

Charakterisierung der wertgebenden Inhaltsstoffe von Apfelsaft aus rotfleischigen Äpfeln und Entwicklung innovativer Fruchtsäfte

Dissertation zur

Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von

Thomas Knebel

aus

Siegburg

Bonn 2015

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. M. Wüst

2. Gutachter: Prof. Dr. A. Schieber

Tag der Promotion: 07.04.2016

Erscheinungsjahr: 2016

Danksagung

Dieses Projekt wurde im Rahmen des Programmes Forschung an Fachhochschulen und Unternehmen durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und der industriellen Gemeinschaftsforschung (AiF) finanziert.

Herrn Prof. Dr. Matthias Wüst, Lehrstuhl für Bioanalytik der Universität Bonn, danke ich für das Interesse an dieser Arbeit, die zahlreichen Ideen, Anregungen und die freundliche Unterstützung.

An dieser Stelle möchte ich den beiden Projektleitern Herrn Prof. Dr. Peter Braun, Institut für Obstbau, und Herrn Prof. Dr. Helmut Dietrich, Institut für Weinanalytik und Getränkeforschung der Hochschule Geisenheim, für die Überlassung des Themas, die freundliche Unterstützung, die zahlreichen Anregungen und Diskussionen und für das in mich gesetzte Vertrauen danken.

Herrn Prof. Dr. Frank Will und Herrn Dr. Claus-Dieter Patz danke ich für die technische Unterstützung und das Engagement bei speziellen Fragestellungen.

Frau Prof. Dr. Mirjam Hey und Herrn Dr. Daniel Possner danke ich für die Einarbeitung in die Aromaanalytik, die freundliche Unterstützung, die zahlreichen Anregungen und Diskussionen.

Bei Herrn Georg Schneider, Baumschule und Obstanbau Schneider, möchte ich mich für die freundliche Zusammenarbeit und die Zurverfügungstellung der rotfleischigen Apfelsorten bedanken. Für das Zurverfügungstellen der Wetterdaten danke ich dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg.

Weiterhin danke ich meinen Doktorandenkolleginnen und –kollegen für die freundliche Arbeitsatmosphäre und die sehr gute kollegiale Zusammenarbeit.

Beim gesamten Team des Instituts für Weinanalytik und Getränkeforschung, insbesondere auch den Mitarbeitern des Getränketechnologischen Zentrums, und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Teams des Instituts für Obstbau möchte ich mich recht herzlich für die Unterstützung bedanken.

Ein großer Dank gilt auch meinen Freunden, meiner Familie und meiner Freundin.

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis.....	I
II.	Abkürzungsverzeichnis.....	VI
III.	Abbildungsverzeichnis.....	VIII
IV.	Tabellenverzeichnis.....	XV
V.	Anhangsverzeichnis	XIX
1	Einleitung	- 1 -
1.1	Polyphenole	- 2 -
1.1.1	Allgemeine Einordnung von Polyphenolen	- 2 -
1.1.2	Phenolcarbonsäuren	- 4 -
1.1.3	Stilbene	- 5 -
1.1.4	Flavonoide	- 5 -
1.2	Stabilität von Polyphenolen	- 8 -
1.2.1	Polyphenoloxidaseaktivität	- 8 -
1.2.2	Stabilität von Anthocyanen.....	- 9 -
1.2.3	Chemische Reaktionen von Anthocyanen mit anderen Inhaltsstoffen	- 12 -
1.3	Apfelsaft	- 14 -
1.3.1	Allgemeine wertgebende Inhaltsstoffe im Apfelsaft	- 16 -
1.3.2	Die wichtigsten Polyphenole im Apfel.....	- 17 -
1.3.3	Aromastoffe im Apfel und Apfelsaft	- 19 -
1.4	Roter Apfelsaft	- 22 -
1.4.1	Anthocyane in rotfleischigen Äpfeln und rotem Apfelsaft	- 23 -
1.4.2	Aromastoffe in rotem Apfelsaft	- 26 -
2	Zielsetzung.....	- 28 -
3	Ergebnisse und Diskussion	- 30 -
3.1	Anthocyanprofile der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“, der Sorte „Weirouge“ und der Kreuzung 3-17 aus „Pomfital“ und „Wellant“.....	- 30 -
3.1.1	Zusammenfassung.....	- 35 -
3.2	Unterschiede von rotem Apfelsaft und Apfelsaft aus weißfleischigen Äpfeln	- 36 -

3.3	Anthocyangehalte der einzelnen Gewebeteile von rotfleischigen Äpfeln	- 37 -
3.3.1	Zusammenfassung.....	- 44 -
3.4	Die Entwicklung des Anthocyangehaltes während der Reifung am Beispiel der Sorte Pomfital.....	- 44 -
3.4.1	Zusammenfassung.....	- 47 -
3.5	Einfluss der Verarbeitung auf den Anthocyangehalt	- 48 -
3.5.1	Veränderung des Anthocyangehalts bei der Herstellung von naturtrübem roten Apfelsaft am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011	- 48 -
3.5.2	Veränderung des Anthocyangehalts bei der Apfelweinherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011.....	- 49 -
3.5.3	Veränderung des Anthocyangehaltes bei der Sektherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011	- 50 -
3.5.4	Veränderung des Anthocyangehaltes bei der Konzentratherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011	- 52 -
3.5.5	Anthocyangehalte von Fruchtmarm und Pürees der Ernte 2012.....	- 53 -
3.5.6	Zusammenfassung.....	- 54 -
3.6	Untersuchung von verschiedenen rotfleischigen und weißfleischigen Apfelsorten und Züchtungen auf ihre Eignung zur Safftherstellung.....	- 55 -
3.6.1	Ernte 2009	- 58 -
3.6.2	Ernte 2011	- 60 -
3.6.3	Ernte 2012	- 62 -
3.6.4	Ernte 2013	- 65 -
3.6.5	Antioxidative Eigenschaften der Sorten der Ernte 2011 bis 2013	- 68 -
3.6.6	Der Gehalt an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2010 bis 2013. -	70 -
3.6.7	Vergleich zu Handelsprodukten.....	- 74 -
3.6.8	Zusammenfassung.....	- 74 -
3.7	Kreuzungspopulation.....	- 75 -
3.7.1	Kreuzungspopulation Ernte 2011	- 75 -
3.7.2	Kreuzungspopulation Ernte 2012	- 76 -
3.7.3	Kreuzungspopulation Ernte 2013	- 78 -

3.7.4	Antioxidative Eigenschaften der Säfte aus den einzelnen Nachkommen des Kreuzungsversuches der Jahre 2011 bis 2013.....	- 79 -
3.7.5	Einordnung der Ergebnisse der Untersuchungen der Kreuzungspopulation.....	- 81 -
3.7.6	Zusammenfassung.....	- 83 -
3.8	Einfluss von Temperatur und Globalstrahlung auf den Gehalt an Anthocyanen im roten Apfelsaft.....	- 84 -
3.8.1	Zusammenfassung.....	- 86 -
3.9	Charakterisierung des Aromas in rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln.....	- 86 -
3.9.1	Vergleichende Analyse der Aromastoffe in Apfelsäften aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln mit verschiedenen Methoden	- 86 -
3.9.2	Übersicht über nachgewiesene Aromastoffe in Säften aus weißfleischigen und rotfleischigen Apfelsorten und –züchtungen der Ernten 2012 und 2013 mittels Flüssiginjektion nach Wasserdampfdestillation und SAFE.....	- 91 -
3.10	Analyse der Aromastoffe verschiedener Jahrgänge	- 100 -
3.10.1	Übersicht über die Aromaindices der einzelnen Sorten der Ernte 2011	- 100 -
3.10.2	Aromastoffgehalte der Apfelsäfte der Ernte 2011	- 101 -
3.10.3	Übersicht über die Aromaindices der Säfte der Ernte 2012	- 116 -
3.10.4	Aromastoffgehalte der Züchtungen und Sorten der Ernte 2012.....	- 117 -
3.10.5	Aromastoffgehalte und Aromaindices der Züchtungen und Sorten der Ernte 2013	- 119 -
3.10.6	Identifizierung und Quantifizierung von 4-Methoxyphenylpropanol in verschiedenen rotfleischigen Apfelsorten	- 124 -
3.10.7	Zusammenfassung.....	- 126 -
3.11	Sensorik der roten Apfelsäfte der Erntejahre 2011 bis 2013.....	- 126 -
3.11.1	Rote Apfelsäfte der Ernte 2011	- 126 -
3.11.2	Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2011	- 130 -
3.11.3	Rote Apfelsäfte der Ernte 2012	- 132 -
3.11.4	Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012.....	- 136 -
3.11.5	Rote Apfelsäfte der Ernte 2013	- 138 -
3.11.6	Apfelsäfte aus weißfleischigen Apfelsorten der Ernte 2013	- 143 -

3.11.7	Rote Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ und der Sorte „Weirouge“ aus Südtirol - ein Vergleich zum Handelsprodukt	- 145 -
3.11.8	Deskriptive Sensorik.....	- 145 -
3.11.9	Zusammenfassung.....	- 147 -
3.12	Einfluss der Lagerung auf den Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen im roten Apfelsaft.....	- 148 -
3.12.1	Abbaukinetik der Anthocyane im roten Apfelsaft der Züchtung „Maggy“... -	148 -
3.12.2	Abbau von Flavanolen, Dihydrochalkonen, Phenolcarbonsäuren und Quercetinen während der Lagerung von rotem Apfelsaft der Züchtung „Maggy“	- 153 -
3.12.3	Farbstabilität der Lagerproben	- 154 -
3.12.4	Der Monomerindex und Polymerindex der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ während der Lagerung	- 156 -
3.12.5	Sensorik der Lagerproben	- 158 -
3.12.6	Zusammenfassung.....	- 161 -
4	Zusammenfassung.....	- 162 -
5	Ausblick.....	- 165 -
6	Experimenteller Teil.....	- 166 -
6.1	Probenmaterial.....	- 166 -
6.1.1	Saftherstellung technischer Maßstab	- 166 -
6.1.2	Saftherstellung halbtechnischer Maßstab.....	- 167 -
6.1.3	Saftherstellung im Labormaßstab.....	- 167 -
6.1.4	Konzentratherstellung	- 168 -
6.1.5	Weinherstellung	- 169 -
6.1.6	Herstellung von Apfelschaumwein.....	- 170 -
6.1.7	Smoothie- bzw. Fruchtmahkerstellung im Labormaßstab.....	- 170 -
6.1.8	Püreeherstellung im Labormaßstab.....	- 171 -
6.2	Allgemeine Analyseparameter nach dem AIJN.....	- 171 -
6.3	Methanolische Extraktion von Pürees, gefriergetrockneten Fruchtgeweben, Smoothies und Pürees.....	- 172 -
6.4	Analytik der Anthocyane mittels LC-MS.....	- 172 -
6.5	Analytik der farblosen Polyphenole mittels HPLC.....	- 173 -

Inhaltsverzeichnis

6.6	Analytik des Aromas mittels GC-MS nach Wasserdampfdestillation.....	- 175 -
6.7	Analytik des Aromas mittels HS-GC-MS.....	- 177 -
6.8	Bestimmung der antioxidativen Kapazität mittels TEAC und ORAC	- 178 -
6.9	Bestimmung des Monomerindexes und der polymeren Anthocyane	- 178 -
6.10	Messung der Farbe anhand des L* a* b*- Systems.....	- 179 -
6.11	Sensorik	- 179 -
7	Literaturverzeichnis	- 181 -
8	Anhang.....	- 189 -
9	Poster und Publikationen.....	- 234 -

II. Abkürzungsverzeichnis

5-Carb-pyr-cy-3-gal	5-Carboxypyanocyanidin-3-galactosid
5-Carb-pyr-cy-3-gluc	5-Carboxypyranocyanidin-3-glucosid
5-Carb-pyr-cy-3-pen	5-Carboxypyranocyanidin
ber.	berechnet
Cy-3-ara	Cyanidin-3-arabinosid
Cy-7-ara	Cyanidin-7-arabinosid
Cy-3-gal	Cyanidin-3-galactosid
Cy-3-gluc	Cyanidin-3-glucosid
Cy-3-xyl	Cyanidin-3-xylosid
d	detektiert
DAD	Diodenarraydetektor
Ed	Edingen
EI	Elektronenstoßionisation
ESI	Elektronensprayionisation
GC	Gaschromatographie
Gh	Geisenheim
HPLC (LC)	High Performance Liquid Chromatography (Hochleistungsflüssig- chromatographie)
MS	Massenspektrometrie
Ms-sp	Massenspektrum
m/z	Masse-zu-Ladungs-Verhältnis
n	nachweisbar
nd	Nicht detektiert
nn	nicht nachweisbar
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
Rt	Retention time (Laufzeit)

Inhaltsverzeichnis

RT	Raumtemperatur
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidative Capacity
TIC	Total Ion Current (Totalionenchromatogramm)
Tm	Trockenmasse
wf	weißfleischig
WD	Wasserdampfdestillation

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Biosynthese der Hydroxyzimtsäuren und der Anthocyane mit den beteiligten Enzymen	- 3 -
Abbildung 2: Strukturformeln einiger Hydroxyzimtsäuren.	- 4 -
Abbildung 3: Strukturformeln einiger Hydroxybenzoesäuren.	- 5 -
Abbildung 4: Strukturformeln der bedeutendsten Resveratrole.....	- 5 -
Abbildung 5: Strukturformel des Flavangrundkörpers.	- 6 -
Abbildung 6: Strukturformeln der Flavonole.....	- 6 -
Abbildung 7: Strukturformeln der Flavan-3-ole.....	- 7 -
Abbildung 8: Strukturformeln der Procyanidine und Prodelphinidine.....	- 7 -
Abbildung 9: Strukturformeln der bedeutendsten Anthocyanidine.....	- 8 -
Abbildung 10: Funktionsweise der Polyphenoloxidasen und einige mögliche Folgereaktionen.	- 9 -
Abbildung 11: Übersicht über die pH-Wert-Abhängigkeit der Anthocyane.	- 10 -
Abbildung 12: Übersicht über die wichtigsten Wechselwirkungen von Anthocyanen.	- 12 -
Abbildung 13: Struktur von Vitisine A und B	- 13 -
Abbildung 14: Strukturen von 5-Carboxy-pyranocyanidin-3-O-(2G-glucosylrutinosid und 5-Carboxy-pyranocyanidin 3-O-rutinosid in Sauerkirschsafft	- 14 -
Abbildung 15: Die wichtigsten Phenolcarbonsäuren im Apfel.	- 17 -
Abbildung 16: Die wichtigsten Dihydrochalkone in Äpfeln.....	- 18 -
Abbildung 17: Strukturformeln von Procyanidin B1 und B2.....	- 18 -
Abbildung 18: Stammbaum der Sorte "Pomfital".....	- 22 -
Abbildung 19: Chromatogramm des Saftes der Züchtung "Maggy", angebaut in Edingen/Heidelberg, Ernte 2010, zu Beginn der Lagerung, Lagerversuch 2010-2011.....	- 30 -
Abbildung 20: Fragmentierung von Cy-3-gal	- 31 -
Abbildung 21: Fragmentierung 5-Carb-py-cy-3-gal.	- 32 -
Abbildung 22: Chromatogramm des Saftes der Sorte "Weirouge", angebaut in Mainz, Ernte 2013.....	- 33 -
Abbildung 23: Chromatogramm des Saftes der Kreuzung „3-17“, angebaut in Geisenheim, Ernte 2013.....	- 35 -
Abbildung 24: Gesamtanthocyangehalte [mg/kg Trockenmasse] der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2011.	- 38 -
Abbildung 25: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2011 bezogen auf das Frischegewicht.	- 38 -

Abbildung 26: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012	- 39 -
Abbildung 27: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischegewicht.	- 40 -
Abbildung 28: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2012	- 40 -
Abbildung 29: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischegewicht.	- 40 -
Abbildung 30: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Maggy im Erntejahr 2012	- 41 -
Abbildung 31: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Maggy im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischegewicht.	- 41 -
Abbildung 32: Darstellung der Verhältnisse der Nebenkomponenten Cy-3-ara , Cy-3-ara, Cy-3-xyl und 5-Carb-py-cy-3-gal in Fruchtfleisch und Schale zur Hauptkomponente des Anthocyanprofils in Prozent.....	- 43 -
Abbildung 33: Aufsicht, Quer- und Längsschnitte der Apfelproben während der Reifung, aufgenommen an den jeweiligen Probenahmeterminen in chronologischer Reihenfolge, Sorte Pomfital.....	- 46 -
Abbildung 34: Gesamtanthocyangehalt [mg/kg Frischegewicht] und Einzelfruchtgewichte [g] von Äpfeln der Sorte „Pomfital“ während der Reifung.	- 47 -
Abbildung 35: Konzentrationsverlauf der Anthocyane während der Saftherstellung	- 49 -
Abbildung 36: Konzentrationsverlauf der Anthocyane während der Herstellung von Apfelwein.....	- 50 -
Abbildung 37: Chromatogramm der Apfelsektprobe nach der Flaschenfüllung.....	- 51 -
Abbildung 38: Konzentrationsverlauf des Gesamtanthocyangehaltes ber. als Cy-3-gal und Cy-3-gluc bei der Herstellung von Apfelsekt in [mg/L].....	- 51 -
Abbildung 39: Konzentrationsverlauf der Anthocyane bei der Herstellung von Saftkonzentrat.	- 53 -
Abbildung 40: Konzentration der Anthocyane in Smoothies und Pürees ausgewählter Sorten der Ernte 2012.....	- 54 -
Abbildung 41: Längs –und Querschnitte rotfleischiger Apfelsorten und Züchtungen der Anbauorte a: Geisenheim (Institut für Obstbau), b: Mainz (Obstbau Schmitt) und c: Edingen/Heidelberg (Obstbau Schneider)	- 57 -

Abbildung 42: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gluc der Apfelsaftproben 2009 [mg/L].
..... - 58 -

Abbildung 43: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der
Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2009..... - 59 -

Abbildung 44: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2009..... - 59 -

Abbildung 45: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben
2011 [mg/L]. - 60 -

Abbildung 46: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der
Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2011..... - 61 -

Abbildung 47: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehaltes [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2011..... - 62 -

Abbildung 48: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben
2012 [mg/L]. - 63 -

Abbildung 49: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der
Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2012..... - 64 -

Abbildung 50: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2012..... - 65 -

Abbildung 51: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben
2013 [mg/L]. - 66 -

Abbildung 52: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der
Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2013..... - 67 -

Abbildung 53: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2013..... - 68 -

Abbildung 54: Übersicht über den Gehalt an antioxidativ wirksamen Verbindungen, TEAC
und Gp, der Säfte der Ernte 2011-2013, Darstellung als heatmap, column-scaled..... - 69 -

Abbildung 55: Cluster-Z-Score-Analyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der
Ernte 2011..... - 71 -

Abbildung 56: Cluster-Z-Score-Analyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der
Ernte 2012..... - 72 -

Abbildung 57: Heatmap der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Sorten und Züchtungen
der Ernte 2013..... - 73 -

Abbildung 58: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Säuregehalte [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2011..... - 75 -

Abbildung 59: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte
hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2011 - 76 -

Abbildung 60: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2012. ...	- 77 -
Abbildung 61: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2012.....	- 77 -
Abbildung 62: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Säuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2013.....	- 78 -
Abbildung 63: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2013.....	- 79 -
Abbildung 64: Heatmap der antioxidativen Eigenschaften der Kreuzungspopulation.....	- 80 -
Abbildung 65: Typ 1 (linkes Bild) und Typ 2 (rechtes Bild)- Phänotypen von rotfleischigen Äpfeln.....	- 81 -
Abbildung 66: Sequenz und Schema des Minisatelliten des MYB10 Promotors in rotfleischigen und Apfelsorten und eine Gegenüberstellung der R ₁ -Promotorregion von weißfleischigen Äpfeln.....	- 82 -
Abbildung 67: Mittelwerte der Tagestemperatur gemessen in 2m Höhe [°C] und Summe der Tagessumme der Globalstrahlung [J/cm ²] des Standortes Ladenburg/Edingen in den Jahren 2009 bis 2013.....	- 84 -
Abbildung 68: Monatliche Summe der Globalstrahlung [J/cm ²] an den Standorten Geisenheim und Edingen in den Jahren 2009 bis 2013.....	- 85 -
Abbildung 69: Summe der Globalstrahlung der Monate Mai bis August [J/cm ²].....	- 86 -
Abbildung 70: HS-GC-MS-Chromatogramm (TIC) des Saftes der Züchtung „Maggy“.....	- 90 -
Abbildung 71: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-11“.....	- 101 -
Abbildung 72: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-21“.....	- 102 -
Abbildung 73: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-31“.....	- 103 -
Abbildung 74: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „6-71/Pomfital“.....	- 104 -
Abbildung 75: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-131“.....	- 105 -
Abbildung 76: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Anna“.....	- 106 -
Abbildung 77: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Joe“.....	- 107 -

Abbildung 78: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Maggy“	- 108 -
Abbildung 79: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Mary“	- 109 -
Abbildung 80: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Ruth/Nr. 2“	- 110 -
Abbildung 81: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte Weirouge aus Südtirol.....	- 112 -
Abbildung 82: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“	- 113 -
Abbildung 83: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Boskoop“	- 114 -
Abbildung 84: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Topaz“	- 115 -
Abbildung 85: Übersicht der Aromastoffe der Säfte der Ernte 2012 als Z-scores.....	- 118 -
Abbildung 86: Schematische Darstellung der beiden Biosynthesewege mit den beteiligten Enzymen von verzweigt-kettigen und unverzweigten Estern.....	- 122 -
Abbildung 87: Strukturformel von 4-Methoxyphenylpropanol und mögliche Fragmentierungen.	- 124 -
Abbildung 88: Strukturformel von Eugenol.....	- 125 -
Abbildung 89: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.	- 127 -
Abbildung 90: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.	- 128 -
Abbildung 91: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack Teil I.....	- 129 -
Abbildung 92: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack Teil II.....	- 130 -
Abbildung 93: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.	- 131 -
Abbildung 94: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack.....	- 132 -
Abbildung 95: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.	- 133 -
Abbildung 96 Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.	- 134 -
Abbildung 97: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. des Parameters Geschmack Teil I.....	- 135 -

Abbildung 98: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. des Parameters Geschmack Teil II.....	- 136 -
Abbildung 99: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.	- 137 -
Abbildung 100: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. des Geschmacks.....	- 138 -
Abbildung 101: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.	- 139 -
Abbildung 102: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.	- 140 -
Abbildung 103: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks Teil I.	- 141 -
Abbildung 104: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks Teil II.	- 142 -
Abbildung 105: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.	- 143 -
Abbildung 106: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks.	- 144 -
Abbildung 107: Netzdiagramm der deskriptiven sensorischen Prüfung bezüglich der Farbe und des Aromas der roten Apfelsäfte der Sorte Maggy und des Produktes aus Südtirol.	- 146 -
Abbildung 108: Netzdiagramm der deskriptiven sensorischen Prüfung bezüglich des Geschmacks der roten Apfelsäfte der Sorte Maggy und des Produktes aus Südtirol.....	- 146 -
Abbildung 109: Entwicklung des Gehaltes an Cy-3-gal ber. als Cy-3-gluc [mg/L] des roten Apfelsaftes de Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und Ernte 2011 (b) während der Lagerung über 365 Tage bei 4, 20 und 37 °C, sowie bei RT und Lichteinfluss.	- 149 -
Abbildung 110: Entwicklung des Gehalts an farblosen Polyphenolen [mg/L] des Saftes der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und Ernte 2011 (b) während der Lagerung über 365 Tage bei 4, 20 und 37 °C, sowie bei RT und Lichteinfluss.	- 153 -
Abbildung 111: Entwicklung der a* -und b*-Werte der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und 2011 (b) während der Lagerung bei 4 °C, 20 °C, RT und Lichteinfluss und 37 °C.	- 155 -
Abbildung 112: Monomerindex und Polymerindex [%] der roten Apfelsäfte während einer Lagerung bei 4 °C, 20 °C, 37 °C und bei Raumtemperatur und Lichteinfluss, a: Ernte 2010 und b: Ernte 2011.....	- 157 -

Abbildung 113: Übersicht über die Qualitätszahlen nach dem DLG-5-Punkte-Schema der Lagerproben des Lagerversuches des Saftes „Maggy“ der Ernte 2011. - 159 -

Abbildung 114: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im technischen Maßstab für die Lager- und Verarbeitungsversuche..... - 166 -

Abbildung 115: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im halbtechnischen Maßstab für die Sortenscreenings..... - 167 -

Abbildung 116: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im Labormaßstab für die Untersuchung der Kreuzungspopulation..... - 167 -

Abbildung 117: Verarbeitungsschema der Konzentratherstellung für die Verarbeitungsversuche..... - 168 -

Abbildung 118: Verarbeitungsschema der Apfelweinherstellung für die Verarbeitungsversuche..... - 169 -

Abbildung 119: Verarbeitungsschema der Apfelsektherstellung für die Verarbeitungsversuche..... - 170 -

Abbildung 120: Verarbeitungsschema der Herstellung von Smoothies bzw. Fruchtmark,
..... - 170 -

Abbildung 121: Verarbeitungsschema der Herstellung von Pürees. - 171 -

IV. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die beteiligten Enzyme bei der Bildung von Phenylpropanen und Flavonoiden.....	- 4 -
Tabelle 2: Übersicht über die bedeutendsten Richtwerte des AIJN für Apfelsaft.....	- 17 -
Tabelle 3: Übersicht der Aromakomponenten der weißfleischigen Apfelsorten „Elstar“ und „Cox Orange“.....	- 20 -
Tabelle 4: Übersicht über die nachgewiesenen potenten Aromakomponenten mit einem FD-Wert von über 4 und die entsprechenden Aromaeindrücke des Apfelsaftes der weißfleischigen Apfelsorte „Golden Delicious“.....	- 21 -
Tabelle 5: Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungen rotfleischiger Äpfel und roter Apfelsäfte auf Anthocyane.....	- 24 -
Tabelle 6: Übersicht über die in den rotfleischigen Apfelsorten "Geneva", "Niedwetzyna" und einer ungarischen Hybridzüchtung nachgewiesenen Aromastoffe.....	- 27 -
Tabelle 7: : HPLC-DAD und Massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Züchtung „Maggy“ zu Beginn der Lagerung, Lagerversuch 2010-2011.	- 31 -
Tabelle 8: HPLC-DAD und massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Sorte "Weirouge".....	- 34 -
Tabelle 9: HPLC-DAD und massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Kreuzung „3-17“ aus der Nachkommenschaft der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen „Wellant“.....	- 35 -
Tabelle 10: Probenahmetermine und die jeweiligen Gesamtanthocyangehalte der Durchschnittsprobe von Äpfeln der Sorte „Pomfital“	- 44 -
Tabelle 11: Verlauf der TEAC -und Gp-Werte, °Brix-Werte, Gesamtsäuregehalte sowie der Gehalte an farblosen Polyphenolen und der Gesamtanthocyangehalte der Säfte der Sorte "Pomfital" mit fortschreitendem Reifegrad der Ernte 2013.	- 70 -
Tabelle 12: Probennummern (P-Nr.) und dazugehörige Bezeichnung der Sorte bzw. Züchtung bezogen auf Abbildung 57.	- 73 -
Tabelle 13: Probennummern (P-Nr.) und entsprechende Baumposition (Bp) der Kreuzungspopulation.....	- 81 -
Tabelle 14: Probennummern (P-Nr.) und entsprechende Baumposition (Bp) der auf Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu) und TEAC untersuchten Kreuzungspopulation der Ernte 2011 bis 2013, bezogen auf Abbildung 64	- 87 -
Tabelle 15 Retentionszeiten und Fragmente der quantifizierten Essigsäureester.	- 88 -
Tabelle 16: Mittels HS-GC-MS nachgewiesen und quantifizierte Essigsäureester in roten Apfelsäften und Säften aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012.	- 89 -

Tabelle 17: Übersicht über nachgewiesene Aromakomponenten in Säften aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012 und 2013.....	- 95 -
Tabelle 18: Aromaindices der jeweiligen roten Apfelsäfte der Ernte 2011.....	- 100 -
Tabelle 19: Übersicht über die quantifizierten Aromastoffe des roten Apfelsaftes der Züchtung „6-11“.....	- 102 -
Tabelle 20: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-21“.....	- 103 -
Tabelle 21: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-31“.....	- 104 -
Tabelle 22: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „6-71/ Pomfital“.....	- 105 -
Tabelle 23: Aromastoffgehalte des Apfelsaftes der Züchtung „6-131“.....	- 106 -
Tabelle 24: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Anna“.....	- 107 -
Tabelle 25: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Joe“.....	- 108 -
Tabelle 26: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Maggy“.....	- 109 -
Tabelle 27: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Mary“.....	- 110 -
Tabelle 28: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Ruth/Nr. 2“.....	- 111 -
Tabelle 29: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Weirouge aus Südtirol.....	- 112 -
Tabelle 30: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“.....	- 113 -
Tabelle 31: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Boskoop“.....	- 115 -
Tabelle 32: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Topaz“.....	- 116 -
Tabelle 33: Aromaindices Ernte 2012.....	- 117 -
Tabelle 34: Aromaindices Ernte 2013.....	- 120 -
Tabelle 35: Konzentrationen an 4-Methoxy-phenylpropanol [µg/L] in den Saftproben der Ernte 2012 und 2013.....	- 125 -
Tabelle 36: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.....	- 127 -
Tabelle 37: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.....	- 128 -
Tabelle 38: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich des Geschmacks Teil I.....	- 129 -
Tabelle 39: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich des Geschmacks Teil II.....	- 130 -
Tabelle 40: Ergebnisse der sensorischen Prüfung Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln des Erntejahres 2011 bezgl. Farbe und Geruch.....	- 131 -
Tabelle 41: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Geschmacks.....	- 132 -
Tabelle 42: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.....	- 133 -

Tabelle 43: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.	- 134 -
Tabelle 44: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich des Geschmacks Teil I.	- 135 -
Tabelle 45: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich des Geschmacks Teil II.	- 136 -
Tabelle 46: Ergebnisse der sensorischen Prüfung des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. Farbe und Geruch.	- 137 -
Tabelle 47: Ergebnisse der sensorischen Prüfung des Apfelsaftes der Sorte Rheinischer Bohnapfel des Erntejahres 2012 bezgl. des Geschmacks	- 138 -
Tabelle 48: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.	- 139 -
Tabelle 49: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.	- 140 -
Tabelle 50: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich des Geschmacks Teil I.	- 141 -
Tabelle 51: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich des Geschmacks Teil II.	- 142 -
Tabelle 52: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln des Erntejahres 2013 bezgl. Farbe und Geruch.	- 143 -
Tabelle 53: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks.....	- 144 -
Tabelle 54: Ergebnis des Dreieckstests der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ und eines Handelsproduktes aus Südtirol der Sorte „Weirouge“.....	- 145 -
Tabelle 55: Zusammenfassung der Halbwertszeiten und Aktivierungsenergien des Lagerversuches Ernte 2010.....	- 150 -
Tabelle 56: Zusammenfassung der Halbwertszeiten und Aktivierungsenergien des Lagerversuches Ernte 2011.....	- 150 -
Tabelle 57: Ergebnisse der deskriptiven sensorischen Prüfung nach dem DLG-5-Punkte-Schema der Lagerproben des Lagerversuches 2011-2012.	- 160 -
Tabelle 58: Übersicht über die Analysemethoden der allgemeinen Parameter.	- 171 -
Tabelle 59: Gradientenprogramm zur Trennung der Anthocyane.	- 173 -
Tabelle 60: Gradientenprogramm zur Trennung der farblosen Polyphenole	- 174 -
Tabelle 61: Elutionsreihenfolge und Detektionswellenlängen [nm] der analysierten farblosen Polyphenole	- 174 -
Tabelle 62: Übersicht über die deuterierten internen Standards zur Quantifizierung der Aromakomponenten nach Wasserdampfdestillation.	- 175 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 63 Standardsubstanzen für die Aromaanalytik.....	- 176 -
Tabelle 64: Übersicht über verschiedene Signifikanzniveaus und die Symbolisierung...	- 180 -

V. Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" ohne Addition von Standardsubstanzen.	- 189 -
Anhang 2: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" nach Standardaddition mit Cy-3-gluc.	- 189 -
Anhang 3: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" nach Standardaddition mit Cy-3-gal.	- 190 -
Anhang 4: Säulendiagramm der Gewichtsverteilung der einzelnen Kompartimente bezogen auf die Gesamtmasse der untersuchten rotfleischigen Äpfel [%].	- 190 -
Anhang 5: Tabellarische Darstellung der Anthocyangehalte der einzelnen Kompartimente und der Gesamtanthocyangehalte bezogen auf das Frischegewicht [mg/kg].	- 191 -
Anhang 6: Absorptionsspektrum während der Konzentratherstellung.	- 191 -
Anhang 7: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2009.	- 192 -
Anhang 8: Anthocyangehalte hergestellt aus Sorten des Erntejahres 2011.	- 193 -
Anhang 9: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2011.	- 194 -
Anhang 10: Anthocyangehalte der Säfte hergestellt aus Sorten im Erntejahr 2012.	- 195 -
Anhang 11: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2012.	- 196 -
Anhang 12: Anthocyangehalte der Säfte hergestellt aus Sorten im Erntejahr 2013.	- 197 -
Anhang 13: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2013.	- 199 -
Anhang 14: Gesamtanthocyangehalte, Polyphenolgehalte und allgemeine Analyseparameter der untersuchten Handelsprodukte.	- 201 -
Anhang 15: Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu), TEAC-Werte und Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc [mg/L] der Säfte der Ernte 2011-2013.	- 202 -
Anhang 16: Gehalte an farblosen Polyphenolen in den Säften der Erntejahre 2011 bis 2012 in mg/L.	- 204 -
Anhang 17: Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte des Erntejahres 2013 in mg/L.	- 206 -
Anhang 18: Massenspektrum von Essigsäureethylester-d8.	- 208 -
Anhang 19: Massenspektrum von Essigsäureethylester.	- 208 -
Anhang 20: Massenspektrum von Essigsäurepropylester.	- 209 -
Anhang 21: Massenspektrum von Essigsäure-2-methylpropylester.	- 209 -
Anhang 22: Massenspektrum von Essigsäurebutylester.	- 210 -
Anhang 23: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung RT: 4,339 min (Essigsäure-2-propenylester).	- 210 -

Anhang 24: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 7,568 min (3-Heptanon, 2-Methyl-4-hexanon).	- 211 -
Anhang 25: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 7,849 min (3-Butenol).	- 211 -
Anhang 26: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 9,01 min (E-3-Hexenol). ..	- 212 -
Anhang 27: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 11,713 min (2-Methoxyhexen).....	- 212 -
Anhang 28: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 12,545 min (Essigsäure-cis-3-hexenylester).....	- 213 -
Anhang 29: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 12,69 min ((Z)-2-Penten-1-ol, 2oder3-Methyl-2-Butenol).	- 213 -
Anhang 30: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 13,111 min (E)-2-Hexenolacetat).....	- 214 -
Anhang 31: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 14,005 min ((E)-3-Hexenol).....	- 214 -
Anhang 32: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 14,856 (Nonanal)...	- 215 -
Anhang 33: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,523 min (5-Hexenol). .	- 215 -
Anhang 34: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,568 min (Buttersäure-hexylester).....	- 216 -
Anhang 35: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,761 min.....	- 216 -
Anhang 36: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,937 (Buttersäure-2-methylhexylester).	- 217 -
Anhang 37: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 16,854 min (1-Heptanol).	- 217 -
Anhang 38: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 17,136 (6-Methyl-5-hepten-2-ol).....	- 218 -
Anhang 39: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 18,208 min (2-Acetyl-4-4-dimethylcyclopent-2-enon).	- 218 -
Anhang 40: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 18,796 min (Dihydro-2-methyl-3(2H)-thiophenon).....	- 219 -
Anhang 41: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 22,944 (1-Methoxy-4-(2-propenyl)-benzene).	- 219 -
Anhang 42: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 23,245 min (Butandisäure-di-ethylester).	- 220 -

Anhang 43: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 23,4 min (2-Methylbuttersäure).....	- 220 -
Anhang 44: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 24,01 min (Buttersäure-3-hydroxybutylester).	- 221 -
Anhang 45: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 24,32 min (3-(Methylthio)propanol).....	- 222 -
Anhang 46: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 24,567 min (Benzylacetat).	- 222 -
Anhang 47: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 25,354 min.....	- 223 -
Anhang 48: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 27,709 min.....	- 223 -
Anhang 49: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 28,481 min (Benzylalkohol).....	- 224 -
Anhang 50: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 29,297 min (2-Phenylethanol).	- 224 -
Anhang 51: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 32,234 min (2,2-Dimethyl-1-hexanol, Pentansäure-4-methyl-methylester).	- 225 -
Anhang 52: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 32,879 min (alpha, beta-Methyl-2-deoxy-D-ribofuranosid, Hexansäure-1-methylhexylester).....	- 225 -
Anhang 53: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 33,227(alpha-Hydroxy-alpha-methylbenzenessigsäure).....	- 226 -
Anhang 54: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 34,666 min (1,5-Hexandiol, Propansäure-hexylester).....	- 226 -
Anhang 55: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 39,519 min ((2Z, 6E)-Farnesol).....	- 227 -
Anhang 56: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 41,72 min (4-Methoxyphenylpropanol) und Referenzmassenspektrum.....	- 227 -
Anhang 57: Massenspektrum einer unbekanntenen Verbindung, RT: 46,555 min (Isopropyl-4-methoxy-metyl-benzen) und Referenzmassenspektrum.	- 228 -
Anhang 58: Übersicht über die Aromastoffe in roten Apfelsaft der Sorten und Züchtungen der Ernte 2012 (nach Wasserdampfdestillation).	- 229 -
Anhang 59: Übersicht über die Aromastoffe in roten Apfelsaft der Sorten und Züchtungen der Ernte 2013 (nach Wasserdampfdestillation).	- 231 -
Anhang 60: DLG-5-Punkteschema für Fruchtsaft, Fruchtnektar und Fruchtsaftgetränke	- 233 -

1 Einleitung

Das Bewusstsein seitens der Bevölkerung für eine gesunde Lebensweise und Ernährung wächst stetig. Ein Zuwachs des Absatzes an Produkten aus der biologischen Landwirtschaft ist ein Indiz hierfür (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Pressemitteilung Nr. 203 vom 27.06.13).

Eine gesunde und ausgewogene Ernährung wird ebenso wie ausreichend Bewegung empfohlen, um Herz-Kreislaufkrankungen, Adipositas, Krebserkrankungen, Diabetes und Demenz vorzubeugen (Block et al. 1992). Hierbei wird ganz besonders eine Obst- und Gemüse-reiche Ernährung empfohlen, da diese eine hohe Zufuhr an gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen wie Vitaminen, Mineralstoffen und sekundären Pflanzeninhaltsstoffen mit sich bringt. Viele epidemiologische Studien belegen die positiven gesundheitlichen Wirkungen einer polyphenolreichen Ernährung (Block et al. 1992, Hyson et. al. 2011). Insbesondere belegen diese einen Rückgang des Risikos für Arteriosklerose (Auclair et al. 2008), für Krebserkrankungen (Kresty et al. 2001, Boyer und Liu 2004, Seeram et al. 2006, Gerhäuser 2008), Lungenkrebs (Linseisen et al. 2007), Darmkrebs (Barth et al. 2005, Barth et al. 2007), und Alzheimererkrankung bzw. dementielles Syndrom (Letenneur et al. 2007, Barberger-Gateau et al. 2007, Vauzour et al. 2008).

Der Konsum von Fruchtsäften kann einen bedeutenden Beitrag zur Aufnahme von Polyphenolen leisten (Bub et al. 2003). Im weltweiten Vergleich ist Deutschland nach wie vor führend im Fruchtsaftkonsum mit 33 Litern pro Kopf im Jahr, gefolgt von den Niederlanden mit 28 Litern und den USA mit 26 Litern (Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V. Bonn 2013). Apfelsaft zählt laut dem Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie zu den beliebtesten Fruchtsäften mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von 8,4 Litern im Jahr 2013. Die Branche machte im Jahr 2013 einen Umsatz von 3,4 Mrd. EUR (Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V. Bonn 2013). Trotzdem verzeichnet die Branche einen Rückgang, da der Gesamtkonsum von Fruchtsaft in den letzten Jahren leicht rückläufig ist. Eine besonders große Attraktivität besitzen anthocyanhaltige Buntsäfte für den Verbraucher (Dietrich et al. 2005). Roter Apfelsaft stellt einen innovativen Fruchtsaft dar, der einen gesundheitlichen Nutzen für den Verbraucher mit sich bringt (Rupasinghe et al. 2010). Nicht nur die Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen wie Anthocyane und farblosen Polyphenolen spielen eine große Rolle bei der Entwicklung eines innovativen Apfelsaftes, sondern auch die sensorischen Eigenschaften, insbesondere der Geschmack, der Gehalt an Aromastoffen und die rote Farbe.

Um eine Akzeptanz beim Verbraucher zu erzielen, müssen geeignete rotfleischige Apfelsorten gefunden werden. Zudem bietet roter Apfelsaft aufgrund seines höheren

Gehaltes an Anthocyanen und farblosen Polyphenolen einen gesundheitlichen Vorteil gegenüber handelsüblichem Apfelsaft (Malec et al. 2014).

Die Kaufentscheidung und die Akzeptanz des Verbrauchers hängen insbesondere vom Säure-, Zucker-, Aromastoff-, Polyphenolgehalt und deren ausgewogenem Verhältnis zueinander ab.

Hierbei sind insbesondere die Polyphenole hervorzuheben, die einen entscheidenden Einfluss auf Farbe, Geschmack und Adstringenz der Früchte und der hieraus gewonnenen Fruchtsäfte haben (Dietrich 1997). Prinzipiell stellt die Farbstabilität bei Buntsäften ein Problem dar, da die enthaltenen Anthocyane während der Lagerung Abbauprozessen und Strukturveränderungen unterliegen (Markakis und Jurd 1974, Bąkowska et al. 2003, Hillebrand et al. 2004, Bonerz et al. 2007).

1.1 Polyphenole

1.1.1 Allgemeine Einordnung von Polyphenolen

Polyphenole sind Produkte des sekundären Pflanzenstoffwechsels und stellen Nebenkomponenten in vielen Lebensmitteln, insbesondere in Obst und Gemüse, dar. Den Pflanzen dienen sie als Schutz vor UV-Strahlung, welche zu einem Sonnenbrand an pflanzlichen Oberflächen führen kann. Hierbei kommt der Superoxiddismutase eine Schlüsselrolle durch Reduktion der Superoxid-Anionradikale zu (Rabinowitch und Sklan 1981). Der Schutz vor Schädlingen ist eine weitere wichtige Funktion (Feucht und Treutter 1989). Zudem sind Anthocyane der farbgebende Bestandteil vieler Blüten und dienen der Anlockung von Insekten und Vögeln (Williams und Grayer 2004). Weiterhin prägen Polyphenole den Geschmack eines Lebensmittels. Sie sind je nach ihrer chemischen Struktur für einen adstringierenden und herben Geschmack verantwortlich, wie z.B. die Tannine (Flavan-3-ole) im Wein.

Die Biosynthese der Polyphenole setzt sich aus drei Hauptschritten zusammen, dem Shikimatweg, dem Phenylpropanoid-Segment und dem Flavonoid-Segment. Aus dem primären Kohlenhydratstoffwechsel werden phenolische Vorstufen im Shikimatweg zu Phenylalanin, sowie Tyrosin und Tryptophan, umgesetzt. Die Biosynthese der Hydroxyzimtsäuren geht von Phenylalanin aus. Maßgeblich verantwortlich sind die Enzyme Phenylalanin-Ammoniak-Lyase (1), Zimtsäure-4-Hydroxylase (2) und CoA-ligase (3)

Aus dieser aktivierten Hydroxyzimtsäure werden entsprechende Derivate, Flavonoide, Lignin, Stilbene und Hydroxybenzoesäuren gebildet (Knaggs 2003, Feucht und Treutter 1989, Andersen und Markham 2006).

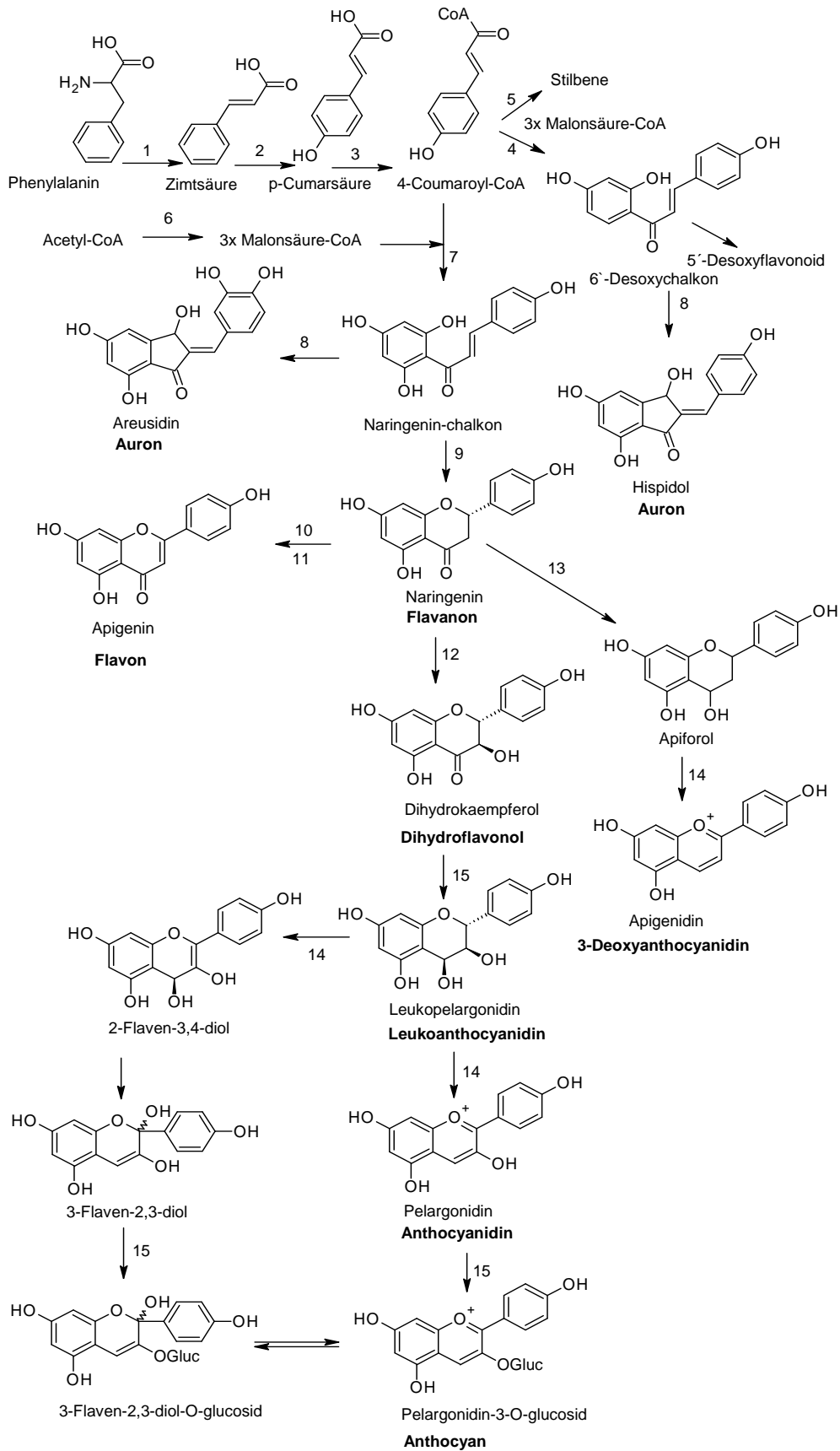


Abbildung 1: Biosynthese der Hydroxycimtsäuren und der Anthocyane mit den beteiligten Enzymen, für die Bildung der Anthocyane ist exemplarisch der Biosyntheseweg von Pelargonidin dargestellt, eine Übersicht der Enzyme (mit Nr. abgebildet) findet sich in Tabelle 1 (nach Andersen und Markham 2006)

Eine kurze Übersicht der wichtigsten bei der Anthocyan-Biosynthese beteiligten Enzyme gibt Tabelle 1. Für diese Enzyme konnten DNA-Sequenzen ermittelt werden (Andersen und Markham 2006).

Tabelle 1: Übersicht über die beteiligten Enzyme bei der Bildung von Phenylpropanen und Flavonoiden (nach Andersen und Markham 2006)

Enzym	Nr. in Abb. 1
Phenylalanin-Ammoniak-Lyase	1
Zimtsäure-4-Hydroxylase	2
CoA-ligase	3
Chalconsynthase und Polyketidreduktase	4
Stilbensynthase	5
Acetyl-CoA-Carboxylase	6
Chalconsynthase	7
Aureusidinsynthase	8
Chalconisomerase	9
Flavonsynthase I	10
Flavonsynthase II	11
Flavanon-3- β -hydroxylase	12
Flavanon-4-reduktase	13
Anthocyanidinsynthase (Leukoanthocyanidin-Dioxygenase)	14
Dihydroflavonol-4-reductase	15

1.1.2 Phenolcarbonsäuren

Phenolcarbonsäuren bilden die zweitgrößte Gruppe von Polyphenolen, zu diesen zählen die Hydroxyzimtsäuren und auch die entsprechenden Chinasäureester (Abbildung 2) und die Hydroxybenzoesäuren (Abbildung 3) mit einem C6-C1-Körper. Aufgrund ihrer sauren Carboxylgruppe ist diese Polyphenolgruppe oft mit phenolischen Verbindungen, Alkoholen, Kohlenhydraten und Alkoholen verestert oder liegt als Amid vor. Die häufigsten natürlichen Phenolcarbonsäuren sind die p-Coumar-, Kaffee-, Ferula-, Chlorogen-, Coutar-, Caftar-, Fertrarsäure, wobei die drei zuletzt genannten ausschließlich in Weintrauben vorkommen. Chlorogensäure als ein Chinasäureester der Kaffeesäure kommt unter anderem in großen Gehalten in Äpfeln vor. Ebenso liegen Hydroxyzimtsäuren auch als unlösliche Zellwandbestandteile verknüpft mit Lignin und Polysacchariden vor (Manach et al. 2004, Dewick 2009).

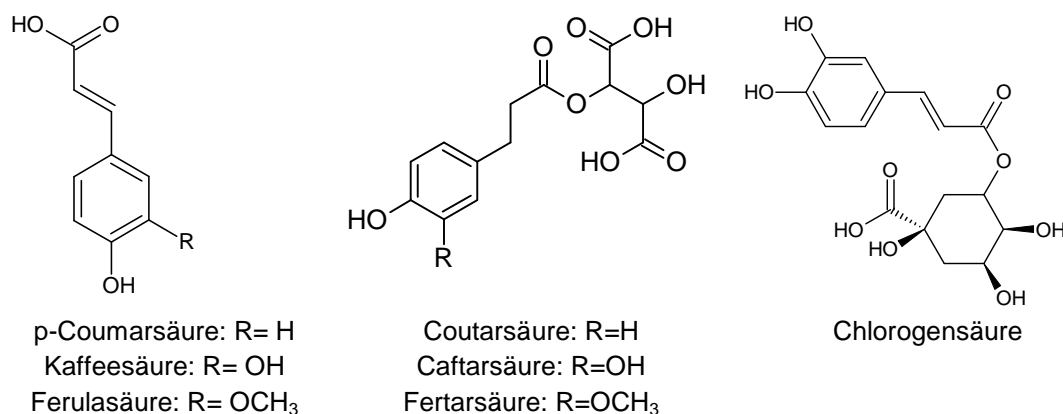
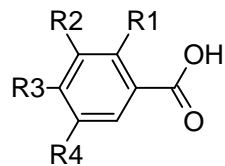


Abbildung 2: Strukturformeln einiger Hydroxyzimtsäuren.

Hydroxybenzoesäuren bilden meist keine Ester und liegen als freie Säuren vor. Abbildung 3 zeigt die bedeutendsten Vertreter der Hydroxybenzoesäuren in Obst und Gemüse (Manach et al. 2004).



p-Hydroxybenzoesäure: R1=H, R2=H, R3=OH, R4=H

Protocatechuesäure: R1=H, R2=OH, R3=OH, R4=H

Vanillinsäure: R1=H, R2=OCH₃, R3=OH, R4=H

Gallussäure: R1=H, R2=OH, R3=OH, R4=OH

Syringasäure: R1=H, R2=OH, R3=OH, R4=OCH₃

Abbildung 3: Strukturformeln einiger Hydroxybenzoesäuren.

1.1.3 Stilbene

In Wein und allgemein in der Pflanzenfamilie der Vitaceae sind die bedeutendsten Stilbene, das Resveratrol und sein Glucosid, das Piceid zu finden. Zudem wurden im Wein einige Derivate des Resveratrols präparativ isoliert und identifiziert (Dietrich et al. 1999).

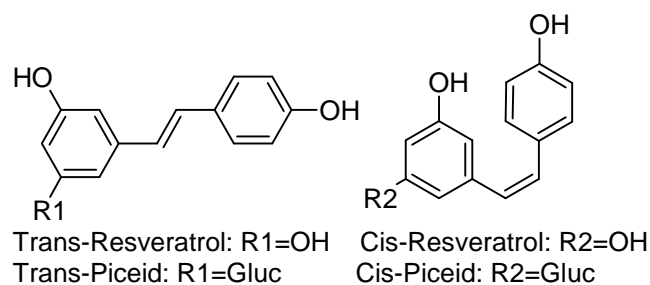


Abbildung 4: Strukturformeln der bedeutendsten Resveratrole.

1.1.4 Flavonoide

Schätzungsweise 9000 Flavonoide wurden bereits in Pflanzen nachgewiesen und ihre Zahl steigt stetig an (Williams und Grayer 2004). Der Gehalt der Pflanze an Flavonoiden ist abhängig von der Sorte und den klimatischen Verhältnissen. Der Flavangrundkörper (C6-C3-C6) bietet mit seinen beiden aromatischen Benzenringen (A, B, Abbildung 5) und dem heterocyclischen Tetrahydropyranring (C) eine Vielzahl an theoretisch möglichen Derivaten (Williams und Grayer 2004).

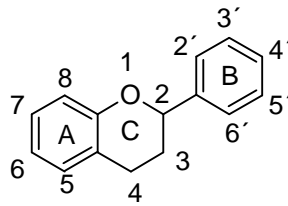
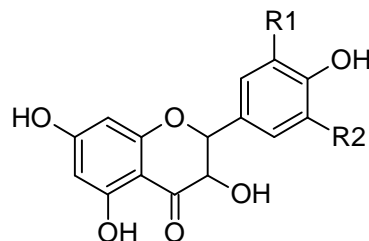


Abbildung 5: Strukturformel des Flavangrundkörpers.

1.1.4.1 Flavonole

Bedeutende Flavonoide sind die Flavonole, die meistens in glycosidischer Form vorkommen. Die wichtigsten Zuckerreste, die zumeist an die C3-Position des C-Rings binden, sind Galaktose, Glucose, Rutinose, Arabinose, Rhamnose und Xylose (Manach et al. 2004).



Kämpferol: R1=H, R2=H
Quercetin: R1=OH, R2=H
Myricetin: R1=OH, R2=OH
Isorhamnetin: R1=OCH₃, R2=H

Abbildung 6: Strukturformeln der Flavonole.

1.1.4.2 Flavan-3-ole

Den Flavan-3-olen und den Procyanidinen kommt ebenfalls eine große Bedeutung in Obst und Gemüse zu. Procyanidine (Abbildung 8), auch Proanthocyanidine genannt, stellen die Vorstufe der Anthocyane im sekundären Stoffwechsel dar und entstehen durch Kondensation von Catechin und Epicatechin (Abbildung 7, Manach et al. 2004). Hierbei weisen die Procyanidine 4-beta-8- bzw. 4-beta-6-Interflavanverknüpfungen auf. Kommt es zu einer Kondensationsreaktion von Gallocatechin und Epigallocatechin, entstehen Prodelphinidine.

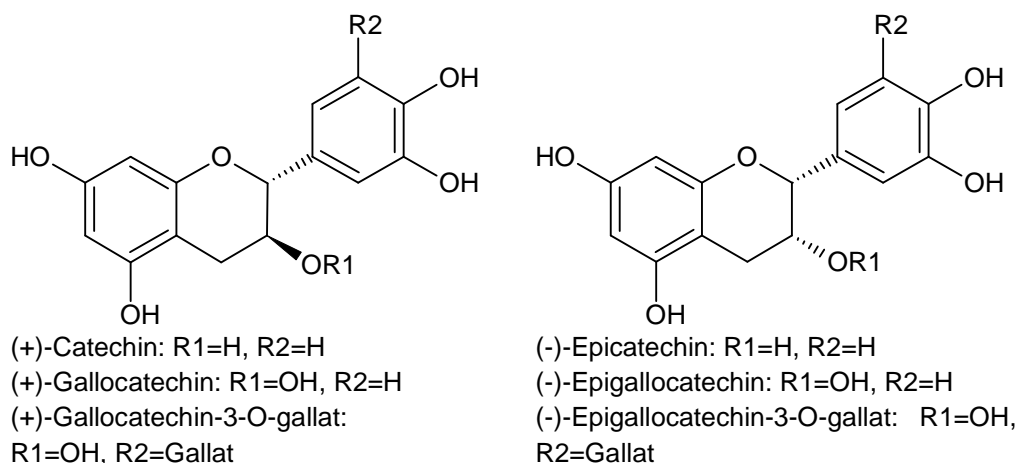


Abbildung 7: Strukturformeln der Flavan-3-ole.

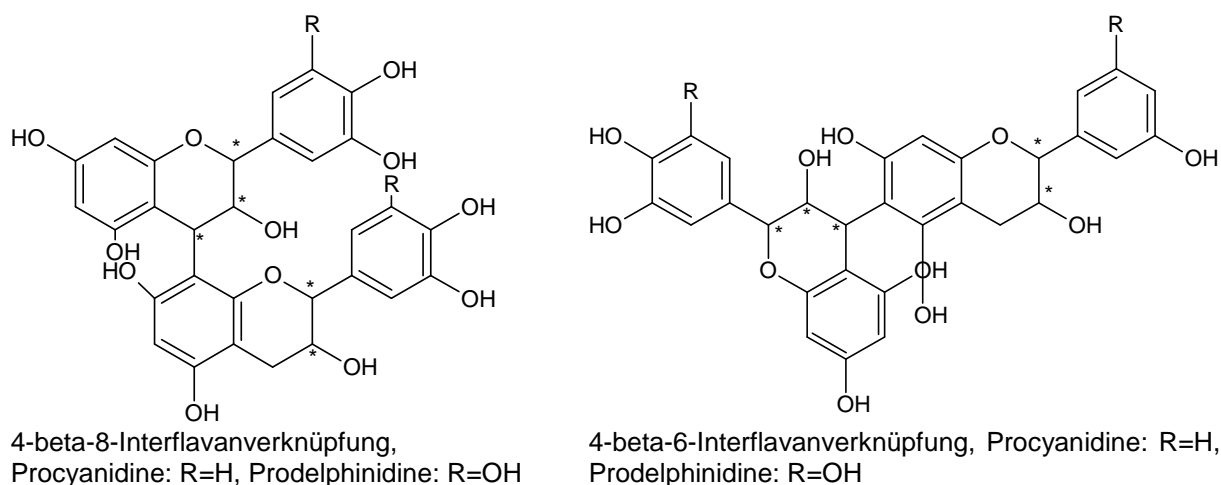
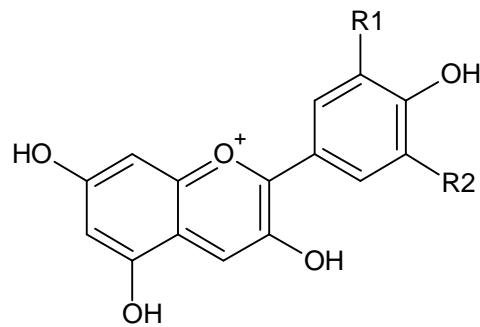


Abbildung 8: Strukturformeln der Procyanidine und Prodelphinidine.

1.1.4.3 Anthocyane

Anthocyane sind sehr weit verbreitet im Pflanzenreich und neben Chlorophyll und Carotinoiden verantwortlich für die Farbe von Blüten, Früchten und Pflanzen. Anthocyanidine kommen in der Natur meistens als Glycoside vor, wobei die Zuckerreste Glucosid, Galactosid, Arabinosid, Xylosid und Rhamnosid zu beobachten sind. Diese sind meistens am C3 –und/oder am C5-Atom über eine Sauerstoffbrücke verknüpft. Di- sowie Trisaccharide der genannten Zucker bilden ebenfalls mögliche glycosidische Reste, wobei deren Stabilität mit der Molekülmasse wächst. Glycosidierungen am A-Ring der Anthocyane können nicht nur am C3-Atom stattfinden sondern ebenso am C7- und C5-Atom. Anthocyane kommen zudem auch verestert mit einigen phenolischen und aliphatischen Säuren vor. (Mazza und Miniati 1993, Wrolstad et al. 2001a, Williams und Grayer 2004).



Cyanidin: R1=OH, R2=H, 535 nm, orange-rot
Pelargonidin: R1=H, R2=H, 520 nm, orange-rot
Delphinidin: R1=OH, R2=OH, 545 nm, violett
Peonidin: R1=OCH₃, R2=H, 515 nm, orange-rot
Petunidin: R1=OCH₃, R2=OH, 525 nm, violett
Malvidin: R1=OCH₃, R2= OCH₃, 525 nm, violett

Abbildung 9: Strukturformeln der bedeutendsten Anthocyanidine.

Strukturelle Unterschiede innerhalb der Anthocyane ergeben sich nicht nur durch die unterschiedlichen Glycosidierungen und Veresterungen mit Säuren und Phenolen, sondern auch anhand der Hydroxylierung und Methoxylierung am B-Ring, wobei die Hydroxylierung zu einer Stabilisierung des Anthocyans führt (Mazza und Brouillard 1987). Wie im folgenden Kapitel gezeigt wird, ist der Farbeindruck der Anthocyane pH-Wert- abhängig.

1.2 Stabilität von Polyphenolen

1.2.1 Polyphenoloxidaseaktivität

Die Polyphenoloxidasen werden erst durch die Zerstörung der Zellkompartimente freigesetzt und wirksam. Sie stellen kupferhaltige Enzyme dar, die in Anwesenheit von Sauerstoff die Oxidation von Monophenolen zu *ortho*-Diphenolen und zu *ortho*-Chinonen katalysieren. Ortho-Chinon als Produkt der Oxidase ist sehr reaktiv und geht weitere enzymatische und nicht enzymatische Reaktionen ein (Abbildung 10). Durch enzymatische Reaktionen mit Aminen, Proteinen und Thiolen, sowie nicht enzymatischen Polymerisationen bilden sich Bräunungspigmente mit einer gelb-braunen Farbe (Kader et al. 2001, Krebs et al. 2004, Macheix et al. 2005).

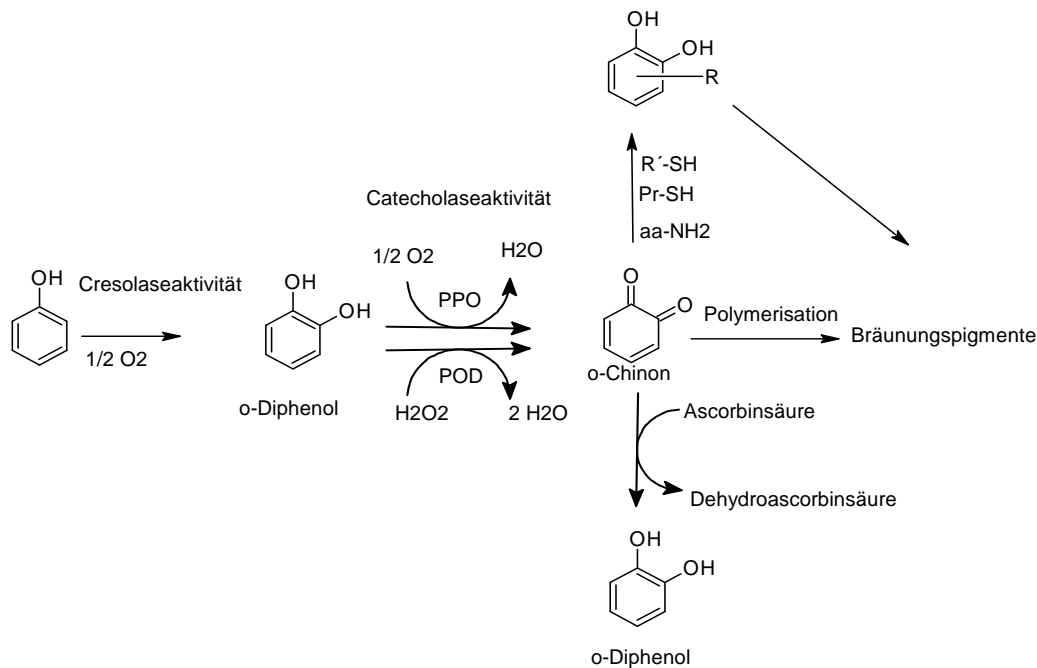


Abbildung 10: Funktionsweise der Polyphenoloxidasen und einige mögliche Folgereaktionen, PPO: Polyphenoloxidase, POD: Peroxidase, aa-NH₂: Amine, Pr-SH: Proteine, R'-SH: Thiole (Abbildung entnommen aus Krebs et al. 2004; Macheix et al. 2005).

1.2.2 Stabilität von Anthocyanen

Die Stabilität der Farbe eines Lebensmittels hängt von der Zusammensetzung des Anthocyanprofils und der Menge der enthaltenen Anthocyane ab. Der pH-Wert, die chemische Struktur, die Konzentration, die Temperatur während der Lagerung, ein Lichteinfluss und auch stabilisierende Faktoren wie Reaktionen mit anderen Anthocyanen oder Copigmentierungen spielen eine große Rolle für die Stabilität von Anthocyanen (Wrolstad 2000).

Die hohe pH-Wert-Abhängigkeit der Anthocyane zeigt sich anhand der Farbveränderungen (Abbildung 11). Bei niedrigen pH-Werten von 1-3 liegen die Anthocyanidine als mesomeriestabilisierte Flavyliumkationen vor, diese stellen die stabilste chemische Spezies der Anthocyanidine dar und weisen eine intensive rote Farbe auf. Das farblose Chromenol kann sich im pH-Wertbereich von 4-5 nach Anlagerung von Hydroxidionen bilden. Erhöht sich der pH-Wert noch weiter, bildet sich nach Wasserabspaltung ein basisches Chinon, welches einen Magentaton aufweist. Bei einem pH-Wert von 7 entsteht die blaue ionische Anhydrobase, die bei einem weiteren pH-Wertanstieg zum gelben Chalkon reagiert (Von Elbe und Schwartz 1996, Wrolstad et al. 2001).

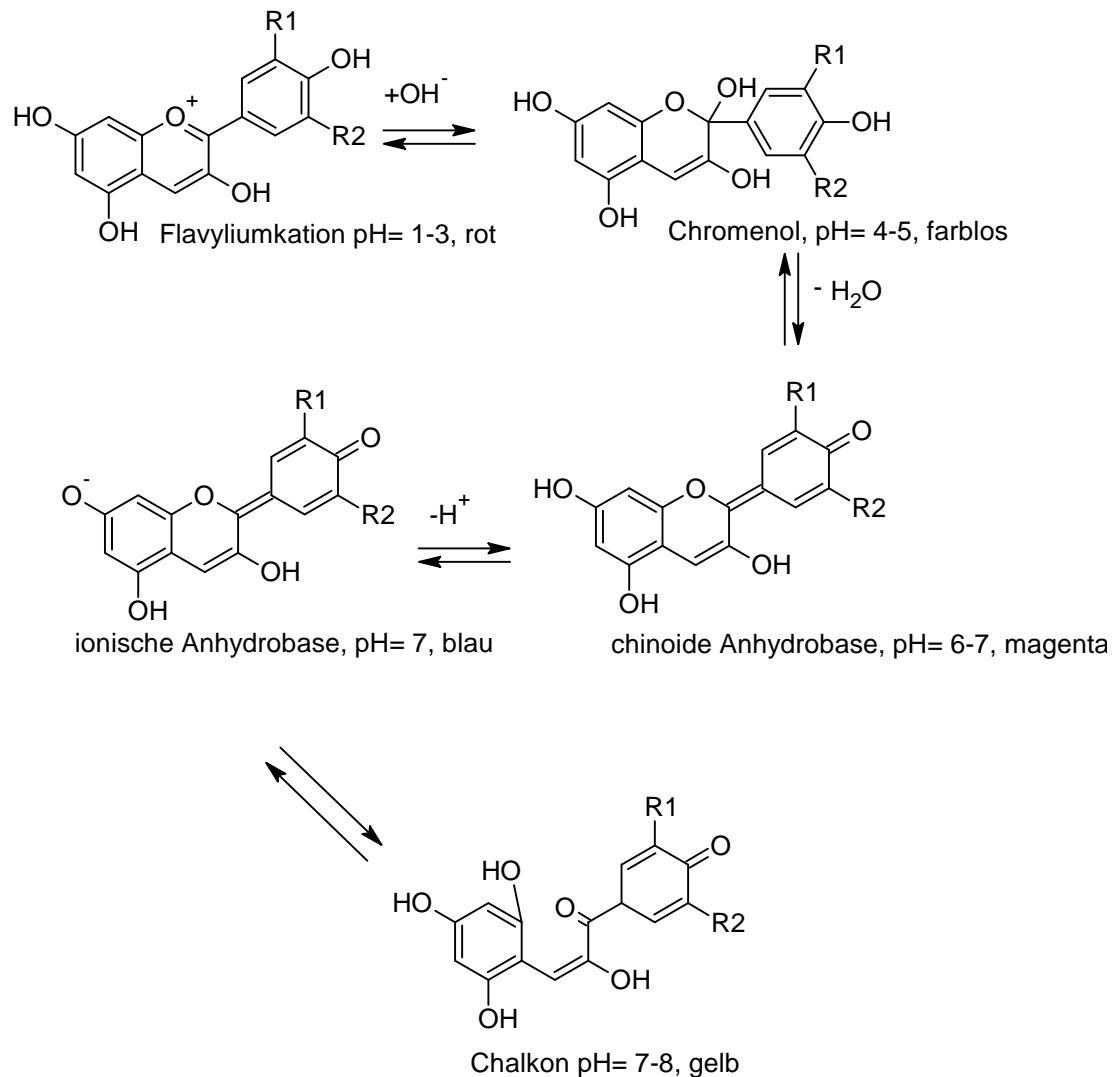


Abbildung 11: Übersicht über die pH-Wert-Abhängigkeit der Anthocyane (von Elbe und Schwartz 1996; Wrolstad et al. 2001).

Kontrovers werden die möglichen Abbaureaktionen der Anthocyanidine bei einem weiteren Anstieg des pH-Wertes in der Literatur beschrieben. Aus dem zuvor beschriebenen Chromenol kann unter alkalischen Bedingungen als Zwischenstufe zunächst ein α -Diketon entstehen, das zum entsprechenden Aldehyd und der Phenolcarbonsäure weiterreagiert. Hierbei bilden sich der Aldehyd aus dem A- und die Phenolcarbonsäure aus dem B-Ring des Anthocyanidins. Die während des Abbaus entstehenden Phenolcarbonsäuren sind charakteristisch für das jeweilige Anthocyanidin (Markakis und Jurd 1974, Seeram et al. 2001).

Die Temperatur bei einer Lagerung von anthocyanhaltigen Lebensmitteln weist den größten Effekt auf die Abbaukinetik und das Alterungsverhalten der Anthocyane auf. Mit zunehmender Temperatur, wie sie bei Verarbeitungsprozessen und Lagerungen auftreten kann, steigt die Abbaurrate der Anthocyane (Mazza und Miniati 1993, Würth 2008, Zhang et

al. 2012). Markakis und Jurd (1974) gehen davon aus, dass es zunächst zu einer Hydrolyse der Glycosidbindung und anschließend durch eine Ringöffnung zur Bildung eines Chalkons kommt. Zudem hängt die Stabilität der Anthocyane auch von ihrer chemischen Struktur ab. Dyrby et al. 2001 zeigte unterschiedliche Stabilitäten von verschiedenen Anthocyanen bei konstanten Temperaturen. Die Abbaureaktion von Anthocyanen in Abhängigkeit der Temperatur folgt näherungsweise in den meisten Fällen einer Reaktion 1. Ordnung und wurde in vielen Fruchtsäften, Konzentraten und Pürees untersucht (Cemeroglu et al. 1994, Würth 2008, Fischer et al. 2013, Kara und Erçelebi 2013).

Ein destabilisierender Effekt durch Lichteinfluss wurde bei der Untersuchung eines Holunderbeerenextrakts beobachtet (Carlsen und Stapelfeldt 1997). Ein Ausschluss von UV-Licht konnte die Farbstabilität hingegen erhöhen. Bei der Untersuchung der Farbstabilität von Rotkohlextrakt wurde festgestellt, dass die enthaltenen Anthocyane gegenüber Hitzeeinwirkung stabiler sind als unter Lichteinfluss (Dyrby et al. 2001). Hierbei hängt der destabilisierende Effekt auf die Anthocyane von dem pH-Wert des Extrakts und weiterhin der Wellenlänge des einstrahlenden Lichts ab.

Skrede et al. (1992) zeigte zum einen die höhere Stabilität eines schwarzen Johannisbeersaftkonzentrats im Vergleich zu einem Erdbeersaftkonzentrat bei der Lagerung und zum anderen den Effekt, dass ein Zusatz eines Erdbeeranthocyanextrakts zu einem Erdbeersaftkonzentrat bis auf das Niveau des Anthocyan Gehaltes in schwarzem Johannisbeersaftkonzentrat zu einer größeren Stabilität bzw. einer höheren Halbwertszeit der Anthocyane führte. Dieser Effekt war so ausgeprägt, dass eine Stabilität ähnlich der des schwarzen Johannisbeersaftkonzentrats erreicht wurde, was auch Garzon und Wrolstad (2002) beobachteten. Erkenntnisse über die Struktur der hierbei entstehenden Produkte oder mögliche intermolekulare Wechselwirkungen gibt es bisher nicht.

Ein weiterer wichtiger Parameter bei der Farbstabilität von Anthocyanen ist die Wasseraktivität (a_w -Wert). Der Einfluss des a_w -Werts wurde anhand einer Modelllösung aus Glycerin und Wasser untersucht, wobei sich zeigte, dass mit einem höheren a_w -Wert die Stabilität der Anthocyane und somit die Halbwertszeit abnimmt (Kearsley und Rodriguez 1981). Ein ähnlicher Effekt wurde in Erdbeersaft und Erdbeersaftkonzentrat beobachtet (Garzon und Wrolstad 2002).

Prinzipiell können alle hier aufgeführten Effekte eine Rolle spielen und dadurch einen Einfluss auf die Stabilität der Anthocyane ausüben. Dabei haben Anthocyankonzentration und die Temperatur während der Verarbeitung und Lagerung wahrscheinlich den größten Einfluss auf die Stabilität. Ein niedriger a_w -Wert in einem Fruchtsaftkonzentrat im Vergleich zu dem entsprechenden Saft führt nicht zwangsläufig zu einem farbstabileren Produkt, wie anhand von Erdbeersäften gezeigt wurde (Garzon und Wrolstad 2002). Es spielen weitere

Faktoren wie die Hitzeeinwirkung während der Konzentratherstellung und die Anthocyanzusammensetzung eine Rolle.

1.2.3 Chemische Reaktionen von Anthocyanen mit anderen Inhaltsstoffen

Anthocyane gehen eine Vielzahl von Reaktionen und Wechselwirkungen mit Matrixkomponenten ein (Garzon und Wrolstad 2002). Anthocyane in Modelllösungen wiesen eine größere Stabilität als in der Saft- oder Konzentrat-Matrix auf.

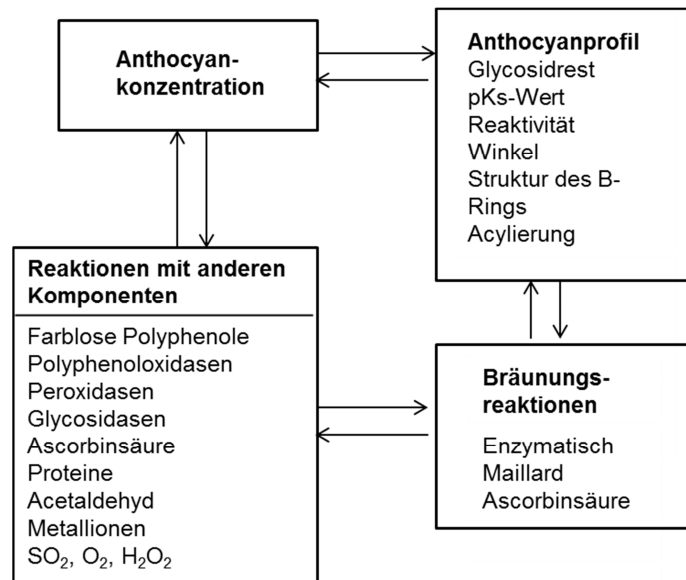


Abbildung 12: Übersicht über die wichtigsten Wechselwirkungen von Anthocyanen (Wrolstad 2000).

Die wichtigsten Komponenten, die einen Einfluss auf die Anthocyanstabilität haben, zeigt Abbildung 12. Die Komplexbildung von Anthocyanen mit dreiwertigen Metallionen führt zu einer Intensivierung der Farbe und zu einer erhöhten Stabilität der Anthocyane (Wrolstad 2000, Mazza und Miniati 1993).

Pyranoanthocyane, die auch als Vitisine bezeichnet werden, konnten zuerst in Rotwein nachgewiesen werden und entstehen vermutlich durch eine Cycloaddition des 4-Vinylphenols und des entsprechenden Anthocyans (Fulcrand et al. 1998). Weiterhin wurde die Bildung des Vitisin A aus Malvidin-3-glucosid und Pyruvat gezeigt (Bakker und Timberlake 1997).

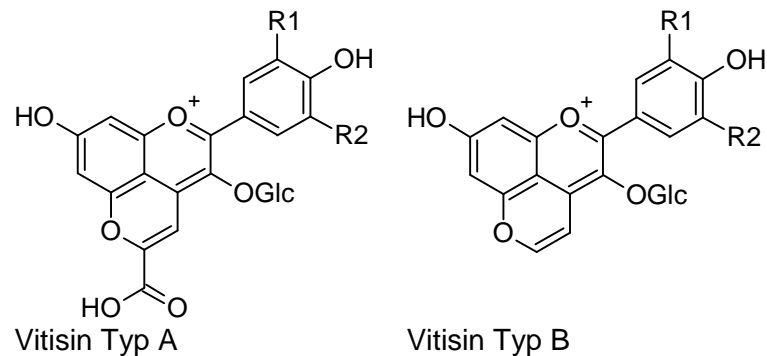
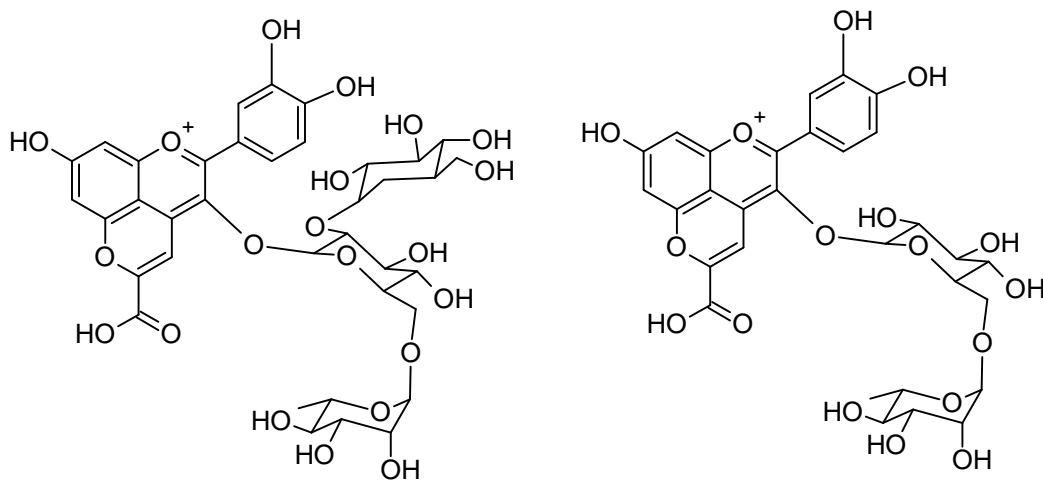


Abbildung 13: Struktur von Vitisine A und B (Bakker und Timberlake 1997, Fulcrand et al. 1998)

Die entstehenden Pyranoanthocyane weisen eine größere Stabilität auf, insbesondere bei höheren pH-Werten und bei SO₂-Zugabe (Bakker und Timberlake 1997, Fulcrand et al. 1998). Pyranoanthocyane konnten nicht nur in Rotwein sondern unter anderem auch in Kirschsafte (Bonerz et al. 2007) oder in Erdbeersafte (Hofmann D. 2012) nachgewiesen werden. Abbildung 14 zeigt zwei Pyranoanthocyane die von Bonerz et al. (2007) und Rentzsch et al. (2007) in Sauerkirschsafte nachgewiesen werden konnten. Schwarz et al. (2003a) waren in der Lage das sogenannte Pinotin A, ein Malvidin-3-glucosid, was mit 4-Vinylphenol substituiert ist, zu isolieren. Hierdurch zeigte sich ein neuer Bildungsweg für Pyranoanthocyane. Bisher war man der Annahme, dass ausschließlich enzymatisch decarboxylierte Hydroxyzimtsäuren mit Anthocyanen zu Pyranoanthocyanen reagieren können. Schwarz et al. (2003b) wies jedoch die direkte Bildung von Pyranoanthocyanen aus Hydroxyzimtsäuren und Anthocyanen nach. Dieser Bildungsweg kommt auch für die Entstehung von Pyranoanthocyanen in Buntsäften in Frage (Rentzsch et al. 2007). Anthocyane sind in der Lage ABTS- und Peroxidradikale zu reduzieren, wobei sich zeigte, dass die Pyranoanthocyane geringere antioxidative Eigenschaften aufwiesen als die entsprechenden Anthocyane (García-Alonso et al. 2004).

Anthocyane können auch mit farblosen Polyphenolen, insbesondere Flavanoide und Phenolcarbonsäuren, Verbindungen eingehen, was als Copigmentierung bezeichnet wird (Mazza und Brouillard 1990, Talcott et al. 2003, Bąkowska et al. 2003). Hierbei werden allgemein kovalente Bindungen zwischen Anthocyan und Copigment und intermolekulare Wechselwirkungen durch π-Elektronen unterschieden (Mazza und Brouillard 1990). Copigmentierungsreaktionen und die Stabilität der Komplexe sind insbesondere abhängig vom pH-Wert, der Konzentration der Copigmente im Verhältnis zum Anthocyan Gehalt, UV-Strahlung, der Temperatur und der chemischen Struktur. Die Untersuchungen erfolgten in Modelllösungen. Es zeigte sich, dass mit zunehmender Methoxylierung und Glycosilierung der Anthocyane und einem größeren Überschuss an Copigmenten der Copigmentierungseffekt zunimmt (Mazza und Brouillard 1990). Zudem wurde ein pH-Wert

Optimum von 3,5 für den Copigmentierungseffekt beobachtet (Bąkowska et al. 2003). Dabei destabilisierte UV-Strahlung den Copigmentierungskomplex stärker als eine Temperatureinwirkung von 80 °C.



5-Carboxy-pyranoanthocyanidin 3-O-(2G-glucosylrutinosid

5-Carboxy-pyranoanthocyanidin 3-O-rutinosid

Abbildung 14: Strukturen von 5-Carboxy-pyranoanthocyanidin-3-O-(2G-glucosylrutinosid und 5-Carboxy-pyranoanthocyanidin 3-O-rutinosid in Sauerkirschsafte

Hofmann D. (2012) zeigte den bedeutenden Einfluss der Wechselwirkung von Polysacchariden und Anthocyanen. Bei dieser Wechselwirkung könnte es sich um Van-der-Waals-Kräfte handeln, die jedoch nicht zu einer Stabilisierung der Anthocyane in Fruchtsäften beitragen. Es konnten jedoch Farbverluste bei Zugabe von fruchteigenen Kolloiden in Erdbeersafte beobachtet werden. Möglicherweise kommt es zudem zu einer Selbst-Mikroverkapselung von langkettigen Pektinen und Anthocyanen (Hofmann D. 2012).

1.3 Apfelsafte

Als weltweiter Spitzenreiter im Fruchtsaftekonsum lag der pro Kopf Verbrauch an Fruchtsafte in Deutschland bei 33 Litern im Jahr 2013 (Verband der deutschen Fruchtsafteindustrie e.V. Bonn 2013). Apfelsafte war 2013 mit 8,4 Litern Verbrauch pro Kopf der beliebteste Fruchtsafte (Verband der deutschen Fruchtsafteindustrie e.V. Bonn 2013).

Eine wichtige Quelle für die Aufnahme von antioxidativ wirksamen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen stellen Fruchtsäfte dar, wobei der naturtrübe Apfelsafte gegenüber dem klaren Saft größere antioxidative Eigenschaften besitzt (Thielen Christine 2006, Rechner Andreas 2000). Fruchtsafte bietet den Vorteil des einfachen Konsums und der Jahreszeiten-unabhängigen Verfügbarkeit. Die nationale Verordnung über Fruchtsafte, einige ähnliche Erzeugnisse, Fruchtnektar und koffeinhaltige Erfrischungsgetränke vom 24. Mai 2004 (FrSaftErfrischGetrV) legt hierbei die Anforderungen an die verschiedenen Produkte Fruchtsafte, Nektar und Fruchtsaftegetränke fest. Regelungen über die Deklaration und

insbesondere Werbeaussagen werden in der EU-Verordnung über Nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel (2006/1924/EG, sogenannte EU-Health-Claims-Verordnung), in der Los-Kennzeichnungs- und der Lebensmittelinformations-Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 getroffen. Fruchtsaft wird entweder direkt aus Frischobst als Direktsaft gewonnen oder aus Halbfabrikaten, wie Fruchtsaftkonzentraten oder pulpehaltigem Fruchtmarm oder Fruchtmarmkonzentraten. Die Herstellung von Fruchtsaft aus Konzentrat bringt den Vorteil des günstigeren Transports und der mikrobiellen und chemischen Stabilität mit sich. Ein Zusatz an Zucker, Farbstoffen und Konservierungsstoffen ist nach der FrSaftErfrischGetrV unzulässig. Jedoch bestehen für das Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) keine expliziten Vorgaben. In der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 vom 25.10.2011 ist das MHD eines Lebensmittels definiert als „das Datum, bis zu dem dieses Lebensmittel bei richtiger Aufbewahrung seine spezifischen Eigenschaften behält“. Der Inverkehrbringer z. B. eines Apfelsaftes ist somit verantwortlich für die richtige Festlegung des MHD. Für die Entwicklung eines neuen Getränks spielt aus diesem Grund die Bestimmung eines Mindesthaltbarkeitsdatums eine wichtige Rolle.

Bei der Herstellung von Apfelsäften kommen verschiedenste Techniken zum Einsatz. Zunächst einmal erfolgt das Verlesen und Waschen der Äpfel in der Regel mit Hilfe eines Schwemmkanals. Durch mechanische Zerkleinerung in Obstmühlen wird die Maische, die gemahlene, aufgeschlossene Äpfel gewonnen. Vor dem eigentlichen Pressen wird meistens ein pektolytisch wirksames Enzym zugesetzt (bei ungefähr 50 °C), welches die Pressausbeute erhöht und die Viskosität reduziert. Bei der mechanischen Zerkleinerung der Äpfel kommen in der Regel Rätzmühlen, aber auch Schleuderfräsen und Hammermühlen zum Einsatz. Der anschließende Pressvorgang kann mittels Packpressen, Vertikal – oder hydraulischen Horizontal-Korbpressen, insbesondere Bucher-HP-Pressen, pneumatischen Horizontal-Korbpressen, Schraubpressen und Bandpressen erfolgen. Weitere Möglichkeiten der Saftgewinnung sind Zentrifugieren (Dekantieren), Vakuumfiltration und Extraktion. Zur Herstellung von klaren Säften werden die enthaltenen Trübstoffe durch Schönungsmittel entfernt. Hierbei kommen Gelatine, Kieselsol/Gelatine, Tannin-Gelatine oder Bentonit zum Einsatz. Seit 2014 ist auch das Klären mit Pflanzenproteinen (Erbsen- und Kartoffelprotein) zugelassen. Das Klären der Säfte wird durch die mechanischen Verfahren der Separation oder Filtration durchgeführt, wobei die grobdispersen Trübstoffe mechanisch entfernt werden. Für die Herstellung von Apfelsaftkonzentraten wird zum größten Teil die thermische Konzentrierung mit Aromagewinnung eingesetzt. Es werden Röhren-, Platten-, Dünnschichtverdampfer, Schleuderkegelverdampfer oder Zentrifugalverdampfer eingesetzt. Bei der Rückverdünnung des Saftes aus dem gewonnenen Saftkonzentrat werden die kondensierten Aromastoffe wieder zugegeben. Es wird unterschieden zwischen der Abfüllung in Flaschen, der kaltsterilen Abfüllung (Sterilfiltration) bzw. Hochtemperatur-

Kurzzeit-Erhitzung (KZE (Kurzeiterhitzung), HST-Verfahren (High-Temperature-Short-Time) mit Rückkühlung, Heißabfüllung, Flaschenpasteurisation und dem Abfüllen in Kunststoffflaschen oder Weichpackungen (Schobinger 2001).

1.3.1 Allgemeine wertgebende Inhaltsstoffe im Apfelsaft

Im Folgenden sind einige Werte der *Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union (AIJN)* für Apfelsaft aufgeführt, wobei die A-Parameter absolute Vorgaben sind, die die Qualität des Saftes betreffen (siehe Tabelle 2). Die unter B aufgeführten Parameter sind relevant in Hinsicht auf die Authentizität des Saftes und liefern Hinweise auf mögliche Verfälschungen und einen Zuckerzusatz, wie z.B. das Glucose-Fruktose-Verhältnis. Der Gesamtsäuregehalt hängt stark von der Sorte ab und darf abweichen. Hinweise für einen mikrobiellen Verderb des Saftes liefern unter Anderem der Gehalt an flüchtiger Säure und Ethanol. Eine sensorische Studie in Norwegen und Spanien von Rødbotten et al. (2009) zeigte allgemeine Tendenzen und Vorlieben bezüglich des Zucker- und Säuregehaltes eines Apfelsaftes. Die Mehrheit bevorzugte einen süßen Saft. Bezüglich des Säuregehaltes war die Anzahl derjenigen die den sauersten Apfelsaft bevorzugten genauso groß wie die Zahl der Probanden die den säureärmsten Saft bevorzugten.

Einleitung

Tabelle 2: Übersicht über die bedeutendsten Richtwerte des AIJN für Apfelsaft.

A-Parameter		B-Parameter	
Direktsaft		Titrierbare Säure [g/L] ber. als Citronensäure bei pH 8,1	2,2-7,5
rel. Dichte	min. 1,040	Citronensäure [mg/L]	50-150
°Brix	min. 10	L-Äpfelsäure [g/L]	min. 3
Saft aus Konzentrat		Asche [g/L]	1,9-3,5
rel. Dichte	1,045	Natrium [mg/L]	max. 30
Brix	11,2	Kalium [mg/L]	900-1500
flüchtige Säure [g/L]	max. 0,4	Magnesium [mg/L]	40-75
Ethanol [g/L]	max. 3,0	Calcium [mg/L]	30-120
		Gesamtphosphor [mg/L]	40-75
		Nitrat [mg/L]	max. 5
		Sulfat [mg/L]	max. 150
		Glucose [g/L]	15-35
		Fructose [g/L]	45-85
		Glucose/Fructose-Verhältnis [g/L]	0,3-0,5
		Saccharose [g/L]	5 bis 30
		Zuckerfreier Extrakt [g/L]	18-29
		Sorbitol [g/L]	2,5-7

1.3.2 Die wichtigsten Polyphenole im Apfel

Die wichtigsten Hydroxyzimtsäuren in weißfleischigen Äpfeln und handelsüblichem Apfelsaft sind die Chlorogensäure (5-Caffeoyl-L-(-)-chinasäure, Abbildung 15), die Kryptochlorogensäure (4-Caffeoyl-L-(-)-chinasäure), 4-Coumaroyl-chinasäure (Abbildung 15), 5-Coumaroyl-chinasäure und 3-Coumaroyl-chinasäure, sowie Caffeoylglucose, Coumaroylglucose und Feruloylglucose. In kleineren Mengen finden sich auch p-Coumarsäure und Kaffeesäure (Risch und Herrmann 1988; Nicolas et al. 1994, Ritter 1994).

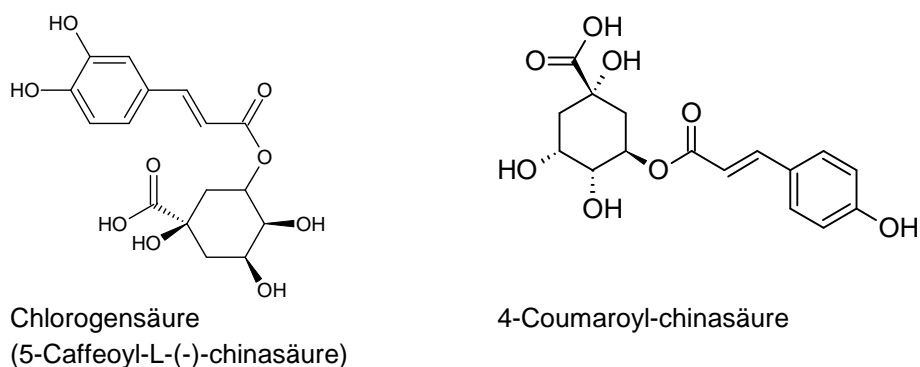


Abbildung 15: Die wichtigsten Phenolcarbonsäuren im Apfel.

Die wichtigsten Flavonole im Apfel sind die Quercetine: Quercetin-3-galaktosid, Quercetin-3-glucosid, Quercetin-3-rutinosid, Quercetin-3-arabinosid, Quercetin-3-rhamnosid und Quercetin-3-xylosid. Diese bilden ein für Apfelsaft charakteristisches Muster (Wald und Galensa 1989).

Dihydrochalcone kommen in Früchten nur bei wenigen Familien vor, aus diesem Grund sind Phloretinxyloglucosid und Phloridzin charakteristisch für Äpfel und können auch zum Nachweis von Apfelprodukten herangezogen werden (Wald und Galensa 1988, Abbildung 16).

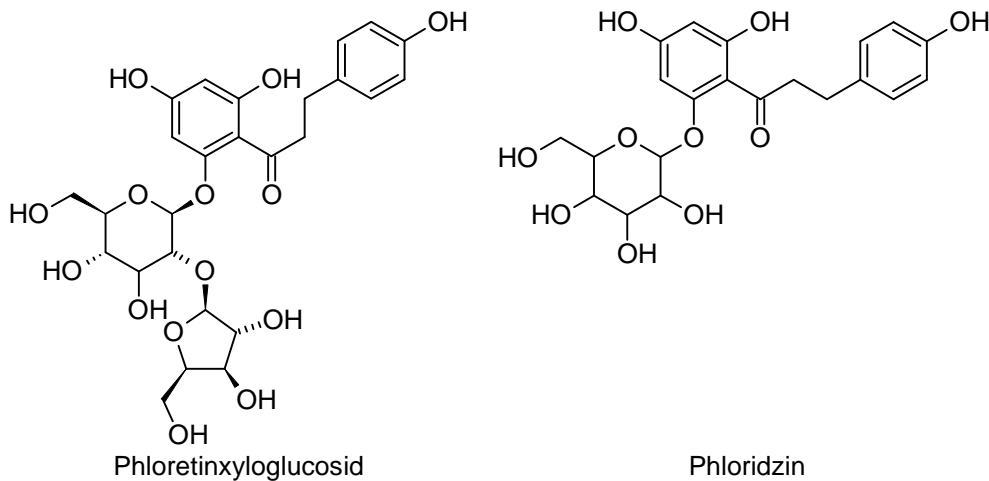


Abbildung 16: Die wichtigsten Dihydrochalkone in Äpfeln (Wald und Galensa 1988).

Die bedeutendsten Flavan-3-ole im Apfel sind das (+)-Catechin und das (-)-Epicatechin (Abbildung 7), wobei die Epicatechingehalte in der Regel größer sind als die Catechingehalte (Khanizadeh et al. 2008). Durch Kondensationsreaktionen kommt es zur Bildung von dimeren, oligomeren und polymeren Proanthocyanidinen. Die bedeutendsten sind das Procyanidin B1 und B2 (Abbildung 17). Der Procyanidingehalt stellt ca. 60 % des Polyphenolgehaltes in Äpfeln dar (Khanizadeh et al. 2008, Guyot et al. 1998).

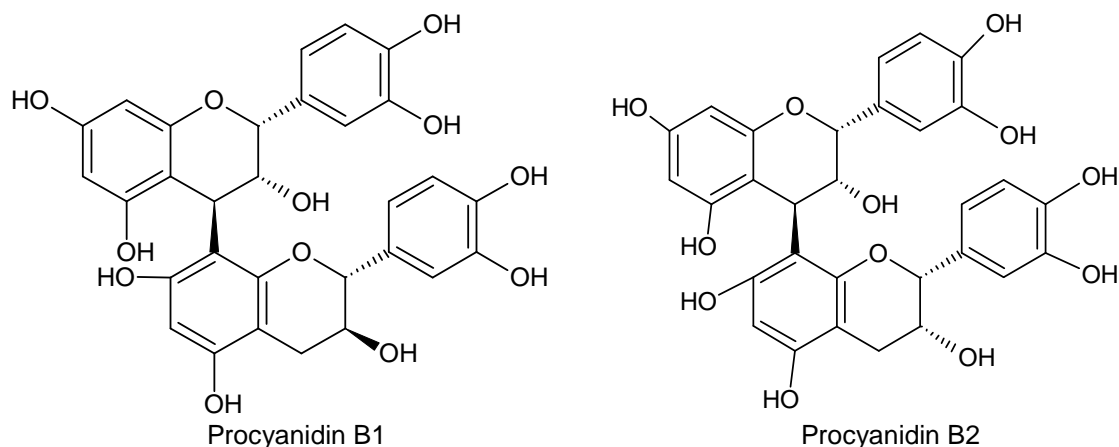


Abbildung 17: Strukturformeln von Procyanidin B1 und B2.

Timberlake und Bridle (1971) wiesen in der roten Schale einiger Apfelsorten die Anthocyane Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal) und die NebenkompONENTEN Cyanidin-3-glucosid (Cy-3-gluc), Cyanidin-3-arabinosid (Cy-3-ara) und Cyanidin-3-xylosid (Cy-3-xyl), sowie die acylierten Derivate aller Glycoside nach. Das Cy-3-gal wurde hingegen ausschließlich in der Schale roter Äpfel nachgewiesen (Tsao et al. 2003).

1.3.3 Aromastoffe im Apfel und Apfelsaft

Fuhrmann (1998) untersuchte das Aroma von weißfleischigen Äpfeln in Abhängigkeit von der Sorte. Hierbei zeigten sich Hexyl –und Butylacetat, Hexanal, Ethyl-2-methylbutanoat, Ethylbutanoat, (E)- β -Damascon, (E)- β -Damascon, (Z)-2-Nonenal und Linalool als die bedeutendsten AromakompONENTEN der Apfelsorte „Elstar“. Methyl-2-methylbutanoat, Hexanal, (Z)-3-Hexenal, Ethylbutanoat, Ethyl-2-methylbutanoat, Hexylacetat, 2-Methylbutylacetat, Butylacetat, (E)- β -Damascon, 1-Octen-3-on, Weinlacton, (Z)-2-Nonenal, Eugenol und Linalool stellen die essentiellsten AromakompONENTEN der Sorte „Cox Orange“ dar (Fuhrmann 1998, Tabelle 3). Es zeigen sich zudem Unterschiede der potenten Aromaverbindungen bei der Aromastoffverdünnungsanalyse von Schale und Fruchtfleisch der Apfelsorte „Cox Orange“: (Z)-2-Decenal, 2,4-(E), (Z)-Nonadienal und (Z)-Rosenoxid dominieren das Schalenaroma (Fuhrmann 1998).

Das Aroma des Apfelsaftes der Sorte „Golden Delicious“ wird vor allem geprägt von den Aromastoffen (E)- β -Damascon, 1-Octen-3-on, Hexanal, (Z)-3-Hexenal, (E)-2-Hexenal, (Z)-1,5-Octadien-3-on, Methional, Linalool, Phenylacetaldehyd und Eugenol. Im Gegensatz zu den AromakompONENTEN von unverarbeiteten Äpfeln weist der Apfelsaft einige durch die thermische Einwirkung der Pasteurisation gebildete Verbindungen auf. Hierzu zählen unter anderem Methional, Methionol, die aus der Maillard Reaktion hervorgehen und 2,3-Diethyl-5-methoxypyrazin, 2-Isobutyl-3-methoxypyrazin sowie 2-Ethyl-3,5-dimethypyrazin (Bogen 2011, Tabelle 4).

Einleitung

Tabelle 3: Übersicht der Aromakomponenten der weißfleischigen Apfelsorten „Elstar“ und „Cox Orange“. Die Identifizierung erfolgte durch einen Vergleich mit Referenzsubstanzen bezüglich des RI-Wertes, der angegebenen Literatur, der FD-Werte und der Massenspektren (entnommen aus Fuhrmann 1998).

Aromakomponente	Aromaeindruck	FD	FD Cox	Literatur
		Elstar	Orange	
Ethyl-2-methylpropanoat	blumig, fruchtig		4	Dirinck et al. 1977
Methyl-2-methylbutanoat	apfelartig	16	4	Flath et al. 1967,
Hexanal/ Z-3-Hexenal	tomatenartig, grün	2	16	Koch und Schiller 1964 Schreier et al. 1978
Ethylbutanoat	fruchtig	2	16	Flath et al. 1967
(S)-Ethyl-2-methylbutanoat	fruchtig, blumig	8	8	Flath et al. 1967
Butylacetat	fruchtig	16	4	Flath et al. 1967
Hexanal	grün	8	2	Koch et al. 1964
2-Methylbutylacetat	süß	8	4	Flath et al. 1967,
Butanol/Z-3-Hexenal/Propyl-2-methylbutanoat	fruchtig, tomatenartig, Apfel	4	16	Koch et al. 1964
d-Limonen	süß, fruchtig			
(E)-2-Hexenal	grün		2	Flath et al. 1967
Hexylacetat	fruchtig	16	2	Flath et al. 1967
1-Octen-3-on	roh, pilzig	4	4	Cunningham et al. 1986
Hexanol	grünfruchtig	4	8	Koch et al. 1964
unbekannt	erdig		4	
(E)-2-Octenal	citrusgrün	4	8	
Essigsäure	Essig	2	8	Schreier et al. 1978
Methional	kartoffelartig	2	4	
(Z)-2-Nonenal	grün, herb, citrus	8	8	
(E)-2-Nonenal	herb, Apfel, grün	4	16	
Linalool	Veilchen, blumig	8	8	Yajima et al. 1984
Buttersäure	schweißig, käseartig	4	16	Drawert et al. 1968
Methionol	kohl, herb	2	4	
(E, E)- α -Farnesen	fruchtig, frisch	2	2	Yajima et al. 1984
unbekannt	Apfel, fruchtig		8	
(E)- β -Damascon	Apfel, schwer	16	4	
(E)- β -Damasconenon	Apfel	256	64	Nursten et al. 1972
(E)-Anethol	Anis		1	Berger et al. 1984
Ethyl-E,Z-2,5-decadienoat	süß, Pfirsich		4	Berger et al. 1984
unbekannt	fruchtig, Pfirsich		8	
4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon	süß, Erdbeere	4		
Eugenol	Anis		8	Berger et al. 1988
Weinlacton	Kokos, süß	2	16	

Einleitung

Tabelle 4: Übersicht über die nachgewiesenen potenten Aromakomponenten mit einem FD-Wert von über 4 und die entsprechenden Aromaeindrücke des Apfelsaftes der weißfleischigen Apfelsorte „Golden Delicious“. Die Identifizierung erfolgte durch einen Vergleich mit Referenzsubstanzen bezüglich des RI-Wertes, der angegebenen Literatur, der FD-Werte und der Massenspektren (entnommen aus Bogen 2011).

