

EINFLUSS VON ANBAUWEISE, ERNTEZEITPUNKT, REIFEGRAD UND LAGERZEIT AUF ANTHOCYANE IN HIMBEEREN DER SORTEN 'TULAMEEN' UND 'GLEN AMPLE'

MARTIN POUR NIKFARDJAM, MANUELA SÜSSMANN UND GUNHILD MUSTER

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau
D-74189 Weinsberg, Traubenplatz 5
E-Mail: Martin.PourN@lvwo.bwl.de

Der Einfluss von Anbauweise, Erntezeitpunkt, Reifegrad und Lagerzeit auf Anthocyane in Himbeeren der Sorten 'Tulameen' und 'Glen Ample' wurde mittels HPLC/UV-Vis untersucht. Die Sorten zeigen ein sortenspezifisches Anthocyanmuster, wobei sich die Gehalte insgesamt um einen Mittelwert von etwa 60 mg/100 g Frucht (berechnet als Cyanidin-3-sophorosid) bewegen. Der Anbau im Freiland bringt gegenüber dem Anbau im Tunnel deutliche Vorteile aufgrund der erhöhten UV-Bestrahlung und der daraus resultierenden verstärkten Biosynthese von Anthocyanen. Daher eignet sich auch generell ein späterer Erntezeitpunkt, um einen hohen Gehalt von Anthocyanen zu erreichen. Kann dies nicht bewerkstelligt werden, so können die Früchte bei früherer Ernte im Dunkeln noch nachreifen. Eine Nachreifung von fünf bis sieben Tagen führt ebenfalls zu einer deutlichen Erhöhung des Anthocyangehaltes durch weitere Biosynthese der Stoffe und/oder Aufkonzentrierung in der Frucht durch Flüssigkeitsverlust.

Schlagwörter: Himbeere, Anthocyane, Reife, Lagerung

Influence of cultivation management, date of harvest, ripeness stage and storage time on anthocyanins in raspberries cv. 'Tulameen' and 'Glen Ample'. The impact of cultivation method, date of harvest, ripeness stage, and storage time on anthocyanins in raspberries cv. 'Tulameen' and 'Glen Ample' was analyzed by means of HPLC/UV-Vis. The results revealed that the cultivars show a specific anthocyanin ratio; generally, the contents showed mean values of about 60 mg/100 g fresh fruit (calculated as cyanidin-3-sophoroside). Field cultivation shows some advantages over cultivation in tunnels since a more intense UV irradiation results in higher biosynthesis of anthocyanins. Thus, harvest at a more progressed ripening stage is recommended to achieve higher contents of anthocyanins. If this is not possible, fruit can mature during storage in the dark. Storage over a time period of five to seven days also increases anthocyanin contents via ongoing biosynthesis of these compounds and/or concentration of the latter through water evaporation from the fruit.

Keywords: raspberry, anthocyanin, ripeness, storage

Die Himbeere (*Rubus idaeus*) zählt zur Familie der Rosengewächse (Rosaceae) und gehört der Untergattung *Idaeobatus* der Gattung *Rubus* an. Obwohl die Himbeere erst seit dem frühen Mittelalter kultiviert wurde, stellte sie als klassische Sammelfrucht schon während der Steinzeit eine wichtige Nahrungsquelle dar (DIECKMANN et al., 2001). Mittlerweile zählt die Himbeere zu den kommerziell wertvollsten Pflanzen der Gattung *Rubus* und ist in ganz Eurasien beheimatet (BUNDESSORTENAMT, 2006). Wirtschaftlich spielt die Himbeere in Europa und Nordamerika eine große Rolle. Im Jahr 2010 betrug die weltweite Ernte circa 462.000 t. Davon wurden allein in Russland 125.000 t, in Polen 88.000 t, in den USA 31.000 t, in Großbritannien 17.000 t, in Spanien 10.000 t, in Frankreich 6.000 t und in Deutschland 5.000 t geerntet (LIEBEREI und REISDORFF, 2012).

Im Jahr 2014 waren in Deutschland 561 Betriebe im Himbeeranbau auf einer Fläche von 974 ha tätig. Dies entspricht im Durchschnitt 1,7 ha pro Betrieb. Im Vergleich zu Schwarzer Johannisbeere, deren durchschnittliche Anbaufläche sich pro Betrieb auf 4,1 ha beläuft, ist die Flächenverteilung für Himbeeren relativ groß, somit besitzen die Betriebe eher kleinere Anbauflächen. Die Erntemenge, die über Erzeugerorganisationen abgesetzt wird, betrug in Deutschland im Jahr 2014 insgesamt 4.200 t. Im Vergleich zum Vorjahr ging der Ertrag damit um 100 t leicht zurück (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015). In Baden-Württemberg werden in 220 Betrieben mit 315 ha die meisten Himbeeren produziert (1.300 t). Generell erfolgt der Himbeeren-Anbau vorzugsweise im Freien. In Deutschland wurden von den 2014 kultivierten 974 ha nur 129 ha (13,2 %) unter Tunnel bewirtschaftet. Bezogen auf Baden-Württemberg waren von 315 ha insgesamt 27 ha (8,6 %) nicht im Freiland bewirtschaftet (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015).

Eines der entscheidenden Qualitätsmerkmale von Früchten und damit auch von Himbeeren ist ihre charakteristische Farbe. Evolutionsbedingt werden Tiere und Menschen insbesondere von tiefroten Früchten angezogen. Dies steht jedoch teilweise im starken Widerspruch zur Einstellung des Handels. Letzterer assoziiert mit roten, insbesondere dunkelroten Früchten die Gefahr eines schnelleren Verderbs. Somit bevorzugt der

Handel eher hellrote Früchte (MUSTER, unveröffentlicht).

