

Überblick über ausgewählte gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe in Früchten und Direktsaft von *Aronia melanocarpa*

Elsa Patzl-Fischerleitner, Silvia Wendelin, Karin Korntheuer und Christian Philipp

HBLA und BA für Wein- und Obstbau
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 73
E-Mail: elsa.patzl-fischerleitner@weinobst.at

Aronia melanocarpa enthält besonders viele sekundäre Pflanzenstoffe und erfreut sich in den letzten Jahren auch in Österreich wachsender Beliebtheit, da die Beeren entzündungshemmend, immunstimulierend und antikanzerogen wirken sollen. In dieser Arbeit wurden 50 Direktsäfte und 53 Fruchtproben (vorwiegend Sorte 'Nero') auf phenolische Inhaltsstoffe, Säure- und Zuckerprofil und Aminosäuren mittels RP-HPLC, Ionenchromatographie und AAS analysiert. Die Unterschiede zwischen Direktsäften und Beeren wurden durch eine kategoriale Hauptkomponentenanalyse ermittelt und als Biplot dargestellt. Aroniabeeren und -saft enthalten hohe Mengen an Gesamtphenolen (Beeren: $15,2 \pm 2,6$ g/kg FG; Saft: $4,9 \pm 1,7$ g/l berechnet als Kaffeesäure) und weisen eine sehr hohe antioxidative Kapazität (TEAC; Beeren: 140 ± 36 mmol/kg FG; Saft: 59 ± 19 mmol/l) auf. Die Anthocyane liegen hauptsächlich als Cyanidin-3-galactosid und als Cyanidin-3-arabinosid vor. Der Zuckergehalt setzt sich vorwiegend aus Glucose und Fructose zusammen, wobei auch außerordentlich große Mengen an Sorbit zu finden sind (Beeren: $66,8 \pm 19,4$ g/kg FG; Saft: $71,1 \pm 25,9$ g/l). Die mengenmäßig bedeutendsten organischen Säuren sind Äpfelsäure und Chinasäure. Darüber hinaus enthält die Aronia auch Myoinosit (Beeren: $0,45 \pm 0,12$ g/kg FG; Saft: $0,36 \pm 0,09$ g/l) und große Mengen der Aminosäure Asparagin ($1098,5 \pm 868,3$ mg/kg FG; Saft: $1201,5 \pm 962,2$ mg/l). Durch nichtparametrische Tests wurden bei 54 von 64 untersuchten Parametern signifikante Unterschiede zwischen Beeren und Direktsaft festgestellt (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$). Alle untersuchten Direktsäfte entsprachen im Hinblick auf die analysierten Parameter den Vorgaben des AIJN (Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union) für Aroniasaft.

Schlagwörter: Aroniabeeren, Aroniasaft, antioxidative Kapazität, Phenole, Zuckerprofil, Säureprofil

Overview of selected health-related substances in fruit and direct juice from *Aronia melanocarpa*. *Aronia melanocarpa* contains a particularly large number of phytochemicals and has also become increasingly popular in Austria in recent years, because the berries are said to have anti-inflammatory, immunostimulating and anti-carcinogenic effects. In this work 50 direct juices and 53 fruit samples (predominantly cv. 'Nero') were analysed regarding phenolic compounds, acid and sugar profiles and amino acids using RP-HPLC, ion chromatography and AAS. The differences between direct juices and berries were evaluated by a categorical principle component analysis and presented as a biplot. Aronia berries and juice contain high amounts of total phenols (berries: $15,2 \pm 2,6$ g/kg fresh weight; juice: $4,9 \pm 1,7$ g/l calculated as caffeic acid) and have very high antioxidative capacity (TEAC, berries: 140 ± 36 mmol/kg fresh weight; juice: 59 ± 19 mmol/l). Anthocyanins are mainly present as cyanidin-3-galactoside and as cyanidin-3-arabinoside. Sugar content is composed of glucose and fructose in large part, with exceptionally high amounts of sorbitol (berries: $66,8 \pm 19,4$ g/kg fresh weight; juice: $71,1 \pm 25,9$ g/l). The most important organic acids in terms of quantity are malic acid and quinic acid. Aronia also contains myoinositol (berries: $0,45 \pm 0,12$ g/kg fresh weight; juice: $0,36 \pm 0,09$ g/l) and large amounts of the amino acid asparagine ($1098,5 \pm 868,3$ mg/kg fresh weight; juice: $1201,5 \pm 962,2$ mg/l). Nonparametric tests revealed significant differences in 54 out of 64 examined parameters of berries and juice (significance level $\alpha = 0,05$). All investigated direct juices corresponded to requirements of the AIJN (Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union) for aronia juice.