Aromastoff	Aromaeindruck	FD-Faktoren
(E)- β -Damascenon	bratapfelartig	≥ 4096
1-Octen-3-on	pilzig	512
Hexanal	nach frisch geschnittenem Gras	128
(Z)-3-Hexenal	nach frisch geschnittenem Gras	64
(E)-2-Hexenal	nach Apfel, marzipanartig	64
(Z)-1,5-Octadien-3-on	geranienartig	64
Methional	nach gekochten Kartoffeln	64
Linalool	blumig	64
Phenylacetaldehyd	honigartig, blütig	64
Eugenol	rauchig, süß, gewürznelkenartig	64
Methionol	brotartig, fettig, kartoffelartig	32
(Z)- β -Damascenon	süß, bratapfelartig	32
2-Phenylethanol	honigartig, blumig	32
trans-4,5-Epoxy-E-2-decenal	metallisch	32
γ -Nonalacton	süß, nach Marzipan	32
(E,E)-2,4-Nonadienal	fettig	32
Diacetyl	nach Butter	16
Methyl-2-methylbutanoat	fruchtig	16
Ethyl-2-methylbutanoat	fruchtig	16
(E)-3-Hexenal	grün, fruchtig	16
2-Isopropyl-3-methoxypyrazin	nach Gemüsepaprika	16
(E)-2-Nonenal	fettig, nach Gurke	16
Buttersäure	käseartig, ranzig	16
2-/3-Methylbuttersäure	käseartig	16
unbekannt	würzig	
Sotolon	würzig	16
Phenyllessigsäure	nach Honig	16
Vanillin	nach Vanille	16
Ethylbutanoat	grün, nach Apfel	8
2-Methylbutylacetat	fruchtig	8
(Z)-4-Heptenal	tranig	8
(E)-2-Hexen-1-ol	fruchtig	8
2,3-Diethyl-5-methoxypyrazin	röstig, erdig, kartoffelartig	8
2-Isobutyl-3-methoxypyrazin	nach Gemüsepaprika	8
(E,Z)-2,6-Nonadienal	nach frischer Gurke	8
Pentansäure	käseartig	8
(E,E)-2,4-Decadienal	fettig	8
unbekannt	erdnussartig	8
(Z)-2-Hexenal	fruchtig, nach grünem Apfel	4
2-Ethyl-3,5-dimethypyrazin	röstig, erdig	4

1.4 Roter Apfelsaft

Der Ursprung von nahezu allen rotfleischigen Sorten liegt in dem Apfel *Malus pumila niedwetzkyana* aus Zentralasien (Nocker et al. 2012). Dieser Apfel hat einen kleinen Durchmesser, ein festes Fruchtfleisch und eine intensiv rote Schale und rotes Fruchtfleisch. Zudem gibt es auch eine kolumnarwüchsige rotfleischige Apfelsorte „Pomfital“, die in Geisenheim gezüchtet wurde und eine Effizienzsteigerung der Apfelernte mit sich bringt. Aufgrund der Säulenwuchsform (kolumnarwüchsig) wird eine maschinelle Ernte möglich, die vergleichbar mit der Vollerntetechnik im Weinbau ist. Eine Übersicht über die Abstammung gibt Abbildung 18.

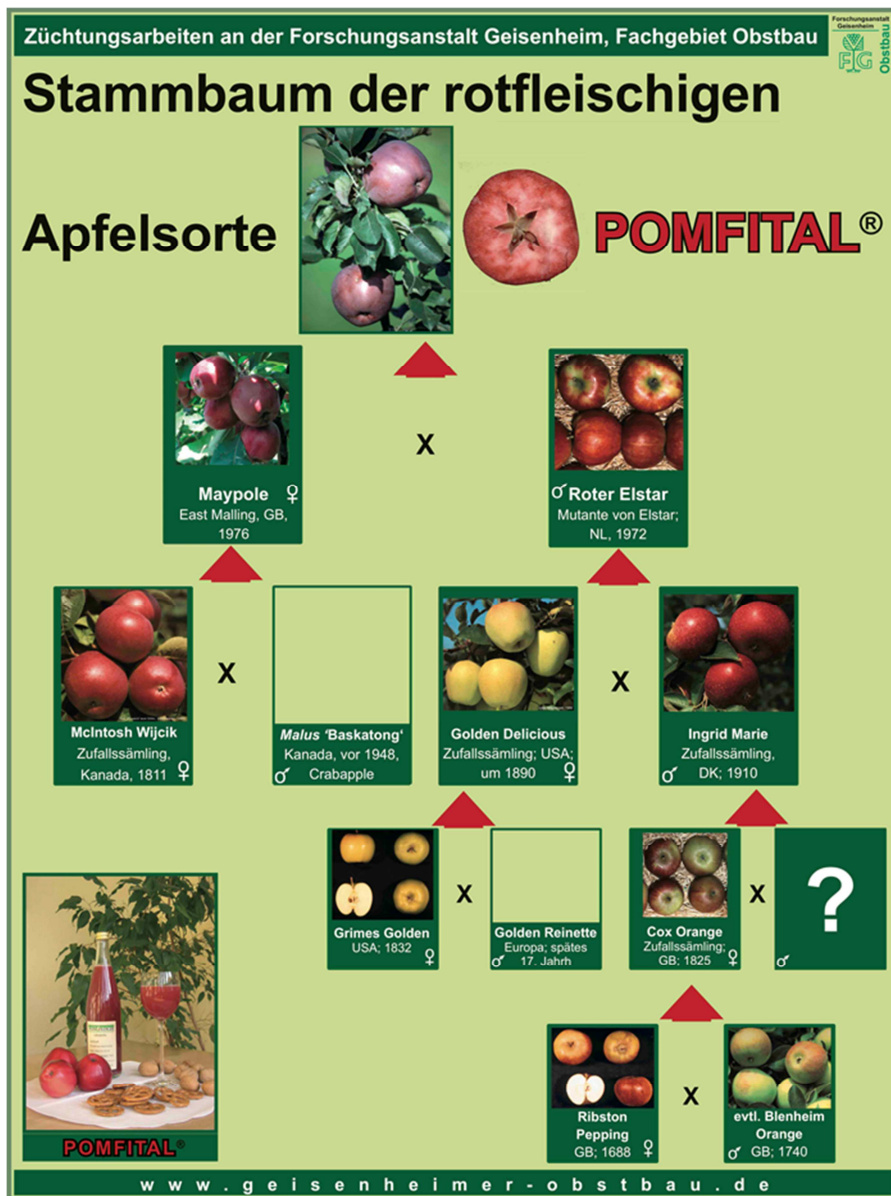


Abbildung 18: Stammbaum der Sorte "Pomfital", Abbildung zur Verfügung gestellt vom Institut für Obstbau Hochschule Geisenheim.

Das Fruchtfleisch von rotfleischigen Äpfeln weist einen hohen Gehalt an Anthocyanen auf. Aufgrund der höheren Extraktionsrate von Anthocyanen aus dem Fruchtfleisch im Vergleich zur Fruchtschale ist der hergestellte Saft reich an Anthocyanen und weist eine intensiv rote Farbe auf, die zwischen den Sorten stark variiert.

Roter Apfelsaft ist bisher den meisten Verbrauchern unbekannt und es gibt keine Statistiken über die Konsummengen. Die am häufigsten angebaute und verarbeitete Sorte ist „Weirouge“, die im Institut für Obstbau der TU München-Weihenstephan entwickelt wurde. Diese wird unter anderem in der Umgebung von Mainz und Hamburg in größeren Mengen kommerziell angebaut. Die Sorte „Baya Marisa“, die ebenfalls in diesem Institut aus der Sorte „Weirouge“ und einem Zuchtklon gezüchtet wurde, soll die Eigenschaften eines Tafelapfels besitzen.

Eine weitere rotfleischige Sorte bzw. Züchtung, die in größeren Mengen angebaut wird und aus der Selektion von französischen rotfleischigen Äpfeln hervorgegangen ist, ist „Maggy“. Diese Sorte wird bisher ausschließlich in Edingen bei Heidelberg angebaut.

Das Institut für Obstbau in Geisenheim führte Kreuzungsversuche der weißfleischigen Sorte „Wellant“ und der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ durch. Bei der Sorte „Wellant“ handelt es sich um eine Neuzüchtung aus den Niederlanden des Obstbauinstituts PRI in Wageningen ((Elstar x CPRO-Selektion) x Elise). Äpfel der Sorte „Wellant“ zeichnen sich durch einen „Rubinette-ähnlichen“, süß-säuerlichen Geschmack und einen sehr hohen Zuckergehalt aus (Verband der Bediensteten für Obstbau, Garten und Landschaft e.V. 2015). Hierbei entstand unter anderem die Züchtung „3-17“, „2-69“ und „3-80“, die in Kapitel 3 bezüglich ihres Anthocyanengehalts und Aromagehalts charakterisiert werden.

1.4.1 Anthocyane in rotfleischigen Äpfeln und rotem Apfelsaft

In den bisher charakterisierten roten Apfelsäften und Extrakten rotfleischiger Äpfel wurden unterschiedliche Anthocyanprofile nachgewiesen (Tabelle 5). Die Mehrzahl der Studien konnte Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal) als Hauptkomponente identifizieren und ausschließlich Cyanidinderivate nachweisen. Balázs et al. (2012) berichtete jedoch auch von einem Malvidin-3-pentosid (Malv-3-pen) und Sadilova et al. (2006) von einem Peonidin-3-pentosid (Peo-3-pen). Im Folgenden wird eine vollständige Übersicht der bisherigen in rotfleischigen Äpfeln und rotem Apfelsaft nachgewiesenen Anthocyane gegeben.

Bei den ersten Untersuchungen zum Gehalt von Polyphenolen und Anthocyanen in rotfleischigen Äpfeln cv. „Scugog“ wurden nach ethanolischer Extraktion Cy-3-gal, Cyanidin-3-glucosid (Cy-3-gluc), Cyanidin-3-arabinosid (Cy-3-ara) und Cyanidin-3-xylosid (Cy-3-xy) nachgewiesen (Mazza und Velioglu 1992). Zudem konnten Catechin, Chlorogensäure, ein

Einleitung

Flavan-3-ol, Phloretinxyloglucosid, Phloridzin, Quercetin-glucosid, Quercetin-arabinosid, Quercetin-rhamnosid und ein unbekanntes Polyphenol detektiert werden (Mazza und Velioglu 1992). Nach methanolischer Extraktion von rotfleischigen Äpfeln der Sorte „Weirouge“ wurden Cy-3-gal, Cy-3-gluc, Cyanidin-pentosid-rhamnosid (Cy-pen-rha), Cy-3-ara, Peo-3-gal, Cy-3-maloyl-gal, 5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (5-Carb-pyr-cy-3-hex), Cy-7-ara, Cy-3-xyl, Cy-pen und Cyanidin nachgewiesen (Sadilova et al. 2006). Dabei konnte der geringe Bräunungsindex, die hohe Farbbrillanz und die große Farbstabilität nicht auf das Anthocyanprofil zurückgeführt werden, sondern auf den stabilisierendem Effekt des hohen Säuregehaltes in der Frucht (Sadilova et al. 2006).

Tabelle 5: Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungen rotfleischiger Äpfel und roter Apfelsäfte auf Anthocyane.

Anthocyane in rotfleischigen Äpfeln	Sorten und Züchtungen der untersuchten rotfleischigen Äpfel	Autor
Cy-3-gal, Cy-3-gluc, Cy-3-ara und Cy-3-xyl	„Scugog“	Mazza und Velioglu 1992
Cy-3-gal, Cy-3-gluc, Cy-pen-rha, Cy-3-ara, Peo-3-gal, Cy-3-maloyl-gal, 5-Carb-py-cy-3-hex, Cy-7-ara, Cy-3-xyl, Cy-pen und Cyanidin	„Weirouge“	Sadilova et al. 2006
Cyanidin-3-O-glucosyl-rutinosid	<i>Malus pumila Niedzwetzkyana</i>	Mulabagal et al. 2007
Cy-3-gal	<i>Malus pumila Niedzwetzkyana</i> , <i>Malus majorensis Formosa</i> „Roberts Crab“ (P1 437057) „Otterson“ (P1 590178) „Red Sauce“ (P1 589087) „Cranberry“ (Pt 589180) „Babine“ (P1 148490) „Okanagan“ (P1 148708) <i>M. Marjorensis Formosa</i> (P1 5 89411) „Form 35(33-01)“ E7-NYAES (Pt 613967) „Redford“ (P1 589056) „Rose Bud“ (P1 589130) „Manito“ (P1 589155) „KAS-9“	Rupasinghe et al. 2010
Cy-3-gal, Cy-3-gluc/rutinosid	2 rotfleischige Sorten des „Plant & Food Research’s breeding programmes“ Neuseeland	Sun-Waterhouse et al. 2011
Cy-3-hex, Malv-3-pen, zwei Cy-3-pen	<i>Malus pumila Niedzwetzkyana</i> , Geneva und einem ungarischen resistenten Hybrid	Balázs et al. 2012
Cy-3-gal, Cy-3-gluc	„Xiahongrou No. 1“, „Hongxun“, „Hongrouguo“ und „Roberts Crab“	Wang et al. 2014
Cy-3-gal, Cyanidin-3-pentosid, ein Anthocyanin/Flavanoladdukt,	Hybridsorte code X4876	Malec et al. 2014

Mulabagal et al. (2007) berichtet hingegen nur von einem Anthocyan in der rotfleischigen Apfelsorte „Niedzwetzkyana“, dem Cyanidin-3-O-glucosyl-rutinosid. Rupasinghe et al. (2010) wies Cy-3-gal als einzige Komponente des Anthocyanprofils in rotem Apfelsaft von insgesamt 14 verschiedenen Sorten nach, die Tabelle 5 zeigt. Der Gehalt an Cy-3-gal im roten Apfelsaft schwankte je nach Herstellungsorte zwischen 0,2 mg/L und 38,9 mg/L im Saft der Sorte „Robert's Crab“. Die mittels Folin-Ciocalteu, FRAP und ORAC ermittelte antioxidative Kapazität lag bei allen roten Apfelsäften höher als bei Säften aus weißfleischigen Äpfeln. Die Qualitätskriterien °Brix und titrierbare Säure unterschieden sich zwischen den normalen Apfelsäften und den roten Apfelsäften nicht signifikant (Rupasinghe et al. 2010).

Sun-Waterhouse et al. 2011 konnten in rotfleischigen Äpfeln des Plant & Food Research's breeding programmes Neuseeland Cy-3-gal als Hauptkomponente des Anthocyanprofils, sowie Cyanidin-3-glucosid/rutinosid und zwei weitere unbekannte Anthocyane nachweisen. Zudem konnten folgende Polyphenole nachgewiesen werden: Gallussäure, Chlorogensäure, Kaffeesäure, Epicatechin, p-Coumarsäure, Phloridzin, Catechin, ein Kaffeesäurederivat und Rutin.

Balázs et al. (2012) wiesen Cyanidin-3-hexosid, Malvidin-3-pentosid und 2 Cyanidin-3-pentoside in der Schale und dem Fruchtfleisch der rotfleischigen Apfelsorten „Niedzwetzkyana“, „Geneva“ und einem ungarischen resistenten Hybrid nach. Zudem wurde in der Schale und dem Fruchtfleisch folgende Polyphenole nachgewiesen: Chlorogensäure, Ferulasäure-hexosid, Coumaroylchinasäure, ein Kaffeesäurederivat, drei Quercetinderivate, Quercetin-hexosid, Quercetin-pentosid, Quercetin-rutinosid, Phloretinxyloglucosid und Phloridzin.

In den rotfleischigen Apfelsorten „Xiahongrou No. 1“, „Hongxun“, „Hongrouguo“ und „Roberts Crab“ konnten Wang et al. (2014) Cy-3-gal und Cy-3-gluc als einzige Anthocyane detektieren. Zudem wurden folgende Polyphenole nachgewiesen: Gallussäure, Syringasäure, Chlorogensäure, Kaffeesäure, p-Coumarsäure, Ferulasäure, Phloridzin, Procyanidin B1 und B2, Catechin, Epicatechin, Quercetin-3-galactosid, Quercetin-3-rutinosid, Quercetin-3-glucosid, Quercetin-3-xylosid, Quercetin-3-arabinosid und Quercetin-3-rhamnosid. Die untersuchten rotfleischigen Apfelsorten zeigten eine größere antioxidative Kapazität als die weißfleischigen Apfelsorten „Gala“ und „Golden Delicious“ (Wang et al. 2014).

Malec et al. (2014) untersuchten nicht nur die Zusammensetzung und die antioxidativen Eigenschaften der Hybridsorte „code X4876“, sondern auch die Lagerstabilität eines Saftes aus dieser Sorte, wobei keine Abbaukinetik der Anthocyane bestimmt wurde. Es wurden die

Anthocyane Cy-3-gal, Cyanidin-3-pentosid, ein Anthocyanin/Flavanoladdukt und 5-Carboxypyranocyanidinglucosid nachgewiesen, wobei das Pyranocyanidin in gleichen Konzentrationen in der Frucht und im Saft quantifiziert wurden. Als weitere Polyphenole wurden Chlorogensäure, Procyanidin B1, B2 und B5, (+)-Catechin, (-)-Epicatechin, 4-Coumaroylchinasäure, ein Flavanol-Trimer und -Tetramer, Quercetin-3-O-galactosid, Quercetin-3-O-glucosid, Quercetin-3-O-arabinosid, Quercetin-3-O-xylosid, Quercetin-3-O-rhamnosid, Phloridzin und Phloretinxyloglucosid nachgewiesen. Die Extraktionsausbeute bei der Herstellung des Saftes betrug 26 % der Anthocyane bezogen auf den Gesamtgehalt. Die Lagerung unter Luftatmosphäre bei 35 °C führte zu einer starken Bräunung und einem Absinken des Anthocyanengehalts um 86 % nach 14 Tagen. Bei der Lagerung unter Argonatmosphäre zeigten die enthaltenen Anthocyane eine größere Stabilität. Der Zusatz von Sulfid, Ascorbinsäure und Kupferionen zeigte fast keinen Effekt bezüglich der Stabilität der Anthocyane.

Die genannten Studien zeigen, dass die Hauptkomponente des Anthocyanprofils das Cy-3-gal darstellt und die Nebenkomponten je nach Sorte variieren können. Unklar bleibt jedoch, ob im Rahmen einiger genannter Studien ausschließlich ein Anthocyan nachgewiesen wurde oder die Nebenkomponten nicht erwähnt wurden. In ihrem Gehalt an farblosen Polyphenolen unterscheiden sich weißfleischige Äpfel laut der genannten Literaturstellen qualitativ nicht von rotfleischigen Äpfeln. Allerdings wird von höheren antioxidativen Kapazitäten in rotfleischigen Äpfeln im Vergleich zu weißfleischigen berichtet.

1.4.2 Aromastoffe in rotem Apfelsaft

Balázs et al. (2012) bestimmten die Aromastoffe in rotfleischigen Apfelsorten. Es konnten die in Tabelle 6 aufgelisteten Aromastoffe detektiert werden. In den Sorten „Geneva“ und „Niedwetzkyana“ wurde das Sesquiterpen α -Farnesen in größeren Mengen nachgewiesen, während aliphatische Esterverbindungen nur in Spuren nachweisbar waren. In der neuen krankheitsresistenten Hybridzüchtung aus Ungarn konnten Hexanol und Hexyl-2-methylbutanoat in größeren Konzentrationen bestimmt werden, während der Gehalt an α -Farnesen geringer war als bei den beiden anderen untersuchten Apfelsorten.

Tabelle 6: Übersicht über die in den rotfleischigen Apfelsorten "Geneva", "Niedwetzyna" und einer ungarischen Hybridzüchtung nachgewiesenen Aromastoffe.

Aromastoffe
Buttersäureethylester
2-Methylbuttersäureethylester
Hexanol
Buttersäure-n-butylester
Hexansäureethylester
2-Methylbuttersäurebutylester
Propionsäurehexylester
Decansäuremethylester
Buttersäurehexylester
Octansäureethylester
2-Methylbutansäurehexylester
Hexansäurehexylester
(E, E)- α -Farnesene
Dendrolasin (3-(4,8-Dimethylnona-3,7-dienyl)-furan)
Octansäurehexylester

2 Zielsetzung

Ziel des Projekts war die Charakterisierung der wertgebenden Inhaltsstoffe und die Untersuchung der Stabilität der Anthocyane im roten Apfelsaft, um eine Grundlage für die Entwicklung von innovativen Fruchtsäften zu schaffen. Dazu wurde ein Sortenscreening von 32 bisher bekannten rotfleischigen Apfelsorten bzw. -züchtungen und ein Vergleich der hieraus hergestellten roten Apfelsäfte mit solchen aus weißfleischigen Äpfeln und einem im Handel erhältlichen roten Apfelsaft der Sorte "Weirouge" durchgeführt. Diese wurden auf ihren Gehalt an Anthocyanen, farblosen Polyphenolen, Zucker, Mineralstoffen, Sorbit und organischen Säuren sowie ihren Aromagehalt analysiert.

Der Gehalt an Anthocyanen in den unterschiedlichen Gewebeteilen der rotfleischigen Äpfel sollte untersucht werden, um mögliche Verluste bei der Verarbeitung minimieren zu können. Die Extraktionsrate der Anthocyane aus dem Fruchtfleisch stand dabei im Vordergrund.

Der Zeitpunkt der Ernte rotfleischiger Äpfel wurde anhand der Sorte „Pomfital“ optimiert. Die in großer Menge zur Verfügung stehende Sorte verfügt über eine hohe antioxidative Kapazität und ein großes züchterisches Potential. Der Anthocyangehalt im Saft sollte von Äpfeln bestimmt werden, die in den Jahren 2009 bis 2013 geerntet wurden. Diese Analyse sollte Hinweise ergeben, inwieweit Klimaverhältnisse bzw. der Jahrgang Einfluss auf den Gehalt an Anthocyanen im Saft haben.

Der Einfluss der Verarbeitung wurde an einem breiten Spektrum an Produkten untersucht, um Optimierungspotentiale aufzuzeigen. Es wurden Fruchtsäfte in verschiedenen Maßstäben, Apfelsaftkonzentrat, Apfelwein, sowie Sekt, Pürees und Smoothies aus rotfleischigen Äpfeln produziert. Für diese Untersuchungen wurde die Sorte „Maggy“ verwendet, da sie nicht nur in ausreichender Menge zur Verfügung stand, sondern auch aufgrund sensorischer und chemisch-analytischer Voruntersuchungen optimale Eigenschaften aufwies. Dazu gehören ein im Vergleich zu anderen roten Apfelsäften niedriger Säuregehalt, ausreichend viel Zucker und ein Gesamtanthocyangehalt von ca. 20 mg/L.

Zur Entwicklung neuer rotfleischiger Apfelsorten mit einem hohen Anthocyangehalt bei einem gleichzeitig niedrigen Säuregehalt sollte eine Kreuzungspopulation aus der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ auf ihren Gehalt an Anthocyanen, der antioxidativen Eigenschaften, sowie dem Zucker –und Säuregehalt untersucht werden. Hierzu wurden 75 rotfleischige Nachkommen der Kreuzungspopulation ausgesucht.

Da die meisten rotfleischigen Apfelsorten ein relativ schwach ausgeprägtes Aroma besitzen, sollte der Gehalt an Aromastoffen und die Zusammensetzung des Aromaprofils in Säften der

bestehenden Sorten und Züchtungen verglichen werden mit den Aromen des aus einer Kreuzungspopulation gewonnenen Safts. Dieser Vergleich sollte eine mögliche Optimierung der Aromatizität aufzeigen.

Zudem sollten auch die Unterschiede der Methoden HS-GC-MS, Wasserdampfextraktion und GC-MS und der SAFE-Extraktion und GC-MS gezeigt werden, um Unterschiede im Aromaprofil zu weißfleischigen Apfelsorten analysieren bzw. verifizieren zu können.

Zur Entwicklung eines neuen Fruchtsaftes sind die sensorischen Eigenschaften von großer Bedeutung und stellen ein wichtiges Kaufargument für den Verbraucher dar. Aufgrund dessen sollten die sensorischen Eigenschaften der Sorten und Züchtungen der Erntejahre 2010 bis 2013 und die verfügbaren Handelsprodukte aus Südtirol und den Niederlanden aus der Sorte „Weirouge“ untersucht werden.

Um die Stabilität des Anthocyangehalts über einen gewissen Zeitraum zu ermitteln, sollten Lagerversuche durchgeführt werden. Hierbei sollten die Einflüsse der Lagerung auf die sensorischen Eigenschaften, die Farbe und somit auf den Gehalt an Anthocyanen, die antioxidative Kapazität und weiterer wertgebender Inhaltstoffe untersucht werden. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war, ein realistisches Mindesthaltbarkeitsdatum auf den Grundlagen der Bestimmung der Abbaukinetik der Anthocyane in rotem Apfelsaft in Verbindung mit den sensorischen Analysen zu bestimmen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Anthocyanprofile der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“, der Sorte „Weirouge“ und der Kreuzung 3-17 aus „Pomfital“ und „Wellant“

Die Sorte „Weirouge“ und die Züchtung „Maggy“ sind bisher die einzigen rotfleischigen Sorten die in größeren Mengen angebaut werden und zu Saft und anderen Produkten verarbeitet werden, wie z.B. „Weirouge“ in Laas/Südtirol (Kandlwahnhof Luggin), Edingen (Obstbau Schneider) und in Mainz (Obstbau Schmitt) und „Maggy“ nur in Edingen (Obstbau Schneider). Aus diesem Grund werden die Anthocyanprofile dieser Sorten detailliert im Folgenden dargestellt. Zusammen mit der Züchtung „Maggy“ werden zudem nahezu alle im roten Apfelsaft nachgewiesenen Anthocyane erfasst. Roter Apfelsaft der Kreuzung „3-17“ wies einen 4-fach höheren Gehalt an Anthocyanen auf als der Saft der Elternsorte „Pomfital“ und der beiden oben genannten Sorten.

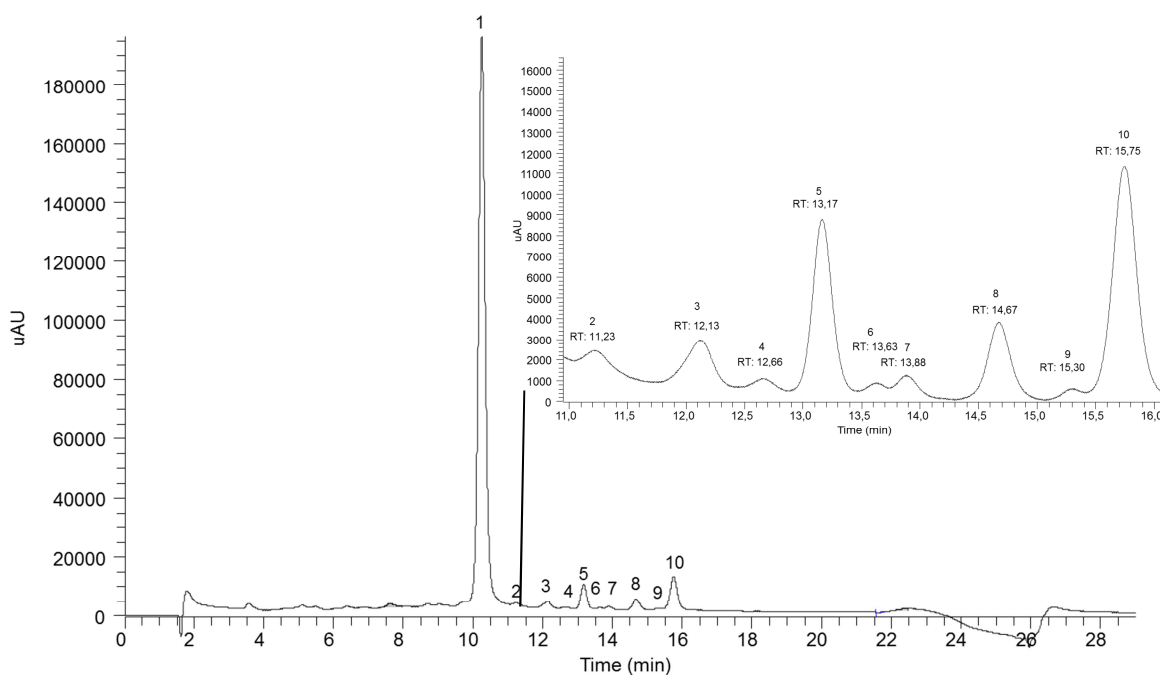


Abbildung 19: Chromatogramm des Saftes der Züchtung "Maggy", angebaut in Edingen/Heidelberg, Ernte 2010, zu Beginn der Lagerung, Lagerversuch 2010-2011 und Ausschnitt des Chromatogramms mit den Nebenkomponenten. Die Peakidentitäten sind in Tabelle 7 aufgeführt. Nach Membranfiltration erfolgte die Direktinjektion und Messung mittels LC-MS/MS. Die x-Achse stellt die Laufzeit dar, bei der die jeweilige Verbindung im Chromatogramm zu sehen ist. Die y-Achse stellt die Absorption der jeweiligen Verbindung im Chromatogramm bei 517 nm dar.

Zur Charakterisierung der Anthocyane in rotem Apfelsaft der Sorte „Maggy“, „Weirouge“ und der Kreuzung „3-17“ wurden LC-MS/MS Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen für

Ergebnisse und Diskussion

die Züchtung „Maggy“ zehn verschiedene Anthocyane, deren Struktur bis auf zwei Fälle mittels Spektrenvergleich aufgeklärt werden konnte. Zusätzlich wurde ein Retentionszeitenvergleich mit Literaturdaten und Standardaddition durchgeführt.

Das Anthocyanprofil setzt sich aus dem Hauptanthocyan Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal) und den Nebenkomponenten Cyanidin-3-glucosid (Cy-3-gluc), Cyanidin-3-arabinosid (Cy-3-ara), 5-Carboxypyranocyanidin-3-galactosid (5-Carb-pyr-cy-3-gal), 5-Carboxypyranocyanidin-3-glucosid (5-Carb-pyr-cy-3-gluc), Carboxypyranocyanidin-3-pentosid (5-Carb-pyr-cy-3-pen), Cyanidin-7-arabinosid (Cy-7-ara), Cyanidin-3-xylosid (Cy-3-xyl) und zwei unbekanntem Anthocyanen zusammen (Abbildung 19). Bei dem Hauptanthocyan handelt es sich um Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal, Abbildung 20), welches durch Standardaddition verifiziert wurde.

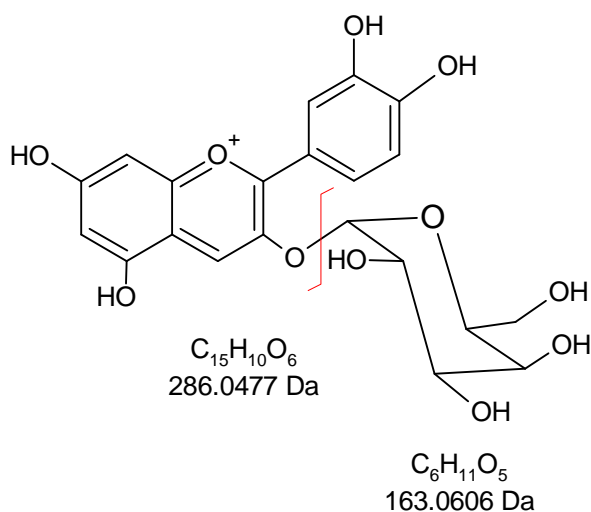


Abbildung 20: Fragmentierung von Cy-3-gal

Tabelle 7: HPLC-DAD und Massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Züchtung „Maggy“ zu Beginn der Lagerung, Lagerversuch 2010-2011.

Peak Nr.	Rt [min]	Verbindung	m/z Molekül	m/z Fragmente	Absorptionsmaximum [nm]
1	10,2	Cy-3-gal	449	287	514
2	11,2	Cy-3-gluc	449	287	514
3	12,1	Cy-3-ara	419	287	516
4	12,7	unbekannt			517
5	13,2	5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (gal)	517	355	503
6	13,6	5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (gluc)	517	355	503
7	13,9	5-Carboxypyranocyanidin-3-pentosid	487	355	507
8	14,7	Cy-7- ara	419	287	516
9	15,3	unbekannt	569	437	515
10	15,7	Cy-3-xyl	419	287	517

Zwei unbekannte Anthocyane wurden nachgewiesen. Das erste der beiden mit der Retentionszeit (Rt) 12,7 min in diesem Lauf weist ein Absorptionsmaximum von 517 nm auf. Massen konnten aufgrund von Matrixeffekten und der geringen Signalintensität nicht detektiert werden. Das zweite unbekannte Anthocyan mit dem Absorptionsmaximum von 515 nm weist eine Molekülmasse von 569 m/z und dem Fragment 437 m/z auf. Des Weiteren wurden drei verschiedene Carb-pyr-cy nachgewiesen. Die ersten beiden Carb-pyr-cy weisen identische m/z-Verhältnisse auf, mit einem Molekülpeak von 517 m/z und dem Fragment 355 m/z.

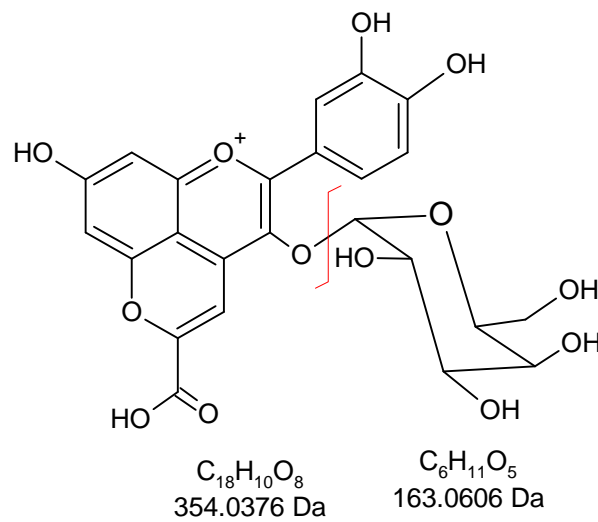


Abbildung 21: Fragmentierung von 5-Carb-py-cy-3-gal.

Abbildung 21 zeigt die einzelnen Fragmente des 5-Carb-py-cy-3-gal. Die Vermutung, dass es sich um das entsprechende –galactosid handelt liegt nahe, da das Hauptanthocyan Cy-3-gal unter Beteiligung von Pyruvat vermutlich zu 5-Carb-py-cy-3-gal während der Verarbeitung reagiert. 5-Carb-py-cy-3-pen mit m/z von 487 und dem Fragment 355, bei dem es sich wiederum um das 5-Carb-py-cy-Aglycon im protonierten Zustand handelt, wurde ebenfalls nachgewiesen.

Im roten Apfelsaft der Sorte „Weirouge“ konnten neun Anthocyane unter Zuhilfenahme der UV-Spektren, der Molekülpeaks und Fragmente, sowie dem Vergleich mit Literaturdaten identifiziert werden (Abbildung 22). Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal, Nr. 1) bildet ebenfalls die Hauptkomponente des Anthocyanprofiles mit der Molekülmasse von 449 m/z und dem Fragment des Cyanidinaglycons von 287 m/z, sowie einem Absorptionsmaximum bei 516 nm (Tabelle 8).

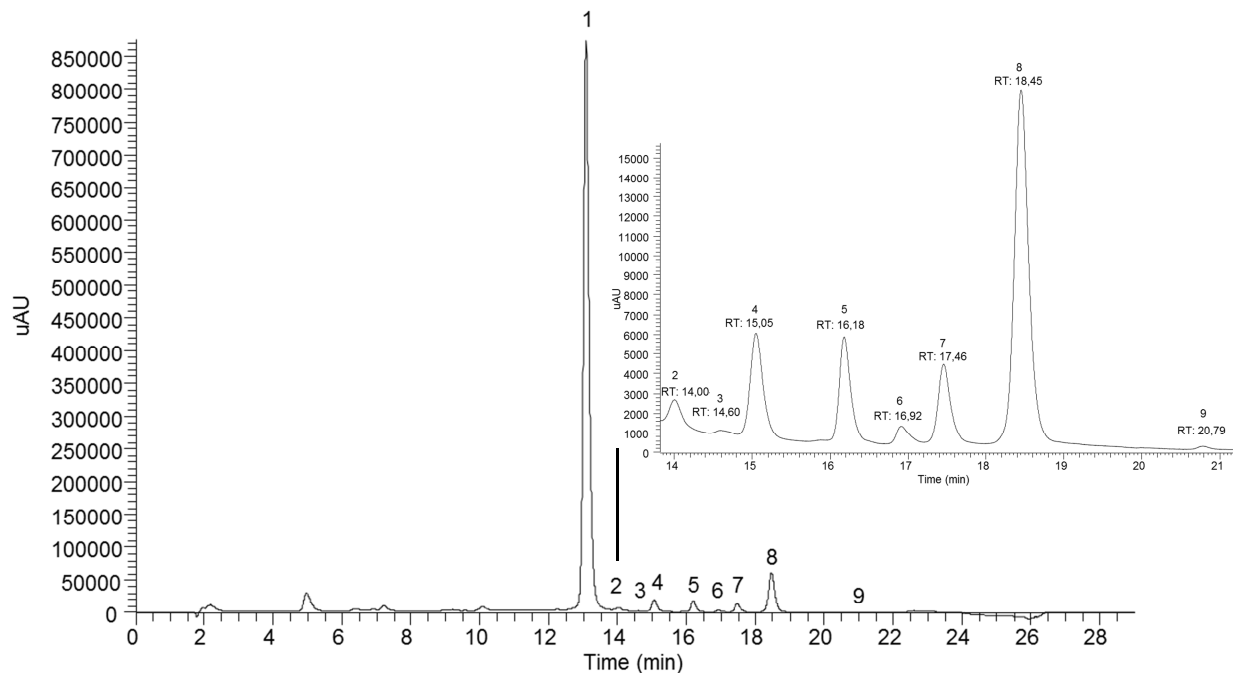


Abbildung 22: Chromatogramm des Saftes der Sorte "Weirouge", angebaut in Mainz, Ernte 2013 und Ausschnitt der Nebenkompenten des Anthocyanprofils. Die Peakidentitäten sind in Tabelle 8 aufgeführt und die einzelnen Peaks von Nr. 1 bis Nr. 9 nummeriert.

Einen Ausschnitt des Gesamtchromatogramms zeigt die Abbildung 22, in dem die Peaks Nr. 2 bis Nr. 9 zu sehen sind. Bei dem 2. Peak handelt es sich um Cy-3-gluc mit der Molekülmasse 449 m/z, dem Fragment 287 m/z und dem Absorptionsmaximum bei 515 nm, sowie der Rt von 14,00 min. Der Peak Nr. 3 mit der Rt 14,6 min konnte als ein Cyanidin-3-pentosid, anhand der Retentionszeit und der Molekülmasse von 419 m/z, dem Fragment von 287 m/z und dem Absorptionsmaximum von 517 nm identifiziert werden. Cy-3-ara (Nr. 4, Abbildung 22) mit der Molekülmasse 419 m/z, dem Fragment 287 m/z und dem Absorptionsmaximum bei 516 nm konnte bei der Rt 15,05 min detektiert werden. 5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (5-Carb-pyr-cy-3-hex, Peak-Nr. 5), wobei es sich vermutlich um das entsprechende –galactosid handelt, konnte anhand der Rt von 16,18 min, der Molekülmasse von 517 m/z, dem Fragment von 355 m/z und dem Absorptionsmaximum von 503 nm identifiziert werden. Mit der Rt von 16,92 min, der Molekülmasse 607 m/z, dem Fragment 291 und dem Absorptionsmaximum bei 507 nm wurde ein unbekanntes Anthocyan detektiert (Peak-Nr. 6). Cy-7-ara (Peak-Nr. 7) konnte bei der Rt von 17,46 min, dem Molekülion mit der Masse 419 m/z, dem Fragment 287 m/z und dem Absorptionsmaximum bei 516 nm nachgewiesen werden. Die zweitgrößte Komponente des Anthocyanprofils stellt das Cy-3-xyl dar (Peak-Nr. 8). Anhand der Rt von 18,45 min, dem Molekülion mit der Masse 419 m/z, dem Fragment von 287 m/z und dem Absorptionsmaximum von 517 nm konnte dieses identifiziert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Rt von 20,79 min (Peak Nr. 9) konnte ein weiteres unbekanntes Anthocyan im Saft von „Weirouge“ nachgewiesen werden. Allerdings konnte nur eine Molekülmasse von 449 m/z detektiert werden. Für ein aussagekräftiges UV-Spektrum sowie die Detektion von Fragmentationen war das Messsignal nicht ausreichend.

Zusammenfassend ließen sich neun Anthocyane nachweisen (Tabelle 8). Im Gegensatz dazu wiesen Sadilova et al. (2006) elf verschiedene Anthocyane nach, wobei der Unterschied möglicherweise auf der Extraktion mittels Methanol beruhen könnte. Verarbeitung und Mahlen der Früchte für die Safftherstellung führen zu einer Freisetzung von Polyphenoloxidasen und zu einem Sauerstoffeintrag. Die einsetzenden Oxidationsprozesse und der Verbleib von Polyphenolen im Trester sind eine mögliche Erklärung für die geringere Extraktionsrate.

Tabelle 8: HPLC-DAD und massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Sorte "Weirouge".

Peak Nr.	Rt [min]	Verbindung	m/z Molekül	m/z Fragmente	Absorptionsmaximum [nm]
1	13,07	Cy-3-gal	449	287	516
2	14,00	Cy-3-gluc	449	287	515
3	14,60	Cy-pent	419	287	517
4	15,05	Cy-3-ara	419	287	516
5	16,18	5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (gal)	517	355	503
6	16,92	unbekannt	607	291	507
7	17,46	Cy-7-ara	419	287	516
8	18,45	Cy-3-xyl	419	287	517
9	20,79	unbekannt	449		

Der rote Apfelsaft einer Kreuzungspopulation aus der rotfleischigen Apfelsorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ wurde auf ihre Anthocyanzusammensetzung untersucht. In der Kreuzung „3-17“ konnten acht Anthocyane nachgewiesen werden (Tabelle 9, Abbildung 23).

Es zeigten sich geringfügige Unterschiede im Anthocyanprofil der Kreuzungen zu den untersuchten Sorten und Züchtungen. 5-Carb-pyr-cy-3-pen, Cy-pen und ein unbekanntes Anthocyan konnten im Apfelsaft der Kreuzung „3-17“ im Gegensatz zu den untersuchten rotfleischigen Sorten und Züchtungen nicht nachgewiesen werden. Das Hauptanthocyan stellte wie bei allen untersuchten roten Apfelsäften Cy-3-gal dar. Zudem konnten Cy-3-gluc, Cy-3-ara, 5-Carb-pyr-cy-3-gal, 5-Carb-pyr-cy-3-gluc, Cy-7-ara und Cy-3-xyl nachgewiesen werden.

Roter Apfelsaft der Kreuzung „3-17“ der Ernte 2013 zeigte qualitativ nur geringfügige Unterschiede im Anthocyanprofil. Der Gesamtanthocyan Gehalt des Saftes betrug allerdings

mit 82,1 mg/L Gesamtanthocyane (Anhang 15) das drei-fache im Vergleich zum Saft der Züchtung „Maggy“ mit 27 mg/L (Anhang 12).

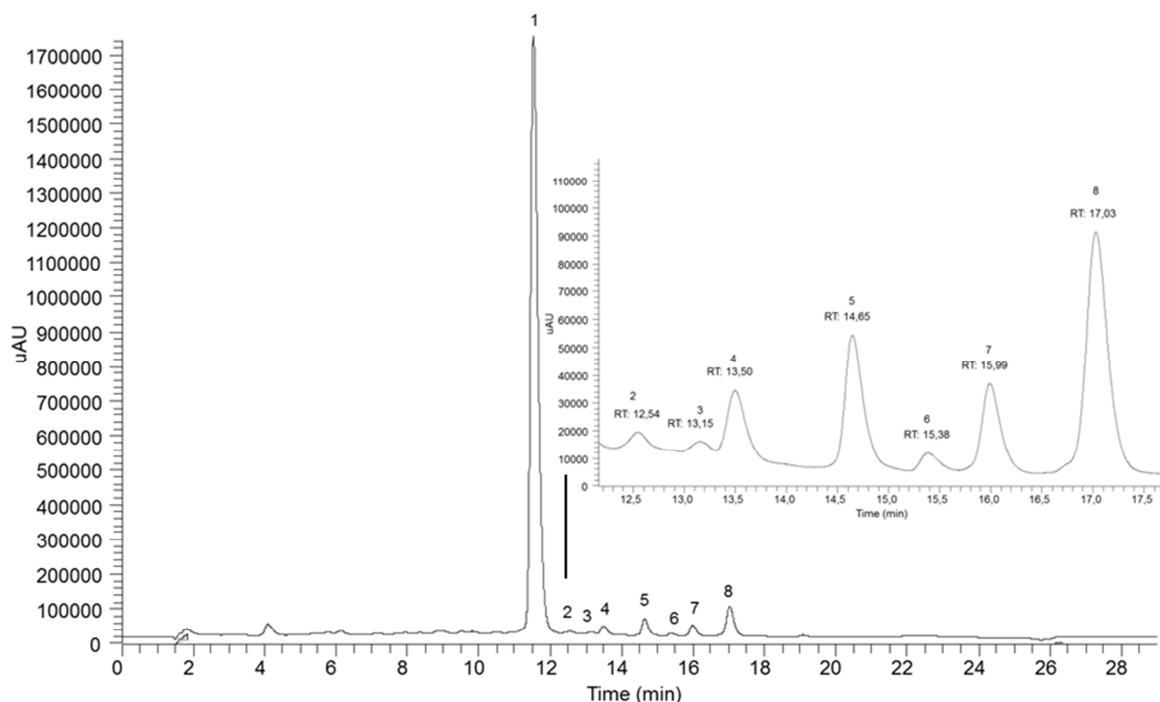


Abbildung 23: Chromatogramm des Saftes der Kreuzung „3-17“, angebaut in Geisenheim, Ernte 2013 und Ausschnitt der Nebenkomponenten des Anthocyanprofils. Die Peakidentitäten sind in Tabelle 9 aufgeführt

Tabelle 9: HPLC-DAD und massenspektrometrische Daten des Anthocyanprofils des Saftes der Kreuzung „3-17“ aus der Nachkommenschaft der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen „Wellant“.

Peak Nr.	RT [min]	Verbindung	m/z Molekül	m/z Fragmente	Absorptionsmaximum [nm]
1	11,53	Cy-3-gal	449	287	514
2	12,54	Cy-3-gluc	449	287	514
3	13,15	unbekannt			517
4	13,50	Cy-3-ara	419	287	516
5	14,65	5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (gal)	517	355	503
6	15,38	5-Carboxypyranocyanidin-3-hexosid (gluc)	517	355	503
7	14,70	Cy-7-ara	419	287	516
8	15,70	Cy-3-xyl	419	287	517

3.1.1 Zusammenfassung

Bei den hier dargestellten Sorten und Züchtungen, bildet Cy-3-gal stets die Hauptkomponente (min. 95 %). 5-Carb-pyr-cy-3-gal konnte in jedem Saft nachgewiesen werden und entstand nicht erst während der Lagerung. Bei der Sorte „Weirouge“ konnten insgesamt neun, bei der Züchtung „Maggy“ zehn und im roten Apfelsaft der Kreuzung „3-17“ acht verschiedene Anthocyane nachgewiesen werden.

In den untersuchten roten Apfelsäften konnten die in der Literatur beschriebenen Anthocyane Malvidin-3-pentosid (Balázs et al. 2012) und Peonidin-3-pentosid (Sadiłova et al. 2006) nicht nachgewiesen werden. Das Anthocyanprofil der rotfleischigen Kreuzungen zeichnete sich im Vergleich zu den untersuchten Sorten und Züchtungen durch das Fehlen der Anthocyane 5-Carboxypyranocyanidin-3-pentosid, Cy-pent und einem unbekanntem Anthocyan aus. Zudem unterschieden sich die hier untersuchten rotfleischigen Apfelsorten von der von Mazza et al. charakterisierten Sorte „Scugog“, die wie *Malus pumila niedwetzkyana*, die als der Ursprung der rotfleischigen Apfelsorten angesehen wird (Nocker et al 2012), zu der Art *pumila* zählt. Bei „Scugog“ setzte sich das Anthocyanprofil zu 39 % aus Cy-3-gal, zu 27% aus Cy-3-gluc, zu 23 % aus Cy-3-ara und zu 11 % aus Cy-3-xyl zusammen.

3.2 Unterschiede von rotem Apfelsaft und Apfelsaft aus weißfleischigen Äpfeln

Säfte aus den weißfleischigen Apfelsorten „Rheinischer Bohnapfel“ und „Topaz“ zeigten einen höheren Zuckergehalt und einen niedrigeren Säuregehalt als roter Apfelsaft aus den meisten bisher bekannten rotfleischigen Apfelsorten (Anhang 9).

Auf der Grundlage der TEAC-Werte und der Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu wiesen einige rote Apfelsäfte, wie aus der Züchtung „Anna“ oder der Sorte „Pomfital“ oder „Dolgo“, eine höhere antioxidative Kapazität auf als die Mostapfelsorte „Rheinischer Bohnapfel“ (Abbildung 54). Die Schwankungen der Sorbitgehalte von 2 bis 8 g/L und die Mineralstoffgehalte der Säfte aus den weißfleischigen Sorten „Rheinischer Bohnapfel“, „Topaz“, „Gala“ und „Boskoop“ lagen in der derselben Größenordnung wie die bei den untersuchten roten Apfelsäften (Anhang 9 ff.).

Im Allgemeinen war die antioxidative Kapazität der einzelnen Säfte abhängig von der Sorte und den Klimaeinflüssen des Erntejahres, was die Schwankungen im Bereich von bis zu 5 mmol/L (TEAC) und 150 mg/L (Folin-Ciocalteu) für identische Sorten bzw. Züchtungen erklärt. Sowohl der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu als auch der TEAC sind ein Maß für den Gehalt an Antioxidantien (Magalhães et al. 2008) und erfassen auch den Gehalt an Ascorbinsäure, der zum größten Teil aus einem Zusatz während der Saffherstellung resultiert. Die Gehalte an Ascorbinsäure der meisten Säfte weisen keine starken Schwankungen auf. Jedoch weist der Saft mit einem sehr niedrigen Gehalt an Ascorbinsäure von 10 mg/L der Züchtung „Anna“ den größten Gehalt an Antioxidantien auf (Anhang 9). Daher lässt sich sagen, dass der Ascorbinsäuregehalt nur einen kleinen Teil der antioxidativen Eigenschaften des roten Apfelsaftes ausmacht. Vielmehr ist es der Gehalt an Polyphenolen. Es konnte die von Roginsky und Lissi (2005) beschriebene Korrelation von TEAC und Folin- Ciocalteu-Werten bestätigt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die meisten untersuchten roten Apfelsäfte einen höheren Säuregehalt im Bereich von 10 bis zu 18 g/L ber. als Äpfelsäure bei pH 8,1 und einen niedrigeren Zuckergehalt von 85 bis 125 g/L als die untersuchten Säfte der weißfleischigen Äpfel, wobei insbesondere die Sorte „Baya Marisa“ mit 125 g/L Gesamtzuckergehalt einen fast gleich hohen Zuckergehalt wie die sehr süße Tafelapfelsorte „Gala“ (130 g/L) aufwies (Anhang 13).

Jedoch zeigte sich bei den roten Apfelsäften ein hoher Gehalt an Anthocyanen verbunden mit einer hohen antioxidativen Kapazität, die bei den Sorten und Züchtungen „Anna“ (Edingen/Heidelberg), „Pomfital“ (Geisenheim) und „Dolgo“ (Geisenheim) höher lag als bei den untersuchten Mostapfelsäften. Zudem fanden sich bei der Untersuchung der Kreuzungspopulation (Kapitel 3.7) vielversprechende Nachkommen mit hohen Zuckergehalten und niedrigeren Säuregehalten bei hohen Gesamtanthocyangehalten.

3.3 Anthocyanengehalte der einzelnen Gewebeteile von rotfleischigen Äpfeln

Zur Untersuchung der Verteilung der Anthocyane in den einzelnen Gewebeteilen, Schale, Fruchtfleisch und Kerngehäuse wurden die Züchtungen „Mary“ und „Maggy“ sowie Äpfel der Sorte „Pomfital“ verwendet. Die Aufarbeitung erfolgte in Anlehnung an Thielen Christine (2006), wobei auf einen Zusatz an Sulfid als Antioxidans verzichtet wurde, um mögliche Abbaureaktionen der Anthocyane zu vermeiden. Die einzelnen Gewebeteile wurden in flüssigen Stickstoff tiefgefroren, anschließend gefriergetrocknet und ausschließlich die Anthocyanengehalte untersucht. „Mary“ und „Maggy“ wurden ausgewählt, da diese einen großen Durchmesser und einen hohen Gehalt an Anthocyanen aufweisen. Zudem stehen diese in ausreichender Menge zur Verfügung. Die Sorte „Pomfital“ wurde zum einen genauer untersucht, da diese die Grundlage der weitergehenden Züchtungsexperimente war und zum anderen die Eigenschaft der Kolumnarwüchsigkeit aufweist, weswegen eine maschinelle Ernte möglich ist.

Aus der Stichprobe von sechs Äpfeln der Sorte Mary ergab sich eine Spannweite für den Gehalt an Anthocyanen in der Trockenmasse (Tm) in der Schale von 402,7 mg/kg, berechnet als Cy-3-gal und Cy-3-gluc und der mittlere Gehalt lag bei 691,2 mg/kg Tm. Es wurde aus den sechs Äpfeln keine Mischprobe hergestellt, sondern der Gehalt jedes Apfels untersucht, um die Spannweite des Gehaltes zwischen den einzelnen Äpfeln zu ermitteln. In den Kernen wurde ausschließlich das Anthocyan Cy-3-gal nachgewiesen. Die Spannweite für den Gesamtanthocyanengehalt im Fruchtfleisch lag bei 251,9 mg/kg Tm und der mittlere Gehalt betrug 406,21 mg/kg Tm, im Kerngehäuse 111,8 mg/kg Tm mit einer Spannweite von 162,4 mg/kg Tm und 27,5 mg/kg Tm in den Kernen (Abbildung 24). Der Anthocyanengehalt in der Schale ist am höchsten, trägt aber nur zu 24,7 % zum Gesamtanthocyanengehalt bezogen

auf das Frischgewicht bei. Der größte Anteil am Gesamtanthocyangehalt befindet sich im Fruchtfleisch, insgesamt 73,8 % (Abbildung 25).

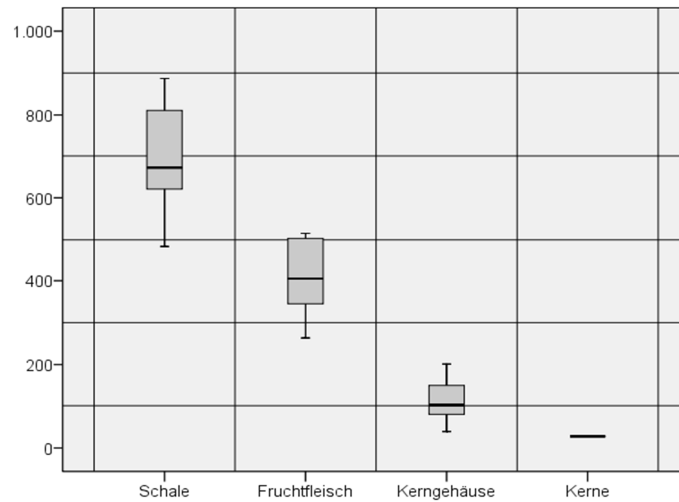


Abbildung 24: Gesamtanthocyangehalte [mg/kg Trockenmasse] der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2011, Darstellung als Boxplot.

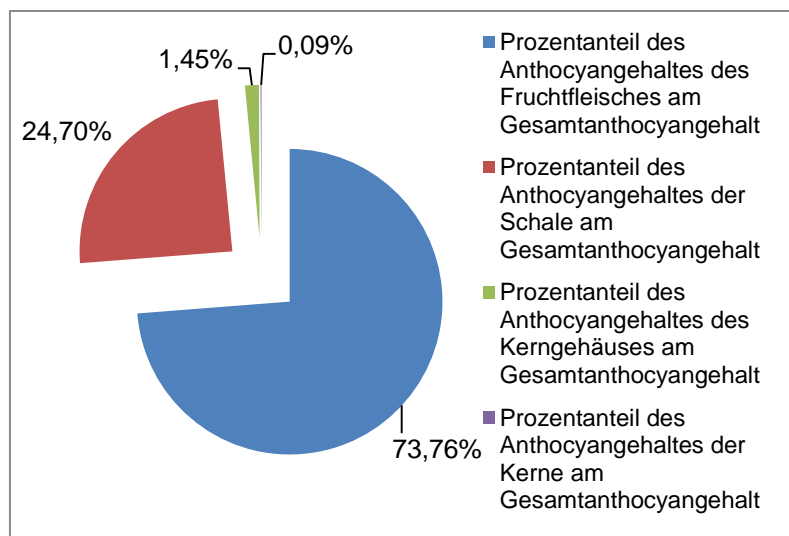


Abbildung 25: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2011 bezogen auf das Frischgewicht.

Die Spannweite bei der Bestimmung des Anthocyangehaltes in der Schale der Sorte „Pomfital“ betrug 259,3 mg/kg Tm bei einem mittleren Gehalt von 986,6 mg/kg Tm. Der mittlere Gehalt an Anthocyanen im Fruchtfleisch lag bei 443,2 mg/kg Tm mit einer Spannweite von 724,6 mg/kg Tm. Diese große Heterogenität ist vermutlich eine sortenspezifische Eigenschaft. Der Gesamtanthocyangehalt im Kerngehäuse von Äpfeln der Sorte „Pomfital“ betrug 238 mg/kg Tm bei einer Spannweite von 390,6 mg/kg Tm. Der mittlere Gehalt an Anthocyanen in den Kernen lag bei 41,1 mg/kg Tm.

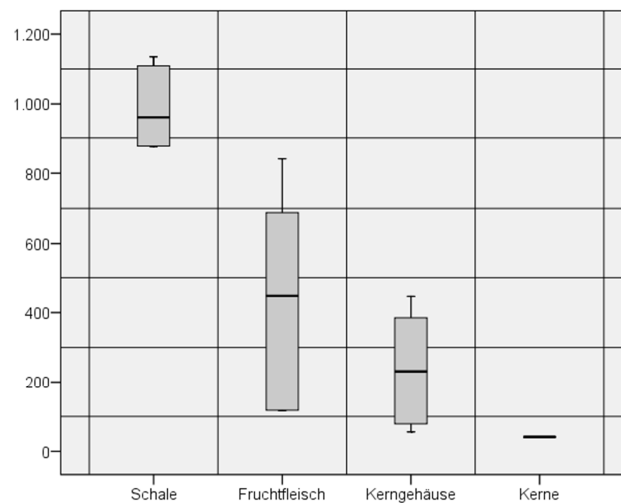


Abbildung 26: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012, Darstellung als Boxplott [mg/kg Trockenmasse].

Der Anteil der Anthocyane in der Schale im Verhältnis zum Gesamtanthocyangehalt war bei der Sorte Pomfital insbesondere im Vergleich zu den Sorten „Mary 2011“ und „Maggy“ signifikant höher (Abbildung 27), was unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass der absolute Anthocyangehalt im Fruchtfleisch geringer ist als bei den anderen untersuchten Sorten. Die Gewichtsverteilung der Kompartimente wies bei allen untersuchten Sorten keine signifikanten Unterschiede auf. Folglich ist die Beobachtung, dass der Anteil des Anthocyangehaltes in der Schale bezogen auf den Gesamtanthocyangehalt erhöht ist nicht auf die generelle Gewichtsverteilung der Kompartimente zurückzuführen, sondern vielmehr eine sortenspezifische Eigenschaft und vermutlich auch ein Effekt stärkerer Sonneneinstrahlung.

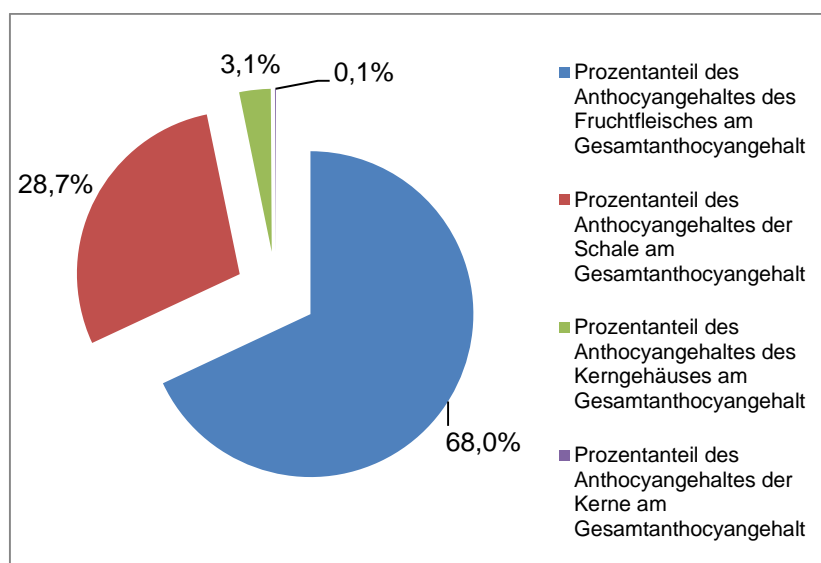


Abbildung 27: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischgewicht.

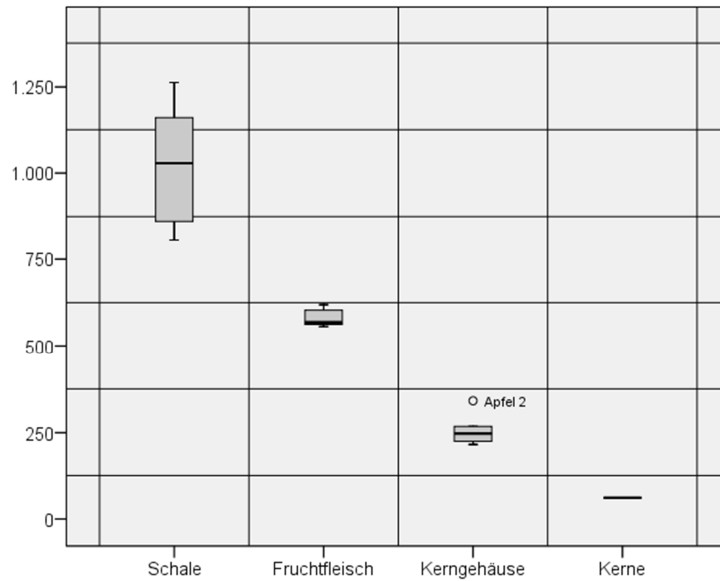


Abbildung 28: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Mary im Erntejahr 2012, Darstellung als Boxplot [mg/kg Trockenmasse].

Die Spannweite des Anthocyangehaltes in der Schale betrug 457,9 mg/kg Trockenmasse bei einem mittleren Gehalt von 1024,2 mg/kg. Mit 62,6 mg/kg Trockenmasse lag die Spannweite des Anthocyangehaltes im Fruchtfleisch deutlich niedriger. Im Kerngehäuse betrug der Anthocyangehalt 257,6 mg/kg Trockenmasse, bei einer Spannweite von 124,8 mg/kg und in den Kernen 61 mg/kg. Der Anteil der Schale am Gesamtanthocyangehalt lag mit 28,1 % bei der Sorte „Mary“ im Erntejahr 2012 ähnlich hoch wie bei der Sorte „Pomfital“. Der Anteil des Fruchtfleisches am Gesamtanthocyangehalt lag bei 69,4 %.

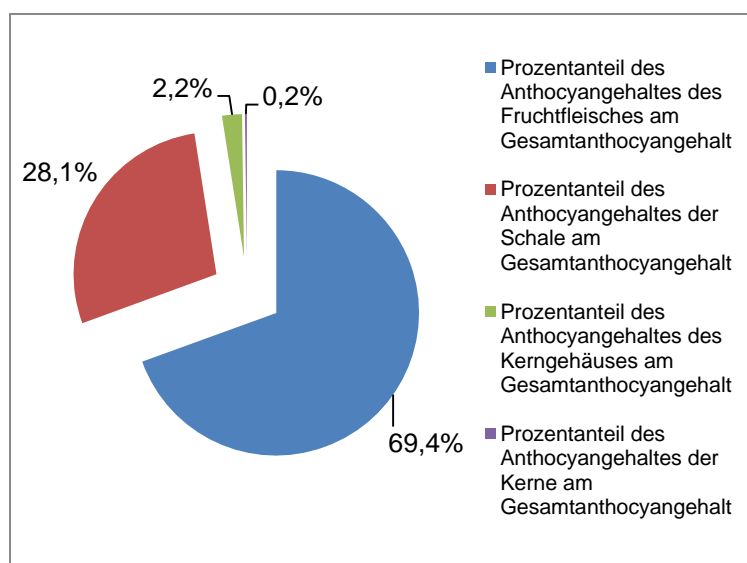


Abbildung 29: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Pomfital im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischgewicht.

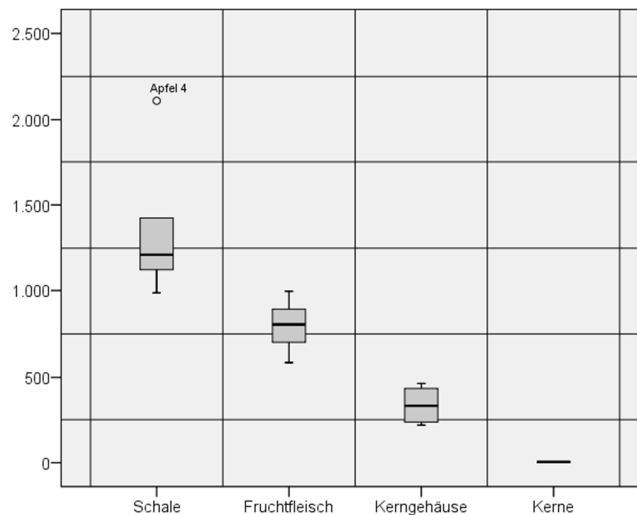


Abbildung 30: Gesamtanthocyangehalte der jeweiligen Kompartimente von Äpfeln der Sorte Maggy im Erntejahr 2012 [mg/kg Trockenmasse].

Die Spannweite für den Anthocyangehalt in der Schale, bei Einbeziehung der Ergebnisse der Apfelprobe 4, mit 1123,2 mg/kg bei einem mittleren Gehalt von 1344 mg/kg Trockenmasse liegt deutlich höher als die Spannweite für den Gehalt an Anthocyanen im Fruchtfleisch mit 410,4 mg/kg bei einem mittleren Gehalt von 797,5 mg/kg Tm. Nachvollziehbar ist auch hier wiederum, dass diese höheren Schwankungen des Anthocyangehaltes in der Schale im Vergleich zum Fruchtfleisch an einer heterogenen Sonneneinstrahlung liegen und natürlich auch die Sorte mit der Art des Phänotyps einen großen Einfluss hat. Der mittlere Gehalt an Anthocyanen im Kerngehäuse lag bei 336,3 mg/kg Tm bei einer Spannweite von 247,5 mg/kg Tm. Der mittlere Gesamtanthocyangehalt der Kerne betrug 4,4 mg/kg Tm.

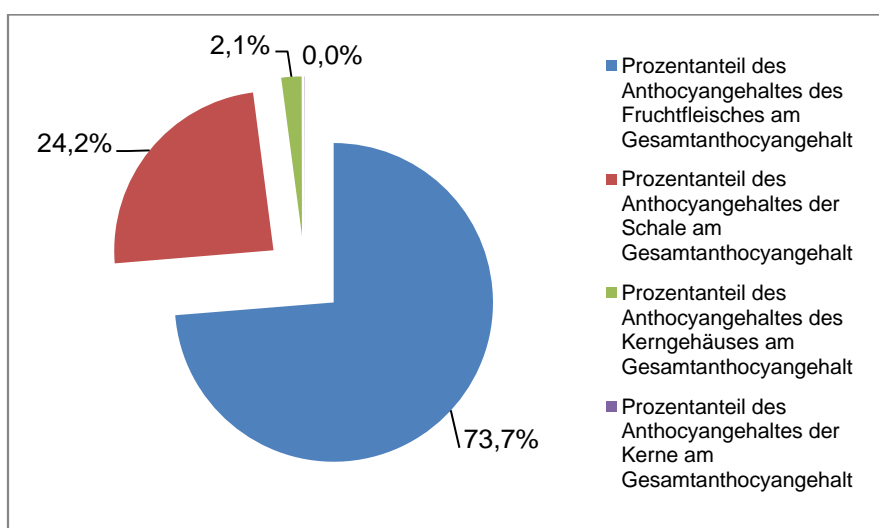


Abbildung 31: Prozentanteile des Anthocyangehaltes der jeweiligen Kompartimente am Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte Maggy im Erntejahr 2012 bezogen auf das Frischgewicht.

Im Vergleich zu den Sorten „Pomfital“ und „Mary“ 2012 liegt der Anteil des Anthocyangehaltes im Fruchtfleisch mit 73,7 % am Gesamtgehalt deutlich höher und der Gehalt an Anthocyanen in der Schale dementsprechend niedriger mit 24,2 %. Der Gehalt an Anthocyanen in den Kernen war im Vergleich zu allen anderen Sorten am geringsten. Im Verlauf der Reifung wurde beobachtet, dass der Anthocyangehalt in den Kernen mit zunehmendem Reifegrad stark abnimmt. Diese Beobachtung wurde anhand der Färbung der Kerne visuell festgestellt. Abbildung 32 zeigt die Gehalte der Nebenkomponten im Anthocyanprofil skaliert auf den Gehalt am Hauptanthocyan Cy-3-gal in Prozent bei der Züchtung „Mary“ Ernte 2011 (1), der Züchtung „Mary“ der Ernte 2012, der Sorte „Pomfital“ und der Züchtung „Maggy“ bezogen auf die Trockenmasse. Der Anteil an Cy-3-xyl ist bei allen Sorten und Züchtungen im Verhältnis zum Hauptanthocyan Cy-3-gal im Fruchtfleisch höher als in der Schale (Abbildung 32), wohingegen der Gehalt an Cy-7-ara im Verhältnis zum Cy-3-gal bei der Sorte „Pomfital“ und der Züchtung „Mary“, insbesondere im Erntejahr 2011, in der Schale signifikant höher ist als im Fruchtfleisch dieser Sorten. Es handelt sich um eine sortenspezifische Eigenschaft und bedeutet, dass die stärkere Bildung der Anthocyane in der Schale (Kapitel 3.3) von Äpfeln der Sorte „Pomfital“ und der Züchtung „Mary“ zu einer stärkeren Bildung von Cy-7-ara führt im Vergleich zum Hauptanthocyan Cy-3-gal. Die Verhältnisse der Nebenkomponten 5-Carb-py-cy-3-gal, Cy-3-ara und Cy-3-gluc im Verhältnis zum Cy-3-gal sind hingegen bei allen Sorten und Züchtungen in der Schale und dem Fruchtfleisch nahezu identisch und stellen eine Gemeinsamkeit der untersuchten rotfleischigen Äpfel dar.

Ergebnisse und Diskussion

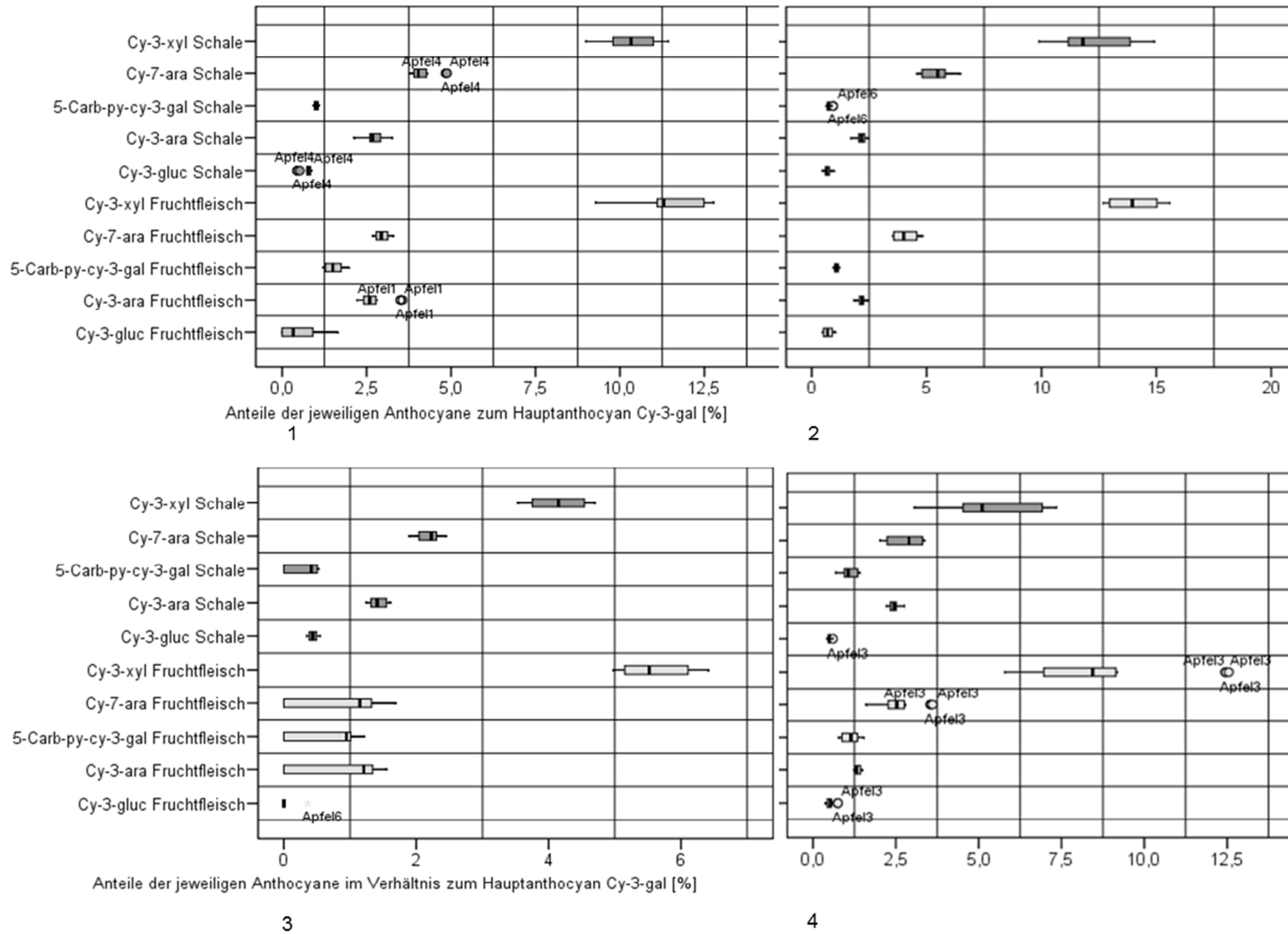


Abbildung 32: Darstellung der Verhältnisse der Nebenkomponenten Cy-3-ara , Cy-3-ara, Cy-3-xyl und 5-Carb-py-cy-3-gal in Fruchtfleisch und Schale zur Hauptkomponente des Anthocyanprofils in Prozent. Boxplot Nr. 1 zeigt die Ergebnisse für die rotfleischige Sorte „Mary“ Ernte 2011, Nr. 2 für „Mary“ Ernte 2012, Nr. 3 für „Pomfital“ Ernte 2012 und Nr. 4 für „Maggy“ Ernte 2012.

3.3.1 Zusammenfassung

Die Schale der untersuchten rotfleischigen Apfelsorten wies den höchsten Anthocyangehalt auf. Bezogen auf den Gesamtanthocyangehalt der Frucht machte dies jedoch nur den zweitgrößten Anteil nach dem Fruchtfleisch aus. Die Verteilung der Anthocyane in der Schale bei Äpfeln der Sorte „Pomfital“ ist deutlich homogener als bei Äpfeln der Sorte „Mary“ und besonders der Sorte „Maggy“. Dies ist auch visuell bereits an der gleichmäßigen Rotfärbung der Äpfel der Sorte „Pomfital“ zu sehen und spezifisch für diese Sorte. Bezüglich des Fruchtfleisches wies die Sorte „Pomfital“ die größten Schwankungen des Anthocyangehaltes auf, was mit der heterogenen Bildung der Anthocyane im Fruchtfleisch zu begründen und ebenfalls visuell zu erkennen ist. Die Spannweiten des Gehaltes an Anthocyanen im Kerngehäuse sind wiederum bei der Sorte „Pomfital“ am größten. Der Anthocyangehalt in den Kernen liegt bei der Sorte „Maggy“ am niedrigsten. Darauf folgten die Züchtung „Mary“ der Ernte 2011, die Sorte „Pomfital“ und die Züchtung „Mary“ der Ernte 2012. Der Anteil an Cy-3-xyl ist bei allen Sorten und Züchtungen im Fruchtfleisch höher als in der Schale, wohingegen Cy-7-ara zu einem größeren Anteil in der Schale der Sorte „Pomfital“ und der Züchtung „Mary“ bestimmt werden konnte.

3.4 Die Entwicklung des Anthocyangehaltes während der Reifung am Beispiel der Sorte Pomfital

Die Sorte „Pomfital“ wurde für die Untersuchung des Reifeverhaltens verwendet, da diese repräsentativ ist für rotfleischige Apfelsorten des Phänotyps 1 und von besonderer Bedeutung ist, da diese die Eigenschaft der Kolumnarwüchsigkeit aufweist und der Ausgangspunkt für weitergehende Kreuzungsexperimente war.

Tabelle 10: Probenahmeterminale und die jeweiligen Gesamtanthocyangehalte der Durchschnittsprobe von Äpfeln der Sorte „Pomfital“ berechnet als Cy-3-gal und Cy-3-gluc [mg/kg].

Probenahmeterminale	Gesamt-anthocyangehalt ber. als Cy-3-gal und -gluc [mg/kg]	Einzelfruchtgewicht [g]
1. 18.06.2013	186,9	15,75
2. 02.07.2013	124,1	20,92
3. 16.07.2013	133,3	31,18
4. 31.07.2013	74,3	39,26
5. 15.08.2013	117,7	43,65
6. 27.08.2013	78,7	51,55
7. 10.09.2013	70,7	53,25
8. 26.09.2013	78,7	70,13

Im Monat Juni sind die Äpfel der Sorte Pomfital nur ca. 3 cm dick, haben starke Ähnlichkeit mit Kirschen, im Monat Juli bereits 4 cm, im August bis zu 6 cm und zum Erntezeitpunkt teilweise bis zu 7,5 cm dick. Anhand der Abbildung 33 und der Tabelle 10 ist sehr gut zu erkennen, dass schon zu Beginn der Reife Anthocyane in hoher Konzentration im Fruchtfleisch vorhanden sind. Äpfel der Sorte „Pomfital“ können somit zum Phänotyp 1 von rotfleischigen Äpfeln gezählt werden. Das Verhältnis des Schalenanteils an der Gesamtmasse im Vergleich zum Anteil des Fruchtfleisches zur Gesamtmasse nimmt immer mehr ab, sodass auch der Gesamtanthocyangehalt der Früchte während der Reifung sinkt. Dies ist damit zu begründen, dass der Anthocyangehalt in der Schale bei dieser Sorte größer ist als im Fruchtfleisch. (Kapitel 3.3) und der Fruchtfleischanteil mit zunehmendem Reifegrad steigt. Ab Ende August hingegen ist eine konstante Konzentration an Anthocyanen zu beobachten, was anhand der homogenen Farbtintensität und -verteilung des Fruchtfleisches zu sehen ist (Abbildung 33). Interessant hierbei ist, dass diese konstante Konzentration nur bei der Extraktion der Früchte beobachtet wurde, die Anthocyankonzentration im Apfelsaft nahm stetig ab. Auf dieses Phänomen wird in folgenden Kapiteln genauer eingegangen.

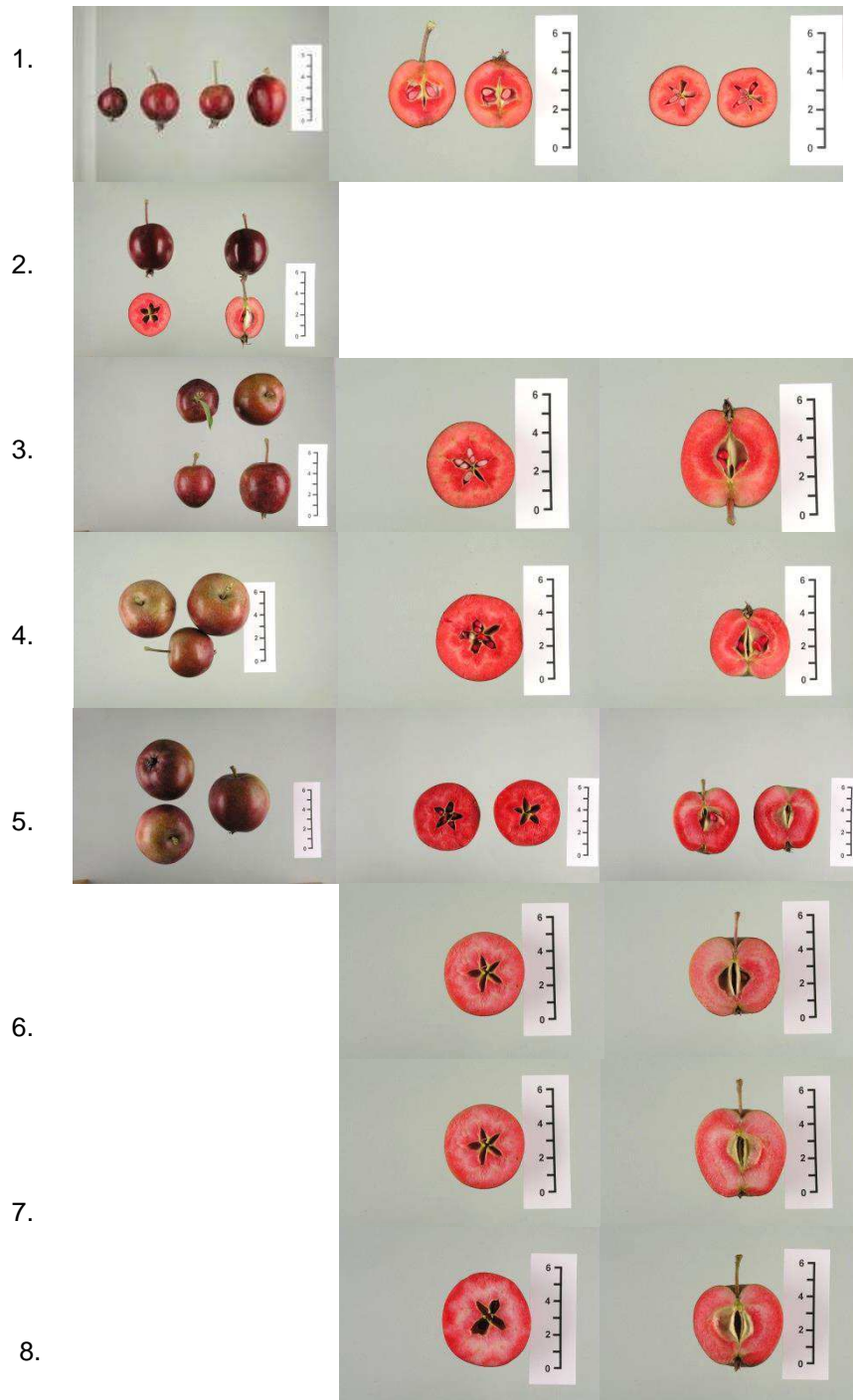


Abbildung 33: Aufsicht, Quer- und Längsschnitte der Apfelproben während der Reifung, aufgenommen an den jeweiligen Probenahmeterminen in chronologischer Reihenfolge, Sorte Pomfital, Blende 8, 1/60 sec Belichtungszeit, Kunstlicht-Fotolampe, Olympus

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung der Einzelfruchtgewichte in Korrelation mit dem Gesamtanthocyangehalt der frischen Früchte. Das Einzelfruchtgewicht steigt während der letzten drei Erntetermine weiter an, wohingegen der Gesamtanthocyangehalt konstant bleibt.

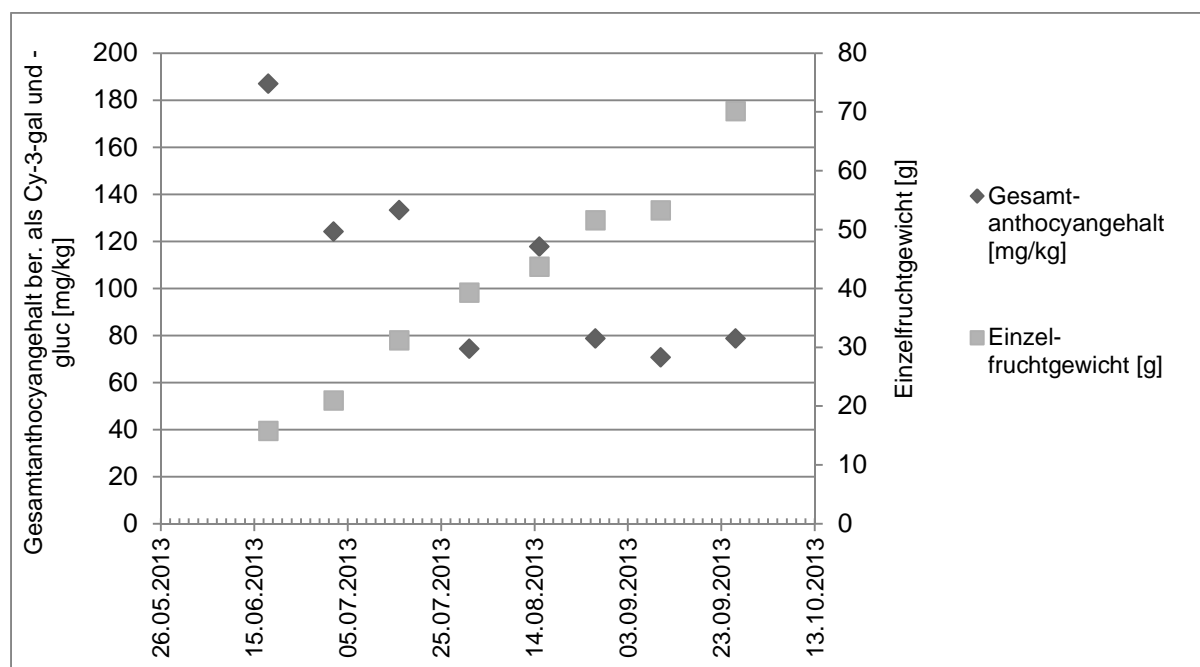


Abbildung 34: Gesamtanthocyangehalt [mg/kg Frischegewicht] und Einzelfruchtgewichte [g] von Äpfeln der Sorte „Pomfital“ während der Reifung.

3.4.1 Zusammenfassung

Zu Beginn der Reifung ist der Anthocyangehalt aufgrund des kleinen Durchmessers und des relativ dazu geringeren Fruchtfleischanteils sehr hoch und der Gesamtanthocyangehalt bezogen auf die Gesamtf Frucht sinkt im Verlauf der Reifung. Dieses ist eine spezifische Eigenschaft dieser Sorte aufgrund des geringen Durchmessers. Jedoch wird vermutlich der konstante Anthocyangehalt in den letzten Wochen vor der Ernte eine gemeinsame Eigenschaft aller rotfleischigen Äpfel des Phänotyps 1 sein. Dies bedeutet, dass nicht wie bisher angenommen eine möglichst späte Ernte für den Gehalt an Anthocyanen entscheidend ist. Vielmehr ist der geringere Säuregehalt ein Argument für einen späteren Erntezeitpunkt, jedoch bringt diese spätere Ernte aufgrund des geringeren Säuregehaltes im produzierten Saft eine geringere Stabilität der Anthocyane und somit einen geringeren Anthocyangehalt im Fruchtsaft mit sich. Zudem wird aufgrund der weichen Textur des Fruchtfleisches ab einem gewissen Zeitpunkt die Pressausbeute stark verringert.

3.5 Einfluss der Verarbeitung auf den Anthocyangehalt

3.5.1 Veränderung des Anthocyangehalts bei der Herstellung von naturtrübem roten Apfelsaft am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011

Bereits im ersten Schritt der Saffherstellung sind die größten Verluste an Anthocyanen zu beobachten (Abbildung 35). Es verbleibt also ein großer Teil der Anthocyane im Trester, insbesondere aus der Schale, oder wird durch Polyphenoloxidasen bereits beim Mahlen oxidiert. Der Gesamtanthocyangehalt von Äpfeln der Sorte „Maggy“ betrug 117,7 mg/kg bezogen auf das Frischgewicht (Anhang 5). Von 33,5 mg/kg Anthocyane (ber. als Cy-3-gluc) in der Maische sinkt der Gehalt im Presssaft auf 15,2 mg/L Anthocyane. Hierbei muss allerdings auch berücksichtigt werden, dass der Anteil der Anthocyane aus der Schale nur zu einem sehr kleinen Teil in den Saft übergeht, dies wurde bei der Analyse der Säfte aus den rotschaligen Sorten „Topaz“ und „Roter Boskop“ nachgewiesen. Diese großen Verluste beim Mahlen sind mit der Bindung von Anthocyanen an Polysaccharide und Zellwandbestandteile, sowie mit einem unvollständigen Aufschluss der Anthocyanoplasten zu begründen. Ein feineres Mahlen in Verbindung mit einem Überschichten mit Stickstoff könnte diesen Verlust verringern. Eine Maischeenzymierung führt zu keinen höheren Anthocyangehalten im Presssaft, da es durch die Enzymnebenaktivitäten zu Glykosidspaltung kommen kann, was die Stabilität verringert. Höhere Anthocyangehalte im Presssaft lassen sich somit nur sehr schwer erreichen. Vor allem die Verwendung von anthocyanreicheren rotfleischigen Sorten und Züchtungen könnte hierbei zielführend sein. Nach Zugabe von Ascorbinsäure als Antioxidationsmittel steigt der Gehalt an Anthocyanen wiederum auf 19,8 mg/L an, was auf einen reversiblen Abbauprozess der Anthocyane bei der Pressung hindeutet. Zur Entfernung von grobdispersen Teilchen und Trubstoffen wurde der Saft einer Separation unterzogen, auch um eine möglichst industriennahe Produktion zu simulieren. Hierbei stieg der Anthocyangehalt auf 26,6 mg/L an und nahm nach der Pasteurisation bei 85 °C auf 21,5 mg/L ab. Anhang 10 zeigt die Anthocyangehalte der Säfte im Erntejahr 2012. Eine Klärung des naturtrüben roten Apfelsaftes führte bei Züchtung „Kathy“ zu einem Absinken des Gesamtanthocyangehaltes von 19,3 mg/L auf 2,7 mg/L und bei der Züchtung „Mary“ von 23,7 mg/L auf 2,9 mg/L. Zudem wurden diese klaren Säfte sensorisch schlechter bewertet als die naturtrüben Säfte der gleichen Züchtung. Neben einer Begasung der Maische mit Stickstoff würde die Verwendung einer Sorte mit einem höheren Gehalt an Anthocyanen ebenfalls den Endgehalt an Anthocyanen im zu vermarktenden Produkt erhöhen. Zudem könnte die Verwendung einer Bandpresse die Oxidation der Maische verringern.

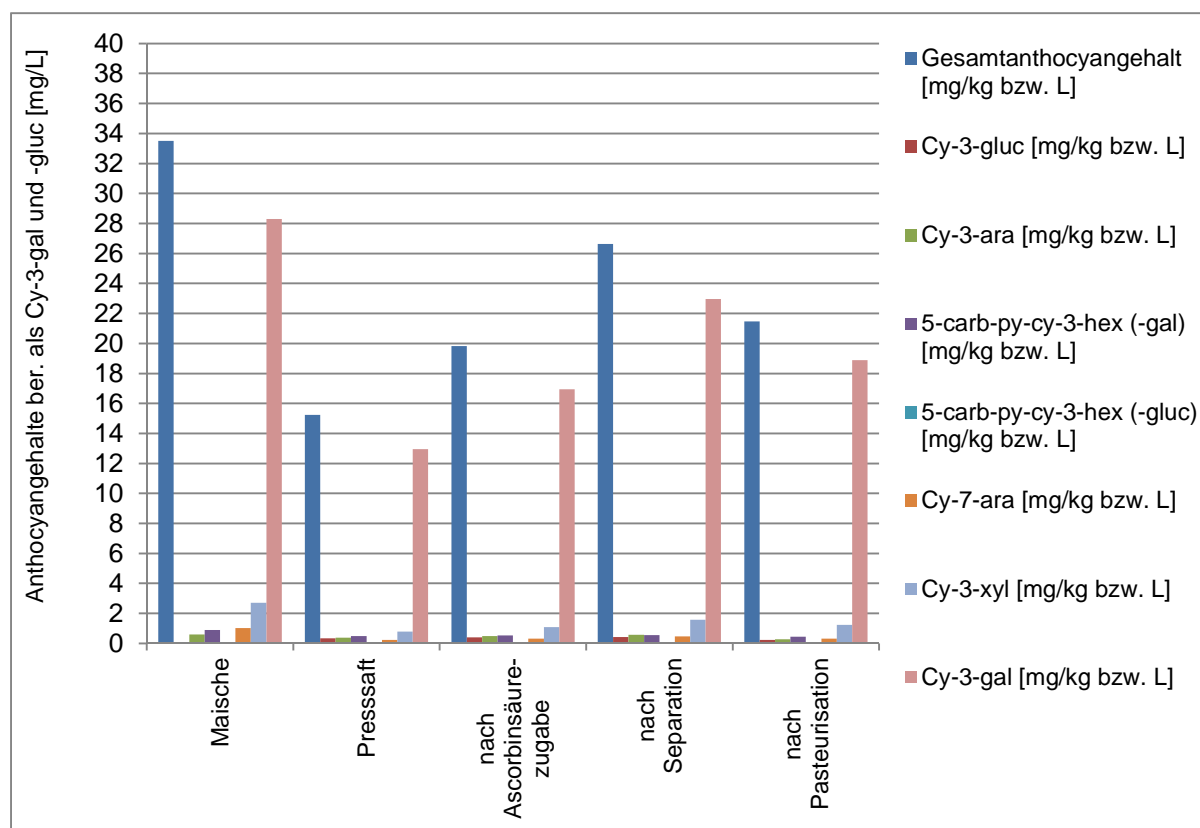


Abbildung 35: Konzentrationsverlauf der Anthocyane während der Saftherstellung, dargestellt sind die Gesamtanthocyanengehalte und die Gehalte an Cy-3-gluc, Cy-3-ara, 5-Carb-py-cy-3-gal, 5-Carb-py-cy-3-gluc, Cy-7-ara, Cy-3-xyl und Cy-3-gal berechnet als Cy-3-gal bzw. Cy-3-gluc in [mg/L] während der jeweiligen Prozessschritte.

3.5.2 Veränderung des Anthocyanengehalts bei der Apfelweinherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011

Nach dem Mahlen wies die Maische einen Anthocyanengehalt von 31,4 mg/kg auf, dies ist wiederum wie bei der Saftherstellung der größte Verlust an Anthocyanen. Der Presssaft enthielt mit 27,6 mg/L deutlich mehr Anthocyane als der Presssaft bei der Saftherstellung. Nach der Zugabe von Kaliumdisulfid zur Abtötung von Hefen und Bakterien kam es zu einem Anstieg des Gehaltes an Anthocyanen auf 48,6 mg/L. Da SO_2 auch als Antioxidationsmittel und in dieser Funktion stärker wirkt als Ascorbinsäure ist ein stärkerer Effekt als bei der Saftherstellung zu beobachten. Auch hier ist die Reduktion der oxidierten Anthocyane die Folge. Nach der Separation zur Entfernung von Grobtrub sinkt der Anthocyanengehalt nur geringfügig auf 47,3 mg/L. Nach der Gärung und dem Abstich der Hefe sank der Anthocyanengehalt im Saft auf 2,6 mg/L, nach Filtration auf 2,4 mg/L und nach Erhitzen auf 60 °C stieg dieser leicht auf 2,5 mg/L, was aber im Bereich der Messschwankung liegt (Abbildung 36). Dieser starke Abbau aufgrund der Gärung ist zum einen auf die Aktivität der Hefen zurückzuführen, auf den Temperaturanstieg bei der Gärung und der Lagerzeit an sich, die ebenfalls einen großen Einfluss hat. Eine Möglichkeit der Erhöhung des

Anthocyangehaltes in Wein aus rotfleischigen Äpfeln wäre eine Gärung ähnlich wie bei der Rotweinherstellung, bei der die Hefe nach Schwefelung zugegeben wird und die Maische einige Zeit stehen gelassen wird und hierdurch eine bessere Extraktion der Anthocyane aus der Schale erreicht wird.

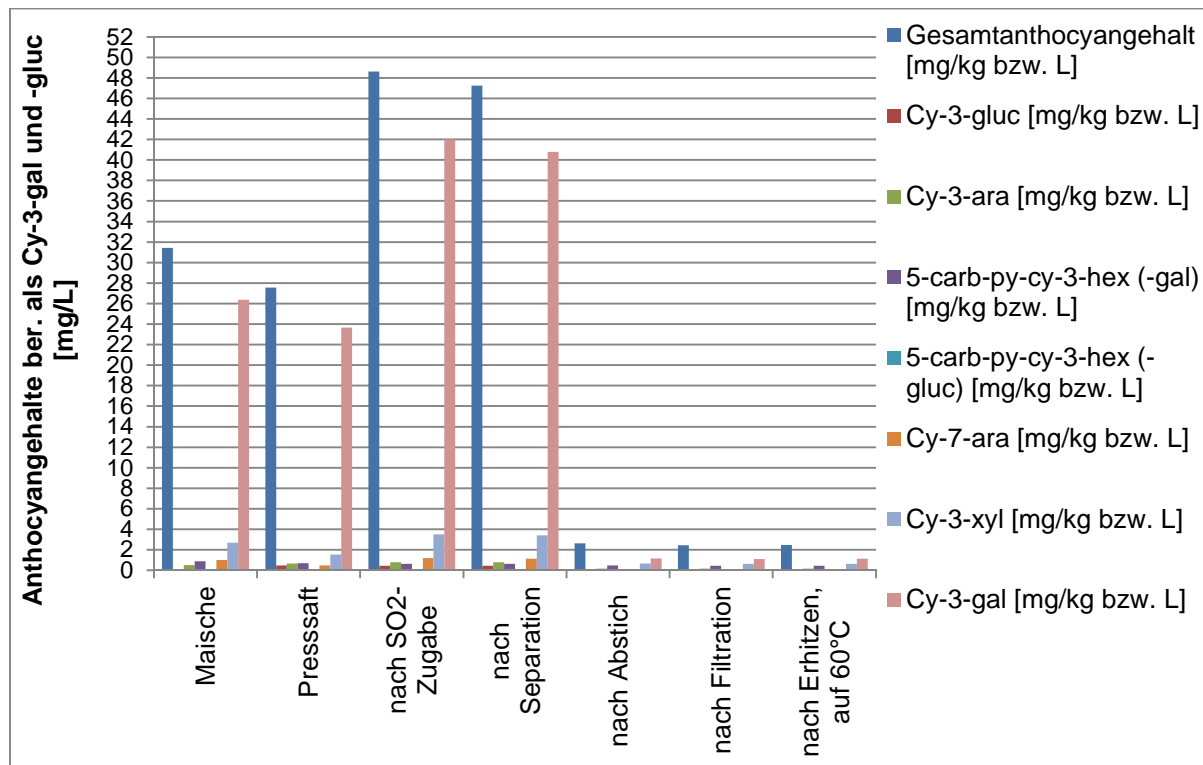


Abbildung 36: Konzentrationsverlauf der Anthocyane während der Herstellung von Apfelwein, dargestellt sind die Gesamtanthocyangehalte und die Gehalte an Cy-3-gluc, Cy-3-ara, 5-Carb-py-cy-3-gal, 5-Carb-py-cy-3-gluc, Cy-7-ara, Cy-3-xyl und Cy-3-gal berechnet als Cy-3-gal bzw. Cy-3-gluc in [mg/L] während der jeweiligen Prozessschritte.

3.5.3 Veränderung des Anthocyangehaltes bei der Sektherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011

Nach der zweiten Vergärung des Apfelweins zur Herstellung des Sektes war ausschließlich 5-Carb-pyr-cy-3-gal nachweisbar. Die Gehalte an Cy-3-gal lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Abbildung 37 zeigt das Chromatogramm der Apfelspektprobe nach der Flaschenfüllung. 5-Carb-pyr-cy-3-gal mit m/z von 517 eluiert bei 14,4 min und Cy-3-gal bei der RT von 11,4 min.

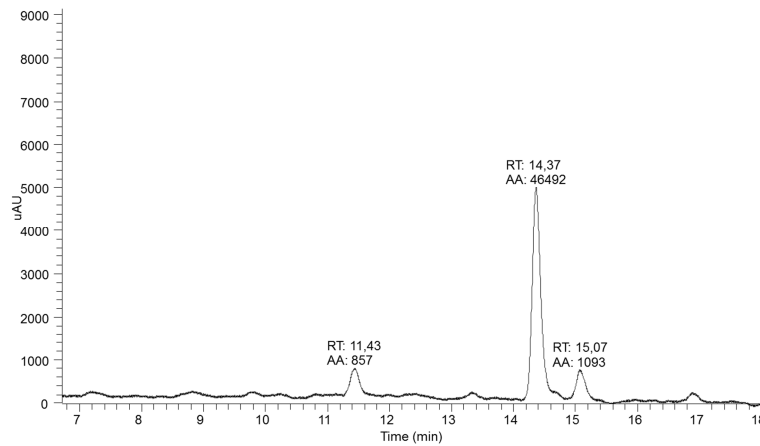


Abbildung 37: Chromatogramm der Apfelsektprobe nach der Flaschenfüllung, RT: 11,4 min: Cy-3-gal ($m/z=449$), RT: 14,4 min: 5-Carb-pyr-cy-3-gal ($m/z=517$)

Der Gehalt an 5-Carb-pyr-cy-3-gal sank nach der Filtration von 0,2 auf 0,1 mg/L aufgrund von Adsorptionsprozessen der Anthocyane am Filtermaterial. Nach der Füllung waren keine weiteren Verluste zu beobachten. Von 2,5 mg/L Gesamtanthocyane im Apfelwein verringerte sich der Anthocyanengehalt während der zweiten Gärung auf 0,2 mg/L. Auch hier ist es empfehlenswert eine rotfleischige Sorte mit einem höheren Anthocyanengehalt zu verarbeiten und diese möglichst schnell und ohne lange Lagerzeiten zu versekten.