Ihre rote Farbe verdanken die Himbeeren den Phenolen, wobei speziell die Anthocyane einen Anteil an der Farbgebung haben. Sie verleihen den Früchten und Blüten ihre orange, rote und blaue Farbe (BELITZ et al., 2008). Das Interesse an Anthocyanen im Allgemeinen ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Das liegt vor allem an der Annahme, dass Anthocyane sich positiv auf die Gesundheit auswirken können. Es gibt zahlreiche Studien, die darauf hinweisen, dass Anthocyane beispielsweise das Risiko von Krebserkrankungen verringern können (CLIFFORD, 2000; PRIOR und WU, 2006; BOWEN-FORBES et al., 2010). Himbeeren enthalten hauptsächlich Glykoside des Anthocyanins Cyanidin. Die Hauptanthocyane sind hierbei Cyanidin-3-sophorosid und Cyanidin-3-glucosid (EBERMANN und ELMADFA, 2011).

Zurzeit sind 'Glen Ample' und 'Tulameen' die Hauptsorten in Baden-Württemberg. Sie konnten sich aufgrund ihres Geschmacks und ihrer Qualität innerhalb weniger Jahre in sehr vielen Betrieben etablieren (MUSTER, unveröffentlicht). 'Tulameen' (Nootka x Glen Prosen) gilt als weniger ertragreich als 'Glen Ample' (Glen Prosen x Meeker), dafür wird letztere als weitaus aromatischer angesehen (INNERHOFER, 2005).

Aufgrund des hohen Interesses an Anthocyanen wurden bereits einige Studien zur Verbesserung des Himbeeranbaus und zur Qualitätssteigerung durchgeführt. Schon vor einigen Jahren fand eine Betrachtung des Einflusses von Lagerung und Transport von gefrorenen Himbeeren auf die Anthocyankonzentration in Himbeeren statt (DE MICHELIS, 2003; KALT et al., 1999). Auch neuere Arbeiten beschäftigten sich ausführlich mit dem Einfluss der genannten Parameter auf Anthocyane in Himbeeren (KRÜGER et al., 2011; Kivi et al., 2014). Jedoch gibt es, obwohl Baden-Württemberg das Hauptanbaugebiet für Himbeeren in Deutschland darstellt, kaum Studien bezüglich Anthocyane in Himbeeren aus Baden-Württemberg. Auch für 'Glen Ample' und 'Tulameen', die Hauptanbausorten, ist die Informationsdichte bezüglich Anthocyane relativ dünn.

MATERIAL UND METHODEN

HIMBEEREN

Die verwendeten Himbeeren stammten vom Staatlichen Obstgut Heuchlingen (Bad Friedrichshall) der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg. Zur Verfügung standen Himbeerfrüchte der Sorten 'Tulameen' und 'Glen Ample'. Die Sorten wurden sowohl im Folientunnel in Containerkultur (7,5 l-Topf mit Weißtorf-Kokosfasersubstrat, Düngung mit der Bewässerung, 3 Töpfe pro Laufmeter) als auch unter Freiland-Bedingungen (mehrjährige Kultur, 3 Pflanzen pro Laufmeter, Fahrgasse: 3,0 m, Tropfbewässerung, feste Düngung im Februar/März) angebaut. Im Freilandanbau wurde zwischen mehrjährigen Kulturen, die im Boden angepflanzt wurden, und Pflanzen, die im Topf unter Überdachung (Regenkappen; Rovero, Raamsdonksveer, Niederlande) kultiviert wurden, unterschieden. Die Ernte der Himbeeren fand zu zwei verschiedenen Reifestadien statt: 1) orangereif (or) und 2) normalreif (nr). Die Ernte erfolgte an drei Terminen: 16.6.2014 (Tunnel), 25.6.2014 (E1), 2.7.2014 (E2). Hiernach erfolgte eine Lagerung für null (L0), zwei (L2), fünf (L5) oder sieben (L7) Tage bei 4 °C. Je Variante wurden 4 kg Früchte gepflückt. Um weitere Abbauprozesse zu verhindern, wurden die Himbeeren anschließend bei -20 °C bis zur Analyse aufbewahrt.

CHEMIKALIEN

Ortho-Phosphorsäure, L-Ascorbinsäure, Ethanol und Salzsäure wurden von VWR (Darmstadt, Deutschland), Cyanidin-3-sophorosid von Extrasynthèse (Genay, Frankreich) bezogen. Das verwendete doppelt-entmineralisierte Wasser entstammte einer Milli-Q Integral 3-Anlage (Millipore, Dreieich, Deutschland). Das für die HPLC-Analyse benötigte Acetonitril stammte von Sigma Aldrich (St. Louis, USA), das Methanol wurde ebenfalls von VWR bezogen. Die Lösungsmittel waren sämtlich von HPLC Grade-Qualität.

PROBENAUFARBEITUNG

Zur Bestimmung der Anthocyane wurden etwa 50 g Himbeeren eingewogen und mittels eines Stabmixers (HR1370, Philips, Hamburg) püriert. Zusätzlich wurden 200 mg Ascorbinsäure zur Stabilisierung der Phenole zugegeben. Anschließend wurde das Gemisch mit Hilfe einer Ethanol-Salzsäure-Lösung (10 ml 37 %ige Salzsäure mit Ethanol auf 1 l aufgefüllt) in einen 100 ml-Messkolben überführt. Es folgte eine 15-minütige Homogenisierung mit Hilfe eines Magnetrührers (MR 2002; Heidolph, Schwabach, Deutschland). Die Suspension wurde anschließend mit saurem Ethanol bis zur Markierung aufgefüllt und über Faltenfilter (MN 625 ¼; Macherey-Nagel, Düren, Deutschland) abfiltriert. Das klare Filtrat wurde bis zur weiteren Analyse bei -20 °C aufbewahrt und vor der HPLC-Messung membranfiltriert (25 mm Filter; 0,25 µm; regenerierte Cellulose; neoLab Migge, Heidelberg, Deutschland). Jede Probe wurde zweifach aufgearbeitet.