Keywords: aronia berries, aronia juice, antioxidative capacity, phenolic compounds, sugar profile, acid profile

Aronia melanocarpa (Schwarze Apfelbeere) gehört zur Familie der Rosaceae. Ursprünglich aus Nordamerika stammend, wurde die Aronia Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts über Russland schließlich auch nach Europa gebracht. Diese Beere mit blauschwarzer Farbe enthält besonders viele sekundäre Pflanzenstoffe und erfreut sich in den letzten Jahren wachsender Beliebtheit. Die Beeren werden zum Großteil verarbeitet (Saft, Marmelade, Trockenfrüchte, Farbstoffe für Lebensmittel, pharmazeutische Produkte, "Lifestyle-Produkte"). In Europa werden zum Großteil die Sorten 'Nero' und 'Viking' angebaut (Sandrini und Liebisch, 2016). Die aus Tschechien stammende Sorte 'Nero' ist die Hauptsorte Österreichs und bringt Vorteile im Anbau mit sich. Nach Misfeldt (2007) ist sie widerstandsfähiger gegen Frost als auch Hitze und weniger anfällig für Krankheiten und Schädlingsbefall. Die Pflanzen der Sorte 'Nero' sind spätreifend, wenig pflegeintensiv und bringen große Erträge. Sie haben größere Doldentrauben und erreichen dabei auch ein hohes Fruchtgewicht.

Bis zur Jahrtausendwende befanden sich die Hauptanbauggebiete der Aronia im osteuropäischen Raum, vorwiegend in Polen, Tschechien, Slowenien und Bulgarien (Ara, 2002). In den letzten Jahren wurde aber auch in anderen Ländern Europas, unter anderem in Österreich und Deutschland, vermehrt Aronia angebaut.

Aronia wird seit einigen Jahren intensiver erforscht. Die Erkenntnisse zur gesundheitlichen Wirkungsweise der Aroniabeeren stammen in erster Linie aus dem osteuropäischen Raum, wo Aronia traditionell seit vielen Jahren als Heilpflanze anerkannt ist. Der Schwerpunkt liegt dabei im medizinischen Bereich und betrifft vor allem die antioxidativen, antimutagenen, kardioprotektiven, hepatoprotektiven, gastroprotektiven, antidiabetischen, entzündungshemmenden, radioprotektiven und immunmodulierenden Eigenschaften (Kokotkiewicz et al., 2010). Über die Wirkung der Inhaltsstoffe der Aronia auf den menschlichen Organismus wurden in den letzten dreißig Jahren vermehrt Studien durchgeführt, vor allem in jenen Ländern, in denen die Aronia in größerem Umfang angebaut wird, in Polen, Russland und Bulgarien. Die Anthocyane der Aroniabeere haben eine hohe antioxidative Kapazität und können dadurch positiv gegen oxidativen

Stress wirken. In der Studie von Kowalczyk et al. (2003) führte die Verabreichung von Anthocyanen aus Aronia, kombiniert mit Cadmiumchlorid, zu einer statistisch signifikanten Abnahme der Aktivität von Aspartataminotransferase und Alaninaminotransferase, der Konzentration von Bilirubin und Harnstoff im Blutserum und einer verminderten Cadmiumkumulation in Leber und Nieren im Vergleich zu Tieren, die nur Cadmiumchlorid erhielten. Extrakte von *Aronia melanocarpa* zeigten auch eine protektive Wirkung gegen kardiovaskuläre Erkrankungen, insbesondere durch Schutz vor einer Thrombozytenaggregation (Ryszawa et al. 2006), durch Schutz vor freien Radikalen (Bell und Gochenaur, 2006) und durch Schutz vor erhöhten Blutfettwerten (Valcheva-Kuzmanova und Belcheva, 2006). Darüber hinaus weisen Extrakte der Aronia verschiedene antimutagene Wirkungen auf (Gasiorowski und Brokos, 2001; Atanasova-Goranova et al., 1997). Weiters ist die gute krebshemmende Wirkung von Aronia, auch im Vergleich mit anderen Beeren, zu erwähnen (Zhao et al., 2004). Es wurde festgestellt, dass Darmkrebszellen unter dem Einfluss von Aroniaextrakt deutlich langsamer wachsen (Malik et al., 2003). Borissova et al. (1994) weisen zusätzlich auch auf eine entzündungshemmende Wirkung von Aroniasaft hin. Die antioxidative Kapazität liegt nach Zheng und Wang (2003) höher als jene von anderen Beeren (z. B. Heidelbeeren, Preiselbeeren) und hat dadurch großes Potenzial, freie Radikale und reaktive Sauerstoffformen einzufangen und oxidativen Stress zu verringern. Dies wirkt sich vor allem durch den protektiven Effekt in Bezug auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebserkrankungen positiv auf den menschlichen Organismus aus (Esatbeyoglu, 2010; Kulling und Ravel, 2008; Valcheva-Kuzmanova und Belcheva, 2006).