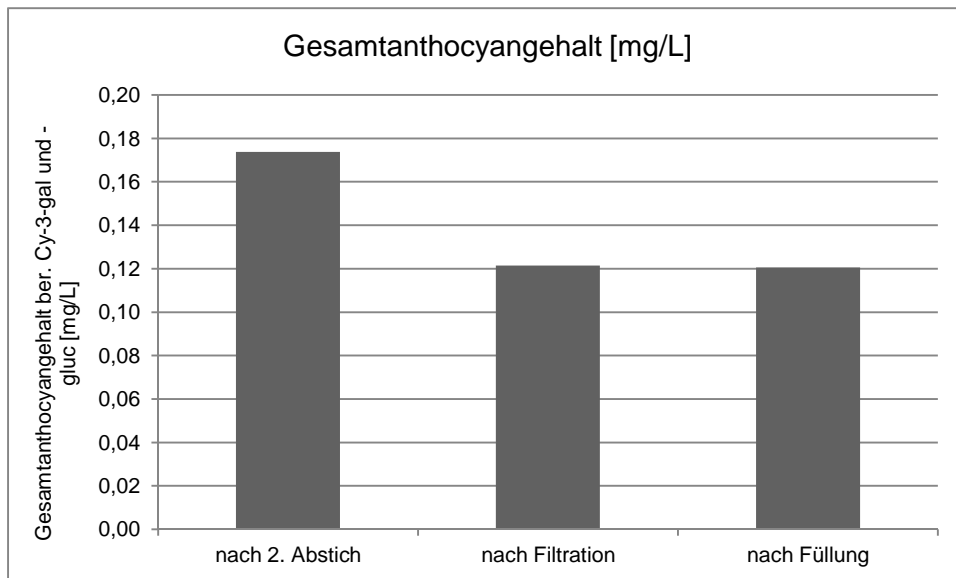


Abbildung 38: Konzentrationsverlauf des Gesamtanthocyanengehaltes ber. als Cy-3-gal und Cy-3-gluc bei der Herstellung von Apfelsekt in [mg/L].

3.5.4 Veränderung des Anthocyangehaltes bei der Konzentratherstellung am Beispiel der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011

Der Schritt mit den höchsten Verlusten an Anthocyanen ist auch bei der Konzentratherstellung der des Mahlens, der Anthocyangehalt sinkt hierbei auf 42,0 mg/kg in der Maische (Abbildung 39). Im Unterschied zu den beiden anderen Herstellungsprozessen wurde bei der Konzentratherstellung die Maische enzymiert, um die Saftausbeute zu erhöhen. Hierbei kam es zu keinem höheren Gehalt an Anthocyanen. Im Gegenteil, durch die Nebenaktivitäten des Enzympräparates kam es zu einer höheren Abbaurate der Anthocyane als bei der Saft –und Weinherstellung, den Varianten ohne Maischeenzymierung, da es durch die Enzymnebenaktivität zur Abspaltung der Glykoside kommen kann. Der Gehalt im Presssaft betrug 14,5 mg/L. Nach der Depektinisierung stieg der Anthocyangehalt auf 20,7 mg/L und blieb aber nach der Separation konstant (Abbildung 39). Nach der Entaromatisierung stieg der Anthocyangehalt auf 36,4 mg/L an und der entaromatisierte Saft wies einen Brix-Wert von 19,89 ° auf, was umgerechnet auf 14,3 ° Brix einem Anthocyangehalt von 26 mg/L im rückverdünnten Fruchtsaft entspricht. Der Prozessschritt der Entaromatisierung führt zu einem leichten Aufkonzentrieren und hierdurch zu einer Erhöhung des Anthocyangehaltes im Saft.

Die Schönung mittels Kieselsol und Gelatine führt zu großen Verlusten an Anthocyanen durch Adsorptionsprozesse und der Gehalt sinkt auf 14,3 mg/L bei 19,7 ° Brix, was einem Anthocyangehalt von 10 mg/L, umgerechnet auf Saftstärke von 14,3 °Brix, entspricht. Die anschließende Filtration führt zu weiteren Verlusten an Anthocyanen bis auf 10,8 mg/L. Nach der eigentlichen Konzentrierung auf 71 °Brix sinkt der Anthocyangehalt im rückverdünnten Saft mit 14,3 °Brix auf 1,4 mg/L. Der rückverdünnte Saft weist eine rot-braune Färbung (Anhang 6), sowie einen starken Kochton auf. Anhang 6 zeigt auch sehr deutlich wie stark die Absorption des Saftes im Bereich von 500 bis 520 nm nach der Konzentrierung abnimmt. Aus diesem Grund wurden weitere Lagerversuche des Konzentrates nicht durchgeführt und eine Verwendung der Sorte „Maggy“ zur Herstellung von Konzentrat ist somit nicht möglich. Es müssten geeignete rotfleischige Apfelsorten zur Konzentratherstellung gefunden werden. Diese müssten insbesondere einen hohen Gehalt an Anthocyanen und einen niedrigen Säuregehalt aufweisen.

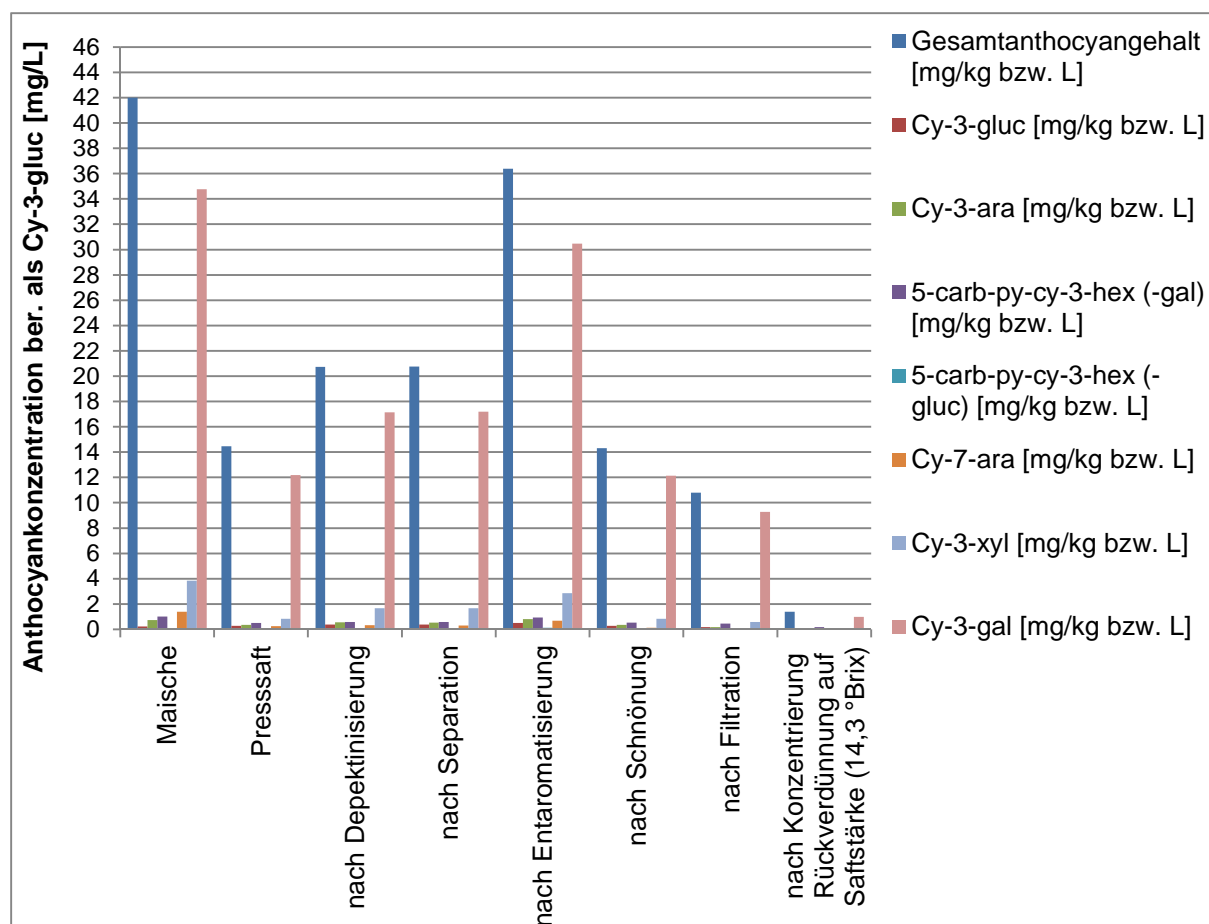


Abbildung 39: Konzentrationsverlauf der Anthocyane bei der Herstellung von Saftkonzentrat, dargestellt sind die Gesamtanthocyangehalte und die Gehalte an Cy-3-gluc, Cy-3-ara, 5-Carb-py-cy-3-gal, 5-Carb-py-cy-gluc, Cy-7-ara, Cy-3-xyl und Cy-3-gal berechnet als Cy-3-gal bzw. Cy-3-gluc in [mg/L] während der jeweiligen Prozessschritte.

3.5.5 Anthocyangehalte von Fruchtmarm und Pürees der Ernte 2012

Es wurden aus den Sorten bzw. Züchtungen „Pomfital“, „Maggy“, „Mary“ und „A4-1-04“ Smoothies, das heißt ein Fruchtmarm, sowie bei der zuletzt genannten Züchtung auch ein Püree hergestellt. Der Gesamtanthocyangehalt beträgt 7,2 mg/kg („Pomfital“), 44,5 mg/kg („Maggy“), 55,0 mg/kg („Mary“) und 0,7 mg/kg („A4-1-04“) bei den Smoothies und 2,8 mg/kg bei dem Püree aus der Züchtung „A4-1-04“. Die Gesamtanthocyangehalte in den entsprechenden Säften betragen 8,8 mg/L, 19 mg/L, 23,7 mg/L und 1,9 mg/L. Diese hohen Verluste an Anthocyanen sind zum einen mit der Einwirkung von Polyphenoloxidasen nach dem Auflösen der Zellstruktur zu begründen, die im Vergleich bei der Safterstellung eine längerer Zeit einwirken können als bei der Smoothie –und Püreeherstellung. Zum anderen mit der niedrigeren Extraktionsrate der Anthocyane aus dem Fruchtfleisch und einem großen Rückstand im Trester. Somit wäre ein Smoothie, der aus Fruchtmarm von rotfleischigen Äpfeln, rotem Apfelsaft und einer weiteren süßen Frucht besteht ein weiteres innovatives Produkt aus rotfleischigen Äpfeln.

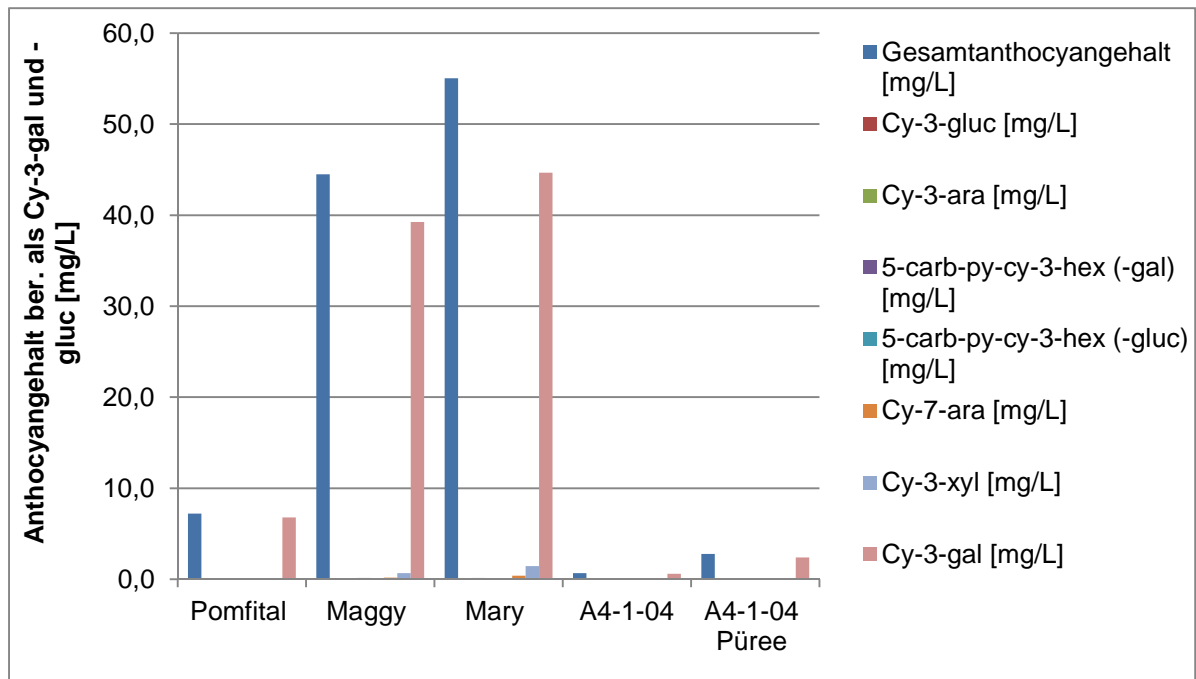


Abbildung 40: Konzentration der Anthocyane in Smoothies und Pürees ausgewählter Sorten der Ernte 2012, dargestellt sind die Gesamtanthocyangehalte und die Gehalte an Cy-3-gluc, Cy-3-ara, 5-Carb-py-cy-3-gal, 5-Carb-py-cy-3-gluc, Cy-7-ara, Cy-3-xyl und Cy-3-gal berechnet als Cy-3-gal bzw. Cy-3-gluc in [mg/L] während der jeweiligen Prozessschritte.

3.5.6 Zusammenfassung

Es lässt sich festhalten, dass die größten Verluste an Anthocyanen bei der Zerkleinerung der Äpfel, dem Mahlen, zu beobachten sind. Weitere größere Verluste sind bei allen Prozessschritten zu beobachten bei denen eine Hitze einwirkung stattfindet, wie der Pasteurisation. Bei der Konzentratherstellung kommt es aufgrund der hohen Hitze einwirkung bei der Aufkonzentrierung zu hohen Verlusten an Anthocyanen, sodass die untersuchte Sorte für eine Konzentratherstellung nicht in Frage kommt. Hierfür wäre eine säureärmere Sorte mit einem höheren Anthocyangehalt notwendig. Zudem ist auch die Herstellung von klaren Direktsäften nicht empfehlenswert, da es durch Adsorptionsprozesse bei der Schönung ebenfalls zu hohen Verlusten kommt, wie sich bei der Untersuchung der Sorten und Züchtungen im Erntejahr 2012 zeigte. Niedrigere Verluste waren bei der Smoothie –und Püreeherstellung zu beobachten. Die Verluste an Anthocyanen bei der Herstellung von naturtrübem Apfelsaft sind ebenfalls relativ niedrig.

3.6 Untersuchung von verschiedenen rotfleischigen und weißfleischigen Apfelsorten und Züchtungen auf ihre Eignung zur Safterstellung

Kommerziell verfügbare Sorten und Züchtungen, sowie vom Institut für Obstbau und dem Institut für Zierpflanzenbau in Geisenheim gezüchtete bzw. angepflanzte rotfleischige Apfelsorten und –züchtungen wurden auf ihren Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen untersucht. Ein besonderer Schwerpunkt lag dabei auf dem Gehalt an Anthocyanen, dem Säure –und Zuckergehalt der hergestellten roten Apfelsäfte. Aufgrund gleicher Maischestandzeiten und Verarbeitungstechnik sind die Ergebnisse der verschiedenen Sorten und Züchtungen direkt miteinander vergleichbar. Abbildung 41 zeigt Längs –und Querschnitte der rotfleischigen Apfelsorten, die in Geisenheim (Institut für Obstbau), in Mainz (Obstbau Schmitt) und Edingen/Heidelberg (Obstbau Schneider) der Ernte 2012 angebaut werden. Der Gesamtanthocyanengehalt des Saftes, der aus diesen Äpfeln hergestellt wurde ist unter dem Züchtungs –bzw. Sortennamen zu sehen. Anhand der Bilder wird die große Vielfalt der Ausprägung der Rotfleischigkeit deutlich. Die Züchtung 6-131 weist eine tiefrote Färbung und die stärkste Rotfärbung des Fruchtfleisches der aus Geisenheim stammenden Sorten auf. Diese unterschiedliche Merkmalsausprägung ist auch im Fruchtsaft zu erkennen.

Die im Querschnitt kaum zu erkennende Rotfärbung des Fruchtfleisches der Züchtung 6-21 ergibt einen Apfelsaft mit einem niedrigem Anthocyanengehalt von 0,3 mg/L, wohingegen der Apfelsaft, der aus der Züchtung 6-131 hergestellt wurde einen Anthocyanengehalt von 22 mg/L aufweist (Anhang 10, Abbildung 41). Variabel sind auch die Durchmesser der jeweiligen Sorten und Züchtungen. Die Sorte „Pomfital“ hat mit bis zu 7 cm Durchmesser bei Vollreife den größten Fruchtdurchmesser der hier dargestellten Züchtungen aus Geisenheim. Die kleinsten Fruchtdurchmesser zum Erntezeitpunkt lagen bei 4 cm bei den Züchtungen 6-131 und 6-21.

Die Sorte „Weirouge“, angebaut vom Obstbau Schmitt in Mainz (Abbildung 41) hatte im Erntejahr 2012 einen Durchmesser von mindestens 8 cm und ein dunkelrotes Fruchtfleisch. Der Saft aus diesen Äpfeln ergab einen Gesamtanthocyanengehalt von 31,6 mg/L. Dies liegt deutlich über dem Anthocyanengehalt des Saftes aus Äpfeln der Sorte „Weirouge“ vom Obstbau Schneider und ist, da die Verarbeitung auf die gleiche Art und Weise erfolgte, mit klimatischen Einflüssen insbesondere der Temperatur und der Sonneneinstrahlung zu begründen, worauf in einem späteren Kapitel noch detaillierter eingegangen wird. Unter den analysierten Äpfeln aus Edingen/Heidelberg wiesen die Äpfel der Sorten „Kathy“, „Topred“, „Marilyn“, „Anna“, „Mary“ und „Maggy“ eine stark ausgeprägte Rotfärbung auf. Äpfel der Sorten „Weirouge“ und „Ruth“ zeigten hingegen eine schwächere Rotfärbung des Fruchtfleisches, was sich im Gesamtanthocyanengehalt des Safts widerspiegelt. Fruchtsaft, der aus den Sorten „Weirouge“ hergestellt wurde ergab einen Gesamtanthocyanengehalt von

11,2 mg/L und aus der Sorte „Ruth“ 5,8 mg/L. Die höchsten Gesamtanthocyangehalte im Saft mit 29,5 mg/L ergaben die Züchtungen „Marilyn“, die Sorte „Mary“ mit 23,7 mg/L, „Anna“ mit 21,5 mg/L, „Topred“ mit 21,2 mg/L, „Kathy“ mit 19,3 mg/L und die Sorte „Maggy“ mit 19,1 mg/L Gesamtanthocyane im Saft.

Die Gehalte an Anthocyanen in den hergestellten Säften gleicher Sorten bzw. Züchtungen variieren teils sehr stark zwischen den Jahrgängen. Im folgenden Kapitel werden diese Schwankungen dargestellt und in einem späteren Kapitel explizit auf mögliche klimatische Einflüsse eingegangen. Zudem werden Sorten mit herausragenden Eigenschaften bezüglich des Anthocyangehaltes, Zucker –und Säuregehaltes ermittelt.

Anhand der sensorischen Prüfungen wurden ein Zuckergehalt von über 120 g/L und ein Gesamtsäuregehalt von unter 10 g/L als besonders sensorisch ansprechend empfunden. Der Farbton wurde ab einem Gesamtanthocyangehalt von über 10 mg/L als besonders farbtintensiv und dunkelrot bewertet (siehe Kapitel Sensorik). Dieser Bewertungsmaßstab aus sensorischen und analytischen Daten wird im Folgenden angewendet.

Ergebnisse und Diskussion

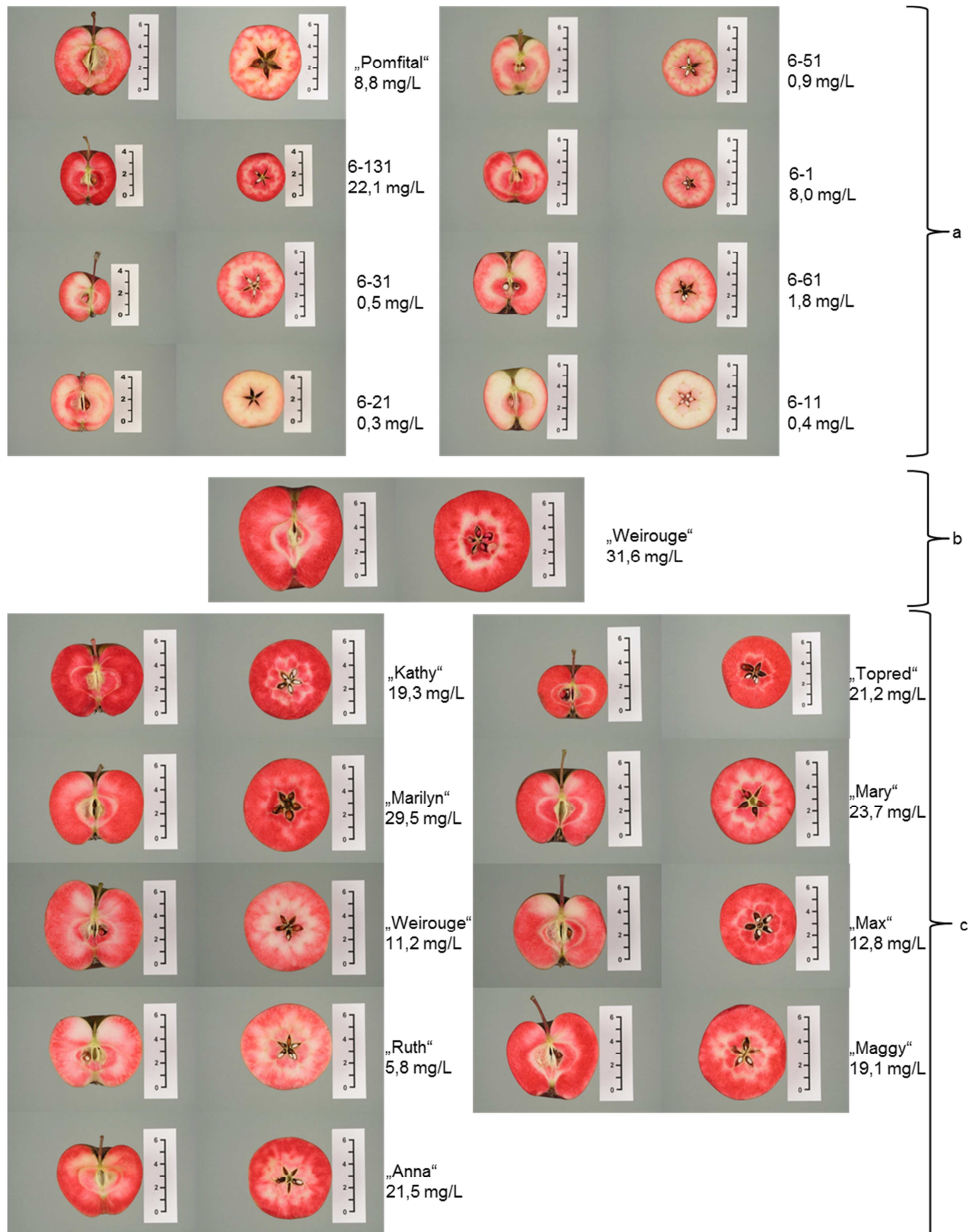


Abbildung 41: Längs –und Querschnitte rotfleischiger Apfelsorten und Züchtungen der Anbauorte a: Geisenheim (Institut für Obstbau), b: Mainz (Obstbau Schmitt) und c: Edingen/Heidelberg (Obstbau Schneider), aufgenommen bei Blende 8, 1/60 sec. Belichtungszeit, Kunstlicht-Fotoflampe, Olympus

3.6.1 Ernte 2009

Der Apfelsaft der Züchtung „Topred“ enthielt mit 35,3 mg/L den höchsten Gehalt an Anthocyanen im Erntejahr 2009. Darauf folgten mit 29,6 mg/L „Kathy“, „Philipp“ mit 26,1 mg/L, „Nr. 2/ Ruth“ mit 25,1 mg/L und die Züchtung „Maggy“ mit 20,6 mg/L (Abbildung 42). Sämtliche genannte Apfelzüchtungen stammen aus Edingen (Obstbau Schneider).

Saft der Sorte „Pomfital“ aus Geisenheim wies einen Anthocyangehalt von 2,6 mg/L auf, jedoch den mit Abstand größten Gesamtphenolgehalt, der direkt mit der antioxidativen Kapazität korreliert (Anhang 7).

Naturtrüber roter Apfelsaft, hergestellt aus der Züchtung „Mary“ enthielt 8,2 mg/L Anthocyane. Der Gehalt sank auf 3,9 mg/L nach der Herstellung von klarem Saft aus dieser Sorte. Insbesondere durch Adsorptionsprozesse an Schönungsmitteln und an den Filtern ist dieser Rückgang zu begründen, wie bereits im Kapitel „Verarbeitungsstudien“ dargestellt.

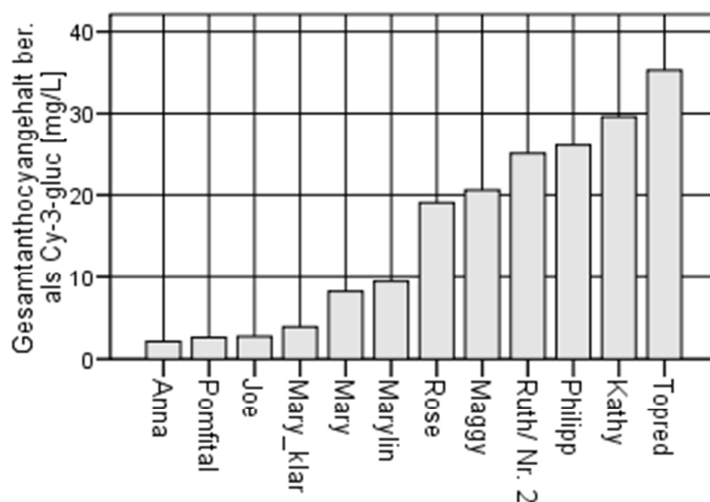


Abbildung 42: Gesamtanthocyanengehalte ber. als Cy-3-gluc der Apfelsaftproben 2009 [mg/L].

Die Säfte aus dem Erntejahr 2009 mit einem Gesamtanthocyanengehalt von über 20 g/L weisen keinen Gesamtsäuregehalt von unter 10 g/L (ber. als Äpfelsäure) auf (Abbildung 43). Der Saft der Züchtung „Maggy“ mit einem Gesamtsäuregehalt von 13,5 g/L liegt am nächsten an diesen Anforderungen (Anhang 7).

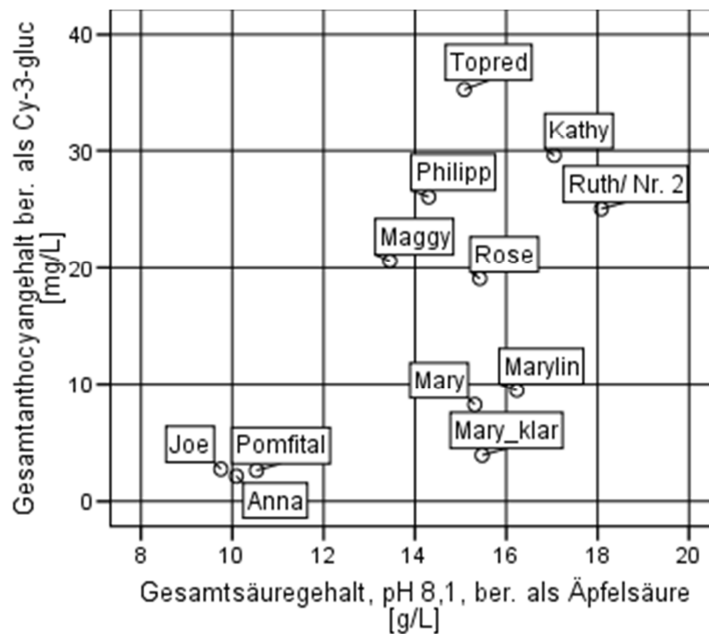


Abbildung 43: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2009.

Roter Apfelsaft, der aus der Züchtung „Kathy“ hergestellt wurde enthielt 122,1 g/L Zucker, aus „Ruth/Nr. 2“ 133,2 g/L und aus „Rose“ 133,7 g/L. Diese drei Züchtungen weisen einen ausreichenden Zuckergehalt auf, jedoch liegen bei diesen Sorten die Säuregehalte sehr hoch. Die Züchtung „Maggy“ im Erntejahr 2009 weist das ausgewogenste Verhältnis von Zucker-, Säure- und Gesamtanthocyaningehalt auf.

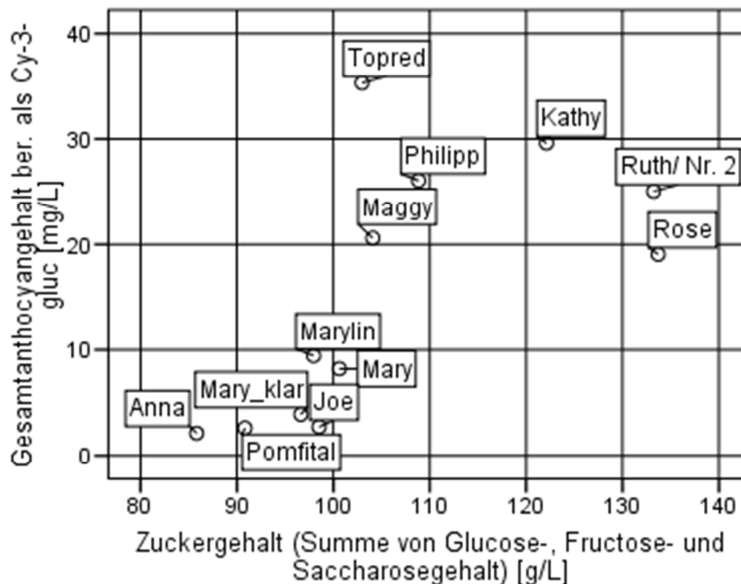


Abbildung 44: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2009.

3.6.2 Ernte 2011

Rote Apfelsäfte der Sorten „Anna“ mit einem Gesamtanthocyangehalt von 27,5 mg/L und „Maggy“ mit 22 mg/L übertrafen die Säfte aus anderen Sorten bzw. Züchtungen deutlich (Abbildung 45) um mehr als 10 mg/L (Anhang 8).

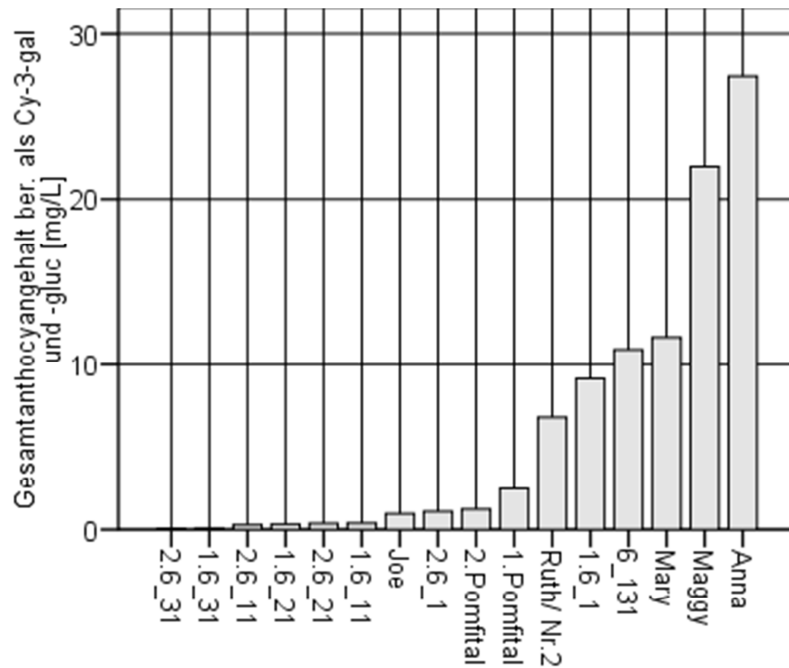


Abbildung 45: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben 2011 [mg/L].

Der Saft der Züchtung „Anna“ mit einem Gesamtsäuregehalt von 12,26 g/L und der Züchtung „Maggy“ mit 12,11 g/L (Anhang 9) liegen deutlich über dem gewünschten Säuregehalt von 10 g/L, entsprechen aber bezüglich des Gesamtanthocyangehalts den Anforderungen (Abbildung 46). Saft aus der weißfleischigen Sorte „Boskoop“ enthielt 10,01 g/L Gesamtsäure, aus „Topaz“ 8,27 g/L und aus der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ 5,24 g/L, was deutlich unter den Gehalten der Säfte aus rotfleischigen Äpfeln liegt. Umso wichtiger ist es bei der Verarbeitung von rotfleischigen Äpfeln zu Saft den geeigneten Erntezeitpunkt zu finden, da der Säuregehalt der Früchte mit fortschreitender Reife abnimmt, aber auch die Festigkeit und somit die Pressausbeute sinkt. Das Absinken des Säuregehaltes und des Gesamtanthocyangehaltes lässt sich anhand der Sorte Pomfital gut erkennen. Zwischen dem 1. Erntetermin und dem 2. liegen 2 Wochen Abstand, was zu einem Absinken des Anthocyangehaltes um fast die Hälfte führt.

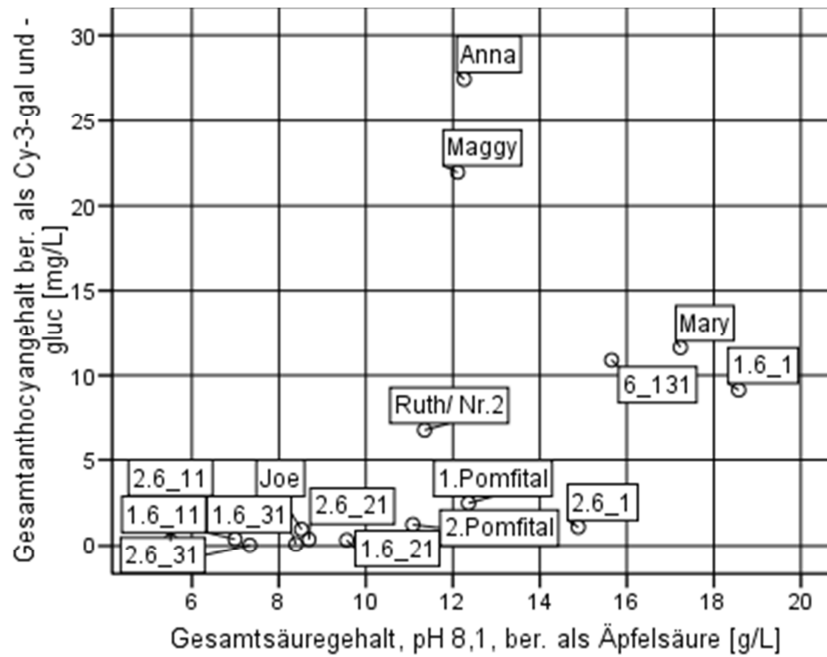


Abbildung 46: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2011.

Abbildung 47 zeigt das Streudiagramm des Gesamtanthocyanengehaltes in Relation zum Zuckergehalt der Säfte der Ernte 2011. Nur der Saft der Sorte „Anna“ entspricht mit einem Zuckergehalt von 123,6 g/L den Anforderungen. Jedoch ist der Säuregehalt wie bereits beschrieben zu hoch und der Aromastoffgehalt mit einem Aromaindex von 76 zu niedrig (Tabelle 18). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Säfte der Sorten „Maggy“ und „Anna“ im Erntejahr 2011 für eine Saftherstellung Verwendung finden können, jedoch nicht das Optimum aus Säuregehalt, Zuckergehalt und Anthocyanengehalt erfüllten. Saft der weißfleischigen Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ enthielt 122,9 g/L Zucker, der Sorte „Boskoop“ 158,9 g/L und aus „Topaz“ 160,5 g/L (Anhang 9).

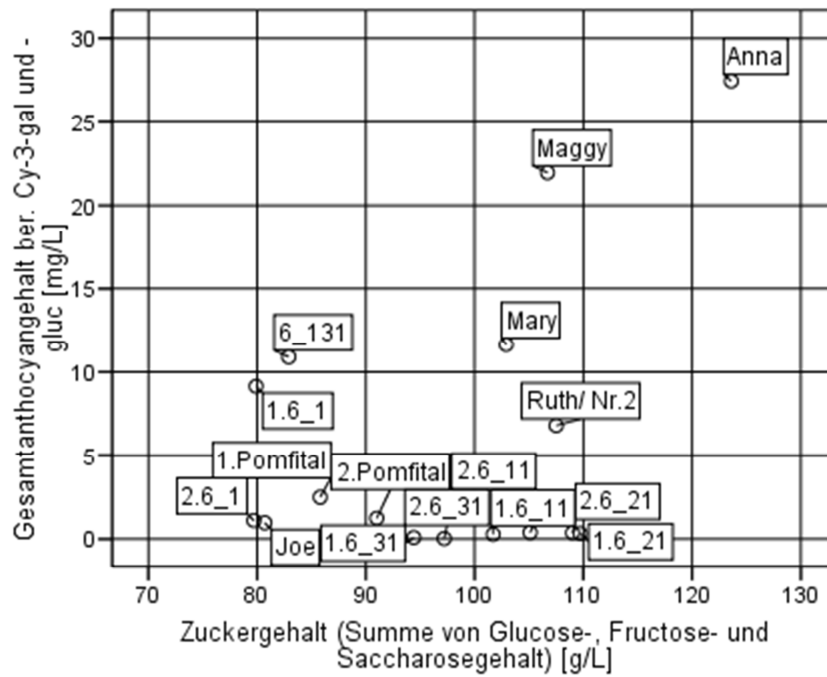


Abbildung 47: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehaltes [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2011.

3.6.3 Ernte 2012

Abbildung 48 zeigt das Histogramm der Gesamtanthocyanengehalte der Säfte der Ernte 2012. Saft der Züchtung „Maggy“, angebaut in Geisenheim, hat den höchsten Gesamtanthocyanengehalt der Säfte 2012 mit 36,7 mg/L. Darauf folgen mit 31,6 mg/L die Sorte Weirouge, angebaut in der Umgebung von Mainz (Obstbau Schmitt), die Züchtung „Marilyn“ mit 29,5 mg/L und die Züchtung „Nr.12“ mit 29,1 mg/L. Auffällig sind hier die signifikant unterschiedlichen Gehalte von gleichen Sorten mit unterschiedlichen Anbauorten. Die Züchtung „Maggy“, die in Edingen (Obstbau Schneider) angebaut wurde, ergibt einen Saft mit einem Gesamtanthocyanengehalt von 19,1 mg/L. Dies sind 17,6 mg/L weniger als beim Anbauort Geisenheim. Aufgrund gleicher Verarbeitung kann dies nur mit klimatischen Einflüssen begründet werden. Ebenso verhält es sich bei der Sorte „Weirouge“, der Gehalt des Saftes aus Äpfeln mit dem Anbauort Edingen betrug 11,2 mg/L, 20,4 mg/L weniger als der Saft aus Äpfeln die aus der Umgebung von Mainz stammen (Anhang 10).

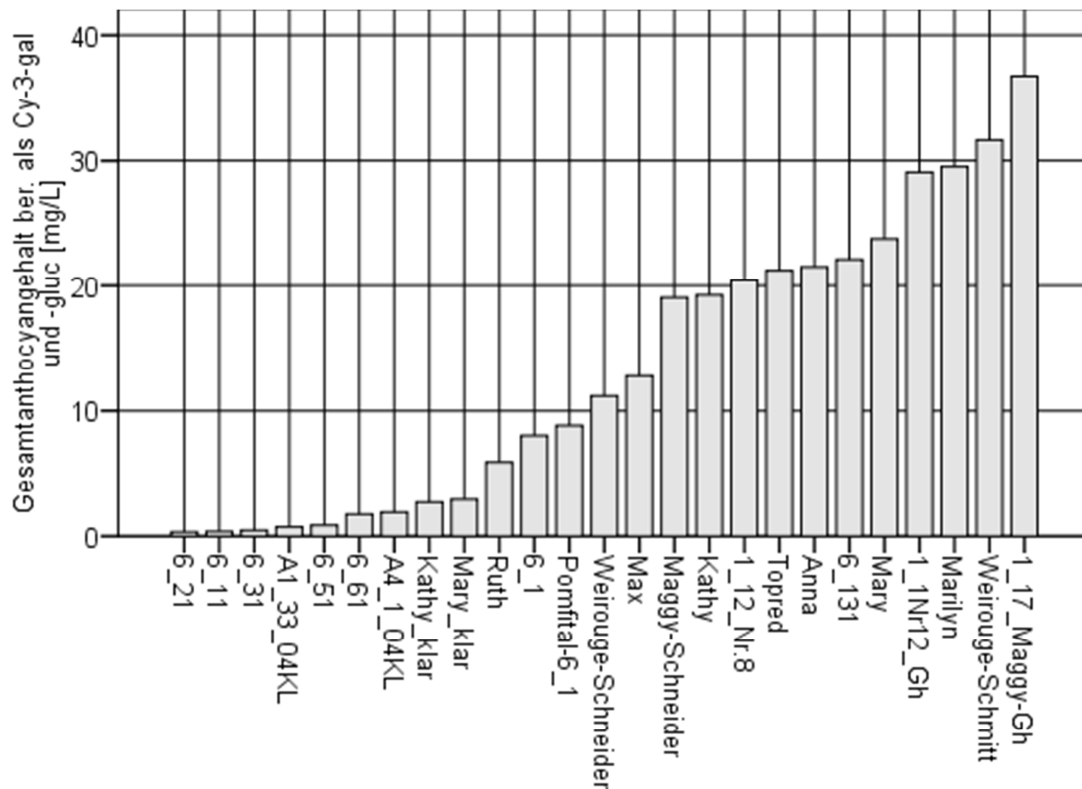


Abbildung 48: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben 2012 [mg/L].

In Abbildung 49 sind die Gesamtsäuregehalte ber. als Äpfelsäure in Relation zum Gesamtanthocyangehalt der Säfte des Jahres 2012 dargestellt. Die Züchtung „Nr. 12“ mit einem Gesamtsäuregehalt von 10,01 g/L erfüllt als einzige Züchtung bzw. Sorte die notwendigen Anforderungen. Bedingt sind auch die Züchtungen „Anna“ mit einem Säuregehalt von 11,34 g/L, „Kathy“ mit 11,57 g/L und „Maggy“, Anbauort Edingen, mit einem Gesamtsäuregehalt von 11,61 g/L für die Safftherstellung geeignet. Saft aus der weißfleischigen Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ wies einen Säuregehalt von 8,7 g/L auf (Anhang 11).

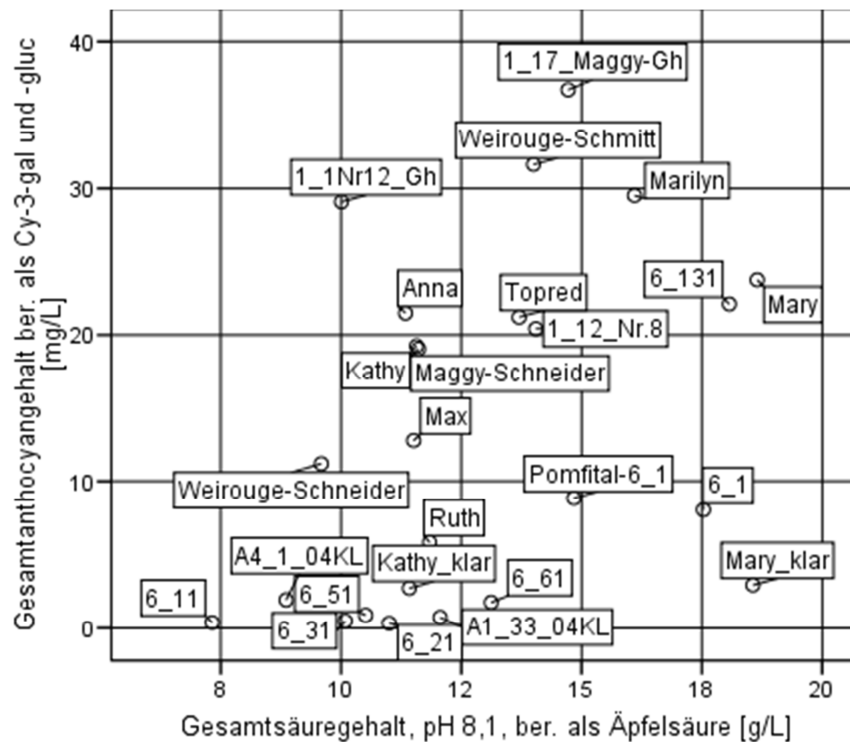


Abbildung 49: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2012.

Bezüglich des Zuckergehaltes entspricht bedingt der Saft der Züchtung „Nr. 8“ mit einem Zuckergehalt von 116,9 g/L den gewünschten 120 g/L Zucker. Saft der Züchtung „Maggy“ mit dem Anbauort Geisenheim enthielt 107,8 g/L Zucker und verfügt bedingt über einen ausreichenden Zuckergehalt. Im Erntejahr 2012 ergab Saft der weißfleischigen Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ einen Zuckergehalt von 114,4 g/L (Anhang 11). Sensorisch wurde Saft dieser Sorte mit einem Wert von 7 auf einer Skala bis 9 durchaus als beliebt beurteilt. Saft der Züchtung „Nr. 8“ konnte aufgrund geringer Mengen nicht in einem großen Panel sensorisch untersucht werden. Aufgrund von großen Ernteaussfällen im Jahr 2012 konnten weitere weißfleischige Sorten nicht untersucht werden.

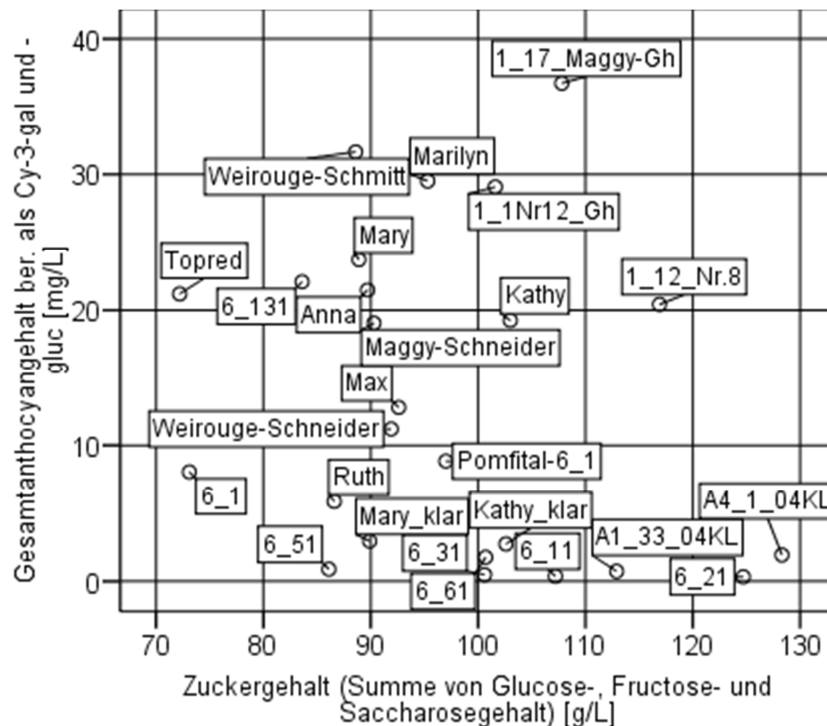


Abbildung 50: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2012.

3.6.4 Ernte 2013

Einen Gesamtanthocyanengehalt von 89,4 mg/L wies der Saft aus der Züchtung „Mary“, angebaut in Geisenheim auf. Dies zeigt deutlich das Potential bestimmter Züchtungen auf und die Bedeutung des klimatischen Einflusses auf den Gehalt an Anthocyanen, insbesondere im Fruchtfleisch. Der Anthocyanengehalt im Fruchtfleisch macht den Großteil des Anthocyanengehaltes im Saft aus, wie im Abschnitt 3.3 und 3.6.4 gezeigt wurde. Weitere Ursachen für die Unterschiede des Anthocyanengehaltes gleicher Sorten bzw. Züchtungen könnten bei diesen Untersuchungen auch der Transportweg und die Art der Lagerung sein. Sämtliche Sorten und Züchtungen, die in Geisenheim geerntet wurden, lagerten bei 4 °C. Äpfel der Sorte „Weirouge“ vom Obstbau Schmitt wurden ebenso mit kürzeren Unterbrechungen, insbesondere während des Transports, bei 4 °C gelagert. Äpfel, die vom Obstbau Schneider erhalten wurden, konnten aufgrund des längeren Transportweges nicht ohne längere Unterbrechung der Kühlung transportiert werden. Zu empfehlen ist eine direkte Verarbeitung von hochreifen Äpfeln, die aber noch eine gewisse Festigkeit aufweisen um eine ausreichende Pressausbeute zu gewährleisten.

Saft aus der Züchtung „Nr. 9“ folgte mit einem Gehalt von 78,1 mg/L, „Baya Marisa“ mit 45,2 mg/L, „Topred“ mit 36,9 mg/L, „Maggyschneider“ mit 36,7 mg/L, „Nr. 7“ mit 36,6 mg/L und „Nr.8“ mit einem Gesamtanthocyanengehalt von 34,8 mg/L. Alle zuvor genannten Züchtungen wurden in Geisenheim angebaut. Saft der Sorte „Weirouge“, angebaut in der Region um Mainz

(Obstbau Schmitt), enthielt 33,4 mg/L Anthocyane und angebaut in der Region um Heidelberg (Obstbau Schneider) 19,4 mg/L. Saft aus Äpfeln der Züchtung „Maggy“, angebaut in Edingen, enthielt 27 mg/L Anthocyane (Anhang 12).

Interessant ist auch der sinkende Anthocyangehalt des Saftes der Sorte „Pomfital“ mit fortschreitender Reife. Der Saft, der aus Äpfeln der 1. Ernte der Sorte „Pomfital“ am 10.09.2013 hergestellt wurde enthielt 21,6 mg/L Anthocyane, Saft der 2. Ernte vom 16.09.2013 13,3 mg/L und der 3. Ernte am 26.09.2014 9,5 mg/L (Anhang 12). Die Verarbeitung erfolgte bei allen Probenahmen nach einem Tag Kühlung bei 4 °C. Werden diese Ergebnisse in Relation zum Gesamtanthocyangehalt der Frucht betrachtet, die wie in Kapitel 3.4 dargestellt gegen Ende der Reifeperiode nahezu konstant sind, so ist diese Abnahme des Anthocyangehaltes im Saft zunächst einmal nicht nachvollziehbar. Jedoch kann diese Abnahme mit einem sinkenden Gesamtsäuregehalt begründet werden. Dieser sinkt im Saft mit zunehmender Reife der Äpfel von 14,8 g/L, über 14,3 g/L bis auf 13,8 g/L (Anhang 13).

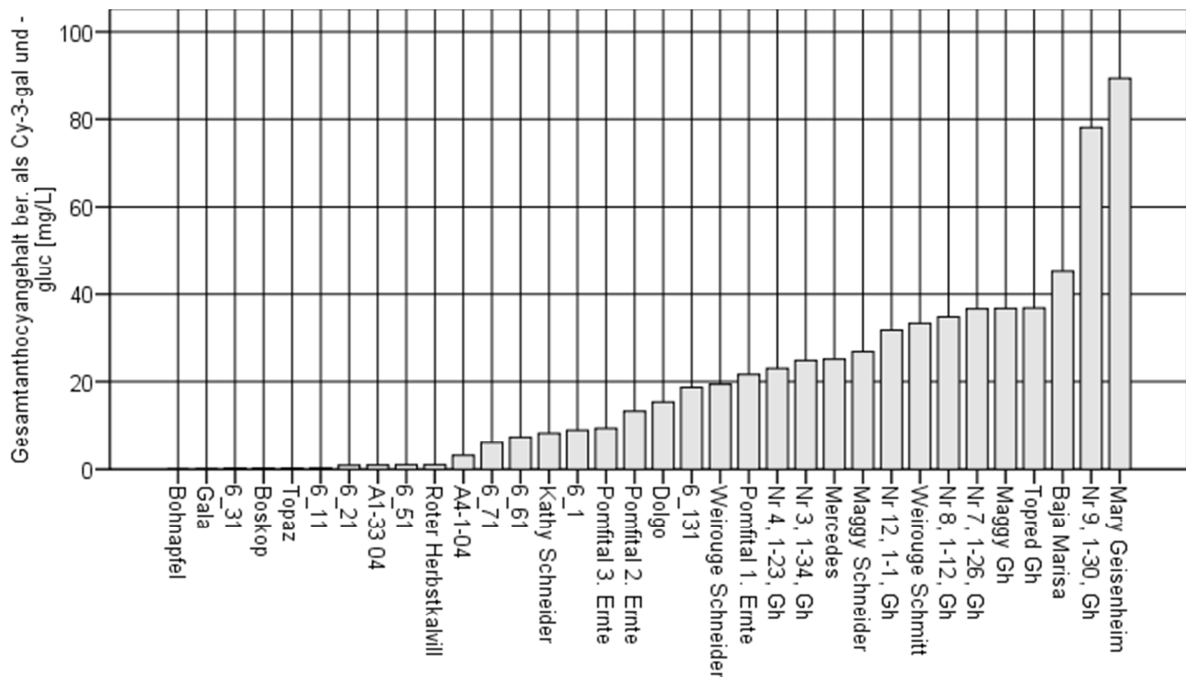


Abbildung 51: Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc der Apfelsaftproben 2013 [mg/L].
 Abbildung 52 zeigt die Anthocyangehalte der roten Apfelsäfte, hergestellt aus den Sorten und Züchtungen im Jahr 2013. Die Anforderungen bezüglich des Säuregehaltes in Verbindung mit einem Anthocyangehalt von über 20mg/L erfüllen die Säfte der Züchtungen „Nr. 4“ mit 4,25 g/L und „Nr. 12“ mit 8,13 g/L, angebaut in Geisenheim. Bedingt auch die Säfte der Züchtung „Mary“, angebaut in Geisenheim, und die Sorte „Baya Marisa“ mit 10,55 g/L Gesamtsäuregehalt (Anhang 13).

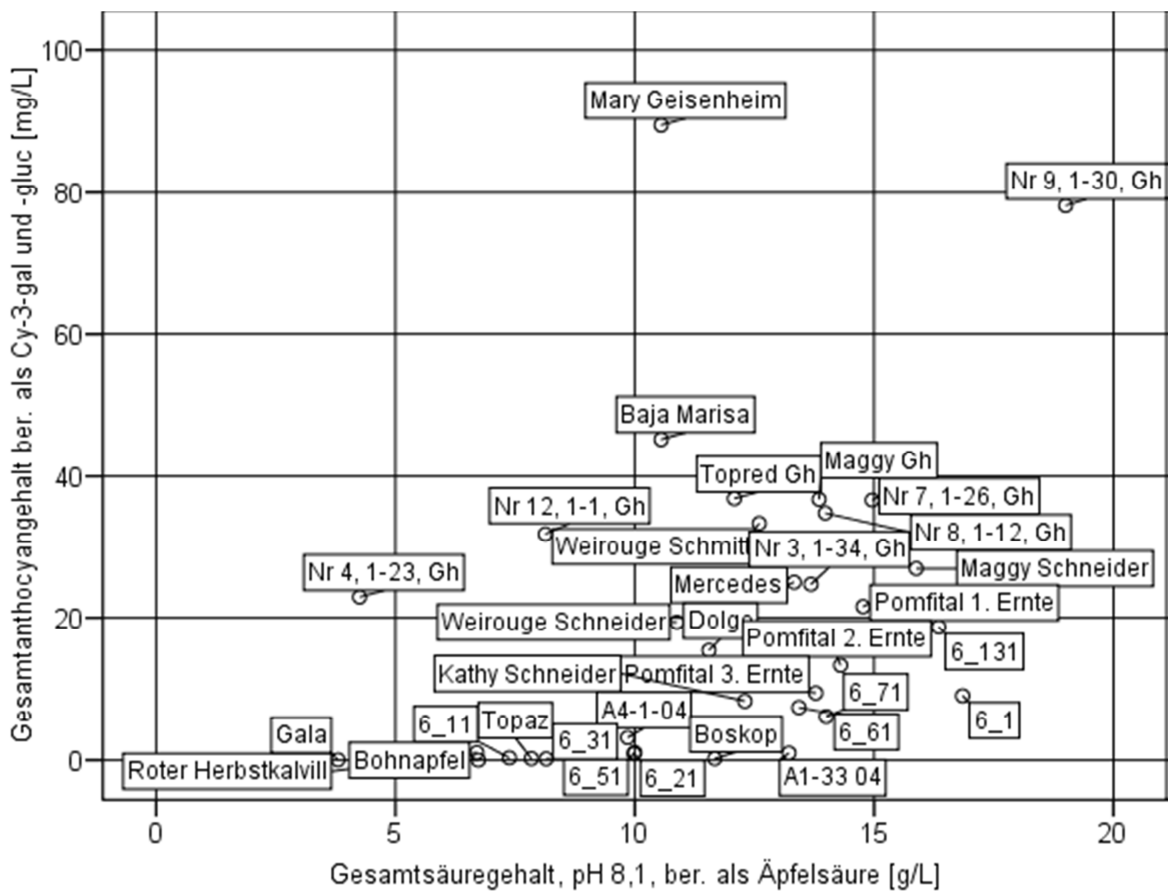


Abbildung 52: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2013.

Abbildung 53 zeigt das Streudiagramm der Zucker –und Anthocyanengehalte der Säfte der Sorten bzw. Züchtungen der Ernte 2013. Deutlich zu erkennen ist, dass die Säfte der Sorte „Baya Marisa“ und der Züchtung „Mary“, angebaut in Geisenheim, einen Zuckergehalt von über 120 g/L aufweisen.

Der Apfelsaft der Sorte „Baya Marisa“ und der der Züchtung „Mary“, beide angebaut in Geisenheim, weisen einen Zuckergehalt von 123,9 g/L auf. Einen ausreichenden Zuckergehalt weisen auch die Züchtungen „Maggy“ mit 113,2 g/L und „Nr. 8“ mit 113,7 g/L auf, allerdings ist der Säuregehalt bei diesen Züchtungen zu hoch (Anhang 13).

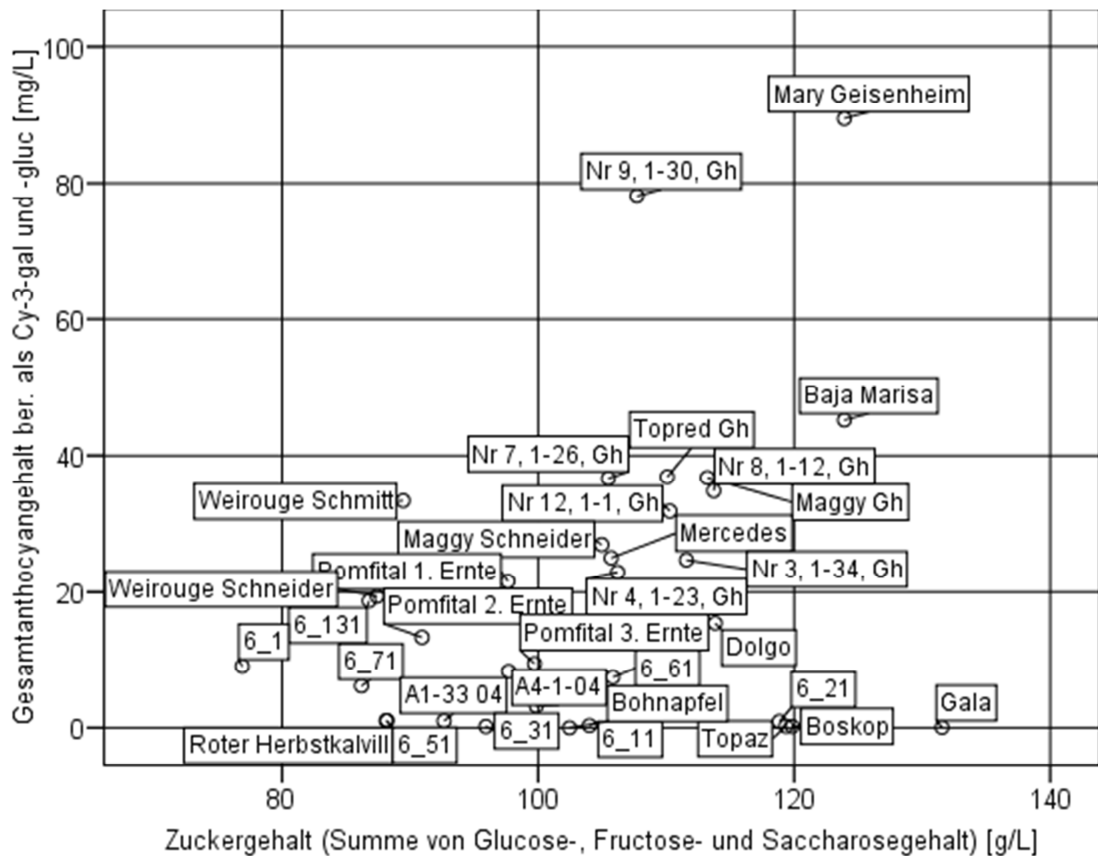


Abbildung 53: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Apfelsorten des Erntejahres 2013.

3.6.5 Antioxidative Eigenschaften der Sorten der Ernte 2011 bis 2013

Es wurden die antioxidativen Eigenschaften der Säfte anhand der TEAC-Werte und der Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu) bestimmt. Den größten Gehalt an Antioxidantien wiesen die Züchtungen bzw. Sorten „Anna“, „Dolgo“, „Pomfital“ (jeweils der letzte Erntetermin des entsprechenden Erntejahres) und die weißfleischige Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ auf (Abbildung 54). Die Unterschiede der Werte zwischen den Jahrgängen resultieren aus den klimatischen Einflüssen und dem Erntezeitpunkt bzw. Reifezustand, wobei wie gezeigt wurde der Gehalt an antioxidativ wirksamen Verbindungen mit fortschreitender Reifung abnimmt (Tabelle 11).

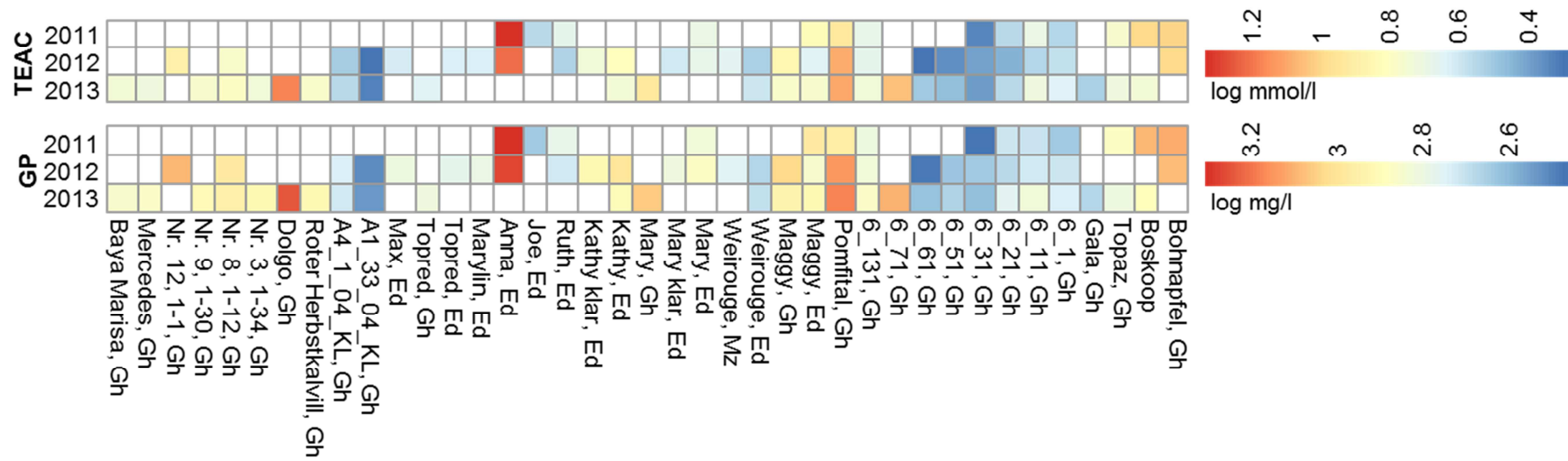


Abbildung 54: Übersicht über den Gehalt an antioxidativ wirksamen Verbindungen, TEAC und Gp, der Säfte der Ernte 2011-2013, Darstellung als heatmap, column-scaled

Ergebnisse und Diskussion

Die geringsten Gehalte an Antioxidantien wiesen die Züchtungen 6-11 bis 6-61 und A1-33-04KL und A4-01-04KL auf, dies ist mit dem Absinken des Gehaltes an farblosen Polyphenolen und Anthocyanen zu begründen, die einen Großteil der antioxidativen Kapazität ausmachen.

Tabelle 11: Verlauf der TEAC -und Gp-Werte, °Brix-Werte, Gesamtsäuregehalte sowie der Gehalte an farblosen Polyphenolen und der Gesamtanthocyangehalte der Säfte der Sorte "Pomfital" mit fortschreitendem Reifegrad der Ernte 2013.

Sorte	°Brix	Gesamtsäuregehalt pH 8,1, ber. als Äpfelsäure	TEAC [mmol/L]	Gesamtphenole [mg/L]	farblose Polyphenole [mg/L]	Gesamtanthocyan- gehalt [mg/L]
Pomfital, 1.Ernte Ernte: 10.09.	11,49	14,8	14,41	1607	656,9	21,6
Pomfital, 2.Ernte Ernte: 16.09.	10,5	14,3	12,95	1497	609,5	13,3
Pomfital, 26.09.	11,24	13,8	12,19	1456	450,4	9,5

Bei Betrachtung des Verlaufs der antioxidativen Eigenschaften während der Reifung fällt auf, dass diese sowohl mit dem Gehalt an farblosen Polyphenolen als auch dem Anthocyangehalt korreliert und mit fortschreitender Reife der Äpfel im Saft abnimmt. Wobei jedoch der Effekt des abnehmenden Polyphenolgehalts gegenüber dem Anthocyangehalt auf die antioxidativen Eigenschaften überwiegen sollte. Tabelle 11 zeigt das Absinken des Gesamtsäuregehaltes mit fortschreitender Reife, was ein Grund für die Abnahme des Anthocyangehaltes und des Gehaltes an farblosen Polyphenolen ist.

3.6.6 Der Gehalt an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2010 bis 2013

Abbildung 55 zeigt die Cluster-Z-Score-Analyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2010. Hierbei findet ein Vergleich der Gehalte bezogen auf den Mittelwert einer Reihe statt und das Ergebnis ist mit einer Wärmebildkamera zu vergleichen, wobei ein hoher Gehalt im Vergleich zum Mittelwert in roter Farbe dargestellt ist. Auf der linken y-Achse sind die einzelnen Cluster gekennzeichnet, wodurch sich gemeinsame Eigenschaften der Sorten und Züchtungen erkennen lassen.

Der Saft der Züchtung „Anna“ bildet als einzige Sorte bzw. Züchtung ein eigenes Cluster und nimmt auch aufgrund des höchsten Anthocyangehalts eine Sonderstellung ein (Abbildung 55). Wie zu erwarten, ist der Gehalt an Procyanidinen (B1: 47,3 mg/L, B2: 146,9 mg/L und C1: 35,9 mg/L) in dieser Züchtung am höchsten. Ein Gesamtcluster bilden auch die Züchtungen 6-21, 6-11 und 6-31 die eine große genetische Ähnlichkeit aufweisen. Die Züchtung 6-1 und die Sorte Pomfital bilden ebenfalls ein Cluster, insbesondere bezüglich des Gehalts an Phlorizin, Kryptochlorogensäure und Chlorogensäure sind diese Gemeinsamkeit zu sehen. Der Saft der weißfleischigen Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ bildet

ein eigenes Untercluster und weist deutliche Unterschiede zum Polyphenolmuster der rotfleischigen Sorten auf. Insbesondere bezüglich des Gehaltes an Phlorizin und der Quercetine ist dies zu erkennen.

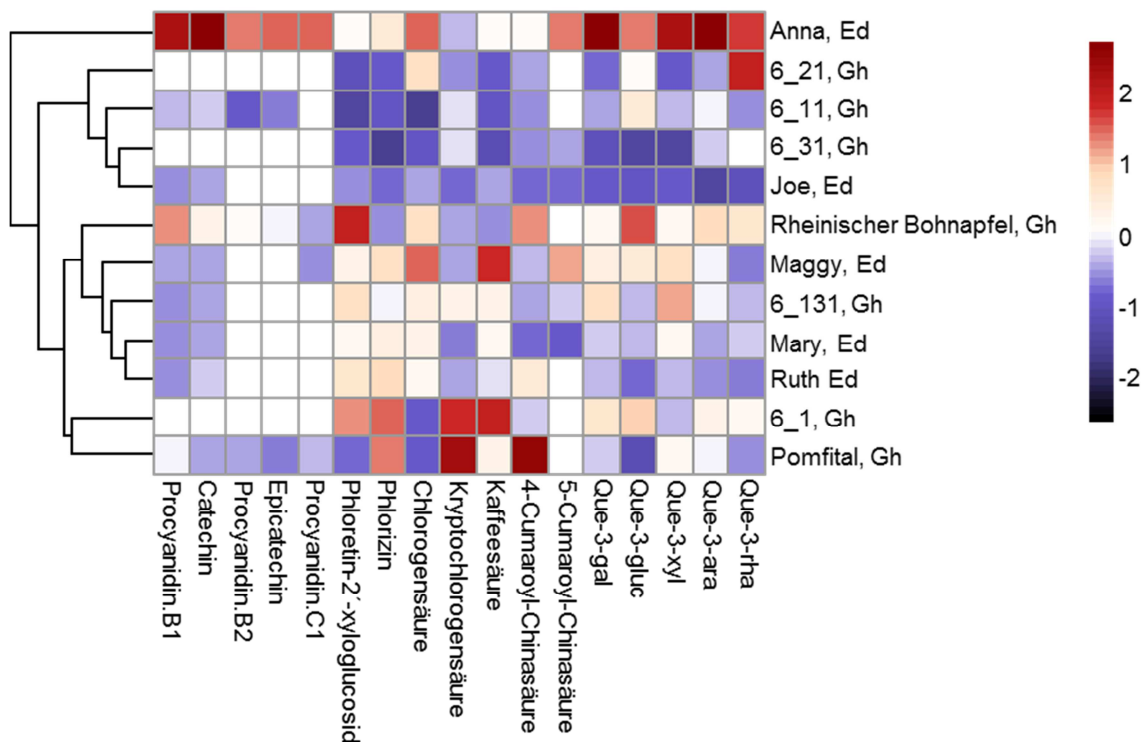


Abbildung 55: Cluster-Z-Score-Analyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2011, logarithmiert und Reihen-skaliert, Darstellung als heatmap, die Klammern auf der y-Achse kennzeichnen die einzelnen Cluster, die ein signifikant gleiches Muster des Gehalts an farblosen Polyphenolen aufweisen.

Abbildung 56 stellt die Clusteranalyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2012 dar. Es sind drei große Cluster zu erkennen, die sich in kleinere Cluster unterteilen lassen. Wiederum bildet die Züchtung „Anna“ ein Cluster für sich, aufgrund ihres hohen Gehalts an Procyanidinen. Thielen et al. (2004) zeigte, dass der Großteil der Quercetine in der Schale von Äpfeln zu finden ist, was den geringen Gehalt an Quercetinen im Saft erklärt. Die Extraktionsrate der Quercetine ist abhängig vom Pressdruck und der Feinheit des Mahlens. Jedoch gehen wir hier von vergleichbaren Bedingungen der Verarbeitung aus. Beim Vergleich der Säfte der Ernte 2012 der Sorte „Weirouge“ aus Mainz und Edingen fällt auf, dass diese sich insbesondere in ihrem Gehalt an Quercetinen unterscheiden. Saft der Sorte „Weirouge“ aus Mainz wies einen deutlich größeren Gehalt an Quercetinen als der Durchschnitt der untersuchten Säfte auf. Saft der Züchtung „Maggy“ aus Edingen wies einen Chlorgensäuregehalt von 210,4 mg/L und aus Geisenheim 269,6 mg/L auf (Anhang 16). Saft der Sorte „Weirouge“ kann dem mittleren Gesamtcluster zugeordnet werden, das insbesondere durch einen niedrigeren Gehalt an Phlorizin, Phloretin-2-xyloglucosid und Procyanidinen charakterisiert ist. Der Saft der Züchtung „Maggy“ aus

verschiedenen Anbauorten zeigt hingegen signifikante Unterschiede und bildet kein Gesamtcluster. Hier zeigt sich der große Einfluss des Anbauortes auf das Polyphenolprofil.

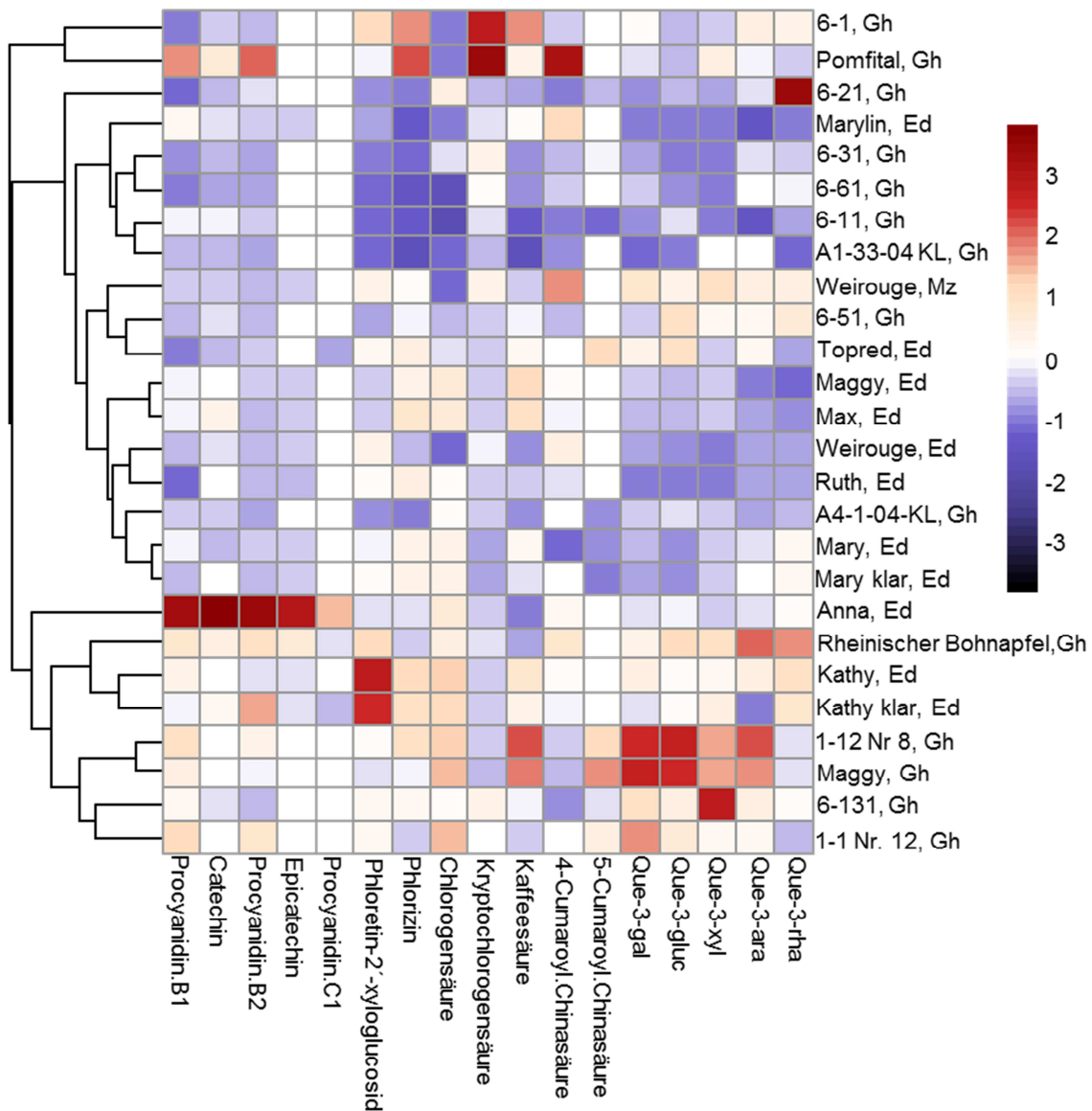


Abbildung 56: Cluster-Z-Score-Analyse der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte der Ernte 2012, logarithmiert und Reihen-skaliert, Darstellung als heatmap.

Abbildung 57 zeigt die Gehalte an farblosen Polyphenolen der Sorten und Züchtungen im Jahr 2013. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit der Abbildung wird die Bezeichnung der Proben in Tabelle 12 dargestellt. Bei den Sorten „Topaz“, „Boskoop“, „Rheinischer Bohnapfel“ und „Gala“ handelt es sich um weißfleischige Äpfel, die auf gleiche Art und Weise zu naturtrübem Apfelsaft verarbeitet und analysiert wurden. Vergleichbar zu den Erntejahren 2011 und 2012 zeigt sich 2013 ein hoher Gehalt an Chlorogensäure in allen Sorten und Züchtungen, jedoch etwas weniger bei „Topaz“, „A1-33-04 KL“, „6-31“, „6-11“ und „Gala“. Auffällig ist ebenso ein hoher Gehalt an Procyanidin B2, -C1, Epicatechin, 4-Cumaroylchinasäure und Phlorizin bei den Sorten und Züchtungen „Pomfital“ zu allen

Ergebnisse und Diskussion

Ernteterminen, wobei am spätesten Erntetermin der Gehalt an Procyanidin B2 geringer ist, und der Sorte „Dolgo“ (zur Verfügung gestellt vom Zierpflanzenbau der Hochschule Geisenheim), die den höchsten Gehalt an Epicatechin und Catechin aufwies. 4-Cumaroylchinasäure konnte in höheren Gehalten auch bei den Sorten und Züchtungen „Weirouge“, „6-1“, „Nr. 9 1-34“ und „roter Herbstkalvill“ gefunden werden.

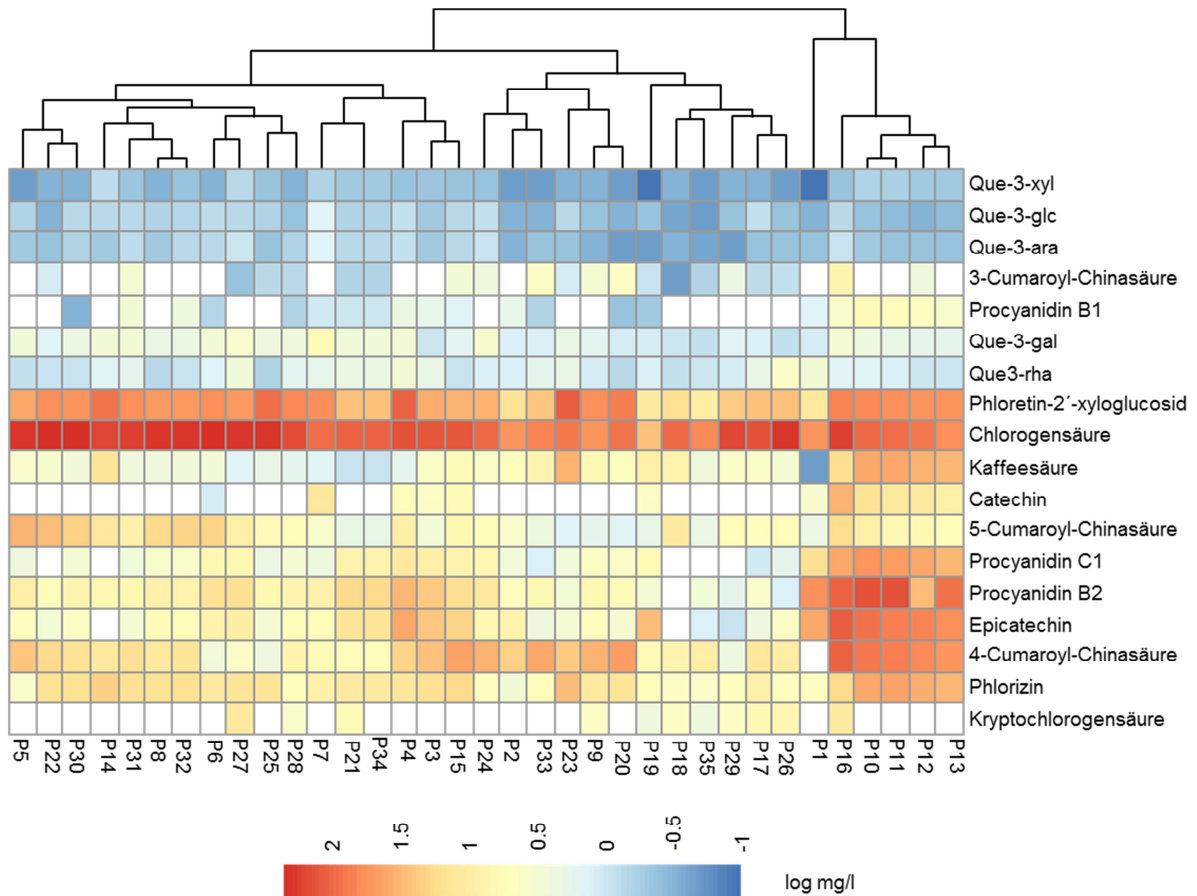


Abbildung 57: Heatmap der Gehalte an farblosen Polyphenolen der Sorten und Züchtungen der Ernte 2013, logarithmiert und Reihen-skaliert mit Clusteranalyse.

Tabelle 12: Probennummern (P-Nr.) und dazugehörige Bezeichnung der Sorte bzw. Züchtung bezogen auf Abbildung 57.

P-Nr.	Sorte/ Züchtung	P-Nr.	Sorte/ Züchtung	P-Nr.	Sorte/ Züchtung	P-Nr.	Sorte/ Züchtung	P-Nr.	Sorte/ Züchtung
P1	Topaz, Gh 2013	P7	Nr.7, 1-26, Gh 2013	P13	6_71, Gh 2013	P19	6_11, Gh 2013	P25	Nr.3,1-34
P2	Gala, Gh 2013	P8	Maggy, Gh 2013	P14	6_131, Gh 2013	P20	Weirouge, Ed 2013	P26	6_21, Gh 2013
P3	Boskop, Gh 2013	P9	Weirouge, Mz 2013	P15	Roter Herbst- kalvill	P21	Maggy, Ed 2013	P27	Mary, Gh 2013
P4	Rheinischer Bohnapfel, Gh 2013	P10	Pomfital 1. Ernte, Gh 2013	P16	Dolgo, Gh 2013	P22	Kathy, Ed 2013	P28	Topred, Gh 2013
P5	Nr.4, 1_23, Gh 2013	P11	Pomfital 2. Ernte, Gh 2013	P17	6_51, Gh 2013	P23	6_1, Gh 2013	P29	A4-1-04, Gh 2013
P6	Nr. 12, 1_1, Gh 2013	P12	Pomfital 3. Ernte, Gh 2013	P18	6_31, Gh 2013	P24	Nr.9, 1-30, Gh 2013	P30	Nr. 8, 1-12, Gh 2013
								P31	Mercedes, Gh 2013
								P32	Maggy, Gh 2013
								P33	6_61, Gh 2013
								P34	Baya Marisa, Gh 2013
								P35	A1-33-04 KL, Gh 2013

3.6.7 Vergleich zu Handelsprodukten

Anhang 14 zeigt die Übersicht über die allgemeinen Analyseparameter und Anthocyan – sowie Polyphenolgehalte (farblose) der untersuchten Handelsprodukte der Sorte „Weirouge“. Bei dem Handelsprodukt aus den Niederlanden wurde die Sorte nicht explizit ausgelobt, jedoch anhand der Analyseergebnisse und des Etiketts kann davon ausgegangen werden, dass es sich um „Weirouge“ handelt. Bei dem Handelsprodukt aus Südtirol schwanken die Gesamtanthocyangehalte von 1,1 mg/L (MHD Dez 2011) und 4,6 mg/L (MHD Dez 2012). Das Handelsprodukt aus den Niederlanden weist einen Gesamtanthocyangehalt von 2,7 mg/L auf. Die Gehalte an Anthocyanen liegen bei diesen Produkten deutlich niedriger als bei der Großzahl der hergestellten Versuchssäfte. Auch die antioxidative Kapazität liegt mit 476 mg/L Gesamtphenole (Folin-Ciocalteu) für das Produkt aus Südtirol (MHD Dez 2011), 465 mg/L (MHD Dez 2012) und für das Handelsprodukt aus den Niederlanden mit 577 mg/L niedriger als viele der Versuchssäfte.

3.6.8 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Sorten bzw. Züchtungen, „Maggy“, „Mary“ und „Baya Marisa“ die besten Eigenschaften bezüglich eines hohen Anthocyangehaltes von über 20 mg/L, einen niedrigeren Säuregehalt von weniger als 10 g/L Gesamtsäure (ber. als Äpfelsäure) und einen hohen Zuckergehalt von über 120 g/L aufwiesen. Die Säfte der Sorten „Pomfital“, „Dolgo“ und der Züchtung „Anna“ wiesen zudem die höchste antioxidative Kapazität und den höchsten Gesamtphenolgehalt aller untersuchten rotfleischigen Sorten (ausgenommen der Nachkommenschaft von „Pomfital“ und „Wellant“) auf. Die antioxidativen Eigenschaften der genannten Säfte, die mittels TEAC und Folin-Ciocalteu untersucht wurden, übertreffen den der Mostapfelsorte „Rheinischer Bohnapfel“ und der anderen untersuchten weißfleischigen Sorten bei weitem. Grund hierfür ist vermutlich ein hoher Gehalt an Procyanidinen, insbesondere Procyanidin B2, der sich insbesondere bei der Sorte „Pomfital“ finden konnte.

3.7 Kreuzungspopulation

3.7.1 Kreuzungspopulation Ernte 2011

Abbildung 58 zeigt den Gesamtanthocyangehalt [mg/L] der Säfte aus den Kreuzungen der Ernte 2011 und den Gesamtsäuregehalt [g/L]. Die höchsten Gehalte an Anthocyanen weisen die Säfte der Züchtungen „2-68“ mit 81,9 mg/L, „4-71“ mit 74,3 mg/L und „2-62“ mit 45,4 mg/L auf. Die Kreuzungen „5-10“ und bedingt auch „5-98“ weisen einen relativ niedrigen Gesamtsäuregehalt von 7,66 g/L bzw. 8,09 g/L bei pH 8,1 und ber. als Äpfelsäure und eine Gesamtanthocyangehalt von 27,19 mg/L bzw. 18,68 mg/L auf. Diese Kreuzungen wären somit direkt ohne einen Verschnitt mit süßeren und säureärmeren Apfelsorten für die Safterstellung geeignet.

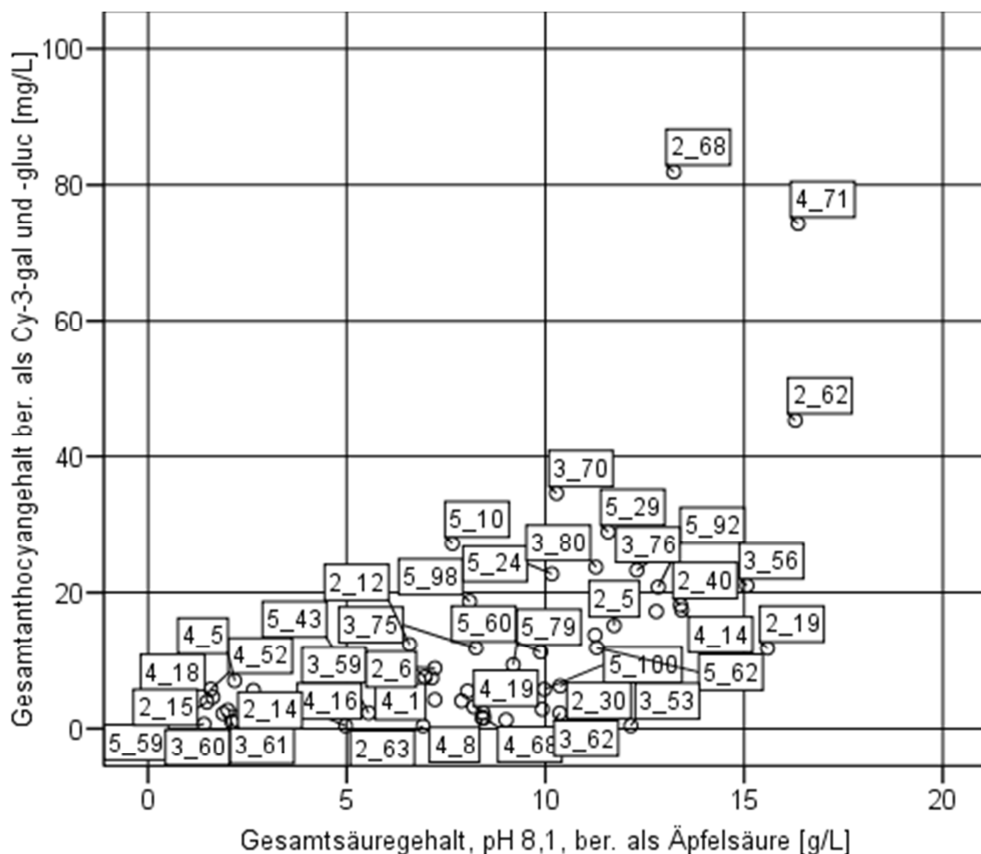


Abbildung 58: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Säuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2011.

Betrachten wir Abbildung 59, so fällt auf, dass einige Kreuzungen einen Zuckergehalt von über 120 g/L bei einem relativ hohen Anthocyangehalt von über 20 mg/L aufweisen. Die Kreuzungen „5-92“ (127,8 g/L), „5-10“ (125,3 g/L) und „3-80“ (121,9 g/L) sind bezüglich ihres Zuckergehaltes besonders hervorzuheben. Die Kreuzungen „2-68“ mit einem Zuckergehalt von 119,2 g/L, „3-70“ mit 118,2 g/L, „5-24“ mit 119,2 g/L und „5-29“ mit 114,7 g/L sind aufgrund des Zuckergehaltes und des Gesamtanthocyangehaltes ebenfalls geeignet.

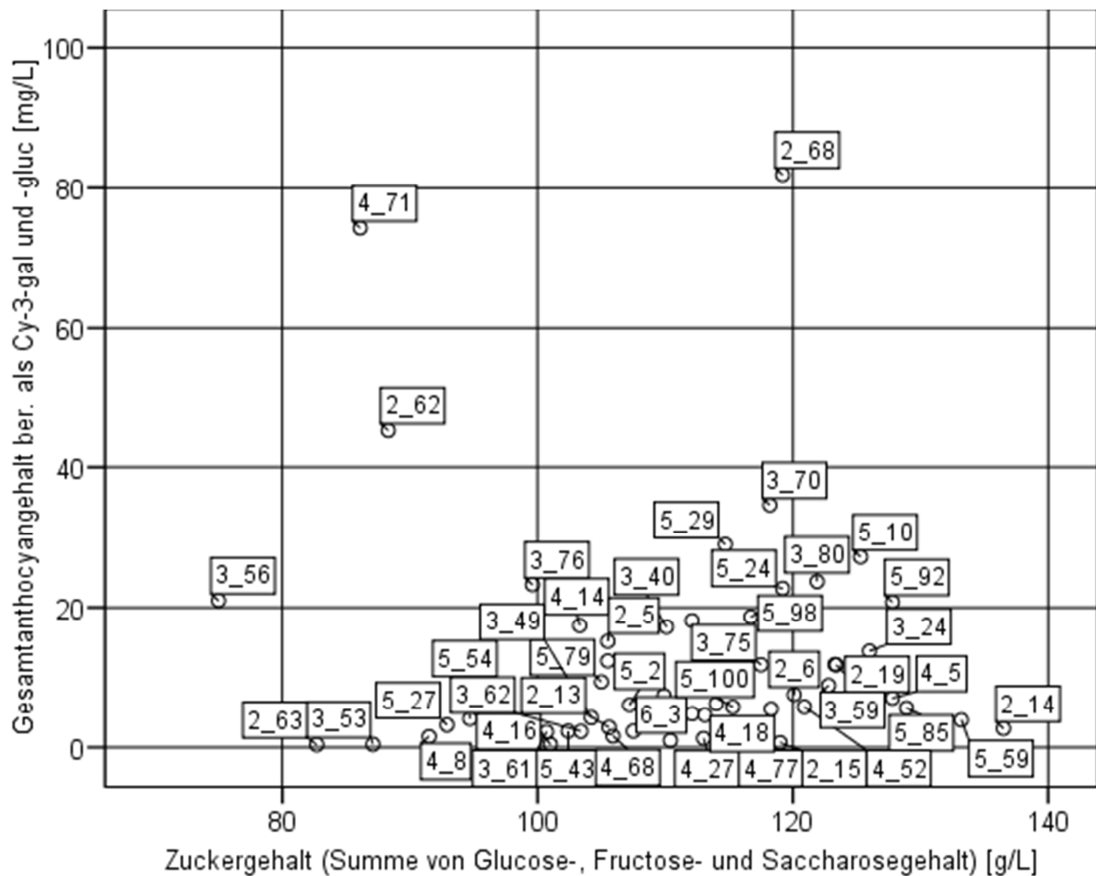


Abbildung 59: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2011

3.7.2 Kreuzungspopulation Ernte 2012

Die höchsten Gesamtanthocyanengehalte im Erntejahr 2012 haben der Saft der Kreuzung „5-56“ mit 74,2 mg/L, „4-14“ mit 42,2 mg/L und „3-76“ mit 35,2 mg/L. Bezüglich des Gesamtsäuregehaltes erscheint hier nur wiederum der Saft der Kreuzung „5-10“ (9,86 g/L Gesamtsäure) als besonders geeignet (Abbildung 60).

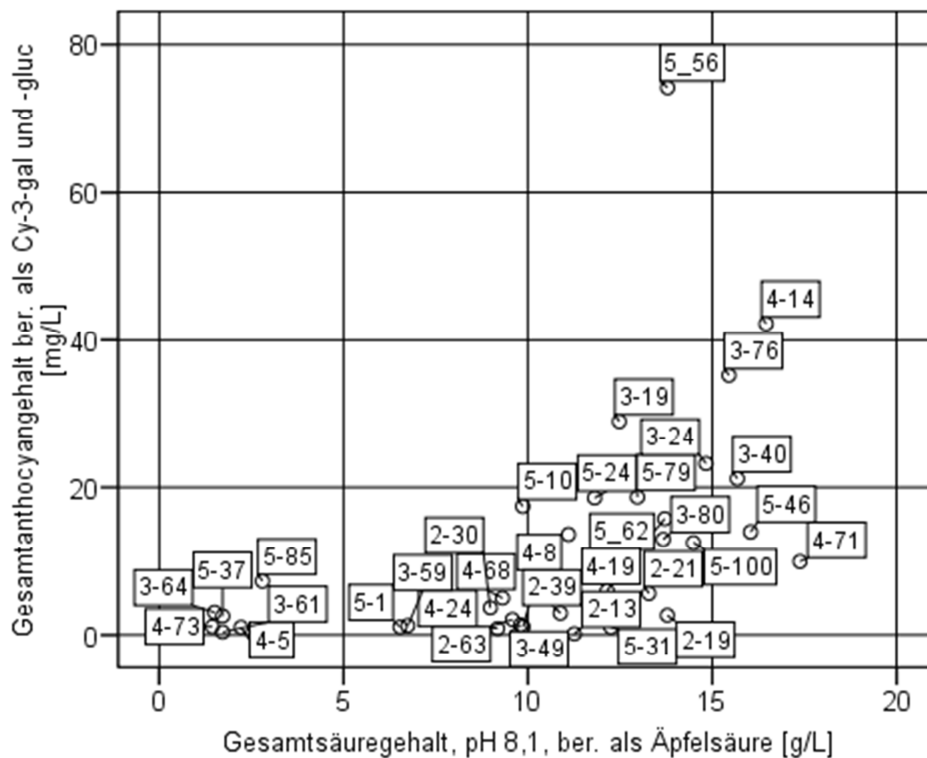


Abbildung 60: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Gesamtsäuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2012.

Abbildung 61 zeigt den Zuckergehalt der Säfte der Kreuzungen der Ernte 2012 in Relation zum Gesamtanthocyanengehalt. Die Säfte, hergestellt aus den Kreuzungen „5-56“ mit einem Zuckergehalt von 122,35 g/L, „4-14“ mit 121,36 g/L, „3-24“ mit 158,86 g/L und „5-10“ mit 130,11 g/L erfüllen die gesetzten Anforderungen.

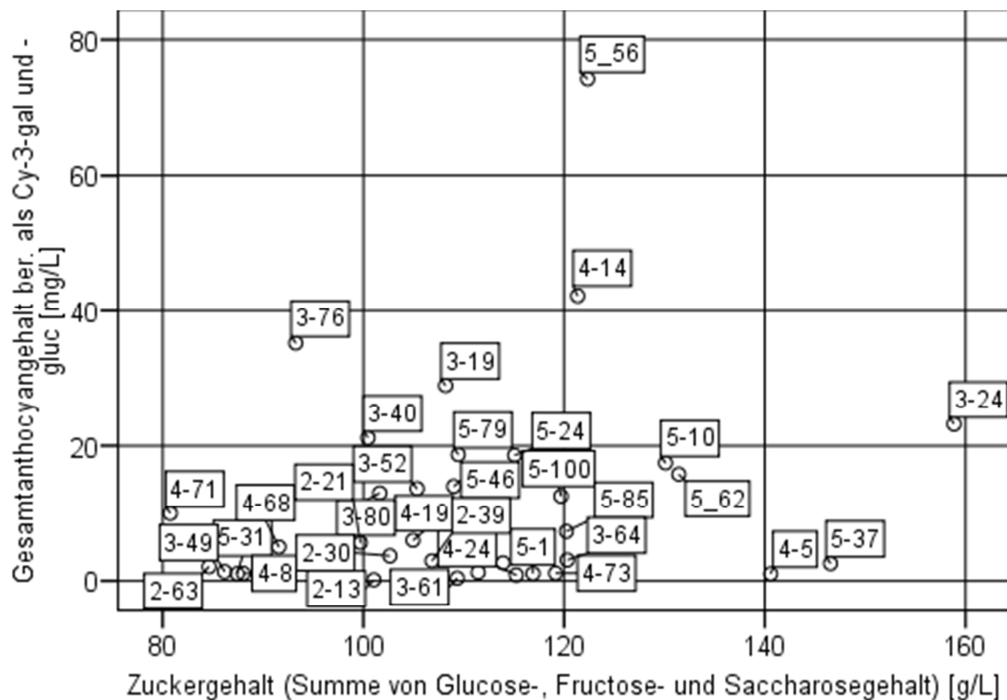


Abbildung 61: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2012.

3.7.3 Kreuzungspopulation Ernte 2013

In Abbildung 62 ist wiederum der Gesamtsäuregehalt im Verhältnis zum Gesamtanthocyangehalt der Säfte aus den Kreuzungen der Ernte 2013 dargestellt. Die höchsten Anthocyangehalte dieser Ernte erreichten die Säfte der Kreuzungen „3-17“ mit 82,1 mg/L, „2-69“ mit 50,2 mg/L, „2-68“ mit 47,4 mg/L, „3-40“ mit 37,8 mg/L und „4-71“ mit 34,1 mg/L. Saft der Kreuzung „2-69“ ist aufgrund des relativ hohen Anthocyangehaltes und des niedrigen Säuregehaltes von 4,1 g/L besonders geeignet als Mostapfelsorte. Saft der Kreuzungen „5-79“ und „5-1“ weisen ebenfalls einen relativ niedrigen Säuregehalt auf.

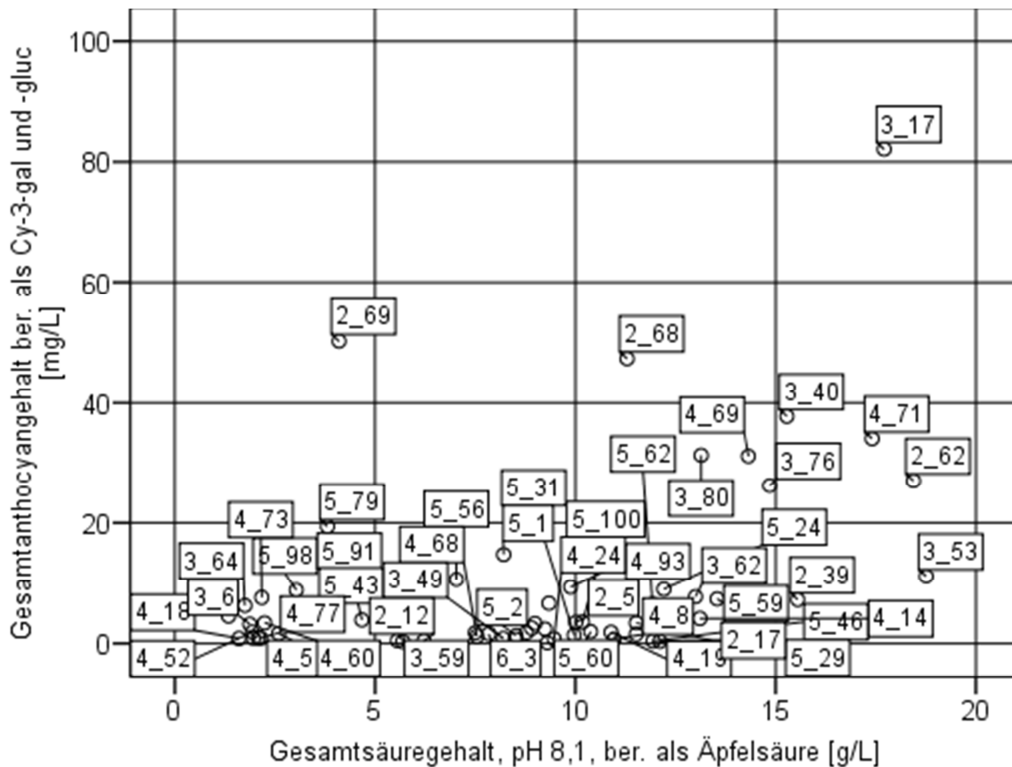


Abbildung 62: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Säuregehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2013.