HPLC-BESTIMMUNG DER ANTHOCYANE

Die Bestimmung der Phenole wurde anhand der Methode von RECHNER et al. (1998) durchgeführt. Zur Identifikation der analysierten Substanzen wurde ein Absorptionsspektren- und Retentionszeitenvergleich mit den Ergebnissen von THIELEN et al. (2011) durchgeführt. Die Zuordnung der einzelnen Peaks ist aus Tabelle 2 ersichtlich. Die Quantifizierung erfolgte mittels externer Standardisierung. Alle Anthocyane wurden als Cyanidin-3-sophorosid quantifiziert.

STATISTIK

Die statistische Auswertung erfolgte mittels XLStat (Version 2011.1.05; Addinsoft, Paris, Frankreich). Zur Abtrennung der Mittelwerte diente Tukey's HSD_{0,05}-Test.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

ALLGEMEINES

Insgesamt zehn Anthocyane konnten mittels HPLC-Analyse nachgewiesen werden. Ein typisches Chromatogramm ist in Abbildung 1 gezeigt. Die Elutionsreihenfolge sowie die Identifizierung der Komponenten ist in Tabelle 1 angegeben. Vier Anthocyane sind in höheren Konzentrationen in den untersuchten Himbeeren enthalten. Diese sind: Cyanidin-3-sophorosid, Cyanidin-3-glucosyl-rutinosid, Cyanidin-3-glucosid und Cyanidin-3-rutinosid. Die sechs verbliebenen Anthocyane lagen in allen untersuchten Proben im Gehalt nur im Submilligrammbereich ($< 1 \text{ mg}/100 \text{ g}$) vor und wurden daher in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Darüber hinaus gestaltete sich die Zuordnung der verbliebenen Peaks aufgrund fehlender kommerziell

erhältlicher Referenzsubstanzen als äußerst schwierig. Abbildung 2 zeigt die Konzentrationsverteilung der vier Hauptanthocyane über alle untersuchten Proben. Die Ergebnisse sind als Box-Plot dargestellt. In der Box liegen die mittleren 50 % der Daten, wobei der Mittelwert durch ein rotes Kreuz und der Median durch eine horizontale Linie in der Box gekennzeichnet sind. Die ober- und unterhalb der Box liegenden T-förmigen „Whisker“ markieren den Bereich, der die 1,5-fache Boxhöhe ausgehend vom Median umfasst. Ausreißer werden als Punkt, Extremwerte als Stern dargestellt. Im Mittel enthalten die Proben daher Anthocyane im Konzentrationsbereich von etwa $60 \text{ mg}/100 \text{ g}$ Frucht. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren (ANCOS et al., 1999; CLIFFORD, 2000; WANG und LIN, 2000; KIM und PADILLA-ZAKOUR, 2004; CHANJIRAKUL et al., 2006; PANTELIDIS et al., 2007; KIVI et al., 2014).

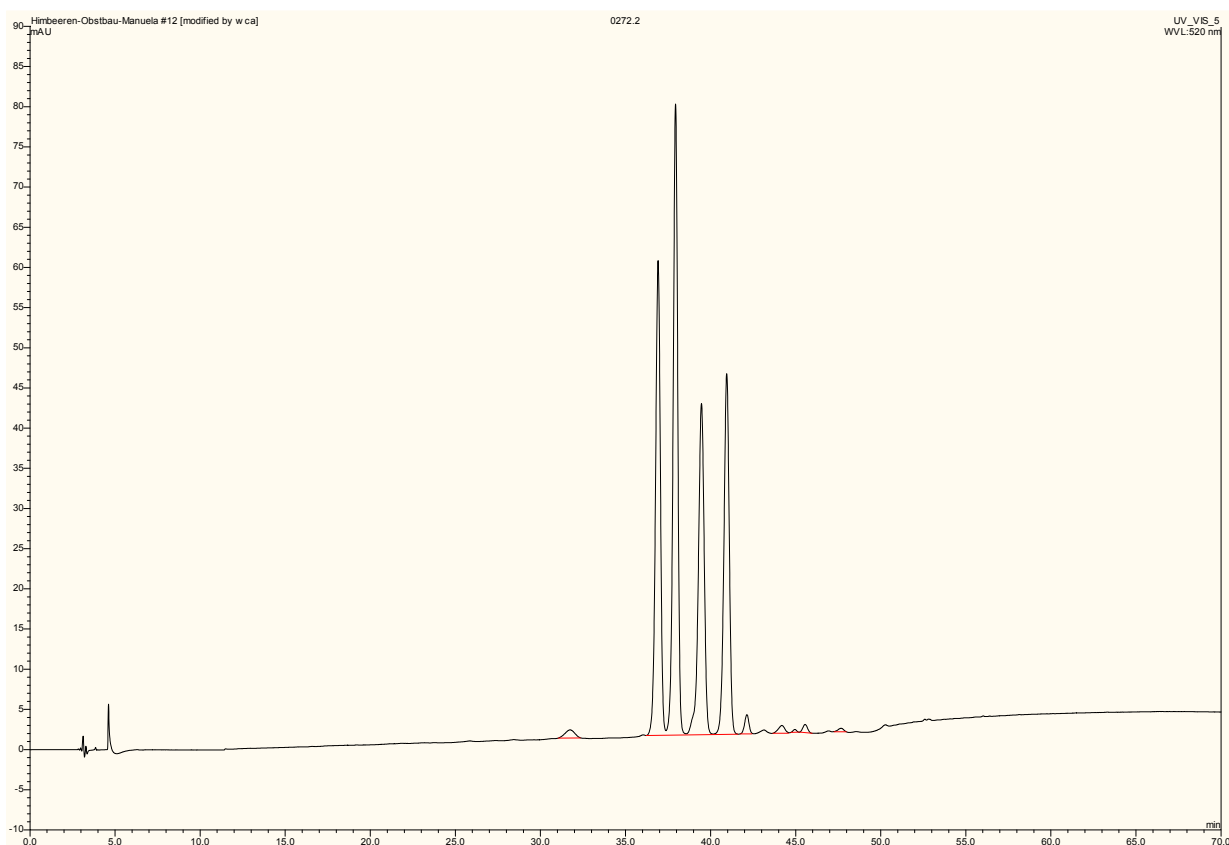


Abb. 1: HPLC/UV-Vis-Chromatogramm (520 nm) eines salzsauren, ethanolschen Extraktes aus Himbeeren der Sorte 'Glen Ample' (Zuordnung der Peaks siehe Tab. 1)

