen Anzahl an Rezeptoren als bitter zu erkennen, erklärten sie mit der Bandbreite empfangbarer Moleküle der hTAS2R (Meyerhof et al., 2010).

Auch wenn diese Rezeptoren nur selektiv auf Bitterstoffe reagieren, so ist die Signalkaskade, die ausgelöst wird, die gleiche wie bei den Geschmacksqualitäten süß und umami. Bindet sich ein Bitterstoff an einen hTAS2R Rezeptor, wird das heterotrimere G-Protein Gustducin aktiviert, das in  $\alpha$ -Gustducin und eine  $\beta\gamma$ -Untereinheit dissoziiert. Das  $\alpha$ -Gustducin bewirkt durch die Aktivierung einer geschmacksspezifischen Phosphodiesterase eine Verringerung der Konzentration zyklischer Nukleotide in der Zelle. Gleichzeitig können  $\gamma$ -13-Gustducin und  $\beta$ -3-Gustducin der  $\beta\gamma$ -Einheiten die Phospholipase C $\beta$ 2 aktivieren, was zur Bildung von Inositol-1,4,5 trisphosphat führt, welches wiederum durch Aktivierung von Ins(1,4,5) Rezeptoren der intrazellulären Calciumspeicher eine Ausschüttung von  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen in das Zytosol bewirkt. (zusammengefasst durch: (Chandrashekar et al., 2000; Lindemann, 2001))



Doch neben dieser G-Protein-gekoppelten Signalkaskade bestehen weitere Möglichkeiten der Reizweiterleitung. Wahrscheinlich auf Grund ihrer strukturellen Ähnlichkeit zu dem Teil des Rezeptors, an den das G-Protein bindet, interagieren einige Peptide mit amphophilen Eigenschaften direkt mit dem G-Protein. Methyl-Xanthine wie Coffein können auch eine intrazelluläre Phosphodiesterase blockieren und so über die Aktivierung einer Guanylatcyclase zu einem Anstieg von cyclischem Guanidinmonophosphat in der Zelle führen. (Zusammengefasst durch:(Lindemann, 2001))

## **2.2. Bitterer Geschmack von Wein**

Neben süß und sauer spielt von den Geschmacksmodalitäten besonders bitter eine Rolle für den Geschmack eines Weines. Viele der Substanzen, die in Wein vorkommen, schmecken bitter. Obwohl die sensorischen Eigenschaften einzelner Verbindungen in Wein bekannt sind, ist die relative Bedeutung von Verbindungen oder Substanzgruppen auf den bitteren Geschmack bislang ungeklärt. Allerdings liegen die meisten dieser Stoffe, besonders bei Weißwein, deutlich unterhalb ihres Schwellenwertes vor.

### **2.2.1. Bittere Inhaltsstoffe**

Der bittere Geschmack von Wein wird in der Literatur überwiegend mit phenolischen Inhaltsstoffen in Verbindung gebracht. Wegen der geringeren Gehalte in den Trauben und wegen der Herstellungsbedingungen liegen in Weißwein im Vergleich zu Rotwein jedoch deutlich geringere Mengen an Polyphenolen vor (Goldberg et al., 1999). Auch hängt die Polyphenolzusammensetzung von Weißweinen stark von der Rebsorte, der Herstellung, der Anbauregion und dem Jahrgang ab (Goldberg et al., 1999; Nikfardjam, 2011) (Vgl. auch 2.4).

Im Fokus der Forschung über den bitteren Geschmack von Polyphenolen in Wein stehen die Flavonoide. Besonders die monomeren Flavanole (-)-Epicatechin und (+)-Catechin sowie ihre di- und trimeren Procyanidine wurden in zahlreichen Studien als bitter schmeckend charakterisiert (Kallithraka et al., 1997; Peleg et al., 1999; Robichaud und Noble, 1990; Thorngate und Noble, 1995; Tsai Su und Singleton, 1969). Neben dem bitteren Geschmack sind diese Verbindungen auch adstringierend, wobei besonders die Monomere Catechin und Epicatechin eine höhere Intensität für den bitteren Geschmack als für die Adstringenz



aufwiesen (Kallithraka et al., 1997; Peleg et al., 1999; Robichaud und Noble, 1990). Auch konnte gezeigt werden, dass Epicatechin bitterer schmeckt als Catechin und dass die Dauer des bitteren Geschmacks für dieses Stereoenantomer länger ist (Peleg et al., 1999; Thorngate und Noble, 1995).