Gesundheitsrelevante Substanzen von *Aronia melanocarpa*

In Aronia liegen Phenole sowohl monomer, z. B. in Form von Phenolcarbonsäuren und einfachen Phenolen, als auch höhermolekular, z. B. in Form von kondensierten Gerbstoffen, in größeren Mengen vor. Zu den monomeren Phenolen werden Flavonoide (Flavan-3-ole, Flavan-3,4-diole,

Flavonole und Anthocyanidine), Phenolcarbonsäuren, Chalcone und Dihydrochalcone und flüchtige Phenole gezählt (Eder und Wendelin, 2002). Die Flavan-3-ole (Catechine) dienen als Bausteine der Procyanidine. Sie sind unter anderem für den bitteren Geschmack verantwortlich, was abhängig vom Grad der Kondensation ist. Flavan-3,4-diole gelten als Vorstufe der Anthocyanidine (Richter, 1998). Nach Würdig und Woller (1988) können aus diesen farblosen Verbindungen bei höheren Temperaturen im sauren Milieu die rotfarbenen Anthocyanidine entstehen. In Pflanzen kommen Anthocyanidine glykosidisch an diverse Zucker gebunden vor. Auch das Flavonol Quercetin liefert einen wichtigen Beitrag zur antioxidativen Aktivität in Nahrungsmitteln. In höheren Konzentrationen ist es z. B. in Quitten, Holunderbeeren und Äpfeln enthalten (Belitz et al., 2008). In Früchten kommen Flavonole meist als Glykoside vor. In Aronia konnten Quercetin-3-galactosid, Quercetin-3-glucosid, Quercetin-3-arabinoglucosid, Quercetin-3-robinobiosid und Quercetin-3-rutinosid nachgewiesen werden (Slimestad et al., 2005). Nach Rechner (2001) stellen Hydroxyzimtsäuren-Verbindungen die in Früchten am häufigsten vorkommenden Phenolcarbonsäuren dar. Hauptsächlich kommen dabei p-Coumarsäure, Kaffeesäure und Ferulasäure, oft verestert mit Hydroxycarbonsäuren, vor. Die Chlorogensäure und die Neochlorogensäure, Ester aus L-Chinasäure und Kaffeesäure, sind die am weitesten verbreiteten Hydroxyzimtsäurenderivate in Früchten. Die am meisten in der Aronia enthaltenen Phenolcarbonsäuren stellen die Chlorogensäure und Neochlorogensäure dar (Slimestad et al., 2005). Polymere Phenole entstehen durch Kondensation monomerer Phenole und wirken im menschlichen Körper als Radikalfänger. Zu den polymeren Phenolen gehören Proanthocyanidine (kondensierte Tannine) und hydrolysierbare Tannine (Eder und Wendelin, 2002). Bestehen Proanthocyanidine ausschließlich aus Catechin und Epicatechin, spricht man von den in der Natur am weitesten verbreiteten Procyanidinen. Diese lassen sich anhand ihres Polymerisationsgrades weiter in oligomere Procyanidine (OPC; z. B. Dimere (B1 und B2)) und polymere Procyanidine einteilen (Gu et al., 2004). Polymere Proanthocyanidine machen zwar mit über 60 % den Hauptanteil an Polyphenolen aus (Eseatabyogly, 2010; Oszmianski und Wojdylo, 2005), aber auch Oligomere, Di- und Trimere sind in *Aronia melanocarpa* vorhanden.