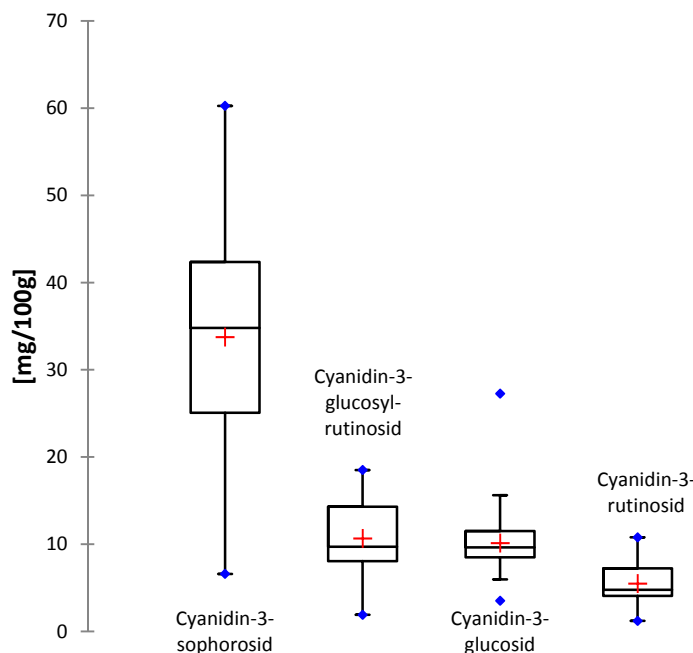


Abb. 2: Konzentrationsverteilung der vier Hauptanthocyane über alle Himbeer-Proben, jeweils berechnet als Cyanidin-3-sophorosid (n = 97)

Tab. 1: Retentionszeiten der mittels HPLC-UV/Vis quantifizierten Anthocyane

Nr.	Name	Retentionszeit (min)
1	unbekannt	31,9
2	Cyanidin-3-sophorosid	36,8
3	Cyanidin-3-glucosyl-rutinosid	37,8
4	Cyanidin-3-glucosid	39,4
5	Cyanidin-3-rutinosid	40,8
6	unbekannt	42,2
7	unbekannt	44,0
8	unbekannt	44,9
9	unbekannt	45,7
10	unbekannt	47,2

SORTE

Die Ergebnisse zeigen sortenspezifische Verteilungen in der Zusammensetzung der Anthocyane (Abb. 3). Das Hauptanthocyan ist, wie bereits erwähnt, das Cyanidin-3-sophorosid (ANCOS et al., 1999; EBERMANN und ELMADFA, 2011; KRÜGER et al., 2011). Für 'Tulameen' ergibt sich eine mittlere prozentuale Flächenverteilung der vier Hauptpeaks von 65 : 13 : 15 : 7, für 'Glen Ample' eine prozentuale Verteilung von 45 : 24 : 19 : 12. Deutlich zu erkennen ist, dass die Höhe der Peaks bei 'Glen Ample' stufenweise abnimmt, während 'Tulameen'

zu zwei Drittel durch Cyanidin-3-sophorosid charakterisiert ist, die restlichen Anthocyane hingegen in deutlich geringerer Konzentration auftreten. 'Tulameen' besitzt signifikant höhere Gehalte an Cyanidin-3-sophorosid als 'Glen Ample', die anderen Anthocyane liegen in 'Glen Ample' signifikant höher beziehungsweise existiert für Cyanidin-3-glucosid keinerlei signifikanter Unterschied zwischen beiden Himbeersorten. In Summe enthält 'Tulameen' im Mittel 7 mg/100 g (+ 12,5 %) mehr Anthocyane als 'Glen Ample'.