Darüber hinaus hat auch der Polymerisierungsgrad der Flavanole einen Einfluss auf deren bitteren Geschmack: Die Intensität des bitteren Geschmacks ist bei den monomeren Flavanolen stärker als bei den oligomeren Procyanidinen (Gacon et al., 1996; Peleg et al., 1999). In einer Rezeptorstudie konnte gezeigt werden, dass drei der bislang identifizierten 25 TAS2 Rezeptoren durch Epicatechin aktiviert wurden, wogegen das Procyanidin Trimer C2 nur einen der Rezeptoren stimulierte (Soares et al., 2013).

Die polymeren Procyanidine werden auch unter dem Begriff kondensierte Tannine zusammengefasst (Waterhouse, 2002). Während Arnold et al. (1980) alle Fraktionen von Traubenkerntanninen als bitter charakterisiert haben und eine Korrelation des bitteren Geschmacks von Rotweinen mit den Tanninen gezeigt werden konnte (Landon et al., 2008), unterschieden sich in anderen Studien aufgereinigte Procyanidine aus Äpfeln, Traubenkernen und Trauben nicht bezüglich des bitteren Geschmacks (Vidal, Courcoux, et al., 2004; Vidal et al., 2003). Bei oligomeren Procyanidinen aus Cider war die Bitterkeit stärker als die der Polymere (Lea und Arnold, 1978) und auch bei Rotweinen wurde die Fraktion mit den kleineren Molekülen als bitterer bewertet (McRae et al., 2013). Vidal et al. (2003) konnten jedoch auch zeigen, dass die ethylverbrückte Flavanolfraktion bitterer war als die anderen wenig und stark polymerisierten Apfelprocyanidine. Auch die Position der Verknüpfungen der Monomere in den Procyanidinen hat einen Einfluss auf deren sensorische Eigenschaften: in einer Studie mit Reinsubstanzen wurde das Dimer aus (4→6) verknüpften Catechineinheiten bitterer bewertet als das (4→8) verknüpfte (Peleg et al., 1999).

Neben Untersuchungen, in welchen die Geschmacksqualitäten der Inhaltsstoffe erforscht wurden, versuchten andere Studien, die Gehalte verschiedener phenolischer Inhaltsstoffe mit dem bitteren Geschmack in Verbindung zu bringen. Landon et al. (2008) fanden eine positive Korrelation des bitteren Geschmacks von Cabernet Sauvignon Weinen mit dem Gehalt an SPP (small polymeric proteins), LLP (large polymeric proteins) und Tanninen. Preys et al. (2006) brachten mit Hilfe einer PLS den bitteren Geschmack von deutschen und französischen Rotweinen in Verbindung mit den Flavonolglyconen.



Hufnagel und Hofmann (2008) konnten in einem Amarone mittels Geschmacksverdünnungsanalyse als bittere Substanzen neben den monomeren und oligomeren Flavanolen (-)-Epicatechin, (+)-Catechin, Procyanidin B1, Procyanidin B2, Procyanidin B3 und Procyanidin C1 auch die Ethylester der Hydroxybenzoesäuren und Hydroxyzimtsäuren identifizieren. Hierbei waren die in Wasser ermittelten Geschmacksschwellenwerte für die oligomeren Flavanole etwa halb so groß wie die der Monomere. Sowohl die Flavanole als auch die Ethylester wurden als bitter und auch adstringierend charakterisiert. Außer für Epicatechin, bei dem die ermittelten Schwellenwerte für bitter und adstringierend gleich waren, lagen die Geschmacksschwellenwerte der Flavanole für bitter im Vergleich zu adstringierend etwa bei der doppelten Konzentration. Dagegen wurden für die Hydroxybenzoesäureethylester und die Hydroxyzimtsäureethylester Schwellenwerte für Bitterkeit ermittelt, die ca. 4 bis 31-fach so hoch waren wie die Schwellenwerte für Adstringenz. (Hufnagel, 2007; Hufnagel und Hofmann, 2008)