Abbildung 63 zeigt eine Gegenüberstellung des Gesamtanthocyangehaltes und des Zuckergehaltes der Säfte der Ernte 2013. Der Saft der Kreuzung „2-69“ mit einem Zuckergehalt von 134,38 g/L und „3-40“ mit 132,18 g/L heben sich besonders hervor. Saft, der aus der Kreuzung „5-79“ hergestellt wurde, mit einem Zuckergehalt von 120,98 g/L, ist ebenso geeignet.

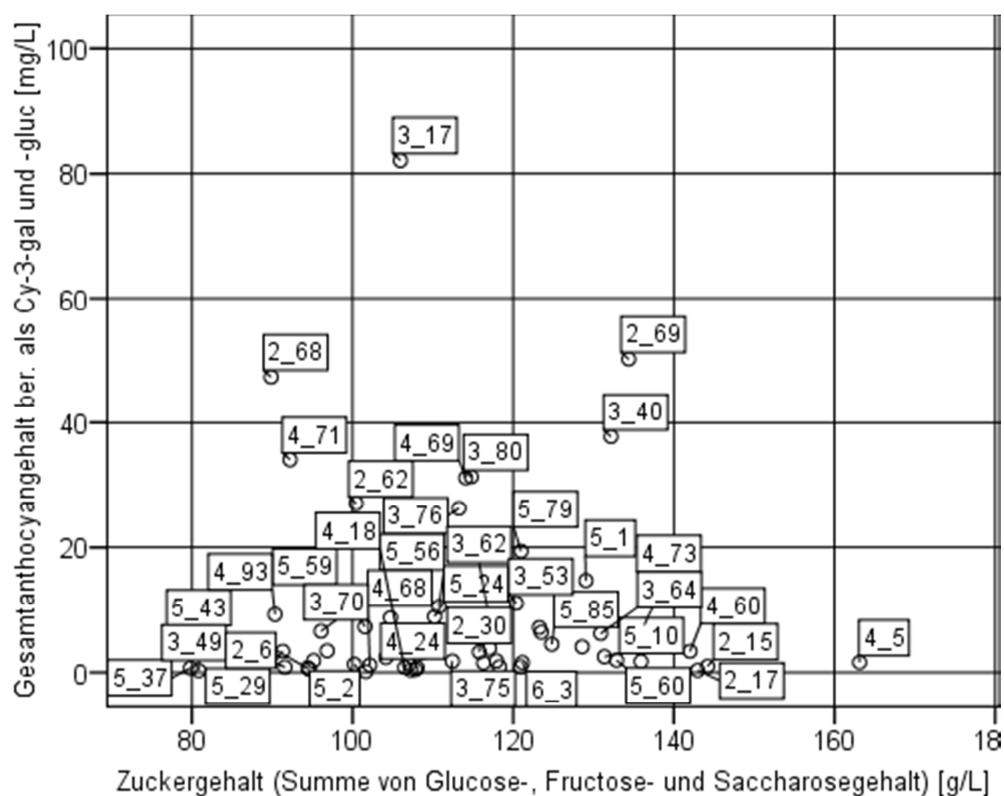


Abbildung 63: Korrelation der Gesamtanthocyan- [mg/L] und Zuckergehalte [g/L] der Säfte hergestellt aus rotfleischigen Äpfeln der Kreuzungspopulation des Erntejahres 2013.

3.7.4 Antioxidative Eigenschaften der Säfte aus den einzelnen Nachkommen des Kreuzungsversuches der Jahre 2011 bis 2013

Abbildung 64 in Verbindung mit Tabelle 13 zeigt die antioxidativen Eigenschaften der Kreuzungen der Ernten 2011 bis 2013. Die Analysen erfolgten auf der Grundlage der Gesamtphenolbestimmung nach Folin-Ciocalteu und der TEAC-Bestimmung. Die Kreuzungen „3-19“, „4-5“, „4-52“, „4-73“, „5-37“ und „5-92“ wiesen das größte antioxidative Potential auf. Darauf folgen die Kreuzungen „2-5“, „2-14“, „2-19“, „2-30“, „3-6“, „3-17“, „3-64“, „4-18“, „4-24“, „5-10“, „5-62“, „5-85“ und „5-100“. Die Säfte der Kreuzungen „3-80“, „3-40“, „2-69“ und „3-17“ verbinden einen hohen Gesamtanthocyanengehalt von über 30 mg/L mit einem Gesamtphenolgehalt von über 1000 mg/L.

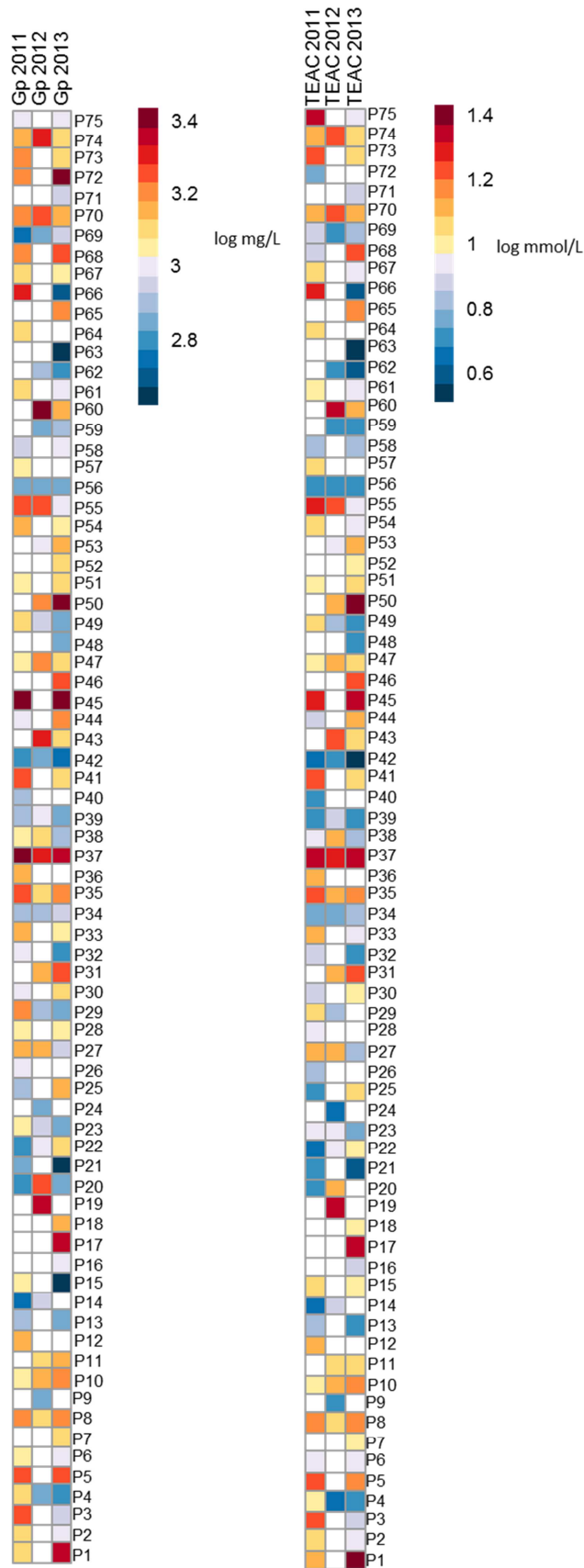


Abbildung 64: Heatmap der antioxidativen Eigenschaften der Kreuzungspopulation der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“. Die oberen drei Reihen stellen die logarithmierten Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu) und die unteren drei Reihen die logarithmierten TEAC-Werte dar.

Tabelle 13: Probennummern (P-Nr.) und entsprechende Baumposition (Bp) der auf Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu) und TEAC untersuchten Kreuzungspopulation der Ernte 2011 bis 2013, bezogen auf Abbildung 64.

P-Nr.	Bp	P-Nr.	Bp	P-Nr.	Bp	P-Nr.	Bp	P-Nr.	Bp
P1	2-5	P19	3-19	P37	4-5	P55	5-10	P67	5-60
P2	2-6	P20	3-24	P38	4-8	P56	5-24	P68	5-62
P3	2-12	P21	3-30	P39	4-14	P57	5-27	P69	5-79
P4	2-13	P22	3-40	P40	4-16	P58	5-29	P70	5-85
P5	2-14	P23	3-49	P41	4-18	P59	5-31	P71	5-91
P6	2-15	P24	3-52	P42	4-19	P60	5-37	P72	5-92
P7	2-17	P25	3-53	P43	4-24	P61	5-43	P73	5-98
P8	2-19	P26	3-56	P44	4-27	P62	5-46	P74	5-100
P9	2-21	P27	3-59	P45	4-52	P63	5-47	P75	6-3
P10	2-30	P28	3-60	P46	4-60	P64	5-54		
P11	2-39	P29	3-61	P47	4-68	P65	5-56		
P12	2-40	P30	3-62	P48	4-69	P66	5-59		
P13	2-62	P31	3-64	P49	4-71	P67	5-60		
P14	2-63	P32	3-70	P50	4-73	P68	5-62		
P15	2-68	P33	3-75	P51	4-77	P69	5-79		
P16	2-69	P34	3-76	P52	4-93	P70	5-85		
P17	3-6	P35	3-80	P53	5-1	P71	5-91		
P18	3-17	P36	4-1	P54	5-2	P72	5-92		

3.7.5 Einordnung der Ergebnisse der Untersuchungen der Kreuzungspopulation

Genetisch betrachtet werden zwei verschiedene Typen von rotfleischigen Äpfeln unterschieden (Volz, R.K. et. al. 2006; Volz, R.K. et. al. 2009).



Abbildung 65: Typ 1 (linkes Bild) und Typ 2 (rechtes Bild)- Phänotypen von rotfleischigen Äpfeln entnommen aus Volz, R.K. et. al. 2009.

Abbildung 65 zeigt die beiden unterschiedlichen Phänotypen von rotfleischigen Äpfeln. Rotfleischige Apfelsorten des Typs 1 zeigen einen sichtbaren Anthocyangehalt in sämtlichen Pflanzengeweben, in den Blättern, der Rinde, den Wurzeln und der Blüten. Typ 2 weist nur einen sichtbaren Anthocyangehalt in der Schale und dem äußeren Fruchtfleisch auf, wie auf dem rechten Bild in Abbildung 65 zu sehen ist. In der Regel ist das Kerngehäuse nicht rot und die Blätter sind meistens grün gefärbt (Volz, R.K. et. al. 2009). Espley et al. (2007) fanden heraus, dass die Ausprägung der roten Farbe bei rotfleischigen Äpfeln des Typs 1 an einem Transkriptionsfaktor des Typs MYB liegt, der für die Ausbildung verschiedener Enzyme, die für die Biosynthese von Anthocyanen entscheidend sind, verantwortlich ist.

Ergebnisse und Diskussion

Zudem sind laut Espley et al. (2009) die unterschiedlichen Expressionsintensitäten des MdMYB10-Gens mit strukturellen Unterschieden in der Promotorregion zu begründen. Durch die Umlagerung der Allele in der Promotorregion des MdMYB10-Gens bildet sich dort ein autoregulativer Minisatellit, der eine fünffache Wiederholung einer 23 basenpaare umfassenden Sequenz beinhaltet (Abbildung 66).

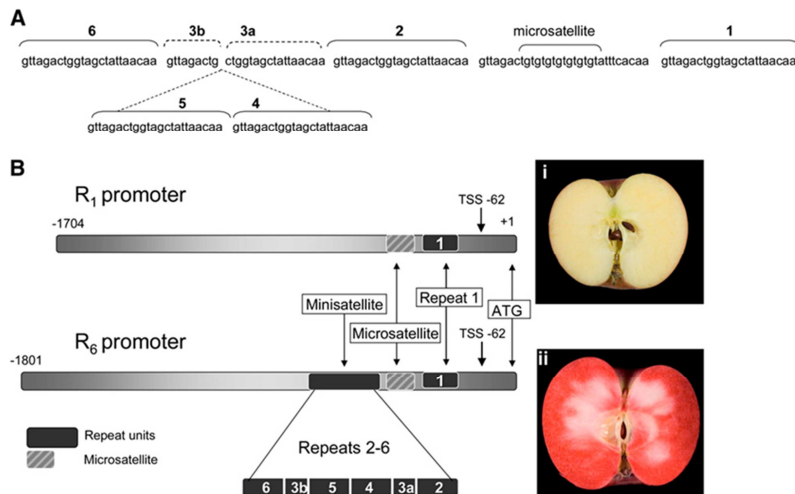


Abbildung 66: Sequenz und Schema des Minisatelliten des MYB10 Promotors in rotfleischigen und Apfelsorten und eine Gegenüberstellung der R₁-Promotorregion von weißfleischigen Äpfeln, entnommen aus Espley et al. 2009.

Die Autoregulation des R6-Promotors in rotfleischigen Äpfeln ist verantwortlich für die Bildung von Anthocyanen in sämtlichen Pflanzengeweben. In weißfleischigen Äpfeln ist nur ein R1-Promotor zu finden, was Espley et al. (2009) durch Untersuchungen von insgesamt elf rotfleischigen Apfelsorten und acht weißfleischigen Sorten beweisen konnte. Tatsächlich fehlt in weißfleischigen Apfelsorten ein R6-Promotor gänzlich.

Zudem wurde ein Quantitativer Trait Locus (QTL) gefunden für Adstringenz bzw. hohen Säuregehalt, der sich an derselben Stelle wie der MdMYB10-Promotor befindet (Volz, R.K. et al. 2013), was eventuell den hohen Säuregehalt der meisten rotfleischigen Apfelsorten des Typs 1 erklären würde.

Der Phänotyp 2 wurde vor kurzem entdeckt und stammt aus Nordamerika. Dort wurde eine Vielzahl an rotfleischigen Apfelsorten gezüchtet, die auf ein Züchtungsprogramm von Albert Etter zurückgehen (Borriet al. 2014). Diese stammen nahezu alle von der Sorte „Surprise“ ab, die 1840 von Europa nach Amerika gebracht wurde. „Pink Pearl“, eine Züchtung die aus der Sorte „Surprise“ hervorging, weist keinen R6-Promotor auf dem MdMYB10-Gen auf (Sekido et al. 2010). Von Chagné et al. (2007) wurde nun das MdMYB110a-Gen nachgewiesen, was für die Ausprägung des roten Fruchtfleisches bei der Sorte „Surprise“ verantwortlich ist. Typ 2 Apfelsorten könnten somit eine Alternative zu Züchtungen mit Typ-1 bieten, da die Ausprägung der Rotfleischigkeit nicht mit dem QTL für einen hohen Säuregehalt verknüpft ist (Würidig et al. 2014). Bei Kreuzungsversuchen des Instituts für

Obstbau der Hochschule Geisenheim der Sorte „Pomfital“ mit der Sorte „Wellant“ konnte jedoch gezeigt werden, dass durch Kreuzung eines Phänotyps 1 mit einer weißfleischigen Apfelsorte Nachkommen ohne einen ausgeprägten Säuregehalt und mit einem hohen Anthocyangehalt entstehen können. Bei der Sorte „Pomfital“ handelt es sich um einen Phänotyp 1 der Ausprägung der Rotfleischigkeit. Sämtliche Pflanzengewebe von der Blüte bis zur Wurzel weisen eine rote Farbe auf. In der Nachkommenschaft wurden jedoch Sämlinge mit einem hohen Anthocyangehalt und einem niedrigen Säuregehalt gefunden. Es sind weitere molekulargenetische Untersuchungen der Nachkommenschaft aus „Pomfital“ und „Wellant“ notwendig. Hieraus können sich weitere Erkenntnisse ergeben, die für die Züchtung von rotfleischigen Äpfeln von großer Bedeutung sind.

Zudem lässt sich sagen, dass eine derartige Variabilität der Kreuzungspopulation nicht ohne weiteres zu erklären ist. Nachkommen aus der Sorte „Pomfital“ und „Wellant“ könnten somit die Basis für neue Sorten und Züchtungen liefern, die weder dem Phänotyp 1 noch dem Phänotyp 2 entsprechen.

3.7.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus den Kreuzungen der Sorte „Pomfital“ und „Wellant“ ein neuer Phänotyp zu beobachten war. Dieser wies eine weniger starke Rotfärbung der Schale, einen größeren Durchmesser und einen geringeren Säuregehalt bei einem höheren Anthocyangehalt im Vergleich zur rotfleischigen „Elternsorte“ „Pomfital“ auf.

Zudem wies die Nachkommenschaft eine sehr große Variabilität auf, von bitteren weißfleischigen und kleinkalibrigen Äpfeln bis großkalibrig und einem hohen Anthocyangehalt im Fruchtfleisch. Weitere molekulargenetische Untersuchungen sind notwendig um die Gründe für diese Beobachtung zu finden.

Insbesondere die Kreuzungen „2-68“, „2-69“, „3-17“, „3-40“, „4-14“, „4-71“ und „5-56“ wiesen besonders hohe Gesamtanthocyangehalte auf. Die Kreuzungen „2-69“, „3-24“, „3-70“, „5-1“, „5-10“, „5-79“ und „5-98“ konnten aufgrund ihres hohen Zuckergehaltes von mehr als 120 g/L und eines niedrigen Säuregehaltes von unter 10 g/L überzeugen. Die Säfte der Kreuzungen „3-80“, „3-40“, „2-69“ und „3-17“ wiesen zudem die größten antioxidativen Eigenschaften verbunden mit einem hohen Gesamtanthocyangehalt von über 30 mg/L auf.

3.8 Einfluss von Temperatur und Globalstrahlung auf den Gehalt an Anthocyanen im roten Apfelsaft

Anhand der Wetterdaten der Wetterstation in Ladenburg des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums (LTZ) Augustenberg und des Instituts für Obstbau in Geisenheim zeigen sich bei den monatlichen Durchschnittstemperaturen keine signifikanten Unterschiede. Abbildung 67 zeigt die jeweiligen Monatsdurchschnittstemperaturen der Jahre 2009 bis 2013. Die aufeinander folgenden Säulen geben die Durchschnittstemperatur des entsprechenden Monats im gleichen Jahr des Standorts Ladenburg und Geisenheim an.

Nur im Jahr 2012, insbesondere im Monat Juli zeigen sich signifikante Unterschiede in der Monatsdurchschnittstemperatur, die in Geisenheim 5,4 °C höher lag als in Ladenburg.

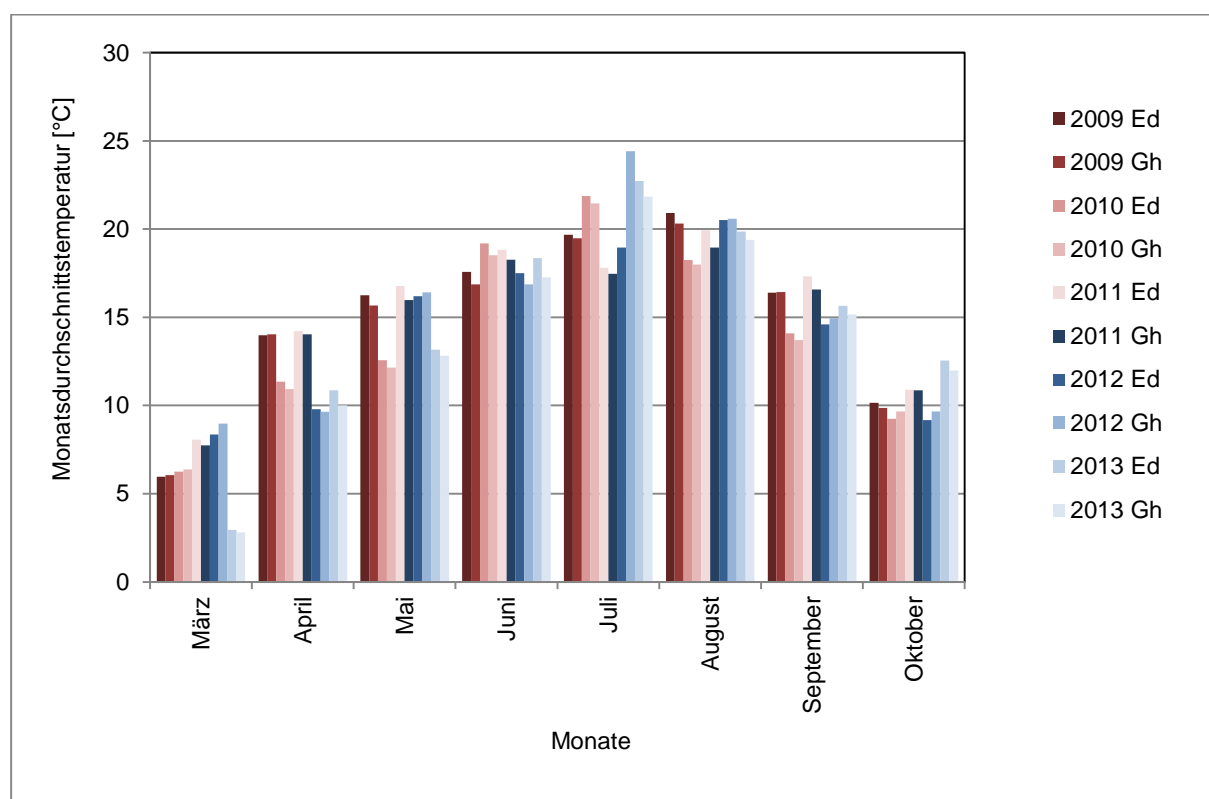


Abbildung 67: Mittelwerte der Tagestemperatur gemessen in 2m Höhe [°C] und Summe der Tagessumme der Globalstrahlung [J/cm²] des Standortes Ladenburg/Edingen in den Jahren 2009 bis 2013. Die dunklere Säule zeigt die jeweilige Monatsdurchschnittstemperatur in Ladenburg, die unmittelbar vergleichbar ist zum Standort Edingen, da dies die nächstgelegene Wetterstation ist. Die darauf folgende hellere Säule stellt die Monatsdurchschnittstemperatur dieses Monats im gleichen Jahr in Geisenheim dar. Die Daten wurden vom LTZ Augustenberg und dem Institut für Obstbau ermittelt.

Abbildung 68 zeigt die Summe der Globalstrahlung der einzelnen Monate in den Jahren 2009 bis 2013 an den Standorten Edingen und Geisenheim, die die auf eine horizontale Fläche auftreffende Solarstrahlung in der Einheit Joule pro Quadratcentimeter darstellt. In den Jahren 2009 bis 2012 ist die Globalstrahlung am Standort Geisenheim stets höher als in

Edingen, sodass von einer längeren bzw. stärkeren Solarstrahlung ausgegangen werden kann. Nur im Monat September 2013 lag die Globalstrahlung am Standort Edingen höher als in Geisenheim.

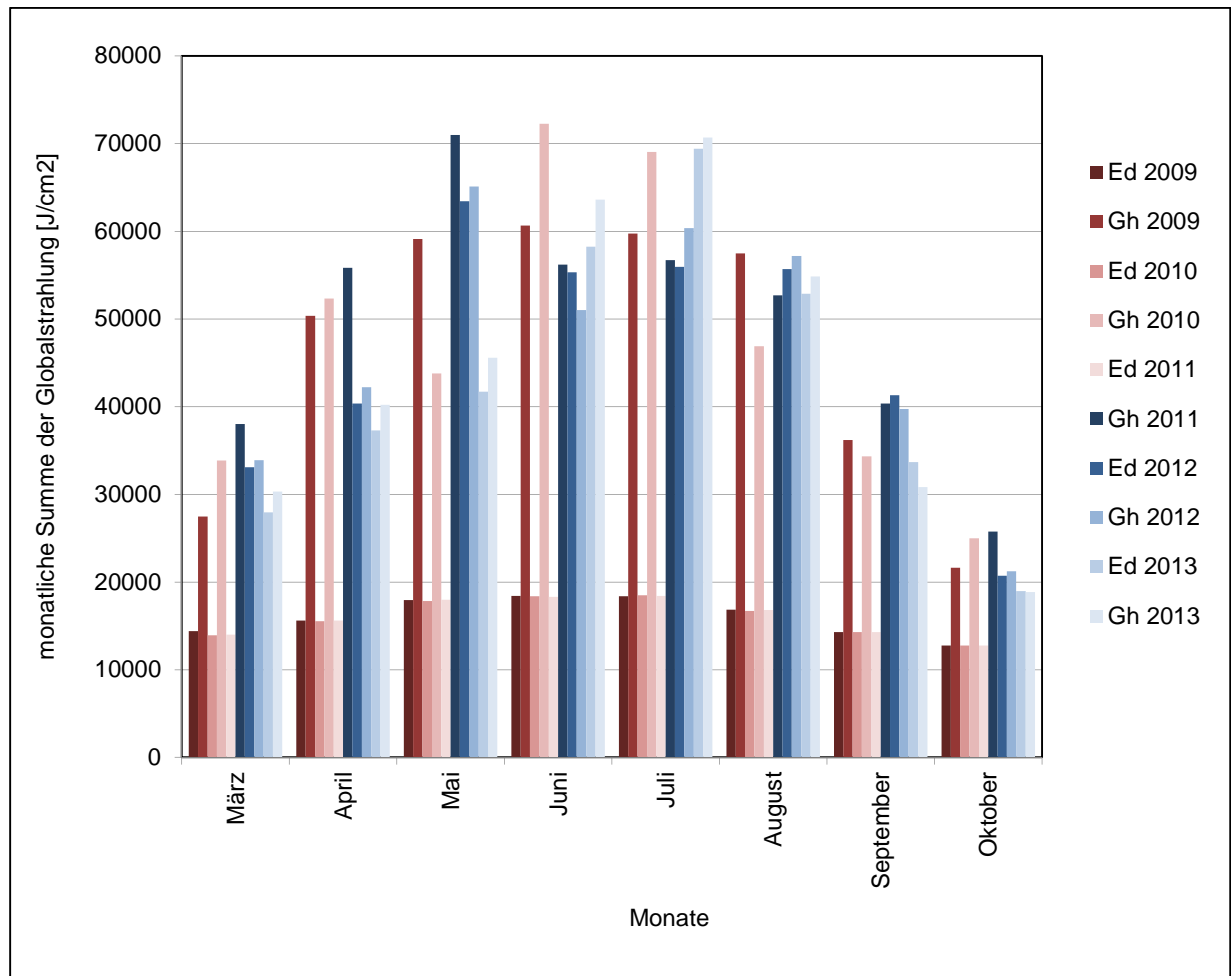


Abbildung 68: Monatliche Summe der Globalstrahlung [J/cm²] an den Standorten Geisenheim und Edingen in den Jahren 2009 bis 2013.

Abbildung 69 zeigt die Summe der Globalstrahlung der Monate Mai bis August im Zeitraum von 2009 bis 2013. Die Globalstrahlung der Monate Mai bis August liegt in der Summe am Anbauort Geisenheim höher als in Edingen/Ladenburg. Dies könnte ein Grund für den höheren Anthocyanengehalt des Saftes der Züchtung „Maggy“ aus Geisenheim im Vergleich zu Edingen sein. Dieser lag im Jahr 2012 bei 36,7 mg/L in Gh und 19,1 mg/L in Ed bzw. im Jahr 2012 bei 31 mg/L in Gh und 27 mg/L in Ed. Andere Sorten und Züchtungen wurden ausschließlich an einem Standort angebaut bzw. konnten aufgrund von Ernteauffällen nur von einem Standort verarbeitet werden.

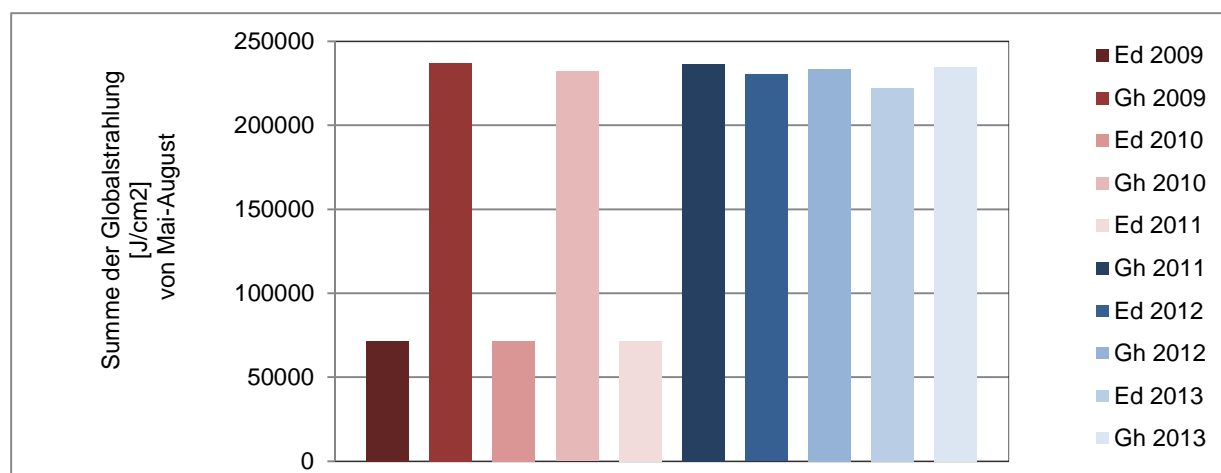


Abbildung 69: Summe der Globalstrahlung der Monate Mai bis August [J/cm^2] an den Standorten Edingen/Ladenburg (Ed) und Geisenheim (Gh) in den Jahren 2009 bis 2013.

3.8.1 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in den durchschnittlichen Temperaturen der einzelnen Monate der Standorte Geisenheim und Edingen/Ladenburg gibt. Die Summe der Globalstrahlung hingegen liegt in der Summe der Monate Mai bis August in Gh höher als in Ed, was ein Grund für den höheren Anthocyangehalt der Züchtung „Maggy“ mit Anbauort Geisenheim sein kann. Zudem könnten weitere Faktoren wie die Bodenbeschaffenheit, die Bodenfeuchte, Schutznetze gegen Vogelfraß, die auch die Solarstrahlung verringern und ein Mikroklima, insbesondere im Rheintal eine Rolle spielen.

3.9 Charakterisierung des Aromas in rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln

3.9.1 Vergleichende Analyse der Aromastoffe in Apfelsäften aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln mit verschiedenen Methoden

Ernte 2011-Extraktion mittels Wasserdampfdestillation

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Säfte aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2011 mittels Wasserdampfdestillation und GC-MS auf ihre Aromakomponenten untersucht. Alle Apfelsäfte, außer Saft der Sorte „Weirouge“, der als fertiges Produkt aus Südtirol stammte, wurden mit kurzer Lagerzeit der Äpfel und Pasteurisation der Säfte bei $85\text{ }^\circ\text{C}$ hergestellt und direkt eingefroren. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Aromastoffe, auf die nach Wasserdampfdestillation eine quantifizierende Analyse durchgeführt wurde. Interessant ist die Beobachtung, dass die Verbindungen Buttersäureethylester, Essigsäurebutylester, Essigsäure-2-Methylbutylester,

Ergebnisse und Diskussion

Essigsäurepentylester und Essigsäurehexylester nur vereinzelt vorkommen, wohingegen Alkohole und Aldehyde in nahezu allen Proben nachgewiesen werden konnten.

Tabelle 14: Quantifizierte Aromastoffe nach Wasserdampfdestillation der jeweiligen roten und normalen Apfelsäfte.

Verbindungen	Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze in folgenden Säften:
Buttersäureethylester 2-Methylbuttersäure-ethylester	6_131; Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
Essigsäurebutylester Essigsäure-2-Methylbutylester	6_21; Joe; Maggy; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel;
Essigsäurepentylester Essigsäurehexylester Essigsäure-trans-2-hexenylester	Bohnapfel; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel;
Isobuttersäurehexylester Essigsäureheptylester (E,Z)-2,4-decadiensäureethylester	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; Mary; 6_131; Ruth; Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
Hexanal	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; 6_131; Joe; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; Mary; 6_131; Joe; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
Butan-1-ol	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; 6_131; Joe; Mary; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
2- und 3-Methylbutanol	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; 6_131; Joe; Mary; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
(E)-2-Hexenal	6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Maggy; 6_131; Joe; Mary; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
Hexan-1-ol (Z)-3-Hexenol	6_11; 6_21; 6_31; 6_131; Weirouge (Südtirol); 6_11; 6_21; 6_31; Pomfital; Anna; Joe; Maggy; 6_131; Joe; Mary; Ruth; Weirouge (Südtirol); Bohnapfel; Boskoop; Topaz;
(E)-2-Hexenol	Bohnapfel; Boskoop; Topaz;

Nach Wolter et. al. 2008 weisen Apfelsäfte der Sorte Boskoop einen geringen Gehalt an Estern auf und lassen sich dem Alkoholtyp zuordnen. Typische Sorten mit einem hohen Gehalt an Estern sind „Jonagold“, „Cox“ und „Pinova“ (Wolter et al. 2008). Die untersuchten Apfelsäfte lassen sich alle dem Alkoholtyp zuordnen. Die untersuchte Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ weist die größte Vielfalt an Estern auf, es wurden Buttersäureethylester, Essigsäurebutylester, Essigsäure-2-Methylbutylester, Essigsäurepentylester und Essigsäurehexylester quantifiziert.

In Säften der rotfleischigen Sorten 6-21, 6-131, Joe, Maggy und Weirouge (Südtirol) konnten Ester nachgewiesen werden. Alle übrigen Säfte aus rotfleischigen Äpfeln wiesen

ausschließlich Aldehyde und Alkohole auf. (Z)-3-Hexenol konnte nur in den rotfleischigen Sorten 6-11, 6-21, 6-31, Pomfital, 6-131 und Weirouge aus Südtirol nachgewiesen werden. Saft der Sorte Topaz konnte als einziger dem Aldehydtyp zugeordnet werden, alle übrigen Proben zählen zum Alkoholtyp. Mittels der beschriebenen Methode der Wasserdampfdestillation wird ein Großteil, insbesondere die Hauptkomponenten der Aromastoffe, erfasst, in der Literatur wird meist aber die Methode der Solvent Assisted Flavour Evaporation (SAFE) als Referenz für die qualitative Bestimmung der Aromastoffe betrachtet, da diese Methode sehr empfindlich ist und mehr Komponenten erfasst werden. Für die Quantifizierung der Aromakomponenten, vor Allem der Substanzen, die für die Ermittlung des Aromaindexes eine Rolle spielen und der Hauptbestandteile des Aromaprofils von Apfelsaft, ist die Methode der Wasserdampfdestillation aufgrund ihrer Wiederfindungsraten sehr gut geeignet.

Analyse von Aromastoffen in Apfelsäften aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012 mittels HS-GC-MS:

Für einige sehr leichtflüchtige Essigsäureester erwies sich die HS-GC-MS als Methode der Wahl (Tabelle 15). Essigsäureethylester, -propylester, -2-methylpropylester und -butylester wurden nachgewiesen und quantifiziert. Essigsäuremethylester konnten in keinem der untersuchten Säfte mittels HS-GC-MS nachgewiesen werden.

Tabelle 15 Retentionszeiten und Fragmente der quantifizierten Essigsäureester.

RT [min]	Verbindung	Fragmente	Spektrum
3,56	Essigsäuremethylester	43, 74, 42, 29, 59	
4,38	Essigsäureethylester-d8	46, 32, 50, 76	Anhang 18
4,50	Essigsäureethylester	43, 45, 61, 70	Anhang 19
7,10	Essigsäurepropylester	43, 32, 61, 73, 44	Anhang 20
8,60	Essigsäure-2-methylpropylester	43, 56, 32, 73	Anhang 21
10,90	Essigsäurebutylester	43, 56, 73, 61, 41	Anhang 22

Tabelle 16 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse der Säfte der Ernte 2012. In den Säften der Züchtungen „6_1“ bis „6_131“ und „Anna“, „Kathy“, „Mary“, „Nr.2/Ruth“ und der Sorte „Pomfital“ wurden keine Essigsäureester nachgewiesen. In den Säften der Züchtungen und Sorten „A1-04-KI“, „A1-33-KL“, „Rheinischer Bohnapfel“ (Geisenheim), „Maggy“, „Marilyn“, „Max“, „Topred“ und „Weirouge“ (Obstbau Schneider), sowie „Weirouge“ (Obstbau Schmitt) wurde Essigsäurebutylester nachgewiesen. Zudem war dies der am häufigsten nachgewiesene Essigsäureester in roten Apfelsäften. Die höchsten Gehalte an Essigsäurebutylester wiesen die Säfte der Züchtungen „A1_04_KL“ mit 1498 µg/L und

Ergebnisse und Diskussion

„A1_33_04_Kl“ mit 1086 µg/L auf. Darauf folgten die Säfte aus den Sorten „Weirouge“, angebaut in Edingen; mit 652 µg/L, der weißfleischigen Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ mit 402 µg/L, der Züchtung „Topred“ mit 131 µg/L und der Sorte „Weirouge“, angebaut in der Region um Mainz, mit 109 µg/L Essigsäurebutylester. Essigsäure-2-methylpropylester wurde in den Säften der Sorten und Züchtungen „A1-44-Kl“, „A1-33-Kl“, „Weirouge“, beider Anbauorte und „Rheinischer Bohnapfel“ nachgewiesen. Der Gehalt lag allerdings unterhalb des Quantifizierungsbereichs. Essigsäurepropylester wurde nur in den Säften, die aus den Sorten bzw. Züchtungen „A1-44-Kl“, „A1-33-Kl“ und „Rheinischer Bohnapfel“ hergestellt wurden, nachgewiesen. Wobei der Gehalt im Saft der Züchtung „A1-44-Kl“ 95,4 µg/L und der Züchtung „A1-33-Kl“ 109,9 µg/L betrug. Der Gehalt des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ lag unterhalb der Quantifizierungsgrenze. Essigsäureethylester konnte nur in der Züchtung „Topred“ (qualitativ) und der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ (296 µg/L) nachgewiesen werden.

Tabelle 16: Mittels HS-GC-MS nachgewiesene (n) und quantifizierte Essigsäureester in roten Apfelsäften und Säften aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012.

Ernte 2012	Essig- säuremethyl- ester [µg/L]	Essig- säureethyl- ester [µg/L]	Essig- säurepropyl- ester [µg/L]	Essigsäure- 2- methylpropyl- ester [µg/L]	Essig- säurebutyl- ester [µg/L]
6_1	nn	nn	nn	nn	nn
6_11	nn	nn	nn	nn	nn
6_21	nn	nn	nn	nn	nn
6_31	nn	nn	nn	nn	nn
6_51	nn	nn	nn	nn	nn
6_61	nn	nn	nn	nn	nn
6_131	nn	nn	nn	nn	nn
A1_04_KL	nn	nn	95	n	1498
A1_33_04_KL	nn	nn	110	n	1086
Anna	nn	nn	nn	nn	nn
Kathy	nn	nn	nn	nn	nn
Kathy_klar	nn	nn	nn	nn	nn
Mary	nn	nn	nn	nn	nn
Mary_klar	nn	nn	nn	nn	nn
Maggy Schneider	nn	nn	nn	nn	n
Marilyn	nn	nn	nn	nn	n
Max	nn	nn	nn	nn	n
Pomfital	nn	nn	nn	nn	nn
Ruth/Nr.2	nn	nn	nn	nn	nn
Topred	nn	n	nn	nn	131
Weirouge Schmitt	nn	nn	nn	n	109
Weirouge Schneider	nn	nn	nn	n	652
Rheinischer Bohnapfel	nn	295,5	n	n	402

Abbildung 70 zeigt ein full-scan-HS-GC-MS-Chromatogramm (TIC) des roten Apfelsaftes der Züchtung „Maggy“. Diese gibt einen Überblick der mittels HS-GC-MS nachgewiesenen weiteren Aromakomponenten, die jedoch aufgrund des größeren Linearitätsbereichs mittels Wasserdampfdestillation und anschließender Flüssiginjektion, sowie Messung mittels GC-MS quantifiziert wurden.

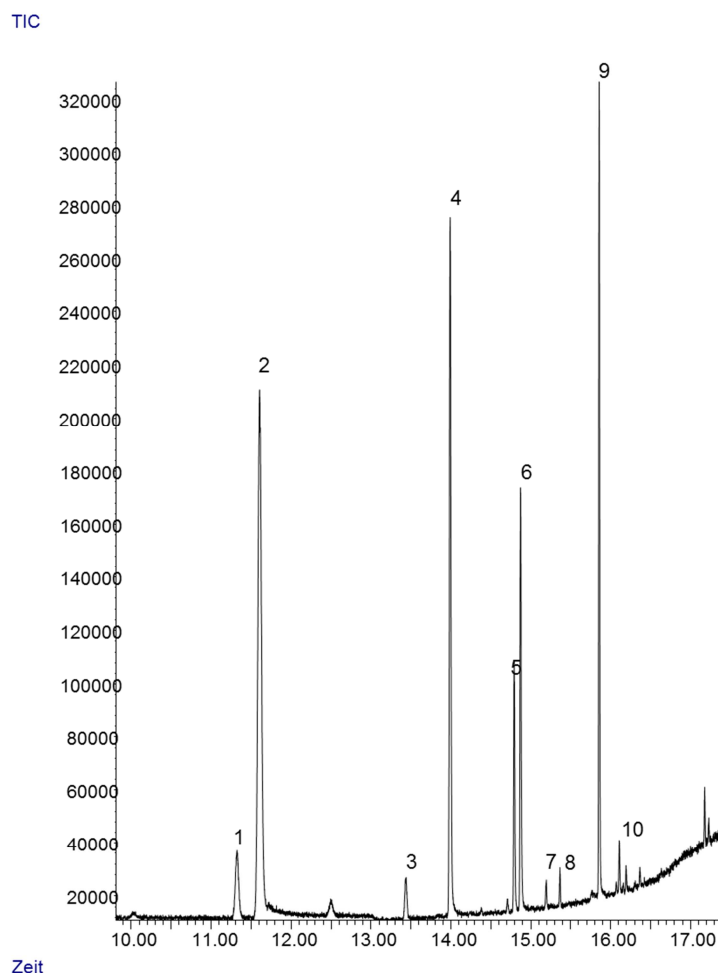


Abbildung 70: HS-GC-MS-Chromatogramm (TIC) des Saftes der Züchtung „Maggy“. Dargestellt ist der TIC (Total Ion Current) und die entsprechenden Retentionszeiten (RT) in [min] der nachgewiesenen Aromakomponenten. Die Identifizierung erfolgte anhand der Retentionszeiten und dem Vergleich mit Referenzspektren von Standardverbindungen und mit Hilfe der NIST-Spektrenbibliothek. Es konnten Essigsäurebutylester (1), Hexanal (2), Essigsäure-2-methylbutylester (3), 1-Butanol (4), 2-Methylbutanol (5), (E)-2-Hexenal (6), 1-Pentanol (7), Essigsäurehexylester (8), 1-Hexanol (9) und 2-Hexenol (10) nachgewiesen werden.

3.9.2 Übersicht über nachgewiesene Aromastoffe in Säften aus weißfleischigen und rotfleischigen Apfelsorten und –züchtungen der Ernten 2012 und 2013 mittels Flüssiginjektion nach Wasserdampfdestillation und SAFE

Tabelle 17 zeigt alle in den Säften aus rotfleischigen und weißfleischigen Sorten, Züchtungen und Neukreuzungen der Ernten 2012 und 2013 mittels GC-MS nach Wasserdampfdestillation (Wd) oder SAFE nachgewiesenen Aromakomponenten. Unbekannte Komponenten wurden mittels Vergleich mit der NIST-Datenbank und gegebenenfalls, wie im Fall des 4-Methoxyphenylpropanol, mit einer Standardsubstanz verglichen. Meist konnten die Ergebnisse mit beiden Methoden verifiziert werden. In einigen Ausnahmen allerdings zeigte sich die größere Extraktionsausbeute und schonendere Extraktion mittels SAFE als leistungsfähiger. Mittels SAFE konnten somit mehr Verbindungen im Aromaprofil qualitativ bestimmt werden.

Essigsäurepropylester (RT: 3,7 min, Anhang 20) wurde nur in der Sorte „Gala“ und in der Kreuzung „2-69“ nachgewiesen. Eine unbekannte Verbindung mit der RT von 4,34 min, wobei es sich um Essigsäure-2-propenylester (Anhang 23) handeln könnte, wurde in der Sorte „Pomfital“ mittels SAFE und Wd nachgewiesen und in der Kreuzung „2-69“ aus dieser Sorte und der Sorte „Wellant“. In den Sorten „Gala“, „Boskoop“, der Züchtung „Maggy“, angebaut in Edingen und in der Kreuzung „2-69“ wurde 1-Propanol gefunden. Hexanal konnte in allen untersuchten Sorten und Züchtungen nachgewiesen werden, Isobutanol nicht in der Sorte „Weirouge“ und in der Züchtung „6-131“ und in der Kreuzung „5-79“, Essigsäure-2-methylbutylester nicht in den Sorten „Baya Marisa“, „Mercedes“, „Pomfital“ und der Züchtung „6-131“, 1-Butanol in allen untersuchten Säften, eine unbekannte Verbindung mit der RT von 7,568 min und den Fragmenten 57, 85, 41, 72, 114 m/z, wobei es um 3-Heptanon handeln könnte (Anhang 24), in den mittels SAFE aufgearbeiteten Säften aus „Maggy“, „Pomfital“ und „3-76“. Eine weitere unbekannte Verbindung, mit der RT von 7,849 min und den Fragmenten 57, 43, 42, 87, 88 m/z (Anhang 25), konnte in den Säften „Maggy“ und „Pomfital“ nachgewiesen werden. Dies wurde für „Pomfital“ sowohl mittels SAFE-Extraktion als auch mittels Wd bestätigt. Es könnte sich um 3-Butenol handeln. Essigsäurepentylester wurde in den Säften „Gala“, „Weirouge“ und allen untersuchten Kreuzungen gefunden. Eine unbekannte Verbindung (Anhang 26) mit den Fragmenten 83, 69, 41, 55, 98, 51, 47 m/z, der RT 9,01 min fanden wir nur in folgenden Säften nicht: „Boskoop“, „6-131“ und „3-79“, mittels beiden Methoden aufgearbeitet. Der Vergleich von Spektren der NIST ergab eine gute Übereinstimmung mit dem Spektrum von (E)-2-Hexenal, was aber eigentlich erst bei der RT von 9,465 min im Chromatogramm zu sehen ist. 2-Methylbutanol, (E)-2-Hexenal, Hexanol, (Z)-3-Hexenol und (E)-2-Hexenol wurden ebenfalls ausnahmslos in allen untersuchten Proben nachgewiesen. 1-Pentanol konnte nur in der

Sorte „Weirouge“ nicht nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu konnte nur in Saftproben der Sorte „Weirouge“ eine unbekannte Verbindung mit der RT 12,55 min und den Massen 67, 43, 82, 41 m/z gefunden werden (Anhang 28). Hierbei könnte es sich um Essigsäure-3-hexenylester handeln. Bei der RT von 12,69 min war bei den Säften der Züchtung „Maggy“, angebaut in Edingen und extrahiert mittels SAFE, „Weirouge“ und „Pomfital“, sowohl mittels Wd als auch SAFE, eine unbekannte Verbindung mit den Massen 71, 86, 57, 53, 41, 43, 67, 68 m/z im Chromatogramm zu sehen (Anhang 29). Nach der Recherche mittels NIST-Datenbank kamen (Z)-2-Penten-1-ol und 2 bzw. 3-Methyl-2-butenol in Frage. Eine unbekannte Verbindung wurde bei der RT von 13,11 min in den Säften der Sorte „Gala“ und der Kreuzung 2-69 gefunden. Die Fragmente 43, 67, 82, 100, 54 m/z deuten auf (E)-2-Hexenolacetat hin (Anhang 30). Eine weitere unbekannte Verbindung war bei der RT von 14,005 min mit den Fragmenten 67, 41, 82, 69, 55, 43, 100 m/z bei der Züchtung „Maggy“, angebaut in Eding, und der Sorte „Pomfital“, mittels beider Methoden, zu sehen. (E)3-Hexenol hatte die beste Übereinstimmung mit dem Spektrum der unbekanntes Verbindung. Nur in den Säften der Sorte „Gala“ konnte vermutlich 5-Hexenol nachgewiesen werden. Die Fragmente waren 67, 54, 41 und 82 m/z (Anhang 33). Buttersäurehexylester konnte nur im Saft der Sorte „Mercedes“ anhand der NIST-Bibliothek gefunden werden. Die Fragmente waren 43, 71, 84, 89, 59 und 101 m/z (Anhang 34). Eine unbekannte Verbindung, die nicht zugeordnet werden konnte mit der RT von 15,76 min wurde nur im Saft der Züchtung „Maggy“, angebaut in Eding, nachgewiesen. Buttersäure-2-methylhexylester konnte nur im Saft der Sorte Gala gefunden werden. Die Fragmente 103, 40, 57, 44, 42, 85 und 73 m/z wurden nachgewiesen. Bei der RT von 18,208 min wurde eine weitere unbekannte Verbindung im Saft der Sorte Pomfital gefunden. Die Extraktion erfolgte mittels SAFE und es wurden folgende Massenfragmente detektiert, 137, 152, 41, 95, 81, 55, 69 m/z (Anhang 39). Benzaldehyd wurde in einigen Säften nachgewiesen (Tabelle 17), dieses stammt aus den Kernen der Äpfel und weist auf einen hohen Pressdruck hin. Eine Verbindung mit den Fragmenten 60, 116, 45, 88, 41 m/z wurde bei der RT 18,796 min im Saft der Kreuzung 3-76 nach SAFE-Extraktion detektiert (Anhang 40). Es könnte sich um Dihydro-2-methyl-3(2H)-thiophenon handeln. Nur im Saft von „Gala“ wurde 1-Methoxy-4-(2-propenyl)-benzen gefunden. Die Verbindung konnte anhand der Fragmente 148, 117, 121, 77, 133, 51 m/z und dem Vergleich mit der NIST-Bibliothek identifiziert werden (Anhang 41). Die Fragmente 129, 101, 56, 87, 43 m/z konnten im Saft der Kreuzung 3-76 nach SAFE-Extraktion bei der RT von 23,245 min detektiert werden (Anhang 42). Es könnte sich um Diethylsuccinate handeln. Anhang 43 zeigt das Spektrum einer Verbindung mit den Fragmenten 74, 57, 41, 87 m/z, Diese Komponente des Aromaprofils, bei der es sich vermutlich um 2-Methylbuttersäure handelt, wurde in den Säften der Sorten bzw. Züchtungen „Gala“, „Maggy“, angebaut in Edingen, „Pomfital“, „3-76“ und „2-69“ detektiert. Dieser Befund konnte mit beiden Methoden

bestätigt werden. Buttersäure-3-hydroxy-butylester mit den Fragmenten 87, 43, 56, 71, 145, 105 m/z, nachgewiesen mittels Spektrenvergleich, konnte nur im Saft der Sorte „Gala“ gefunden werden (Anhang 44). Eine Verbindung mit den Fragmenten 106, 61, 45, 73, 58, 47, 49 m/z (Anhang 45) und der RT von 24,32 min, wobei es sich um 3-Methylthiopropylaldehyd handeln könnte, wurden in den Proben „Gala“, „Magga“, Baya Marisa“, „3-76“ und „2-69“ nachgewiesen. Benzylacetat konnte im Saft der Züchtung „3-76“ detektiert werden, wobei mittels beider Methoden aufgearbeitet wurde. Die Fragmente waren 108, 91, 150, 79, 43, 65, 51 m/z (Anhang 46). Bei der RT von 25,354 min wurde eine weitere Verbindung in den Sorten bzw. Züchtungen „Maggy“ (Edingen, SAFE), „Maggy“ (Geisenheim, Wd), „Pomfital“ und „3-76“ (SAFE) detektiert, die nicht eindeutig anhand der Fragmente 126, 95, 67, 93, 79, 55, 97 m/z zugeordnet werden konnte. Es könnte sich aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit zu Damascenon um 1,4-Cyclohexandimethanol, 4-Methylen-cyclohexanmethanol oder 5-Ethylcyclopent-1-enyl-methanol handeln (Anhang 47). β -Damascenon wurde anhand der Fragmente 69, 121, 105, 91, 41, 77, 190 m/z identifiziert. Außer in dem Saft der Sorte „Boskoop“ konnte es in allen untersuchten Säften gefunden und nachgewiesen werden. Bei der RT von 27,7 min konnte eine unbekannte Verbindung mit 63, 77, 93, 46, 118 m/z detektiert werden (Anhang 48). Diese wurde nur in den Säften der Sorten „Boskoop“ und „Mercedes“ nicht nachgewiesen. Eine Verbindung mit den Fragmenten 108, 79, 77, 105, 91, 51, 44 m/z konnte bei der RT 28,481 min im Chromatogramm bei den Säften der Sorten bzw. Kreuzungen „Pomfital“ und „3-76“ beobachtet werden (Anhang 49). Hierbei handelt es sich höchst wahrscheinlich um Benzylalkohol. Dies war das Ergebnis unter Anwendung beider Extraktionsmethoden.

Im Saft, der aus der Kreuzung „3-76“ hergestellt wurde, konnten die Fragmente 108, 79, 77, 105, 91, 51, 44 m/z bei der RT 29,297 min detektiert werden (Anhang 50). Der Spektrenvergleich ergab eine große Übereinstimmung mit Benzenethanol. Wiederum konnte dieses Ergebnis mit beiden Extraktionsmethoden verifiziert werden. Bei der RT von 32,234 min konnte im Saft der Sorte „Gala“ eine weitere unbekannte Verbindung mit den Fragmenten 43, 57, 99, 70, 88, 117 m/z detektiert werden (Anhang 51). Es könnte sich um 2,2-dimethyl-1-hexanol oder Pentansäure-4-methyl-methylester handeln. Eine Verbindung mit den Fragmenten 43, 57, 61, 88, 99 m/z konnte bei der RT von 32,879 min bei den Säften der Sorte „Gala“ und der Kreuzung „2-69“ beobachtet werden (Anhang 52). Mit der RT von 33,227 min konnte im Saft der Sorte „Maggy“, angebaut in Edingen und extrahiert mit Wd, eine unbekannte Verbindung mit den Fragmenten 43, 121, 77, 105, 51, 59 m/z detektiert werden (Anhang 53). Ausschließlich im Saft der Züchtung „Maggy“ konnte bei der RT 34,666 min eine Verbindung mit den Fragmenten 75, 57, 56, 83, 99, 45, 41 m/z nachgewiesen werden (Anhang 54). Dies wurde an unterschiedlichen Anbauorten und mittels beider Extraktionsverfahren bestätigt. Es könnte sich anhand des Spektrenvergleichs um 1,5-

Hexandiol bzw. Propansäure-hexylester handeln. (2Z, 6E)-Farnesol, das anhand des Spektrenvergleichs 69, 81, 41, 93, 107, 161 m/z identifiziert wurde (Anhang 55), konnte in dem Saft der Sorte „Gala“ gefunden werden.

4-Methoxy-phenylpropanol konnte als charakteristischer Bestandteil des Aromaprofils des Saftes der Züchtung „Maggy“ anhand des Spektrums mit den Fragmenten 121, 166, 147, 77 m/z und mittels Standardaddition identifiziert und quantifiziert werden. Ebenfalls nur im Saft der Züchtung „Maggy“, allerdings nur vom Anbauort Edingen, konnte mit der RT 46,555 min eine unbekannte Verbindung mit den Fragmenten 121, 164, 108, 103, 43, 55 m/z nachgewiesen werden. Es könnte sich um 1-Methoxy-bicyclo(3, 2, 2) nona-3,6-die-2-on handeln.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 17: Übersicht über nachgewiesene Aromakomponenten in Säften aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012 und 2013.

RT [min]	Verbindung	Ms-sp	Fragmente [m/z]	Gala	Boskop	Maggy	Maggy	Maggy	Baya Marisa	Mercedes	Weirouge	Weirouge	6-131	Pom-fital	Pom-fital	3-76 SAFE	3-76	5-79	2-69	
				Gh	Gh	Schn	Schn	Gh	Gh	Gh	Schmitt	Schn	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh
				Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd
3,732	Essigsäurepropylester	Anhang 20	43, 61, 73, 84	d															d	
4,339	unbekannt (Essigsäure-2-propenylester)	Anhang 23	43, 73, 56, 59, 41, 86	d										d	d				d	d
4,871	1-Propanol		59, 42, 84	d	d		d													d
5,588	Essigsäurebutylester		43, 56, 73, 61	d	d	d	d	d			d	d				d	d	d	d	
5,806	Hexanal		44, 56, 72, 82, 67	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
6,037	Isobutanol		43, 74, 57	d	d	d	d	d	d	d				d	d	d	d		d	
6,790	Essigsäure-2-methylbutylester		43, 70, 55, 74, 85	d	d	d	d	d			d	d				d	d	d	d	
7,419	1-Butanol		56, 41	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
7,568	unbekannt (3-Heptanon, 2-Methyl-4-hexanon)	Anhang 24	57, 85, 41, 72, 114				d							d		d				
7,849	unbekannt (3-Butenol)	Anhang 25	57, 43, 42, 87, 88				d							d	d					
8,222	Essigsäurepentylester		43, 70, 61, 55	d								d				d	d	d	d	
9,010	unbekannt (E)-2-Hexenal	Anhang 26	83, 69, 41, 55, 98, 51, 47	d		d	d	d	d	d	d	d		d	d				d	d
9,206	2-Methylbutanol		57, 41, 70	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
9,465	(E)-2-Hexenal		41, 55, 69, 83, 98	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
10,527	1-Pentanol		42, 55, 70	d	d	d	d	d	d	d			d	d	d	d	d	d	d	

Ergebnisse und Diskussion

RT [min]	Verbindung	Ms-sp	Fragmente [m/z]	Gala	Boskop	Maggy	Maggy	Maggy	Baya Marisa	Mercedes	Weirouge	Weirouge	6-131	Pom-fital	Pom-fital	3-76 SAFE	3-76	5-79	2-69		
				Gh	Gh	Schn	Schn	Gh	Gh	Gh	Schmitt	Schn	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh
				Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd
12,545	unbekannt (Essigsäure-cis-3-hexenylester)	Anhang 28	67, 43, 82, 41								d	d									
12,690	unbekannt ((Z)-2-Penten-1-ol), 2 bzw. 3-Methyl-2-Butenol)	Anhang 29	71, 86, 57, 53, 41, 43, 67, 68				d				d	d		d	d				d		
13,111	unbekannt ((E)-2-Hexenolacetat)	Anhang 30	43, 67, 82, 100, 54	d															d		
13,715	Hexanol		56, 43, 69	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d		
14,005	unbekannt ((E)3-Hexenol)	Anhang 31	67, 41, 82, 69, 55, 43, 100				d							d	d						
14,660	(Z)-3-Hexenol		67, 41, 82, 55	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d		
14,856	unbekannt (Nonanal)	Anhang 32	43, 55, 41, 98, 70, 81							d											
15,371	(E)-2-Hexenol		57, 41, 82, 67	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d		
15,523	unbekannt (5-Hexenol)	Anhang 33	67, 54, 41, 82	d																	
15,568	unbekannt (Buttersäure-hexylester)	Anhang 34	43, 71, 84, 89, 59, 101							d											
15,761	unbekannt	Anhang 35	69, 101, 43, 72, 157, 55, 111				d	d													
15,937	unbekannt (Buttersäure-2-methylhexylester)	Anhang 36	103, 40, 57, 44, 42, 85, 73	d																	

Ergebnisse und Diskussion

RT [min]	Verbindung	Ms-sp	Fragmente [m/z]	Gala	Boskop	Maggy	Maggy	Maggy	Baya Marisa	Mercedes	Weirouge	Weirouge	6-131	Pomfital	Pomfital	3-76 SAFE	3-76	5-79	2-69		
				Gh	Gh	Schn	Schn	Gh	Gh	Gh	Schmitt	Schn	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh
				Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd
18,208	unbekannt	Anhang 39	137, 152, 41, 95, 81, 55, 69											d							
18,745	Benzaldehyd		106, 77, 43, 51	d		d	d	d			d		d	d		d	d		d		
18,796	unbekannt (Dihydro-2-methyl-3(2H)-thiophenon)	Anhang 40	60, 116, 45, 88, 41													d					
22,944	unbekannt (1-Methoxy-4-(2-propenyl)-benzene)	Anhang 41	148, 117, 121, 77, 133, 51	d																	
23,245	unbekannt (Butandisäure-diethylester)	Anhang 42	129, 101, 56, 87, 43													d					
23,400	unbekannt (2-Methylbuttersäure)	Anhang 43	74, 57, 41, 87	d		d	d							d	d	d	d		d		
24,010	unbekannt (Buttersäure-3-hydroxybutylester)	Anhang 44	87, 43, 56, 71, 145, 105	d																	
24,320	unbekannt (3-(Methylthio)propanol)	Anhang 45	106, 61, 45, 73, 58, 47, 49	d		d	d	d	d							d	d		d		
24,567	unbekannt (Benzylacetat)	Anhang 46	108, 91, 150, 79, 43, 65, 51													d	d				

Ergebnisse und Diskussion

RT [min]	Verbindung	Ms-sp	Fragmente [m/z]	Gala	Boskop	Maggy	Maggy	Maggy	Baya Marisa	Mercedes	Weirouge	Weirouge	6-131	Pom-fital	Pom-fital	3-76 SAFE	3-76	5-79	2-69	
				Gh	Gh	Schn	Schn	Gh	Gh	Gh	Schmitt	Schn	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh
				Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd
25,354	unbekannt (1,4-Cyclohexandimethanol, 4-Methylen-cyclohexanmethanol, 5-Ethylcyclopent-1-enyl-methanol)	Anhang 47	126, 95, 67, 93, 79, 55, 97				d	d		d				d	d	d		d		
26,865	β -Damascenon		69, 121, 105, 91, 41, 77, 190	d		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
27,709	unbekannt	Anhang 48	63, 77, 93, 46, 118	d		d	d	d	d		d	d	d	d	d	d	d	d	d	
28,481	unbekannt (Benzylalkohol)	Anhang 49	108, 79, 77, 105, 91, 51, 44											d	d	d	d			
29,297	unbekannt (Benzenethanol)	Anhang 50	91, 122, 65, 51, 78, 44													d	d			
32,234	unbekannt (2,2-Dimethyl-1-hexanol, Pentansäure-4-methyl-methylester)	Anhang 51	43, 57, 99, 70, 88, 117	d																
32,879	unbekannt (Hexansäure-1-methylhexylester)	Anhang 52	43, 57, 61, 88, 99	d															d	
33,227	unbekannt (alpha-Hydroxy-alpha-methylbenzenessigsäure)	Anhang 53	43, 121, 77, 105, 51, 59			d														

Ergebnisse und Diskussion

T [min]	Verbindung	Sp	Fragmente [m/z]	Gala	Boskop	Maggy	Maggy	Maggy	Baya Marisa	Mercedes	Weirouge	Weirouge	6-131	Pomfital	Pomfital	3-76 SAFE	3-76	5-79	2-69
				Gh	Gh	Schn	Schn	Gh	Gh	Gh	Schmitt	Schn	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh	Gh
				Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd	SAFE	Wd	SAFE	Wd	Wd	Wd
34,666	unbekannt (1,5-Hexandiol, Propansäurehexylester)	Anhang 54	75, 57, 56, 83, 99, 45, 41			d	d	d											
39,519	unbekannt (2Z, 6E)-Farnesol	Anhang 55	69, 81, 41, 93, 107, 161	d															
41,720	4-Methoxyphenylpropanol	Anhang 56	121, 166, 147, 77			d	d	d											
46,555	unbekannt (1-Methoxybicyclo(3,2,2)nona-3,6-die-2-on)	Anhang 57	121, 164, 108, 103, 43, 55			d	d												

3.10 Analyse der Aromastoffe verschiedener Jahrgänge

3.10.1 Übersicht über die Aromaindices der einzelnen Sorten der Ernte 2011

Ein Modell zur Bewertung des Aromas von Apfelsäften stellt der Aromaindex dar. Wichtig für ein solches Modell ist, dass die bewerteten Aromastoffe eine Indikatorfunktion besitzen und keine Fehlnoten verursachen. Die Aromastoffe müssen zudem einen großen Aromabeitrag im Gesamtaroma des Apfelsaftes leisten. Es wurde das Modell nach Wolter et al. (2010) verwendet und die Aromaindices berechnet. Folgende Aromastoffe wurden für die Berechnung des Aromaindexes unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Vorkommens in Apfelsäften und der jeweils gleichen Gewichtung verwendet: 2-Methylbuttersäureethylester, Buttersäureethylester, Essigsäure-2-Methylbutylester, Essigsäurehexylester, Hexanal, (E)-2-Hexenal, Hexan-1-ol, (E)-2-Hexenol, 2- und 3-Methylbutanol und Essigsäurebutylester.

Tabelle 18: Aromaindices der jeweiligen roten Apfelsäfte der Ernte 2011. Die für die Berechnung verwendeten Aromastoffgehalte wurden mittels Wd und GC-MS bestimmt.

Sorte	Aromaindex
Weirouge/ Südtirol	47
MHD12	
6_21	62
Ruth/Nr.2	71
Anna	76
Mary	77
6-71/Pomfital	96
6_11	107
6_131	129
6_31	139
Topaz	141
Boskoop	211
Maggy	213
Joe	265
Rheinischer Bohnapfel	395

Tabelle 18 zeigt die Aromaindices der roten Apfelsäfte der Ernte 2011. Die aromareichsten Säfte wurden aus den Züchtungen „Joe“, „Maggy“, „6-31“ und „6-131“ hergestellt, wobei die beiden erst genannten einen fast doppelt so hohen Aromaindex wie die beiden zuletzt genannten haben. Der aromareichste Saft konnte 2011 aus der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ hergestellt werden. Entscheidend für die Menge an Aromastoffen im Saft sind die Lagerdauer der Äpfel, die Lagerdauer des Saftes und die Lagertemperatur. Im Vergleich dazu zeigten die von Wolter et al. (2011) untersuchten Säfte aus weißfleischigen Äpfeln zum Teil noch höhere Aromaindices. Für die Sorte „Golden Delicious“ betrug der Aromaindex 386, „Releika“ 597 und für die Sorte „Gloster“ 329. Diese Werte wurden unmittelbar nach

Herstellung der Säfte erhalten. Bei längerer Lagerdauer des Saftes stieg auch der Aromaindex bis auf mehr als das Doppelte (Wolter et al. 2011).

Die relativ niedrigen Werte für die Aromaindices der hergestellten Säfte sind auch damit zu begründen, dass die Äpfel direkt nach der Ernte verarbeitet und nach der Herstellung der Säfte eingefroren wurden. Einige rote Apfelsäfte, insbesondere aus den Züchtungen „Maggy“ und „Joe“, wiesen einen größeren Aromaindex als Säfte der weißfleischigen Sorten „Boskoop“ und „Topaz“ auf. Säfte aus weißfleischigen Äpfeln, insbesondere der Sorten „Rheinischer Bohnapfel“, „Golden Delicious“, „Releika“ und „Gloster“ sind aromareicher als die hier untersuchten roten Apfelsäfte und Säfte aus der Sorte Rheinischer Bohnapfel wiesen auch eine größere Vielfalt an Aromastoffen, vor Allem der Ester, auf. Interessant wäre in diesem Zusammenhang, welche genetischen Unterschiede zwischen rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln für dieses Ergebnis verantwortlich sind.

3.10.2 Aromastoffgehalte der Apfelsäfte der Ernte 2011

3.10.2.1 Züchtung „6-11“

Der aus der Züchtung „6-11“ hergestellte Saft weist keinen quantifizierbaren Gehalt an Estern auf und der Gehalt an Alkoholen überwiegt. Der Gehalt an (Z)-3-Hexenol und E-2-Hexenol liegt auf gleichem Niveau. Der hohe Gehalt dieser beiden Hexenole ist mit einem frühen Erntezeitpunkt zu erklären, was der hohe Wert der Reststärke, der bei der Bestimmung des Streifindex ermittelt wurde (Daten nicht gezeigt), belegt. 3- und 2-Hexenole ergeben ein „grasiges“ bzw. „grünes“ Aroma und werden im Verlauf der Reife immer mehr abgebaut, was Wolter et al. 2008 mit der Sorte „Shampion“ zeigten. Der Aromaindex beträgt 107, was ein relativ niedriger Wert ist im Vergleich zu Säften, die aus weißfleischigen Apfelsorten hergestellt wurden. Säfte aus den Sorten „Golden Delicious“ und „Releika“ weisen einen doppelt bis 4-fach höheren Wert auf.

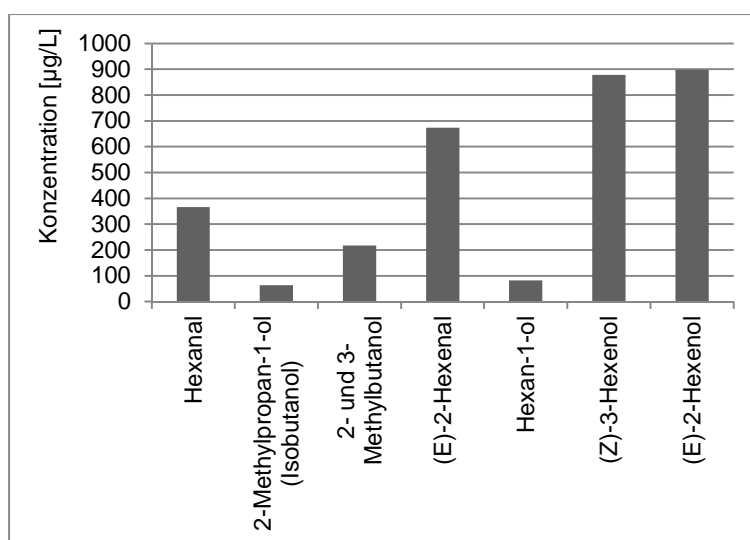


Abbildung 71: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-11“.

Tabelle 19: Übersicht über die quantifizierten Aromastoffe des roten Apfelsaftes der Züchtung „6-11“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/L}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	366
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	64
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	217
(E)-2-Hexenal	673
Hexan-1-ol	82
(Z)-3-Hexenol	878
(E)-2-Hexenol	898

3.10.2.2 Züchtung „6-21“

Der aus der Züchtung „6-21“ hergestellte rote Apfelsaft wies keinen Gehalt an Estern auf und der Anteil an Alkoholen im Aromaprofil überwiegt deutlich. Der Gehalt an (Z)-3-Hexenol beträgt $118 \mu\text{g/L}$, der niedrigere Wert im Vergleich zur Züchtung „6-11“ lässt sich mit einem höheren Reifegrad der Äpfel begründen. Der Mittelwert für den Stärkeabbau beträgt für die Züchtung „6-11“ 5 (Daten nicht gezeigt) und für die Züchtung „6-21“ 9,6. Der größere Stärkewert der Züchtung „6-21“ zeigt den weiter fortgeschrittenen Reifeprozess der Äpfel. (E)-2-Hexenol stellt die größte Komponente des Aromaprofils dar. Der Aromaindex beträgt 62, was den zweitniedrigsten Wert darstellt.

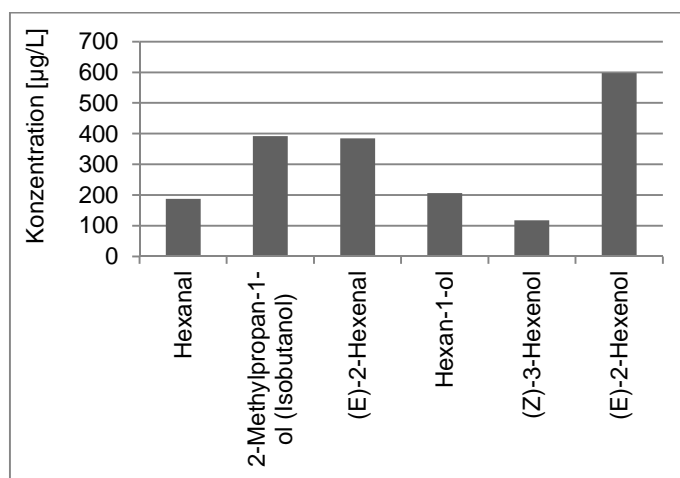


Abbildung 72: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-21“.

Tabelle 20: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-21“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/L}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	188
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	392
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	d.
(E)-2-Hexenal	385
Hexan-1-ol	206
(Z)-3-Hexenol	118
(E)-2-Hexenol	597

3.10.2.3 Züchtung „6-31“

Der Gehalt an Aldehyden und Alkoholen ist relativ ausgeglichen und es könnte bei dieser Saftprobe von einem Aldehydtyp gesprochen werden, jedoch überwiegt der Alkoholanteil im Aromaprofil, sodass es sich um einen Alkoholtyp handelt.

Hexanal bildet mit 818 $\mu\text{g/L}$ den größten Anteil der Aromakomponenten gefolgt von 2- und 3-Methylbutanol. (Z)-3-Hexenol wurde in dieser Sorte mit einem Gehalt von 283 $\mu\text{g/L}$ quantifiziert. Der Aromaindex beträgt 139.

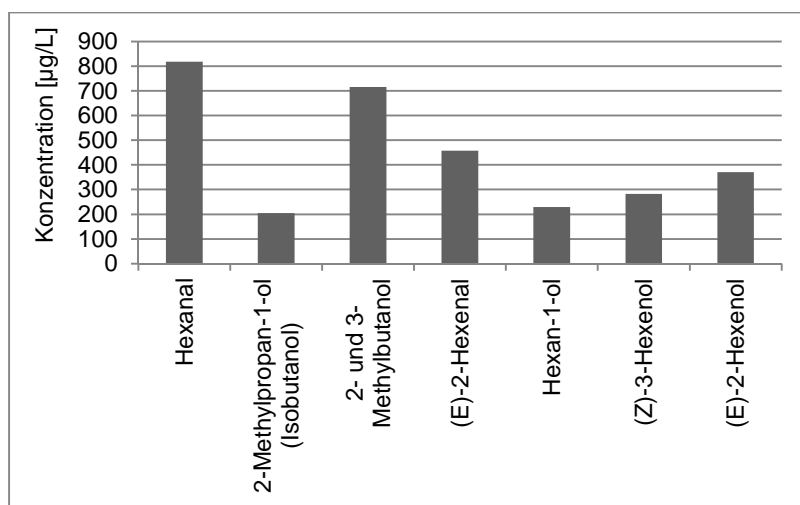


Abbildung 73: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-31“.

Tabelle 21: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-31“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	818
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	205
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	715
(E)-2-Hexenal	458
Hexan-1-ol	230
(Z)-3-Hexenol	283
(E)-2-Hexenol	371

3.10.2.4 Sorte „6-71/Pomfital“

Das Fehlen von (Z)-3-Hexenol im Aromaprofil des Saftes aus der Sorte „Pomfital“ ist auffällig, dies kann auch nicht mit dem Reifezustand begründet werden, da der erhaltene Stärkewert von 6 (Daten nicht gezeigt) gleich groß ist wie bei der Züchtung „6-31“. Somit scheint das Fehlen von (Z)-3-Hexenol sortenspezifisch zu sein, was auch durch die Analysen der Ernten 2012 und 2013 (Kapitel 3.10.3) bestätigt wurde. Der Gehalt an (E)-2-Hexenol bildet mit 848 $\mu\text{g/L}$ den größten Anteil der Aromakomponenten und der Aromaindex beträgt 96.

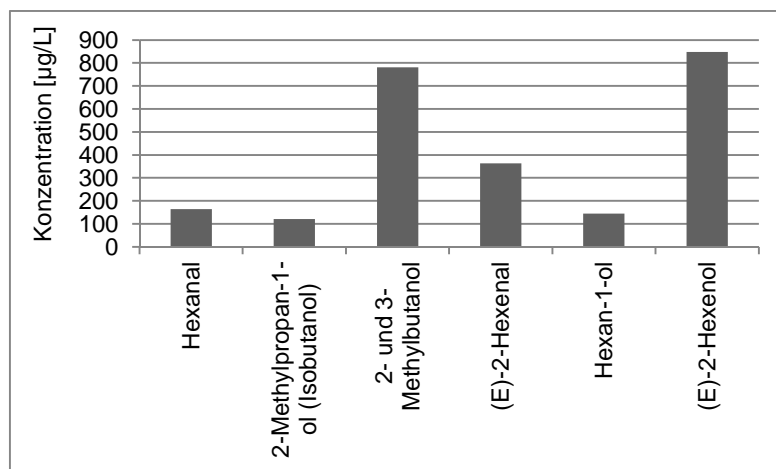


Abbildung 74: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „6-71/Pomfital“.

Tabelle 22: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „6-71/ Pomfital“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	164
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	121
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	781
(E)-2-Hexenal	363
Hexan-1-ol	145
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	848

3.10.2.5 Züchtung „6-131“

Im Aromaprofil der Züchtung „6-131“ überwiegt der Anteil an Alkoholen mit 2484 $\mu\text{g/L}$ und 2-/3-Methylbutanol stellt mit 1703 $\mu\text{g/L}$ den mit Abstand größten Bestandteil des Aromaprofils dar. (Z)-3-Hexenol ist mit einem Gehalt von 177 $\mu\text{g/L}$ enthalten. Alle zuvor genannten aus Geisenheim stammenden Sorten und Züchtungen weisen die Eigenschaft der Kolumnarwüchsigkeit auf und in den aus der jeweiligen Sorte bzw. Züchtung hergestellten Säften, außer bei der Sorte „Pomfital“, wurde (Z)-3-Hexenol in deutlichen Mengen nachgewiesen. Der Aromaindex beträgt 129.

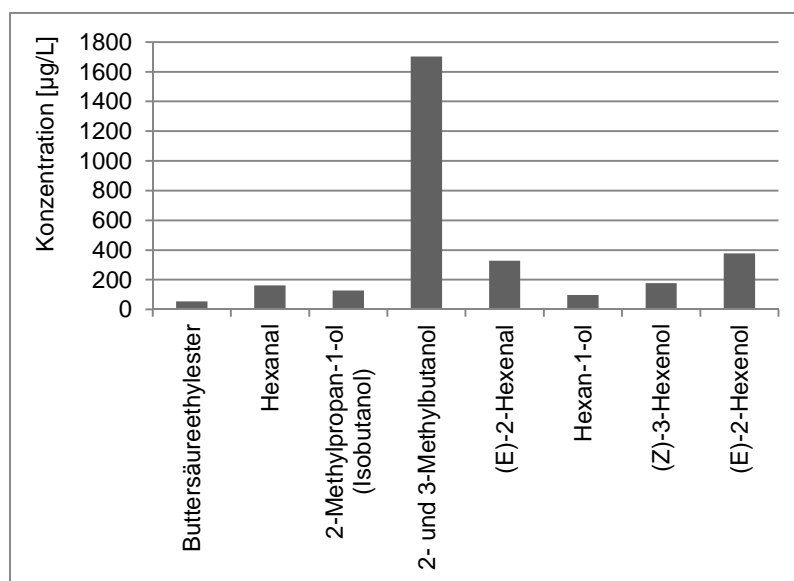


Abbildung 75: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „6-131“.

Tabelle 23: Aromastoffgehalte des Apfelsaftes der Züchtung „6-131“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	56
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	162
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	129
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	1703
(E)-2-Hexenal	328
Hexan-1-ol	98
(Z)-3-Hexenol	177
(E)-2-Hexenol	378

3.10.2.6 Züchtung „Anna“

Die nun folgenden roten Apfelsäfte wurden aus Äpfeln der Region Heidelberg/Edingen vom Obstbau Schneider hergestellt. Sämtliche Saftproben dieser Züchtungen wiesen keinen Gehalt an (Z)-3-Hexenol auf. Ester konnten in dieser Saftprobe nicht quantifiziert werden. Die Hauptkomponente des Saftes der Züchtung „Anna“ stellt das (E)-2-Hexenol mit 818 $\mu\text{g/L}$ dar und kann dem Alkoholtyp zugeordnet werden. Der Aromaindex beträgt 76.

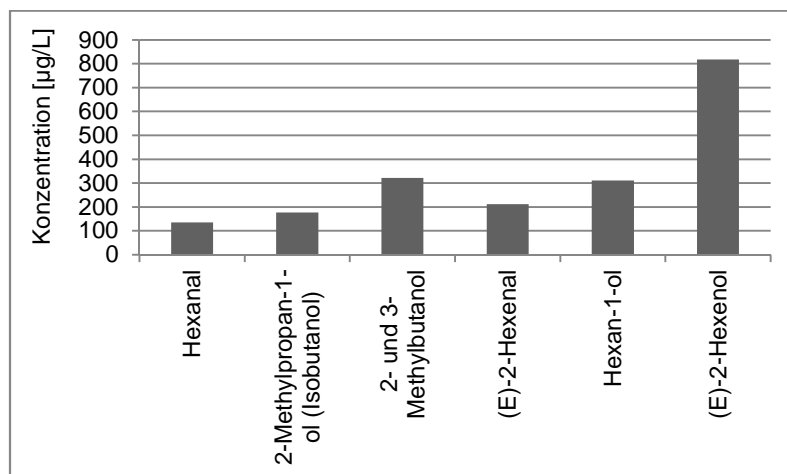


Abbildung 76: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Anna“.

Tabelle 24: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Anna“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	135
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	177
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	321
(E)-2-Hexenal	212
Hexan-1-ol	311
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	818

3.10.2.7 Züchtung „Joe“

Die Saftprobe der Züchtung „Joe“ kann dem Alkoholtyp zugeordnet werden und die Hauptkomponente stellt mit einem Gehalt von 6703 $\mu\text{g/L}$ 2- und 3-Methylbutanol dar. Essigsäurebutylester mit einem Gehalt von 58 $\mu\text{g/L}$ bildet den kleinsten Anteil im Aromaprofil. Der Aromaindex beträgt 265.

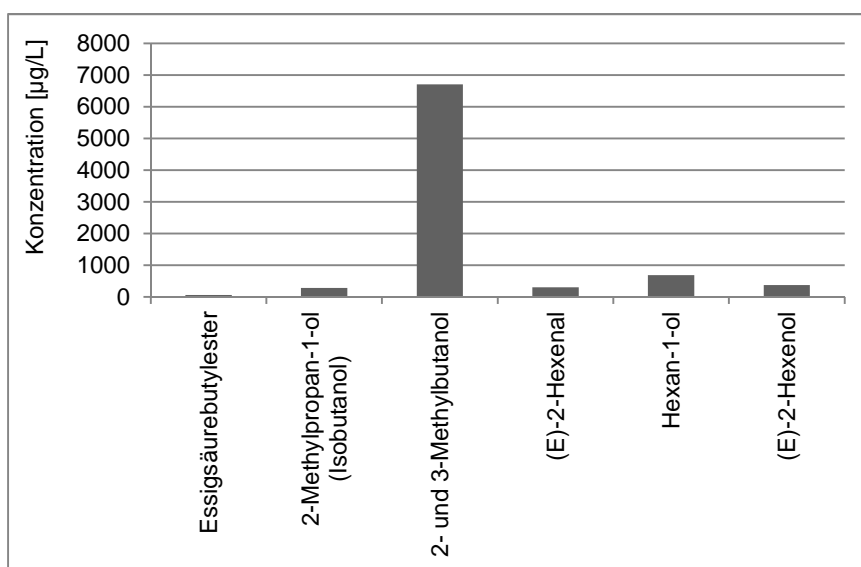


Abbildung 77: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Joe“.

Tabelle 25: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Joe“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	58
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	n.d.
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	277
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	6703
(E)-2-Hexenal	297
Hexan-1-ol	682
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	373

3.10.2.8 Züchtung „Maggy“

Saft der Züchtung „Maggy“ kann ebenfalls dem Alkoholtyp zugeordnet werden und den Hauptbestandteil des Aromaprofils bildet 2- und 3-Methylbutanol mit $2549 \mu\text{g/L}$. Die kleinste Komponente stellt der Essigsäurebutylester mit $48 \mu\text{g/L}$ dar. Der Anteil an Aldehyden ist im Vergleich zu den anderen untersuchten Saftproben sehr hoch. Insgesamt ist Saft der Züchtung „Maggy“ als aromareich zu bewerten und weist den zweithöchsten Aromaindex der roten Apfelsäfte auf. Im Verhältnis zum Anthocyangehalt weist die Züchtung „Maggy“ sogar den größten Aromaindex der untersuchten roten Apfelsäfte auf. Der Aromaindex beträgt 213.

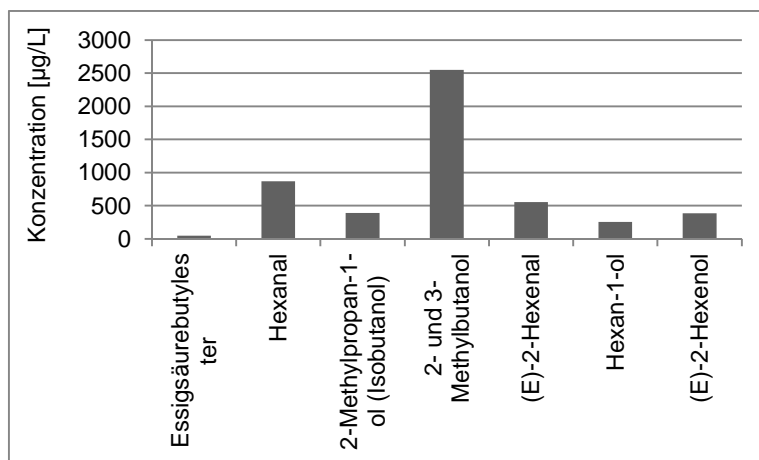


Abbildung 78: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Maggy“.

Tabelle 26: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Maggy“.

Verbindung	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	48
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	n.d.
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	392
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	2549
(E)-2-Hexenal	556
Hexan-1-ol	254
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	387

3.10.2.9 Züchtung „Mary“

Saft der Züchtung „Mary“ weist insgesamt wenig Aromastoffe auf, was auch der Aromaindex von 77 widerspiegelt. Die beiden Hauptkomponenten des Aromaprofils bilden das 2- und 3-Methylbutanol mit 599 $\mu\text{g/L}$ und das (E)-2-Hexenol mit 584 $\mu\text{g/L}$. Die Nebenkomponente bildet das Hexan-1-ol mit 68 $\mu\text{g/L}$. Diese Probe kann dem Alkoholtyp zugeordnet werden.

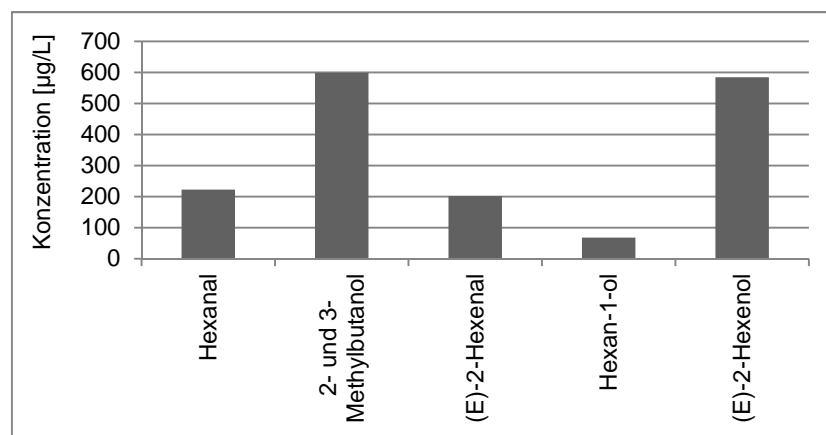


Abbildung 79: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Mary“.

Tabelle 27: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Mary“.

Verbindung	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	222
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	n.d.
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	599
(E)-2-Hexenal	202
Hexan-1-ol	68
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	584

3.10.2.10 Züchtung „Ruth/Nr. 2“

Die Saftprobe der Züchtung „Ruth/Nr. 2“ kann dem Alkoholtyp zugeordnet werden. Den Hauptbestandteil bilden das 2- und 3-Methylbutanol mit 478 $\mu\text{g/L}$ und die Nebenkomponente stellt das 2-Methylpropan-1-ol mit 117 $\mu\text{g/L}$ dar. Der Aromaindex beträgt 71 und liegt relativ niedrig im Vergleich zu Säften der Züchtungen „Maggy“ und „Joe“.

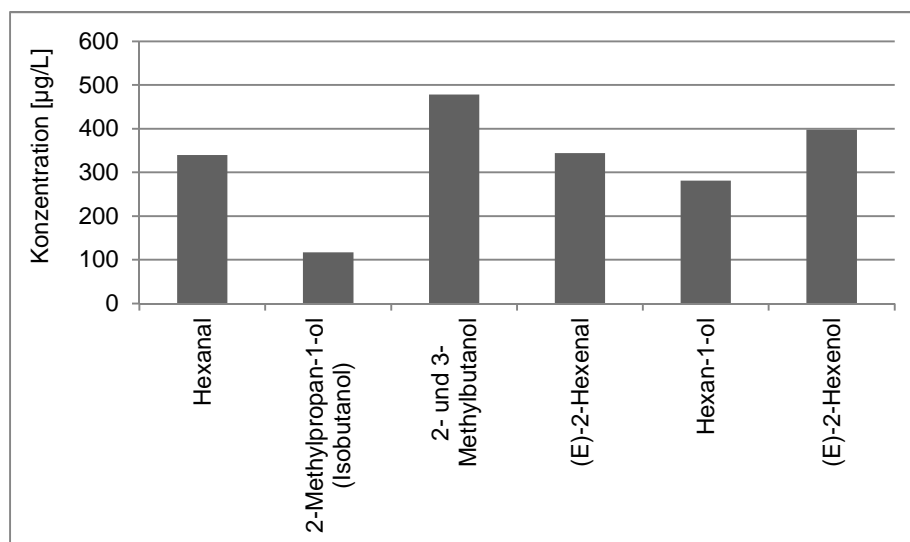


Abbildung 80: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Ruth/Nr. 2“.

Tabelle 28: Aromastoffgehalte des Saftes der Züchtung „Ruth/Nr. 2“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	340
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	117
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	478
(E)-2-Hexenal	344
Hexan-1-ol	281
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	397

3.10.2.11 Sorte „Weirouge“ aus Südtirol:

Die untersuchte Saftprobe stammt aus Südtirol und wurde dort aus Südtiroler Äpfeln hergestellt. Es liegen keine Kenntnisse über das Verarbeitungsverfahren und die Lagerzeit der Äpfel vor der Verarbeitung vor. Die Saftprobe der Sorte „Weirouge“ weist eine größere Vielfalt an Aromastoffen auf als die zuvor dargestellten roten Apfelsäfte. Jedoch ist die Gesamtmenge der Aromastoffe bei dieser Probe am geringsten im Vergleich zu den anderen untersuchten Säften. In den Erntejahren 2012 und 2013 wurden rote Apfelsäfte aus der Sorte „Weirouge“ der Standorte Mz und Ed hergestellt, die jeweils einen mehr als 5-fach höheren Aromaindex aufweisen, als die beiden Handelsproben aus Südtirol. Hier zeigt sich der große Einfluss der Verarbeitung und des Reifezustands der Äpfel auf den Gehalt an Aromastoffen.

Der Saft wurde 9 Monate vor Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums erworben. Wie bereits beschrieben, liegen zu dem Saft keine weiteren Informationen vor, sodass von einem Einfluss durch die Verarbeitung ausgegangen werden kann. Eventuelle Standzeiten des Saftes und längere Pasteurisationszeiten führen zu Aromaverlusten der meisten Aromakomponenten. Eine Ausnahme bildet Buttersäurepropylester, dessen Gehalt bei höheren Pasteurisationstemperaturen zunimmt. Eine längere Lagerzeit der Äpfel würde einen Anstieg des Aromaindexes des Saftes bewirken (Su und Wiley 1998).

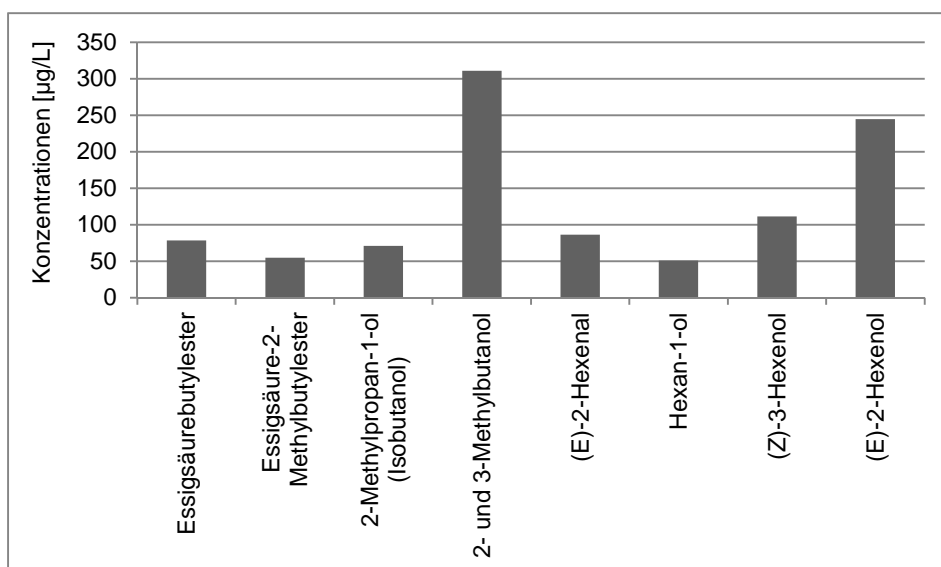


Abbildung 81: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte Weirouge aus Südtirol.

Tabelle 29: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Weirouge aus Südtirol.“

Verbindungen	Median [µg/l]
Buttersäureethylester	n.d.
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	78
Essigsäure-2-methylbutylester	55
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	n.d.
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	71
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	311
(E)-2-Hexenal	86
Hexan-1-ol	51
(Z)-3-Hexenol	111
(E)-2-Hexenol	245

3.10.2.12 Weißfleischige Sorte „Rheinischer Bohnapfel“

Die Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ weist die größte Vielfalt an Aromakomponenten der Ernte 2011 auf und auch die größte Gesamtmenge an Aromastoffen, mit einem Aromaindex von 395, im Vergleich der untersuchten Säfte. Diese relativ ausgewogene Verteilung an Estern, Aldehyden und Alkoholen führt zu einem sensorisch sehr ansprechenden Produkt, was anhand der deskriptiven sensorischen Untersuchungen bestätigt werden konnte (Kapitel 3.11).

Ergebnisse und Diskussion

Hauptbestandteil des Aromas ist wiederum das 2- und 3-Methylbutanol mit 3096 µg/L und den geringsten Anteil bildet der Buttersäureethylester mit 36 µg/L, wobei dieser Gehalt schon am Rande der Bestimmungsgrenze liegt. Der untersuchte Saft weist zudem den größten Gehalt an Estern auf. Trotzdem wird auch dieser zum Alkoholtyp gezählt.

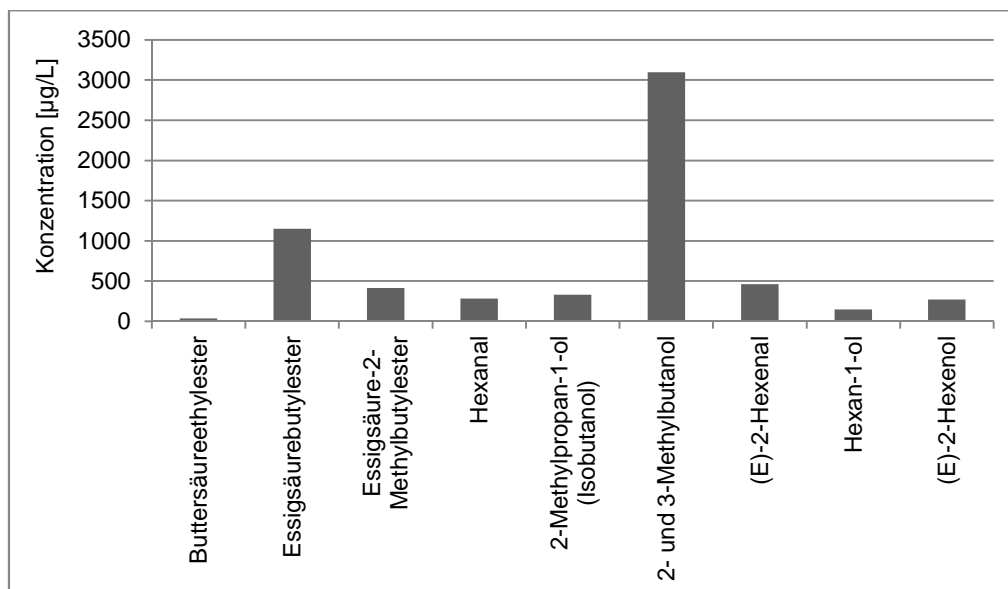


Abbildung 82: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“.

Tabelle 30: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“.

Verbindungen	Median [µg/l]
Buttersäureethylester	36
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	1150
Essigsäure-2-methylbutylester	414
Essigsäurepentylester	d.
Essigsäurehexylester	d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	284
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	331
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	3096
(E)-2-Hexenal	463
Hexan-1-ol	149
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	271

3.10.2.13 Weißfleischige Sorte „Boskoop“

Mit einem Aromaindex von 211 zählt diese Sorte unter den untersuchten Proben zu den aromareichen. Den Hauptbestandteil bildet das 2- und 3-Methylbutanol mit 1468 $\mu\text{g/L}$ und den geringsten Anteil des Aromaprofils bildet das Hexan-1-ol mit 153 $\mu\text{g/L}$. Vergleichsweise hoch liegt der Anteil an Aldehyden mit 974 $\mu\text{g/L}$ Gesamtmenge. Saft der Sorte „Boskoop“ kann ebenfalls dem Alkoholtyp zugeordnet werden.

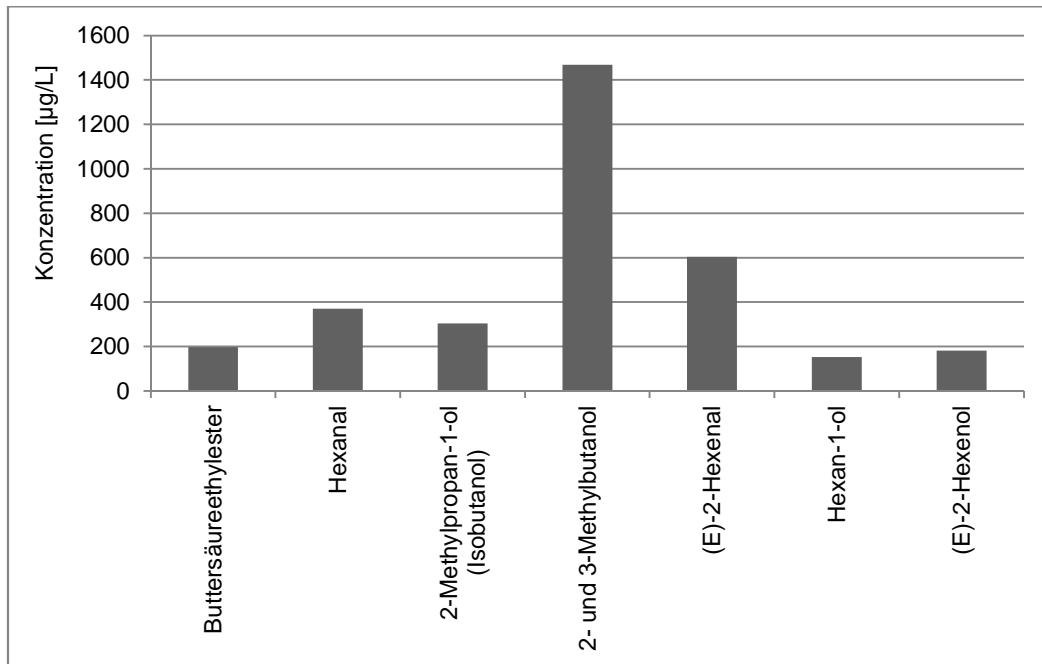


Abbildung 83: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Boskoop“.

Tabelle 31: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Boskoop“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	197
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	370
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	304
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	1468
(E)-2-Hexenal	604
Hexan-1-ol	153
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	182

3.10.2.14 Weißfleischige Sorte „Topaz“

Im Vergleich der Säfte aus weißfleischigen Äpfeln weist Saft der Sorte „Topaz“ einen geringen Aromaindex mit 141 auf. Auffällig ist der hohe Anteil mit 1431 $\mu\text{g/L}$ an Aldehyden.

Der Gehalt an Alkoholen und Aldehyden ist fast gleich groß, da aber das (E)-2-Hexenal mit 898 $\mu\text{g/L}$ den größten Anteil des Aromaprofils ausmacht, kann hier vom Aldehydtyp gesprochen werden.

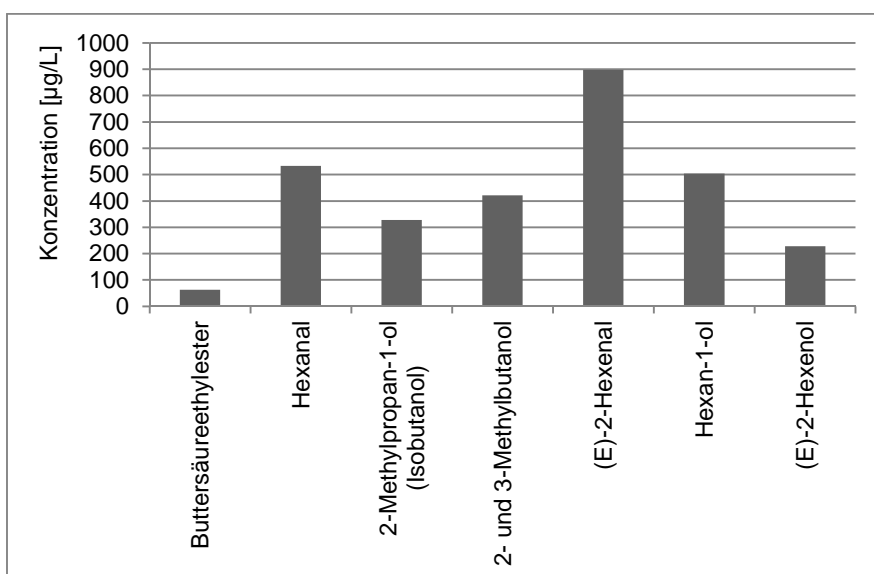


Abbildung 84: Säulendiagramm der Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Topaz“.

Tabelle 32: Aromastoffgehalte des Saftes der Sorte „Topaz“.