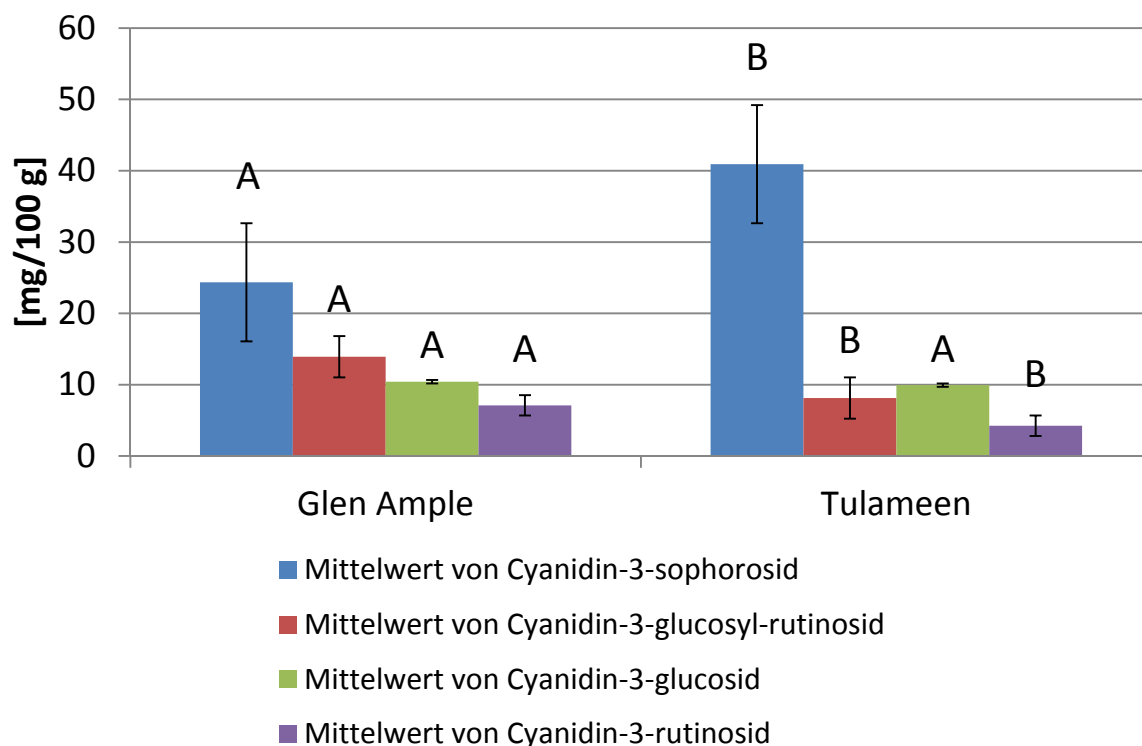


Abb. 3: Anthocyan-Verteilung der Himbeersorten 'Glen Ample' (n = 42) und 'Tulameen' (n = 55) ermittelt mittels HPLC/UV-Vis, jeweils berechnet als Cyanidin-3-sophorosid; Balken mit unterschiedlichen Buchstaben zwischen Sorten sind statistisch signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$)

ANBAUWEISE

Himbeeren sind aufgrund ihrer äußeren Beschaffenheit sehr druckempfindliche und schnell verderbliche Früchte. Durch eine Überdachung sind die Früchte vor Regen und Pilzbefall besser geschützt, und es lässt sich eine bessere Haltbarkeit erreichen. Eine höhere Haltbarkeit, bedingt durch den geschützten Anbau, bringt bei der Belieferung des Handels deutliche Vorteile. Auch bei Regenwetter ist dann eine kontinuierliche Lieferung trockener Früchte möglich. Insbesondere der Ertrag lässt sich durch Minimierung des Verderbs über den überdachten Anbau stark steigern. So konnte im Jahr 2005 in Versuchen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft durch überdachten Anbau eine Ertragssteigerung bei verschiedenen Anpflanzarten (Grünpflanze, überwinterte Grünpflanze und Ruten) von 15,9 bis 55,1 % bei der Sorte 'Tulameen' und bei 'Glen Ample' (Ruten) eine Ertragssteigerung von 36,7 % erreicht werden. Im darauffolgenden Jahr 2006 erfolgte jedoch ein Ertragsverlust von 14,5 % durch schlechte Fruchtqualität. Den

Vorteilen der Überdachung stehen allerdings hohe Kosten gegenüber (KRIEGHOFF und SCHOSTEK, 2007).

Unsere Ergebnisse zeigen, dass bezüglich Anthocyane die Anbauweise im Freiland keinerlei signifikante Unterschiede zwischen beiden Varianten (Freiland, Überdachung) bringt. Lediglich der Anbau im Tunnel unterscheidet sich signifikant von den ersten beiden (Abb. 4). Dies dürfte jedoch vornehmlich auf den unterschiedlichen Erntezeitpunkt der Tunnelware zurückzuführen sein, da die Früchte im Tunnel deutlich früher (andert- halb bis zwei Wochen) als die Freiland-Proben geerntet wurden. Hierdurch sind auch die signifikant niedrigeren Anthocyangehalte erklärlich, da die Früchte im Tunnel in Summe weitaus weniger dem Sonnenlicht ausgesetzt waren. Die im Sonnenlicht enthaltene UV-Strahlung regt die Biosynthese der Anthocyane an; letztere fungieren als Sonnenschutz in der Pflanze (ORDIDGE et al., 2010).

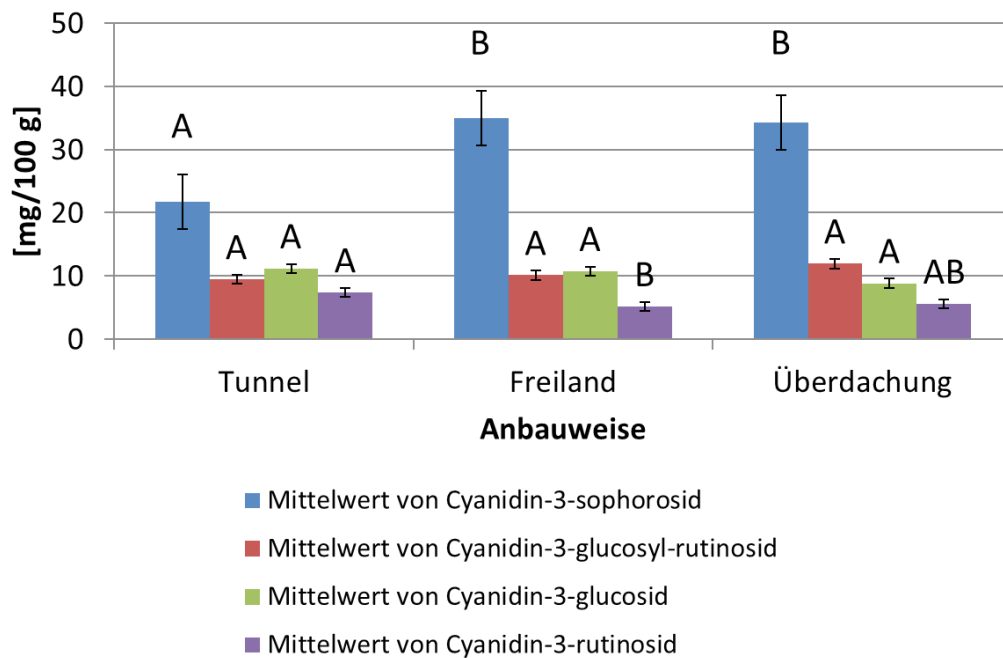


Abb. 4: Einfluss von drei verschiedenen Anbauweisen auf die Anthocyan-Verteilung der untersuchten Himbeersorten 'Glen Ample' und 'Tulameen' ermittelt mittels HPLC/UV-Vis, jeweils berechnet als Cyanidin-3-sophorosid (Tunnel: n = 8, Freiland: n = 55, Überdächung: n = 32); Balken mit unterschiedlichen Buchstaben zwischen Anbauweisen sind statistisch signifikant unterschiedlich (p < 0,05)