Außer den Polyphenolen enthält Wein noch eine Vielzahl weiterer Verbindungen mit bitterem Geschmack. Desportes et al. (2001) konnten verschiedene Oligopeptide mit niedrigem Molekulargewicht in Weißwein nachweisen, die in Wasser bitter schmeckten. Die Schwellenwerte dieser Peptide lagen jedoch weit oberhalb ihrer Gehalte im Wein. Auch die während der Fermentation entstehenden Substanzen Tyramin und Tyrosol schmecken zwar bitter, liegen in Wein jedoch nur weit unterhalb ihres Erkennungsschwellenwertes vor (Singleton und Esau, 1969). Acrolein schmeckt selbst nicht bitter, könnte aber mit Polyphenolen bittere Verbindungen bilden (Rentschler und Tanner, 1951). Es kann im Verlauf der malolaktischen Fermentation aus dem von verschiedenen Milchsäurebakterienstämmen gebildeten 3-Hydroxypropionaldehyd entstehen (Claisse und Lonvaud-Funel, 2001; Garai-Ibabe et al., 2008). Glucoside aus dem Eichenholz wie Esculin und Scopolin, die während der Lagerung im Holzfass extrahiert werden können, schmecken bitter. Jedoch liegen die Konzentrationen, die in eichenholzgelagerten Rotweinen gefunden werden können, nur bei wenigen  $\mu\text{g/L}$  (Ribéreau-Gayon, Glories, et al., 2006). Der Schwellenwert für Esculin beträgt 0,32 g/L (Amerine et al., 1965). Terpenglycoside, die bei Muscat- und Gewürztraminerweinen in höheren Konzentrationen vorliegen, wurden als bitter beschrieben, konnten jedoch in der im Wein gefundenen einfachen und doppelten Konzentration im Duo-Trio Test in Wasser, Modellwein oder Wein nicht erkannt werden (Noble et al., 1988). Für die Hydroxyzimtsäuren Kaffeesäure, p-Coumarsäure, und den Ester Caftarsäure konnte im Duo-Trio Test kein



Geschmacksunterschied bei Zugabe von in Wein zu erwartenden Konzentrationen zu Modelllösung oder Grundwein festgestellt werden (Vèrette et al., 1988). Auch Chlorogensäure als weiterer Ester der Kaffeesäure, wurde in Konzentrationen von 100 mg/L bei Maskierung der Säure im paarweisen Vergleich nicht als bitterer erkannt (Nagel et al., 1987).

### 2.2.2. Matrix Effekte

Neben den Auswirkungen einzelner Inhaltsstoffe auf den bitteren Geschmack von Weinen wurden auch Matrixeffekte untersucht. Eine besonders wichtige Rolle hierbei spielt der Ethanolgehalt der Weine. Der vorherrschende Geschmack von Ethanol bei seinem Schwellenwert ist bitter (Mattes und DiMeglio, 2001), auch wenn Ethanol manchmal als süß beschrieben wird (Scinska et al., 2000).

Fischer und Noble (1994) konnten zeigen, dass die Bitterkeit am stärksten durch Zugabe von Ethanol zu einem entalkoholisierten weißen Grundwein gesteigert werden konnte: Bei Anhebung des Alkoholgehaltes von 8% auf 11% vol. und auch von 11% auf 14% vol. wurde der Wein unabhängig vom pH-Wert und der zugegebenen Menge an Catechin in der deskriptiven Analyse immer als signifikant bitterer bewertet. Auch wenn die Zugabe von 1300 mg/L mehr Catechin zu dem Grundwein ebenfalls zu einem signifikanten Anstieg der Bitterkeit führte, war der Effekt des Alkohols wesentlich größer. (Fischer und Noble, 1994)