Verbindungen	Median [$\mu\text{g/l}$]
Buttersäureethylester	63
2-Methylbuttersäureethylester	n.d.
Essigsäurebutylester	n.d.
Essigsäure-2-methylbutylester	n.d.
Essigsäurepentylester	n.d.
Essigsäurehexylester	n.d.
Essigsäure-trans-2-hexenylester	n.d.
Isobuttersäurehexylester	n.d.
Essigsäureheptylester	n.d.
(E,Z)-2,4-Decadiensäureethylester	n.d.
Hexanal	533
2-Methylpropan-1-ol (Isobutanol)	328
Butan-1-ol	d.
2- und 3-Methylbutanol	421
(E)-2-Hexenal	898
Hexan-1-ol	505
(Z)-3-Hexenol	n.d.
(E)-2-Hexenol	229

3.10.3 Übersicht über die Aromaindices der Säfte der Ernte 2012

Tabelle 33 zeigt die Aromaindices der Säfte der Züchtungen und Sorten der Ernte 2012. Die Züchtungen „A1-33-04KL“ mit 429 und „A4-1-04KL“ mit 468 weisen die höchsten Aromaindices auf, die niedrigsten die Züchtungen „6-1“ und „Marilyn“. Der Unterschied der beiden Handelsprodukte (2011 und 2012) „Weirouge“ aus Südtirol ist nur gering, mit einer Differenz von sieben. Ebenso ist auch der Unterschied des Aromaindex der Züchtung „Maggy“, angebaut in Edingen, nur gering zum Vorjahr. Die größten Aromaindices in Verbindung mit einem hohen Gesamtanthocyangehalt wiesen die Züchtung „Maggy“ aus Ed und Gh, sowie die Züchtung „Nr. 8 1-12“ auf.

Tabelle 33: Aromaindices Ernte 2012.

	Aromaindex	Gesamtanthocyangehalt ber. als Cy-3-gal und -gluc [mg/L]
6_1	6	8,0
Marilyn	6	29,5
Weirouge Schmitt	17	31,6
Anna	24	21,5
Mary	24	23,7
6_51	29	0,9
Pomfital	35	8,8
Weirouge Südtirol MHD12	40	4,6
Ruth	40	5,8
Topred	41	21,2
6_131	41	22,1
Mary klar	46	2,9
Kathy klar	65	2,7
6_31	104	0,5
6_11	111	0,4
6_61	122	1,75
Rheinischer Bohnapfel	178	nn
6_21	191	0,2
Max	199	12,8
Nr. 8, 1_12	199	20,4
Maggy Schneider	216	19,1
Weirouge Schneider	226	11,2
Maggy Gh	242	36,7
A1-33-04KL	429	0,8
A4-1-04KL	468	1,9

3.10.4 Aromastoffgehalte der Züchtungen und Sorten der Ernte 2012

Im Folgenden ist der Gehalt an Aromastoffen der Säfte der Sorten der Ernte 2012 als heatmap dargestellt. Dies bedeutet, dass die Konzentrationen eines Aromastoffs gemittelt und der jeweilige Gehalt des Saftes an diesem Aromastoff bezogen auf diesen Mittelwert einem Farbwert zugeordnet wird. Die Farbe „rot“ bedeutet hierbei einen hohen Wert und „blau“ einen niedrigeren Gehalt im Vergleich zum Mittelwert. Die Skalierung bezieht sich auf den mittleren Gehalt des Reihenwertes (Abbildung 85). Es wurde die Methode der Wasserdampfdestillation verwendet. Wiederum nimmt der Saft der Züchtung „Maggy“, unabhängig vom Anbauort, eine Sonderrolle ein. Auffällig ist bei dieser Züchtung der hohe Gehalt an Butanol, Methylbutanol, Hexanol und der höchste Gehalt an Pentanol im Vergleich zu den anderen Züchtungen und Sorten. Saft der Züchtung „Max“ verfügt ebenso über einen

hohen Gehalt an Butanol. Die Säfte der Züchtungen „Ruth“, „6-31“, „6-131“ und „6-11“ weisen ebenso ein Charakteristikum auf: Einen hohen Gehalt an 2- und 3-Hexenol, wobei bei diesen das Verhältnis von 2- zu 3-Hexenol nahezu 1:1 ist. Eine Ausnahme bildet der Saft der Sorte „6-11“ bei dem dieses Verhältnis ca. 1:2 beträgt. Einen Gehalt an Isobutanol wiesen nur die Säfte der Züchtungen „Maggy“ aus Gh mit 510 µg/L, „Maggy“ aus Ed mit 298 µg/L, „Max“ mit 410 µg/L und die Züchtung „Nr. 8, 1-12“ mit 496 µg/L auf. Pentanol konnte in den Züchtungen „Maggy“, aus beiden Anbauorten, „Max“, „6-21“, „6-131“ und „Nr. 8“ nachgewiesen werden. Esterverbindungen konnten nur in wenigen Proben quantifiziert werden. Ausnahmen bildeten die Säfte der Züchtungen „A1-33-04 KL“ und „A4-1-04 KL“ mit sehr hohen Gehalten, in denen alle quantifizierten Esterverbindungen nachgewiesen werden konnten. Essigsäurebutylester wurde als die häufigste vertretene Esterkomponente in den Züchtungen und Sorten „Rheinischer Bohnapfel“, „Topred“ und „Weirouge“ nachgewiesen. Mit Ausnahme der Züchtung „6-51“ konnte Hexanol in allen Säften bestimmt werden. 2-Hexenol konnte mit Ausnahme der Sorte „Weirouge“, angebaut in Mz und in Ed, sowie der Züchtungen „Marilyn“ und „6-51“ ebenfalls in allen Säften nachgewiesen werden. Die höchsten Gehalte an 2-Hexenol wiesen die Säfte aus den Züchtungen „6-11“, „6-61“ und den geschönten Säften aus den Züchtungen „Kathy“ und „Mary“ auf. Die Züchtungen „Nr. 8 1-12“, „6-61“ und „6-21“ sowie die weißfleischige Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ wiesen die höchsten Gehalte an 2-Hexenal auf. Hexenal konnte vor allem in den Züchtungen „Nr. 8 1-12“ und „6-61“ in größeren Mengen gefunden werden.

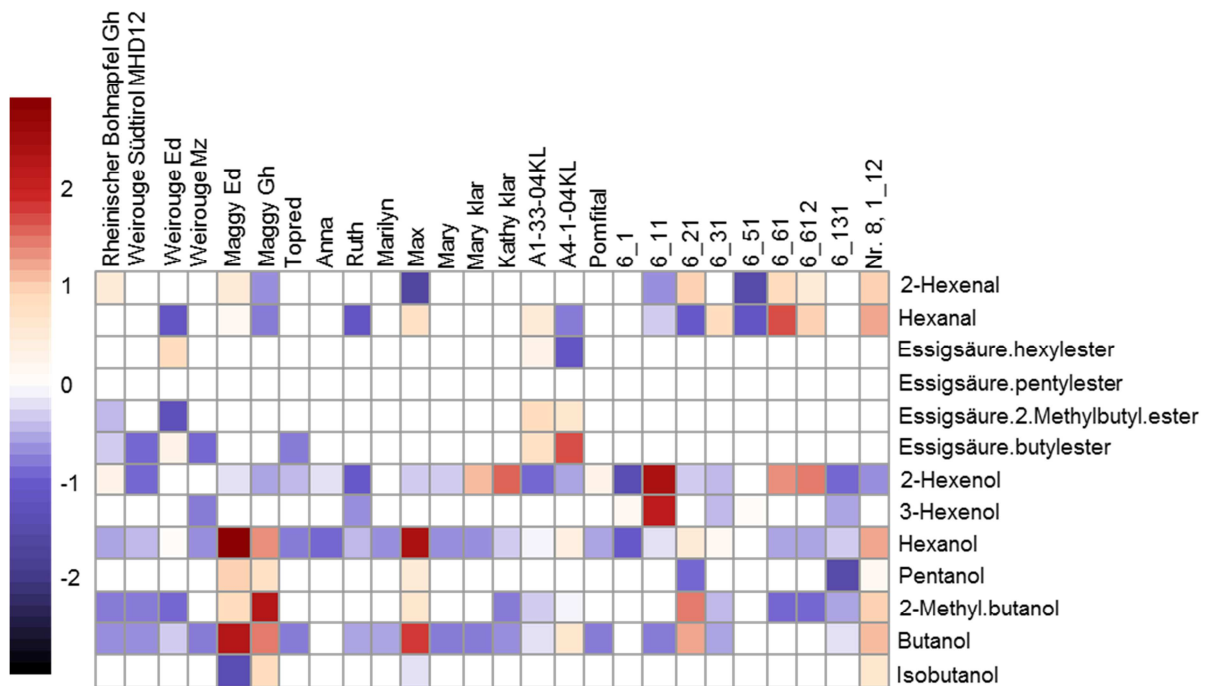


Abbildung 85: Übersicht der Aromastoffe der Säfte der Ernte 2012 als Z-scores, Darstellung als heatmap, column-scaled.

3.10.5 Aromastoffgehalte und Aromaindices der Züchtungen und Sorten der Ernte 2013

In Tabelle 34 sind die Aromaindices der Säfte, die aus den Sorten und Züchtungen des Erntejahres 2013 hergestellt wurden, aufgelistet. Den niedrigsten Aromaindex weist der Saft der Züchtung „Nr. 9“ auf. Darauf folgt bereits die Züchtung „Mary“, die in Geisenheim angebaut wurde und den höchsten Anthocyangehalt aller untersuchten Säfte des Jahres 2013 aufweist. Erwähnenswert ist auch, dass die beiden Saftproben aus den Kreuzungen „2-69“ und „3-80“ den höchsten Aromaindex neben der Sorte „Gala“ aufweisen. Es handelt sich hierbei, wie in vorhergehenden Kapiteln erwähnt, um Kreuzungen aus der Sorte „Wellant“ und „Pomfital“.

Weiterhin konnten die Ergebnisse bestätigt werden, dass mit zunehmendem Reifegrad der Aromaindex des Saftes ansteigt. Der Saft aus der Sorte „Pomfital“ nach der 1. Ernte (10.09.2013) betrug 82, nach der 2. Ernte (16.09.2013) 105 und nach der dritten Ernte (26.09.2013) 129. Dies zeigt den großen Einfluss des Erntetermins auf den Gehalt an Aromakomponenten des roten Apfelsaftes, insbesondere auf den Gehalt an Butanol, 2-Methylbutanol, Pentanol und Hexanol.

Eine generelle Aussage über den Zusammenhang des Anthocyangehaltes und des Aromagehaltes von rotfleischigen Äpfeln lässt sich nicht treffen. Insbesondere die aus den Kreuzungsexperimenten hervorgegangenen Nachkommen „3-80“ und „2-69“ weisen einen hohen Anthocyangehalt in Verbindung mit dem größten Aromaindex der rotfleischigen Apfelsorten und -züchtungen auf. Nur die weißfleischige Sorte „Gala“ weist einen noch höheren Aromaindex auf. Dies zeigt zum einem die erfolgreiche Implementierung der Aromaeigenschaften der Sorte „Wellant“ mit einem hohen Estergehalt und zum anderen, dass die Biosynthese der Anthocyane nicht zwangsläufig die Ausbildung von Aromastoffen von rotfleischigen Äpfeln beeinflusst. Die Züchtung „Maggy“ wies wie im Erntejahr 2012 einen hohen Aromaindex verbunden mit einem hohen Anthocyangehalt von 36,7 mg/L Gh bzw. 27 mg/L Ed auf.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 34: Aromaindices Ernte 2013.

Sorten	Aromaindex	Gesamtanthocyangehalt ber. als Cy-3-gal und -gluc [mg/L]
Nr. 9, 1_30	8	78,1
Mary Gh	17	89,4
4_71	18	34,1
6_51	31	1,1
Topred Gh	33	36,9
Dolgo	33	15,4
Nr. 7, 1-26	40	36,6
Weirouge Schmitt	47	33,4
Holland	48	2,7
6_1	53	9,1
5_100	55	3,5
Kathy Schneider	61	8,3
Mercedes Weirouge Schneider	61	25,0
6_71 Pomfital	63	19,4
Boskoop Roter Herbstkalvill	63	6,2
Pomfital 1. Ernte	63	0,2
Baja Marisa	80	1,1
4_24	82	21,6
A1-33-04KL	83	45,2
6_131	84	0,8
Rheinischer Bohnapfel	90	1,0
Nr. 3, 1_34	90	18,7
Pomfital 2. Ernte	99	nn
6_11	103	24,7
Topaz	105	13,3
Pomfital 3. Ernte	112	0,3
5_79	123	0,2
6_31	129	9,5
6_61	135	19,4
3_76	157	0,2
Nr. 8, 1_12	163	7,4
Maggy Gh	190	26,2
Maggy Schneider	209	34,8
A4-1-04 KI	210	36,7
6_21	247	27,0
3_80	260	3,2
2_69	267	0,9
Gala	361	31,3
	392	50,2
	1441	0,1

Die bestehenden rotfleischigen Sorten und Züchtungen weisen einen niedrigen bzw. keinen Gehalt an Estern, insbesondere der verzweigt-kettigen Alkohole, auf. Lediglich die rotfleischigen Züchtungen und Sorten „A1-33-04KL“, „A4-1-04KL“, „Nr. 7, 1-26“ und „Weirouge“, sowie die weißfleischigen Sorten „Rheinischer Bohnapfel“ und „Gala“ zeigen einen teils hohen Gehalt an Essigsäure-2-Methylbutylester.

Rowan et al. (1999) untersuchten die Biosynthesewege der Ester mit unverzweigten Alkoholen mittels des Einsatzes von deuterierten Fettsäuren, C-6-Aldehyden und Alkoholen. Vollständig deuterierte ungesättigte und einfach-ungesättigte Fettsäuren wurden hierbei zu -hexyl-d11-, Hexansäure-d11-, Heptansäure-d13- und Octansäure-d15-ester umgesetzt. Perdeuterierte Linolsäure wurde jedoch ausschließlich zu -hexyl-d11- und Hexansäure-d11-estern metabolisiert. Anhand der Metabolisierung von deuteriertem (Z)-3-Hexenal, (E)-2-Hexenal und Hexenal durch Äpfel der Sorten „Granny Smith“ und „Red Delicious“ konnten die Isomerisierung von (Z)-3-Hexenal, (E)-2-Hexenal und Hexenal, die Reduktion zu (E)-3-, (Z)-3-, (E)-2-Hexenylester, die Reduktion zu Hexanol und Hexylestern, die Oxidation zu Hexansäure und die Bildung von Hexansäureestern, die β -Oxidation von Hexansäure zu Butyl- und Buttersäureestern und die α -Oxidation von Hexansäure, die zur Bildung von Pentyl- und Pentansäureestern führte, nachgewiesen werden.

Verzweigte Alkoholester wie z.B. 2-Methylbutylester gehen aus Isoleucin hervor. Rowan et al. (1996) zeigten dies anhand des Einsatzes von deuteriertem Isoleucin und 2-Methylbuttersäure-d3, 2-Methylbutanol-d3, Ethyl-2-methylbuttersäure-d3 und der Bildung von deuterierten 2-Methylbutylestern und 2-Methylbuttersäureestern aus diesen Substraten. Hierbei wurden signifikante Unterschiede der deuterierten Produkte und deren Verteilung festgestellt. 2-Methyl-(E)-2-butenyl konnte im Aromaprofil der Sorte „Red Delicious“ als Biosyntheseprodukt nachgewiesen werden, bei Äpfeln der Sorte „Granny Smith“ war dies kein Bestandteil des Aromas (Rowan et al. 1996).

Hierbei zeigte sich, dass es nach dem Fettsäureabbau mit Lipoxygenasen durch Hydroperoxidlyasen zur Bildung von Aldehyden kommt und anschließend durch Alkoholdehydrogenasen und Aldehyddehydrogenasen (ADH) die entsprechenden verzweigten und unverzweigten Alkohole und verzweigten aktivierten Säuren entstehen. Alkoholacyltransferasen (AAT) führen im darauffolgenden Schritt zur Bildung der Ester. Essigsäure-2-methylbutylester und andere verzweigte Ester können jedoch auch durch Carboxylesterasen wieder zu den entsprechenden Alkoholen hydrolysiert werden (Schaffer et al. 2007). Abbildung 86 gibt einen Überblick der beiden Biosynthesewege bei der Esterbildung.

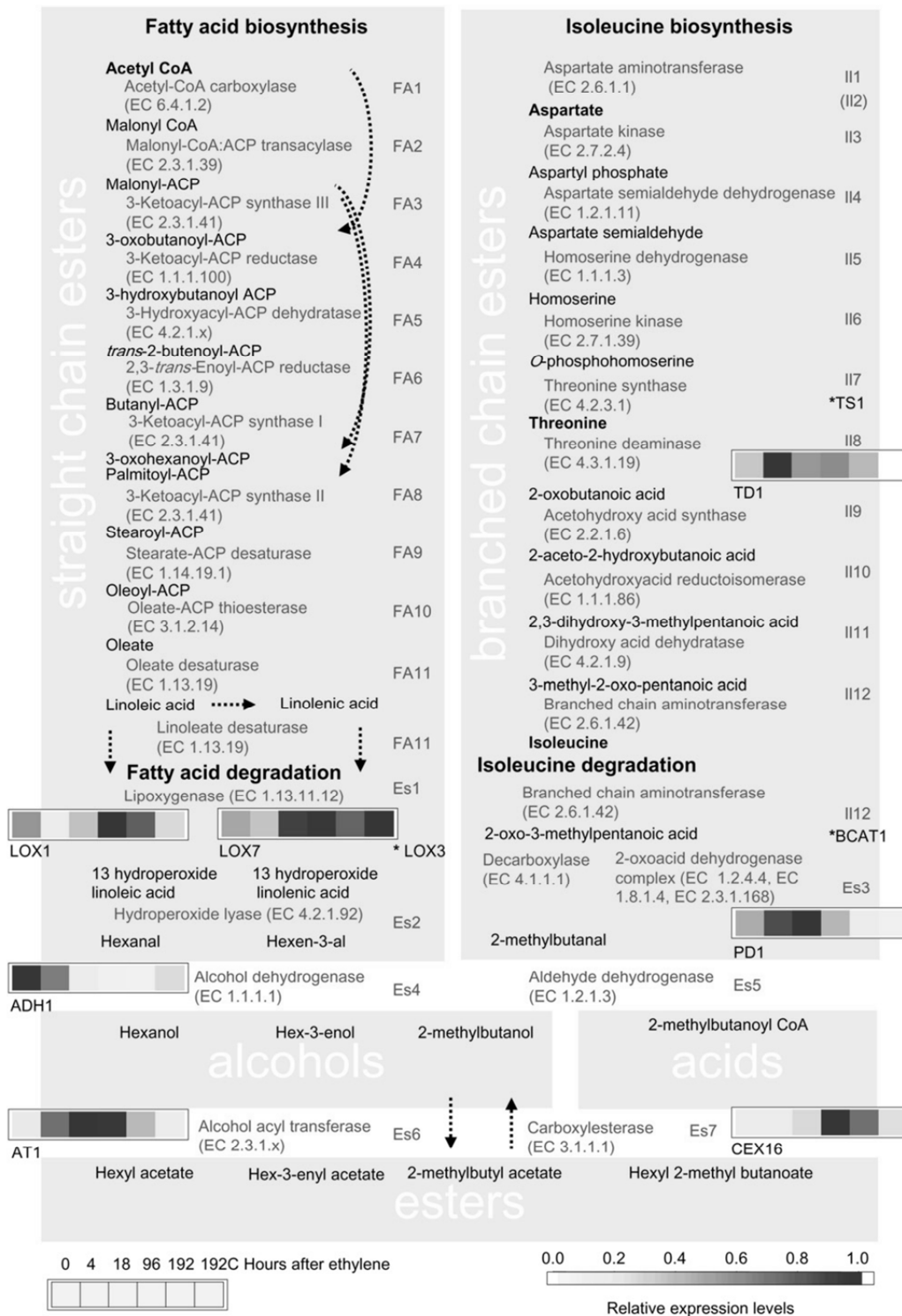


Abbildung 86: Schematische Darstellung der beiden Biosynthesewege mit den beteiligten Enzymen von verzweigt-kettigen und unverzweigten Estern. Der Fettsäuresyntheseweg und der anschließende Abbau führen zu unverzweigten Estern und der Isoleucinesyntheseweg und der anschließende Abbau zu verzweigt-kettigen Estern. Abbildung entnommen aus Schaffer et al. 2007.

Die Beobachtung des geringen Vorkommens insbesondere von methylverzweigten Estern bei roten Apfelsäften könnte zwei Ursachen haben. Zum einen könnte dies mit einer fehlenden Alkoholacyltransferase begründet sein oder zum anderen an einer verstärkten

Aktivität von Carboxylesterasen liegen, die zur Hydrolyse der synthetisierten Ester führen. Diese Fragestellung konnte nicht abschließend geklärt werden, jedoch ist die letztere Möglichkeit am wahrscheinlichsten.

Im Gegensatz dazu weisen jedoch die Nachkommen der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ einen hohen Gehalt an Estern insbesondere auch von Essigsäure-2-methylbutylester auf. Anhang 59 zeigt die Aromastoffgehalte der Sorten und Züchtungen 2013. Zu erkennen sind die hohen Gehalte an Essigsäurebutylester, Essigsäure-2-methylbutylester und Essigsäurehexylester in der Nachkommenschaft der Kreuzungspopulation.

3.10.6 Identifizierung und Quantifizierung von 4-Methoxyphenylpropanol in verschiedenen rotfleischigen Apfelsorten

Bei der Untersuchung der roten Apfelsäfte auf ihren Gehalt an Aromastoffen mittels Wasserdampfdestillation fielen einige Proben auf, die einen Gehalt eines Aromastoffes mit der Retentionszeit 41,73 min und eine Molekülmasse von 166,22 m/z aufweisen. Das Hauptfragment weist eine Masse von 121,7 m/z und 120,7 m/z auf. Bei der Spaltung der zwischen dem 2. und 3. C-Atom der Propylgruppe bildet sich nach einer MC-Lafferty-Umlagerung das Fragment mit der Masse 121 m/z (Abbildung 87). Weitere Fragmente wiesen ein m/z-Verhältnis von 91, 77, 147 und 148, sowie 105 auf. Die Fragmente sind in der Reihenfolge ihrer Intensität angeordnet.

Anhand des Molekülpeaks 166 und der charakteristischen Fragmente ließ sich die Verbindung als 3-(bzw. 4-Methoxyphenyl)propan-1-ol identifizieren. Ein Vergleich der Rt und der Massenspektren mit den Standardsubstanzen 3-(bzw. 4-Methoxyphenyl)propan-1-ol verifizierte die Identifizierung, dass es sich um 4-Methoxyphenylpropanol handelt. Zudem zeigt Anhang 56 die sehr gute Übereinstimmung mit dem Spektrum aus der NIST-Spektren-Bibliothek.

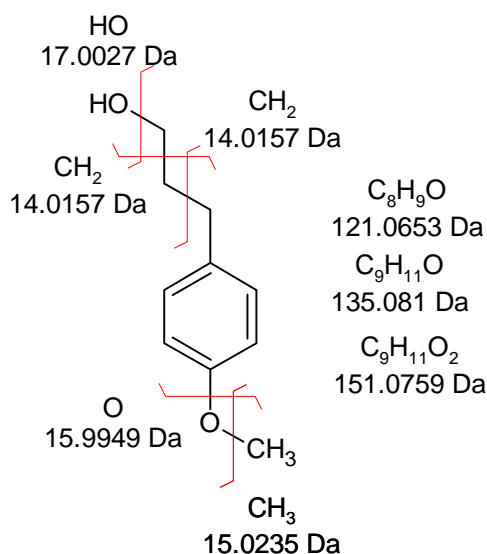


Abbildung 87: Strukturformel von 4-Methoxyphenylpropanol und mögliche Fragmentierungen.

Diese Ergebnisse konnten nach Extraktion mittels der SAFE-Methode (Engel et al. 1999) und unabhängig vom Jahrgang bestätigt werden. Tabelle 35 zeigt die Gehalte an 4-Methoxyphenylpropanol der Jahrgänge 2012 und 2013. Es sind nur geringfügige Schwankungen der Gehalte bei der Züchtung „Maggy“ zu beobachten. Den höchsten Gehalt wies die Züchtung „Max“ und den kleinsten der Saft der Züchtung „Nr.8“ auf.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 35: Konzentrationen an 4-Methoxy-phenylpropanol [$\mu\text{g/L}$] in den Saftproben der Ernte 2012 und 2013, mittels Standardaddition quantifiziert.

Probe	Jahrgang	Konzentration 4-Methoxyphenylpropanol [$\mu\text{g/L}$]
„Maggy“ Ed	2013	213
„Maggy“ Ed	2012	240
„Max“ Ed	2012	345
Nr. 8 1-12 Gh	2013	204
Maggy Gh	2013	178

Estragol (1-Methoxy-4-(2-propenyl)-benzol) konnte in dem Saft der Sorte „Gala“ nachgewiesen werden (Anhang 41), dies stellt die reduzierte Spezies von 4-Methoxyphenylpropanol dar. 4-Coumaroyl-Chinasäure konnte in hoher Konzentration in Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ nachgewiesen werden. Ein möglicher Biosyntheseweg könnte 4-Coumaroyl-Chinasäure als Edukt haben. Eugenol wurde bereits als potente Aromakomponente in Apfelsaft nachgewiesen (Bogen 2011). Im Unterschied zum 4-Methoxyphenylpropanol weist Eugenol (Abbildung 88) eine zusätzlich Hydroxygruppe in C4-Position auf, die Methoxygruppe in C3-Position und einen Propenylrest.

4-Methoxyphenylpropanol, ein Derivat der Zimtsäure, wurde bisher in Apfelwein durch Xu et al. (2007) nach SAFE-Extraktion in der neutralen/alkalischen Fraktion nachgewiesen, wobei dies nicht verifiziert werden konnte und nur ein Massenspektrenvergleich zum Nachweis herangezogen wurde. Baek und Cadwallader (1999) wiesen 4-Methoxyphenylpropanol als Aromakomponente in Muskattraubensaft nach. Der Gehalt an 4-Methoxyphenylpropanol lag nach enzymatischer Spaltung um das 15 fache erhöht vor, somit liegt ein Großteil glycosidisch gebunden vor. Bosse et al. (2013) konnten unter anderem 3-Phenyl-1-propanol als potente Aromastoffe nach der Umsetzung von Apfelschalen mit Basidiomyceten nachweisen. Als Ausgangsverbindung für die Bildung von 3-Phenyl-1-propanol wurde mittels deuterierter Edukte (E)-Zimtsäure nachgewiesen. Ein Gehalt an 4-Methoxyphenylpropanol ist ein Charakteristikum dieser rotfleischigen Züchtungen und wurde bisher in keinen anderen Apfelsäften nachgewiesen.

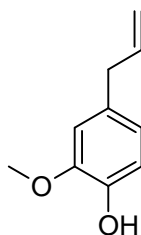


Abbildung 88: Strukturformel von Eugenol.

3.10.7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Aromastoffe der roten Apfelsäfte der Ernte 2011 bis 2013 mittels HS-GC/MS, Flüssiginjektion nach Wd und SAFE-Extraktion und anschließender Messung mittels GC/MS und interner Standards (Ernte 2011: 2-Octanol und Pelargonsäuremethylester, 2012-2013 deuterierte interne Standards) untersucht. Hierbei zeigte sich, dass die bestehenden Sorten und Züchtungen keinen bis zu einem sehr geringen Gehalt an Esterverbindungen aufwiesen. Diese werden dem Alkoholytyp zugeordnet. Ausnahmen stellen die Züchtungen aus Gh „A1-33-04KI“ und „A4-1-04KI“ dar. Es konnte gezeigt werden, dass die rotfleischigen Nachkommen aus der Kreuzung der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen „Wellant“ einen höheren Gehalt an Esterverbindungen, insbesondere Essigsäurebutylester, Essigsäure-2-methylbutylester und Essigsäurehexylester, aufweisen. Die Züchtungen „Maggy“, „Max“ und „Nr.8 1-12“ zeigten unabhängig von Anbauort und Extraktionsmethode einen Gehalt an 4-Methoxyphenylpropanol. Dies stellt eine sortenspezifische Eigenschaft dar und wurde bisher in keinem Apfelsaft nachgewiesen.

3.11 Sensorik der roten Apfelsäfte der Erntejahre 2011 bis 2013

3.11.1 Rote Apfelsäfte der Ernte 2011

Die im Folgenden dargestellten Netzdiagramme zu Farbe, Geruch und Geschmack helfen verschiedene Apfelsorten anhand unterschiedlicher Attribute, wie z.B. Aroma oder Farbintensität, zu vergleichen. Die Bewertungsskala reicht von „0“ bis „9“, wobei beim Farbton „9“ besonders rot bedeutet. Die statistische Auswertung der Ergebnisse beinhaltet einen Friedmann-Test zur Überprüfung der Ergebnisse auf eine Signifikanz. Es erfolgt hierbei eine Einteilung in Gruppen wie z.B. „A“, „AB“, „B“ usw.. Dies bedeutet, dass z.B. zwischen den Gruppen „A“ und „AB“ keine signifikanten Unterschiede zu beobachten waren, jedoch zwischen „A“ und „B“ sehr wohl. Zudem gibt die Gruppennummerierung auch den Notenskalabereich wieder.

In Abbildung 89 ist ein solches Netzdiagramm der roten Apfelsäfte der Züchtungen „6-1“, „6-11“, „Anna“, „Joe“ und „Mary“ dargestellt und zeigt, dass die Säfte der Züchtungen „Anna“ und „Joe“ bezüglich des Geruchs und des Attributs „typisch Apfel“ am schlechtesten bewertet werden. „Anna“ konnte jedoch bei „Farbton“ und „Farbintensität“ die Probanden überzeugen. Bis auf „Farbintensität“ und „Farbton“ zeigt die Züchtung „6-11“ eine durchweg hohe Punktzahl im Notenskalabereich „A“.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 36 zeigt die Ergebnisse des 1. Teils der deskriptiven Sensorik bezgl. der Farbe und des Geruchs der Säfte der Ernte 2011. In Bezug auf den Farbton wurden die Säfte der Züchtungen „Anna“ und „Mary“ am besten bewertet. Die Unterschiede des Parameters Farbton waren höchst signifikant. In der Aromatizität unterscheiden sich die Säfte sehr signifikant. Der Saft der Züchtung „6-11“ wurde sehr signifikant als aromareichster Apfelsaft beurteilt und wies laut dem Prüfpanel das apfeltypischste Aroma auf. Alle weiteren Züchtungen wurden bezüglich dieses Parameters gleichwertig schlechter bewertet.

Tabelle 36: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.

Attribut	6_1	6_11	Anna	Joe	Mary
Farbton ***	4,38 B	1,69 C	7,54 A	3,92 B	7,54 A
Farbintensität ***	3,15 C	5,46 B	7,54 A	3,77 C	6,23 B
Aroma **	5,62 AB	6,62 A	4,38 C	5,31 BC	6,15 AB
typisch Apfel ***	4,69 B	6,77 A	4,15 B	4,15 B	4,46 B
frisch *	4,62 B	6,23 A	4,23 B	4,23 B	5,38 AB
reintönig *	4,31 B	5,69 A	4 B	3,69 B	4,62 AB
fremdartig ns	3	2,08	3,31	3,69	2,92

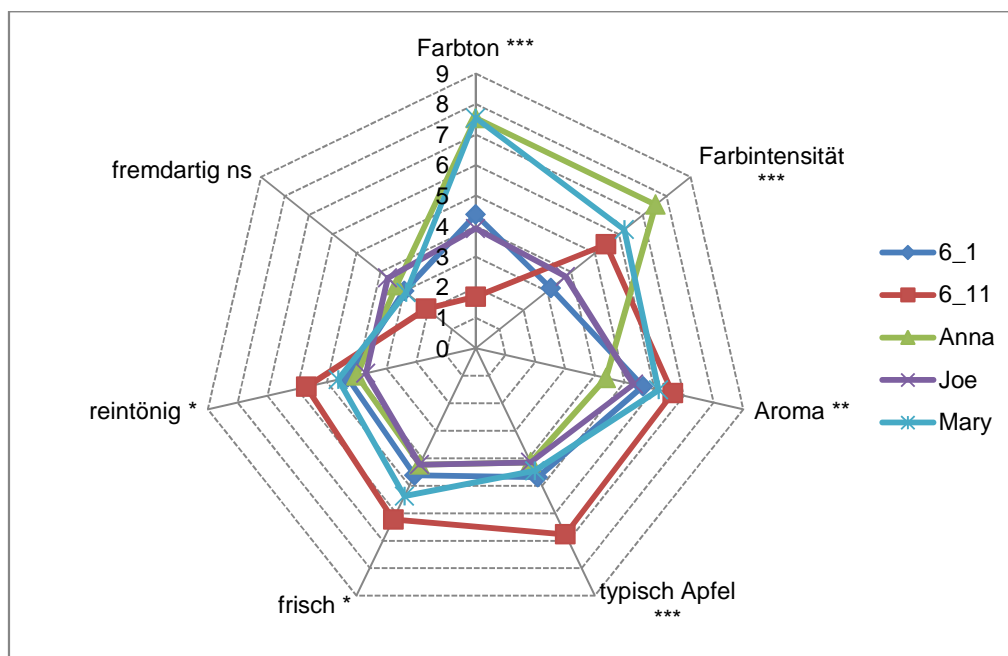


Abbildung 89: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.

Den 2. Teil der sensorischen Analyse der Parameter „Farbe“ und „Geruch“ zeigen Tabelle 37 und Abbildung 90. Bezogen auf die Parameter „Farbton“ und „Farbintensität“ waren höchst

Ergebnisse und Diskussion

signifikante Unterschiede bei dieser sensorischen Prüfung zu beobachten. Saft der Züchtung „Maggy“ wurde gleichwertig mit der Züchtung 6-131 als am meisten rot bewertet. Der Saft der Züchtung „Ruth/Nr.2“ wurde im „Farbton“ signifikant schlechter bewertet. Alle weiteren Säfte wurden bezüglich des Farbtons als braun/gelb bewertet. Die Prüfer bewerteten die Sorte „6-71/Pomfital“ als weniger aromareich und „typisch Apfel“, was jedoch als nicht signifikant zu beurteilen ist.

Tabelle 37: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.

Attribut	6_21	6_71	6_131	Ruth/ Nr.2	Maggy
Farbton ***	2,83 C	2,58 C	7,5 A	6,08 B	7,25 A
Farbintensität ***	2,5 C	5 B	6,75 A	5,42 B	6,75 A
Aroma ns	6,42	5,75	5,83	6	6,33
typisch Apfel ns	6	4,42	5,5	5,42	5,42
frisch ns	6,08	4,67	5,58	5,25	5,58
reintönig *	5,83 A	4,08 C	5,5 AB	4,67 BC	4,75 ABC
fremdartig ns	2,25	3	2,58	3,33	2,75

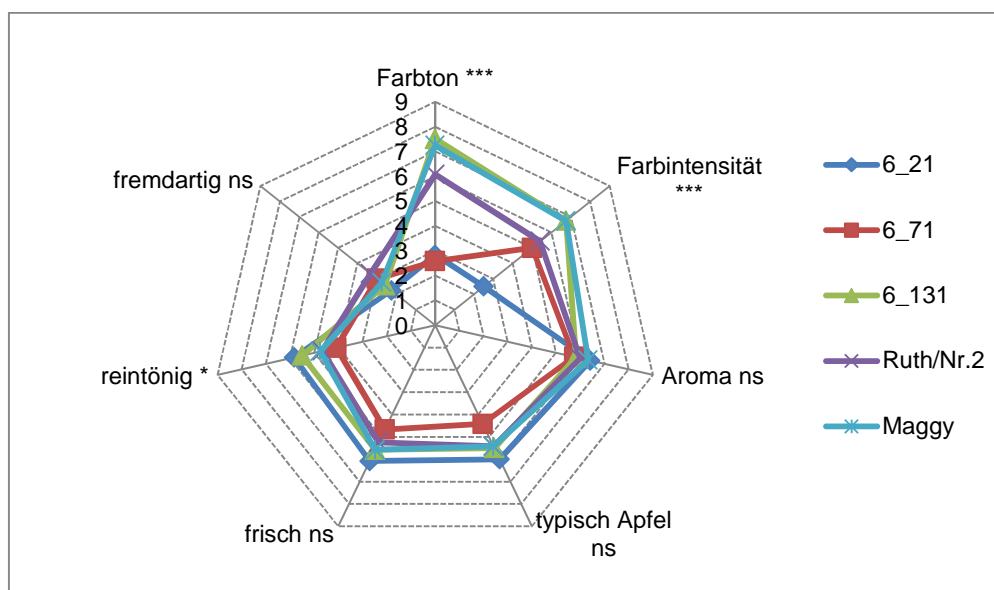


Abbildung 90: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.

Höchst signifikante Unterschiede ergaben sich bei den Parametern „Typisch Apfel“, „Süße“, „Säure“, „Zucker/Säure-Verhältnis“ und der „Beliebtheit“ im 1. Teil der Analyse des Geschmacks (Tabelle 38, Abbildung 91). Der Saft der Züchtung 6-11, als am meisten braun/gelb bezüglich der Farbe bewertet, wurde bezüglich der genannten Attribute am besten bewertet. Dieser Saft wies den höchsten Zuckergehalt und den niedrigsten

Ergebnisse und Diskussion

Säuregehalt im Vergleich der in Tabelle 38 aufgeführten Sorten auf. Der Saft der Züchtung „Anna“, die die stärkste Rotfärbung der hier sensorisch untersuchten Säfte aufwies wurde allerdings nicht signifikant schlechter bezüglich der Beliebtheit bewertet. Die Panellisten bewerteten die Züchtungen „6-1“ und „Mary“ höchst signifikant als am säurereichsten und wenigsten süß.

Tabelle 38: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich des Geschmacks Teil I.

Attribut	6_1	6_11	Anna	Joe	Mary
typisch Apfel ***	3,15 C	5,85 A	5,23 AB	3,77 C	4,23 BC
Süße ***	1,77 C	6,15 A	3,69 B	3,85 B	2,08 C
Säure ***	8,23 A	4,31 D	6,92 B	5,62 C	8,15 A
Zucker/Säure ***	8,15 A	4,38 C	6,62 B	6,08 B	7,54 A
frisch ns	5,08	6	5,92	5,08	5,69
reintönig ns	3,92	5,69	4,31	4,77	3,69
Beliebtheit ***	2,77 D	5,69 A	4,85 AB	4,31 BC	3,31 CD

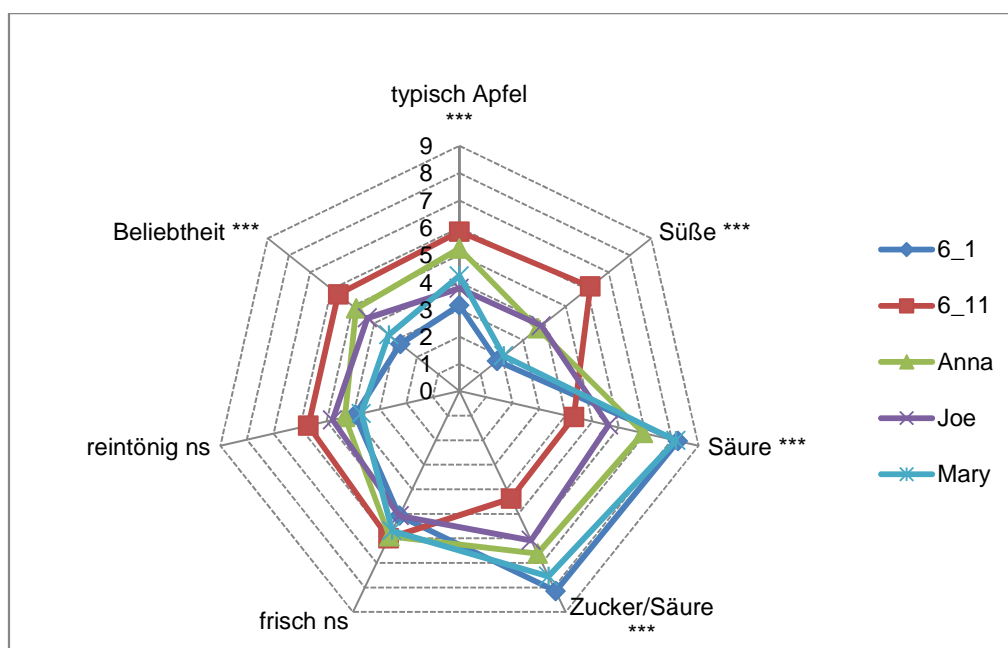


Abbildung 91: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack Teil I.

Tabelle 39 und Abbildung 92 stellen die Ergebnisse des 1. Teils der sensorischen Untersuchung der Säfte der Ernte 2011 dar. Der Saft der Züchtung „6-21“, der als am wenigsten rot im Vergleich der aufgeführten fünf Züchtungen bewertet wurde, wies bezüglich des Geschmacks das typischste Apfelaroma auf und wurde auch bei dem Parameter „Süße“ und „Säure“ am besten bewertet. Jedoch wurden die Säfte der Züchtungen „6-21“, „Ruth/Nr.2“, „6-71/Pomfital“ und „Maggy“ gleichwertig bzgl. des Parameters „Beliebtheit“ mit

dem Saft der Züchtung „6-21“ bewertet. Abbildung 92 zeigt zudem, dass die Züchtung „6-131“ höchst signifikant den höchsten Säuregehalt aufweist und als am wenigsten „süß“ bewertet wurde. Ebenso konnte diese Züchtung bzgl. eines „typischen“ Apfelgeschmacks und der „Reintönigkeit“ die Probanden nicht überzeugen.

Tabelle 39: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezüglich des Geschmacks Teil II.

Attribut	6_21	6_71	6_131	Ruth/Nr.2	Maggy
typisch Apfel ***	7 A	5,33 B	4,08 C	5,33 B	4,83 BC
Süße ***	5,17 A	3,58 B	2,08 C	4,25 AB	3,67 B
Säure ***	5,33 C	6,92 B	8,08 A	6,17 BC	6,75 B
Zucker/Säure ***	5,33 C	6,58 B	8 A	6 BC	6,42 B
frisch ns	6,5	5,83	6	6,42	5,75
reintönig *	6,5 A	5 B	4,92 B	6,08 AB	4,92 B
Beliebtheit *	5,92 A	4,92 AB	3,83 C	5,42 A	5 AB

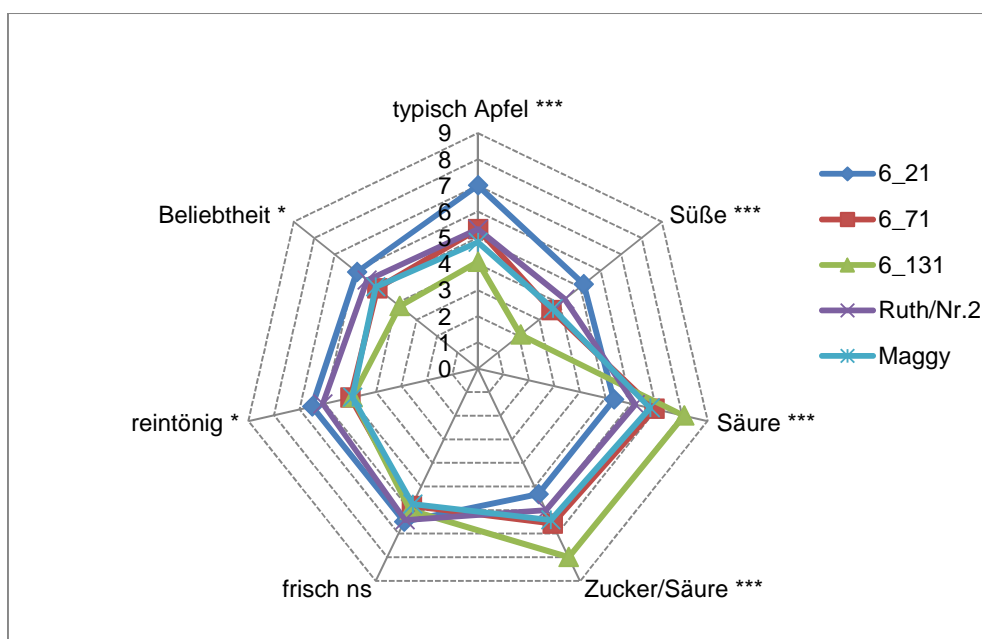


Abbildung 92: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack Teil II.

3.11.2 Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2011

Tabelle 40 und Abbildung 93 stellen die Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der Farbe und des Geruchs dar. Bzgl. des Aromas der drei untersuchten Apfelsäfte aus den weißfleischigen Sorten „Bohnapfel“, „Boskoop“ und „Topaz“ wurden die beiden Sorten „Bohnapfel“ und „Topaz“ als höchst signifikant am aromareichsten beschrieben. Sehr signifikant wurde der Saft der Sorte „Bohnapfel“ als am „typischsten Apfel“ im Geruch bewertet. Abbildung 93 verdeutlicht, dass der Saft der Sorte „Boskoop“ als mehr braun im Farbton und aromaarm beurteilt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 40: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln des Erntejahres 2011 bezgl. Farbe und Geruch.

Attribut	Bohnapfel	Boskoop	Topaz
Farbton **	4,83 AB	5,75 A	4,17 C
Farbintensität ns	5,42	5,42	5,83
Aroma ***	6,92 A	4,5 B	6,17 A
typisch Apfel **	6,25 A	4,17 B	4,17 B
frisch *	5,67 A	4,17 B	4,5 AB
reintönig ns	5,17	4,17	4,08

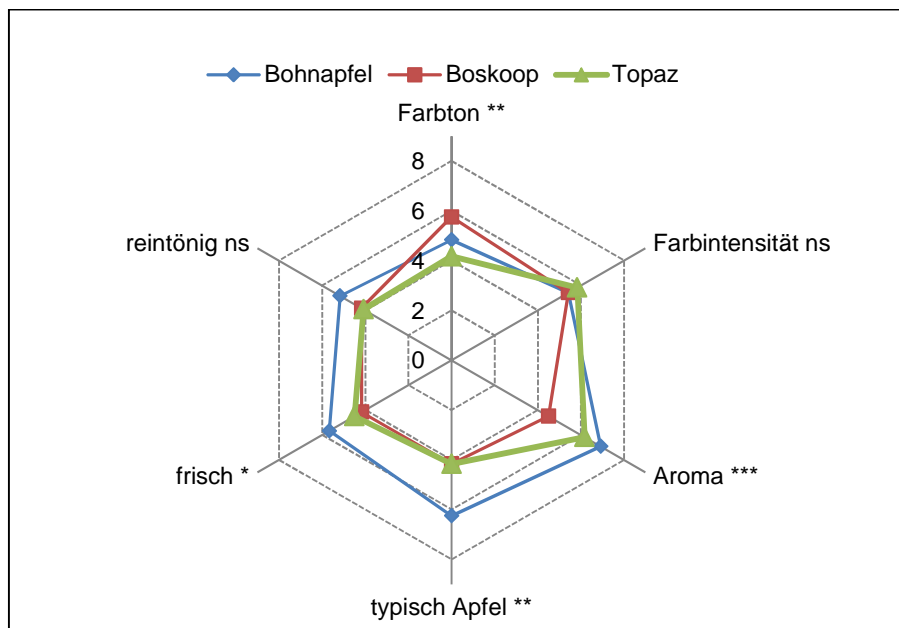


Abbildung 93: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.

Bzgl. des Geschmacks wurde der Saft der Sorte „Bohnapfel“ signifikant als am „typischsten Apfel“ und ebenso als der beliebteste Saft dieser sensorischen Prüfung bewertet (Tabelle 41, Abbildung 94). Diese Sorte konnte auch in Reintönigkeit und Frische überzeugen und wies den niedrigsten Säuregehalt im Geschmack auf. Saft der Sorte „Boskoop“ wurde als saurer im Geschmack bewertet.

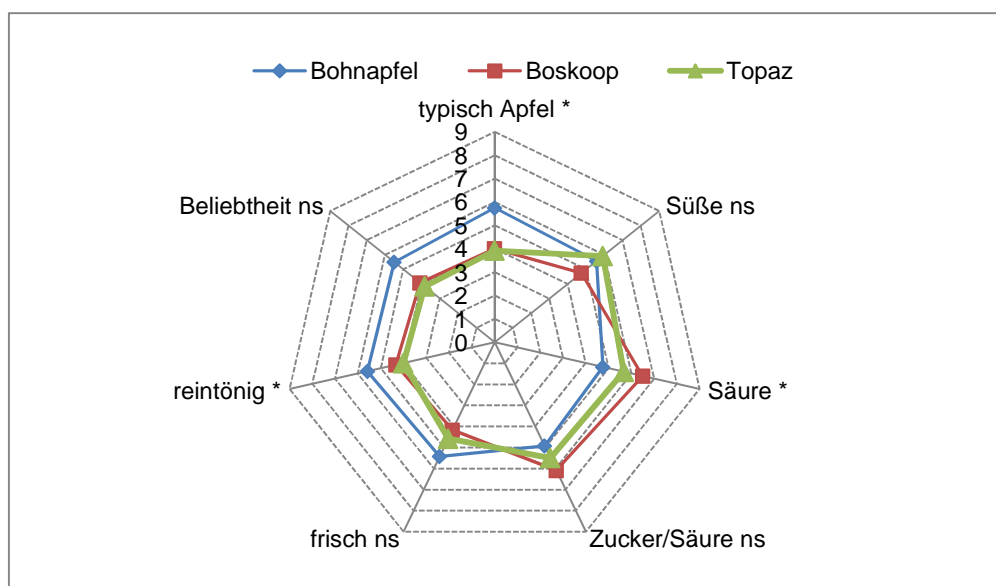


Abbildung 94: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Parameters Geschmack.

Tabelle 41: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2011 bezgl. des Geschmacks.

Attribut	Bohnapfel	Boskoop	Topaz
typisch Apfel *	5,75 A	4 B	3,92 B
Süße ns	5,58	4,75	5,92
Säure *	4,75 C	6,5 A	5,67 AB
Zucker/Säure ns	4,92	6,08	5,5
frisch ns	5,42	4,17	4,58
reintönig *	5,58 A	4,33 AB	4 B
Beliebtheit ns	5,5	4,08	3,83

3.11.3 Rote Apfelsäfte der Ernte 2012

Den 1. Teil der sensorischen Analyse der Farbe und des Geruchs der Säfte 2012 zeigen Tabelle 42 und Abbildung 95. Es ergaben sich höchst signifikante Unterschiede bei der sensorischen Bewertung des Farbtons (Tabelle 42). Die Säfte der Sorten bzw. Züchtungen „Kathy“, „Mary“, „Marilyn“ und „Weirouge“ aus Mainz (Obstbau Schmitt) wurden bezüglich der Farbe als am stärksten rot bewertet. Bzgl. des Aromas wurden die Säfte der Sorten und Züchtungen „A1-33-05-KL“, „A4-01-KL“, „Maggy“ aus Ed (Obstbau Schneider) und „Weirouge“ aus Mz (Obstbau Schmitt) als die besten bewertet, was die Analysen des Aromas bestätigen (Kapitel 3.10). Diese Sorten und Züchtungen wurden zudem auch als am typischsten apfelartig in Bezug auf das Aroma bewertet (Abbildung 95). Die beiden geschönten Säfte aus den Züchtungen „Kathy“ und „Mary“ wurden höchst signifikant als fremdartig bzw. apfeluntypisch bewertet.

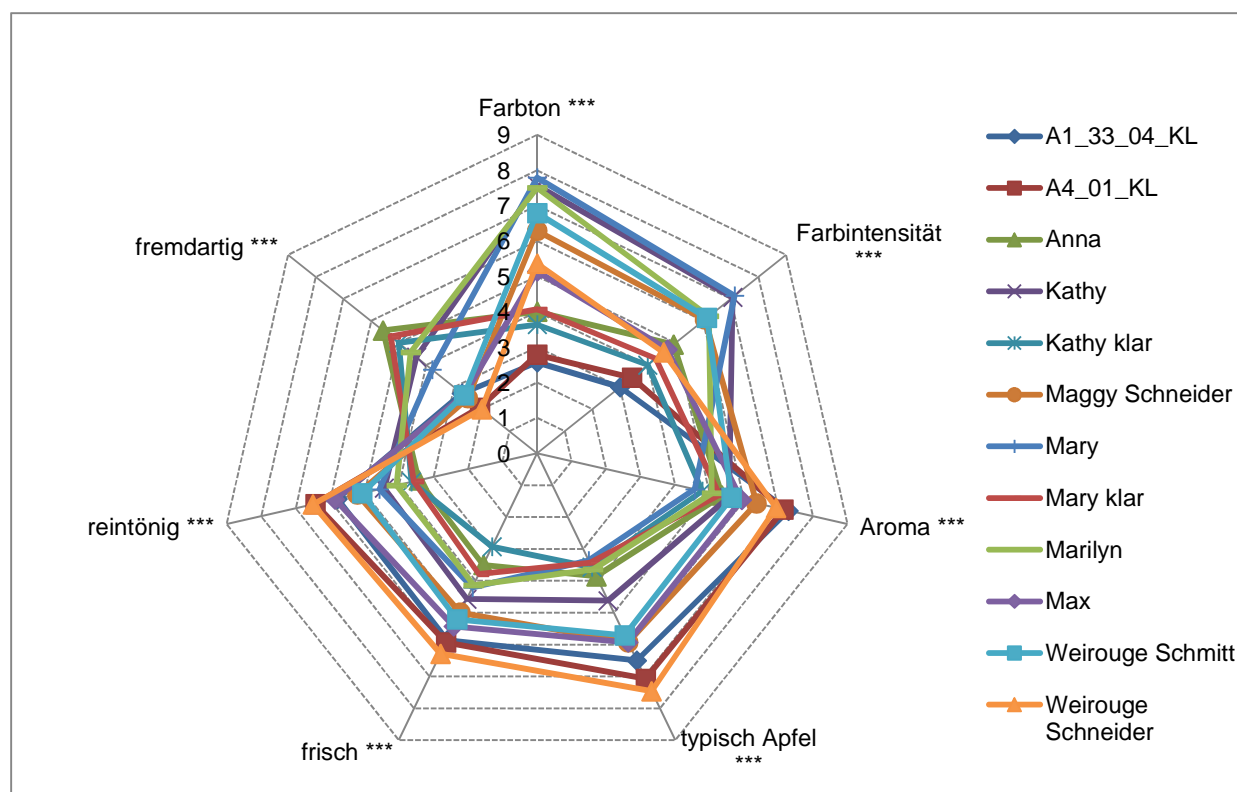


Abbildung 95: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.

Tabelle 42: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.

Probe	A1_33_04_KL	A4_01_KL	Anna	Kathy	Kathy klar	Maggy Schneider	Mary	Mary klar	Marilyn	Max	Weirouge Schmitt	Weirouge Schneider
Farbton ***	2,57 G	2,79 FG	4 E	7,57 A	3,64 EF	6,29 BC	7,79 A	4,07 E	7,5 A	5,14 D	6,79 AB	5,36 CD
Farbtintensität ***	3 E	3,43 DE	4,93 BC	7,07 A	4 CDE	6,07 AB	7,14 A	4,29 CDE	6,21 AB	4,71 CD	6,14 AB	4,57 CD
Aroma ***	7,29 A	7,14 AB	5,36 CDE	5,57 CDE	4,79 DE	6,36 ABC	4,57 E	5,29 CDE	5,07 DE	5,93 BCD	5,64 CDE	6,93 AB
typisch Apfel ***	6,5 AB	7,07 AB	3,86 D	4,62 CD	3,57 D	5,93 BC	3,36 D	3,43 D	3,64 D	5,93 BC	5,71 BC	7,46 A
frisch ***	5,86 AB	5,93 AB	3,5 EF	4,57 BCDE	2,93 F	5	4,21 CDEF	3,79 DEF	4,14 CDEF	5,43 ABC	5,21 ABCD	6,29 A
reintönig ***	5,79 AB	6,43 A	3,43 E	4,43 BCDE	3,64 DE	5,21 ABC	4,57 BCDE	3,57 DE	4,07 CDE	5,86 AB	5,07 ABCD	6,5 A
fremdartig ***	2,71 CD	2,07 D	5,57 A	4,36 AB	5 AB	2,5 CD	3,79 BC	5,29 A	4,57 AB	2,64 CD	2,64 CD	2 D

In Tabelle 43 und Abbildung 96 sind die Ergebnisse des 2. Teils der Untersuchungen bzgl. der Farbe und des Geruchs zu sehen. Der Saft der Züchtung „6-131“ wurde bei der Bewertung der in Tabelle 43 aufgeführten Säfte in Bezug auf die Farbe als am meisten rot bewertet. Darauf folgten die Sorte „Pomfital“ und die Züchtung „Topred“. Bzgl. des Aromas wurden die farbschwächeren Züchtungen „6-11“, „6-61“ und „Ruth/Nr.2“ am besten bewertet, „6-11“ wurde hierbei als „gelb“ im Farbton bewertet. Saft der Züchtung „Topred“ wurde von farbreicheren Säften am besten bezüglich des Aromas bewertet (Abbildung 96).

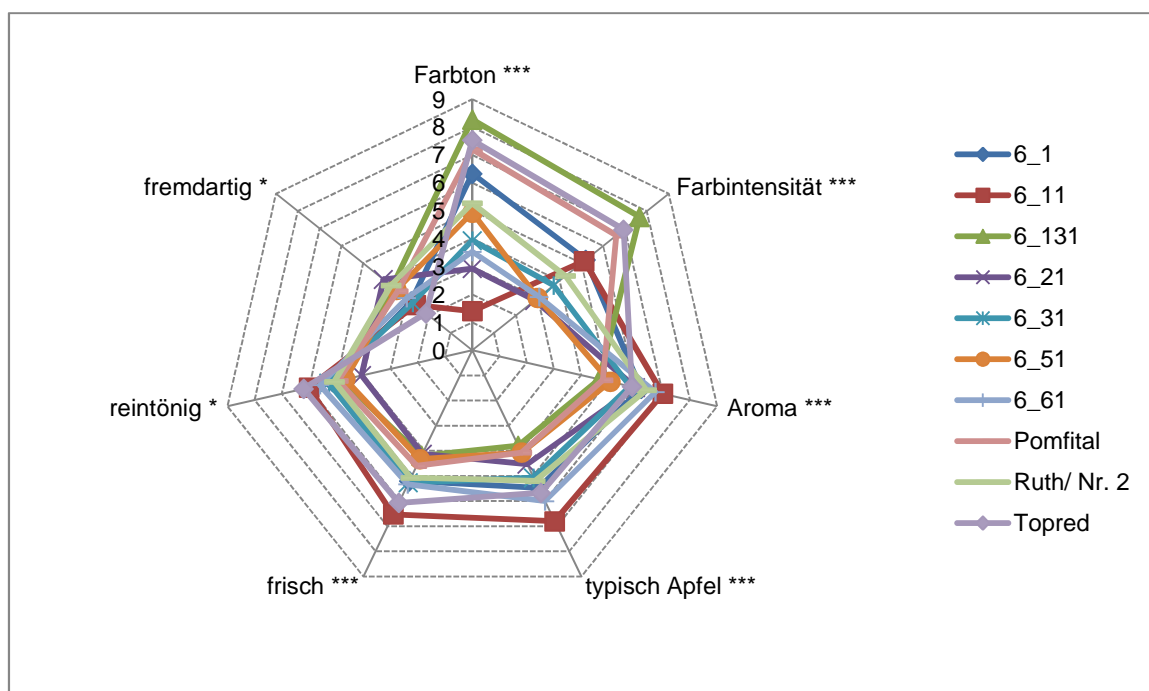


Abbildung 96 Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.

Tabelle 43: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.

Probe	6_1	6_11	6_131	6_21	6_31	6_51	6_61	Pomfital	Ruth/ Nr. 2	Topred
Farbton ***	6,33 C	1,4 G	8,27 A	2,93 F	3,93 E	4,93 D	3,53 EF	7,2 B	5,27 D	7,53 B
Farbtintensität ***	5,2 C	5,13 C	7,67 A	2,87 E	3,73 DE	3 E	3,07 E	6,6 B	4,27 CD	6,93 AB
Aroma ***	6,2 ABC	7 A	4,67 E	6 BC	5,8 CD	5,07 DE	6,73 AB	4,8 E	6,4 ABC	5,87 BCD
typisch Apfel ***	5,47 BC	6,8 A	3,8 E	4,53 CDE	5,07 BCD	4,07 DE	6 AB	4,07 DE	5,2 BCD	5,67 ABC
frisch ***	5,2 BCD	6,53 A	4,2 CD	4,13 D	5,27 BCD	4,33 CD	5,33 BC	4,6 CD	5,07 BCD	6,07 AB
reintönig *	5,13 ABCD	6 AB	4,8 BCD	4,07 D	5,27 ABCD	4,67 CD	5,6 ABC	4,93 BCD	5,07 ABCD	6,2 A
fremdartig *	2,8 BCD	2,6 CD	3,67 ABC	4,07 A	2,73 BCD	3,47 ABC	3 ABCD	3,4 ABC	3,73 AB	2,13 D

Den 1. Teil der Analyse des Geschmacks zeigen Tabelle 44 und Abbildung 97. Als höchst signifikant am „typischsten Apfel“ im Geschmack wurden die Säfte der Sorten und Züchtungen „A1-33-04-KL“, „A4-01-KL“ und „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schneider) bewertet, was sich mit den Aromastoffanalysen in Kapitel 3.10 deckt. Der Saft der Züchtung „A4-01-KL“ wurde als am süßesten bewertet, was mit den chemischen Analysen bei einem Gesamtzucker von 128,4 g/L übereinstimmte. Bezüglich des Geschmacks wurden von den farbstärkeren Züchtungen „Maggy“, aus Edingen (Obstbau Schneider), „Max“ und „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schmitt) am besten bewertet. Die Säfte der Sorten und Züchtungen „A1-33-04-KL“, „A4-01-KL“ und „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schneider) waren höchst signifikant am beliebtesten von den in Tabelle 44 dargestellten Säften. Auch in

Ergebnisse und Diskussion

Bezug auf die „Reintönigkeit“ und die „Frische“ wurde die Züchtung „A4-01KI“ von den Prüfern bevorzugt.

Tabelle 44: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich des Geschmacks Teil I.

Probe	A1_3 3_04_ KL	A4_0 1_KL	Anna	Kathy	Kathy klar	Maggy Schneider	Mary	Mary klar	Mari- lyn	Max	Weirouge Schmitt	Weirouge Schneider
typisch Apfel ***	6,79 AB	7,64 A	3,36 E	5 CD	4 DE	5,86 BC	3,36 E	3,14 E	3,57 E	5,57 BC	4,93 CD	6,43 AB
Süße ***	5 B	7 A	2,57 EF	4,43 BC	4,21 BCD	3,71 CD	1,79 F	2,14 F	2,43 EF	3,71 CD	3,21 DE	4,57 BC
Säure ***	6 DE	4,79 F	6,71 CD	6,64 CD	6 DE	6,5 CD	8,29 A	8,07 AB	8,07 AB	7 C	7,21 BC	5,43 EF
Zucker/ Säure ***	5,79 D	4,36 E	6,64 CD	6,21 CD	5,93 D	6,43 CD	8,14 A	8 A	7,64 AB	6,57 CD	6,93 BC	5,86 D
frisch **	5,93 AB	6 A	3,64 D	4,64 ABCD	3,93 CD	5,79 AB	5,36 ABC	4,5 BCD	4,79 ABC D	5,93 AB	5,5 AB	5,64 AB
Rein- tönig ***	5,79 ABC	6,64 A	3,71 EF	4,29 CDEF	3,5 F	5,21 ABCDE	4,79 BCD EF	3,86 DEF	5,36 ABC D	5,5 ABC	5,79 ABC	6,07 AB
Beliebt- heit ***	5,71 AB	6,86 A	2,71 E	4,29 CD	3,14 DE	4,93 BC	2,71 E	2,36 E	3,07 DE	5,14 BC	4,57 BC	6,64 A

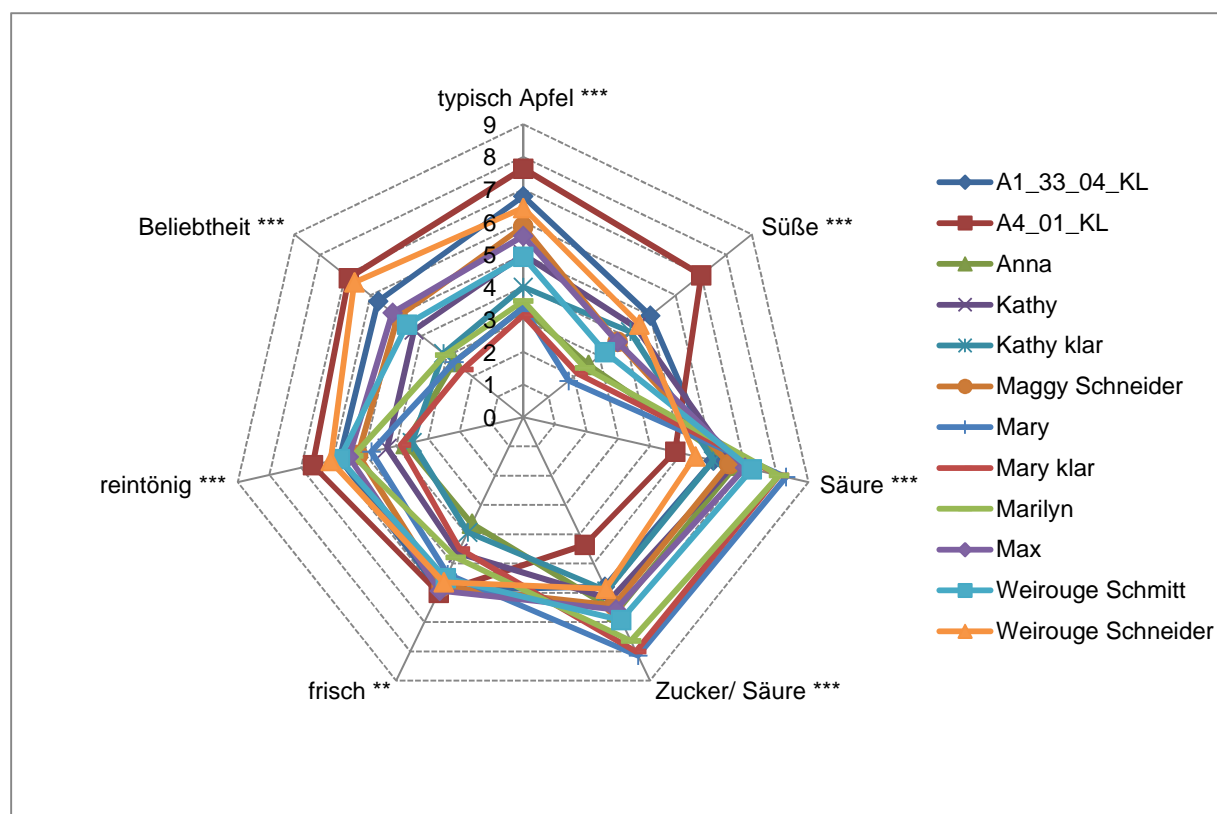


Abbildung 97: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. des Parameters Geschmack Teil I.

Tabelle 45 und Abbildung 98 zeigen die Ergebnisse des 2. Teils der sensorischen Analyse des Geschmacks. Bezüglich des Parameters „typisch Apfel“ wurde der Saft der Züchtung

„6-11“ höchst signifikant am besten bewertet, die Säfte der Züchtungen „6-21“, „6-61“ und „Ruth/Nr.2“ folgten und die Züchtung „6-131“ wurde am schlechtesten bewertet. Als die säurereichsten Säfte stellten sich die roten Säfte der Züchtungen „6-1“ und „6-131“ heraus. „6-11“ konnte zudem auch bei den Attributen „Süße“, „Reintönigkeit“ und „Frische“ überzeugen. Von den farbintensiveren roten Säften wurde „Ruth/Nr.2 als der beliebteste bewertet. Insgesamt war jedoch die Züchtung „6-11“ bei den Probanden am beliebtesten.

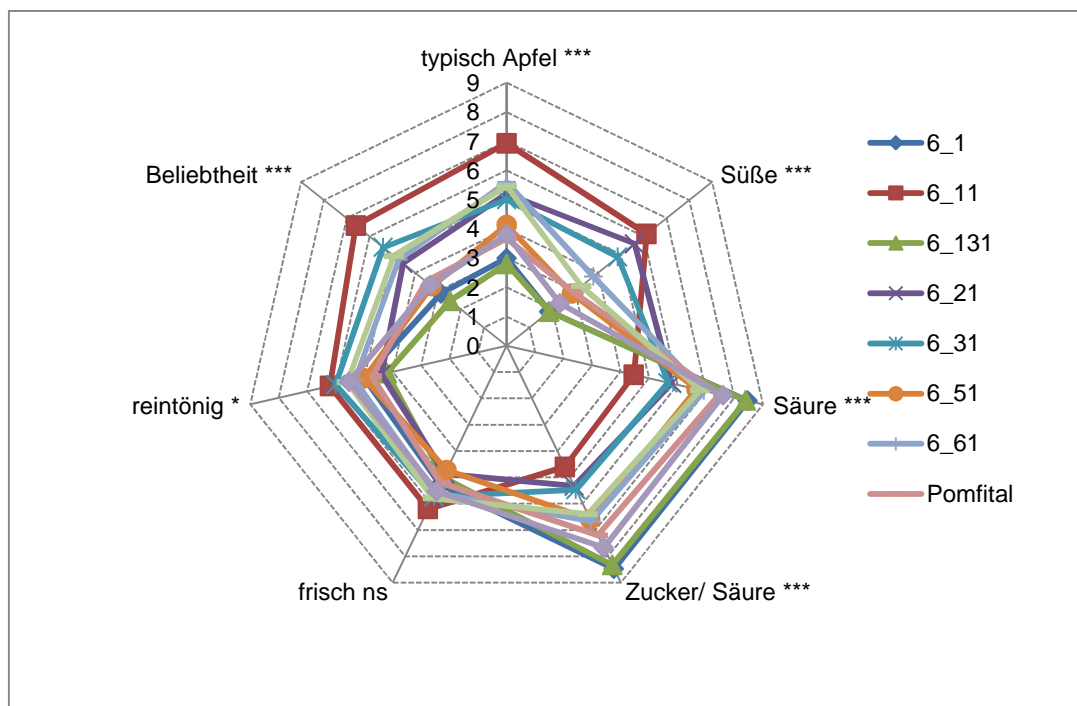


Abbildung 98: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezgl. des Parameters Geschmack Teil II.

Tabelle 45: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2012 bezüglich des Geschmacks Teil II.

Probe	6_1	6_11	6_131	6_21	6_31	6_51	6_61	Pomfital	Ruth/ Nr. 2	Topred
typisch Apfel ***	3 EF	6,93 A	2,8 F	5,2 B	5 BC	4,13 CD	5,6 B	3,67 DEF	5,47 B	3,8 DE
Süße ***	1,87 F	6,13 A	1,87 F	5,6 AB	4,87 B	2,87 DE	3,8 C	2,93 DE	3,27 CD	2,33 EF
Säure ***	8,47 A	4,47 F	8,4 A	5,8 E	5,67 E	6,67 D	6,93 BCD	7,47 BC	6,8 CD	7,6 B
Zucker/ Säure ***	8,47 A	4,6 F	8,33 A	5,33 E	5,47 E	6,6 CD	6,67 CD	7,2 BC	6,4 D	7,67 B
frisch ns	5,27	6,2	5	4,87	5,73	4,73	5,6	5,2	5,8	5,53
reintönig *	5 ABC	6,2 A	4,2 C	4,4 BC	6 A	5 ABC	5,33 ABC	4,73 BC	5,6 AB	5,53 AB
Beliebtheit ***	2,87 DE	6,6 A	2,47 E	4,53 BC	5,4 B	3,27 DE	4,73 B	3,53 CD	4,93 B	3,33 DE

3.11.4 Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln der Ernte 2012

Tabelle 46 und Abbildung 99 stellen die Resultate der deskriptiven sensorischen Prüfung des Saftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ der Ernte 2012 dar. Zusammen mit den roten Apfelsäften wurde der Saft der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ sensorisch untersucht und

separat ausgewertet. „Rheinischer Bohnapfel“ wurde im Vergleich zu den Säften aus rotfleischigen Sorten nicht generell besser bewertet bezüglich der Parameter Aroma, Apfeltypizität, und Frische.

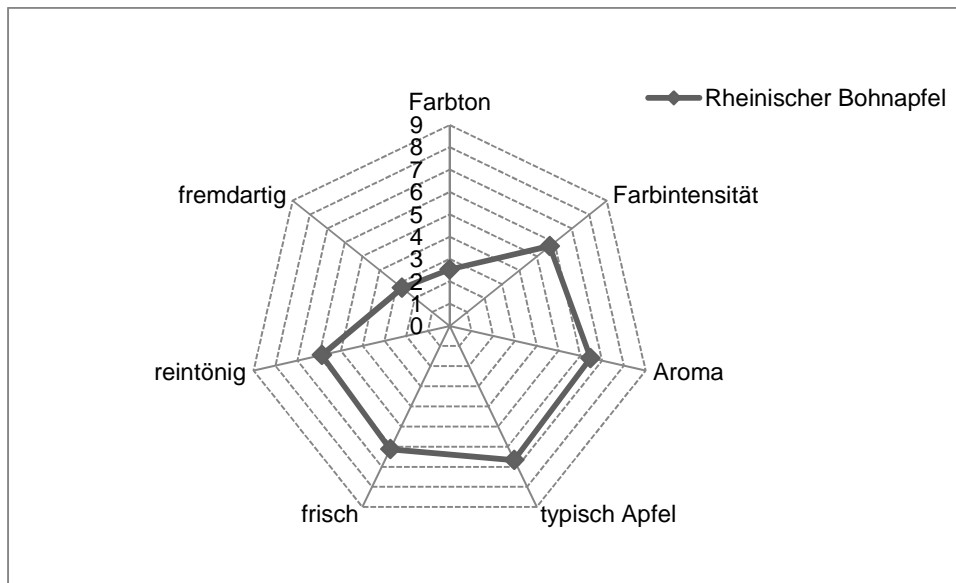


Abbildung 99: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.

Tabelle 46: Ergebnisse der sensorischen Prüfung des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. Farbe und Geruch.

Probe	Rheinischer Bohnapfel
Farbton	2,53
Farbintensität	5,73
Aroma	6,47
typisch Apfel	6,67
frisch	6,13
reintönig	5,87
fremdartig	2,73

Tabelle 47 und Abbildung 100 geben die Ergebnisse der Bewertung des Geschmacks wieder. Diesbezüglich ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei den Parametern typisch Apfel, Frische und Beliebtheit der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ im Vergleich zu dem Saft der Züchtung „A4-01-KL“ und der Sorte „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schneider). Der Saft der rotfleischigen Sorte „A4-01-KI“ wurde sogar bezüglich der Süße besser bewertet.

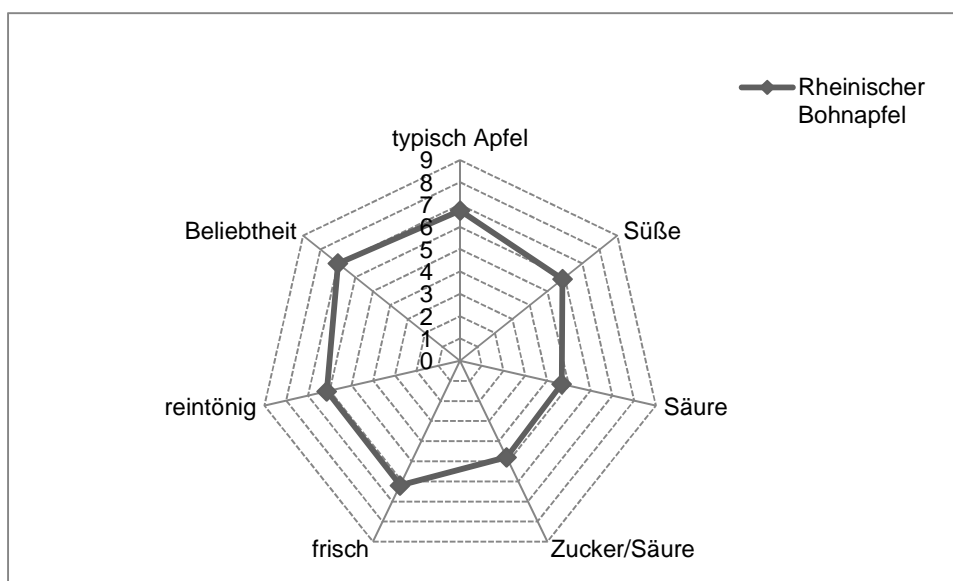


Abbildung 100: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik des Apfelsaftes der Sorte „Rheinischer Bohnapfel“ des Erntejahres 2012 bezgl. des Geschmacks.

Tabelle 47: Ergebnisse der sensorischen Prüfung des Apfelsaftes der Sorte Rheinischer Bohnapfel des Erntejahres 2012 bezgl. des Geschmacks

Probe	Rheinischer Bohnapfel
typisch Apfel	6,73
Süße	5,87
Säure	4,67
Zucker/Säure	4,8
frisch	6,2
reintönig	6,13
Beliebtheit	7

3.11.5 Rote Apfelsäfte der Ernte 2013

Den 1. Teil der Bewertung der Farbe und des Geruchs der Säfte 2013 geben Tabelle 48 und Abbildung 101 wieder. Höchst signifikante Unterschiede ergaben sich in Bezug auf den Parameter Farbton (Abbildung 101). Der Saft der Züchtung „Maggy“, angebaut in Ed wurde diesbezüglich am besten bewertet. Darauf folgten die Züchtungen „1-34 Nr.3“ und „Weirouge“ aus Edingen. Bezüglich des Aromas wurden die Säfte der Sorten und Züchtungen „1-34 Nr.3“, „6-1“, „6-11“, „6-61“, „A4-01-04KL“, „Maggy“ aus Edingen, „Roter Herbstkalvill“ und „Weirouge“ aus Edingen als gleichwertig bewertet. Der Saft der Sorte „Roter Herbstkalvill“ wurde gleichauf mit „A4-1-04KL“ als am „typischsten“ nach Apfel im Aroma bewertet. Die Züchtung „A1-33-04KI“ wurde diesbezüglich am schlechtesten bewertet, wie auch im Zusammenhang mit den Attributen „Frische“ und „Reintönigkeit“.

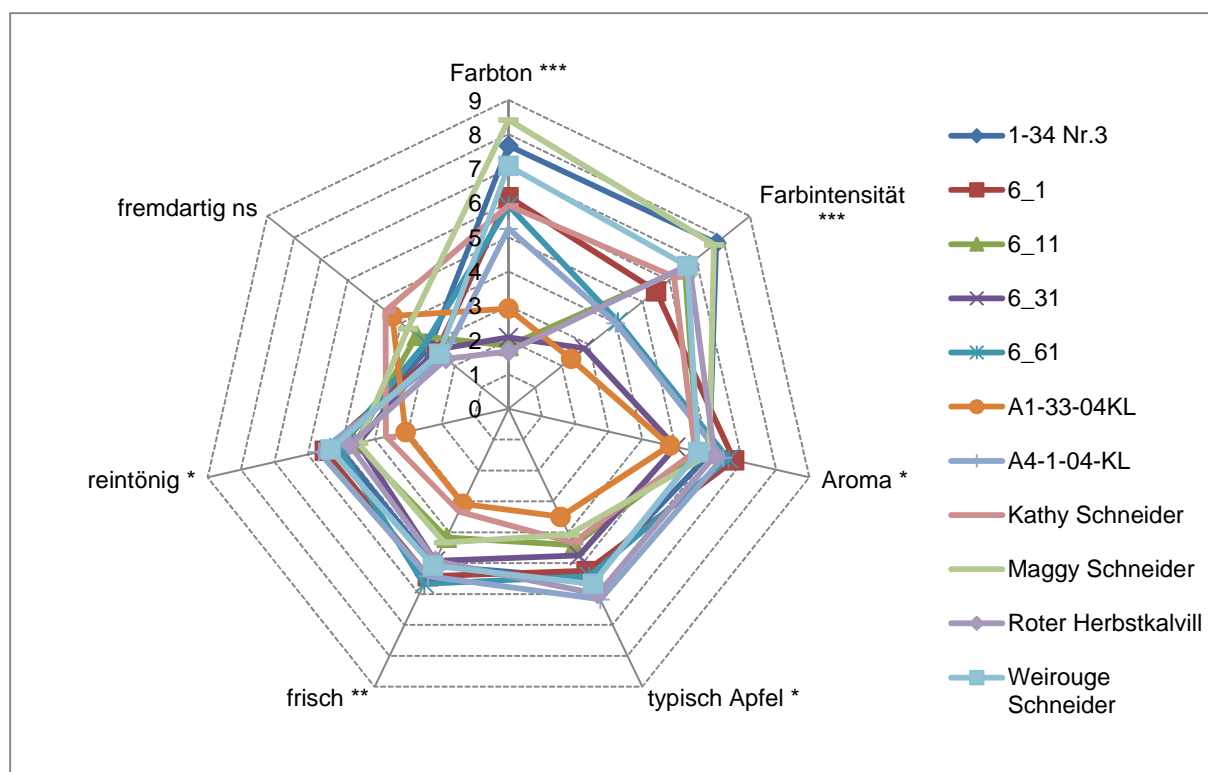


Abbildung 101: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil I.

Tabelle 48: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil I.

Probe	1-34 Nr.3	6_1	6_11	6_31	6_61	A1-33-04KL	A4-1-04-KL	Kathy Schneider	Maggy Schneider	Roter Herbstkalvill	Weirouge Schneider
Farbton ***	7,67 B	6,17 C	1,83 F	2,08 F	5,92 CD	2,92 E	5,25 D	5,92 CD	8,42 A	1,67 F	7,08 B
Farbtintensität ***	7,75 A	5,5 C	6,58 B	2,83 E	4,08 D	2,33 E	4 D	6,17 BC	7,67 A	6,75 B	6,67 B
Aroma *	6 ABC	6,75 A	5,67 ABCD	5 CD	6,58 AB	4,83 D	6,42 AB	5,58 BCD	6 ABC	6,17 AB	5,67 ABCD
typisch Apfel *	5,5 ABC	5,25 ABC	4,42 BCD	4,75 ABC	5,42 ABC	3,5 D	6,17 A	4,33 BCD	4,08 CD	6 A	5,67 AB
frisch **	5,08 AB	5,42 AB	4,17 BC	4,92 AB	5,67 A	3,08 C	5,42 AB	3,33 C	4,33 BC	4,92 AB	5,08 AB
Reintönig *	5,08 AB	5,5 A	4,58 AB	4,5 ABC	5,08 AB	3,08 C	5,67 A	3,67 BC	4,5 ABC	4,75 AB	5,33 A
Fremdartig ns	2,92	2,67	3,42	2,75	3,08	4,33	2,42	4,58	3,75	2,33	2,58

Tabelle 49 und Abbildung 102 zeigen die Ergebnisse des 2. Teils der Sensorik der Farbe und des Geruchs. In Bezug auf den Farbton wurden die Säfte der Züchtungen und Sorten „6-131“ und „Baya Marisa“ am besten bewertet. Darauf folgten die Sorte „Pomfital“ zum frühesten Erntezeitpunkt und der Saft der Züchtung Topred, angebaut in Geisenheim. Der abnehmende Gesamtanthocyangehalt des Saftes der Sorte „Pomfital“ mit fortschreitender Reife konnte hierbei sensorisch bestätigt werden. Die hergestellte Saftmischung aus der

Ergebnisse und Diskussion

Sorte „Weirouge“ und „Gala“ zeigte bezgl. des Farbtons bei der Zumischung von je 25 % Saft der Sorte „Gala“ höchst signifikant schlechtere Bewertungen im Farbton, wurde aber noch im Notenskala-Bereich „C“ eingeordnet. Jedoch wurden diese drei Saftmischungen als höchst signifikant am aromareichsten bewertet. Hierbei ergab eine Zumischung von 25 % Saft der Sorte „Gala“ eine signifikant bessere Bewertung bzgl. des Aromas.

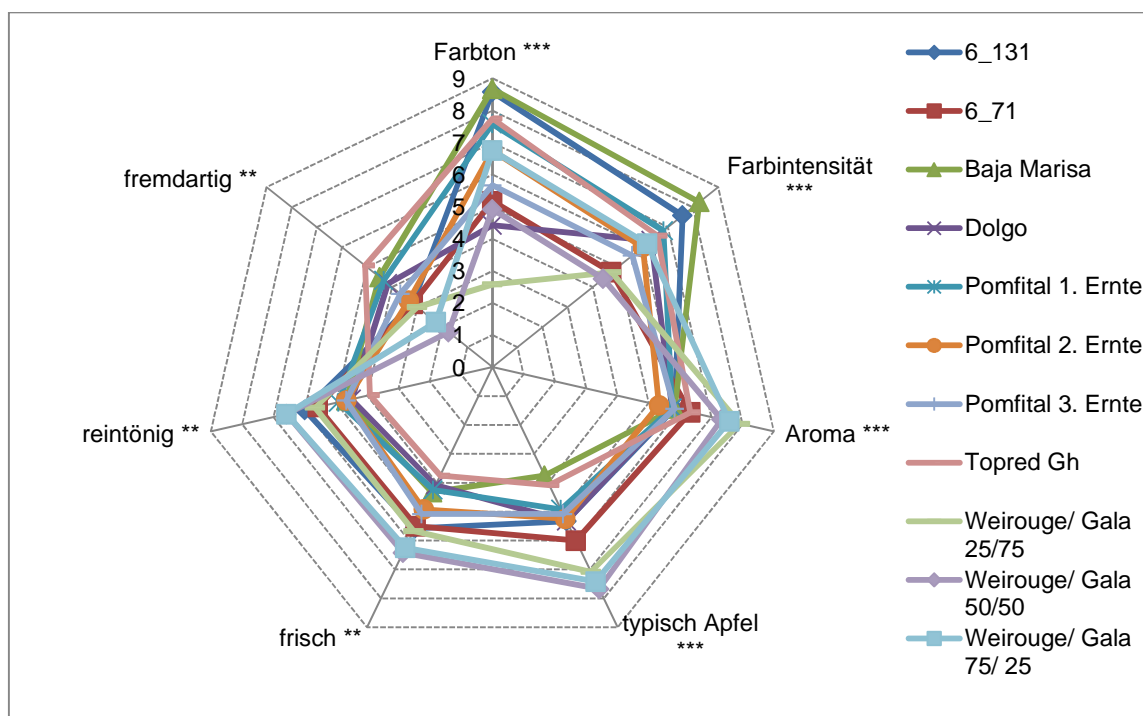


Abbildung 102: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch Teil II.

Tabelle 49: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich der Farbe und des Geruchs Teil II.

Probe	6-131	6-71	Baya Marisa	Dolgo	Pom-fital 1. Ernte	Pom-fital 2. Ernte	Pom-fital 3. Ernte	Topred Gh	Weirouge/ Gala 25/75	Weirouge/ Gala 50/50	Weirouge/ Gala 75/25
Farbton ***	8,58 A	5,17 DE	8,67 A	4,42 E	7,58 B	6,75 C	5,67 D	7,75 B	2,58 F	4,92 DE	6,75 C
Farbintensität ***	7,58 AB	4,75 EF	8,25 A	6,33 CD	6,82 BC	6 CD	5,58 DE	6,58 BCD	4,75 EF	4,42 F	6,17 CD
Aroma ***	5,83	6,33 BC	5,83	5,75 C	5,75 C	5,33 C	5,83 C	6,33 BC	7,92 A	7,33 AB	7,58 A
typisch Apfel ***	5,33 CD	6 BC	3,75 E	5,33 CD	4,92 CDE	5,25 CD	5,08 CDE	4,08 DE	7,08 AB	7,67 A	7,42 A
frisch **	5,58 ABC	5,5 ABC	4,33 CDE	4,08 DE	4,25 CDE	4,92 BCDE	5,08 ABCDE	3,75 E	5,67 ABC	6,42 A	6,25 AB
Reintönig **	6 AB	5,58 ABC	4,67 BCD	4,5 CD	4,92 BCD	4,67 BCD	4,67 BCD	3,92 D	5,67 ABC	6,58 A	6,58 A
Fremdartig **	3,17 BCD	3,17 BCD	4,5 AB	4,17 AB	4,33 AB	3,33 BC	3,67 ABC	5,08 A	3 BCD	1,75 D	2,25 CD

Ergebnisse und Diskussion

Teil 1 der Bewertung des Geschmacks ist in Tabelle 50 und Abbildung 103 dargestellt. In Bezug auf einen typischen Apfel-Geschmack wurde der Saft der Züchtung „A4-01-04KL“, fast gleichauf mit „1-34 Nr.3“, „6-11“, „6-31“, „6-61“ und „Kathy“, sehr signifikant am besten bewertet, am schlechtesten die Züchtung „6-1“. Der Saft der Züchtungen „6-11“, „6-31“ und der Sorte „roter Herbstkalvill“ wurden als am süßesten beurteilt. „6-1“ und „A1-33-04KL“ erwiesen sich als die sauersten Säfte. Höchst signifikant wurden die Säfte der Züchtungen „1-34 Nr.3“, „6-11“, „6-31“, „6-61“ und „A4-01-04KL“ als die beliebtesten Säfte, die in Tabelle 50 dargestellt werden, beurteilt.

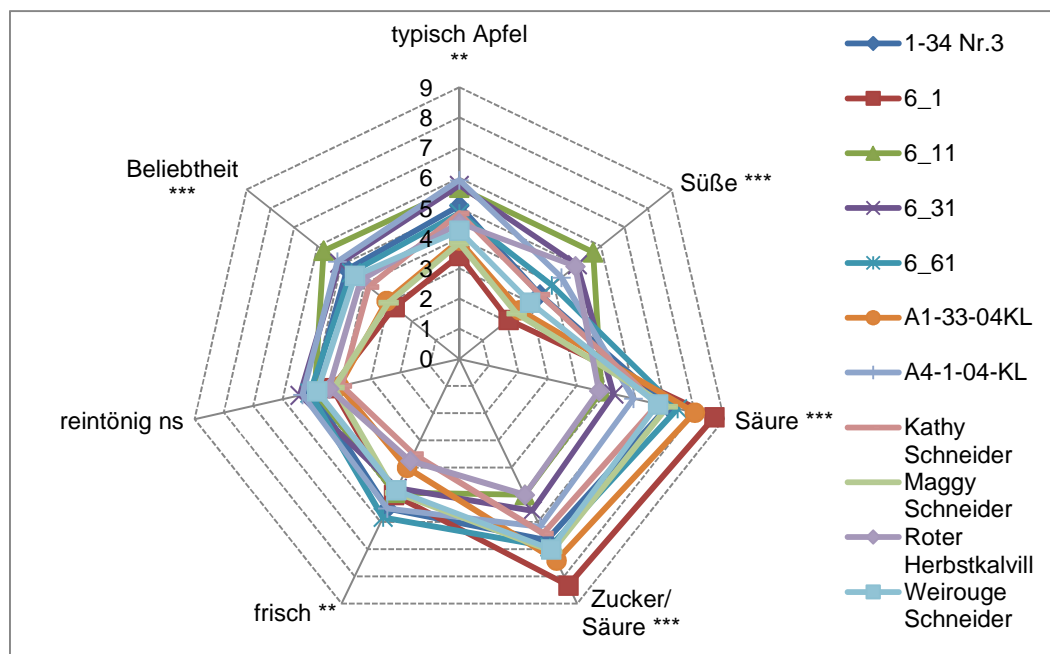


Abbildung 103: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks Teil I.

Tabelle 50: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich des Geschmacks Teil I.

Probe	1-34 Nr.3	6_1	6_11	6_31	6_61	A1- 33- 04KL	A4-1- 04-KL	Kathy Schneider	Maggy Schneider	Roter Herbstkalvill	Weirouge Schneider
typisch Apfel **	5,08 ABC	3,42 D	5,67 AB	5,75 AB	4,83 ABC	3,92 CD	5,92 A	4,83 ABC	3,83 CD	4,5 BCD	4,25 CD
Süße ***	3,42 CDE	2,08 F	5,67 A	5 AB	3,92 CD	2,58 EF	4,33 BC	3,42 CDE	2,42 F	4,92 AB	3 DEF
Säure ***	7,08 BC	8,67 A	4,83 F	5,25 EF	7,42 BC	8 AB	5,92 DE	6,75 CD	7,08 BC	4,75 F	6,75 CD
Zucker/ Säure ***	6,67 BCD	8,33 A	5 F	5,58 EF	6,92 BCD	7,42 B	6,17 DE	6,42 CDE	7,08 BC	5 F	7 BCD
frisch **	5,5 A	5 AB	4,92 AB	4,75 ABC	5,83 A	4 BC	5,5 A	3,5 C	4,92 AB	3,75 BC	4,83 AB
reintönig ns	5	4,33	4,92	5,42	5,08	4,08	5,33	4	4,25	4,42	4,83
Beliebtheit ***	4,75 ABC	2,75 E	5,75 A	5,08 ABC	4,58 ABC	3,08 DE	5,17 AB	3,83 CDE	3 DE	4,17 BCD	4,42 BC

Teil 2 der Bewertung des Geschmacks wird in Tabelle 51 und Abbildung 104 gezeigt. Bzgl. des Attributs „typisch Apfel“ im Geschmack wurden die Saftmischungen aus den Sorten

Ergebnisse und Diskussion

„Weirouge“ und der weißfleischigen Sorte „Gala“ mit jeweils 25, 50 und 75 % Saft der rotfleischigen Sorte „Weirouge“ höchst signifikant am besten bewertet, wobei die Mischung von 50 % „Weirouge“ und „Gala“ bevorzugt wurde. Die Säfte der Sorte „Baja Marisa“ und die Saftmischungen mit 25 % und 50 % Saft der Sorte „Weirouge“ wurden höchst signifikant als am süßesten bewertet. Die Sorten „Pomfital“ und „6-131“ wurden als die sauersten und gleichzeitig als am wenigstens süß bewertet.

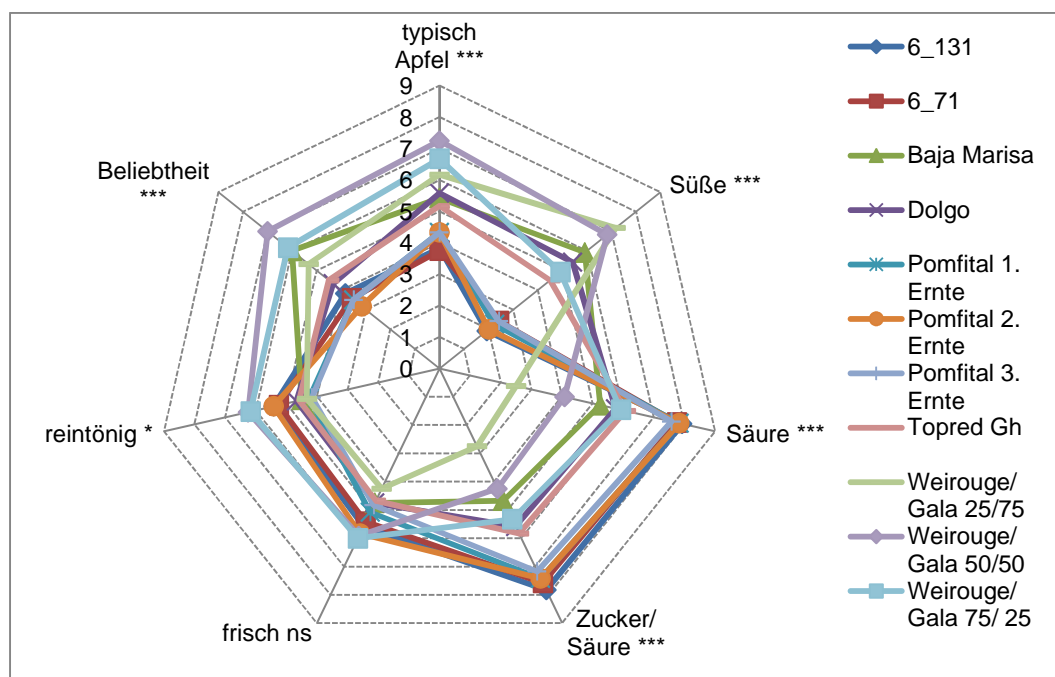


Abbildung 104: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks Teil II.

Tabelle 51: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der roten Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezüglich des Geschmacks Teil II.

Probe	6-131	6-71	Baja Marisa	Dolgo	Pom-fital 1. Ernte	Pom-fital 2. Ernte	Pom-fital 3. Ernte	Topred Gh	Weirouge/ Gala 25/75	Weirouge/ Gala 50/50	Weirouge/ Gala 75/ 25
typisch Apfel ***	3,83 E	3,75 E	5,42 BCD	5,58 BCD	4,33 DE	4,33 DE	4,33 DE	5,17 CD	6,17 ABC	7,25 A	6,67 AB
Süße ***	1,92 D	2,42 D	5,92 BC	5,42 CD	2,25 D	2 D	2,42 D	4,5 D	7,17 A	6,83 AB	4,92 CD
Säure ***	7,92 A	7,75 A	5,25 B	5,75 B	7,83 A	7,83 A	7,58 A	6,08 B	2,5 D	4,08 C	5,92 B
Zucker/ Säure ***	7,83 A	7,58 A	4,67 CD	5,58 BC	7,42 A	7,42 A	7,17 A	5,83 B	2,75 E	4,25 D	5,33 BC
frisch ns	5,58	5,42	4,75	4,75	5,08	5,83	4,83	4,67	4,25	5,92	6
reintönig *	5,42 AB	5,25 AB	4,5 B	4,67 B	4,25 B	5,42 AB	4,17 B	4,58 B	4,33 B	6,25 A	6,17 A
Beliebtheit ***	3,83 D	3,58 D	6 AB	4,33 CD	3,5 D	3,17 D	3,5 D	4,5 CD	5,33 BC	7 A	6,17 AB

3.11.6 Apfelsäfte aus weißfleischigen Apfelsorten der Ernte 2013

Saft der Sorte „Gala“ wurde höchst signifikant als aromareichster Saft bewertet (Tabelle 52, Abbildung 105). Darauf folgten die Sorten „Topaz“ und „Boskoop“. Bzgl. eines typischen Apfelaromas wurden die Säfte der beiden Sorten „Gala“ und „Topaz“ am besten bewertet. „Topaz“ und „Gala“ konnten die Panellisten auch bezogen auf die „Reintönigkeit“ und „Frische“ am meisten überzeugen.

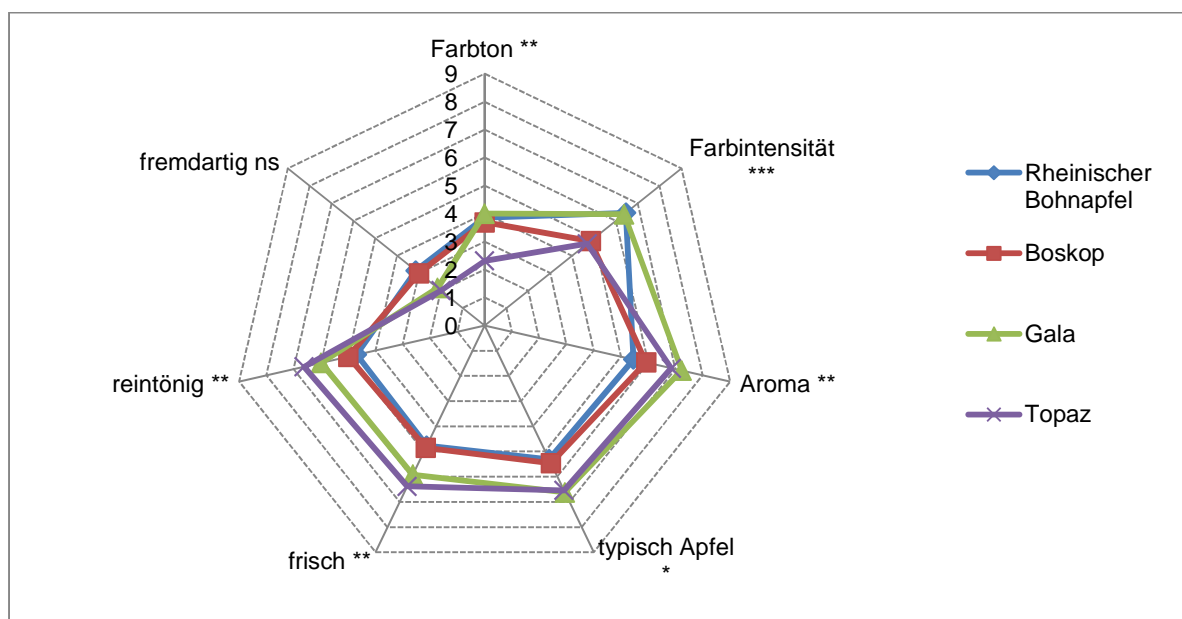


Abbildung 105: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. der Parameter Farbe und Geruch.

Tabelle 52: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der Apfelsäfte aus weißfleischigen Äpfeln des Erntejahres 2013 bezgl. Farbe und Geruch.

Probe	Rheinischer Bohnapfel	Boskoop	Gala	Topaz
Farbton **	3,85 A	3,69 A	4 A	2,31 B
Farbtintensität ***	6,46 A	4,85 B	6,38 A	4,69 B
Aroma **	5,46 C	5,92 BC	7,23 A	6,85 AB
typisch Apfel *	5,31 B	5,46 B	6,62 A	6,54 A
frisch **	4,77 B	4,85 B	5,92 A	6,38 A
reintönig **	4,69 C	5 BC	6 AB	6,62 A
fremdartig ns	3,15	3	2,15	2

Im Geschmack wurden die beiden Säfte der Sorten „Gala“ und „Topaz“ höchst signifikant am besten bewertet (Tabelle 53), Saft der Sorte „Gala“ wurde höchst signifikant als der süßeste beurteilt und zusammen mit dem Saft der Sorte „Topaz“ als der beliebteste Saft. Abbildung 104 zeigt das Netzdiagramm der Ergebnisse, wobei auffällt, dass der Saft der Sorte „Gala“

insgesamt als der beliebteste bewertet wurde, jedoch eine fehlende Harmonie bezüglich des Zucker/Säure-Verhältnisses zu beobachten ist. Wahrscheinlich würde ein etwas höherer Säuregehalt die Beliebtheit dieses Saftes weiter steigern.

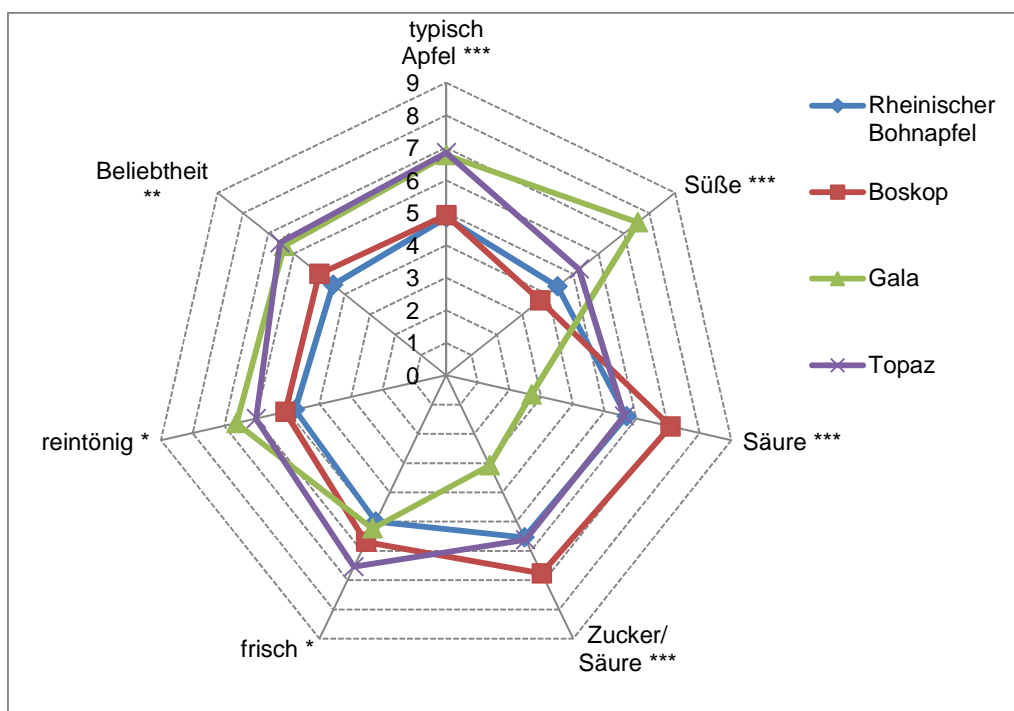


Abbildung 106: Netzdiagramm der Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks.