Mineralstoffe haben im menschlichen Organismus zahlreiche und sehr unterschiedliche Funktionen. Die Mengenelemente Kalium, Magnesium, Calcium, Natrium und Phosphor müssen über die Nahrung zugeführt werden. Nach Elmadfa und Leitzmann (1998) werden den Elementen folgende physiologische Funktionen zugeordnet: Kalium dient der Säure/Basen-Bilanz, reguliert die neuro-muskuläre Reizbarkeit und Muskelkontraktion und hat Aufgaben in der Proteinsynthese. Natrium ist ebenfalls an der Säure/Basen-Bilanz beteiligt und hat eine wichtige Aufgabe im Wasserhaushalt. Calcium ist einerseits der Baustoff der Knochen und Zähne, hat Aufgaben in der Blutgerinnung, Muskelkontraktion und Herzfunktion und ist wichtig für die Aktivierung bestimmter Enzyme. Magnesium ist Katalysator und Coenzym im Kohlenhydrat- und Proteinstoffwechsel, dient der Muskel- und Nervenreizbarkeit und ist auch in Knochen und Zähnen enthalten. Nach Sidor et al. (2019) sind Aroniafrüchte auch gute Quellen für Kalium, Calcium, Phosphor und Magnesium.

Organische Säuren haben geschmacksgebende Eigenschaften und dienen zusätzlich als Energielieferanten. Sie stellen wichtige Zwischenprodukte im Stoffwechsel von Tier und Mensch dar. Organische Säuren werden im Darm nur langsam resorbiert und wirken in höheren Dosen als osmotische Abführmittel (Hänsel und Haas, 1984). Nach Misfeldt (2007) kommen in Aronia hauptsächlich L-Äpfelsäure, Chinasäure, Bernsteinsäure und Zitronensäure vor.

Kohlenhydrate sind für den Menschen leicht verwertbare und bevorzugte Energielieferanten. Nach Misfeldt (2007) beläuft sich der Anteil in Aroniabeeren auf 15 %, wovon der Großteil auf die Monosaccharide Glucose, Fructose und den Zuckeralkohol Sorbit fällt. Glucose erfüllt wichtige Aufgaben im Bereich des intermediären Stoffwechsels aller Organe des Menschen. Gehirn, Nierenmark und Erythrozyten decken ihren Energiebedarf ausschließlich aus Glucose. Fructose dient direkt zur Energiegewinnung, wird insulinunabhängig verstoffwechselt und weist eine hohe Süßkraft auf. Der durch die Nahrung zugeführte Zuckeralkohol Sorbit wird langsam absorbiert und übt somit nur einen geringen Effekt auf Blutzuckerkonzentration aus (Elmadfa und Leitzmann, 1998). Inosit, insbesondere das Isomer Myoinosit, ist ein Baustein der Inositphosphatide, die in vielen menschlichen Organen, unter anderem auch im Gehirn, vorkommen. Hier

spielt es als sekundärer Botenstoff in der Signalweiterleitung der Zelle eine wichtige Rolle. Nach Levine (1997) sind im Gehirn für die gesunde Nervenfunktion und Signalweiterleitung Botenstoffe wichtig, deren Vorstufe das Myoinosit darstellt. Nach der täglichen Aufnahme von 6 bis 18 g Inosit verbesserten sich die Symptome einzelner psychischer Krankheiten, vor allem von Zwangsstörungen und Phobien (Levine, 1997). Zum Gehalt an Myoinosit in *Aronia melanocarpa* konnte bis dato keine Literatur gefunden werden. Aroniabeeren und -säfte waren auch in der Arbeit von Clements und Darnell (1980), die Myoinositgehalte vieler verschiedener Lebensmittel auswiesen, nicht Gegenstand der Untersuchung.

Aminosäuren sind die Grundbausteine der Proteine. Es gibt 20 proteinogene Aminosäuren, davon sind acht für den Menschen essentiell und müssen über die Nahrung zugeführt werden. Die Aminosäuren haben auch verschiedene wichtige Funktionen im Stoffwechsel des Menschen und dienen auch als Ausgangsstoffe für diverse vom menschlichen Körper benötigte Substanzen (z. B. Purinbasen, Kreatin, Gallensäuren, Serotonin, Hämoglobin) (Elmadfa und Leitzmann, 1998). In Aroniafrüchten- und -säften sind viele der proteinogenen Aminosäuren enthalten. Die höchsten Gehalte weist Trester auf (28.9 g/kg Trockensubstanz), in dem auch alle essentiellen Aminosäuren nachgewiesen werden konnten (Sidor et al., 2019).