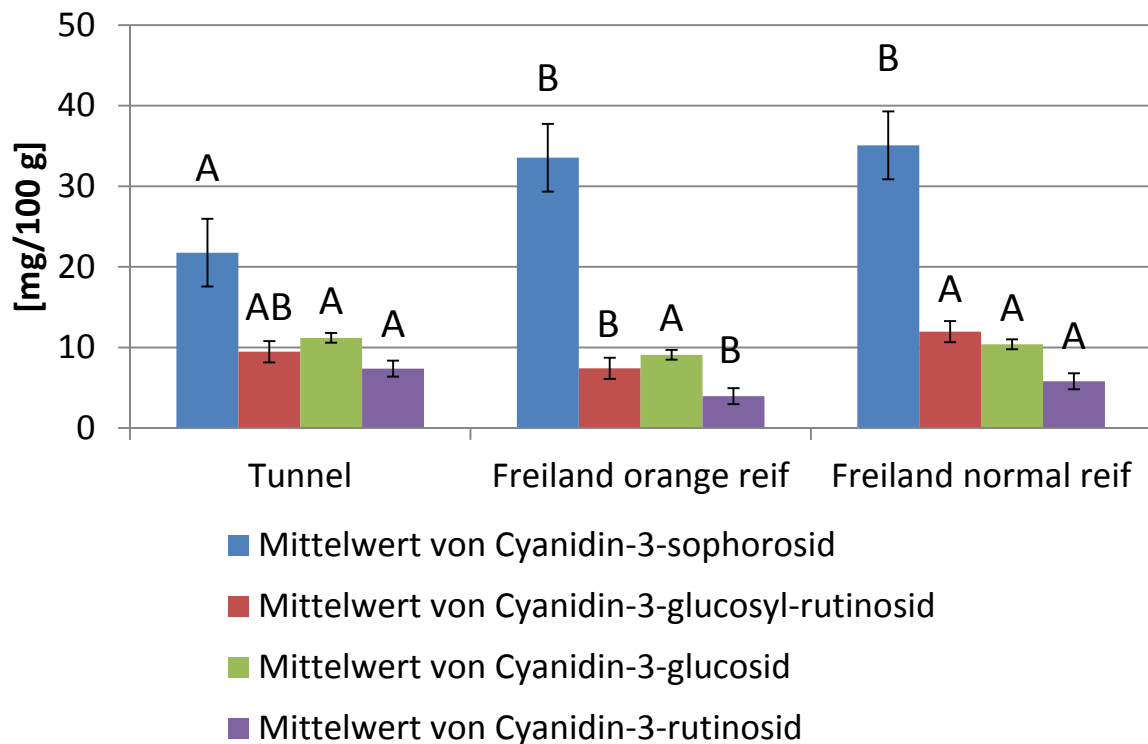


Abb. 5: Einfluss dreier Reifestadien auf die Anthocyan-Verteilung der untersuchten Himbeersorten 'Glen Ample' und 'Tulameen' ermittelt mittels HPLC/UV-Vis, jeweils berechnet als Cyanidin-3-sophorosid (Tunnel: n = 8, Freiland, orange reif: n = 22, Freiland, normal reif: n = 65); Balken mit unterschiedlichen Buchstaben zwischen Reifestadien sind statistisch signifikant unterschiedlich (p < 0,05)

REIFE UND ERNTEZEITPUNKT

Die Himbeere durchläuft während der Reife verschiedene Stadien. Da die Frucht mit länger andauernder Reife auch an Farbe gewinnt, liegt die Vermutung nahe, dass sich folglich auch die Anthocyankonzentration erhöht. Über die Zunahme der Anthocyankonzentration bei zunehmendem Reifestadium wurde bereits berichtet (KRÜGER et al., 2011; WANG und LIN, 2000). Auch im Rahmen unserer Untersuchungen konnte eine signifikante Konzentrationszunahme der vier Hauptanthocyane bei zunehmender Reife beobachtet werden (Abb. 5). Zwar reift die Frucht im Tunnel zeitlich deutlich früher, allerdings liegen die Anthocyangehalte dieser Früchte zumeist signifikant niedriger als bei späterer Ernte aus

Freilandanbau. Der Grund für diesen Unterschied dürfte, wie bereits erwähnt, in der verlängerten Exposition gegenüber UV-Strahlung liegen (ORDIDGE et al., 2010). Diese regt die Biosynthese der Anthocyane an, welche als Schutz gegen UV-Strahlung in der Pflanze fungieren. Bezüglich des Erntezeitpunktes ergab die statistische Auswertung, dass die größte mittlere Zunahme an Anthocyanen zwischen den Varianten „Tunnel“ und „Erntezeitpunkt 1 (E1)“ mit einer Erhöhung des Anthocyangehaltes von 50 auf 63 mg/100g (+ 26 %) stattfand. Zum zweiten Erntezeitpunkt hin ist hingegen keine weitere Zunahme der Anthocyane, sondern sogar eine leichte Abnahme auf 59 mg/100g (- 6 %) zu verzeichnen (Einzeldaten nicht gezeigt).