Tabelle 53: Ergebnisse der sensorischen Prüfung der normalen Apfelsäfte des Erntejahres 2013 bezgl. des Geschmacks.

Probe	Rheinischer Bohnapfel	Boskoop	Gala	Topaz
typisch Apfel ***	4,85 B	4,92 B	6,77 A	6,85 A
Süße ***	4,38 BC	3,69 C	7,54 A	5,23 B
Säure ***	5,69 B	7,08 A	2,69 C	5,62 B
Zucker/ Säure ***	5,54 B	6,77 A	3,08 C	5,62 B
frisch *	5 B	5,69 AB	5,23 B	6,54 A
reintönig *	4,77 B	5,08 B	6,62 A	6 AB
Beliebtheit **	4,46 B	5 B	6,38 A	6,54 A

3.11.7 Rote Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ und der Sorte „Weirouge“ aus Südtirol - ein Vergleich zum Handelsprodukt

3.11.7.1 Dreieckstest

Bereits auf dem Markt befindliche Handelsprodukte roter Apfelsäfte werden meist aus der Sorte „Weirouge“ hergestellt. Zur Analyse der Akzeptanz des Endverbrauchers wurde roter Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ aus Ed, hergestellt am 27.09.2010 in Gh und gekühlt bei 4 °C, gegen ein Handelsprodukt aus Südtirol der Sorte „Weirouge“ mit dem MHD bis zum 31.12.2011 am 22.08.2011 sensorisch analysiert. „Maggy“ wurde aufgrund der sehr guten Ergebnisse bei den bisherigen sensorischen Untersuchungen ausgewählt und stünde auch in größeren Mengen zur Verfügung (Obstbau Schneider, Edingen).

Beide Säfte waren optisch, mikrobiologisch und chemisch von einwandfreier Qualität, sodass keine Beeinträchtigung der sensorischen Prüfung angenommen werden kann. Zunächst wurde ein Dreieckstest mit einem geschulten Panel mit 14 Teilnehmern durchgeführt, um Unterschiede festzustellen.

Tabelle 54: Ergebnis des Dreieckstests der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ und eines Handelsproduktes aus Südtirol der Sorte „Weirouge“ mit 14 Panellisten und 13 richtigen Antworten.

Dreieckstest	Ohne Antwort	Gesamtzahl	Richtige Antworten	Signifikanzniveau
Maggy/Weirouge	0	14	13	***

Tabelle 54 zeigt das Ergebnis des Dreieckstests, bei dem ein hochsignifikanter Unterschied festgestellt werden konnte und der rote Apfelsaft der Sorte Maggy höchst signifikant beliebter war. Daraufhin folgte eine deskriptive quantitative Analyse, um die jeweiligen Unterschiede herauszustellen.

3.11.8 Deskriptive Sensorik

Abbildung 107 zeigt das Ergebnis der deskriptiven Sensorik bezüglich der Farbe und des Geruchs. Saft der Züchtung „Maggy“ wurde signifikant als roter im Farbton bewertet und zudem wies „Maggy“ einen signifikant stärkeren „typischen Apfelgeruch“ auf als Saft der Sorte „Weirouge“ aus Südtirol, dies spiegelt sich auch im Aromaindex wieder. Saft der Sorte „Maggy“ wies einen Aromaindex von 214 auf, Saft der Sorte Weirouge aus Südtirol hingegen nur 47. Grund dafür kann zum einen sein, dass der Aromastoffgehalt von der Sorte bestimmt wird und zum anderen vom Reifezustand, der Verarbeitung der Früchte und der Art der Lagerung. Bei dem Handelsprodukt aus Südtirol kann darüber keine Aussage gemacht werden. Sämtliche Parameter des Saftes der Züchtung „Maggy“ liegen hingegen vor. Die Lagerung des Saftes der Sorte „Weirouge“ aus Südtirol erfolgte allerdings im Geschäft bei Raumtemperatur über einen Zeitraum von mindestens 6 Monaten. Es lässt sich festhalten,

dass das Handelsprodukt der Sorte „Weirouge“ aus Südtirol signifikant bezüglich des Farbtons im Vergleich zum Saft der Sorte Maggy besser beurteilt wurde. Jedoch konnte „Maggy“ in Bezug auf ein „typisches“ Apfelaroma überzeugen.

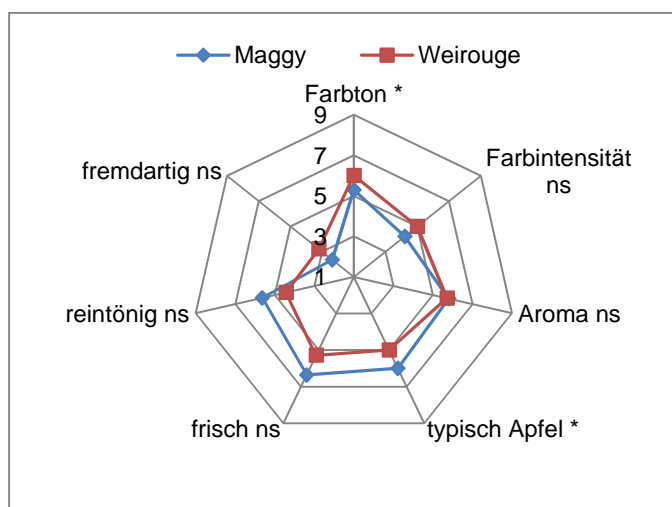


Abbildung 107: Netzdiagramm der deskriptiven sensorischen Prüfung bezüglich der Farbe und des Aromas der roten Apfelsäfte der Sorte Maggy und des Produktes aus Südtirol.

Wie in Abbildung 108 dargestellt, sind signifikante Unterschiede bezüglich des typischen Apfelgeschmacks und der Beliebtheit, sowie sehr signifikante Unterschiede bezüglich des Parameters Reintönigkeit zu erkennen. Saft der Züchtung „Maggy“ wurde bezüglich dieser Parameter stets besser bewertet im Vergleich zum Handelsprodukt.

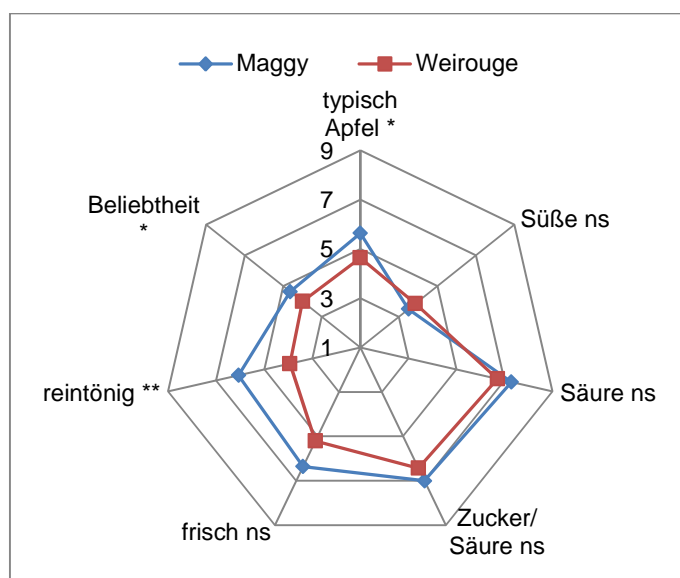


Abbildung 108: Netzdiagramm der deskriptiven sensorischen Prüfung bezüglich des Geschmacks der roten Apfelsäfte der Sorte Maggy und des Produktes aus Südtirol.

Die schlechtere Bewertung des Handelsproduktes gegenüber des Saftes der Züchtung „Maggy“ ist mit einem geringer ausgeprägten typischen Apfelaroma und –geschmack zu begründen, obwohl „Weirouge“ in Bezug auf den Farbton und die Farbintensität besser

bewertet wurde, da keine sensorisch signifikanten Unterschiede im Zucker- und Säuregehalt festgestellt werden konnten. Der geringer ausgeprägte typische Apfelgeschmack führte vermutlich auch zu einer Abwertung bezüglich der Reintönigkeit des Handelsproduktes.

3.11.9 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Säfte der rotfleischigen Züchtungen und Sorten „Anna“, „Maggy“ und „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schneider), „A1-33-04-KL“, „A4-01-KL“ aus Geisenheim und „Baya Marisa“ angebaut in Geisenheim in den Jahren 2011 bis 2013 bezgl. der Beliebtheit, dies schließt die rote Farbe, das apfeltypische Aroma, einen apfeltypischen Geschmack und ein harmonisches Säure/Zuckerverhältnis ein, von einem unabhängigen geschulten Prüfpanel im Rahmen einer deskriptiven sensorischen Prüfung am besten bewertet wurden. Signifikant wurden jedoch Saftmischungen der rotfleischigen Sorte „Weirouge“ und der weißfleischigen Sorte „Gala“ bzgl. der genannten Parameter am besten bewertet. Eine Zumischung von 25 % Apfelsaft der weißfleischigen Sorte „Gala“ führte hierbei bereits zu einer signifikant gleichwertigen Beurteilung wie eine Zumischung von 50 % und 75 % Saft der Sorte „Gala“ zu einem roten Apfelsaft der Sorte „Weirouge“. Das bestehende Handelsprodukt aus Südtirol wurde im Vergleich zur Züchtung „Maggy“ als weniger apfeltypisch und aromareich beurteilt, jedoch als farbintensiver. Saft der Züchtung „Maggy“ konnte in diesem Vergleich die Probanden insgesamt am meisten überzeugen, was bedeutet, dass neben dem Säure/Zuckerverhältnis und dem Farbton das Aroma eine entscheidene Rolle für den Endverbraucher spielt. Jedoch ist beim Vergleich der bisher verfügbaren rotfleischigen Sorten und Züchtungen unter Berücksichtigung der sensorischen Analysen eine Zumischung von mindestens 25 % eines Saftes einer weißfleischigen, säurearmen und süßen Apfelsorte wie z.B. „Gala“ zu empfehlen.

3.12 Einfluss der Lagerung auf den Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen im roten Apfelsaft

3.12.1 Abbaukinetik der Anthocyane im roten Apfelsaft der Züchtung „Maggy“

Um die Abbaukinetik der Anthocyane Cy-3-gal, 5-Carb-py-cy-3-gal, Cy-7-ara und Cy-3-xyl im roten Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ zu bestimmen, wurde ein Lagerversuch des naturtrüben Saftes dieser Züchtung durchgeführt. Säfte, die aus Äpfeln der Züchtung „Maggy“ nach der Ernte 2010 und 2011 hergestellt wurden, wurden bei 4, 20, und 37 °C ohne Lichteinfluss gelagert. Weiterhin wurde durch Lagerung bei Raumtemperatur (RT) auf einer Fensterbank die mögliche Situation in einem Supermarkt bei RT und direkter Sonneneinstrahlung durch eine Fensterscheibe (zusätzliche thermische Belastung) simuliert.

Im Lagerversuch der Ernte 2010 wurde ein Verlust an Cy-3-gal beobachtet (Abbildung 109 a). In den ersten 14 Tagen nahm der Gehalt an Cy-3-gal zunächst bei allen Lagertemperaturen ab, während sich die Abnahme in den folgenden Tagen verlangsamte. Im Lagerungsversuch der Ernte 2011 war die Anfangskonzentration von Cy-3-gal 2,5-fach höher als im Saft aus dem Erntejahr 2010. Bei 4 °C folgte eine konstante Abnahme an Cy-3-gal bis zum 185. Tag, die in den ersten 14 Tagen allerdings langsamer als in dem Saft aus der Ernte 2010 ausfiel (Abbildung 109 b).

Nach 14 Tagen sank Cy-3-gal-Gehalt im Saft der Ernte 2010 bei 4 °C von 7,2 auf 4 mg/L ab. Bei Raumtemperatur unter Lichteinfluss und bei 20 °C ohne Lichteinfluss wurden 2,6 mg/L und bei 37 °C nur 0,8 mg/L gemessen (Abbildung 109a).

Im Gegensatz dazu betrug die Startkonzentration von Cy-3-gal im Saft der Ernte 2011 18,6 mg/L und fiel nach 17 Tagen bei 4°C auf 14 mg/L. Bei Raumtemperatur unter Lichteinfluss und bei 20 °C wurde ein Rückgang auf 5,1 mg/L bzw. 7,3 mg/L und bei 37 °C unter Lichtabschluss auf 1,6 mg/L beobachtet (Abbildung 109b). Die Anfangskonzentration der Anthocyane im Lagerversuch der Ernte 2010 (Abbildung 109a) wurde im Saft der Ernte 2011 nach 90-tägiger Lagerung bei 4 °C erreicht (Abbildung 109b). Die Anthocyangehalte der Proben vom 17. und 28. Tag sowie vom 62. und 92. Tag des Saftes der Ernte 2011 waren nahezu konstant, was den Einfluss der Anfangsgehalte auf die Abbaukinetik verdeutlicht (Abbildung 109b).

Zudem wurden die Halbwertszeiten im Verhältnis zu den verschiedenen Lagertemperaturen bei 4, 20 und 37 °C untersucht. Die Halbwertszeiten von Cy-3-gal im Saft der Ernte 2010 betrug 53 Tage bei 4 °C, 12 Tage bei RT und Lichteinfluss, und 15 Tage bei 20 und 37 °C (Tabelle 55). Die Halbwertszeit von Cy-3-gal der Ernte 2011 war bei 4 °C größer (84 Tage), wobei bei den übrigen Lagertemperaturen keine signifikanten Unterschiede zu den Säften des Jahres 2010 zu beobachten waren (Tabelle 56).

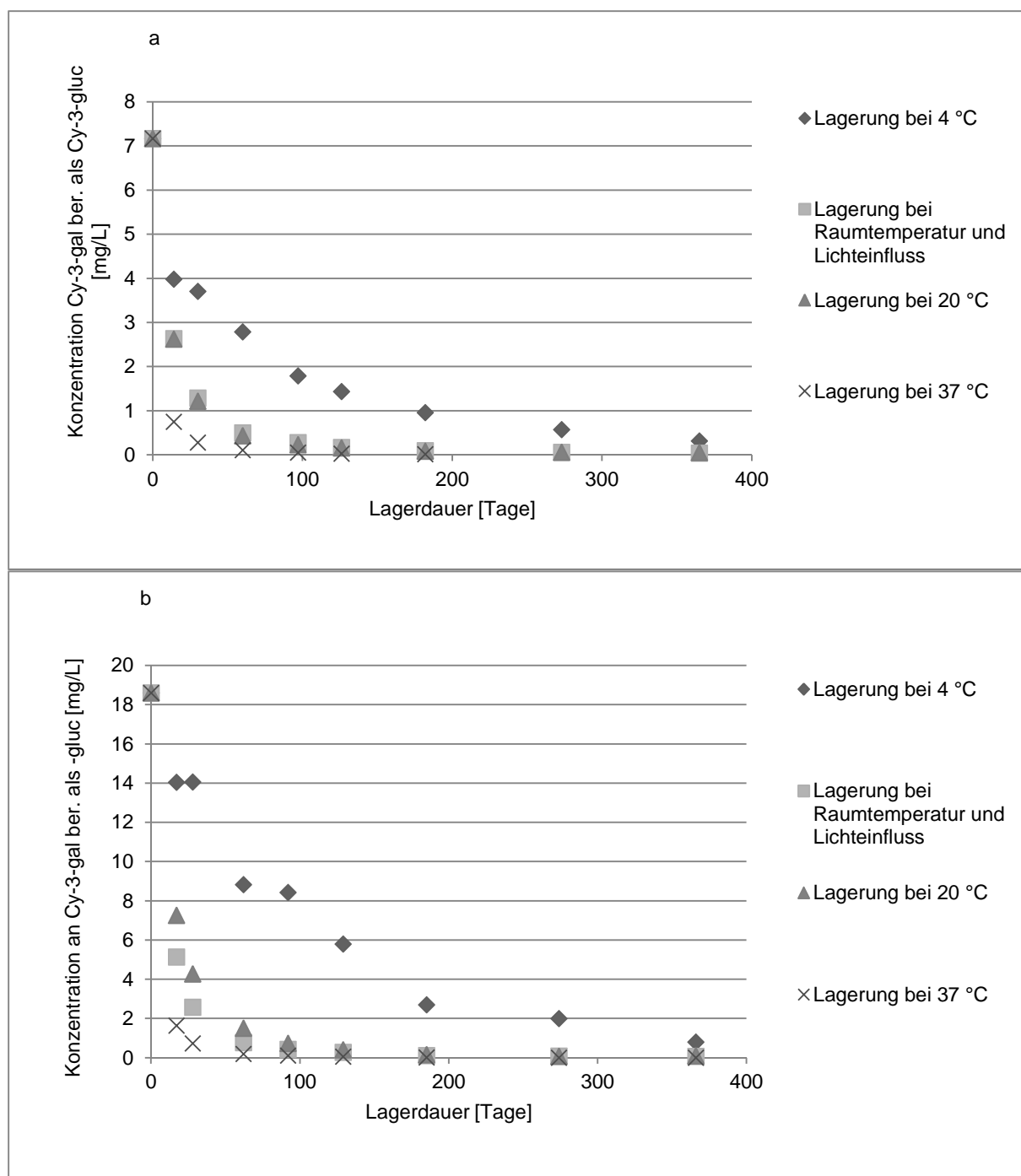


Abbildung 109: Entwicklung des Gehaltes an Cy-3-gal ber. als Cy-3-gluc [mg/L] des roten Apfelsaftes der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und Ernte 2011 (b) während der Lagerung über 365 Tage bei 4, 20 und 37 °C, sowie bei RT und Lichteinfluss.

Die Stabilitäten von Cy-3-gal, Cy-7-ara und Cy-3-xyl waren während des Lagerexperiments vergleichbar groß (Tabelle 55 und Tabelle 56). In beiden Lagerversuchen zeigte sich bei 4 °C eine größere Stabilität von Cy-3-xyl als von Cy-7-ara. Im Lagerversuch a (Ernte 2010) betrug die Aktivierungsenergie für Cy-3-gal 45,6 kJ/mol (Tabelle 55), was unter dem Wert des Lagerversuches b (Ernte 2011) lag (Tabelle 56). Der Berechnung der Geschwindigkeitskonstante wurde eine Abbaukinetik 1. Ordnung zu Grunde gelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 55: Zusammenfassung der Halbwertszeiten und Aktivierungsenergien des Lagerversuches Ernte 2010.

	Lagerung bei 4°C				Lagerung bei 20°C			Lagerung bei Raumtemperatur und Licht			Lagerung bei 37 °C			Aktivierungsenergien	
	$C_{1/2}$ [mg/L]	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	[kJ/mol]	R ²
Anthocyan															
Cy-3-gal	3,6	53,3	0,013	0,911	14,8	0,0467	0,987	12,2	0,0569	0,982	6,5	0,1066	0,933	45,6	0,988
5-Carb-py-cy-3-hex (-gal)	0,1	247,6	0,0028	0,890	49,9	0,0139	0,962	43,6	0,0159	0,993	22,8	0,0304	0,993	51,8	0,968
Cy-7-ara	0,1	42,5	0,0163	0,982	12,3	0,0566	0,985	13,4	0,0518	0,999	3,6	0,1937	0,99	53,6	0,999
Cy-3-xyl	0,2	50,6	0,0137	0,992	12,9	0,0538	0,981	12,6	0,0551	0,997	5,3	0,1595	0,99	53,2	0,996
Gesamt-anthocyan-gehalt	3,8	51	0,0136	0,990	12,4	0,0561	0,985	12,7	0,0546	0,983	7	0,0986	0,921	43,1	0,949

Tabelle 56: Zusammenfassung der Halbwertszeiten und Aktivierungsenergien des Lagerversuches Ernte 2011.

	Lagerung bei 4°C				Lagerung bei 20°C			Lagerung bei Raumtemperatur und Licht			Lagerung bei 37 °C			Aktivierungsenergien	
	$C_{1/2}$ [mg/L]	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	$T_{1/2}$ [Tage]	k [Tage ⁻¹]	R ²	[kJ/mol]	R ²
Anthocyan															
Cy-3-gal	9,3	83,5	0,0083	0,984	13,1	0,0528	0,999	9,7	0,0711	0,998	5,9	0,118	0,976	57,67	0,957
5-Carb-py-cy-3-hex(-gal)	0,2	315,1	0,0022	0,974	111,8	0,0062	0,968	70,7	0,0098	0,973	25,3	0,0274	0,999	54,53	0,986
Cy-7-ara	0,2	81,5	0,0085	0,98	16,6	0,0417	0,987	11,9	0,0581	0,997	3,9	0,1765	0,99	65,7	0,999
Cy-3-xyl	0,6	92,4	0,0075	0,995	13,9	0,0498	0,997	10,5	0,0661	0,997	5,9	0,1173	0,977	59,74	0,961
Gesamt-anthocyan-gehalt	10,3	90	0,0077	0,981	13,9	0,0498	0,998	10,4	0,0667	0,997	6,2	0,1111	0,973	57,99	0,956

In den Jahren 2010 und 2011 wurde auch Saftkonzentrat hergestellt (Kapitel 3.5.4), um den Abbau der Anthocyane im Konzentrat zu untersuchen. Wie bereits beschrieben, führte die Konzentratherstellung im Jahr 2011 zur Absenkung des Anthocyangehaltes auf 1,4 mg/L im rückverdünnten Saft auf 14,3 °Brix und war im rückverdünnten Saft des Konzentrates des Herstellungsjahres 2010 nicht nachweisbar. Wie zu erwarten führte der höhere Anthocyangehalt des Saftes der Ernte 2011 zu einer höheren Konzentration im rückverdünnten Saft. Jedoch führte die Konzentratherstellung nicht nur zur Absenkung des Anthocyangehaltes, sondern auch zu einer starken Polyphenoloxidation und somit zu einer braun/roten Farbe im rückverdünnten Saft. Aus diesem Grund ist die Züchtung „Maggy“ für eine Konzentratherstellung nicht geeignet. Alternativ müssten Konzentrate aus Anthocyan-reicheren rotfleischigen Apfelsorten untersucht werden. Die Halbwertszeiten von 5-Carb-py-cy-3-gal betrug in beiden Lagerexperimenten mehr als 250 Tage bei einer Startkonzentration von 0,3 mg/L (2010) und 0,4 mg/L (2011), wobei auch beim Carboxypyranocyanidin der Abbau mit steigender Lagertemperatur zunahm. Eine Lagerung bei 37 °C verursachte den schnellsten Abbau. Im Vergleich zum Cy-3-gal lief dieser jedoch 6-mal langsamer ab (Tabelle 55, Tabelle 56). Als NebenkompONENTEN des Anthocyanprofils trugen 5-Carb-py-cy-3-gal, Cy-7-ara und Cy-3-xyl nicht zur Gesamthalbwertszeit der Anthocyane bei, wie Tabelle 55 und Tabelle 56 zeigen. Generell wies Cy-3-gal eine kürzere Halbwertszeit als 5-Carb-py-cy-3-gal, Cy-7-ara und Cy-3-xyl auf. 5-Carb-py-cy-3-gal entsteht während der Herstellung und Lagerung eines roten Fruchtsaftes, wie z.B. in Kirschsafte (Bonerz et al. 2007). Im vorliegenden Experiment bildete sich 5-Carb-py-cy-3-gal wahrscheinlich während der Verarbeitung der Äpfel. Alternativ weist die methanolische Extraktion der mittels flüssigen Stickstoffs eingefrorenen Frischprobe darauf hin, dass 5-Carb-py-cy-3-gal bereits im Apfel vorliegt. Diese Beobachtung bestätigt die Untersuchungen von Sadilova et al. (2006) in rotfleischigen Äpfeln der Sorte „Weirouge“. Während der Lagerung baute sich 5-Carb-py-cy-3-gal sehr langsam ab. Wahrscheinlich steht Pyruvat als limitierendes Edukt der Reaktion nach der Safftherstellung nicht mehr zur Verfügung. 5-Carb-py-cy-3-gal entsteht vermutlich durch eine Cycloaddition der Enolform des Pyruvats, und Cy-3-gal. Das aus dieser Reaktion resultierende Carboxypyranocycyanidin ist wesentlich stabiler gegenüber pH-Wertschwankungen und SO₂. Diese Zunahme der Stabilität könnte an einer sterischen Hinderung an Position 2 des Flavylumkations oder der Blockierung für eine nukleophile Substitution der Position 4 durch den Pyrano-Ring liegen (Marquez et al. 2013).

Zusammenfassend waren im Lagerversuch der Ernte 2010 die Halbwertszeiten der Anthocyane deutlich kürzer als im zweiten Lagerversuch. Bei der Abbaukinetik handelt es sich näherungsweise um eine Reaktion 1. Ordnung, besonders zu Beginn der Lagerung.

Wie erwartet erhöhte sich die Abbaurate der Anthocyane mit zunehmender Temperatur (Tabelle 55, Tabelle 56). Bei Raumtemperatur und Lichteinfluss ergab sich allerdings kein

größerer Rückgang als bei 20 °C (Abbildung 109a und b.). Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass Lichteinfluss und leichte Temperaturschwankungen nur geringe Auswirkungen auf den Abbau der Anthocyane im Saft haben. Insgesamt zeigen die Lagerversuche des Saftes der Züchtung „Maggy“, dass die Abbaukinetik der Anthocyane von der Lagertemperatur abhängt und zusätzlich von der Anfangskonzentration der Anthocyane sowie ihrer chemischen Struktur beeinflusst wird.

Der Vergleich mit publizierten Studien zeigt, dass die Anthocyane im roten Apfelsaft eine geringere Stabilität als die Anthocyane im Saft schwarzer Johannisbeeren, roter Trauben und Aronia aufweisen. Würth (2008) berichtete von einer Halbwertszeit von 307 Tagen der Anthocyane im Traubensaft der Sorte „Spätburgunder“, 280 Tage im Traubensaft der Sorte „Rotberger“ und 804 Tage für die Anthocyane der Sorte „Dunkelfelder“ während der Lagerung bei 4 °C. Anthocyane im schwarzen Johannisbeersaft erreichten eine Halbwertszeit von 816 Tagen bei einer Lagertemperatur von 4 °C (Würth et al. 2009) und in Aroniasaft unter denselben Bedingungen 920 Tagen (Würth et al. 2010). Zudem wurde die Abbaukinetik der Anthocyane in Heidelbeersaft bzw. -konzentrat von Wang und Xu (2007) untersucht. Heidelbeersaft wurde allerdings nur bei höheren Temperaturen von über 60 °C gelagert, sodass hier kein direkter Vergleich möglich ist. Das Konzentrat mit 65 °Brix erreichte eine Halbwertszeit von 330 Tagen während einer Lagertemperatur von 5 °C bei einer Startkonzentration von 418 mg/L Gesamtanthocyane. Bei beiden Experimenten wurde der Abbau der Anthocyane im Konzentrat mittels pH-shift-Methode untersucht. Die Halbwertszeiten der Anthocyane im Blutorangensaft-Konzentrat betragen bei einer Lagerung von 5 °C und 45 °Brix 55,7 Tage und bei 69 °Brix 116 Tage (Kırca und Cemeröglü 2003). Im Gegensatz zu den genannten Säften weisen Erdbeer- und Blutorangensaft eine geringere Stabilität der Anthocyane als roter Apfelsaft auf. Dies könnte an einem höheren Säuregehalt des Apfelsafts im Vergleich zu Blutorangensaft liegen (Kırca und Cemeröglü 2003) und mit einem höheren Gehalt an Copigmenten im roten Apfelsaft begründet sein (Bağowska et al. 2003). Die Copigmentierung von Cy-3-gluc mit Chlorogensäure führt vermutlich zu einer Farbstabilisierung im roten Apfelsaft der Züchtung „Maggy“, wobei der stärkste Copigmentierungseffekt in Modelllösungen bei einem pH-Wert von 3,5 beobachtet wurde (Bağowska et al. 2003). Der untersuchte rote Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ wies einen vergleichbaren pH-Wert auf. In bisherigen Studien wurden die Einflüsse der Lagerung von rotem Apfelsaft unter Luftatmosphäre und Argon bei 35 °C, der Zugabe von Sulfid, Ascorbinsäure und Kupfer auf die Stabilität der Anthocyane untersucht. Während Temperatur und Luftatmosphäre einen Einfluss hatten, spielten Sulfid, Ascorbinsäure und Kupfer eine untergeordnete Rolle (Malec et al. 2014). Dabei führte die 14-tägige Lagerung bei 35 °C zu einem Abbau von 86 % der Anthocyane bezogen auf die Startkonzentration (Malec et al. 2014). Dieser Prozentsatz entspricht den vorliegenden Beobachtungen, bei

denen 90 % der Gesamtanthocyane im Saft der Züchtung „Maggy“ nach 14-tägiger Lagerung bei 37 °C abgebaut wurden.

3.12.2 Abbau von Flavanolen, Dihydrochalkonen, Phenolcarbonsäuren und Quercetinen während der Lagerung von rotem Apfelsaft der Züchtung „Maggy“

Zusätzlich zu den Anthocyanen wurden die farblosen Polyphenole in den Lagerproben des Saftes der Züchtung „Maggy“ aus den Ernten 2010 und 2011 untersucht, die bei 4, 20 und 37 °C sowie bei RT mit Lichteinfluss gelagert wurden. Die HPLC-DAD Messungen zeigten, dass die Konzentrationen an farblosen Polyphenolen während der 12-monatigen Lagerung stabil blieben. Dabei betrug die Anfangskonzentration an farblosen Polyphenolen 283,8 mg/L im Saft der Ernte 2010 und 420,8 mg/L bei der Ernte 2011. Auch Thielen (2004) konnte zeigen, dass bei weißfleischigen Mostapfelsorten die genannten Polyphenole bei Lagerung über 1 Jahr stabil waren.

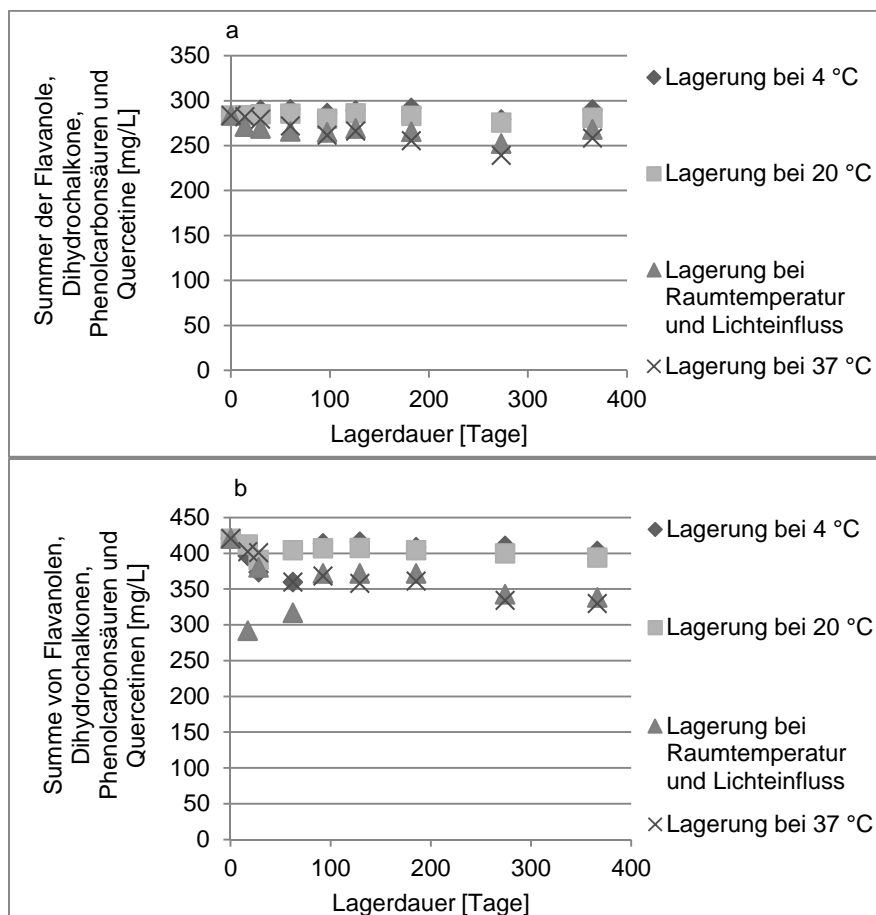


Abbildung 110: Entwicklung des Gehalts an farblosen Polyphenolen [mg/L] des Saftes der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und Ernte 2011 (b) während der Lagerung über 365 Tage bei 4, 20 und 37 °C, sowie bei RT und Lichteinfluss.

3.12.3 Farbstabilität der Lagerproben

Zur Untersuchung der Farbstabilität des Saftes der Züchtung „Maggy“ während der Lagerung wurden die L^* , a^* , b^* -Werte bestimmt. Die a^* -Werte der Lagerproben korrelierten erwartungsgemäß sehr stark mit den Anthocyangehalten ($R^2= 0,99$, für die Lagerung bei 4 °C) (Abbildung 111). Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die rote Farbe des Saftes ausschließlich auf den Anthocyangehalt zurückzuführen ist.

Die a^* -Werte der beiden Lagerversuche unterscheiden sich zu Beginn der Lagerung nur geringfügig. Diese liegen bei 41,1 bei der Ernte 2010 und 45,3 bei der Ernte 2011. Die Unterschiede zwischen der Lagerung bei 20 °C und 37 °C ohne Lichteinfluss und RT mit Lichteinfluss waren bei der Ernte 2011 sehr gering. Die a^* -Werte bei 4 °C sanken langsamer als bei höheren Temperaturen ab und betragen nach 9 Monaten immer noch 30 (Abbildung 111). Damit korrelierte die rote Farbe des Safts.

Während des Lagerversuches der Ernte 2010 stieg der b^* -Wert bei allen Temperaturen, was mit einer Zunahme an braunen Pigmenten verbunden war und die a^* -Werte sanken nach 365 Tage Lagerung von 41,1 auf 15,3 bei 4°C, auf 8,8 bei RT und Lichteinfluss, 8,9 °C bei 20 °C und 4,5 bei 37 °C. Im Gegensatz dazu waren die b^* -Werte des Lagerversuches der Ernte 2011 höher und während der Lagerung konstant (Abbildung 111). Jedoch wurden diese Bräunungspigmente aufgrund des höheren Anthocyangehaltes des Lagerversuches der Ernte 2011 (Abbildung 111 b) stärker und länger maskiert. Im ersten Lagerversuch (Ernte 2010) führt der niedrigere Anthocyangehalt zu einem schnelleren Anstieg der b^* -Werte bzw. der sichtbaren Braunfärbung.

Die Analysen lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Bräunung der Säfte zum größten Teil auf den Gehalt an farblosen Polyphenolen zurückzuführen ist. Höhere Konzentrationen an farblosen Polyphenolen führten wahrscheinlich zu einer höheren Konzentration an oxidierten Polyphenolen und damit zu einer stärkeren Braunfärbung des Saftes. Der Vergleich mit dem unterschiedlich hohen Gehalt an Anthocyanen in den Säften weist daraufhin, dass die Reichhaltigkeit an Anthocyanen das Maß für die Maskierung der Braunfärbung ausmacht. Zudem zeigt sich, dass ein höherer Anthocyangehalt zu einer Verringerung der oxidierten Polyphenole beiträgt, was die konstanten b^* -Werte des Lagerversuches der Ernte 2011 belegen.

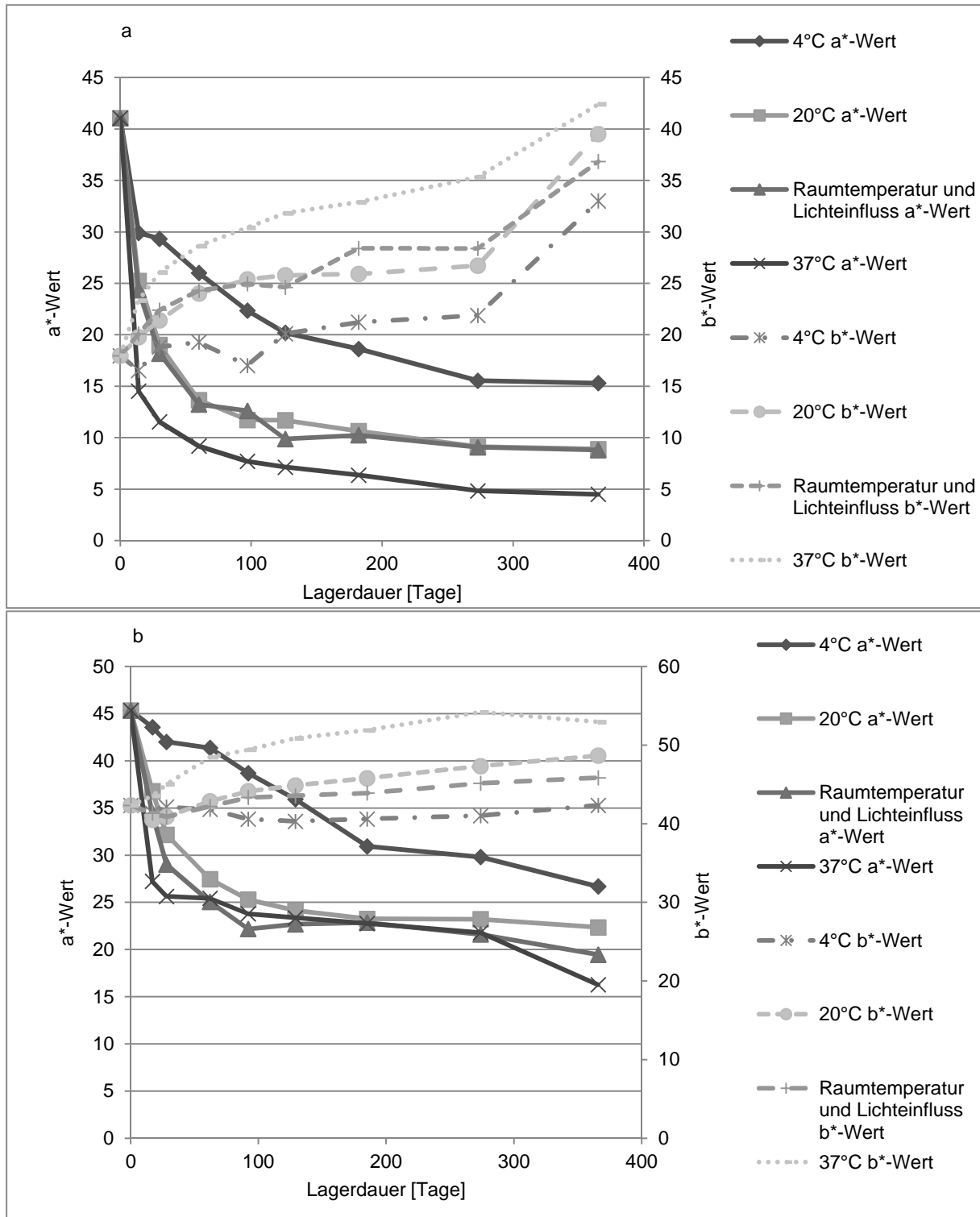


Abbildung 111: Entwicklung der a* -und b*-Werte der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2010 (a) und 2011 (b) während der Lagerung bei 4 °C, 20 °C, RT und Lichteinfluss und 37 °C.

3.12.4 Der Monomerindex und Polymerindex der roten Apfelsäfte der Züchtung „Maggy“ während der Lagerung

Der Monomerindex ist ein Maß für die Zunahme von polymeren Anthocyanen im Saft. Im Lagerversuch der Ernte 2010 zeigte der Monomerindex Schwankungen. Zu Beginn der Lagerung waren die Monomerindices niedriger als nach den verschiedenen Lagerungen. Ein Messfehler oder Probenahmefehler kann ausgeschlossen werden, da diese wiederholt durchgeführt wurden (Abbildung 112 a). Im Vergleich zum Lagerversuch der Ernte 2011 kann dieser Effekt mit dem niedrigeren Anthocyanengehalt zu Beginn der Lagerung begründet werden, da der stabilisierende Effekt eines höheren Anthocyanengehalts, wie ihn bereits Skrede et al. (1992) und Garzon und Wrolstad (2002) beobachteten, fehlt.

Die Monomerindices während beider Lagerversuche nahmen auch während der Lagerung bei 4 °C stark ab, sodass beim zweiten Lagerversuch (Ernte 2011, b) nach 9 Monaten nur noch 20 % bzw. 32 % beim Lagerversuch der Ernte 2010 des Anfangswertes erreicht wurden. Die Abnahme des Monomerindex beschleunigt sich mit zunehmender Lagertemperatur. Nur der Saft, der bei 4 °C gelagert wurde zeigte in beiden Lagerversuchen einen linearen Rückgang der monomeren Anthocyane und entspricht, wie zu erwarten, näherungsweise dem Konzentrationsverlauf der Anthocyane während der Lagerung. Zudem zeigt sich beim Lagerversuch der Ernte 2010 eine etwas stärkere Zunahme der polymeren Anthocyane im Vergleich zum Lagerversuch b. Dies ist auch wiederum mit dem stabilisierenden Effekt des höheren Anthocyanengehaltes zu begründen (Kapitel 1.2.2.).

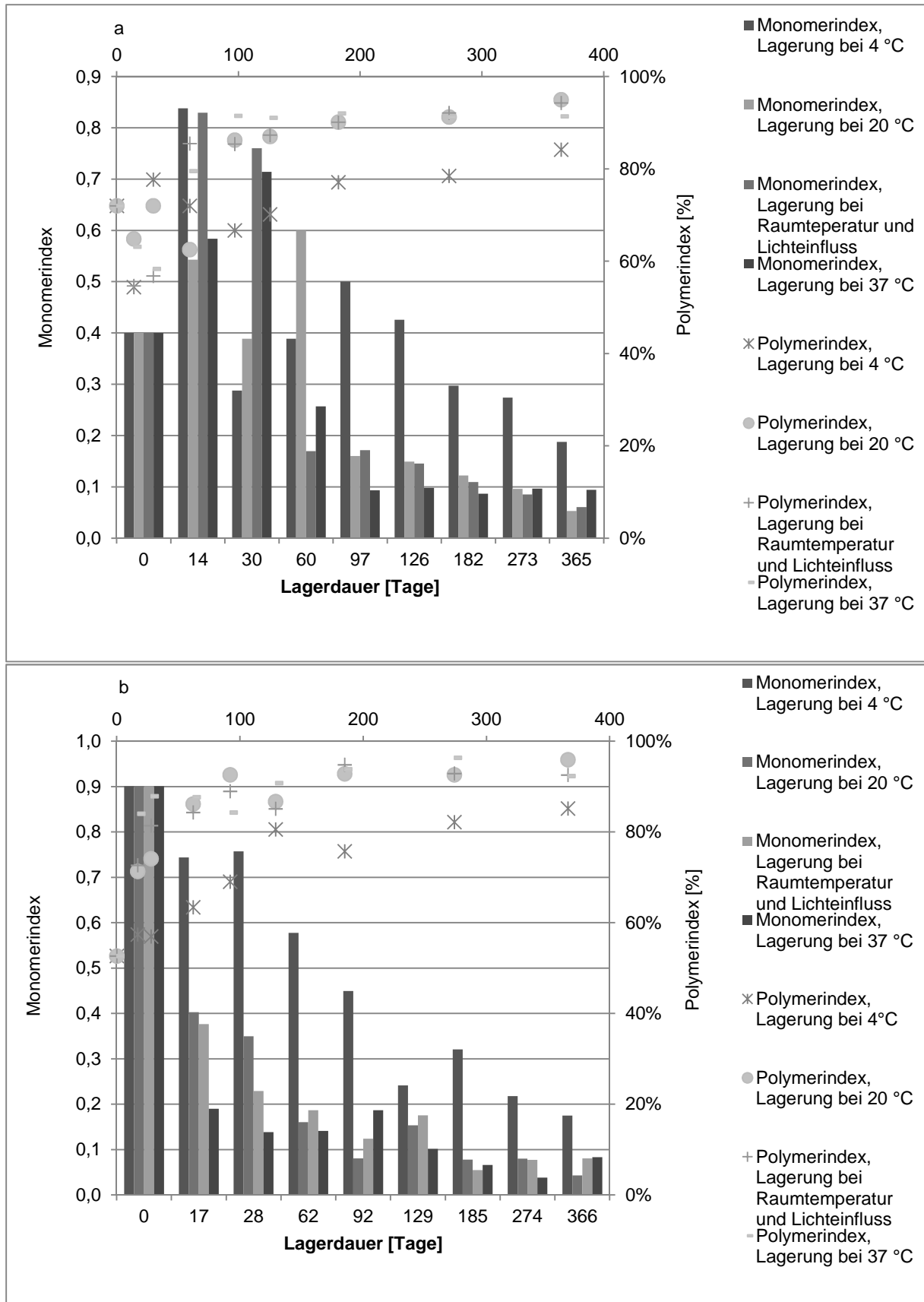


Abbildung 112: Monomerindex und Polymerindex [%] der roten Apfelsäfte während einer Lagerung bei 4 °C, 20 °C, 37 °C und bei Raumtemperatur und Lichteinfluss, a: Ernte 2010 und b: Ernte 2011.

3.12.5 Sensorik der Lagerproben

Zur weiteren Charakterisierung und Empfehlung eines MHD wurde eine deskriptive sensorische Bewertung der gelagerten Säfte der Züchtung „Maggy“ der Ernte 2011 nach dem DLG-5-Punkte-Schema durchgeführt. Anhang 60 zeigt das DLG-Prüfschema für Fruchtsäfte nach dem die Lagerproben sensorisch beurteilt wurden. Es wurden die Attribute „Farbe/ Aussehen“, „Geruch“, „Geschmack“ und „Harmonie“ bewertet. Anhand dieser Bewertungen wurden die Qualitätszahlen mittels der im Prüfschema zu findenden Gewichtungen als Mittelwerte berechnet. Säfte der Ernte 2010 wurden sensorisch nicht nach dem DLG-5-Punkte-Schema untersucht da eine deutlich sichtbare Braunfärbung schon nach einer kurzen Lagerdauer zu beobachten war (Abbildung 111 a). Tabelle 57 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse bezüglich der jeweiligen Parameter Farbe/Aussehen, Geruch, Geschmack und Harmonie. Weiterhin sind die Gründe, die zu einer schlechteren Bewertung im Vergleich zur vorhergehenden Probe führten, aufgeführt. In Bezug auf die Farbe und das Aussehen wurde die Saftprobe zu Beginn der Lagerung nur geringfügig schlechter bewertet. Aufgrund der Adstringens wurde jedoch der Parameter Geschmack deutlich schlechter bewertet. Aufgrund der stärkeren Aromaabnahme und Bräunung des Saftes bei einer Lagerung bei 20 °C kam es zu einer schlechteren Bewertung dieser Proben bei späteren Probenahmeterminen (Abbildung 113). Insbesondere die Aromausprägung, Fruchtigkeit und Frische nahm bei einer Lagertemperatur bei 20 °C stärker ab als 4 °C (3,6 bei 4 °C und 1,4 bei 20 °C-Lagertemperatur). Nach der 9-monatigen Lagerung bei 4 °C war eine leichte Braunfärbung zu beobachten die zu einer Bewertung der Farbe mit 3,6 im Gegensatz zum Lagerbeginn mit 4,8 führte. Die entsprechend bei 20 °C gelagerte Probe wies zum gleichen Zeitpunkt eine sichtbare Braunfärbung auf und führte daher zur Bewertung der Farbe mit 1,6. In Bezug auf die Qualitätszahl war bei einer Lagerung bei 4 °C ein Rückgang nach 9 Monaten von 4,12 auf 3,33 zu beobachten und bei 20 °C auf 1,43. Nach 12 Monaten konnten Säfte aufgrund der Braunfärbung nicht mehr beurteilt werden (Tabelle 57, Abbildung 113). Anhand der sensorischen Untersuchung kann bei einer kühlen, vor Sonneneinstrahlung geschützten Lagerung ein MHD von 9 Monaten empfohlen werden, da es ab dem 9. Monat zu sensorischen Veränderungen des Saftes insbesondere der Farbe und des Geschmacks kommt.

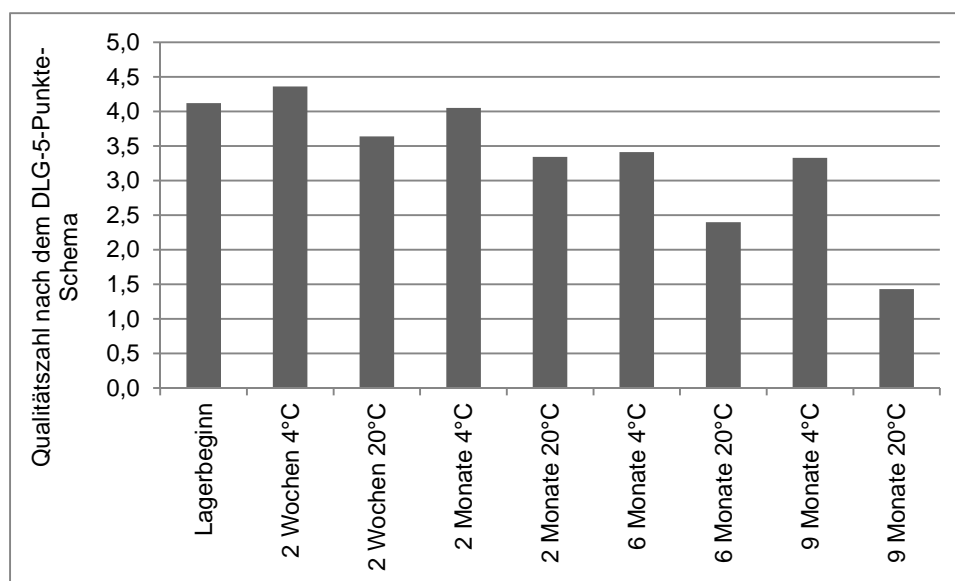


Abbildung 113: Übersicht über die Qualitätszahlen nach dem DLG-5-Punkte-Schema der Lagerproben des Lagerversuches des Saftes „Maggy“ der Ernte 2011.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 57: Ergebnisse der deskriptiven sensorischen Prüfung nach dem DLG-5-Punkte-Schema der Lagerproben des Lagerversuches 2011-2012.

Bezeichnung	Lagerbeginn	2 Wochen 4°C	2 Wochen 20°C	2 Monate 4°C	2 Monate 20°C	6 Monate 4°C	6 Monate 20°C	9 Monate 4°C	9 Monate 20°C
Farbe/ Aussehen folgende Attribute führten zum Punktabzug im Merkmal Farbe/ Aussehen	4,80	4,80	4,20	4,20	3,40	3,80	2,40	3,60	1,60
Geruch	4,80	4,80	4,20	4,20	3,40	3,80	2,40	3,60	1,40
folgende Attribute führten zum Punktabzug im Merkmal Geruch	Aroma- ausprägung, fruchtig, typisch, Kochton, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische	Aroma- ausprägung, fruchtig, Frische
Geschmack	4,00	4,40	3,60	4,20	3,40	3,40	2,40	3,40	1,40
folgende Attribute führten zum Punktabzug im Merkmal Geschmack	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend	Geschmacks- ausprägung, fruchtig, typisch, Frische, sauer, ad- stringierend
Harmonie	4,00	4,40	3,60	4,20	3,60	3,40	2,40	3,40	1,40
Qualitätszahl	4,12	4,36	3,64	4,05	3,34	3,41	2,40	3,33	1,43

3.12.6 Zusammenfassung

Die Abbaukinetik der Anthocyane im roten Apfelsaft folgt näherungsweise einer Reaktion 1. Ordnung. Mit zunehmender Lagertemperatur beschleunigte sich der Abbau der Anthocyane, während jedoch ein Lichteinfluss keinen ausgeprägten Effekt mit sich brachte.

Zudem war ein Einfluss der chemischen Struktur und der Anfangskonzentration der Anthocyane auf ihre Abbaukinetik zu beobachten. Die Copigmentierung und der hohe Säuregehalt von rotem Apfelsaft hatten einen stabilisierenden Effekt auf die Anthocyane. Insgesamt war 5-Carb-py-cy-3-gal das langlebigste Anthocyan, während Cy-3-gal, Cy-7-ara und Cy-3-xyl weniger stabil waren. 5-Carb-py-cy-3-gal entstand bereits während der Verarbeitung bzw. kommt originär im Apfel vor und baute sich während der Lagerung ab. Zudem waren Anthocyane im roten Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ mit einer Anfangskonzentration von 18,6 mg/L stabiler als die Anthocyane in vielen Blutorangensäften. Dies ist eventuell auf den hohen Gehalt an Copigmenten und den hohen Säuregehalt zurückzuführen. Jedoch sind Anthocyane in schwarzen- Johannisbeersäften, Holunderbeer- oder Aroniasaft stabiler als die Anthocyane im roten Apfelsaft. Aus diesem Grund muss roter Apfelsaft aus der Züchtung „Maggy“, bei möglichst niedrigen Temperaturen gelagert werden und zwar idealerweise nicht länger als 9 Monate in Glasflaschen. Sensorische Untersuchungen bestätigen dieses Ergebnis. Um die Lagerdauer verlängern zu können, wurden bereits rotfleischige Sorten im Institut für Obstbau der Hochschule Geisenheim entwickelt, die einen höheren Anthocyangehalt aufweisen. Die Lagerversuche dieser Neuzüchtungen und Selektionen stehen noch aus.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Anthocyanprofile roter Apfelsäfte aus 32 verschiedenen rotfleischigen Apfelsorten und –züchtungen und 75 verschiedenen Nachkommen einer Kreuzungspopulation aus der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ jeweils in drei Ernteperioden bestimmt. In allen untersuchten Sorten, Züchtungen und Kreuzungen stellte Cyanidin-3-galactosid (Cy-3-gal) die Hauptkomponente dar. Als Nebenkomponten wurden Cy-3-gluc, Cy-3-ara, Carb-pyr-cy-3-gal, Carb-pyr-cy-3-gluc, Carb-pyr-cy-3-pen, Cy-7-ara, Cy-3-xyl und weitere unbekannte Anthocyane nachgewiesen. Die Nebenkompontente 5-Carb-pyr-cy-3-gal konnte in jedem Saft nachgewiesen werden und entstand nicht erst während der Lagerung. Bei der Sorte „Weirouge“ konnten insgesamt neun, bei der Züchtung „Maggy“ zehn und bei der Kreuzung „3-17“ acht verschiedene Anthocyane nachgewiesen werden.

Analysen des TEAC -und Gesamtphenolgehalts zeigten, dass rote Apfelsäfte der bisher bekannten Sorten und Züchtungen größere antioxidative Eigenschaften und einen höheren Säuregehalt aufweisen als handelsübliche Apfelsäfte und Mostapfelsäfte. Die Schwankungen der Sorbitgehalte von 2 bis 8 g/L und die Mineralstoffgehalte der Säfte aus den weißfleischigen Sorten „Rheinischer Bohnapfel“, „Topaz“, „Gala“ und „Boskoop“ lagen in derselben Größenordnung wie die bei den untersuchten roten Apfelsäften.

Bei der Untersuchung der Anthocyanverteilung in der Schale, und des Anthocyanangehalts im Fruchtfleisch und den Kernen ergaben sich Unterschiede in der Homogenität der Verteilung und Schwankungen des Anthocyanangehalts sowohl zwischen den Sorten, als auch innerhalb einer Sorte. Bei der Sorte „Pomfital“ war der Anthocyangehalt aufgrund des kleinen Durchmessers und des relativ dazu geringeren Fruchtfleischanteils sehr hoch und der Gesamtanthocyangehalt bezogen auf die Gesamtrucht sank im Verlauf der Reifung. Im letzten Monat vor der Vollreife wurde ein konstanter Anthocyangehalt der Früchte beobachtet. Ein späterer Erntetermin bringt somit einen niedrigeren Säuregehalt verbunden mit einem geringeren Anthocyangehalt im Saft mit sich.

Bei der Verarbeitung der rotfleischigen Äpfel zu den Produkten naturtrüber Saft, Saftkonzentrat, Apfelwein, Apfelschaumwein und Pürees sowie Smoothies läßt sich festhalten, dass die größten Verluste an Anthocyanen bei der Zerkleinerung der Äpfel durch Mahlen und dem anschließenden Pressen auftraten. Weitere Verluste entstanden bei Prozessschritten mit Hitzeeinwirkung, wie der Pasteurisation und der Konzentratherstellung. Demgegenüber waren die Verluste bei der Smoothie –und Püreeherstellung, sowie bei der Herstellung von naturtrübem Apfelsaft geringer.

Zusammenfassung

Die Analysen zeigten, dass der rote Apfelsaft aus den bisher verfügbaren Sorten bzw. Züchtungen, „Maggy“, „Mary“ und „Baya Marisa“ die besten Eigenschaften bezüglich eines hohen Anthocyangehaltes von über 20 mg/L, eines niedrigen Säuregehalts von weniger als 10 g/L Gesamtsäure und eines hohen Zuckergehaltes von über 120 g/L aufwiesen.

Die Säfte der Sorten „Pomfital“, „Dolgo“ und der Züchtung „Anna“ wiesen zudem die höchste antioxidative Kapazität und den höchsten Gesamtphenolgehalt aller untersuchten rotfleischigen Sorten auf. Dabei übertrafen die antioxidativen Eigenschaften der Säfte die der Mostapfelsorte „Rheinischer Bohnapfel“ und anderer untersuchter weißfleischiger Sorten.

Zur Generierung neuer rotfleischiger Apfelsorten mit einem höheren Anthocyangehalt, einem niedrigen Säuregehalt und einem hohen Zuckergehalt wurde eine Kreuzungspopulation aus der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ analysiert. Die Ergebnisse ergaben nicht nur höhere Anthocyangehalte im Vergleich zur rotfleischigen Elternsorte, sondern auch verbesserte Aromaeigenschaften.

Um den Einfluss des Klimas auf den Anthocyangehalt zu untersuchen, wurden rotfleischige Apfelsorten der Anbauggebiete Edingen/Heidelberg und Geisenheim untersucht. Anhand der Züchtung „Maggy“ zeigte sich, dass höhere Durchschnitts –und Maximaltemperaturen in Geisenheim zu einem bis zu 4-fach höheren Anthocyangehalt führten.

Die Analyse der Aromastoffe umfasste Untersuchungen mittels GC-MS nach Wasserdampfdestillation und SAFE-Extraktion sowie HS-GC-MS-Messungen. Im Gegensatz zu den bisher verfügbaren rotfleischigen Apfelsorten wiesen die Kreuzungen einen hohen Estergehalt auf. Zudem zeigen die Ergebnisse einige nur in rotfleischigen Äpfeln nachgewiesene Aromakomponenten, wie das 4-Methoxyphenylpropanol.

Als Ergänzung zu den chemischen Vollanalysen wurden die sensorischen Eigenschaften von 32 roten Apfelsäften untersucht und mit 4 Apfelsäften aus weißfleischigen Äpfeln verglichen. Die Züchtungen und Sorten „Anna“, „Maggy“ und „Weirouge“ aus Edingen (Obstbau Schneider), „A1-33-04-KL“, „A4-01-KL“ aus Geisenheim und „Baya Marisa“ angebaut in Geisenheim, in den Jahren 2011 bis 2013, konnten die Prüfer von allen roten Apfelsäften am meisten überzeugen. Am beliebtesten war jedoch eine Fruchtsaftmischung aus 25 % Saft der weißfleischigen Sorte „Gala“ und 75 % der rotfleischigen Sorte „Weirouge“, die bezüglich des Farbtons bzw. Farbintensität, Aroma und Zucker/Säureverhältnis am besten bewertet wurde.

Abschließend wurden Lagerversuche von rotem naturtrübem Apfelsaft der Züchtung „Maggy“ durchgeführt, um die Farbstabilität des roten Apfelsaftes bei verschiedenen Lagertemperaturen zu untersuchen. Insgesamt ergaben die Analysen, dass der Abbau der Anthocyane im roten Apfelsaft näherungsweise einer Reaktion 1. Ordnung folgt und die Anthocyane eine geringere Stabilität als in Schwarzer-Johannisbeersäften, Holunderbeer -

oder Aroniasaft aufweisen. Jedoch zeigte sich eine höhere Stabilität der Anthocyane in rotem Apfelsaft als in Blutorangensaft. Aus diesem Grund muss roter Apfelsaft aus der Züchtung „Maggy“ bei möglichst niedrigen Temperaturen gelagert werden und idealerweise nicht länger als 9 Monate in Glasflaschen. Um die Lagerdauer verlängern zu können, wurden rotfleischige Sorten im Institut für Obstbau der Hochschule Geisenheim entwickelt, die einen höheren Anthocyangehalt aufweisen, was einen höheren Anthocyangehalt im Saft mit sich bringt. Diese Neuzüchtungen und Selektionen müssten allerdings zunächst in größeren Mengen zur Verfügung stehen und entsprechende Lagerversuche der Säfte müssten durchgeführt werden, um Aussagen über eine längere Lagerfähigkeit machen zu können. Generell ist roter Apfelsaft ein attraktiver Fruchtsaft, der zu einer Bereicherung der Produktvielfalt in der Fruchtsaftindustrie beitragen könnte.

5 Ausblick

Sowohl Anthocyanprofile als auch Aromaprofile roter Apfelsäfte wurden im Rahmen dieser Arbeit mittels LC-MS/MS bzw. GC-MS untersucht. Hierbei zeigten sich in der Nachkommenschaft einer Kreuzungspopulation der rotfleischigen Sorte „Pomfital“ und der weißfleischigen Sorte „Wellant“ eine sehr große Variabilität im Anthocyangehalt und ein neuer Phänotyp von rotfleischigen Äpfeln mit gelb/grüner Schale, einem niedrigeren Säuregehalt, einem höheren Zuckergehalt und einem hohen Anthocyangehalt. Weiterführende molekulargenetische Untersuchungen wären notwendig, um mögliche Ursachen für diese Variabilität zu finden. Dies könnte wichtige Erkenntnisse für weitere Züchtungen von rotfleischigen Äpfeln liefern.

Zudem könnten molekulargenetische Unterschiede insbesondere der Züchtung „Maggy“ Hinweise für das Vorkommen von 4-Methoxyphenylpropanol und das Fehlen bzw. die niedrigeren Gehalte an Esterverbindungen im Aromaprofil ergeben. Eventuell sind hohe Esteraseaktivitäten hierfür verantwortlich. Es könnte mittels einer glycosidischen Spaltung untersucht werden wie groß der Anteil der glycosidisch gebundenen Fraktion ist. Weiterhin müssen nachgewiesene Aromastoffe in roten Apfelsäften verifiziert werden. Dies könnte unter anderem mit GC-O (olfactometry)-MS und GC-MS/MS-Methoden durchgeführt werden. Für die Aromastoffextraktion wäre die SAFE-Methode zu empfehlen. Sensorische Untersuchungen und Lagerversuche der roten Apfelsäfte aus der Kreuzungspopulation der Sorte „Pomfital“ und „Wellant“ stehen noch aus und könnten Grundlagen für einen farbstabileren roten Apfelsaft bieten.

6 Experimenteller Teil

6.1 Probenmaterial

Fruchtsäfte (100 %), Konzentrate (72 °Brix), Apfelwein, Apfelschaumwein sowie Pürees aus rotfleischigen und weißfleischigen Äpfeln wurden im Fruchtsaftbetrieb der Hochschule Geisenheim produziert. Die folgenden Diagramme zeigen den Ablauf der Herstellung. Aufgrund der auftretenden Alternanz standen Proben aller Sorten und Züchtungen nicht in jedem Jahr zur Verfügung, sodass von einigen Sorten und Züchtungen, sowie Nachkommen keine Ergebnisse in bestimmten Jahren vorliegen. Ein gleichbleibender Reifezustand wurde durch die Bestimmung des Streif-Index gewährleistet (Daten nicht gezeigt).

6.1.1 Saftherstellung technischer Maßstab

Lagerversuche und Verarbeitungsstudie

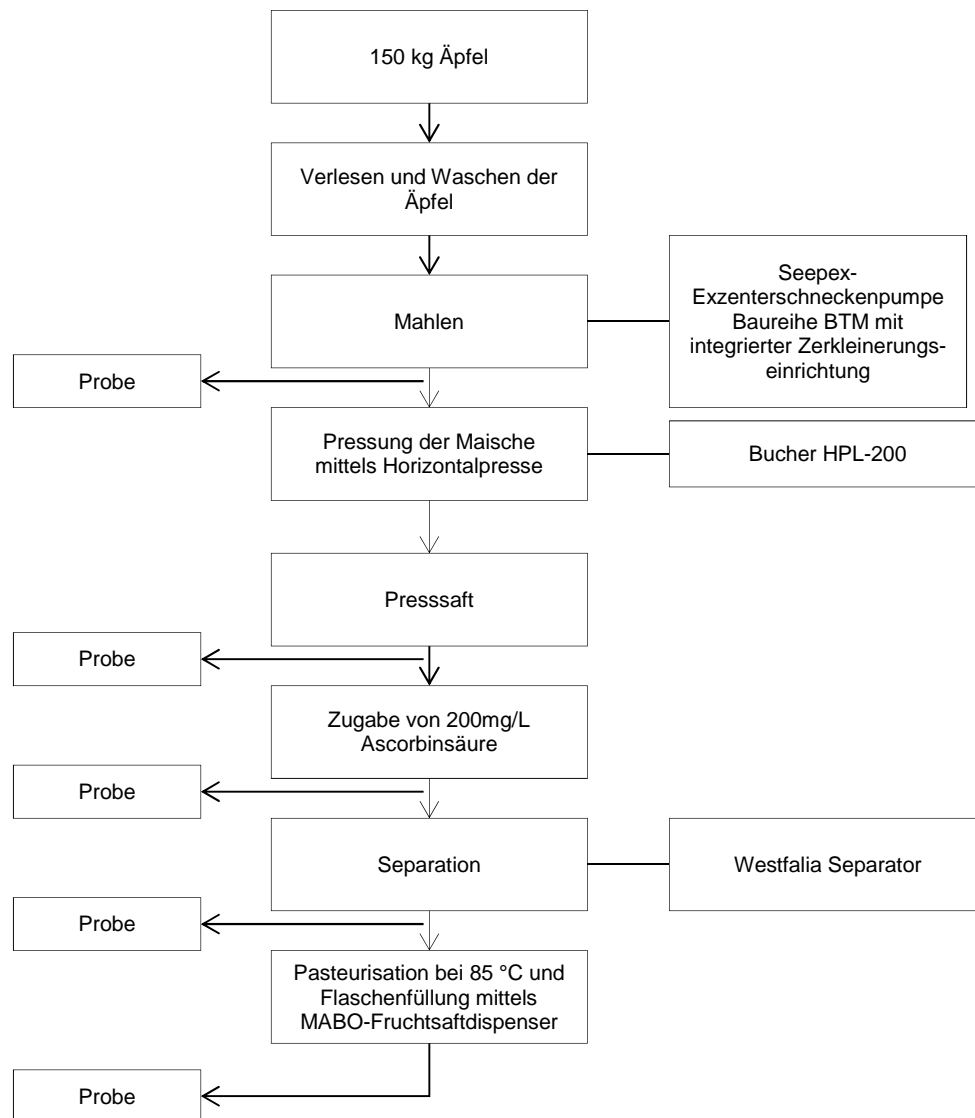


Abbildung 114: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im technischen Maßstab für die Lager- und Verarbeitungsversuche.

6.1.2 Saftherstellung halbtechnischer Maßstab

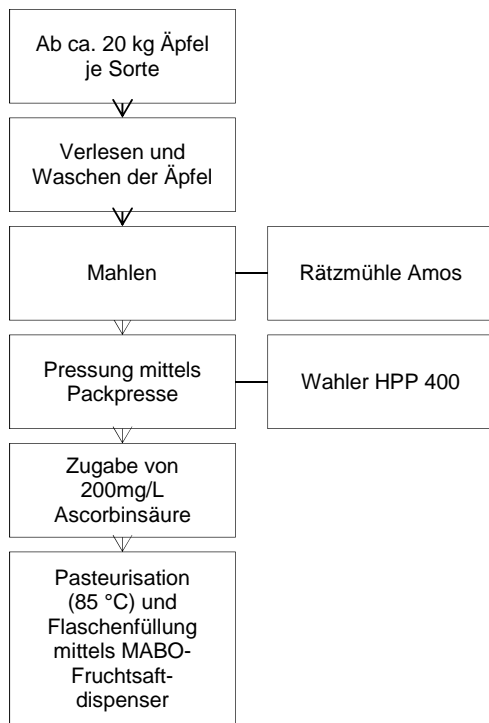


Abbildung 115: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im halbtechnischen Maßstab für die Sortenscreenings.

6.1.3 Saftherstellung im Labormaßstab

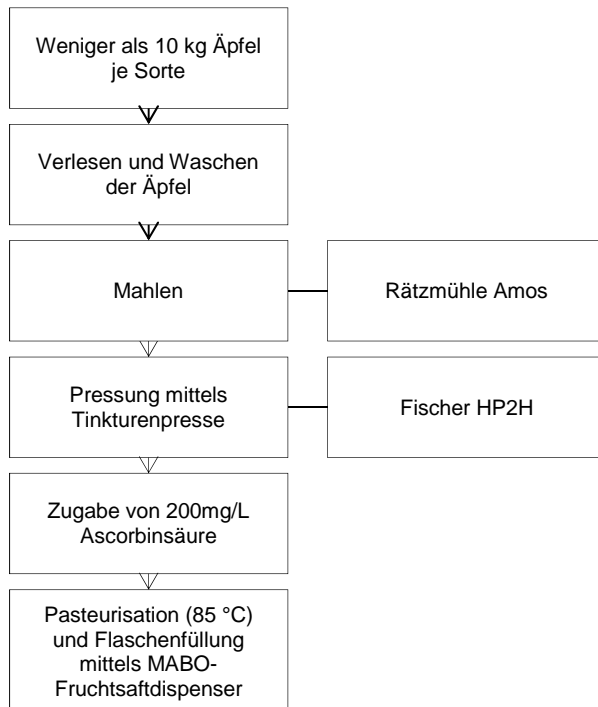


Abbildung 116: Verarbeitungsschema der Saftherstellung im Labormaßstab für die Untersuchung der Kreuzungspopulation.

6.1.4 Konzentratherstellung

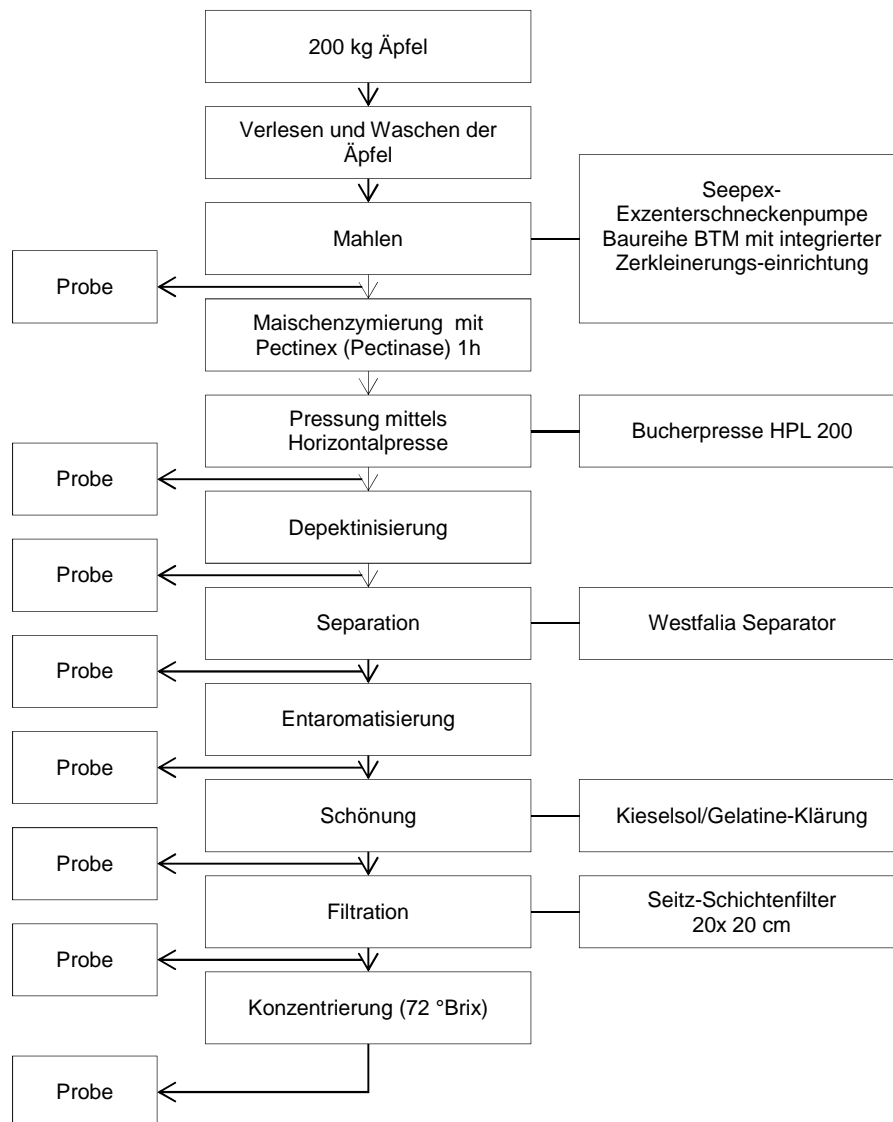


Abbildung 117: Verarbeitungsschema der Konzentratherstellung für die Versuchsversuche.

6.1.5 Weinherstellung

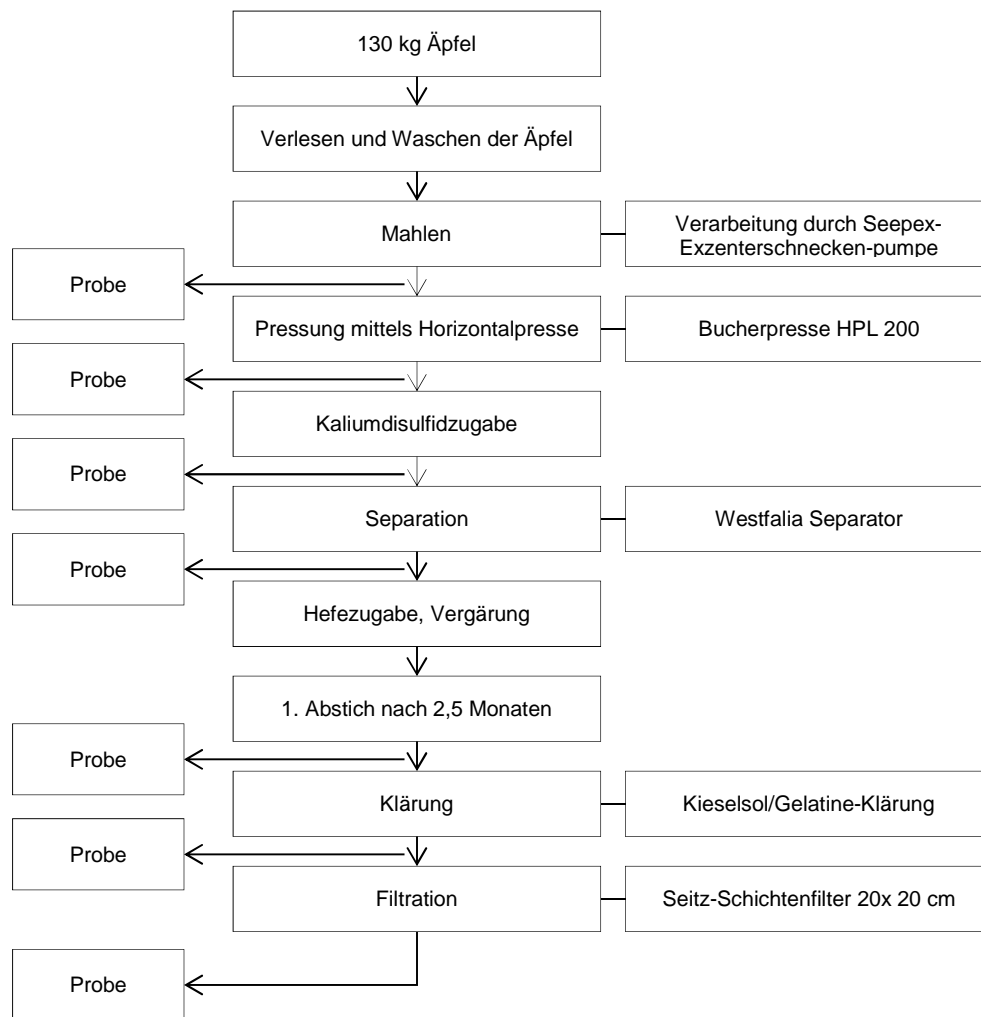


Abbildung 118: Verarbeitungsschema der Apfelweinherstellung für die Verarbeitungsversuche.

6.1.6 Herstellung von Apfelschaumwein



Abbildung 119: Verarbeitungsschema der Apfelschtherstellung für die Verarbeitungsversuche.

6.1.7 Smoothie- bzw. Fruchtmahherstellung im Labormaßstab

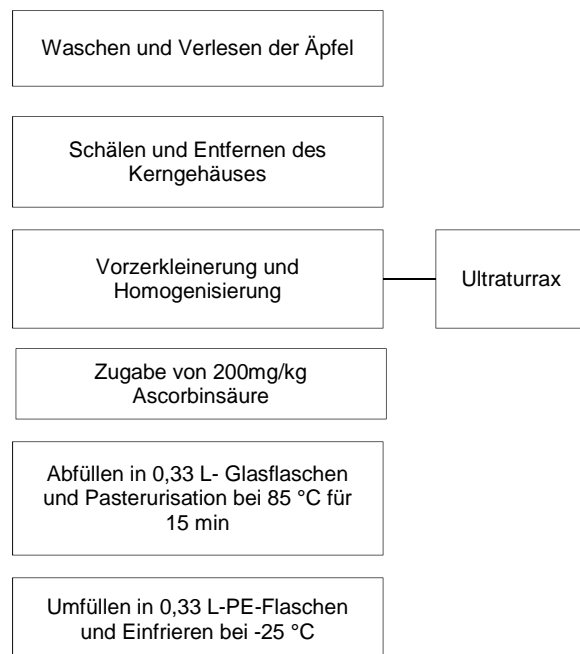


Abbildung 120: Verarbeitungsschema der Herstellung von Smoothies bzw. Fruchtmah, für die Herstellung von „Smoothies“ erfolgte die Zugabe von 25 % naturtrüben roten Apfelsaft der entsprechenden Sorte bzw. Züchtung zum Fruchtmah

6.1.8 Püreeherstellung im Labormaßstab

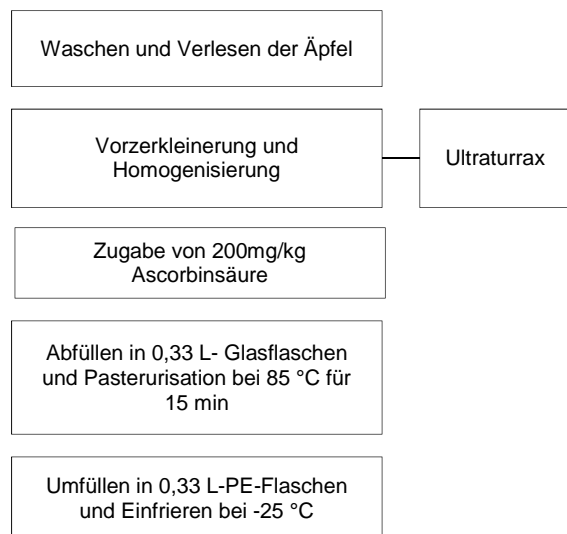


Abbildung 121: Verarbeitungsschema der Herstellung von Pürees.

6.2 Allgemeine Analyseparameter nach dem AIJN

Allgemeine Analyseparameter wurden nach den Standardvorschriften des Fachgebietes Weinanalytik und Getränkeforschung ermittelt. Die enzymatischen Bestimmungen wurden mittels eines Analyseautomaten Arena 20XTi der Firma Thermo Fischer durchgeführt.

Tabelle 58: Übersicht über die Analysemethoden der allgemeinen Parameter.

Analyseparameter	Methode
Leitfähigkeit	Konduktometrisch bei 20 °C
Relative Dichte	Biegeschwinger (Anton Paar) bei 20 °C, IFU-Methode Nr. 1
°Brix	Refraktometrisch bei 20 °C
Gesamtextrakt	Nach Alkohol- und Extrakttafel von Dr. Otto Reichard [g/L]
Zuckerfreier Extrakt	Berechnet [g/L], IFU-Methode Nr. 8
Zucker	Enzymatisch, IFU-Methode Nr. 55
pH-Wert	Potentiometrisch bei 20 °C, IFU-Methode Nr. 11
Gesamtsäure	Potentiometrische Titration (Titrator von Schott), IFU-Methode Nr. 3, bis pH= 8,1 ber. als Äpfelsäure
Ascorbinsäure	Potentiometrisch, IFU-Methode Nr. 17
Flüchtige Säure	Wasserdampfdestillation (Vapodest, Gerhardt), IFU-Methode Nr. 5, ber. als Essigsäure
Ethanol	Enzymatisch, IFU-Methode Nr. 2
L-Milchsäure	Enzymatisch, IFU-Methode Nr. 53
L-Äpfelsäure	Enzymatisch, IFU-Methode Nr. 64
Citronensäure	Enzymatisch, IFU-Methode Nr. 54
SO ₂	
Reduktone	
Gesamtphenole	Potentiometrisch, Kalibrierung mittels (*)-Catechin, SOP-071-1
Mineralstoffe	HR-CS AAS, SOP-084-0, TRFA (Steinfeld 2011)

6.3 Methanolische Extraktion von Pürees, gefriergetrockneten Fruchtgeweben, Smoothies und Pürees

Zur Extraktion wurde eine 80 %-ige Methanol/ Wassermischung verwendet. Nach entsprechender Homogenisierung (bei Pürees bzw. Frischproben mittels eines Hochleistungsdispergiergerät (Ultra-Turrax) und bei gefriergetrockneten Proben mittels einer mit flüssigem Stickstoff befüllbaren Mühle (IKA)) erfolgte eine zweimalige Extraktion mit 10 ml Extraktionslösung für je 30 min in einem gekühlten Ultraschallbad. Die Extrakte werden in einem 25 ml Messkolben vereinigt und zur weiteren Messung verwendet.

6.4 Analytik der Anthocyane mittels LC-MS

Die folgende Methode wurde zur Analyse der Anthocyane der Fruchtsaftproben und der methanolischen Extrakte verwendet. Die Identifizierung der jeweiligen Verbindungen erfolgte anhand der Retentionszeit, der UV-Spektren, mittels Standardaddition und anhand der MS-Spektren der Molekülpeaks und Fragmente.

Geräte und Chemikalien:

Membranfilter 0,45 µm (Whatman-Schleicher & Schuell)

Vials, 2ml (Thermo)

Ameisensäure, LCMS-Qualität (Merck)

Methanol (VWR)

Anthocyanstandards: Cyanidin-3-galactosid, Cyanidin-3-arabinosid und Cyanidin-3-glucosid (Extrasynthèse)

LC-MS Anlage:

„ThermoFinnigan Surveyor HPLC System“ gekoppelt mit einem „ThermoFinnigan LCQ Advantage Max“ Massenspektrometer mit ESI-Quelle und Ionenfalle, Steuerung mittels „Xcalibur“ Software.

Trennsäule :

125x2 mm i.D., 5 µm RP-Reprosil-Pur 120 ODS-3 Säule (Dr. Maisch)

Probenvorbereitung:

Die Säfte bzw. Extrakte werden mittels eines Membranfilters (0,45 µm) filtriert und nach Direktinjektion auf einer „125x2 mm i. D., 3 µm RP-Reprosil-Pur 120 ODS-3 Säule“ (Dr. Maisch) analysiert.

Chromatographiebedingungen:

Fließmittel A Wasser/Ameisensäure (95:5, v/v)

Fließmittel B Methanol

Experimenteller Teil

Flussrate: 200 µL/min bei 40 °C

Injektionsvolumen: 4 µL

Gradientenprogramm:

Tabelle 59: Gradientenprogramm zur Trennung der Anthocyane.

Zeit [min]	Eluent A [%]	Eluent B [%]
0	90	10
1	90	10
19	60	40
21	0	100
23	0	100
24	90	10
29	90	10

LC-MS-Bedingungen:

Die Ionisierung erfolgt im positiven Modus mit einer Quellenspannung von 4,5 kV. Die Kapillarspannung beträgt 32 V und die Kapillartemperatur 275 °C. Die Spektren werden für Anthocyane im positiven Modus zwischen m/z 250-1500 in drei Events gemessen: Full-Scan, MS² aus dem Fullscan mit einer Kollisionsenergie von 30 % und MS³ des Ions aus MS² mit einer Kollisionsenergie von 33 %. Die Auswertung erfolgte mit der Software Excalibur.

6.5 Analytik der farblosen Polyphenole mittels HPLC

Die folgende Methode wurde zur Analyse der farblosen Polyphenole der Fruchtsaftproben angewandt. Die Identifizierung der jeweiligen Verbindungen erfolgte anhand der Retentionszeit, der UV-Spektren und mittels Standardaddition.

Geräte und Chemikalien:

Essigsäure p.a. (Merck)

Bidestilliertes Wasser

Acetonitril Lichrosolv (Merck)

Membranfilter (0,45 µm)

Vials (2ml)

Standardsubstanzen: (Extrasynthèse, Roth, VWR)

HPLC-Anlage:

Modell „Surveyor“ mit Autosampler und „PDA Detektor Chromquest“ (ThermoFinnigan)

Säule:

Reprosil Pur C18 Aq (Dr. Maisch) 150 x 2 mm, 4 mm Vorsäule

Experimenteller Teil

Probenvorbereitung:

Die Säfte werden mittels eines Membranfilters (0,45 µm) filtriert und nach Direktinjektion auf einer „Reprosil Pur C18 Aq 150 x 2 mm“ mit einer 4 mm Vorsäule (Dr. Maisch) analysiert.

Chromatographiebedingungen:

Fließmittel A: bidest. Wasser/ Essigsäure (98/ 2; v/v)

Fließmittel B: Acetonitril/ bidest. Wasser/ Essigsäure (50/ 50/ 0,5; v/v/v)

Flussrate: 200 µL/min

Injektionsvolumen: 3 µL

Gradientenprogramm:

Tabelle 60: Gradientenprogramm zur Trennung der farblosen Polyphenole

Zeit [min]	Fließmittel A [%]	Fließmittel B [%]
0	90	10
31,3	45	55
37,5	0	100
41	90	10
52	90	10

Tabelle 61: Elutionsreihenfolge und Detektionswellenlängen [nm] der analysierten farblosen Polyphenole

Elutionsreihenfolge	Detektionswellenlänge
Procyanidin B1 (Extrasynthese)	280 nm
Neochlorogensäure (isoliert im Institut)	320 nm
Catechin (Roth)	280 nm
Cumaroylglucose (Literatur)	320 nm
Chlorogensäure (Roth)	320 nm
Kryptochlorogensäure (Literatur)	320 nm
Kaffeesre (Roth)	320 nm
Procyanidin B2 (Extrasynthese)	280 nm
3-Cumaroyl-Chinasre (isoliert im Institut)	320 nm
Epicatechin (Roth)	280 nm
4-p-Cumaroyl-Chinasre (isoliert im Institut)	320 nm
Procyanidin C1 (Extrasynthese)	280 nm
Cumarsre (Roth)	320 nm
Que-3-rut (Roth)	360 nm
Que-3-gal (Extrasynthese)	360 nm
Que-3-glc (Extrasynthese)	360 nm
Que-3-xyl (isoliert im Institut)	360 nm
Que-3-ara (isoliert im Institut)	360 nm
Phloretin-xyloglucosid (isoliert im Institut)	280 nm
Phloretin-xylogalactosid (isoliert im Institut)	280 nm
Que-3-rha (Extrasynthese)	360 nm

Eine Auswertung der Chromatogramme erfolgte mit der Software „Chromquest 4.0.“

6.6 Analytik des Aromas mittels GC-MS nach Wasserdampfdestillation

Flüchtige Aromastoffe werden aus dem Apfelsaft mittels Wasserdampfdestillation gewonnen und anschließend mittels Flüssig/Flüssigextraktion isoliert und aufkonzentriert. Die Quantifizierung der Aromastoffe erfolgt mittels der internen Standards 2-Octanol und Pelargonsäure-methylester. Die Quantifizierung der Säfte aus den Sorten und Züchtungen der Ernten 2012 und 2013 erfolgte im Gegensatz dazu mittels der deuterierten internen Standards, die im Folgenden aufgelistet sind.

Tabelle 62: Übersicht über die deuterierten internen Standards zur Quantifizierung der Aromakomponenten nach Wasserdampfdestillation.

<u>Interner Standard</u>	<u>Hersteller</u>
Isobutanol-d4 (2-Methyl-d3-propyl-2,3,3,3-d4 Alcohol)	CDN (EQ-Lab)
Butanol-d5 (n-Butanol-3,3,4,4,4-d5) n-Hexyl Alcohol-d11 (n-Hexyl-2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-d11 Alcohol)	Deutero
n-Butyl Acetat-d12	CDN (EQ-Lab)
Hexanal-d12	CDN (EQ-Lab)
n-Hexyl Acetat d3	CDN (EQ-Lab)

Geräte und Chemikalien:

GC-MS: Agilent Technologies; 6890 N Network GC Systems mit Agilent Technologies, Mas Selective Detektor, 5973 N

Säule: Phenomenex ZB-Wax (30,0 m x 250 µm x 0,25 µm)

Autosampler: Gerstel, MPS 2 Multi-Purpose sampler

Pneumatik GC 6890 N und Pneumatik TDU/CIS4

Wasserdampfdestillation Vapodest 30 der Firma Gerhardt

Glasaufschlusskolben für Vapodest

Vortex-Schüttler

Chemikalien:

Pentan (VWR)

Diethylether (VWR)

NaCl

Trärgas Helium

Pelargonsäuremethylester (Sigma-Aldrich)

Experimenteller Teil

2-Octanol (Sigma-Aldrich)

Standardsubstanzen:

Tabelle 63 Standardsubstanzen für die Aromaanalytik.

Verbindung	Reinheit	Hersteller	c (min) [µg/L]	c (max) [µg/L]	c (mittel) [µg/L]
Butan-1-ol	99,7%	Sigma-Aldrich	0	39740	3956
2-Methyl-propan-1-ol (Isobutanol)	99%	Merck	0	1637	268
2-Methyl-butan-1-ol	99%	Sigma-Aldrich	0	11003	1388
3-Methyl-butan-1-ol (Isoamylalkohol)	98%	Sigma-Aldrich	0	2570	342
Hexan-1-ol	98%	Merck	32	9168	1838
trans-2-Hexen-1-ol	96%	Sigma-Aldrich	69	2513	750
cis-3-Hexen-1-ol	98%	Sigma-Aldrich	0	1646	74
cis-5-Octen-1-ol	98%	Sigma-Aldrich			
Hexanal	98%	Sigma-Aldrich	94	3954	1064
trans-2-Hexenal	98%	Sigma-Aldrich	378	9228	3687
Essigsäurebutylester (Butylacetat)	99,7	Sigma-Aldrich	0	721	226
Essigsäure-(2-Methylbutyl)-ester	99%	Sigma-Aldrich	0	518	131
Essigsäurepentylester	99%	Sigma-Aldrich			
Essigsäurehexylester (Hexylacetate)	99%	Sigma-Aldrich	0	272	58
Essigsäure-trans-2-hexenylester	98%	Sigma-Aldrich	0	212	18
Buttersäureethylester	98%	Fluka	0	327	17
2-Methylbuttersäureethylester	99%	Sigma-Aldrich	0	221	6

GC-Bedingungen:

Modus: Const. Flow; 1,33 ml/min

Gesamtfluss: 20 ml/min

Split-Injektion

Splitverhältnis: 1:10

Trärgas: Helium

Temperaturprogramm: 40 °C /2min / 4 °C/ min / 240 °C// 5 min

Laufzeit: 60 min

Back-Inlet: 230 °C

Säule: Phenomenex ZB-WAX (30,0m x 250µm x 0,25 µm)

Injektionsvolumen: 1µl

Solvent Delay: 3 min

Spülflüssigkeit: n-Pentan oder TBME

Detektor:

MS Source: 230 °C

MS Quad: 150 °C

Full Scan: 30 – 300 m/z

Transfer Line: 280 °C

Durchführung

30 mg der internen Standards werden jeweils in einen 100 ml-Kolben überführt und mit Pentan/Diethylether (1:1; v/v) aufgefüllt. Diese Lösung wird 1:10 verdünnt mit Pentan/Diethylether (1:1, v/v). Diese verdünnte Lösung wird jeweils zu den Proben zugegeben. Für die Wasserdampfdestillation werden je Probe 50 ml Apfelsaft mit 250 µl des internen Standards versetzt. Jede Probe wird 200 sec. mit ca. 130 °C heißem Wasserdampf destilliert. 10 ml des Destillates werden in ein verschließbares 20 ml Reagenzglas gefüllt, NaCl bis zur Sättigung und 0,5 ml Pentan/Diethylether (1:1; v/v) hinzugegeben. Die Probe wird 2-3 min mit Hilfe des Vortexschüttlers extrahiert. Die organische Phase wird entnommen und in ein 2 ml GC-Fläschen mit Inlett überführt und mit einer magnetischen Bördelkappe verschlossen. Die Probe wird nun mittels Flüssiginjektion per GC-MS analysiert.

Zur Quantifizierung wird die Methode des internen Standards verwendet. Zur Quantifizierung der Ester wird Pelargonsäuremethylester und für die Alkohole 2-Octanol verwendet, da diese kein Bestandteil des Apfelaromas darstellen (Beuerle et al. 1996). Zur jeweiligen Standardsubstanz wird der entsprechende interne Standard hinzugegeben und mit einer hergestellten Saftmatrix auf ein definiertes Volumen aufgefüllt. Für jede Kalibriergerade wurden vier Verdünnungen verwendet. Das Verhältnis des total ion current (TIC) des internen Standards und der jeweiligen Standardsubstanz werden hierbei gegen das Verhältnis der Konzentration des internen Standards und der Standardsubstanz aufgetragen, wodurch der relative Responsefaktor ermittelt wird, dieser entspricht der Steigung der Geraden. Mittels des relativen Responsefaktors erfolgte die Berechnung der Konzentration der jeweiligen Verbindungen.

6.7 Analytik des Aromas mittels HS-GC-MS

Die qualitative und quantitative Bestimmung von Aromakomponenten in roten Apfelsäften erfolgte mit der unten dargestellten GC-Methode.

Quantitativ wurden Essigsäuremethylester, Essigsäureethylester, Essigsäurepropylester, Essigsäure-2-methyl-propylester und Essigsäurebutylester mittels des internen Standards Essigsäureethylester-d8 (Deutero) bestimmt. Es wurden 10 ml des entsprechenden Fruchtsaftes nach Zugabe des internen Standards in ein Headspace-Vial überführt und verschlossen.

GC-Bedingungen

GC(Agilent 6890):

Experimenteller Teil

Modus: Const. Flow; 1,2 ml/min

Gesamtfluss: 15.1 ml/min

Splitless-Injektion

Trägergas: Helium

Temperaturprogramm: 30 °C/ 6 min // 4 °C/ min / 50 °C /2 min/ 50 °C min / 240 °C// 2 min

Laufzeit: 18.8 min

Backinlet: 220 °C

Säule: Phenomenex ZB-WAX (30,0 m x 250 µm x 0,25 µm)

Quick-Swap: 0,38 bar

Headspace

Injektionsvolumen: 800 µl

Inkubationszeit: 30 min

Inkubationstemperatur: 80 °C

Spritzentemperatur: 90 °C

Detektor (Agilent 5973N)

Solvent Delay: 3 min

MS Source: 230 °C

MS Quad: 150 °C

Full Scan: 29– 100 m/z

Transfer Line: 230 °C

6.8 Bestimmung der antioxidativen Kapazität mittels TEAC und ORAC

Zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität wurde der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu (Singleton und Rossi 1965; Singleton und Rossi 1999) mit Hilfe des Analyseautomaten Arena 20 XT_i (Thermo Fischer) mittels D(+)-Catechin-Hydrat verwendet. Die Trolox-Equivalent-Antioxidant-Capacity (TEAC)-Bestimmung (Miller et al. 1993) wurde mittels der Methode nach Re et al. (1999) durchgeführt und der Oxygen-Radical-Absorbance-Capacity-Test nach (Davalos et al. 2004). Zur Kalibrierung wurde bei der TEAC –und der ORAC-Bestimmung das Vitamin E-Derivat Trolox verwendet (Josuttis et al. 2010).

6.9 Bestimmung des Monomerindexes und der polymeren Anthocyane

Bei einem pH-Wert von 1 liegen monomere Anthocyane zum größten Teil als Flavyliumkationen vor und werden durch schweflige Säure entfärbt, während polymere Anthocyane nicht entfärbt werden können. Aus der Differenz der Absorptionen vor und nach

Zugabe von schwefliger Säure wird die Absorption der monomeren Anthocyane berechnet. Das Verhältnis aus den Absorptionen der monomeren zu polymeren Anthocyanen bildet den dimensionslosen Monomerindex. Folglich gilt: Je größer der Monomerindex desto größer ist der Anteil an monomeren Anthocyanen. Hierüber lassen sich Rückschlüsse über die Alterung von Säften während der Lagerung ziehen (Wrolstad et al. 2001b; Berké et al. 1998). Ausführlich beschrieben wird die Methode von Bonerz et al. (2006) und Würth (2008).

6.10 Messung der Farbe anhand des $L^* a^* b^*$ - Systems

Mithilfe des $L^* a^* b^*$ -Farbraums lässt sich anhand von Spektraldaten für klare Säfte und mithilfe eines speziellen Farbmessgerätes für trübe Proben die Farbe objektiv bewerten. Der L^* -Wert entspricht hierbei der Helligkeit, der a^* - Wert dem rot-grün-Bereich und der b^* - Wert dem blau-gelb-Bereich. Aus den gemessenen Spektraldaten wurden die $L^* a^* b^*$ -Werte berechnet.

Geräte und Materialien

Klare Säfte:

Photometer Unicam UV 500 mit Wolframlampe und Sipper (Thermo-Fischer)

Software Vision 32 V 1.25

Quarzglasküvetten 1 mm und 1 cm (Hellma)

Trübe Säfte:

Farbmessgerät CR-300 (Minolta)

Reagenzgläser 50 ml (Schott)

Weißscheibe zur Kalibrierung

Die Messung der klaren Säfte erfolgte in Quarzglasküvetten, wobei sich die Schichtdicke nach der Farbintensität richtete. Die Farbmessung der trüben Saftproben wurde mithilfe des Farbmessgerätes CR-300 durchgeführt. Hierbei wird das von der Xenon-Blitzlampe abgegebene Licht durch die Probe reflektiert und mittels Photodioden detektiert. Es findet eine direkte Umrechnung auf die entsprechenden $L^* a^* b^*$ - Werte statt.

6.11 Sensorik

Die deskriptiven sensorischen Prüfungen wurden mit einem Prüferpanel von 12 bis 15 Personen im Institut durchgeführt. Die Bewertungsskala umfasste 9 Stufen. Es wurden die Parameter Farbe, Geruch und Geschmack mit insgesamt 14 Attributen abgefragt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgten mithilfe der Software Fizz Acquisition V.2.10C und Fizz

Experimenteller Teil

Calculation V.2.10H und die graphische Darstellung mittels Microsoft Excel 2010. Die Signifikanzniveaus werden mit den folgenden Irrtumswahrscheinlichkeiten berechnet und angegeben.

Tabelle 64: Übersicht über verschiedene Signifikanzniveaus und die Symbolisierung.

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbolisierung
$p > 0,05$	nicht signifikant	ns
$p \leq 0,05$	signifikant	*
$p \leq 0,01$	sehr signifikant	**
$p \leq 0,001$	höchst signifikant	***

7 Literaturverzeichnis

- Andersen, Øyvind M.; Markham, Kenneth R. (Hg.) (2006): Flavonoids. Chemistry, biochemistry, and applications. Boca Raton, FL: CRC, *Taylor & Francis*.
- Auclair, Sylvain; Silberberg, Mathieu; Gueux, Elyett; Morand, Christine; Mazur, Andrzej; Milenkovic, Dragan; Scalbert, Augustin (2008): Apple Polyphenols and Fibers Attenuate Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Deficient Mice. *J. Agric. Food Chem* 56 (14), p. 5558–5563.
- Baek, H. H.; Cadwallader, K. R. (1999): Contribution of Free and Glycosidically Bound Volatile Compounds to the Aroma of Muscadine Grape Juice. *J Food Science* 64 (3), p. 441–444.
- Bakker, Johanna; Timberlake, Colin F. (1997): Isolation, Identification, and Characterization of New Color-Stable Anthocyanins Occurring in Some Red Wines. *J. Agric. Food Chem.* 45 (1), p. 35–43.
- Bąkowska, Anna; Kucharska, Alicja Z.; Oszmiański, Jan (2003): The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin–polyphenol copigment complex. *Food Chemistry* 81 (3), p. 349–355.
- Balázs, Andrea; Tóth, Magdolna; Blazics, Balázs; Héthelyi, Éva; Szarka, Szabolcs; Ficsor, Emese et al. (2012): Investigation of dietary important components in selected red fleshed apples by GC-MS and LC-MS. *Fitoterapia* 83 (8), p. 1356–1363.
- Barberger-Gateau, P.; Raffaitin, C.; Letenneur, L.; Berr, C.; Tzourio, C.; Dartigues, J. F.; Alperovitch, A. (2007): Dietary patterns and risk of dementia: The Three-City cohort study. *Neurology* 69 (20), p. 1921–1930.
- Barth, S. W.; Fähndrich, C.; Bub, A.; Dietrich, H.; Watzl, B.; WILL, F. et al. (2005): Cloudy apple juice decreases DNA damage, hyperproliferation and aberrant crypt foci development in the distal colon of DMH-initiated rats. *Carcinogenesis* 26 (8), p. 1414–1421.
- Barth, Stephan W.; Faehndrich, Christine; Bub, Achim; Watzl, Bernhard; Will, Frank; Dietrich, Helmut et al. (2007): Cloudy Apple Juice Is More Effective than Apple Polyphenols and an Apple Juice Derived Cloud Fraction in a Rat Model of Colon Carcinogenesis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. J. Agric. Food Chem* 55 (4), p. 1181–1187.
- Belitz, Hans-Dieter; Grosch, Werner; Schieberle, Peter (2008): *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Mit 634 Tabellen. 6., vollst. überarb. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Berger, Ralf G.; Drawert, Friedrich (1984): Changes in the composition of volatiles by post-harvest application of alcohols to red delicious apples. *J. Sci. Food Agric.* 35 (12), p. 1318–1325.
- Berger, Ralf G.; Drawert, Friedrich; Schraufstetter, Bernhard (1984): Über das natürliche Vorkommen der Ethylester von Octen-, Decen- und Decadiensäure in Äpfeln der Sorte Red Delicious. *Z Lebensm Unters Forch* 178 (2), p. 104-105.
- Berger, R.G., Dettweiler, G.D., Drawert, F. (1988): Occurrence of C8 diols in apples and juices. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 84 (11), p. 344–347.
- Berké, Bénédicte; Chèze, Catherine; Vercauteren, Joseph; Deffieux, Gérard (1998): Bisulfite addition to anthocyanins: revisited structures of colourless adducts. *Tetrahedron Letters* 39 (32), p. 5771–5774.
- Beuerle, T.; Schreier, P.; Brunerie, P.; Bicchi, C.; Schwab, W. (1996): Absolute configuration of octanol derivatives in apple fruits. *Phytochemistry* 43 (1), p. 145–149.
- Block, G.; Patterson, B.; Subar, A. (1992): Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutr Cancer* 18 (1), p. 1–29.