Ziel dieser Arbeit war es, einen möglichst breiten Überblick über die gesundheitsrelevanten Inhaltsstoffe der in Österreich angebauten *Aronia melanocarpa* zu erhalten-einerseits von Fruchtproben, und andererseits von kommerziell erhältlichen österreichischen Direktsäften. Darüber hinaus sollte eine Gegenüberstellung von Beeren und Direktsäften im Hinblick auf die Gehalte dieser Inhaltsstoffe erfolgen.

Material und Methoden

Probenmaterial

Als Probenmaterial dienten 50 klare Direktsäfte der Sorte 'Nero' (Jahrgang 2014 bis 2017) und 53 Fruchtproben (Jahrgang 2015 bis 2017), vorwiegend der Sorte 'Nero', aber auch jeweils zwei Proben der Sorten 'Hugin', 'Aron', 'Serina' und 'Viking'. Die Proben stammten aus verschiedenen Gebieten Österreichs (Steiermark, Oberösterreich, Salzburg, Niederösterreich, Kärnten und

Wien). Die Direktsäfte wurden bis zur Analyse bei 12 °C und die Beeren bis zur Verarbeitung bei -20 °C gelagert.

Probenvorbereitung

Für die Bestimmung der Polyphenole, Zucker, Aminosäuren, organischen Säuren, Gesamtphenole und der antioxidativen Kapazität wurde ein Teil der jeweiligen Probe nach der Einwaage (Frischgewicht) gefriergetrocknet (Gefrier Trockner Typ 1m ALPHA 1-4; Martin Christ, Osterode am Harz, Deutschland), nochmals gewogen (Trockengewicht), vakuumverpackt (Vakuumierer VC 10; Caso, Arnsberg, Deutschland) und bei -20 °C bis zur Weiterverarbeitung gelagert. Die Vermahlung erfolgte mit einer Cryo-Mill (Retsch, Haan, Deutschland) gekühlt mit flüssigem Stickstoff. Das erhaltene Pulver wurde wieder bei -20 °C gelagert. Für die Extraktion und anschließende Analyse wurden ca. 0,1 bis 0,2 g des homogenisierten Pulvers eingewogen und für die Rückrechnung auf das Trockengewicht genau notiert, danach dreimal mit je 3 ml der Extraktionslösung (siehe unten) versetzt, 10 Minuten im Ultraschallbad (Sonorex RK 100; Bandelin, Berlin, Deutschland) ausgelaugt und anschließend für 10 min bei 4700 U/min (Heraeus Megafuge 40RL; Thermo, Waltham, USA) zentrifugiert (Huang et al., 2012). Es wurden folgende Extraktionsmittel verwendet: 70 % Methanol in Wasser für Phenole; 85 % Methanol und 0,5 % Essigsäure in Wasser für Anthocyane; Wasser für Zucker und organische Säuren; 30 % Boratpuffer und 70 % Methanol für Aminosäuren.

Analysemethoden

Die monomeren Anthocyane wurden auf einer HPLC 1090 (Agilent, Santa Clara, USA) mit einer LiChrospher 100 RP-18 250-4 (Merck, Darmstadt, Deutschland) aufgetrennt und mit DAD bei 525 nm detektiert nach der geringfügig nach Wendelin et al. (2018) modifizierten Methode von Eder et al. (1990). Die Gesamtanthocyankonzentration wurde als Cyanidin-3-glucosid-äquivalent berechnet. Die Säfte wurden vor der HPLC-Analyse filtriert (Multoclear-13 PVDF 0,45 µm; Chromatographie Service GmbH, Langerwehe, Deutschland) und danach 1:10 verdünnt.