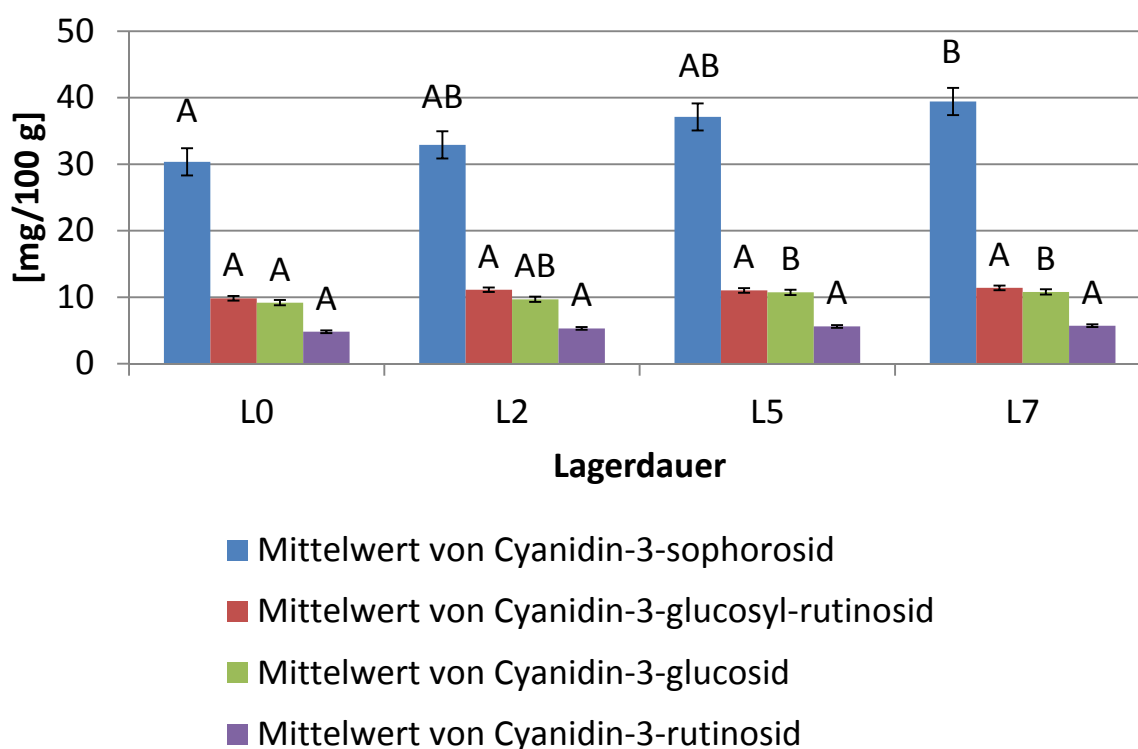


Abb. 6: Einfluss der Lagerdauer auf die Anthocyan-Verteilung der untersuchten Himbeersorten 'Glen Ample' und 'Tulameen' ermittelt mittels HPLC/UV-Vis, jeweils berechnet als Cyanidin-3-sophorosid (L0: n = 26, L2: n = 22, L5: n = 22, L7: n = 19); Balken mit unterschiedlichen Buchstaben zwischen Lagerdauer-Zeiten sind statistisch signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$)

LAGERDAUER

Die untersuchte Lagerdauer reichte von null bis sieben Tagen (L0 bis L7). Eine signifikante Zunahme des Anthocyangehaltes um 8 mg fand zwischen L2 und L7 statt. Sowohl L0 und L2 als auch L5 und L7 unterscheiden sich in Bezug auf die Anthocyankonzentration nicht signifikant (Abb. 6). Dies legt den Schluss nahe, dass selbst nach der Ernte und auch bei Lagerung im Dunkeln weiterhin Anthocyane gebildet werden (EBERMANN und ELMADFA, 2011; JAAKOLA, 2013) und/oder eine Aufkonzentrierung der Anthocyane über teilweise Verdunstung der in der Frucht enthaltenen Flüssigkeit stattfindet (DE MICHELIS, 2003; KRÜGER et al., 2011). Schon in früheren Arbeiten wurde der Einfluss einer Dunkellagerung von Himbeeren auf die Anthocyankonzentration diskutiert (KALT et al., 1999; HAFFNER et al., 2002; MÖLDER et al., 2011). Dabei wurde eine Zunahme der Anthocyankonzentration um das 2,5-fache bei einer Lagertemperatur von 20 °C und einer Lagerdauer von acht Tagen festgestellt (KALT et al., 1999). In anderen Arbeiten wurde dagegen kaum eine Veränderung über einen Zeitraum von acht Tagen bei einer Lagerung

zwischen 0 und 10 °C beobachtet (KIVI et al., 2014). Die im Rahmen unserer Untersuchungen erzielten Ergebnisse bestätigen die in früheren Arbeiten festgestellte Zunahme in der Anthocyankonzentration, allerdings fiel das Ausmaß der Zunahme in unseren Analysen mit einem Plus von 28 % deutlich geringer aus als bei KALT et al. (1999).

MANOVA

Das Ergebnis der MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) über die Faktoren Lagerung, Sorte, Reife und Anbau ergab, dass eine lange Lagerung generell von Vorteil ist, um die nachgängige Biosynthese der Anthocyane im Dunkeln auszunutzen (Tab. 2). Darüber hinaus sollte die Frucht normal ausgereift und im Freiland angebaut sein. Grundsätzlich ist die Sorte 'Tulameen' der Sorte 'Glen Ample' vorzuziehen, da sie von Natur aus mehr Anthocyane mit sich bringt. Jedoch kann durch eine entsprechende Lagerung auch 'Glen Ample' durchaus Anthocyangehalte erreichen, die denen von 'Tulameen' in nichts nachstehen. Der Unterschied beträgt dann unseren Ergebnissen zufolge nur 11,8 %.

Tab. 2: MANOVA (n = 95) des Gesamtanthocyangehaltes (mg/100 g) in Abhängigkeit von der Lagerung (L), Sorte (GA, T), Reife (nr, or) und Anbauart (F, Ü); nur die ersten zehn Faktoren sind gezeigt; Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch verschieden (p < 0,05)

Kategorie	Mittelwertschätzer (Anthocyangehalt)	Gruppen	
Lager-L7*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-F	78	A	-
Lager-L5*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-F	72	A	-
Lager-L2*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-F	70	A	-
Lager-L5*Sorte-GA*Reife-nr*Anbau-F	69	A	-
Lager-L7*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-Ü	68	A	-
Lager-L5*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-Ü	68	A	-
Lager-L7*Sorte-T*Reife-or*Anbau-F	66	A	B
Lager-L7*Sorte-GA*Reife-nr*Anbau-F	64	A	B
Lager-L2*Sorte-T*Reife-nr*Anbau-Ü	64	A	B
Lager-L7*Sorte-GA*Reife-nr*Anbau-Ü	63	A	B