- Bogen, Johanna (2011): Veränderungen in den Schlüsselaromastoffen von Apfelsaft aus Golden Delicious Äpfeln. 1. Aufl. Freising: Verl. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA).
- Bonerz, D.; Würth, K.; Patz, C. D.; Dietrich, H. (2006): Der Monomerindex: Eine schnelle und kostengünstige Methode zur Bestimmung von Anthocyanen und Anthocyanaddukten in Buntsäften, Nektaren, Konzentraten und Rotweinen. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 102 (5), p. 195–201.
- Bonerz, Daniel; Würth, Kirsten; Dietrich, Helmut; Will, Frank (2007): Analytical characterization and the impact of ageing on anthocyanin composition and degradation in juices from five sour cherry cultivars. *Eur Food Res Technol* 224 (3), p. 355–364.
- Borrie, R., Chaussee, S.: The comprehensive resource for apples and orchards. Orange Pippin in partnership with all about apples. Online verfügbar unter <http://www.orangepippin.com>, zuletzt geprüft am 07.12.2014.
- Bosse, Andrea K.; Fraatz, Marco A.; Zorn, Holger (2013): Formation of complex natural flavours by biotransformation of apple pomace with basidiomycetes. *Food Chemistry* (141), p. 2952–2959.
- Boyer, Jeanelle; Liu, Rui (2004): Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J* 3 (1), p. 5.
- Bub, Achim; Watzl, Bernhard; Blockhaus, Mark; Briviba, Karlis; Liegibel, Ute; Muller, Harald et al. (2003): Fruit juice consumption modulates antioxidative status, immune status and DNA damage. *J Nutr Biochem* 14 (2), p. 90–98.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (27.06.13): Bio-Branche bleibt weiter auf Wachstumskurs. Pressemitteilung Nr. 203 vom 27.06.13.
- Carlsen, Charlotte; Stapelfeldt, Henrik (1997): Light sensitivity of elderberry extract. quantum yields for photodegradation in aqueous solution. *Food Chemistry* 60 (3), p. 383–387.
- Cemeroglu, B.; Velioglu, Y. S.; Isik, S. (1994): Degradation Kinetics of Anthocyanins in Sour Cherry Juice and Concentrate. *J Food Science* 59 (6), p. 1216–1218.
- Chagné, David; Carlisle, Charmaine M.; Blond, Céline; Volz, Richard K.; Whitworth, Claire J.; Oraguzie, Nnadozie C. et al. (2007): Mapping a candidate gene (MdMYB10) for red flesh and foliage colour in apple. *BMC Genomics* 8 (1), p. 212.
- Cunningham, D. G.; Acree, T. E.; Barnard, J.; Butts, R. M.; Braell, P. A. (1986): Charm analysis of apple volatiles. *Food Chemistry* 19 (2), p. 137–147.
- Davalos, A.; Gomez-Cordoves, C.; Bartolome, B. (2004): Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC-Fluorescein) Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (52), p. 48–54.
- Dewick, Paul M. (Hg.) (2009): Medicinal natural products. A biosynthetic approach. 3rd ed. Chichester, West Sussex: Wiley.
- Dietrich, H.; Pour Nikfardjam, M. S.; Patz, C. D. (1999): Bedeutung und Vorkommen von Resveratrol in Rot- und Weißweinen. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* (50), p. 221–230.
- Dietrich, H.; Thielen, C.; Würth, K.; Bonerz, D. (2005): Neue Erkenntnisse über bioaktive Stoffe in Fruchtsäften. *Flüssiges Obst* (72), p. 472–478.
- Dietrich, Helmut (1997): Farb- und Gerbstoffe der Fruchtsäfte im Spannungsfeld verfahrenstechnischer und gesundheitlicher Aspekte. *Flüssiges Obst* (64), p. 631–637.
- Dirinck, P.; Schreyen, L.; Schoenmacker, L.; Wychuyse, F.; Schamp, N. (1977): volatile components Of crude palm oil. *J Food Science* 42 (3), p. 645–648.

Drawert, F.; Heimann, W.; Emberger, R.; Tressl, R. (1968): Über die Biogenese von Aromastoffen bei Pflanzen und Früchten-III. Gaschromatographische Bestandsaufnahme von Apfelaromastoffen. *Phytochemistry* 7 (5), p. 881–883.

Dyrby, Marianne; Westergaard, Nanna; Stapelfeldt, Henrik (2001): Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry* 72 (4), p. 431–437.

Engel, W.; Bahr, W.; Schieberle, P. (1999): Solvent assisted flavour evaporation – a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. *Eur Food Res Technol* (209), p. 237–241.

Espley, R. V.; Brendolise, C.; Chagne, D.; Kutty-Amma, S.; Green, S.; Volz, R. et al. (2009): Multiple Repeats of a Promoter Segment Causes Transcription Factor Autoregulation in Red Apples. *The plant cell online* 21 (1), p. 168–183.

Espley, Richard V.; Hellens, Roger P.; Putterill, Jo; Stevenson, David E.; Kutty-Amma, Sumathi; Allan, Andrew C. (2007): Red colouration in apple fruit is due to the activity of the MYB transcription factor, MdMYB10. *The Plant Journal* 49 (3), p. 414–427.

Feucht, W.; Treuter, D. (1989): Phenolische Naturstoffe. Ihre Bedeutung für Gartenbau, Land- und Forstwirtschaft. 1. Aufl. München: Obst- und Gartenbauverlag; Obst- u.-Gartenbauverlag.

Fischer, Ulrike A.; Carle, Reinhold; Kammerer, Dietmar R. (2013): Thermal stability of anthocyanins and colourless phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) juices and model solutions. *Food Chemistry* 138 (2–3), p. 1800–1809.

Flath, Robert A.; Black, Dale Robert.; Guadagni, Dante G.; McFadden, William H.; Schultz, Thomas H. (1967): Identification and organoleptic evaluation of compounds in Delicious apple essence. *J. Agric. Food Chem.* 15 (1), p. 29–35.

Fuhrmann, E. (1998): Untersuchung über das Aroma von Äpfeln in Abhängigkeit von der Sorte und über die Beziehung zwischen Struktur und Geruch daran beteiligter Ester: Technische Universität München.

Fulcrand, Hélène; Benabdeljalil, Carime; Rigaud, Jacques; Cheynier, Véronique; Moutounet, Michel (1998): A new class of wine pigments generated by reaction between pyruvic acid and grape anthocyanins. *Phytochemistry* 47 (7), p. 1401–1407.

García-Alonso, María; Rimbach, Gerald; Rivas-Gonzalo, Julián C.; Pascual-Teresa, Sonia de (2004): Antioxidant and Cellular Activities of Anthocyanins and Their Corresponding Vitisins A Studies in Platelets, Monocytes, and Human Endothelial Cells. *J. Agric. Food Chem.* 52 (11), p. 3378–3384.

Garzon, G.A; Wrolstad, R.E (2002): Comparison of the Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. *J Food Science* 67 (4), p. 1288–1299.

Gerhäuser, Clarissa (2008): Chemoprävention von Krebs. An apple a day. *TMJ* (4), p. 44–47.

Guyot, Sylvain; Marnet, Nathalie; Laraba, Djamel; Sanoner, Philippe (1998): Reversed-Phase HPLC following Thiolytic for Quantitative Estimation and Characterization of the Four Main Classes of Phenolic Compounds in Different Tissue Zones of a French Cider Apple Variety (*Malus domestica* Var. Kermerrien). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (46), p. 1698–1705.

Hillebrand, Silke; Schwarz, Michael; Winterhalter, Peter (2004): Characterization of anthocyanins and pyranoanthocyanins from blood orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck juice. *J Agric Food Chem* 52 (24), p. 7331–7338.

Hofmann, Dirk (2012): Verbesserung der Anthocyanstabilität in flüssigen und pastösen Fruchtprodukten am Beispiel von Brombeeren (*Rubus*), Erdbeeren (*Fragaria*), Sauerkirschen (*Prunus cerasus*) und roten Trauben (*Vitis vinifera*). *Cuvillier Verlag Göttingen*

- Honda, Chikako; Kotoda, Nobuhiro; Wada, Masato; Kondo, Satoru; Kobayashi, Shozo; Soejima, Junichi et al. (2002): Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Plant Physiology and Biochemistry* 40 (11), p. 955–962.
- Hyson, Dianne A. (2011): A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. *Advances in Nutrition: An International Review Journal* 2 (5), p. 408–420.
- Josuttis, M.; Hofmann, D.; Patz, C.-D.; Dietrich, H. (2010): Testsysteme zur Messung von antioxidativen Inhaltsstoffen: Anwendung, Möglichkeiten und Grenzen- ein Methodenvergleich. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* (106), p. 254–262.
- Kader, F.; Irmouli, M.; Nicolas, J. P.; Metche, M. (2001): Proposed mechanism for the degradation of pelargonidin 3-glucoside by caffeic acid o-quinone. *Food Chemistry* 75 (2), p. 139–144.
- Kara, Şelale; Erçelebi, Emine Alben (2013): Thermal degradation kinetics of anthocyanins and visual colour of Urmu mulberry (*Morus nigra* L.). *Journal of Food Engineering* 116 (2), p. 541–547.
- Kearsley, M. W.; Rodriguez, N. (1981): The stability and use of natural colours in foods: anthocyanin, β -carotene and riboflavin. *International Journal of Food Science & Technology* 16 (4), p. 421–431.
- Khanizadeh, Shahrokh; Tsao, Rong; Rekika, Djamila; Yang, Raymond; Charles, Marie Thérèse; Vasantha Rupasinghe, H. P. (2008): Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (5), p. 396–401.
- Kırca, Ayşegül; Cemeroğlu, Bekir (2003): Degradation kinetics of anthocyanins in blood orange juice and concentrate. *Food Chemistry* 81 (4), p. 583–587.
- Knaggs, Andrew R. (2003): The biosynthesis of shikimate metabolites. *Nat. Prod. Rep.* 20 (1), p. 119–136.
- Koch, J.; Schiller, H. (1964): Beitrag zur Kenntnis des Apfelaromas. *Z Lebensm Unters Forch* 125 (5), p. 364–368.
- Krebs, B.; Merkel, M.; Rompel, A. (2004): Catechol oxidase and biomimetic approaches. *The Journal of the Argentine Chemical Society* (92), p. 1–15.
- Kresty, L. A.; Morse, M. A.; Morgan, C.; Carlton, P. S.; Lu, J.; Gupta, A. et al. (2001): Chemoprevention of esophageal tumorigenesis by dietary administration of lyophilized black raspberries. *Cancer Res.* 61 (16), p. 6112–6119.
- Letenneur, L.; Proust-Lima, C.; Le Gouge, A.; Dartigues, J.; Barberger-Gateau, P. (2007): Flavonoid Intake and Cognitive Decline over a 10-Year Period. *American Journal of Epidemiology* 165 (12), p. 1364–1371.
- Linseisen, Jakob; Rohrmann, Sabine; Miller, Anthony B.; Bueno-de-Mesquita, H. Bas; Büchner, Frederike L.; Vineis, Paolo et al. (2007): Fruit and vegetable consumption and lung cancer risk: Updated information from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int. J. Cancer* 121 (5), p. 1103–1114.
- Macheix, Jean-Jacques; Fleuriet, Annie; Jay-Allemand, Christian (Hg.) (2005): Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes (Collection Biologie).
- Magalhães, Luís M.; Segundo, Marcela A.; Reis, Salette; Lima, José L. F. C. (2008): Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta* 613 (1), p. 1–19.

- Majchrzak, D.; Binder, B. (2009): Antioxidative Kapazität von Apfelsaft – klare und naturtrübe Apfelsäfte im Vergleich. *Ernährung/Nutrition* (33).
- Malec, Marta; Le Quéré, Jean-Michel; Sotin, Hélène; Kolodziejczyk, Krzysztof; Bauduin, Rémi; Guyot, Sylvain (2014): Polyphenol Profiling of a Red-Fleshed Apple Cultivar and Evaluation of the Color Extractability and Stability in the Juice. *J. Agric. Food Chem.* 62 (29), p. 6944–6954.
- Manach, Claudine; Scalbert, Augustin; Morand, Christine; Rémésy, Christian; Jiménez, Liliana (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79 (5), p. 727–747.
- Markakis, P.; Jurd, Leonard (1974): Anthocyanins and their stability in foods. *C R C Critical Reviews in Food Technology* 4 (4), p. 437–456.
- Marquez, Ana; Serratos, María P.; Merida, Julieta (2013): Pyranoanthocyanin Derived Pigments in Wine: Structure and Formation during Winemaking. *Journal of Chemistry* 2013 (9), p. 1–15.
- Mazza, G.; Brouillard, R. (1987): Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. *Food Chemistry* 25 (3), p. 207–225.
- Mazza, G.; Brouillard, R. (1990): The mechanism of co-pigmentation of anthocyanins in aqueous solutions. *Phytochemistry* 29 (4), p. 1097–1102.
- Mazza, G.; Miniati, E. (1993): Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains: CRC Press.
- Mazza, G.; Velioglu, Y. S. (1992): Anthocyanins and other phenolic compounds in fruits of red-flesh apples. *Food Chemistry* 43 (2), p. 113–117.
- Miller, N. J.; Rice-Evans, C.; Davies, M. J.; Gopinathan, V.; Milner, A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84 (4), p. 407–412.
- Mulabagal, Vanisree; van Nocker, Steven; Dewitt, David L.; Nair, Muraleedharan G. (2007): Cultivars of Apple Fruits That Are Not Marketed with Potential for Anthocyanin Production. *J. Agric. Food Chem.* 55 (20), p. 8165–8169.
- Nicolas, Jacques J.; Richard-Forget, Florence C.; Goupy, Pascale M.; Amiot, Marie-Josèphe; Aubert, Serge Y. (1994): Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical reviews in food science and nutrition* 34 (2), p. 109–157.
- Nocker, Steven; Berry, Garrett; Najdowski, James; Michelutti, Roberto; Luffman, Margie; Forsline, Philip et al. (2012): Genetic diversity of red-fleshed apples (*Malus*). *Euphytica* 185 (2), p. 281–293.
- Nursten, H. E.; Woolfe, M. L. (1972): An examination of the volatile compounds present in cooked bramley's seedling apples and the changes they undergo on processing. *J. Sci. Food Agric.* 23 (7), p. 803–822.
- Quideau, Stéphane; Deffieux, Denis; Douat-Casassus, Céline; Pouységou, Laurent (2011): Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. *Angew. Chem. Int. Ed.* 50 (3), p. 586–621.
- Rabinowitch, Haim D.; Sklan, David (1981): Soperoxide dismutase activity in ripening cucumber and pepper fruit. *Physiologia Plantarum* 52 (3), p. 380–385.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Protegente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. (1999): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* (26), p. 1231–1237.
- Rechner Andreas (2000): Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen

- Rentzsch, Michael; Quast, Peter; Hillebrand, Silke; Mehnert, Jutta; Winterhalter, Peter (2007): Isolation and identification of 5-carboxy-pyranoanthocyanins in beverages from cherry (*Prunus cerasus* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 8 (3), p. 333–338.
- Risch, Beate; Herrmann, Karl (1988): Die Gehalte an Hydroxycimtsäure-Verbindungen und Catechinen in Kern- und Steinobst. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 186 (3), p. 225–230.
- Ritter, G. (1994): Die Bedeutung der phenolischen Saft- und Weinhaltstoffe während der Verarbeitung von Äpfeln, Speierling und weißen Trauben, Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen
- Rødbotten, Marit; Martinsen, Berit Karoline; Borge, Grethe Iren; Mortvedt, Hilde Skotland; Knutsen, Svein Halvor; Lea, Per; Næs, Tormod (2009): A cross-cultural study of preference for apple juice with different sugar and acid contents. *Food Quality and Preference* 20 (3), p. 277–284.
- Roginsky, Vitaly; Lissi, Eduardo A. (2005): Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry* 92 (2), p. 235–254.
- Rupasinghe, H. P.V; Huber, G. M.; Embree, C.; Forsline, P. L. (2010): Red-fleshed apple as a source for functional beverages. *Can. J. Plant Sci.* 90 (1), p. 95–100.
- Sadilova, E.; Stintzing, F. C.; Carle, R. (2006): Chemical quality parameters and anthocyanin pattern of red-fleshed Weirouge apples. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 80, p. 82–87.
- Schaffer, Robert J.; Friel, Ellen N.; Souleyre, Edwige J F; Bolitho, Karen; Thodey, Kate; Ledger, Susan et al. (2007): A genomics approach reveals that aroma production in apple is controlled by ethylene predominantly at the final step in each biosynthetic pathway. *Plant Physiology* 144 (4), p. 1899–1912.
- Schobinger, Ulrich (2001): Frucht- und Gemüsesäfte. Technologie, Chemie, Mikrobiologie, Analytik, Bedeutung, Recht ; 99 Tabellen. 3., völlig überarb. u. aktualisierte Aufl. Stuttgart: Ulmer (Handbuch der Lebensmitteltechnologie).
- Schreier, P.; Drawert, F.; Mick W. (1978): Über die quantitative Zusammensetzung natürlicher und technologisch veränderter pflanzlicher Aromen V. Über den Einfluss der Maische-Hochkurzzeit-erhitzung auf die Inhaltsstoffe von Apfelsaft. *LWT - Food Science and Technology* 11, p. 116–121.
- Schwarz, M.; Jerz, G.; Winterhalter, P. (2003a): Isolation and structure of Pinotin A, a new anthocyanin derivative from Pinotage wine. *Vitis* 42, p. 105–106.
- Schwarz, Michael; Wabnitz, Tobias C.; Winterhalter, Peter (2003b): Pathway Leading to the Formation of Anthocyanin–Vinylphenol Adducts and Related Pigments in Red Wines. *J. Agric. Food Chem.* 51 (12), p. 3682–3687.
- Seeram, Navindra P.; Adams, Lynn S.; Zhang, Yanjun; Lee, Rupo; Sand, Daniel; Scheuller, Henry S.; Heber, David (2006): Blackberry, Black Raspberry, Blueberry, Cranberry, Red Raspberry, and Strawberry Extracts Inhibit Growth and Stimulate Apoptosis of Human Cancer Cells In Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. J. Agric. Food Chem* 54 (25), p. 9329–9339.
- Seeram, Navindra P.; Bourquin, Leslie D.; Nair, Muraleedharan G. (2001): Degradation Products of Cyanidin Glycosides from Tart Cherries and Their Bioactivities. *J. Agric. Food Chem.* 49 (10), p. 4924–4929.
- Sekido, K., Hayashi, Y., Yamada, K., Shiratake, K., Matsumoto, S., Maejima, T., Komatsu, H. (2010): Efficient breeding system for red-fleshed apple based on linkage with S(3)- RNase allele in 'Pink Pearl'. *Hortscience* 45 (4), p. 534–537.

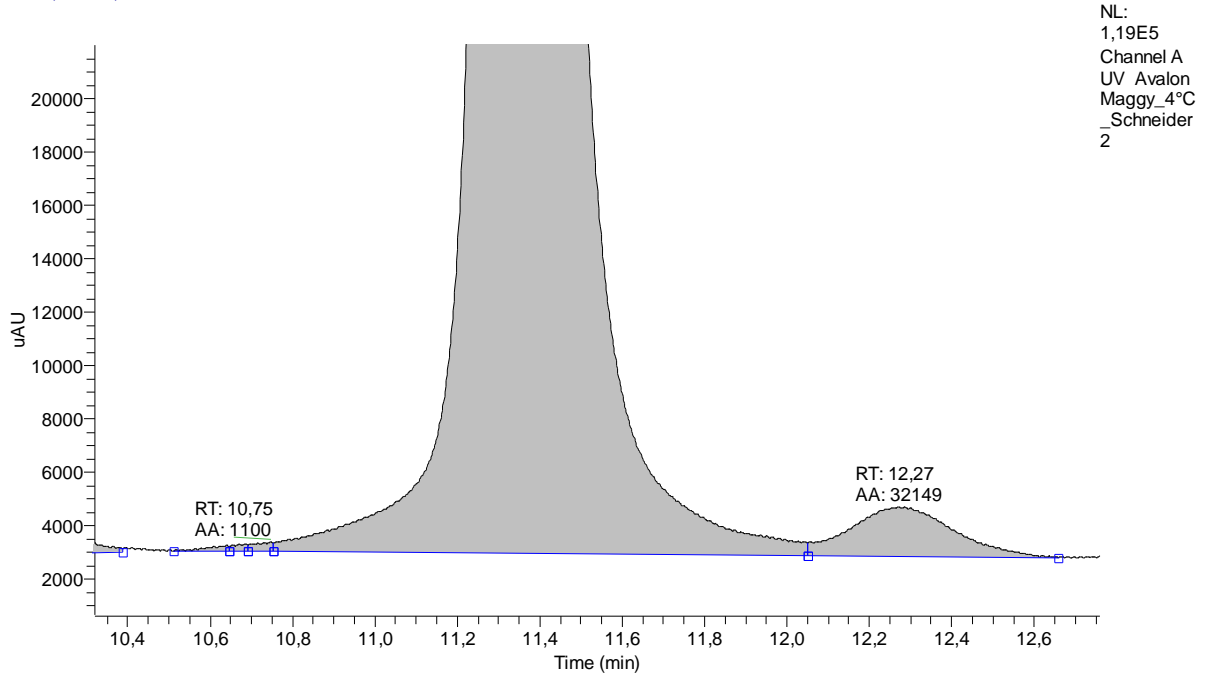
- Singleton, V. L.; Rossi, J. A. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology, Oxidants and Antioxidants Part A* (299), p. 152–177.
- Singleton, V. L.; Rossi, Joseph A. (1965): Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16 (3), p. 144–158.
- Skrede, G.; Wrolstad, R. E.; Lea, P.; Enersen, G. (1992): Color Stability of Strawberry and Blackcurrant Syrups. *Journal of Food Science* 57 (1), p. 172–177.
- Su, S. K.; Wiley, R. C. (1998): Changes in Apple Juice Flavor Compounds During Processing. *Journal of Food Science* 63 (4), p. 688–691.
- Sun-Waterhouse, Dongxiao; Luberriaga, Cecile; Jin, David; Wibisono, Reginald; Wadhwa, Sandhya S.; Waterhouse, Geoffrey Ivan Neil (2011): Juices, Fibres and Skin Waste Extracts from White, Pink or Red-Fleshed Apple Genotypes as Potential Food Ingredients. *Food Bioprocess Technol.*
- Talcott, Stephen T.; Brenes, Carmen H.; Pires, Danielle M.; Del Pozo-Insfran, David (2003): Phytochemical Stability and Color Retention of Copigmented and Processed Muscadine Grape Juice. *J. Agric. Food Chem.* 51 (4), p. 957–963.
- Thielen Christine (2006): Auswahl und Verarbeitung von Früchten zur Steigerung der Gehalte an phenolischen Antioxidantien in Fruchtsäften. Dissertation Technische Universität Kaiserslautern
- Thielen, C.; Will, F.; Zacharias, J.; Dietrich, H.; Jacob, H. (2004): Polyphenole in Äpfeln: Verteilung von Polyphenolen im Apfelpewebe und Vergleich der Frucht mit Apfelsaft. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 100 (10), p. 389-398.
- Timberlake, C. F.; Bridle, P. (1971): The anthocyanins of apples and pears: The occurrence of acyl derivatives. *J. Sci. Food Agric.* 22 (10), p. 509–513.
- Tsao, Rong; Yang, Raymond; Young, J. Christopher; Zhu, Honghui (2003): Polyphenolic Profiles in Eight Apple Cultivars Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). *J. Agric. Food Chem.* 51 (21), p. 6347–6353.
- Vauzour, David; Vafeiadou, Katerina; Rodriguez-Mateos, Ana; Rendeiro, Catarina; Spencer, Jeremy P. E. (2008): The neuroprotective potential of flavonoids: a multiplicity of effects. *Genes Nutr* 3 (3-4), p. 115–126.
- Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V. Bonn (2013): Pro-Kopf-Konsum von Fruchtsaft und Fruchtnektar 2013.
- Verband der Bediensteten für Obstbau, Garten und Landschaft e.V. (2015): Neuheiten und Schorfresistente Sorten. Verband der Bediensteten für Obstbau, Garten und Landschaft e.V. Online verfügbar unter <http://www.vbogl.de/obstsorten/kernobstsorten/neuheiten/wellant.html#top>, zuletzt geprüft am 18.05.2015.
- Volz, R.K., Chagné, D., Whitworth, C.J., Espley, R.V., Allan, A.C., Carlisle, C.M., Oraguzie, N.C. (2006): Breeding for red flesh in apple. 13th Australasian Plant Breeding Conference. Christchurch, New Zealand, 2006.
- Volz, R.K., Kumar, S., Chagné, D., Espley, R., McGhie, T.K. and Allan, A.C. (2013): Genetic relationship between red flesh and fruit quality traits in apple. *Acta Horticulturae* 976, p. 363–368.
- Volz, R.K., Oraguzie, N.C., Whitworth, C.J., How, N., Chagné, D., Carlisle, C.M., Gardiner, S.E., Rikkerink, E.H.A. and Lawrence (2009): Breeding for Red Flesh Colour in Apple: Progress and Challenges. *Acta Horticulturae* 814, p. 337–342.
- Von Elbe, J. H.; Schwartz, S. J. (1996): Colorants. 3rd edition. New York: Marcel Dekker.

- Wald, B.; Galensa, R. (1989): Detection of fruit juice adulteration in apple and pear juice. *Z Lebensm Unters Forsch* 188 (2), p. 107–114.
- Wald, Burkar; Galensa, Rudolf (1989): Nachweis von Fruchtsaftmanipulationen bei Apfel- und Birnensaft. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung* 188, p. 107-114
- Wang, Wei-Dong; Xu, Shi-Ying (2007): Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering* 82 (3), p. 271–275.
- Wang, Xiaoqian; Li, Cuiying; Liang, Dong; Zou, Yangjun; Li, Pengmin; Ma, Fengwang (2014): Phenolic compounds and antioxidant activity in red-fleshed apples. *Journal of Functional Foods* (0).
- Williams, Christine A.; Grayer, Renee J. (2004): Anthocyanins and other flavonoids. *Nat. Prod. Rep.* 21 (4), p. 539–573.
- Wolter, C.; Gessler, A.; Winterhalter, P. (2008): Aspekte zur Beurteilung des Apfelsaftaromas. *Flüssiges Obst* (03), p. 122–134.
- Wolter Carolin; Gessler Achim; Winterhalter Peter (2010): Evaluation of Apple Juice Aroma. In: *Flavors in Noncarbonated Beverages*, Bd. 1036: *American Chemical Society (ACS Symposium Series)*, p. 103-114.
- Wrolstad, R. E. (2000): Anthocyanins. In: F. J. Francis und G. J. Lauro (Hg.): *Natural food colorants*. Science and Technology, Bd. 11. *New York: Marcel Dekker; Inc*, p. 237–252.
- Wrolstad, Ronald E.; Acree, Terry E.; Decker, Eric A.; Penner, Michael H.; Reid, David S.; Schwartz, Steven J. et al. (Hg.) (2001): *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy*. Hoboken, NJ, USA: *John Wiley & Sons, Inc*.
- Würdig, Juliane; Flachowsky, Henryk; Höfer, Monika; Peil, Andreas; Eldin Ali, Mohammed Ali Mohammed Saad; Hanke, Magda-Viola (2014): Phenotypic and genetic analysis of the German Malus Germplasm Collection in terms of type 1 and type 2 red-fleshed apples. *Gene* 544 (2), p. 198–207.
- Würth, K.; Bonerz, D.; Will, F.; C.D. Patz; P. Quast; S. Hillebrand (2010): Anthocyanalterung in Säften und Konzentraten der Aroniabeere (*Aronia melanocarpa*). *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* (106), p. 549–559.
- Würth, K.; Bonerz, D.; Will, F.; Patz, C. D.; Quast, P.; Hillebrand, S. (2009): Anthocyanalterung in Säften und Konzentraten der schwarzen Johannisbeere - Teil 1: Kinetik der Abnahme von Anthocyanen bei der Lagerung. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* (105), p. 176–182.
- Würth, Kirsten (2008): Untersuchung von Alterungsvorgängen phenolischer Inhaltsstoffe. Im Hinblick auf die Saftqualität und Festlegung des Mindesthaltbarkeitsdatums von roten Traubensäften (*Vitis vinifera*) sowie Saft und Konzentrat der schwarzen Johannisbeere (*Ribes nigrum* L.) und der Aroniabeere (*Aronia melanocarpa*). Tönning: *Der Andere Verlag*.
- Xu, Yan; Fan, Wenlai; Qian, Michael C. (2007): Characterization of aroma compounds in apple cider using solvent-assisted flavor evaporation and headspace solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (8), p. 3051–3057.
- Yajima, Izumi; Yanai, Tetsuya; Nakamura, Mikio; Sakakabara, Hidemasa; Hayashi, Kazuo (1984): Volatile flavor components of Kogyoku apples. *Agricultural and Biological Chemistry* 48 (4), p. 849–855.
- Zhang, Lixia; Zhou, Jianzhong; Liu, Hongjin; Khan, Muhammad Ammar; Huang, Kaihong; Gu, Zhenxin (2012): Compositions of anthocyanins in blackberry juice and their thermal degradation in relation to antioxidant activity. *Eur Food Res Technol* 235 (4), p. 637–645

8 Anhang

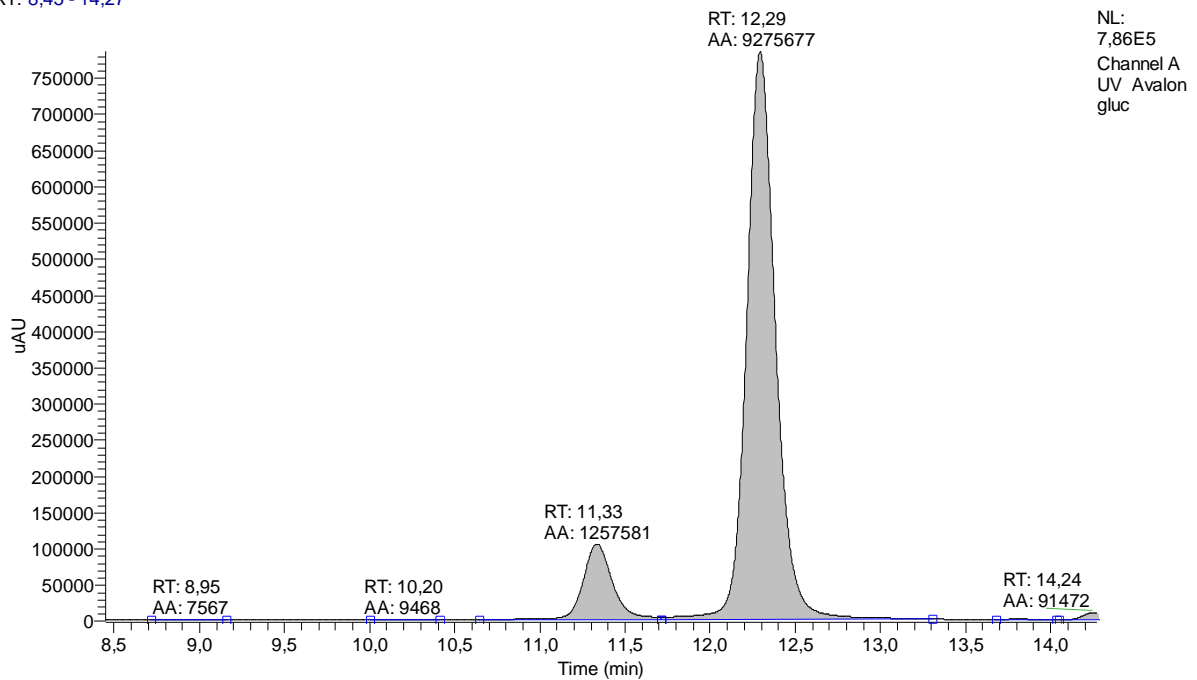
Anhang 1: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" ohne Addition von Standardsubstanzen, RT: 11,35 min Cy-3-gal, PF: 1389603, RT: 12,27 min Cy-3-gluc, PF: 32149.

RT: 10,32 - 12,76



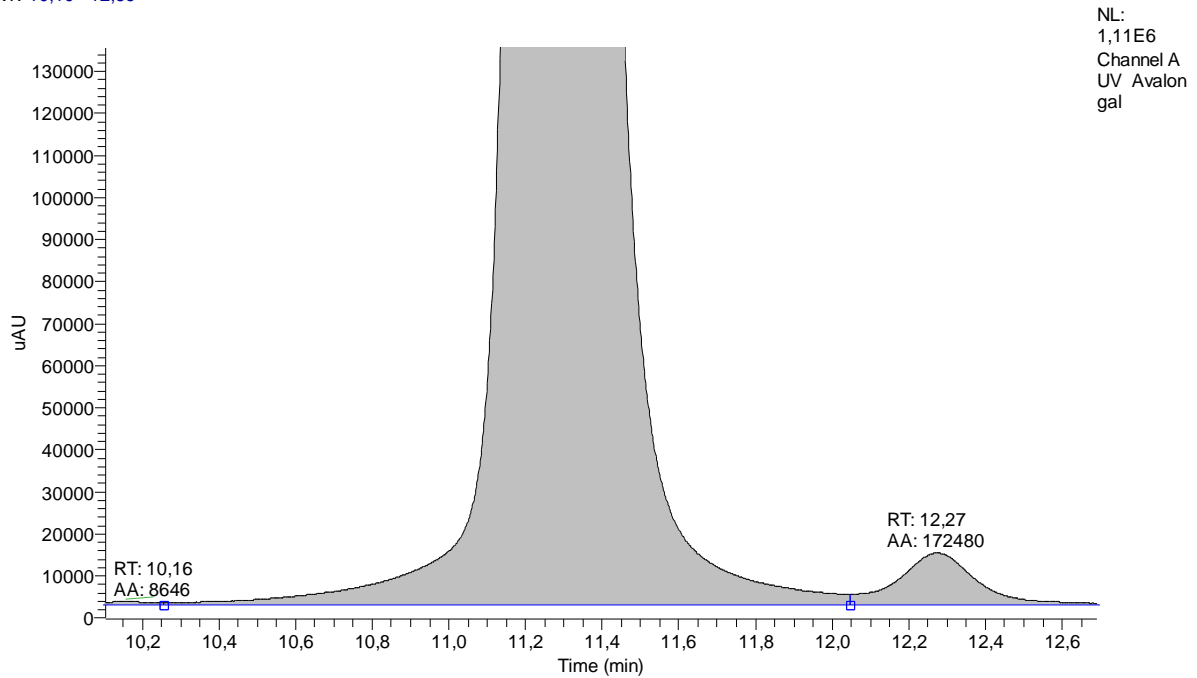
Anhang 2: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" nach Standardaddition mit Cy-3-gluc (50 mg/L, 1:1), RT: 11,33 min Cy-3-gal, PF: 1257581, RT: 12,29 min Cy-3-gluc, PF: 9275677 .

RT: 8,45 - 14,27

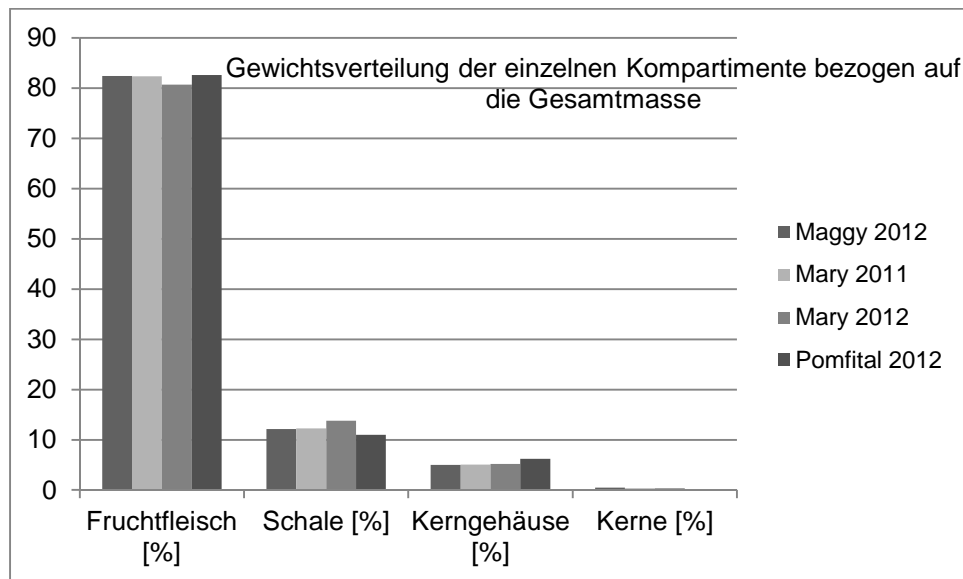


Anhang 3: Ausschnitt des Chromatogramms des roten Apfelsaftes der Sorte "Maggy" nach Standardaddition mit Cy-3-gal (50mg/L, 1:1), RT: 11,33 min Cy-3-gal, PF: 13249735 RT: 12,29 min Cy-3-gluc, PF: 172480.

RT: 10,10 - 12,69



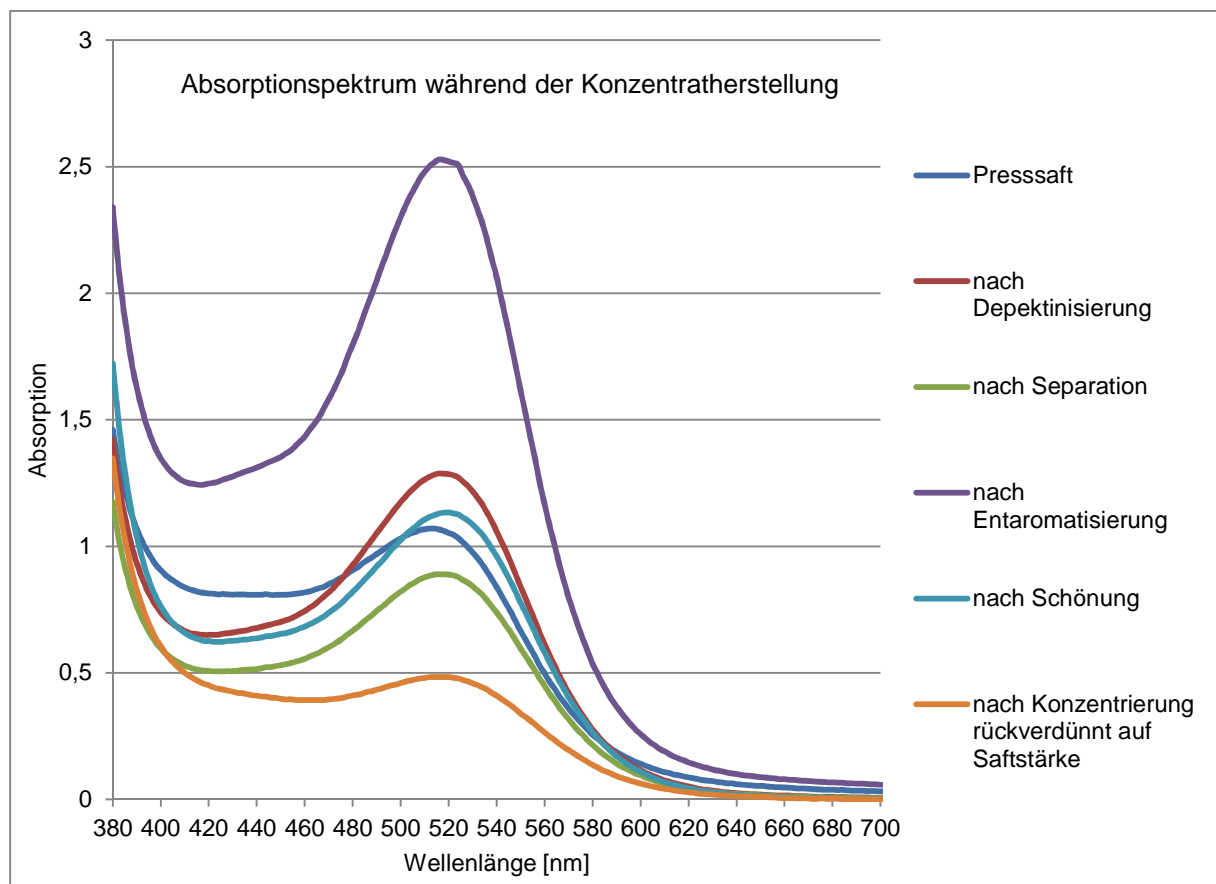
Anhang 4: Säulendiagramm der Gewichtsverteilung der einzelnen Kompartimente bezogen auf die Gesamtmasse der untersuchten rotfleischigen Äpfel [%].



Anhang 5: Tabellarische Darstellung der Anthocyangehalte der einzelnen Kompartimente und der Gesamtanthocyangehalte bezogen auf das Frischgewicht [mg/kg].

Apfelsorte/ Jahrgang	Anthocyan- gehalt [mg/kg] Fruchtfleisch	Anthocyan- gehalt [mg/kg] Schale	Anthocyan- gehalt [mg/kg] Kerngehäuse	Anthocyan- gehalt [mg/kg] Kerne	Gesamt- anthocyan- gehalt [mg/kg]
Mary 2011	47,5	15,9	0,9	0,1	64,4
Mary 2012	66,3	26,8	2,2	0,2	95,5
Pomfital 2012	49,0	20,7	2,3	0,1	72,1
Maggy 2012	86,8	28,5	2,4	n	117,7

Anhang 6: Absorptionsspektrum während der Konzentratherstellung.



Anhang

Anhang 7: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2009.

Ernte 2009	Dichte	Brix	Leitfähigkeit	Extrakt	zuckerfreier Extrakt	Glucose	Fructose	Saccharose	Zucker (Summe Glucose, Fructose, Saccharose)	pH - Wert	Gesamt-säure pH 8,1 ber. Äs	Ascorbin-säure	Essig-säure	Ethanol	L-Milch-säure	L-Äpfel-säure	Citronen-säure	Sorbit	Gesamt-phenole (Folin)	Cl	PO4	NO3	SO4	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Na
Einheiten	20/20	°		g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L		g/L	mg/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Joe	1,04587	11,09	2280	119,1	20,58	11,075	63,36	24,0825	98,5175	3,11	9,75	146	0,04	0,025	0,015	12,11	0,1905	1,575	512,5	6	161	7	30	97	1064	35	0,01	0,1	1,07	36,9
Nr. 2	1,06658	15,74	3030	173,3	40,07	16,345	73,405	43,4815	133,2315	3,06	18,08	201	0,047	0,02	0,02	21,45	0,261	7,375	714	7	311	nn	47	62	1801	74	0,14	0,7	1,09	34,8
Topred	1,05162	12,4	2560	134	31,02	13,325	66,535	23,11825	102,97825	3,04	15,08	136	0,04	0,025	0,02	17,72	0,2505	5,995	849	9	149	7	27	51	1229	53	0,1	0,3	0,77	16
Maggy	1,05145	12,41	2440	133,7	29,61	13,16	61,33	29,6	104,09	3,08	13,45	163	0,046	0,04	0,025	15,73	0,2375	4,945	859,5	13	146	nn	24	43	1116	47	0,11	0,2	0,6	9,79
Philipp	1,05403	12,97	2570	140,3	31,46	14,705	63,515	30,62325	108,84325	3,08	14,3	167	0,041	0,05	0,015	17,23	0,2415	5,455	772,5	7	171	nn	27	42	1211	47	0,04	0,3	0,65	8,68
Marylin	1,04952	11,9	2390	128,5	30,55	15,455	57,2	25,3	97,955	2,96	16,23	194	0,037	0,03	0,015	18,57	0,2385	4,485	710	4	133	nn	28	23	982	44	0,02	0,3	0,49	4,86
Kathy	1,0609	14,48	2890	158,3	36,19	16,71	68,135	37,26375	122,10875	3,09	17,05	208	0,037	0,05	0,01	20,33	0,288	6,225	755	4	295	nn	44	30	1502	55	0,06	0,4	0,4	5,81
Anna	1,04282	10,33	2690	111,1	25,29	11,33	56,385	18,1	85,815	3,32	10,09	207	0,056	0,03	0,01	12,78	0,19	3,02	762,5	23	160	nn	24	68	932	48	0,05	0,2	0,48	135
Rose	1,06553	15,53	3180	170,4	36,71	16,195	70,905	46,59275	133,69275	3,24	15,42	183	0,054	0,02	0,01	19,16	0,2505	7,27	665,5	4	285	nn	28	67	1467	64	0,06	0,3	0,43	108
Mary	1,04971	11,97	2510	129	28,38	14,955	57,565	28,1	100,62	3,01	15,31	103	0,041	0,02	0,01	17,83	0,2505	4,87	718,5	9	191	nn	40	34	1025	41	0,24	0,4	0,68	0,91
Mary_klar	1,04935	11,88	2510	128,2	31,58	15,39	57,595	23,636	96,621	3	15,47	106	0,038	0,03	0,005	17,58	0,2525	4,805	609,5	3	13	nn	45	39	959	46	0,06	0,5	0,66	1,92
Pomvital	1,04424	10,79	2210	114,7	23,88	12,125	54,9	23,8	90,825	3,16	10,53	183	0,08	0,025	0,01	12,73	0,143	2,18	1413	15	118	nn	18	46	653	38	nn	0,1	0,1	141

Anhang

Anhang 8: Anthocyangehalte hergestellt aus Sorten des Erntejahres 2011.

Probe 2011	Konzentration Cy-3-gal ber als gluc [mg/L] RT: 10,0 min	Konzentration Cy-3-gal [mg/L] RT: 10,0	Konzentration Cy-3-gluc [mg/L] RT: 11,1 min	Konzentration Cy-3-ara [mg/L] RT: 11,9 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3-gal [mg/L] RT: 12,9 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidingluc [mg/L] RT: 13,4 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 13,6 min	Konzentration Cy-7-ara [mg/L] RT: 14,3 min	Konzentration Cy-3-xyl [mg/L] RT: 15,3 min	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc [mg/L]	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc und gal [mg/L]
1.Ernte 6_1	7,1	7,5	0,2	0,1	0,1	0,1	n	0,2	0,9	8,7	9,1
1.Ernte6_11	0,4	0,4	nn	nn	n	nn	nn	nn	n	0,4	0,4
1.Ernte 6_21	0,3	0,3	nn	n	nn	nn	nn	nn	n	0,3	0,3
1.Ernte 6_31	0,1	0,1	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	0,1	0,1
1.Ernte Pomfital 6_71	2,0	2,2	0,1	n	0,1	n	nn	n	0,1	2,4	2,5
2.Ernte 6_1	0,9	1,0	nn	nn	nn	n	nn	n	0,1	1,0	1,1
2.Ernte 6_11	0,3	0,3	nn	nn	n	nn	nn	nn	nn	0,3	0,3
2.Ernte 6_21	0,3	0,4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	n	0,3	0,4
2.Ernte 6_31	0,03	n	nn	nn	n	nn	nn	nn	nn	n	n
2.Ernte Pomfital 6_71	1,1	1,2	nn	nn	nn	n	nn	nn	0,1	1,2	1,2
6_131	8,7	9,3	0,1	0,1	0,2	0,1	nn	0,2	1,0	10,3	10,9
Anna	22,3	23,8	0,7	0,6	0,1	0,5	0,1	0,3	1,2	26,0	27,5
Joe	0,8	0,9	nn	nn	nn	0,1	nn	nn	n	0,9	1,0
Maggy	18,3	19,5	0,2	0,3	0,4	0,1	nn	0,3	1,2	20,8	22,0
Mary	9,4	10,0	0,1	0,1	0,2	0,1	nn	0,2	1,0	11,0	11,6
Ruth	5,9	6,3	n	0,1	nn	0,3	n	n	0,2	6,4	6,8

Anhang

Anhang 9: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2011.

Ernte 2011	Leitfähigkeit	Dichte	Brix	Extraktber.	zuckerfreier Extrakt	Glucose	Fructose	Saccharose	Zucker (Summe Glucose, Fructose, Saccharose)	pH - Wert	Gesamt-säure pH=8.1	Sorbit	Essig-säure	Ethanol	Citronen-säure	L-Äpfel-säure	L-Milch-säure	Gesamt-phenole (Folin)	Ascorbin-säure	Cl	NO3	SO4	PO4	Cu	Fe	Zn	Na	Ca	K	Mg
Einheiten	µS/cm	20/20	°	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L		g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
6-1 1.Ernte	1945	1,04133	9,97	107,1	27,2	11,8	52,1	15,9	79,9	2,77	18,57	3,34	0,09	< 0,01	0,19	19,4	< 0,05	393	14	3	6	92	88	0,3	0,6	0,3	4	76	985	45
6-11 1.Ernte	1730	1,04611	11,28	119,7	14,6	18,0	61,5	25,6	105,1	3,27	6,99	4,70	0,04	0,01	0,08	8,5	< 0,05	313	6	8	9	66	111	0,4	0,4	0,3	9	48	1168	41
6-21 1.Ernte	1557	1,04918	12	127,7	18,0	22,8	67,5	19,4	109,7	2,95	9,56	3,84	0,06	< 0,01	0,12	10,6	< 0,05	381	n.n.	3	4	59	67	0,2	0,6	0,2	4	58	944	36
6-31 1.Ernte	1439	1,04193	10,32	108,7	14,3	14,4	56,8	23,3	94,4	2,96	8,39	3,20	0,06	< 0,01	0,09	9,3	< 0,05	223	4	2	9	47	108	0,3	0,5	0,2	3	58	731	35
6-71 Pomfital 1.Ernte	1633	1,0403	9,87	104,5	18,7	13,6	49,8	22,3	85,8	2,78	12,36	1,60	0,07	0,01	0,12	13,6	< 0,05	766	n.n.	1	7	301	560	0,6	0,4	0,3	3	48	783	42
6-1 2. Ernte	1786	1,03926	9,54	101,9	22,2	12,9	50,7	16,1	79,7	2,87	14,88	2,92	0,08	0,01	0,16	16,4	< 0,05	424	103	3	6	56	87	0,3	0,9	0,3	5	95	903	42
6-11 2. Ernte	1500	1,04472	11	116	14,3	18,5	62,4	20,8	101,7	3,33	5,51	4,02	0,04	0,01	0,08	6,6	< 0,05	491	105	8	5	75	98	0,1	0,7	0,1	10	46	1013	33
6-21 2. Ernte	1505	1,04804	11,76	124,6	15,6	19,2	66,7	23,0	109,0	3,08	8,69	3,23	0,05	0,01	0,10	9,7	< 0,05	502	134	3	7	50	64	0,3	0,9	0,2	4	61	868	33
6-31 2. Ernte	1406	1,04338	10,69	112,6	15,4	13,0	59,9	24,3	97,2	3,1	7,33	3,83	0,05	0,01	0,09	8,2	< 0,05	284	106	3	7	61	54	0,3	0,5	0,2	3	49	743	32
6-71 2. Ernte	1535	1,0417	10,24	108,1	17,1	13,5	53,9	23,6	91,0	2,94	11,08	1,92	0,06	0,01	0,12	12,3	< 0,05	904	101	4	6	95	81	0,2	0,8	0,2	3	48	779	39
6-131	1889	1,04165	10,08	108,1	25,2	12,7	60,4	9,7	82,9	2,91	15,65	3,70	0,08	0,01	0,15	17,0	< 0,05	621	113	3	7	69	63	0,4	0,6	0,2	3	65	1066	53
Anna	2290	1,05703	13,79	148,1	24,5	15,1	61,9	46,6	123,6	3,19	12,26	4,21	0,05	0,02	0,14	14,2	< 0,05	1977	10	14	5	57	116	0,3	0,5	0,2	15	58	1699	58
Joe	1970	1,03672	9,53	95,1	14,4	11,7	52,7	16,3	80,7	3,22	8,52	0,76	0,07	0,01	0,17	10,2	< 0,05	421	107	8	5	93	165	0,2	0,2	0,2	166	69	961	41
Maggy	1960	1,04963	12,19	128,8	22,1	15,0	59,5	32,3	106,7	3,06	12,11	3,81	0,07	0,04	0,18	13,8	< 0,05	924	126	4	8	70	117	0,3	0,3	0,3	11	63	1179	52
Marry	2080	1,05017	12,05	130,3	27,4	15,5	63,1	24,3	102,9	2,95	17,23	4,22	0,11	0,01	0,27	19,1	< 0,05	648	155	4	7	68	204	0,2	0,2	0,2	177	78	1026	53
Ruth	2190	1,0507	12,26	131,6	24,1	12,0	73,1	22,4	107,5	3,19	11,35	3,74	0,08	0,01	0,21	13,6	< 0,05	589	125	7	8	62	81	0,2	0,1	0,1	156	73	1251	55
Rheinischer Bohnapfel	1699	1,05371	13,19	139,5	16,6	20,7	70,1	32,1	122,9	3,5	5,24	9,00	0,04	0,04	0,10	6,5	< 0,05	1264	78	6	20	57	102	0,2	0,4	0,2	59	53	1264	43
Boskoop	2310	1,07406	17,77	192,9	34,0	24,2	73,4	61,4	158,9	3,42	10,01	24,5	0,05	0,07	0,22	13,8	< 0,05	1206	130	6	14	125	172	0,3	0,7	0,1	71	56	2126	70
Topaz	1980	1,06579	16,03	171,2	10,7	16,4	67,3	76,8	160,5	3,35	8,27	5,68	0,06	0,01	0,14	11,4	< 0,05	727	n.n.	8	6	104	226	0,3	0,8	0,3	110	85	1393	65

Anhang

Anhang 10: Anthocyangehalte der Säfte hergestellt aus Sorten im Erntejahr 2012.

Ernte 2012	Konzentration Cy-3-gal als gluc [mg/L] RT: 11,5 min	Konzentration Cy-3-gal [mg/L] RT: 11,5 min	Konzentration Cy-3-gluc [mg/L] RT: 12,2 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 12,3 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 13,5 min	Konzentration Cy-3-ara [mg/L] RT: 13,7 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3- gal [mg/L] RT:14,4 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-gluc [mg/L] RT: 15,0 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 15,1 min	Konzentration Cy-7-ara [mg/L] RT: 15,8 min	Konzentration Cy-3-xyI [mg/L] RT: 16,8 min	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc [mg/L]	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc und gal [mg/L]
A1_33_04KL	0,6	0,6	nn	nn	nn	nn	0,1	n	nn	nn	n	0,7	0,7
A4_1_04KL	1,6	1,7	nn	nn	nn	n	0,2	n	nn	nn	0,1	1,8	1,9
Kathy	15,9	16,9	0,2	nn	0,1	0,4	0,4	0,1	nn	0,2	1,0	18,2	19,3
Mary	18,9	20,2	0,1	nn	n	0,2	0,3	0,1	nn	0,5	2,3	22,5	23,7
Kathy_klar	2,2	2,3	n	nn	nn	n	0,2	n	nn	nn	0,2	2,6	2,7
Mary_klar	2,3	2,4	n	nn	nn	n	0,1	n	nn	nn	0,4	2,8	2,9
Maggy- Schneider	15,9	16,9	0,1	nn	nn	0,1	0,4	0,1	nn	0,3	1,2	18,0	19,1
Ruth	5,0	5,4	n	nn	nn	0,1	0,1	nn	nn	0,1	0,3	5,5	5,8
Max	10,5	11,2	0,1	nn	nn	0,1	0,3	0,1	nn	0,2	0,9	12,1	12,8
Anna	17,7	18,9	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	nn	n	0,3	1,4	20,3	21,5
Weirouge- Schneider	9,4	10,0	0,1	nn	nn	0,2	0,2	n	nn	0,1	0,7	10,6	11,2
Weirouge- Schmitt	26,1	27,8	0,2	n	nn	0,5	0,7	0,1	nn	0,4	2,0	29,9	31,6
Marilyn	26,0	27,7	0,1	nn	n	0,3	0,4	n	nn	0,2	0,8	27,8	29,5
Topred	18,8	20,0	0,2	n	0,1	0,2	0,5	n	nn	0,1	0,2	20,0	21,2
1_1Nr12_Gh	24,5	26,1	0,2	0,1	nn	0,6	1,1	0,1	nn	0,2	0,8	27,5	29,1
1_17_Maggy- Gh	30,4	32,4	0,2	nn	0,1	0,5	1,2	0,2	nn	0,4	1,9	34,7	36,7
1_12_Nr.8	16,7	17,8	0,1	nn	n	0,2	0,8	0,1	nn	0,2	1,2	19,3	20,4
6_1	6,4	6,8	0,1	nn	n	0,1	0,1	n	nn	0,2	0,9	7,6	8,0
6_11	0,4	0,4	nn	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	n	0,4	0,4
6_21	0,3	0,3	nn	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	n	0,3	0,3
6_31	0,4	0,4	nn	nn	nn	nn	0,1	n	nn	nn	n	0,5	0,5
6_51	0,7	0,8	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	n	0,1	0,8	0,9
6_61	1,5	1,6	nn	nn	nn	nn	0,1	nn	nn	n	0,1	1,7	1,8
6_131	17,6	18,7	0,2	n	0,1	0,2	0,3	0,1	nn	0,4	2,2	20,9	22,1
Pomfital-6_1	7,6	8,1	0,1	n	n	0,1	0,1	n	nn	0,1	0,4	8,3	8,8

Anhang

Anhang 12: Anthocyangehalte der Säfte hergestellt aus Sorten im Erntejahr 2013.

Ernte 2013	Konzentration Cy-3-gal ber als gluc [mg/L] RT: 13,1 min	Konzentration Cy-3-gal [mg/L] RT: 13,1 min	Konzentration Cy-3-gluc [mg/L] RT: 14 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 14,6 min	Konzentration Cy-3-ara [mg/L] RT: 15,05 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3- gal [mg/L] RT: 16,2 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3- gluc [mg/L] RT: 16,9 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 17,1 min	Konzentration Cy-7-ara [mg/L] RT: 17,5 min	Konzentration Cy-3-xyI [mg/L] RT: 18,5 min	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc [mg/L]	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc und gal [mg/L]
Boskoop	0,2	0,2	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	nn	0,2	0,2
Bohnapfel	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Topaz	0,2	0,2	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	0,2	0,2
Gala	0,1	0,1	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	0,1	0,1
Maggy Gh	26,1	27,8	0,1	nn	0,4	0,7	0,1	nn	0,4	1,5	29,2	31,0
Maggy Schneider	22,4	24,1	0,1	n	0,2	0,4	0,1	nn	0,5	1,6	25,2	27,0
Weirouge Schneider	16,2	17,4	0,1	n	0,3	0,2	n	nn	0,2	1,2	18,1	19,4
Weirouge Schmitt	27,3	29,5	0,2	0,1	0,6	0,5	0,1	nn	0,4	2,1	31,2	33,4
Kathy Schneider	6,9	7,4	0,1	n	0,1	0,3	n	nn	0,1	0,4	7,8	8,3
Nr 7, 1-26, Gh	32,1	34,2	0,2	0,1	0,5	0,5	n	n	0,2	1,0	34,5	36,6
Nr 12, 1-1, Gh	27,0	28,8	0,2	0,1	0,6	0,7	0,1	nn	0,3	1,1	30,1	31,8
Nr 4, 1-23, Gh	19,5	20,8	0,1	n	0,3	0,8	0,1	nn	0,2	0,7	21,6	22,9
Nr 9, 1-30, Gh	67,9	73,3	0,2	0,1	1,3	0,8	0,1	nn	0,6	1,8	72,8	78,1
Nr 3, 1-34, Gh	20,8	22,4	0,2	0,1	0,4	0,5	0,1	nn	0,2	0,9	23,1	24,7
Nr 8, 1-12, Gh	29,2	31,5	0,1	n	0,4	0,6	0,1	nn	0,5	1,7	32,5	34,8
Topred Gh	30,9	33,3	0,1	0,1	0,7	0,5	0,1	nn	0,5	1,6	34,4	36,9
Mary Geisenheim	73,0	78,7	0,3	0,2	1,3	1,0	0,2	nn	1,8	5,9	83,7	89,4
Mercedes	21,5	23,2	0,1	n	0,3	0,3	n	nn	0,2	0,8	23,3	25,0
Baya Marisa	37,2	40,1	0,2	n	0,6	0,5	0,1	nn	0,7	3,0	42,3	45,2
A1-33 04-KL	0,8	0,9	nn	nn	nn	0,1	nn	nn	nn	n	0,9	1,0
A4-1-04-KL	2,7	2,9	n	nn	n	0,1	n	nn	n	0,2	3,0	3,2

Anhang

Ernte 2013	Konzentration Cy-3-gal als gluc [mg/L] RT: 13,1 min	Konzentration Cy-3-gal RT: 13,1 min	Konzentration Cy-3-gluc [mg/L] RT: 14 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 14,6 min	Konzentration Cy-3-ara [mg/L] RT: 15,05 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3- gal [mg/L] RT: 16,2 min	Konzentration Carboxy- pyrano- cyanidin-3- gluc [mg/L] RT: 16,9 min	Konzentration unbekannte Verbindung [mg/L] RT: 17,1 min	Konzentration Cy-7-ara [mg/L] RT: 17,5 min	Konzentration Cy-3-xyl [mg/L] RT: 18,5 min	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc [mg/L]	Gesamt- anthocyan- gehalt ber als gluc und gal [mg/L]
Pomfital 1. Ernte	18,3	19,8	0,1	n	0,2	0,2	n	nn	0,2	1,0	20,1	21,6
Pomfital 2. Ernte	11,3	12,2	0,1	n	0,1	0,2	n	nn	0,2	0,7	12,4	13,3
Pomfital 3. Ernte	8,0	8,6	n	n	0,1	0,1	nn	nn	0,1	0,5	8,8	9,5
6_1	7,2	7,7	n	n	0,1	0,1	n	nn	0,2	1,0	8,5	9,1
6_11	0,3	0,3	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	n	0,3	0,3
6_21	0,8	0,9	nn	nn	nn	n	nn	nn	nn	0,1	0,9	0,9
6_31	0,1	0,1	nn	nn	nn	0,1	nn	nn	nn	nn	0,2	0,2
6_51	0,9	0,9	nn	nn	n	n	nn	nn	n	0,1	1,0	1,1
6_61	6,2	6,7	n	nn	0,1	0,2	nn	nn	0,1	0,4	7,0	7,4
6_71	5,1	5,5	n	nn	0,1	0,1	nn	nn	0,1	0,4	5,8	6,2
6_131	14,7	15,9	0,1	n	0,2	0,2	0,1	nn	0,3	1,9	17,5	18,7
Roter Herbstkalvill	1,0	1,1	nn	nn	n	n	nn	nn	nn	n	1,0	1,1
Dolgo	12,5	13,5	0,1	0,1	0,3	0,3	n	nn	0,3	0,8	14,4	15,4

Anhang

Anhang 13: Allgemeine Analyseparameter der Säfte der Ernte 2013.

Ernte 2013	Dichte	Brix	Leitfähigkeit	Gluc	Fruc	Sa	Zucker (Gluc, Fruc, Sa)	pH	Gesamt-säure pH 8,1 ber. Äs	Sorbit	Ethanol	Cs	L-Äs	Gp	Asc	Cl	NO3	PO4	SO4	Ca	K	Mg	Cu	Zn	Na	Fe
Einheiten	20/20	°		g/L	g/L	g/L	g/L		g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Boskoop	1,05642	13,41	2600	13,6	59,7	46,5	119,9	3,1	11,67	7,82	0,02	0,12	14,10	753	167	4	6	193	59	37	1437	50	0,3	0,1	7,8	0,3
Bohnapfel	1,04666	11,15	2260	12,2	59,9	30,4	102,5	3,27	6,73	3,77	0,02	0,08	8,28	870	219	9	1	343	38	37	1143	40	0,2	0,2	5,7	0,3
Topaz	1,05215	12,48	1900	10,3	55,1	54,0	119,4	3,14	7,84	2,11	0,01	0,07	9,67	618	200	2	n.a.	150	26	40	963	45	0,3	0,2	4,3	0,4
Gala	1,05593	13,41	2380	13,2	68,7	49,6	131,5	3,78	3,8	2,40	0,02	0,05	5,72	459	116	3	4	279	58	44	1359	47	0,2	0,2	5,9	0,4
Maggy Gh	1,0539	12,81	2770	10,0	55,1	48,0	113,2	3,04	13,85	6,18	0,03	0,14	16,3	836	202	3	n.a.	97	19	29	717	53	0,1	0,4	11,8	0,5
Maggy Schn	1,05195	12,35	2690	12,3	49,5	43,2	105,0	2,95	15,88	5,56	0,02	0,19	18,1	803	169	6	n.n.	96	86	51	1455	50	0,2	0,2	10,1	0,31
Weirouge Schn	1,041	9,81	2300	8,6	53,3	25,5	87,4	3,02	10,88	1,54	0,01	0,15	12,5	481	176	4	n.n.	96	62	37	1019	40	0,2	0,2	13,8	0,21
Weirouge Schmitt	1,04382	10,35	2840	8,6	51,6	29,3	89,5	3,1	12,60	2,55	0,01	0,19	14,8	511	167	3	n.n.	262	67	26	1553	58	0,2	0,2	7,3	0,13
Kathy Schn	1,04863	11,54	2640	9,4	65,4	22,9	97,7	3,09	12,30	4,34	0,01	0,19	14,6	774	196	5	n.n.	157	57	35	1418	51	0,1	0,2	9,4	0,23
Nr. 7 1-26	1,05236	12,38	3110	11,5	58,4	35,6	105,5	3,01	14,96	6,68	0,05	0,13	18,4	570	107	5	4	203	54	44	1660	65	0,2	0,3	11,7	0,4
Nr.12 1-1	1,05238	12,58	2860	9,9	65,4	35,0	110,3	3,34	8,13	7,05	0,06	0,10	10,6	988	67	4	n.n.	87	34	41	1560	59	0,1	0,4	17,3	0,7
Nr.4 1-23	1,05292	12,57	3130	9,1	60,6	36,5	106,2	3,23	4,25	9,58	0,05	0,16	13,7	806	98	4	n.n.	126	31	45	1639	59	0,2	0,4	64,4	0,5
Nr. 9 1-30	1,05446	12,82	3310	9,6	61,0	37,1	107,7	2,94	19,00	5,32	0,03	0,25	22,4	783	312	6	n.a.	286	23	30	1627	59	0,2	0,3	9,1	0,5
Nr. 3 1-34	1,05273	12,56	2960	11,3	70,4	29,9	111,6	3,05	13,68	4,43	0,02	0,13	16,3	795	184	3	n.a.	110	30	48	1451	53	0,1	0,2	8,0	0,2
Nr. 8 1-12	1,05435	13	2860	11,2	57,5	45,0	113,7	3,04	13,98	6,99	0,03	0,14	16,3	861	199	3	n.a.	170	22	35	1358	50	0,1	0,3	10,0	0,5
Topred Gh	1,05159	12,36	2960	8,0	57,2	44,9	110,1	3,12	12,08	4,31	0,02	0,09	14,3	633	169	3	n.a.	108	21	31	1434	51	0,2	0,2	13,8	0,5
Mary Gh	1,05684	13,45	3260	9,4	60,6	40,4	110,4	2,88	21,28	8,17	0,03	0,23	24,7	1107	278	4	n.a.	160	21	24	1634	58	0,3	0,3	9,8	0,5
Mercedes	1,05210	12,26	3170	11,2	67,8	26,7	105,7	3,12	13,33	4,41	0,02	0,20	16,4	712	194	1	n.a.	197	25	42	1509	63	0,1	0,3	9,5	0,9
Baya Marisa	1,05704	13,64	2920	18,5	73,7	31,7	123,9	3,21	10,55	6,44	0,02	0,13	13,1	682	201	4	n.a.	283	41	26	1528	48	0,2	0,3	9,9	0,4
A1-33 -04 KL	1,04460	10,60	2520	12,9	57,1	22,6	92,7	3,01	13,22	3,29	0,01	0,21	15,3	338	147	1	n.a.	222	30	22	1179	46	0,3	0,3	4,5	0,2
A4-01-04-KL	1,04549	10,9	2190	12,1	61,5	26,2	99,9	3,05	9,85	2,94	0,01	0,10	11,2	515	126	3	n.n.	64	107	22	1086	41	0,2	0,2	8,3	0,16

Anhang

Ernte 2013	Dichte	Brix	Leitfähigkeit	Gluc	Fruc	Sa	Zucker (Gluc, Fruc, Sa)	pH	Gesamt-säure pH 8,1 ber. Äs	Sorbit	Ethanol	Cs	L-Äs	Gp	Asc	Cl	NO3	PO4	SO4	Ca	K	Mg	Cu	Zn	Na	Fe
Pomfital 1.Ernte	1,04768	11,49	2350	11,4	54,3	31,9	97,6	2,9	14,77	3,55	0,01	0,14	17,44	1607	163					41	1161	47	0,3	0,3	5,6	0,17
Pomfital 2.Ernte	1,0442	10,53	2220	11,1	52,9	26,9	90,9	2,9	14,30	2,33	0,01	0,13	15,8	1497	160	3	n.n.	121	31	38	1029	40	0,2	0,2	10,2	0,20
Pomfital 3. Ernte	1,04681	11,24	2330	10,8	54,6	34,3	99,7	2,87	13,78	2,51	0,02	0,14	15,7	1456	129	1	n.a.	202	28	36	896	43	0,2	0,3	5,3	0,4
6_1	1,03988	9,48	2430	12,6	49,3	14,9	76,9	2,78	16,85	3,23	0,03	0,16	17,9	530	152	2	1	170	108	63	982	40	0,2	0,3	9,1	0,55
6_11	1,04831	11,49	2270	18,1	61,8	24,1	104,0	3,28	7,38	4,52	0,01	0,09	8,9	648	255	3	n.n.	165	52	31	1267	38	0,0	0,2	7,1	0,40
6_21	1,05377	12,98	2490	17,5	64,4	37,0	118,8	3,11	9,98	4,15	0,02	0,10	11,5	561	94	3	n.a.	325	49	41	1127	47	0,3	0,4	10,9	0,5
6_31	1,04342	10,49	1845	11,4	55,4	29,1	95,9	3,08	8,15	3,32	0,01	0,11	9,3	396	132	3	3	138	104	44	876	32	0,1	0,2	6,7	0,32
6_51	1,04147	9,98	2190	24,8	51,7	11,7	88,1	3,03	10,00	2,90	0,01	0,12	11,3	449	147	3	8	133	136	45	1009	32	0,1	0,3	6,1	0,41
6_61	1,05171	12,3	2460	17,1	59,3	29,4	105,8	2,99	13,43	6,06	0,01	0,10	15,8	404	172	3	n.n.	181	88	37	1295	46	0,1	0,2	7,6	0,43
6_71	1,0422	10,04	2250	11,3	47,8	27,1	86,2	2,93	14,00	1,56	0,02	0,16	15,8	1221	157	3	3	76	127	59	1003	44	0,3	0,3	4,1	0,31
6_131	1,04429	10,49	2370	14,7	59,0	13,1	86,8	2,87	16,35	3,82	0,02	0,18	18,3	720	157	3	2	120	57	60	1074	50	0,3	0,3	5,7	0,57
Roter Herbstkalvill	1,04042	9,66	2210	12,5	59,2	16,5	88,2	3,33	6,70	1,47	0,02	0,06	8,08	799	138	3	2	226	81	47	1172	34	0,1	0,1	9,6	0,22
Dolgo	1,05551	13,21	2710	8,9	62,0	42,9	113,8	3,18	11,55	8,05	0,02	0,08	13,9	1696	140	3	n.n.	250	40	64	1634	61	0,1	0,2	8,1	0,27

Anhang

Anhang 14: Gesamtanthocyanogehalte, Polyphenolgehalte und allgemeine Analyseparameter der untersuchten Handelsprodukte.

	Gesamt-anthocyan-gehalt ber. als gluc und gal	Poly-phenole (HPLC)	Zucker (Summe Gluc, Fruc, Sa)	Gesamt-säure pH 8,1 ber. Äs	Dichte	Brix	Leit-fähigkeit	Extrakt	zucker-freier Extrakt	Gluc	Fruc	Sa	pH - Wert	Sorbit	Essig-säure	Ethanol	Citronen-säure	L-Äpfel-säure	L-Mich-säure	Gesamt-phenole (Folin)	Asc	Cl	NO3	PO4	SO4	Ca	K	Mg	Cu	Zn	Na	Fe
Einheiten	mg/L	mg/L	g/L	g/L	20/20	°	µS/cm	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L		g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Weirouge Südtirol MHD 31.12.2011, Probenahme: 15.08.2011	1,1	258,0	107,4	10,82	1,04914	11,93	1808	127,5	20,1	24,7	71,1	11,6	3,06	4,36	0,06	nn	0,13	12,4	nn	476	47	1	5	96	80	27	1158	44	0,3	0,1	4	0,1
Weirouge Südtirol MHD 31.12.2012, Probenahme: 16.03.2012	4,6	300,6	97,5	10,34	1,04524	10,84	2460	117,40	19,9	15,2	60,4	22,0	2,98	2,88	0,04	1,07	0,11	12,0	nn	465	8	4	nn	163	66	36	1116	47	0,3	0,1	1,9	0,5
Weirouge Holland MHD 23.09.2013, Probenahme: 27.06.2012	2,7	291,8	93,2	9,5	1,04323	10,38	2370	112,17	18,9	19,2	63,0	11,0	3,02	2,89	0,03	0,13	0,12	10,7	0,39	577	7	4	nn	157	30	34	1108	37	0,1	< 0,05	2,8	0,4

Anhang

Anhang 15: Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu), TEAC-Werte und Gesamtanthocyangehalte ber. als Cy-3-gal und -gluc [mg/L] der Säfte der Ernte 2011-2013, leere Stellen in den Tabellen geben an, dass in diesem bestimmten Erntejahr von dieser Kreuzung an der entsprechenden Position keine Probe genommen werden konnte.

Baum-position	Gp 2011 [mg/L]	Gp 2012 [mg/L]	Gp 2013 [mg/L]	TEAC 2011 [mmol/L]	TEAC 2012 [mmol/L]	TEAC 2013 [mmol/L]	Anthocyan-gehalt [mg/L] Ernte 2011	Anthocyan-gehalt [mg/L] Ernte 2012	Anthocyan-gehalt [mg/L] Ernte 2013
2_5	1188		2267	11,83		23,12	15,2		3,5
2_6	1264		958	10,55		8,94	7,5		0,5
2_12	1694		896	15,23		7,52	12,4		0,5
2_13	1163	659	627	9,98	4,36	4,92	2,8	0,2	0,1
2_14	1807		1775	15,79		15,14	2,7		0,9
2_15	1062		992	7,99		8,47	0,7		1,0
2_17			1183			9,16			0,4
2_19	1596	1290	1590	13,81	10,43	13,65	11,8	2,7	1,5
2_21		668			4,71			5,6	
2_30	1046	1402	1611	9,09	13,28	14,30	6,2	3,7	3,28
2_39		1181	1361		10,31	10,87		3,0	7,2
2_40	1388			12,54			18,2		
2_62	807		716	6,63		5,09	45,4		27,0
2_63	570	830		4,46	7,63		0,4	2,1	
2_68	1146		432	10,38		9,82	81,9		47,4
2_69			949			7,50			50,2
3_6			2079			20,21			3,2
3_17			1336			9,65			82,1
3_19		2288			20,41			28,9	
3_24	634	1815	684	4,76	13,02		13,8	23,2	
3_30	713		445	4,88		3,83	5,5		
3_40	604	925	1187	4,59	8,45	9,52	17,2	21,2	37,8
3_49	1045	898	704	8,34	8,14	5,52	4,2	1,4	0,8
3_52		680			4,50			13,7	
3_53	731		1305	5,22		11,30	0,4		11,1
3_56	937			6,20			21,0		
3_59	1407	1344	850	12,85	12,35	6,50	8,8	1,3	1,8
3_60	1041		1057	8,37			1,0		
3_61	1477	772	706	11,09	6,69		2,2	0,4	
3_62	999		1184	7,39		10,20	2,3		7,7
3_64		1384	1760		12,61	17,10		3,1	6,2
3_70	956		573	7,20		4,66	34,6		6,6
3_75	1375		1054	11,71		8,82	11,8		1,8
3_76	789	805	873	5,97	5,83	6,53	23,3	35,2	26,2
3_80	1830	1227	1534	15,87	12,09	14,10	23,7	13,0	31,3
4_1	1350			12,62			7,4		
4_5	2507	2006	2145	20,09	17,79	21,00	7,0	1,0	1,6
4_8	1030	1199	792	8,78	12,05	6,70	1,5	1,1	0,7
4_14	728	972	655	4,78	6,91	4,69	17,4	42,2	4,1
4_16	760			4,86			0,4		

Anhang

Baum- position	Gp 2011 [mg/L]	Gp 2012 [mg/L]	Gp 2013 [mg/L]	TEAC 2011 [mmol/L]	TEAC 2012 [mmol/L]	TEAC 2013 [mmol/L]	Anthocyan- gehalt [mg/L] Ernte 2011	Anthocyan- gehalt [mg/L] Ernte 2012	Anthocyan- gehalt [mg/L] Ernte 2013
4_18	1677		1194	16,14		10,25	4,6		0,8
4_19	600	710	519	4,13	4,89	3,45	2,3	6,0	1,8
4_24		1955	1234		17,17	10,46		0,9	0,8
4_27	993		1474	7,33		12,92	1,3		
4_52	2327		2340	19,28		22,30	5,8		1,9
4_60			1756			15,88			3,4
4_68	1143	1527	1160	9,31	11,93	10,24	1,6	5,0	1,2
4_69			655			4,70			31,1
4_71	1226	822	688	11,00	6,57	5,02	74,3	10,0	34,1
4_73		1463	2613		12,91	25,80		1,1	7,6
4_77	1147		1255	9,76		10,50	1,2		0,9
4_93			1185			10,18			9,3
5_1		921	1435		7,99	12,49		1,1	14,7
5_2	1339		1093	11,34		8,45	6,0		1,3
5_10	1775	1826	978	17,42	16,50	8,32	27,2	17,5	2,5
5_24	680	697	660	4,81	5,20	4,83	22,7	18,6	8,9
5_27	1107			10,73			3,2		
5_29	854		957	6,46		6,82	29,0		3,4
5_31		655	727		4,69	5,12		1,1	1,4
5_37		2379	1304		21,77	11,99		2,6	0,7
5_43	1167		951	9,34		8,01	2,3		0,3
5_46		755	614		4,86	3,76		14,0	0,4
5_47			403			3,11			2,4
5_54	1213			10,33			4,1		
5_56			1559			14,55		74,2	10,6
5_59	2031		486	19,72		3,80	3,9		7,3
5_60	1209		1054	11,09		8,52	11,2		2,0
5_62	1558		1794	7,39		16,19	11,9	15,8	6,4
5_79	513	688	823	7,20	5,03	6,37	9,4	18,7	19,4
5_85	1630	1720	1330	11,71	16,24	12,58	5,6	7,3	4,5
5_91			894			6,93			3,9
5_92	1520		2524	5,97			20,8		
5_98	1624		1221	15,87		11,25	18,7		8,8
5_100	1342	1880	1270	12,62	16,72	11,27	5,8	12,6	3,5
6_3	1021		1018	20,09		8,40	4,8		1,6

Anhang

Anhang 16: Gehalte an farblosen Polyphenolen in den Säften der Erntejahre 2011 bis 2012 in mg/L.

[mg/L]	Procy- anidin B1	Cate- chin	Pro- cyanidin B2	Epi- cate- chin	Pro- cyanidin C1	Phloretin2' -xylo- glucosid	Phlo- rizin	Chlorogen- säure	Krypto- chlorogen- säure	Kaffee- säure	4- Cumaroyl- -China- säure	5- Cumaroyl- China- säure	Quer- cetin-3- gal	Quer- cetin-3- gluc	Quer- cetin-3- xyl	Quer- cetin-3- ara	Quer- cetin-3- rha
6_1, Gh 2011						56,9	26,4	69,4	55,6	9,1	20,5		2,2	0,7	0,3	0,8	2,1
6_11, Gh 2011	6,7	7,3	14,1	21,9		4,5	8,0	16,3	15,0	1,5	12,1		1,4	0,6	0,3	0,7	1,3
6_21, Gh 2011						12,3	8,8	196,7	5,6	1,8	14,0		1,1	0,5	0,2	0,6	4,1
6_31, Gh 2011						15,2	3,9	64,7	14,5	1,2	10,3	12,4	0,8	0,2	0,1	0,7	
6_131, Gh 2011	3,1	1,0				45,5	15,7	175,3	24,3	4,9	14,4	16,0	2,3	0,4	0,6	0,7	1,6
Pomfital, Gh 2011	12,3	2,3	37,6	25,9	10,5	18,7	26,1	69,8	68,6	4,9	113,8		1,5	0,2	0,4	0,7	1,2
Anna, Ed 2011	47,4	72,9	147,0	170,4	36,0	34,3	19,5	261,0	10,2	4,4	33,0	48,6	3,9	0,8	0,8	1,5	3,9
Joe, Ed 2011	2,9	1,2				22,1	9,8	104,0	3,0	3,0	4,6	6,1	1,0	0,3	0,2	0,3	0,6
Maggy, Ed 2011	4,7	1,8			7,9	39,2	21,5	257,0	9,2	8,9	16,3	44,7	2,1	0,6	0,5	0,7	1,1
Mary, Ed 2011	3,0	2,1				35,6	18,4	168,3	3,4	4,7	3,7	5,1	1,5	0,4	0,4	0,6	1,6
Ruth 2011	4,1	7,4				44,8	21,7	159,3	9,9	4,0	46,8		1,4	0,3	0,3	0,6	1,1
Rheinischer Bohnapfel, Gh 2012	32,6	19,2	74,5	64,0	8,6	68,1	11,3	201,3	8,7	2,7	71,5		1,9	0,9	0,4	1,0	2,7
6-1, Gh 2012	8	5,4	10,2			66,3	27,4	82,1	67,2	8,4	30,6		1,6	0,3	0,2	0,6	1,6
6-11, Gh 2012	19,9	10,6	12,6			5	4,6	12,4	8,9	1,3	7	3,9	0,8	0,4	0,1	0,1	0,8
6-21, Gh 2012	5,7	4,7	19,6			15,2	6,4	192,1	5,2	2,7	10,4	13,4	0,8	0,3	0,2	0,4	4,0
6-31, Gh 2012	9,1	4	5,0			9,5	5,8	130,5	20,4	2,6	22,2	20,3	0,9	0,1	0,1	0,4	1,0
6-51, Gh 2012	12,7	7,9	6,2			16,5	13,8	106,8	6,8	4,3	23,9		1,2	0,8	0,3	0,5	1,9
6-61, Gh 2012	7,2	2,7	3,0			5,8	3,7	24,2	13,8	2,6	29,5		1,2	0,2	0,1		1,2
6-131, Gh 2012	23,9	7,6	11,3			41,4	16	159,9	22,1	4,2	13,6	17,2	2,5	0,7	0,7	0,6	1,3
Pomfital, Gh 2012	45,5	21,2	122,4			32,5	30,2	81,4	77,3	5,1	149,4		1,4	0,3	0,4	0,5	1,0
A4-1-04-KL, Gh 2012	15,8	5,3	5,0			13,9	7,1	157,7	6,9	2,6		9,3	1,3	0,4	0,2	0,3	0,9
A1-33-04 KL, Gh 2012	12,8	4,4	4,1			4,4	2	59,3	4,3	0,7	15,5		0,5	0,1			0,4

Anhang

[mg/L]	Procy- anidin B1	Cate- chin	Pro- cyanidin B2	Epi- cate- chin	Pro- cyanidin C1	Phloretin2' -xylo- glucosid	Phlo- rizin	Chlorogen- säure	Krypto- chlorogen- säure	Kaffee- säure	4- Cumaroyl -China- säure	5- Cumaroyl- China- säure	Quer- cetin-3- gal	Quer- cetin-3- gluc	Quer- cetin-3- xyl	Quer- cetin-3- ara	Quer- cetin-3- rha
1-1 Nr. 12, Gh 2012	37,9		67,2			41,6	10,8	271,6		3,4		27,6	3,2	0,7	0,3	0,5	0,9
1-12 Nr 8, Gh 2012	34,9		49,0			37,1	21,5	255,4	7,4	9,2	31,8	36,6	3,9	1,4	0,5	1	1,1
Anna, Ed 2012	66,9	65,6	179,4	177	51,9	28,7	12,4	211,5	6,2	2,2	49,7		1,3	0,5	0,2	0,4	1,3
Maggy, Ed 2012	21,1		15,3	9,1		27,4	17,4	210,4	6,3	6,8	45,4		1,2	0,3	0,2	0,2	0,4
Maggy, Gh 2012	29,3		27,6			29,7	14,1	269,6	3,7	8,7	23	45,5	4	1,3	0,5	0,9	1,1
Weirouge, Mz 2012	15,1	6,7	11,3	4,1		45,0	14,3	66,6	19,7	3,3	105,2		2,3	0,6	0,4	0,6	1,7
Weirouge, Ed 2012	12,7	8,6	10,2	3,1		44,8	10,7	61,2	12,6	2,4	62,4		0,9	0,2	0,1	0,3	0,7
Max, Ed 2012	20,3	16,1	12,4	8,3		26,8	20,7	204,66	6,1	6,5	40,7		1,1	0,3	0,2	0,3	0,6
Ruth, Ed 2012	5,7		10	2,3		37	17,7	161,1	6,8	3,4	37,4		0,7	0,1	0,1	0,3	0,7
Marylin, Ed 2012	24,9	8,9	16,4	6,7		18,2	4	71,4	9,9	4,6	82,8		0,7	0,1	0,1	0,1	0,5
Mary, Ed 2012	19,3	3,5	14,3	5,4		35	16,5	183,8	2,4	4,7	4,6	7,2	1,1	0,2	0,2	0,4	1,4
Mary klar, Ed 2012	14,1		11,6	4,4		39,3	16,6	181,3	2,2	3,9		5,7	0,9	0,2	0,2		1,5
Kathy, Ed 2012	26,3		25,5	12,8		111,8	22,7	253	6,5	6,3	47,5		2	0,5	0,3	0,6	2
Kathy klar, Ed 2012	19,6	14,7	98,6	11,3	2,3	106,6	21,8	245,1	6,2	5,2	42,6		1,4	0,5	0,4	0,2	1,9
Topred, Ed 2012	6,6	4,9	15		0,7	40,8	18,4	141,5	7,7	4,8		37,2	1,9	0,8	0,2	0,5	0,8

Anhang

Anhang 17: Gehalte an farblosen Polyphenolen der Säfte des Erntejahres 2013 in mg/L.

[mg/L]	Pro-cy B1	Cate-chin	Pro-cy B2	Epi-cate chin	Pro-cy C1	Phloretin-xyl-glucosid	Phlorizin	Chlorogen-säure	Un-bekanntes Cumaroyl-chin-säure	Krypto-chlorogen-säure	Kaffee-säure	3-Cumaroyl-Chin-säure	5-Cumaroyl-Chin-säure	4-Cumaroyl-Chin-säure	Cumar-säure	Que-3-gal	Que-3-glc	Que-3-xyl	Que-3-ara	Que-3-rha
Topaz, Gh 2013	1,3	3,4	55,4	38,1	15,6	11,1	4,4	52,7	2,9		0,2		2,1		0	1,1	0,3	0,1	0,4	2,8
Gala, Gh 2013	1,8		4,6	7,5	2,6	14,0	2,8	53,1			4,9		3,6	21,9	0,5	1,2	0,3	0,2	0,3	1,2
Boskop, Gh 2013	1,8	4,1	22,4	24,7	8,9	34,9	15	119	11,2		3,9		2,9	26,6	1,3	1	0,5	0,5	0,5	1,9
Rheinischer Bohnapfel, Gh 2013	2,1	5,4	30,8	39,0	10,7	105,8	12,5	136,5	10,0		1,6		8,8	19,4	1,7	2,8	0,8	0,4	0,9	2,8
6_1, Gh 2013			3,0	3	2,6	111,6	28,9	76,8	15,0		32,9	1,1	1,3	23,4	0,2	1,9	0,7	0,3	0,4	2
6_11, Gh 2013	0,5	4,3	3	28	5,9	10,5	5,3	26,4		2,4	9,2	0,9	1,9	5,5	0,1	1,1	0,4	0,1	0,2	1,2
6_21, Gh 2013			1,2	4,1	1,7	26,5	4,5	189,9		6,5	3,2	0,8	5,5	9,4	2,8	0,8	0,4	0,2	0,4	4,0
6_31, Gh 2013						15,0	4,2	100		4,1	7,9	0,2	10,3	6,9	2,1	1	0,3	0,3	0,3	0,8
6_51, Gh 2013			3,7	2,5	1,1	26,3	8,4	131,1		6,3	4	0,8	4,6	12,5	0,9	1,2	0,8	0,3	0,4	1,9
6_61, Gh 2013	0,6		6	2,5	1,3	25,1	5,2	65,6	3,9		7	4,3	2,3	38,2	0,1	1,2	0,3	0,2	0,4	1,6
6_71, Gh 2013	3,6	9,2	84,8	55,2	31,3	53,9	30,5	59,5	21,3		31,2		4,8	54,7		1,7	0,4	0,5	0,4	1
6_131, Gh 2013			6,8			82,1	20,4	157,9			13,6		12,2	11,4		2,9	0,7	0,8	0,5	1,4
Pomfital 1. Ernte, Gh 2013	5,6	14,6	137,5	82,9	51,1	60,7	38,9	99,6	30,1		38		9,3	79,5		2,3	0,4	0,6	0,5	1,4
Pomfital 2. Ernte, Gh 2013	5,5	11,6	131,9	73,2	47,0	57,9	41	91,7			38,5		6,0	70,7		1,9	0,4	0,6	0,4	1,25
Pomfital 3. Ernte, Gh 2013	4,6	11,2	28,3	65,6	39,4	54,6	36,7	75,9	25,0		32,2	2,5	6,2	60,8	0,1	1,7	0,3	0,5	0,4	1
Nr.3,1-34			6,7	3,05	2,2	93,2	12,8	193,4	15		2	0,7	5,9	2,5	1,8	2,3	0,6	0,4	0,4	0,6
Nr.4, 1_23, Gh 2013			9,8	4,6	2,5	40,1	3,7	191,4	13,0		3,5		33,0	25,3	0	2,6	0,6	0,2	0,5	0,8

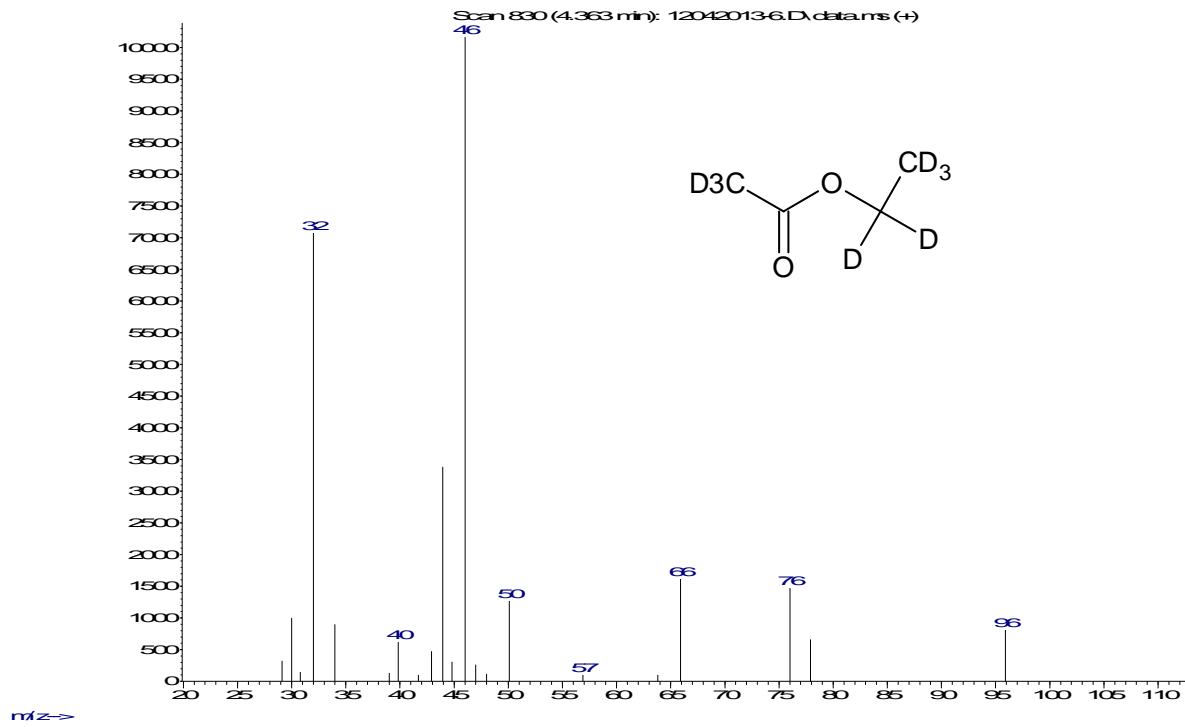
Anhang

[mg/L]	Pro-cy B1	Cate-chin	Pro-cy B2	Epi-cate chin	Pro-cy C1	Phloretin-xylo-glucosid	Phlo-rizin	Chloro-gen-säure	Un-bekanntes Cumaroyl-china-säure	Krypto-chloro-gen-säure	Kaffee-säure	3-Cumaroyl-China-säure	5-Cumaroyl-China-säure	4-Cumaroyl-China-säure	Cumar-säure	Que-3-gal	Que-3-glc	Que-3-xyl	Que-3-ara	Que-3-rha
Nr.7, 1-26, Gh 2013	1,1	12,7	8,1	5,2	2,3	55,9	8,4	90,2	7		1,5		3,6	5,7		5,6	1,4	0,6	1,3	1,8
Nr. 8, 1-12, Gh 2013	0,3		7,0	4,2	3,1	54	13,8	203,9	24,2		2,6		20,6	14,8	1,5	2,2	0,7	0,3	0,6	0,9
Nr.9, 1-30, Gh 2013			11,0	6,8	6,5	32,6	4,5	100,8	13,3		3,8	2,3	5,0	32,8		3,3	0,8	0,4	0,9	1,2
Nr. 12, 1_1, Gh 2013	0,7	1,2	14,7	7,6	6,0	56,8	11,8	220,1	21,8		2,6		18,9	2,6	0,7	3,0	0,8	0,3	0,7	1,3
Maggy, Gh 2013	2,3		7,6	5,2	3,5	50,1	15,2	195,3	22		2,6		18,8	13,3	1,6	2,2	0,7	0,4	0,7	0,9
Maggy, Ed 2013	1,0		17,6	13,1	7,8	26,6	10,8	105,5		5,7	0,9	0,6	2,0	5,4		2,6	0,6	0,5	0,7	2,1
Weirouge, Mz 2013			6,7	4,5	4,2	56,7	11,6	54,3		4,2	6,0	3,1	1,6	34,1		1,5	0,4	0,3	0,3	1,1
Weirouge, Ed 2013	0,4		5,9	3,4	3,8	71,6	13,6	87,3	7,0		4,8	4,3	1,4	46,7	0,1	1,1	0,3	0,2	0,2	0,7
Kathy, Ed 2013			5,3	2,8		58,6	14,2	220,2			3,3	1,1	28,9	17,9	2,6	1,3	0,3	0,3	0,4	0,9
Roter Herbstkalvill, Gh 2013	1,3	5,8	15,8	20,1	7,3	34,1	18,0	126,5	10,6		5,9	2,9	6,1	42,2		1,5	0,7	0,4	0,7	0,9
Dolgo, Gh 2013	3,7	32,5	106,4	118,2	39,6	68,3	18,7	168,8		10,5	16,8	7,2	17,2	109,9		3	0,7	0,4	0,9	1,4
Mary, Gh 2013			15	9,9	6,2	49,6	13,4	200,8		11,6	1,5	0,4	9,1	4,0		3,7	0,7	0,7	1	2,6
Topred, Gh 2013	0,6		7,1	4,9	3,05	63,6	4,7	146,7		3,7	1,7	0,7	5,2	7,3		2,5	0,4	0,3	0,6	1,5
A4-1-04, Gh 2013			1,7	0,9		23,0	4,8	156,3		4,3	3,9	2,1	5,3	2,3	2,6	1,5	0,4	0,3	0,2	1,1
A1-33-04 KL, Gh 2013			2,9	1,2		9,6	4	63,05		2,2	2,5	0,6	2,1	9,5	0,7	0,9	0,2	0,2	0,3	1,0
Mercedes, Gh 2013	2,9		6,4	3	2,7	58,1	15,1	167,4	19,6		2,4	3	8,7	15	0,1	2,8	0,7	0,5	0,8	1,7
Baya Marisa, Gh 2013	1,0		17,6	13,1	7,8	26,6	10,8	105,5	8,1		0,9	0,6	2,0	5,4		2,6	0,6	0,5	0,7	2,1

Anhang

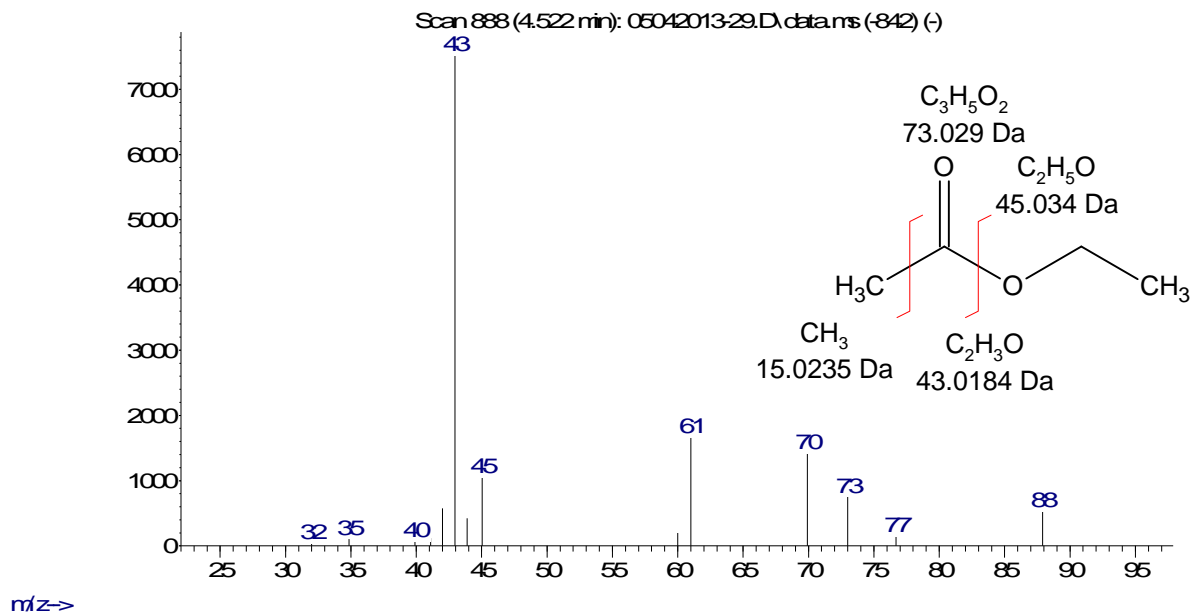
Anhang 18: Massenspektrum von Essigsäureethylester-d8.

Abundance



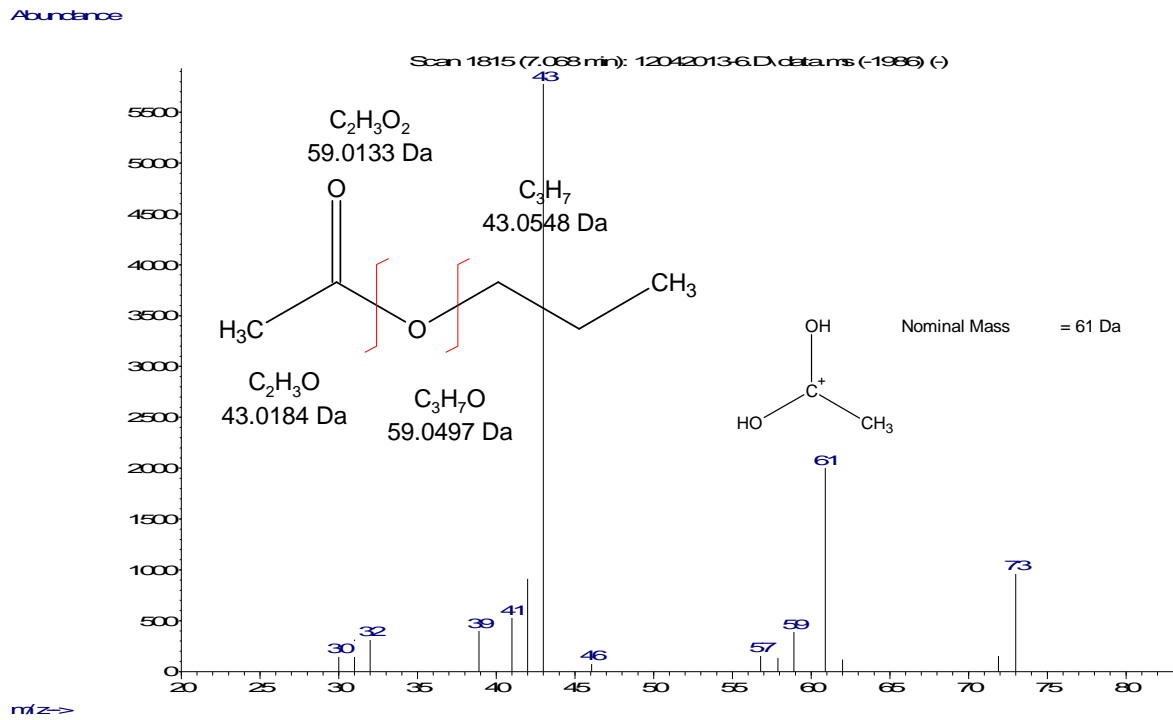
Anhang 19: Massenspektrum von Essigsäureethylester.