Auch in Modellweinen mit Tanninoligomeren aus Traubenkerntanninen stieg die Intensität des bitteren Geschmacks mit steigendem Alkoholgehalt an (Fontoin et al., 2008). Ein signifikanter Unterschied konnte hier jedoch nur zwischen den Modellweinen mit 0% und 13% vol. Ethanol nachgewiesen werden (Fontoin et al., 2008). Jones et al. (2008) wiesen nach, dass der Ethanol die Bitterkeit von Modellweißweinen mit Ethanolgehalten von 11% bzw. 13 % vol. signifikant verstärkte, besonders bei Modellweinen mit Proteinen und wenig Aromastoffen oder solchen ohne Polysaccharide und mit wenig Aromastoffen. Dagegen stieg die Intensität des bitteren Geschmacks von Modelleisweinen unterschiedlicher Ethanol- (7 - 12% vol.) und Zuckergehalte (0 - 300 g/L) nicht signifikant an. Auch höhere Zuckerkonzentrationen sowie die Wechselwirkung von Ethanol und Zucker zeigten nur einen Trend, jedoch keinen signifikanten Zusammenhang mit der Bitterbewertung der Modelleisweine. (Nurgel und Pickering, 2006)



Die Reihenfolge der in der TDS wahrgenommenen Attribute mit Säure und Bitterkeit als zu Beginn dominierende Wahrnehmungen änderte sich zwischen einem Syrah mit ursprünglich 13,4% vol. bei Reduktion des Ethanolgehaltes auf 11,5 % vol., 9,5 % vol. und 7,9% vol. nicht (Meillon et al., 2010).

In der Studie von Meillon et al. (2010) sank der Verlauf der TDS Kurve für die Wahrnehmung des bitteren Geschmacks bei Zugabe von 8,44 g/L Zucker zu dem alkoholreduzierten Syrah mit 7,9 % vol. im Vergleich zu dem Wein gleichen Alkoholgehaltes unter das Signifikanzlevel, während die Süßwahrnehmung sich nicht signifikant veränderte. Auch bei Wermut aus Grundwein mit variierenden Gehalten an Saccharose und Polyose führten steigende Saccharosekonzentrationen zu einer Reduktion der Bitterkeit (Burns und Noble, 1985). Um die Wirkung eines Süßungsmittels auf den bitteren Geschmack unabhängig von der Viskositätserhöhung durch Saccharosezugabe zu untersuchen, wurde der bittere Geschmack von Traubenkerntanninlösungen mit Aspartam mittels TI bewertet. Hier wurde schon mit der niedrigsten zugegebenen Menge Aspartam die maximale Intensität des bitteren Geschmacks signifikant reduziert, die Zeit bis zur maximalen Intensität und die Dauer jedoch nicht (Smith et al., 1996). Eine weitere Erhöhung der Aspartammenge führte bei gleicher Konzentration an Traubenkerntanninen jedoch zu keiner weiteren Verringerung der maximalen Bitterintensität (Smith et al., 1996).

Für die Viskosität konnten Burns und Noble (1985) eine geringere Bitterintensität für den mit Polyose verdickten Wermut mit der höchsten Viskosität zeigen. Dagegen beeinflusste die Viskosität die bitter Intensität und Dauer in der TI Bewertung von Traubenkerntanninen mit Carboxymethylcellulose nicht, sondern verlängerte nur die Zeit bis zur Wahrnehmung der maximalen Intensität (Smith et al., 1996).

Eine Reduzierung des bitteren Geschmacks von Modellweinen konnten Jones et al. (2008) auch für Glycerin zeigen. Da Glycerin in seinen Konzentrationen in Wein nicht zu einer Erhöhung der wahrgenommenen Viskosität führt (Gawel und Waters, 2008; Nurgel und Pickering, 2005), ist diese Verringerung der Bitterkeit wohl eher auf den süßen Geschmack von Glycerin zurückzuführen.

Der pH-Wert zeigte in der Studie von Fischer und Noble (1994) keinen linearen Trend. Während ein Anstieg des pH-Wertes von 2,9 auf 3,2 auch zu einem Anstieg der Bitterbewertung führte, war der Wein mit einem pH-Wert von 3,8 im Vergleich zum Wein mit pH 3,2 weniger bitter.