L2 = 2 Tage, L5 = 5 Tage, L7 = 7 Tage; T = Tulameen, GA = Glen Ample; nr = normal reif, or = orangereif; F = Freiland, Ü = Überdachung

FAZIT

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die untersuchten Sorten ein sortenspezifisches Anthocyanmuster aufweisen. Eine verlängerte Reifezeit resultiert aufgrund längerer Exposition gegenüber dem UV-Licht der Sonne in erhöhter Biosynthese der Anthocyane. Die durch das UV-Licht induzierte Biosynthese verläuft auch während einer Lagerung in Dunkelheit weiter, so dass die Früchte auch vor einer kompletten Durchfärbung geerntet und im Dunkeln nachgereift werden können. Da die Früchte bei nicht kompletter Durchfärbung noch etwas fester sind, bietet sich diese Vorgehensweise insbesondere für Betriebe an, die ihre Früchte über weitere Transportwege versenden müssen. Zwar zeigen die Sorten unterschiedlich hohe Gehalte an Anthocyanen, diese können aber über eine geeignete Wahl von Reifezeitpunkt und Lagerdauer nahezu nivelliert werden.

LITERATUR

- ANCOS, B., GONZALEZ, E. AND CANO, M.P. 1999: Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* 208: 33-38
- BELITZ, H.-D., GROSCH, W. UND SCHIEBERLE, P. 2008: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 6. Aufl. – Wien, New York: Springer, 2008
- BOWEN-FORBES, C.S., ZHANG, Y. AND NAIR, M.G. 2010: Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *J. Food Comp. Anal.* 23: 554-560
- BUNDESSORTENAMT (2006): *Beschreibende Sortenliste - Himbeere Brombeere*. – Hannover: Dt. Landwirtschaftsverl., 2006
- CHANJIRAKUL, K., WANG, S.Y., WANG, C.Y. AND SIRIPHANICH, J. 2006: Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biol. Technol.* 40: 106-115
- CLIFFORD, M.N. 2000: Anthocyanins – Nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1063-1072
- DE MICHELIS, A. 2003: Parameters affecting pre-cooling, freezing, storage and transport of red raspberry fruits, individually frozen in discontinuous tunnels. Comparison among five varieties of *Rubus* sp. *Int. J. Refrigeration* 26(5): 586-592
- DIECKMANN, D., HOFFSTADT, J. UND LOHRKE, B. 2001: Zeitreise in die Steinzeit Archäologie auf der „Landesgartenschau Singen 2000“. *Denkmalpflege in Baden-Württemberg. Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege* 30(1): 31-36
- EBERMANN, R. UND ELMADFA, I. 2011: *Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung*. 2. Aufl. – Wien, New York: Springer, 2011
- HAFFNER, K., ROSENFELD, H.J., SKREDE, G. AND WANG, L. 2002: Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* 24(3): 279-289
- INNERHOFER, G. 2005: Neue Sommerhimbeersorten auf dem Prüfstand. *Bess. Obst* 50(2): 12-15
- JAAKOLA, L. 2013: New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in Plant Sci.* 18(9): 477-483
- KALT, W., FORNEY, C.F., MARTIN, A. AND PRIOR, R.L. 1999: Antioxidant capacity, vitamin c, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4638-46443
- KIM, D.O. AND PADILLA-ZAKOUR, O.I. 2004: Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *J. Food Sci.* 69(9): S395-S400

- KIVI, A.R., SARTIPNIA, N. AND KHALKHALI, M.B. 2014: Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and bioactive compounds in raspberry fruit. *Int. J. Plant, Animal Environm. Sci.* 4(3): 343-349
- KRIEGHOFF, G. UND SCHOSTEK, P. 2007: Beerenobstbau. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Heft 24)*: 10-23
- KRÜGER, E., DIETRICH, H., SCHÖPPLEIN, E., RASIM, S. AND KÜRBEL, P. 2011: Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 60: 31-37
- LIEBEREI, R. UND REISDORFF, C. 2012: *Nutzpflanzen*. 8. Aufl. – Stuttgart: Thieme, 2012
- MÖLDER, K., MOOR, U., TONUTARE, T. AND POLDMA, P. 2011: Postharvest quality of Glen Ample raspberry as affected by storage temperature and modified atmosphere packaging. *J. Fruit Ornam. Plant Res.* 19: 145-153
- ORDIDGE, M., GARCÍA-MACÍAS, P., BATTEY, N.H., GORDON, M.H., HADLEY, P. JOHN, P., LOVEGROVE, J.A., VYSINI, E. AND WAGSTAFFE, A. 2010: Phenolic contents of lettuce, strawberry, raspberry, and blueberry crops cultivated under plastic films varying in ultraviolet transparency. *Food Chem.* 119(3): 1224-1227
- PANTELIDIS, G.E., VASILAKAKIS, M., MANGANARIS, G.A. AND DIAMANTIDIS, G. 2007: Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chem.* 102: 777-783
- PRIOR, R.L. AND WU, X. 2006: Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free Radical Res.* 40(10): 1014-1028
- RECHNER, A., PATZ, C.D. UND DIETRICH, H. 1998: Polyphenolanalytik von Fruchtsäften und Weinen mittels HPLC/UV/ECD an einer fluorierten RP-Phase. *Dt. Lebensm. Rdsch.* 94(11): 363-365
- STATISTISCHES BUNDESAMT: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/ObstGemueseGartenbau/Tabellen/Strauchbeerenanbau2014.html>, 2015
- THIELEN, C., PATZ, C.D., WILL, F., ZACHARIAS, J., GIEHL, A., RHEINBERGER, A., KRÜGER, E. UND DIETRICH, H. 2011: Chemische Zusammensetzung authentischer Beerenobstsäfte unter Berücksichtigung der phenolischen Antioxidantien. *Flüss. Obst* 78(5): 194-197
- WANG, S.Y. AND LIN, H. 2000: Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and development stage. *J. Agric. Food Chem.* 48: 140-149

Eingelangt am 13. Mai 2015