Abundance

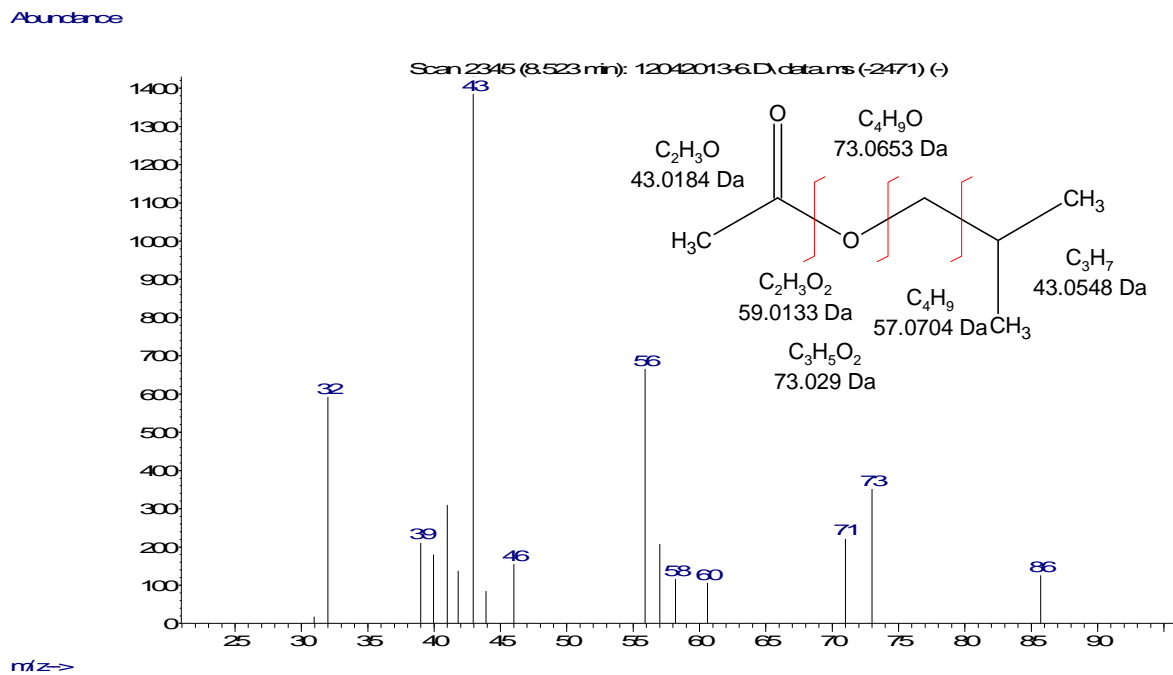


Anhang

Anhang 20: Massenspektrum von Essigsäurepropylester.

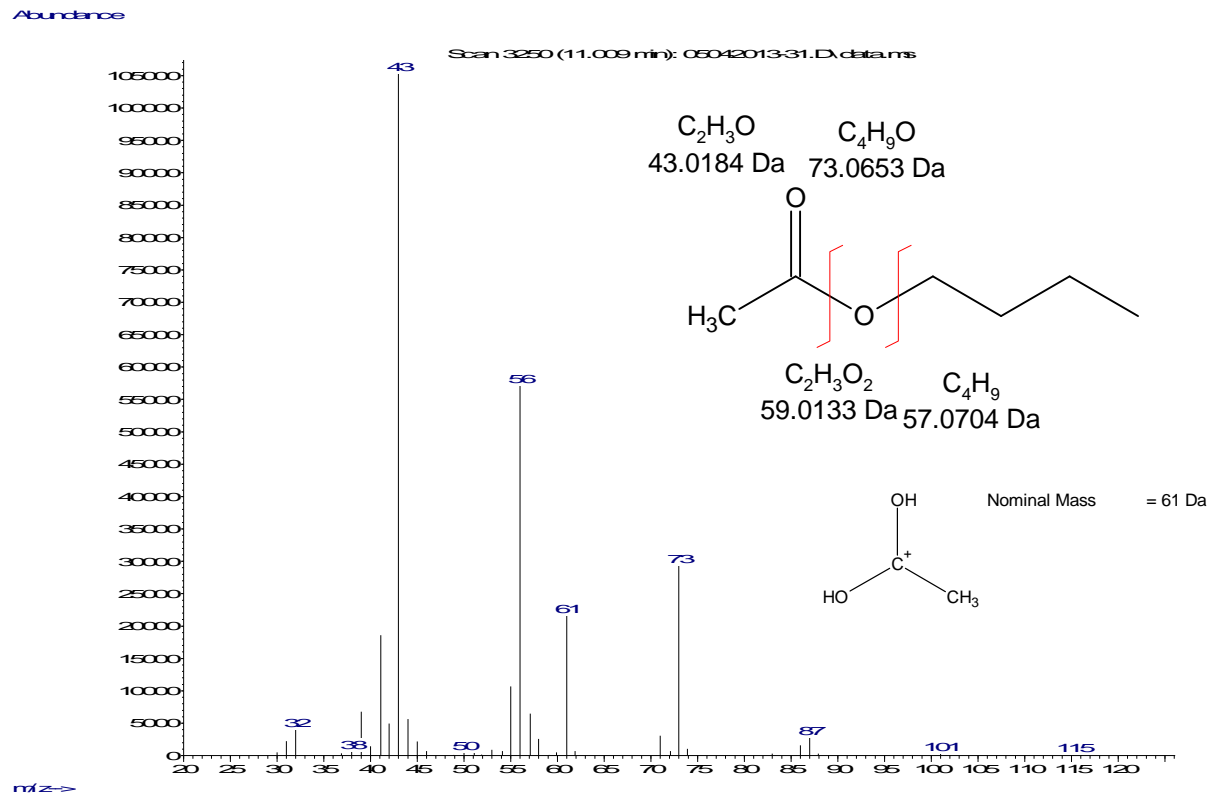


Anhang 21: Massenspektrum von Essigsäure-2-methylpropylester.

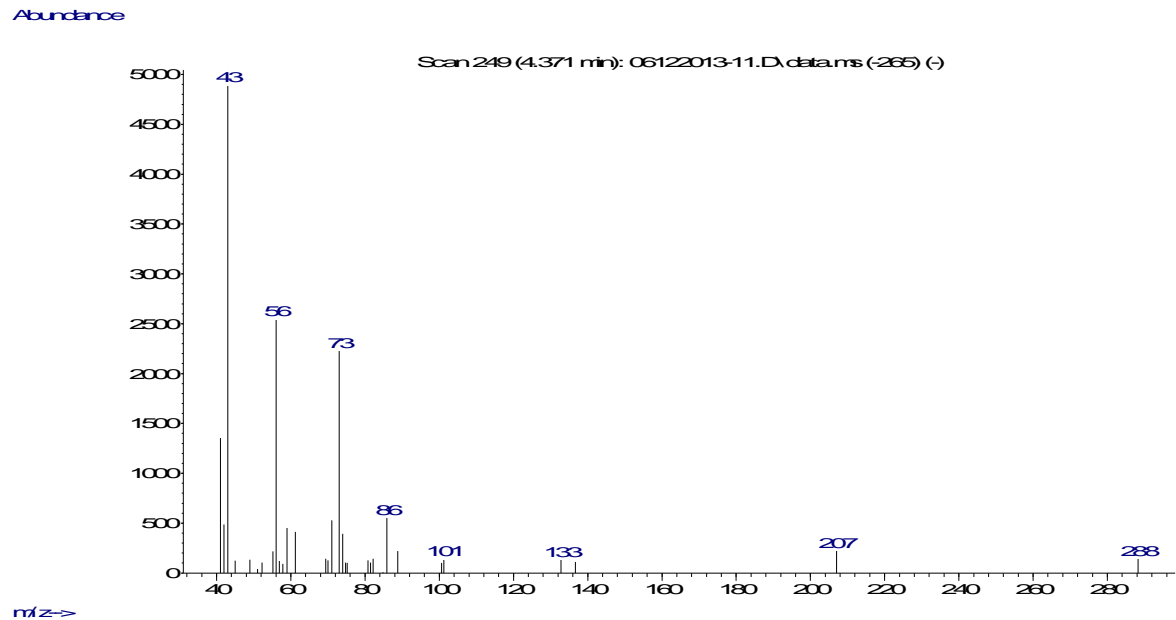


Anhang

Anhang 22: Massenspektrum von Essigsäurebutylester.



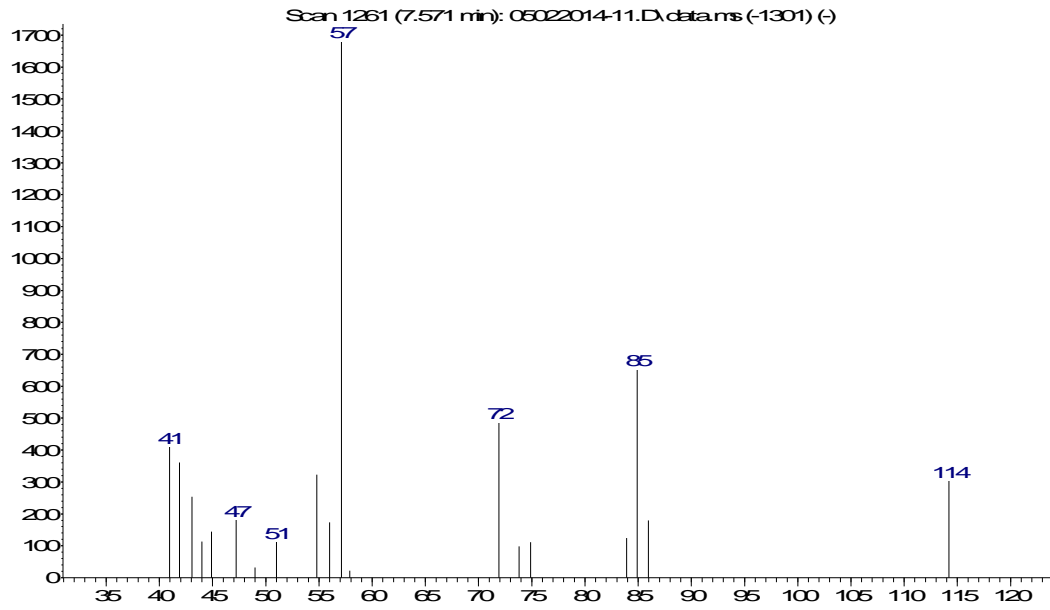
Anhang 23: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung RT: 4,339 min (Essigsäure-2-propenylester).



Anhang

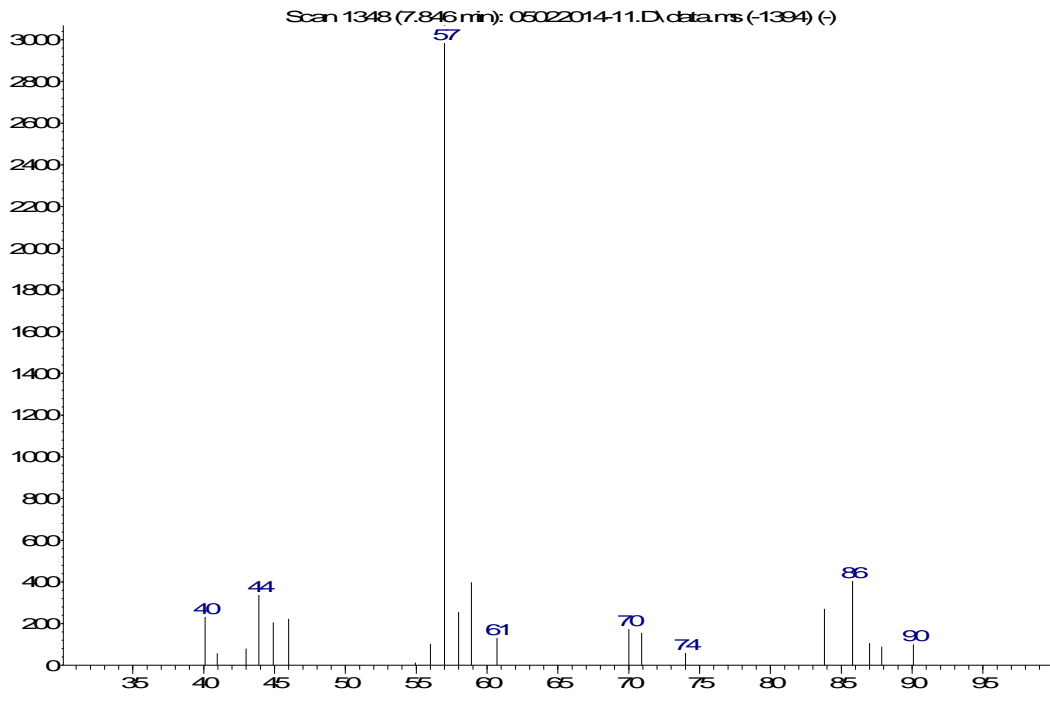
Anhang 24: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 7,568 min (3-Heptanon, 2-Methyl-4-hexanon).

Abundance



Anhang 25: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 7,849 min (3-Butenol).

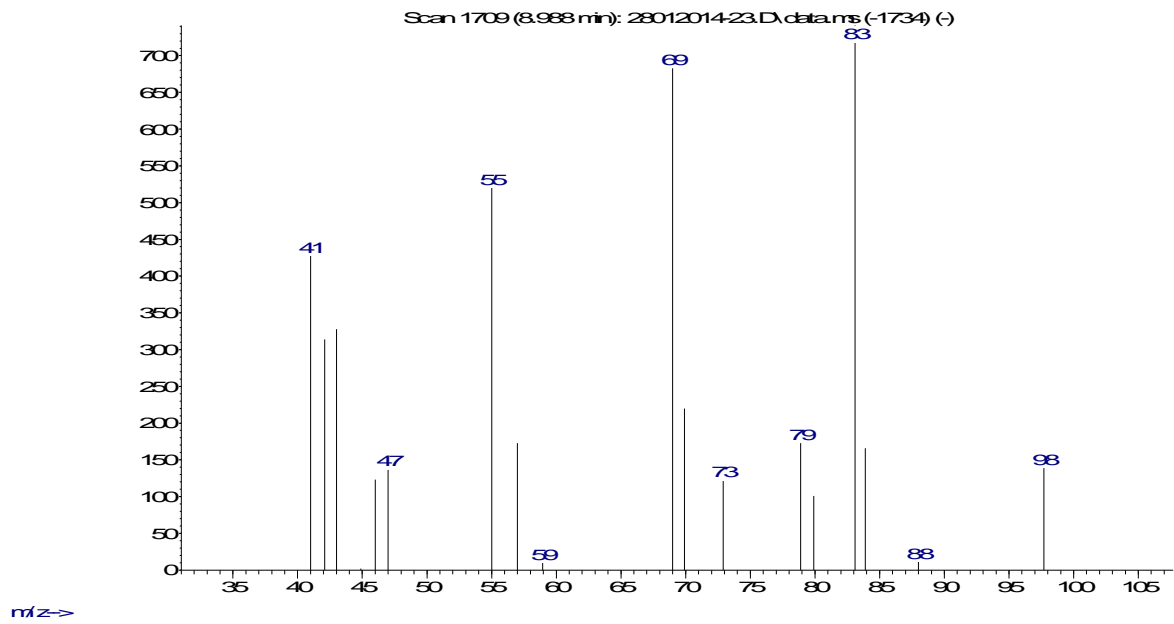
Abundance



Anhang

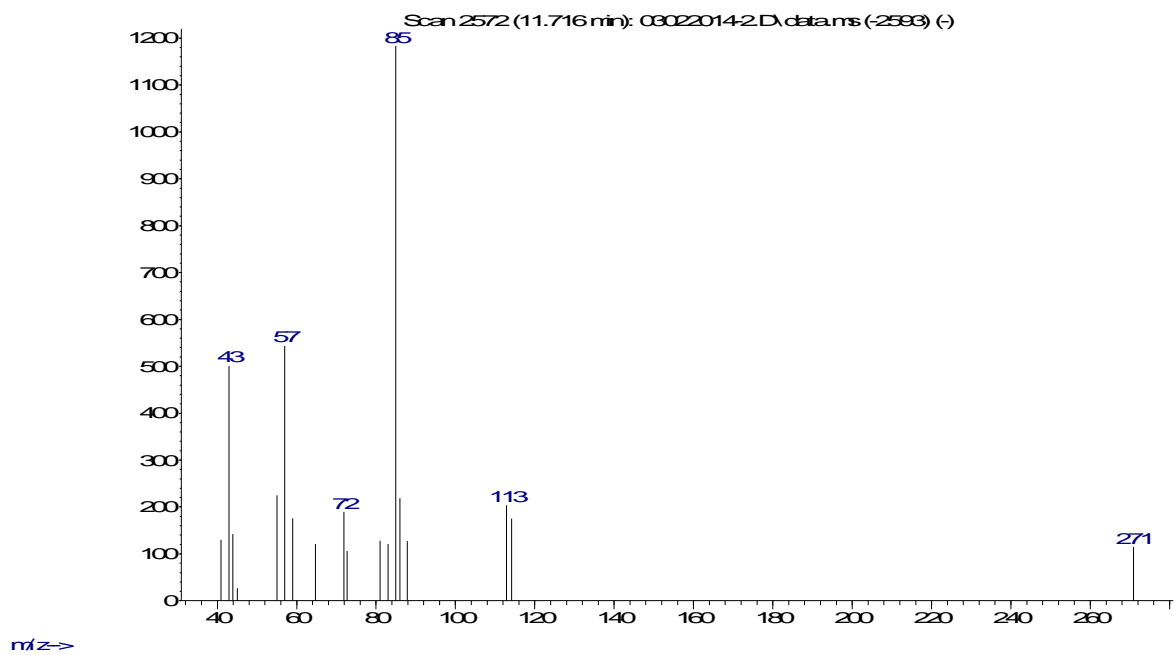
Anhang 26: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 9,01 min (E-3-Hexenol).

Abundance



Anhang 27: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 11,713 min (2-Methoxyhexen).

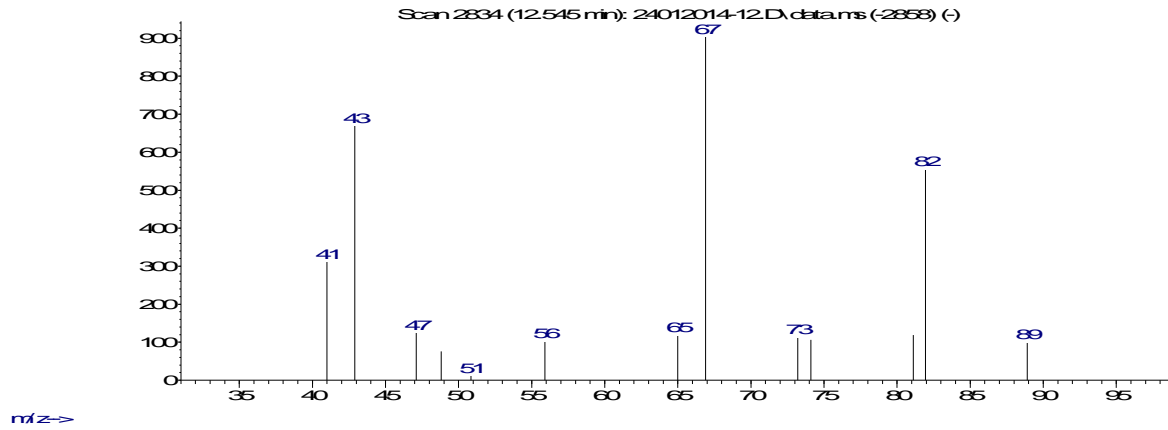
Abundance



Anhang

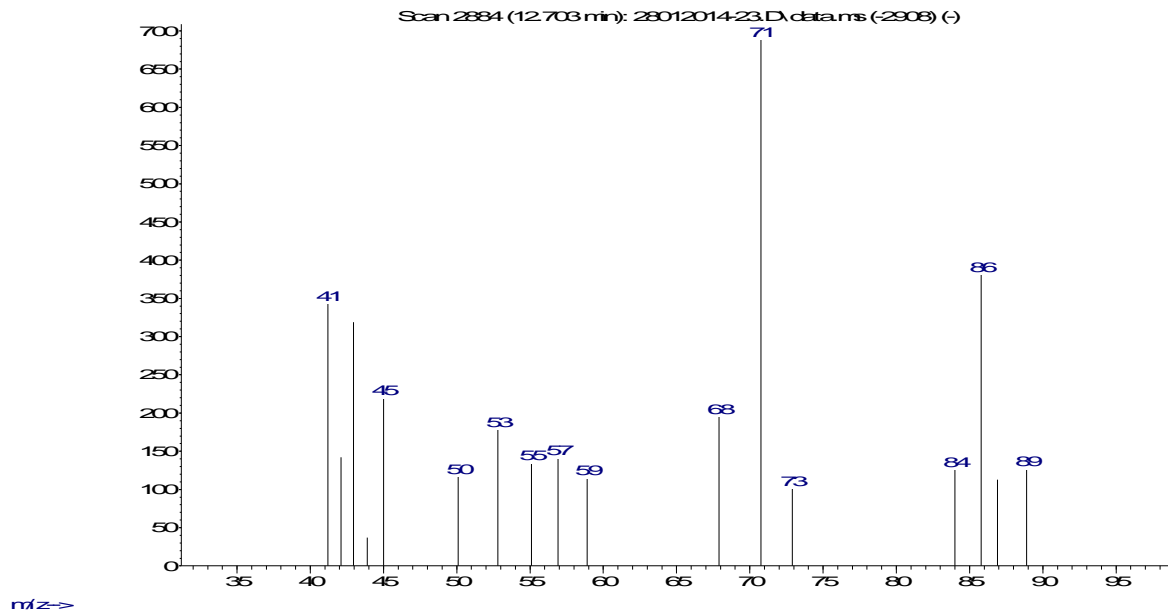
Anhang 28: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 12,545 min (Essigsäure-cis-3-hexenylester).

Abundance



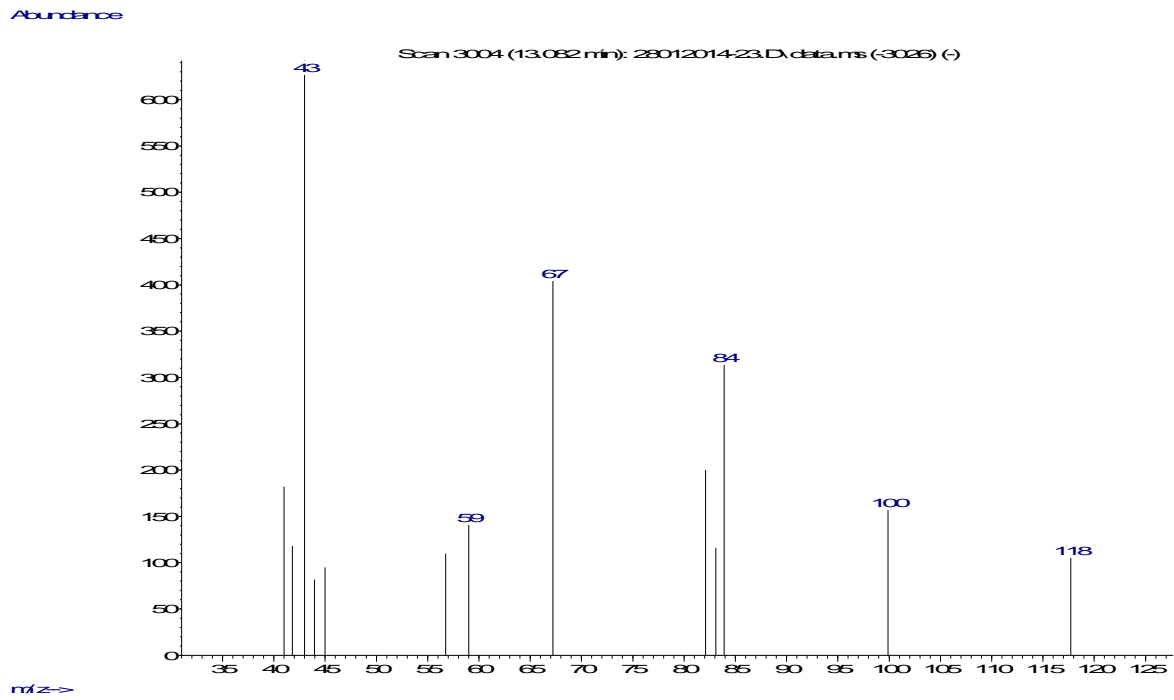
Anhang 29: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 12,69 min ((Z)-2-Penten-1-ol, 2 oder 3-Methyl-2-Butenol).

Abundance

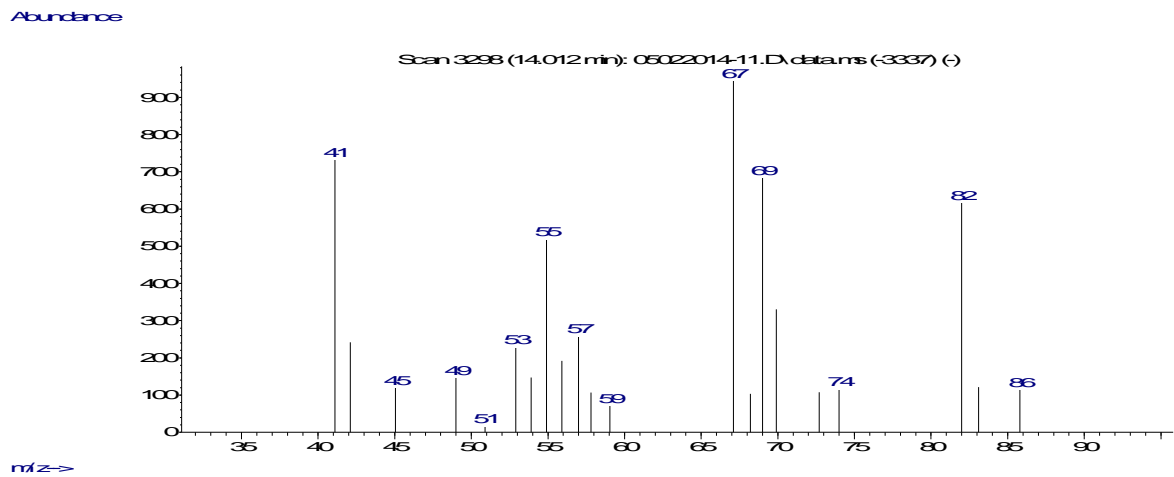


Anhang

Anhang 30: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 13,111 min ((E)-2-Hexenolacetat).



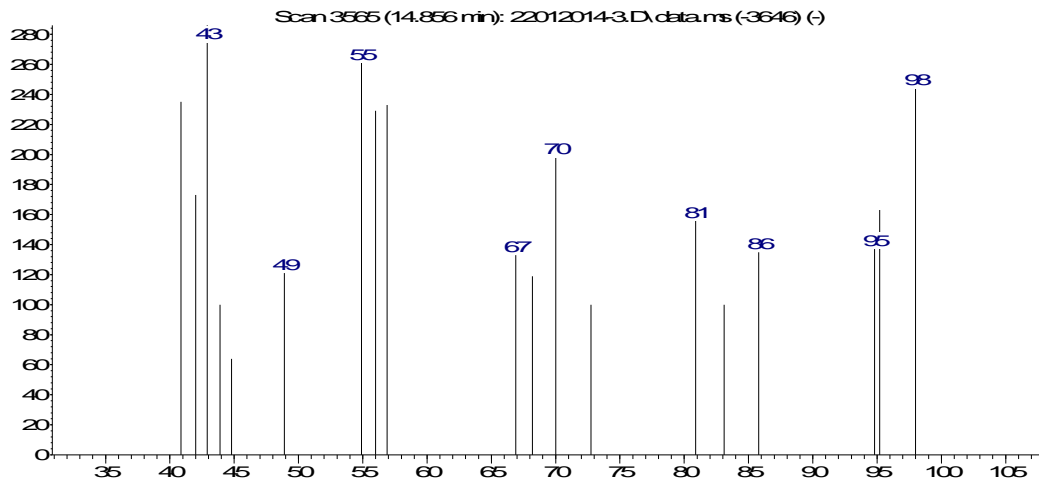
Anhang 31: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 14,005 min ((E)-3-Hexenol).



Anhang

Anhang 32: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 14,856 (Nonanal).

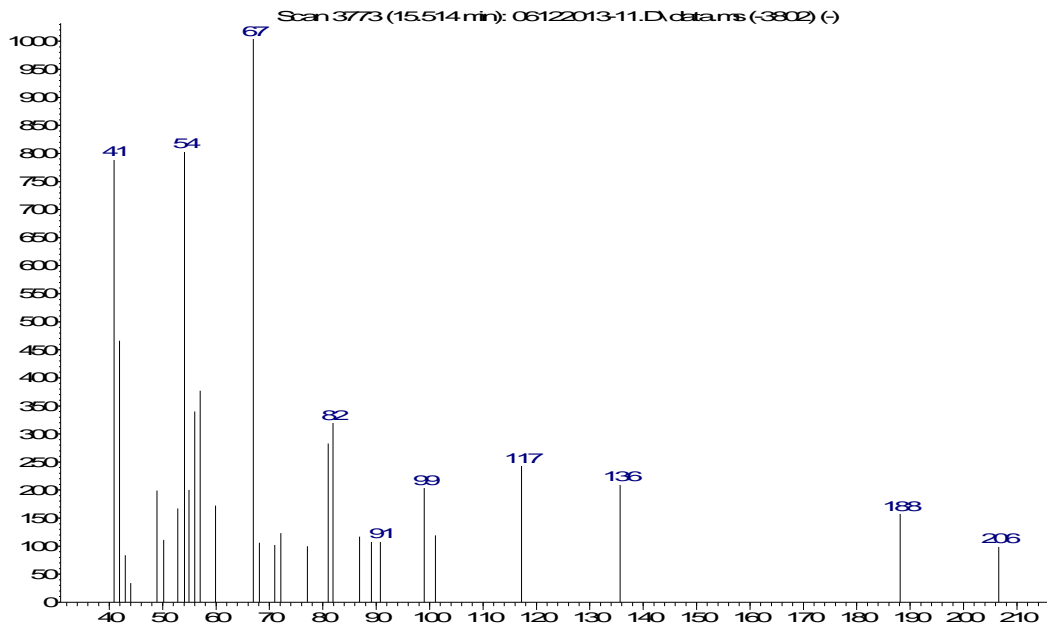
Abundance



m/z->

Anhang 33: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,523 min (5-Hexenol).

Abundance

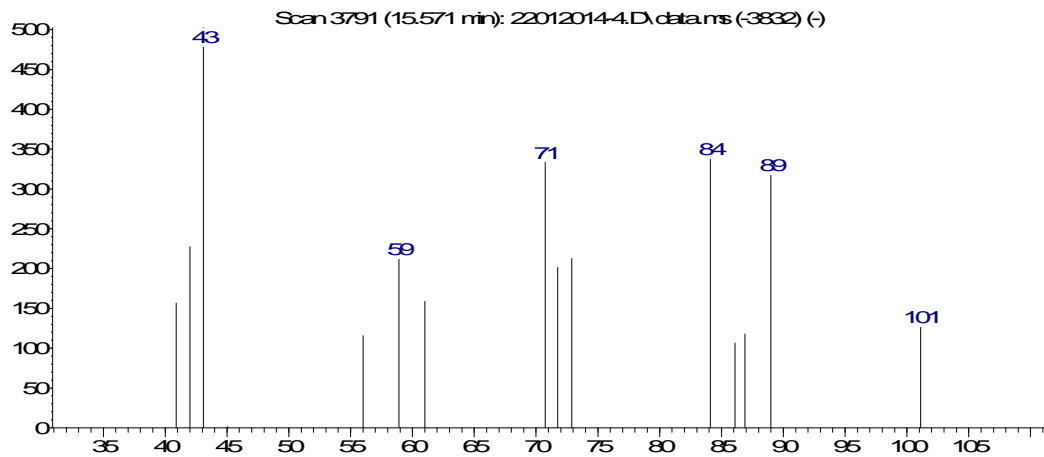


m/z->

Anhang

Anhang 34: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,568 min (Buttersäurehexylester).

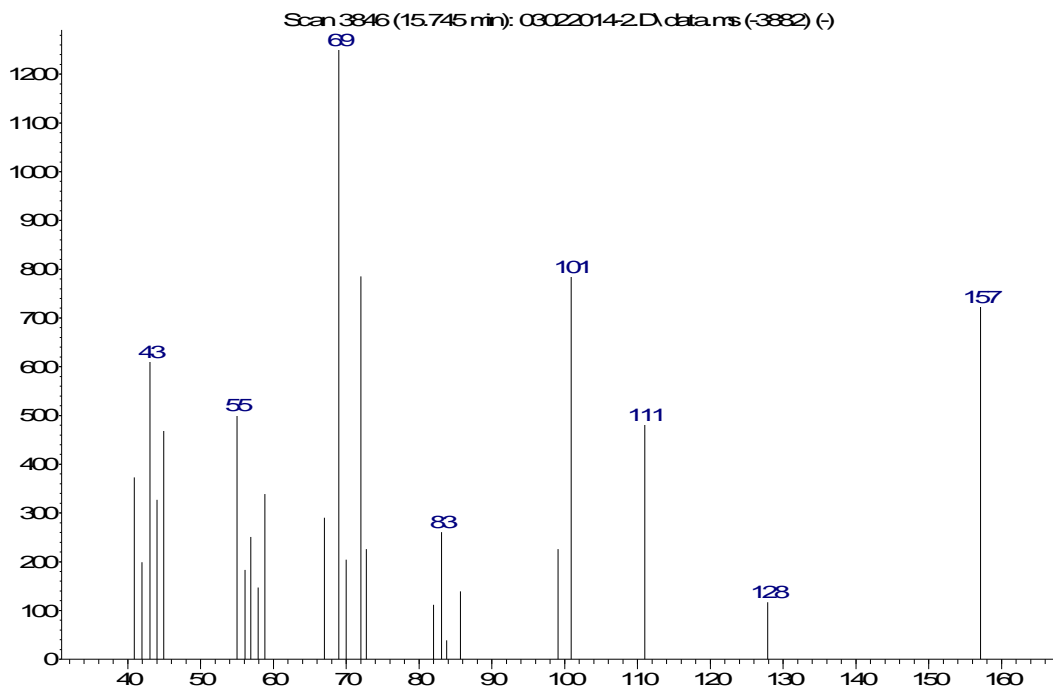
Abundance



m/z->

Anhang 35: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,761 min.

Abundance

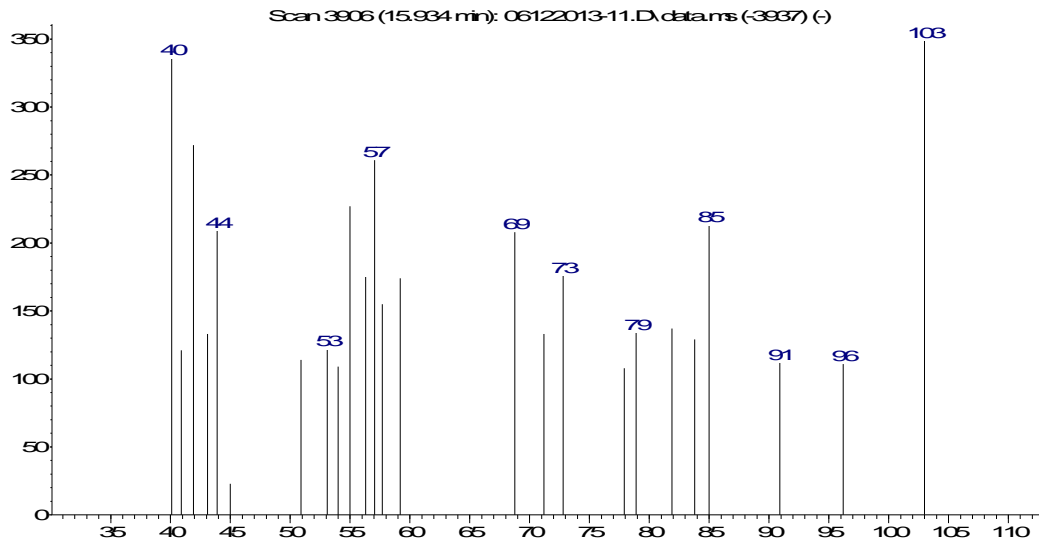


m/z->

Anhang

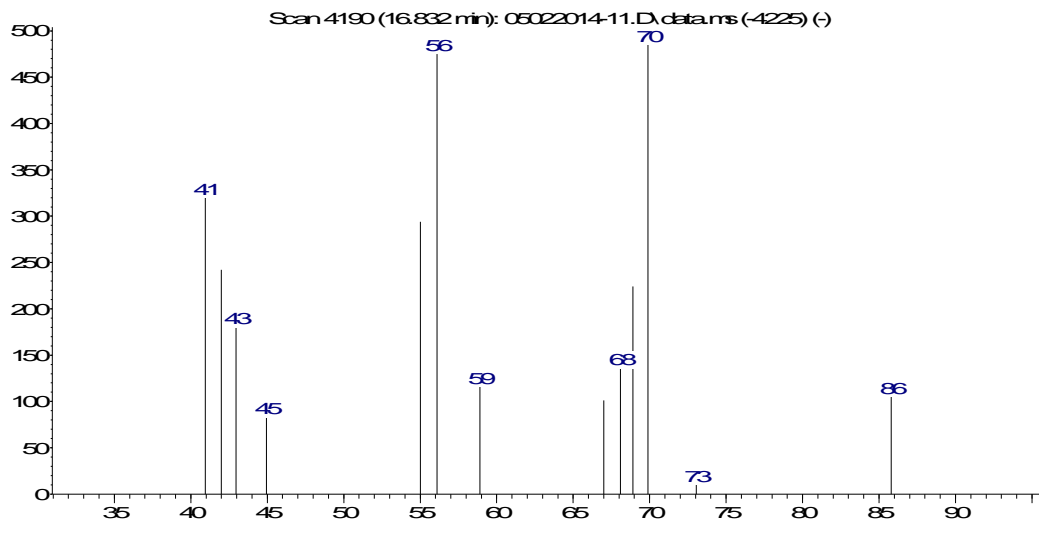
Anhang 36: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 15,937 (Buttersäure-2-methylhexylester).

Abundance



Anhang 37: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 16,854 min (1-Heptanol).

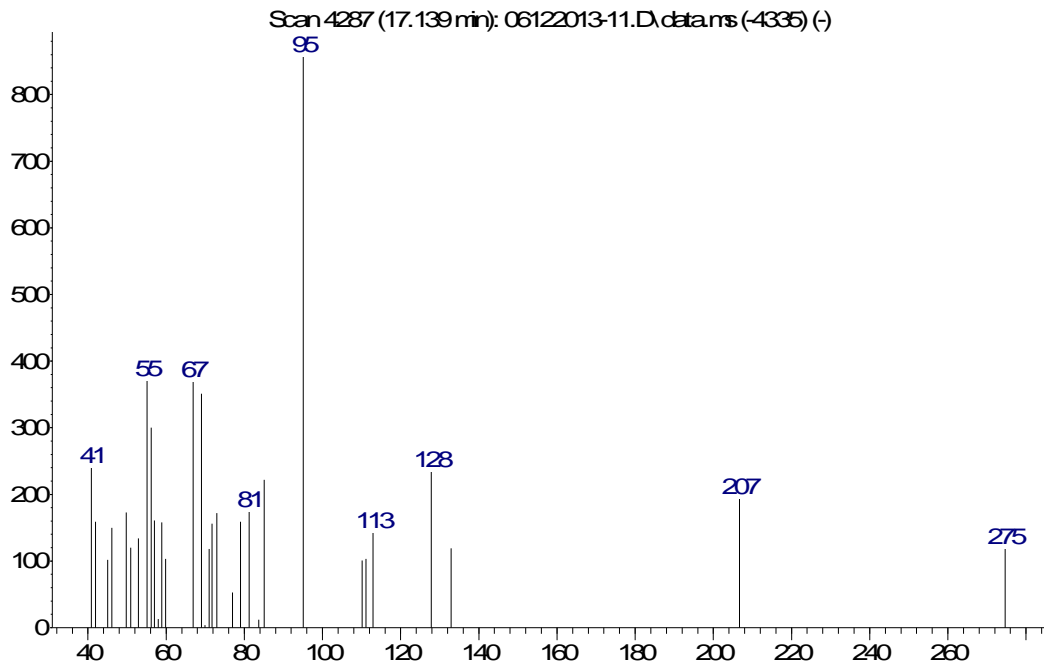
Abundance



Anhang

Anhang 38: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 17,136 (6-Methyl-5-hepten-2-ol).

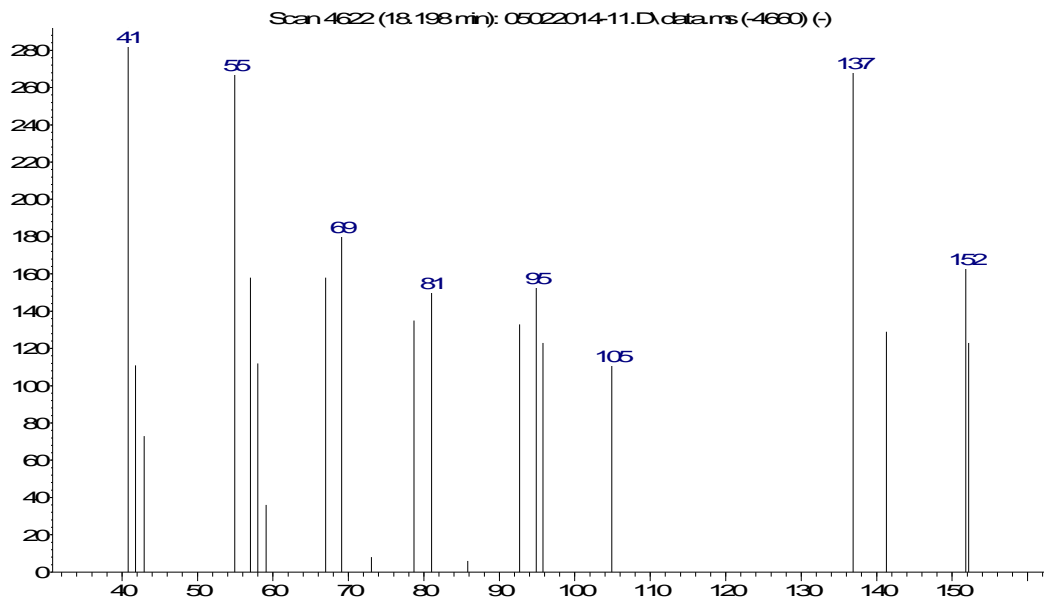
Abundance



m/z->

Anhang 39: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 18,208 min (2-Acetyl-4-4-dimethylcyclopent-2-enon).

Abundance

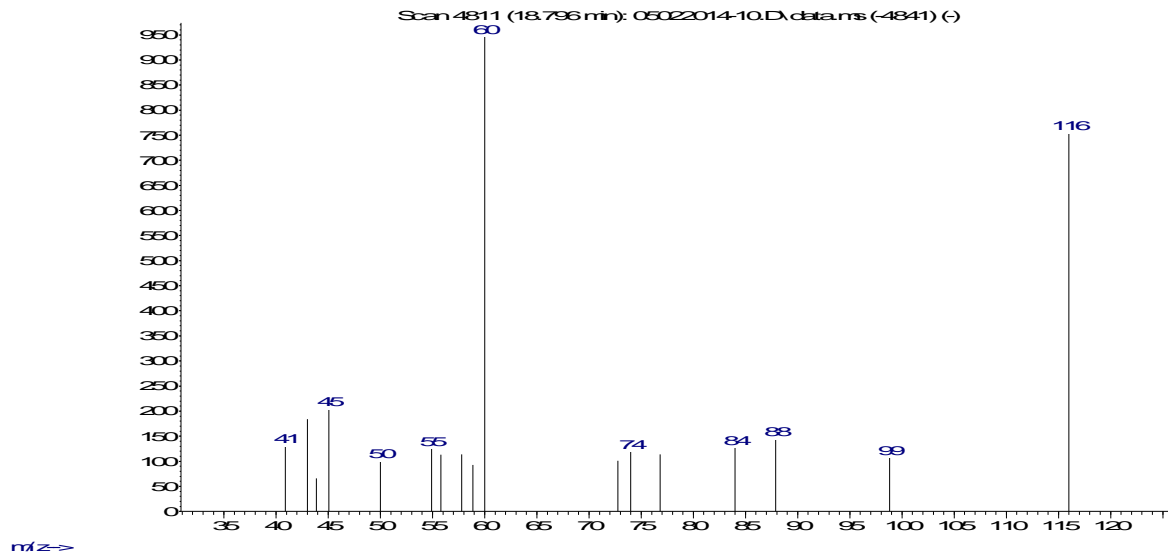


m/z->

Anhang

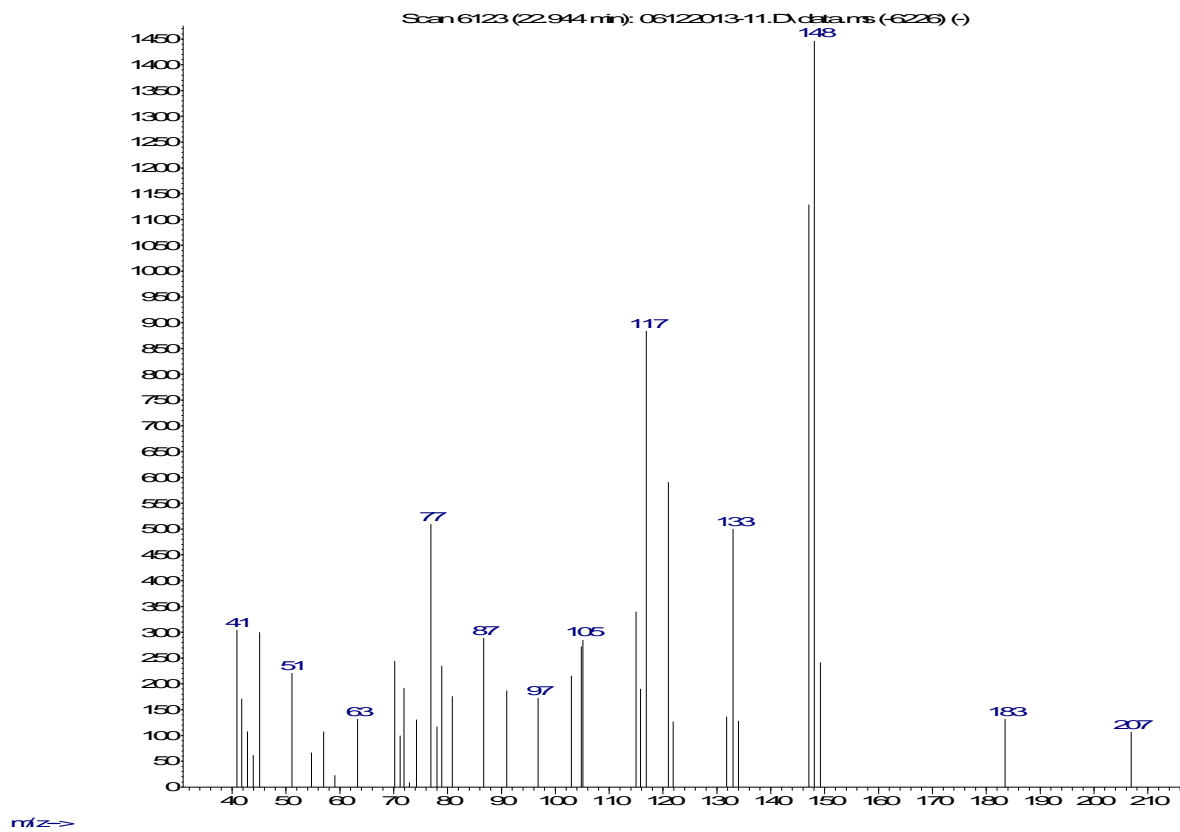
Anhang 40: Massenspektrum einer unbekanntten Verbindung, RT: 18,796 min (Dihydro-2-methyl-3(2H)-thiophenon).

Abundance

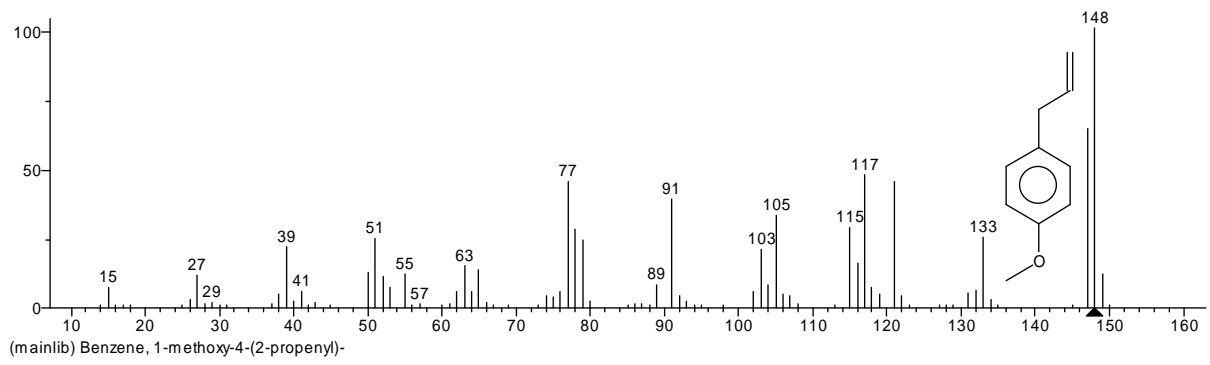


Anhang 41: Massenspektrum einer unbekanntten Verbindung, RT: 22,944 (1-Methoxy-4-(2-propenyl)-benzene).

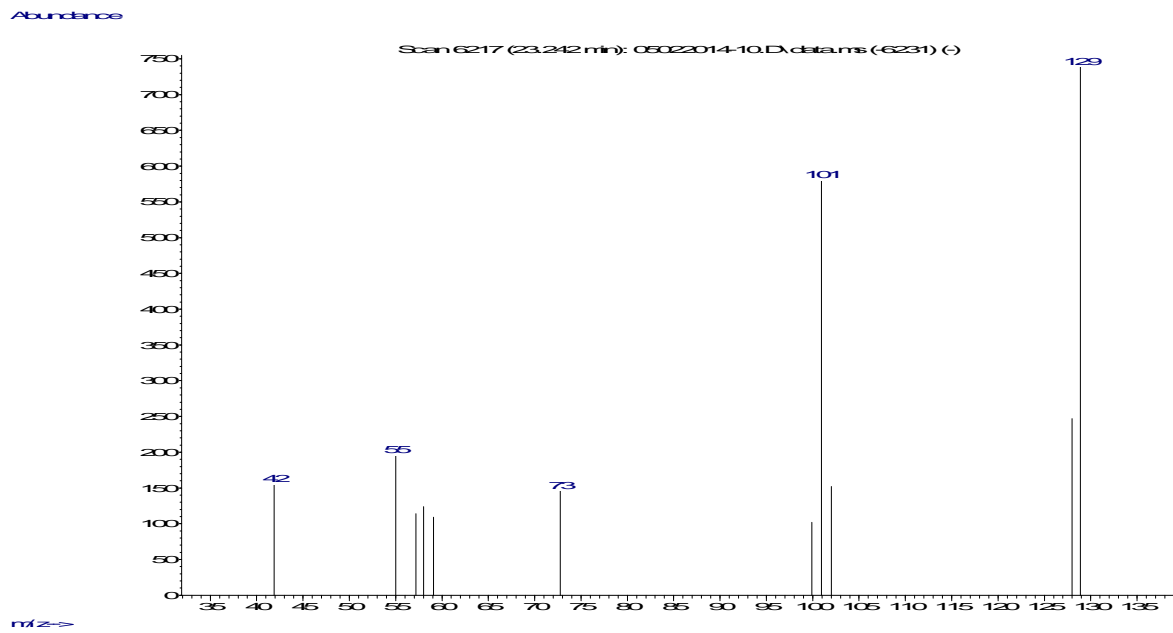
Abundance



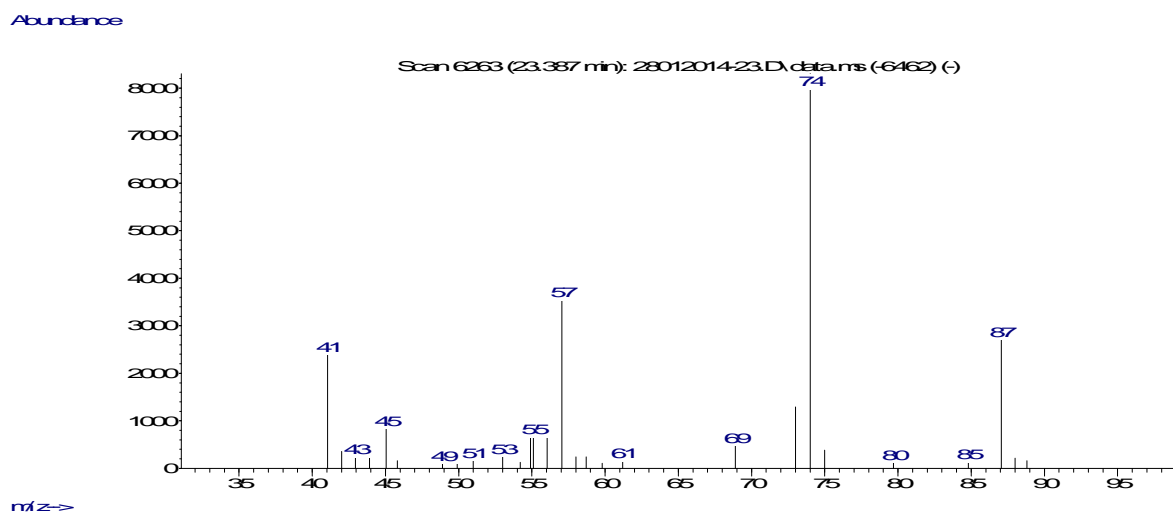
Anhang



Anhang 42: Massenspektrum einer unbekanntn Verbindung, RT: 23,245 min (Butandisäure-diethylester).



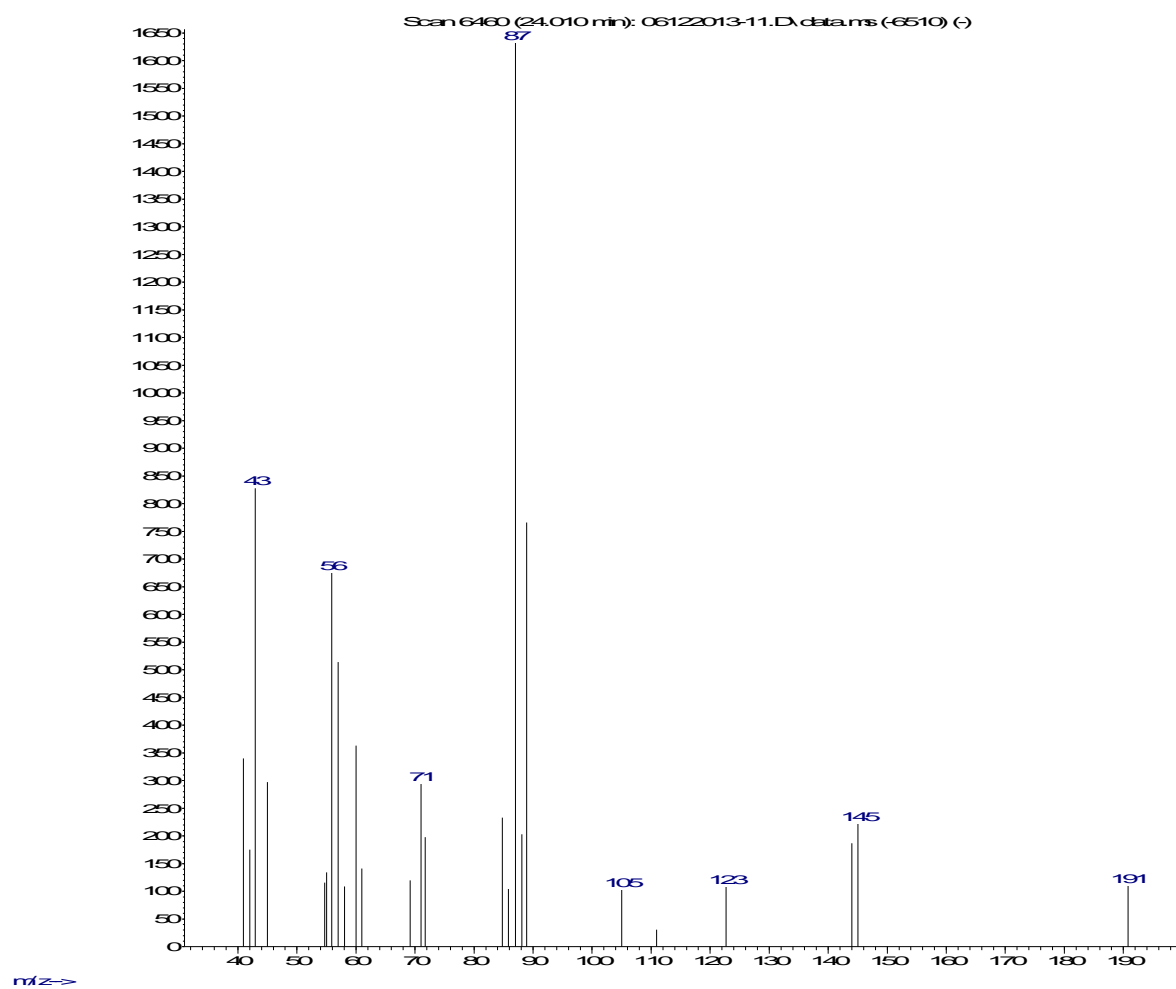
Anhang 43: Massenspektrum einer unbekanntn Verbindung, RT: 23,4 min (2-Methyl-buttersäure).



Anhang

Anhang 44: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 24,01 min (Buttersäure-3-hydroxybutylester).

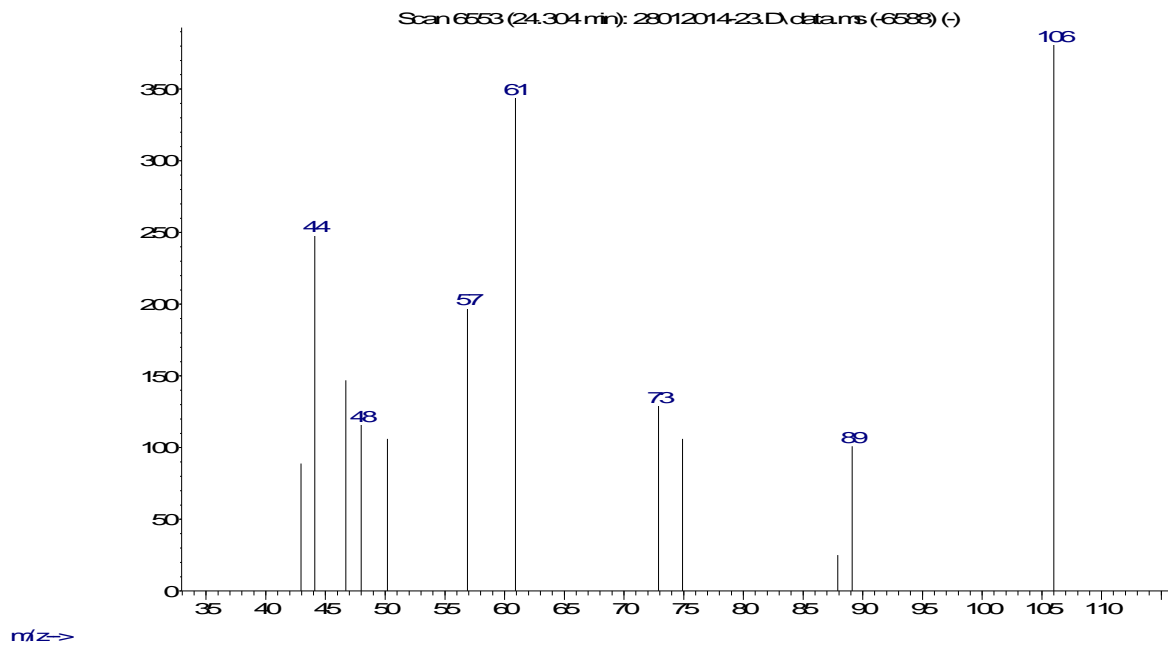
Abundance



Anhang

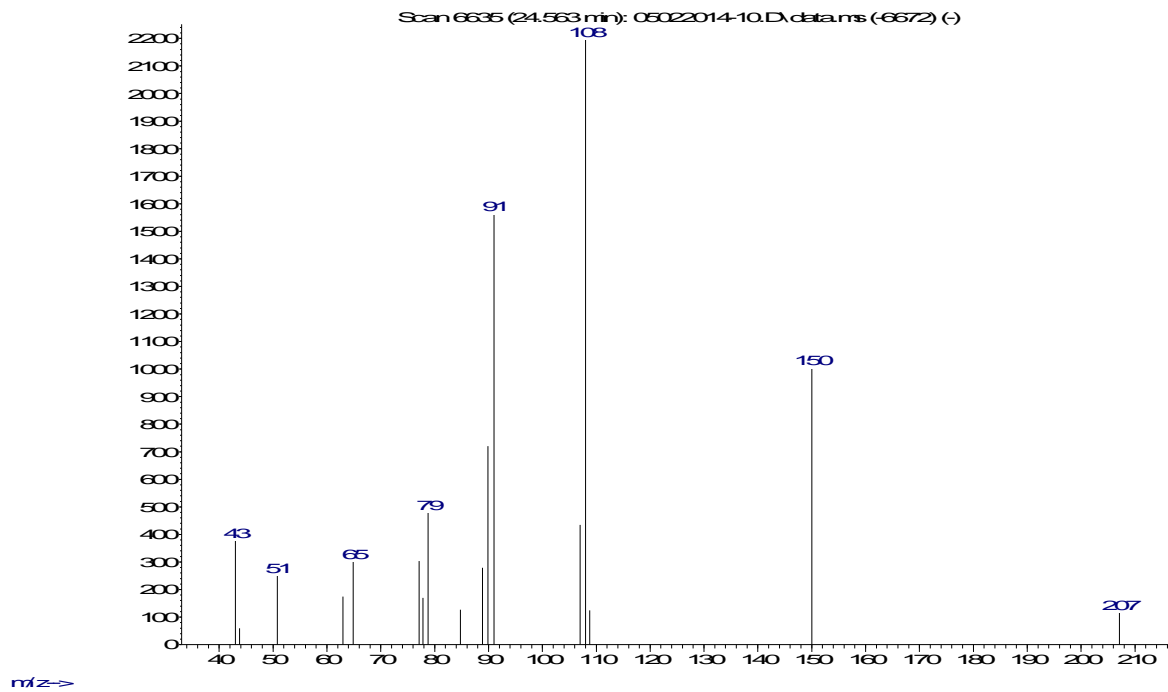
Anhang 45: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 24,32 min (3-(Methylthio)propanol).

Abundance



Anhang 46: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 24,567 min (Benzylacetat).

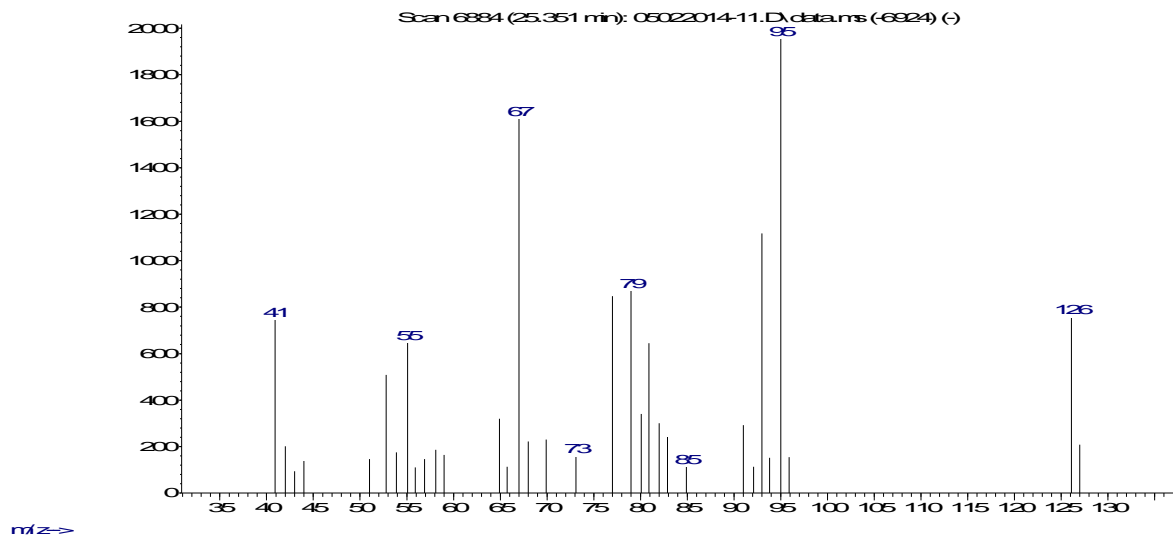
Abundance



Anhang

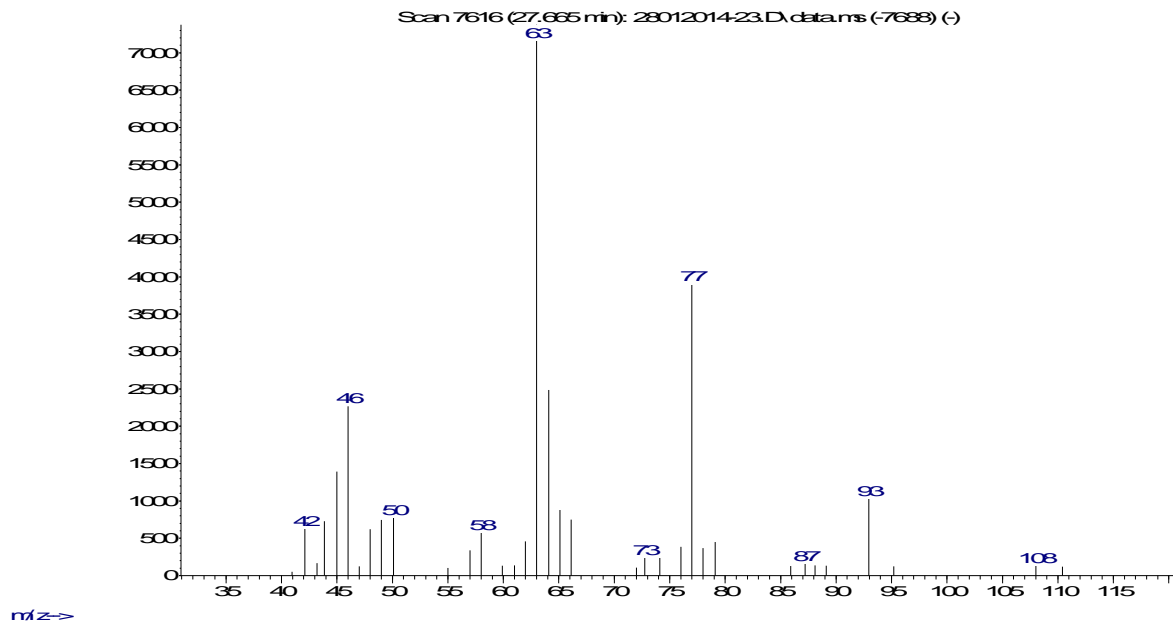
Anhang 47: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 25,354 min.

Abundance



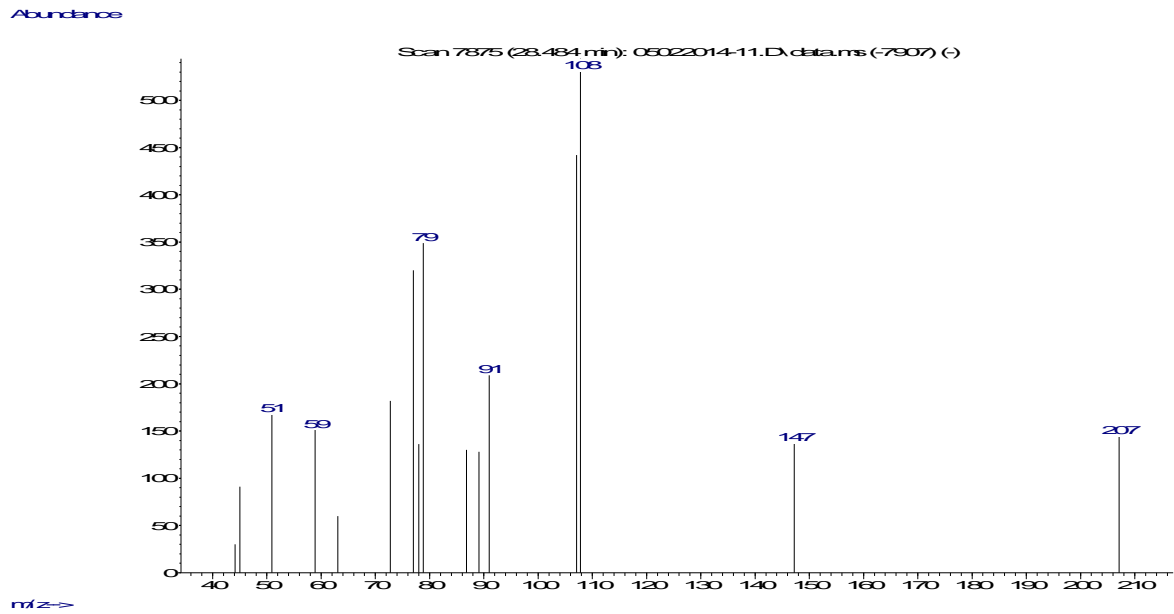
Anhang 48: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 27,709 min.

Abundance

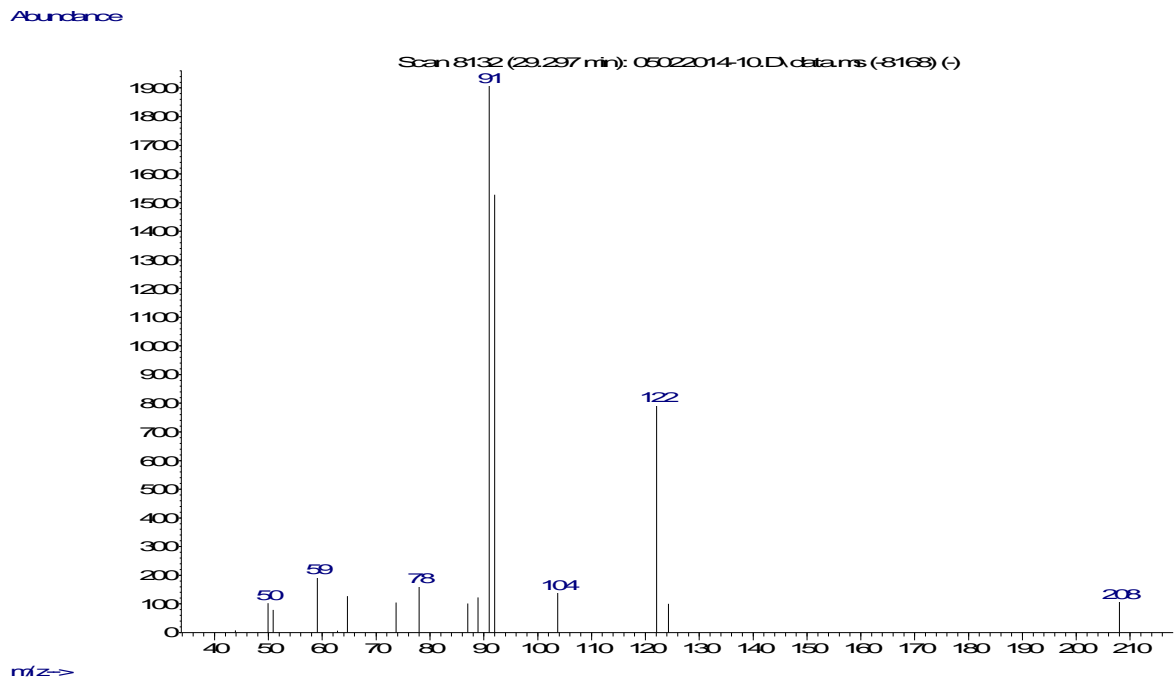


Anhang

Anhang 49: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 28,481 min (Benzylalkohol).



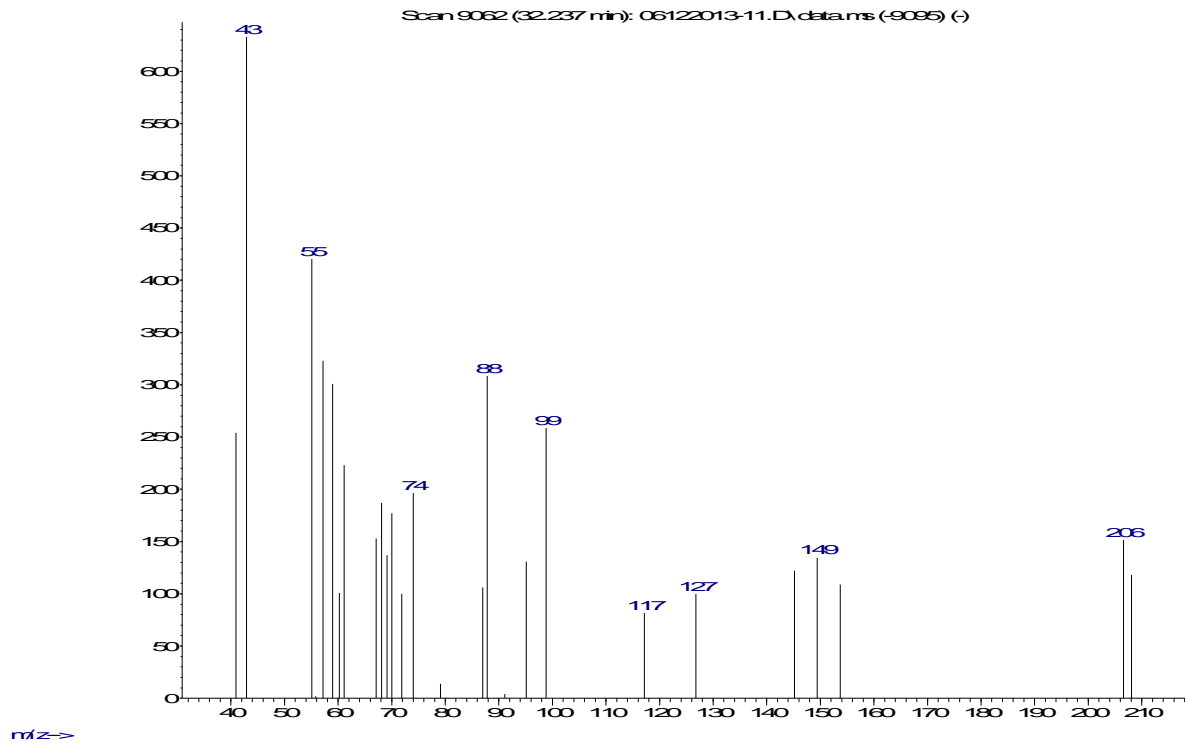
Anhang 50: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 29,297 min (2-Phenylethanol).



Anhang

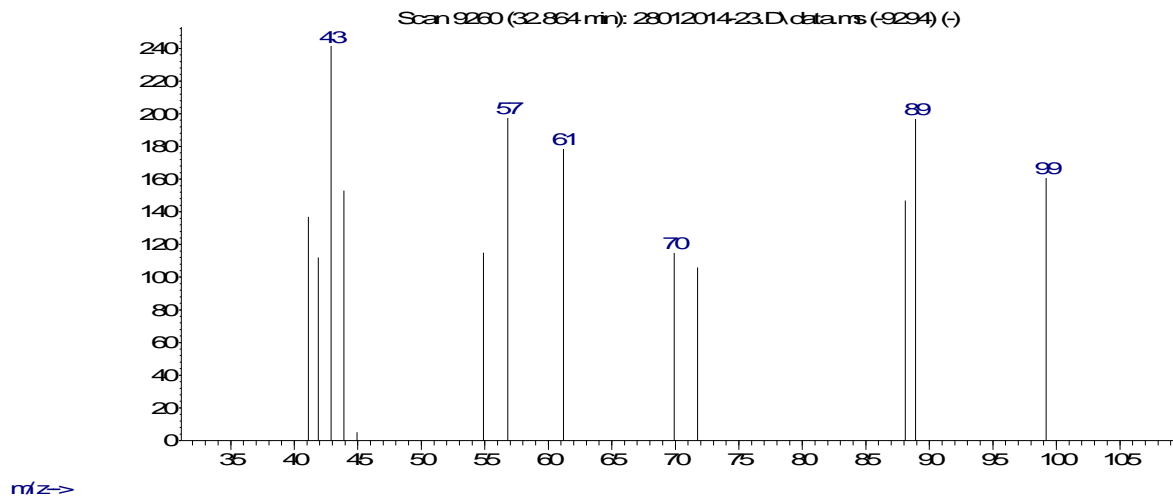
Anhang 51: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 32,234 min (2,2-Dimethyl-1-hexanol, Pentansäure-4-methyl-methylester).

Abundance



Anhang 52: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 32,879 min (alpha, beta-Methyl-2-deoxy-D-ribofuranosid, Hexansäure-1-methylhexylester).

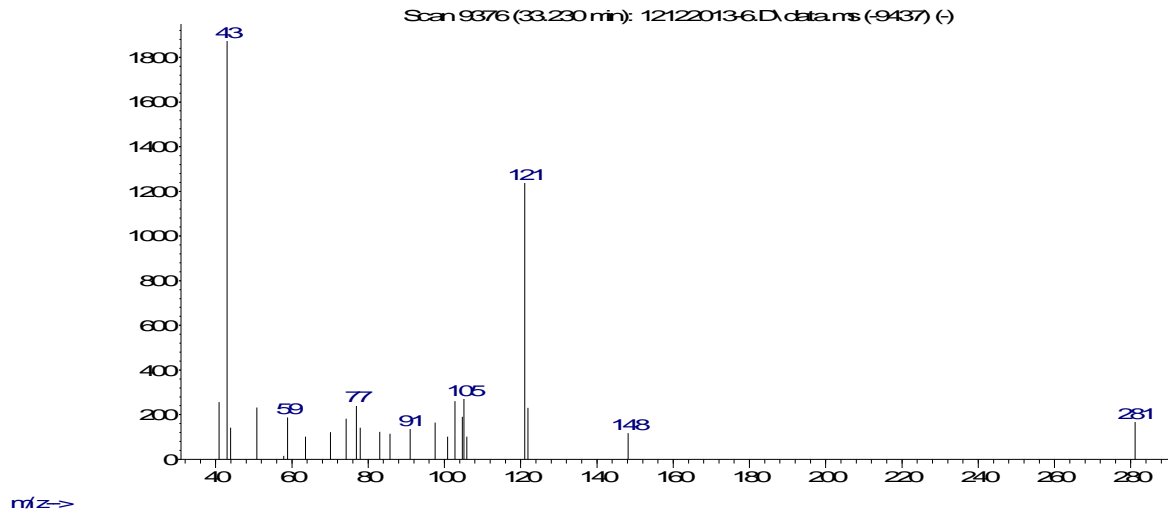
Abundance



Anhang

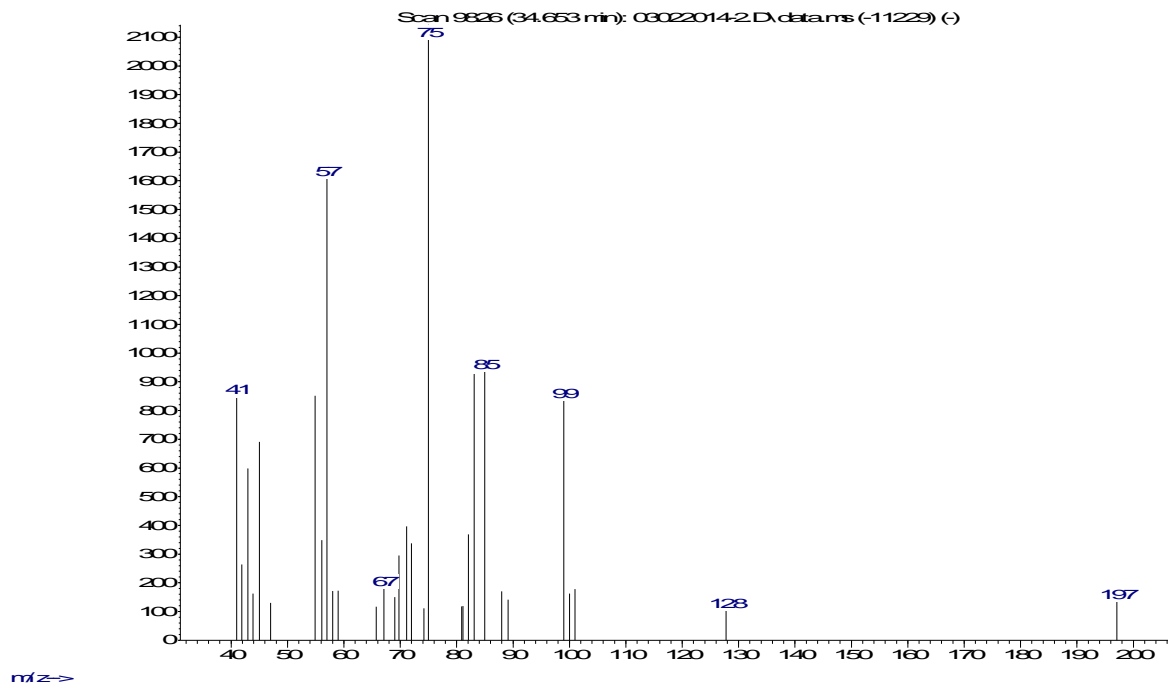
Anhang 53: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 33,227(alpha-Hydroxy-alpha-methylbenzenessigsäure).

Abundance



Anhang 54: Massenspektrum einer unbekanntes Verbindung, RT: 34,666 min (1,5-Hexandiol, Propansäure-hexylester).

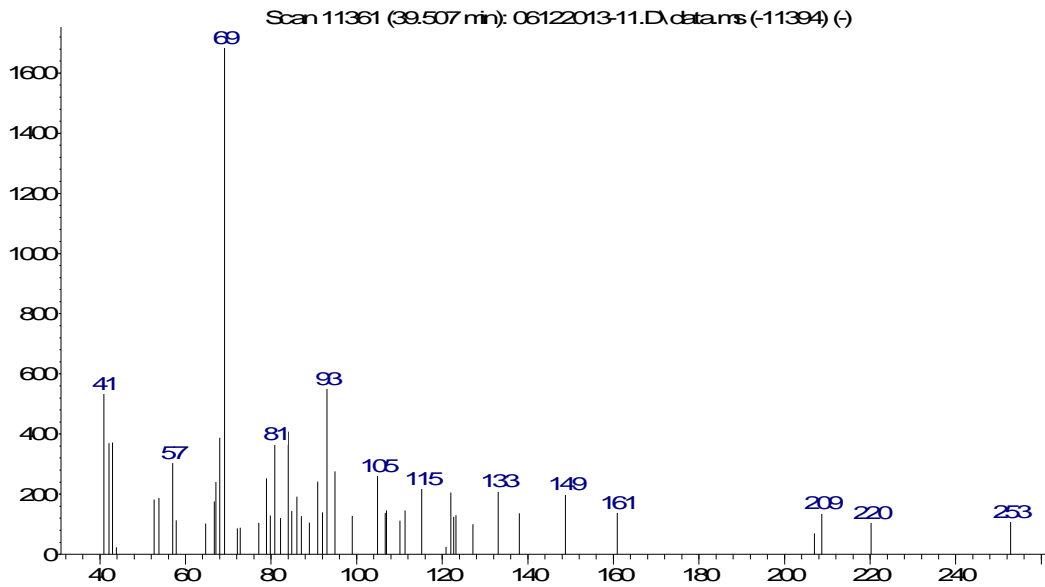
Abundance



Anhang

Anhang 55: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 39,519 min ((2Z, 6E)-Farnesol).

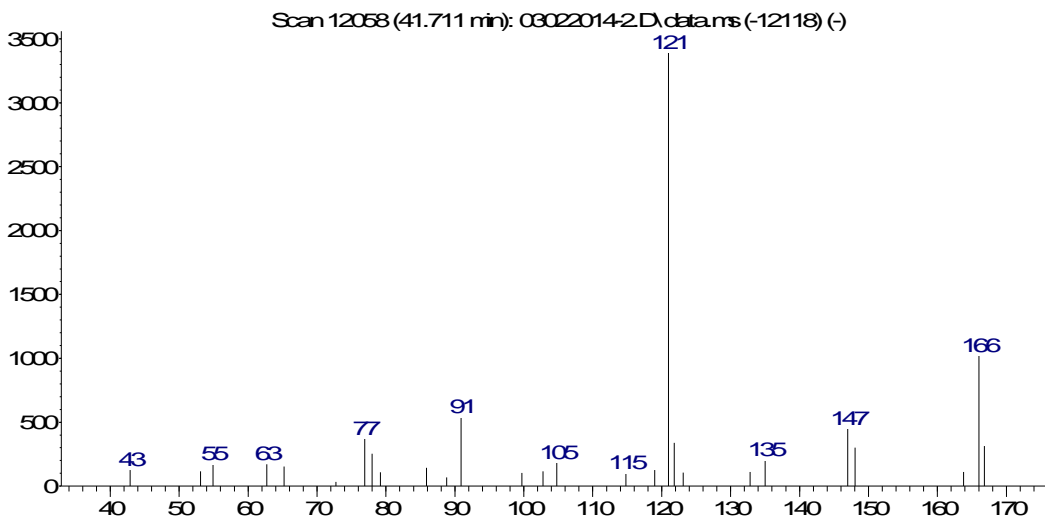
Abundance



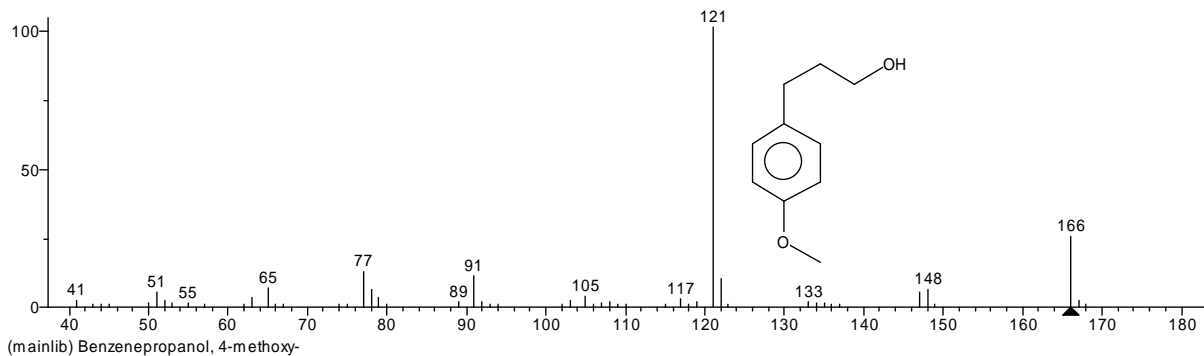
m/z->

Anhang 56: Massenspektrum einer unbekanntem Verbindung, RT: 41,72 min (4-Methoxyphenylpropanol) und Referenzmassenspektrum.

Abundance



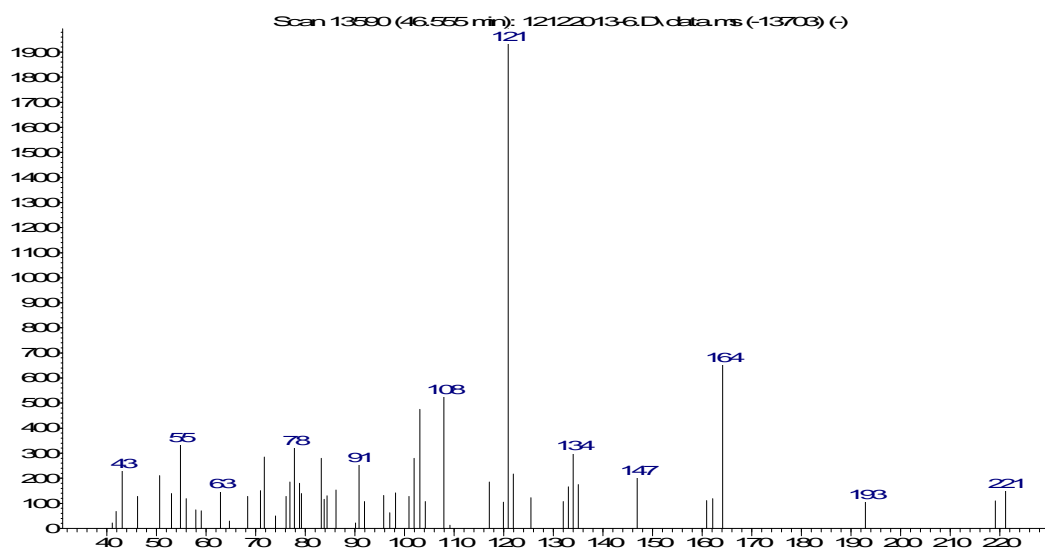
m/z->



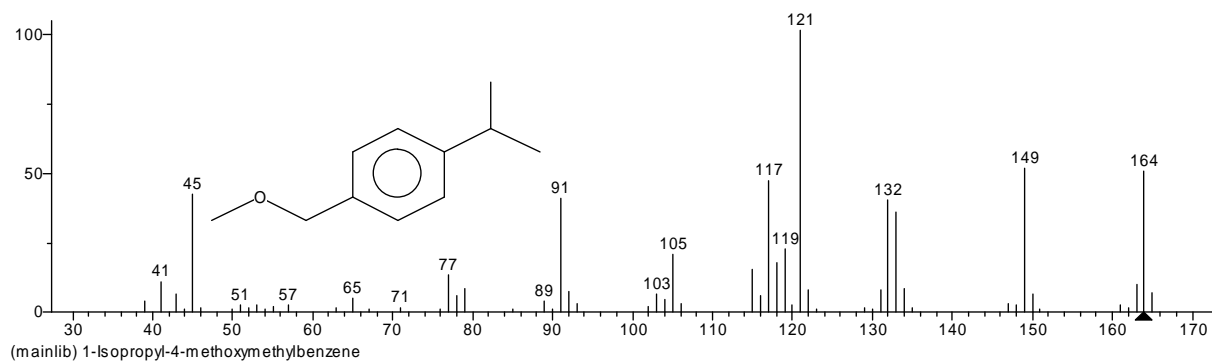
Anhang

Anhang 57: Massenspektrum einer unbekanntten Verbindung, RT: 46,555 min (Isopropyl-4-methoxy-metyl-benzen) und Referenzmassenspektrum.

Abundance



m/z->



Anhang

Anhang 58: Übersicht über die Aromastoffe in roten Apfelsaft der Sorten und Züchtungen der Ernte 2012 (nach Wasserdampfdestillation).

Konzentration [µg/L]	Iso-butanol	Butanol	2-Methylbutanol	Pentanol	Hexanol	3-Hexenol	2-Hexenol	Essigsäurebutylester	Essigsäure-2-Methylbutylester	Essigsäurepentylester	Essigsäurehexylester	Essigsäure-E-2-Hexenylester	Hexanal	2-Hexenal
Rheinischer Bohnapfel	n	1079,0	323,7	0,0	479,4	0,0	556,8	457,3	292,7	n	n	0,0	n	484,3
Weirouge Südtirol MHD12	0,0	857,4	222,6	0,0	533,6	n	221,0	120,3	n	0,0	n	0,0	0,0	n
Weirouge Schneider	0,0	2676,0	93,7	0,0	1015,5	n	n	778,2	82,5	0,0	258,7	0,0	214,3	n
Weirouge Schmitt	0,0	426,1	n	0,0	322,2	89,7	n	114,3	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
Maggy Schneider	298,0	16366,2	2583,2	236,9	3721,3	0,0	404,2	n	0,0	0,0	0,0	0,0	353,1	484,5
Maggy Gh	510,4	11604,4	4664,5	227,2	2178,9	0,0	320,4	n	0,0	0,0	0,0	0,0	256,5	385,4
Topred	0,0	448,1	n	0,0	243,6	0,0	356,7	186,9	n	0,0	0,0	n	n	n
Anna	0,0	0,0	0,0	0,0	191,9	0,0	405,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
Ruth	0,0	1377,0	n	n	595,1	163,7	184,0	n	n	0,0	0,0	0,0	210,3	n
Marilyn	0,0	1128,8	n	0,0	348,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
Max	410,5	13745,4	2294,8	205,0	3227,4	0,0	370,1	n	0,0	0,0	0,0	0,0	419,5	311,3
Mary	0,0	250,8	n	0,0	330,0	n	370,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
Mary klar	0,0	213,9	n	0,0	387,1	n	781,3	38,3	11,0	1,6	1,9	0,0	n	n
Kathy klar	0,0	551,7	235,0	0,0	713,3	0,0	902,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
A1-33-04KL	0,0	3424,6	888,6	n	857,8	0,0	200,2	1007,6	613,2	70,4	244,3	0,0	392,5	n
A4-1-04KL	0,0	7705,9	1222,8	n	1383,4	0,0	297,3	1553,2	558,3	n	209,7	0,0	246,4	n
Pomfital	0,0	235,8	n	0,0	420,2	0,0	550,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
6_1	0,0	n	0,0	0,0	71,9	689,4	90,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
6_11	0,0	294,0	n	n	771,4	2067,8	1157,9	n	0,0	0,0	0,0	0,0	306,3	384,9
6_21	0,0	10825,7	3416,6	115,2	1412,5	n	375,2	n	0,0	0,0	0,0	0,0	229,0	521,3
6_31	0,0	1358,9	746,1	n	1127,8	307,2	350,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	428,3	n
6_51	0,0	0,0	0,0	0,0	n	668,1	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	208,9	314,2

Anhang

Konzentration [µg/L]	Iso- butanol	Butanol	2- Methyl- butanol	Pentanol	Hexanol	3-Hexenol	2-Hexenol	Essigsäure- butylester	Essigsäure-2- Methylbutyl- ester	Essigsäure- pentylester	Essigsäure- hexylester	Essigsäure- E-2- Hexenyl- ester	Hexanal	2-Hexenal
6_61	0,0	n	144,3	0,0	510,5	0,0	861,6	n	0,0	0,0	0,0	0,0	522,1	519,7
6_61 2		n	129,6	0,0	502,8	0,0	895,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	438,4	482,2
6_131	0,0	3047,5	580,1	73,8	683,8	261,6	203,9	n	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n
Nr. 8, 1_12	496,1	9974,4	2712,2	183,1	2142,5	0,0	280,6	n	0,0	0,0	0,0	0,0	464,6	520,6

Anhang

Anhang 59: Übersicht über die Aromastoffe in roten Apfelsaft der Sorten und Züchtungen der Ernte 2013 (nach Wasserdampfdestillation).

	Iso- butanol	Butanol	2- Methyl- butanol	Penta- nol	Hex- anol	3- Hexenol	2- Hexenol	Buttersäure -ethylester	2-Methyl- buttersäure -ethylester	Essigsäure- butylester	Essigsäure-2- methyl- butylester	Essigsäure- pentylester	Essigsäure- hexylester	Essigsäure- (E)-2- Hexenyl- ester	Hexanal	2- Hexenal
Rhein- ischer Bohnapfel	0,0	n	n	0,0	111,8	0,0	463,0	0,0	0,0	120,2	132,3	0,0	0,0	n	n	1245,9
Topaz	0,0	5312,3	n	n	1242,1	310,1	291,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	266,6	2425,4
Gala	0,0	25535,6	2533,8	n	2352,8	0,0	272,6	0,0	0,0	5339,4	1286,3	64,6	971,1	n	707,2	2155,5
Boskop	n	1154,1	150,6	n	325,6	0,0	105,9	0,0	0,0	183,7	n	0,0	n	0,0	n	1157,2
Dolgo	0,0	n	0,0	0,0	109,0	295,1	296,9	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	n	644,8
Roter Herbst- kalvill	273,2	2287,5	310,9	n	646,7	0,0	477,9	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	n	1401,2
Kathy Schneider	0,0	427,4	n	0,0	416,2	n	361,8	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	211,6	577,8
Maggy Schneider	571,9	11922,9	1809,9	174,7	2683,2	0,0	319,1	0,0	0,0	104,6	0,0	0,0	0,0	0,0	612,5	2161,4
Maggy Gh	479,7	9232,9	1896,7	141,4	2000,6	0,0	92,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,7	1275,6
Weirouge Schneider	0,0	689,2	0,0	0,0	341,4	188,5	0,0	0,0	0,0	222,6	n	45,3	n	0,0	246,7	343,4
Weirouge Schmitt	0,0	460,0	n	0,0	217,4	287,0	30,6	0,0	0,0	83,9	n	0,0	0,0	0,0	250,5	375,6
Holland	n	2816,9	118,8	n	1390,4	n	149,7	0,0	0,0	133,6	0,0	0,0	n	0,0	0,0	n
6_1	0,0	n	0,0	0,0	n	560,4	104,4	45,0	n	n	0,0	0,0	0,0	0,0	n	1007,0
6_11	0,0	696,3	n	0,0	323,6	720,1	194,8	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	413,8	2227,8
6_21	365,3	20840,3	4634,4	247,2	3155,1	n	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	355,6	1002,8
6_31	n	3261,3	439,9	98,6	1827,6	205,2	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	746,7	1469,8
6_51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	175,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	1230,4
6_61	n	446,3	793,3	0,0	387,7	0,0	225,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	612,9	2292,0
6_71 Pomfital	n	1076,4	304,6	0,0	759,5	0,0	447,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	699,4
Pomfital 1. Ernte	279,7	1420,9	425,0	n	1261,9	0,0	587,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	672,9
Pomfital 2. Ernte	n	1615,0	624,5	n	1234,2	0,0	683,4	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	n	1150,9

Anhang

	Iso- butanol	Butanol	2- Methyl- butanol	Pentan- ol	Hexan- ol	3- Hexenol	2- Hexenol	Buttersäure -ethylester	2-Methyl- buttersäure -ethylester	Essigsäure- butylester	Essigsäure-2- methyl- butylester	Essigsäure- pentylester	Essigsäure- hexylester	Essigsäure- (E)-2- Hexenyl- ester	Hexanal	2- Hexenal
Pomfital 3. Ernte	533,4	4187,0	1224,0	124,2	2275,4	n	588,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	819,9
6_131	n	3660,8	685,0	130,0	829,1	208,1	308,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	225,5	628,7
2_69	211,4	2126,1	1204,8	n	373,5	0,0	n	0,0	0,0	477,6	800,5	n	105,5	0,0	228,3	1602,9
3_76	n	5085,0	692,1	n	835,1	0,0	n	0,0	0,0	483,4	180,8	0,0	128,5	0,0	n	658,7
3_80	n	8579,9	236,0	0,0	1748,4	0,0	n	0,0	0,0	1324,6	73,4	0,0	403,1	0,0	196,3	743,3
4_24	0,0	2234,3	326,6	n	740,0	186,2	289,7	0,0	0,0	167,8	0,0	0,0	0,0	0,0	n	1172,8
4_71	0,0	1357,5	176,4	n	254,5	363,2	0,0	0,0	0,0	79,9	n	0,0	0,0	0,0	n	n
5_79	0,0	1413,7	181,4	0,0	504,2	0,0	n	0,0	0,0	290,3	165,7	n	94,1	0,0	n	744,8
5_100	0,0	1433,6	97,7	0,0	318,9	134,6	0,0	0,0	0,0	216,7	n	0,0	n	0,0	n	995,3
A1-33- 04KL	0,0	552,8	96,2	0,0	114,4	n	90,2	0,0	0,0	121,0	96,0	0,0	0,0	0,0	330,3	465,5
A4-1-04 KI	0,0	3462,9	423,6	n	482,8	n	0,0	0,0	0,0	955,7	407,6	130,0	0,0	0,0	199,9	800,6
Mercedes Baja Marisa	28,4	1641,9	105,8	6,3	490,5	113,1	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	361,9	510,1
Mary Gh	0,0	310,5	172,9	0,0	193,9	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	307,0
Topred Gh Nr. 3, 1_34	0,0	600,0	0,0	0,0	165,6	0,0	154,2	0,0	0,0	94,2	0,0	n	n	0,0	n	509,5
Nr. 8, 1_12	n	3503,2	356,6	n	774,9	n	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	641,3	543,5
Nr. 9, 1_30	0,0	1653,6	89,0	0,0	433,4	316,4	190,5	0,0	0,0	197,5	n	n	0,0	0,0	0,0	0,0
	407,0	7047,0	2386,4	159,9	2113,0	0,0	94,0	0,0	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	608,8	1154,7
	0,0	1353,9	n	0,0	449,5	0,0	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n	n



9 Prüfschema

10 Für Fruchtsaft, Fruchtnektar und Fruchtsaftgetränk

Proben-Nr.:

Gewichtungs-
faktoren

1. Farbe/Aussehen **Bewertung: 5 4,5 4 3,5 3 2,5 2 1,5 1 0,5 0 11 X 3**

2556 Farbe	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	2535 Fruchtpulpe abgesetzt	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
3082 klar	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	3945 nachgetrübt	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
3980 naturtrüb	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	4711 Sonstiges*	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
5395 typisch	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0											

2. Geruch **Bewertung: 5 4,5 4 3,5 3 2,5 2 1,5 1 0,5 0 12 X 5**

1211 Aromaausprägung	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	3991 oxidativ	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
2145 fruchtig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	5595 unsauber	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
4385 reintonig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	1824 dumpf, muffig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
5395 typisch	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	2585 gärig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
2542 Frische	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	3160 Kochgeruch	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
1960 einseitig *	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	4711 Sonstiges *	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
1235 aufdringlich	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0											

3. Geschmack **Bewertung: 5 4,5 4 3,5 3 2,5 2 1,5 1 0,5 0 13 X 8**

2691 Geschmacksausprägung	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	1265 adstringierend	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
2145 fruchtig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	1365 bitter	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
4385 reintonig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	3991 oxidativ	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
5395 typisch	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	5595 unsauber	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
2542 Frische	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	1824 dumpf, muffig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
1960 einseitig *	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	2585 gärig	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
4525 sauer	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	3155 Kochgeschmack	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0
5090 süß	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0	4711 Sonstiges *	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0

4. Harmonie **Bewertung: 5 4,5 4 3,5 3 2,5 2 1,5 1 0,5 0 14 X 4**

3031 Harmonie	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0											
---------------	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

* Bitte möglichst kurze, konkrete Erläuterungen (EDV) unter „Bemerkungen“.

Unterschriften:

Datum:

9 Poster und Publikationen

Knebel, T.; Dietrich, H.; Braun, P. Roter Apfelsaft – Farbliche Charakterisierung einer Kreuzungspopulation aus einer rotfleischigen und einer normalfleischigen Apfelsorte. 49. Gartenbauwissenschaftliche Tagung- Nachhaltigkeit und Gartenbau der DGG, Grünes Forum Pillnitz und BHGL, BHGL-Tagungsband 30/2014, p. 52

Knebel, T.; Dietrich, H.; Braun, P. Charakterisierung der Polyphenole in rotem Apfelsaft- Entwicklung züchterischer und getränketechnologischer Lösungsstrategien für ein innovatives Produkt. 40. Deutscher Lebensmittelchemikertag 2011-Kurzreferate. Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., Frankfurt am Main 2011, p. 221