Flavanole, Flavonole, Phenolcarbonsäuren: Die Analyse erfolgte auf einer Rapid Resolution HPLC Typ 1200 (Agilent, Santa Clara, USA) mittels RP-C18 Säule (Poroshell 120 SB-C18 2,1 × 150 mm;

Agilent, Santa Clara, USA); Detektion mit DAD bei 280 nm, 320 nm und 362 nm; Mobile Phase:

Eluent A: 0.5 % Ameisensäure, Eluent B: Methanol, Gradient: 0 min 3 % B, 0-13 min 3 % B, 13-19 min 5 % B, Halten bis 25 min, 25-34 min 6 % B, 34-35 min 9 % B, 35-52 min 10 % B, 52-70 min 25 % B, Halten bis 85 min, 85-100 min 40 % B, 100-105 min 90 % B mit 0,3 ml/min Durchfluss. Die Quantifizierung erfolgte mit externen Standardlösungen. Die Methode nach Vrhovsek et al. (1997) wurde geringfügig für die Analyse von Aronia-Species modifiziert. Die Säfte wurden vor der HPLC-Analyse filtriert (Multoclear-13 PVDF 0,2 µm; Chromatographie Service GmbH, Langerwehe, Deutschland) und danach 1:10 verdünnt. Für die Bestimmung der antioxidativen Kapazität (TEAC) wurden die Lösungen entsprechend verdünnt (1:10) und mit einer ABTS-Lösung versetzt. Die Abnahme der Extinktion wurde im Photometer Typ 8453 (Agilent, Santa Clara, USA) bei 734 nm gemessen. Die Konzentration wurde mithilfe einer Trolox-Standardlösung auf mmol/kg Fruchtgewicht berechnet (Huang et al., 2012). Der Gesamtphenolgehalt wurde nach Folin-Ciocalteu bestimmt (Zoecklein et al., 1994) und als Kaffeesäureäquivalent angegeben (Huber et al., 2005).

Die Analysen der organischen Säuren erfolgten mittels Ionenchromatographie und chemischer Suppression mit Ionenleitfähigkeitsdetektor mit einem Gerät der Dionex Serie ICS 3000 (Dionex, Sunnyvale, USA) nach Wendelin et al. (2018). Als stationäre Phase dienten die Anionenaustauschsäulen IonPac AG 11 und AS 11 der Firma Dionex. Die Säfte wurden vor der Analyse filtriert (Chromafil Xra PVDF-45/25 0,45 µm; Machery-Nagel GmbH & CoKG, Düren, Deutschland) und danach 1:200 verdünnt.

Die Analyse des Zuckerspektrums (Dionex AN 122) erfolgte auf einer Carbo Pac10 (4 × 50/4 × 250)-Säule mit Ionenchromatographie Dionex Serie ICS 3000 mit elektrochemischer Detektion mit der Elektrode ED 40 Gold Electrode, Ag/AgCl Reference Elektrode (Dionex, Sunnyvale, USA) nach Wendelin et al. (2018). Die Säfte wurden vor der Analyse filtriert (Chromafil Xra PVDF-45/25 0,45 µm; Machery-Nagel GmbH & CoKG, Düren, Deutschland) und danach 1:1000 verdünnt.

Die Aminosäuren wurden nach Umagat et al. (1982) bestimmt. Zur Analyse wurde eine HPLC (Serie 1200) mit FLD (Typ 1100) (Agilent, Santa Clara, USA) verwendet. Zur Auftrennung diente die Säule RP-18e (LiChrospher100 4 × 250 und 4

× 125, 5 µm; Merck, Darmstadt, Deutschland). Die Säfte wurden vor der HPLC-Analyse filtriert (Multoclear-13 PVDF 0,45 µm; Chromatographie Service GmbH, Langerwehe, Deutschland).

Der Mineralstoffgehalt (Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium) wurde nach Barna und Grill (1980) unter Verwendung einer Flammen-AAS UNICAM 939 (Thermo Fisher, Waltham MS, USA) ermittelt.

Die Messungen im CIE-L*a*b*-Farbraum wurden mit dem Kolorimeter LICO® 200 DR (Hach-Lange GmbH, Düsseldorf, Deutschland) durchgeführt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte einerseits mittels MS Excel 2016 (Microsoft, Redmond, USA) (Mittelwert, Min, Max, Standardabweichung), und andererseits mittels SPSS-Statistics 22.0 (IBM, Armonk, USA). Zunächst wurde ein Mann Whitney U-Test für unabhängige Stichproben auf dem Signifikanzniveau von 0,05 durchgeführt. Die Ergebnisse aller Analysenparameter von Aroniabeeren und -direktsaft wurden einer kategorialen Hauptkomponentenanalyse (hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Direktsaft und Beeren) unterzogen und die Ergebnisse als Biplot präsentiert.

Ergebnisse und Diskussion

Gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe im Aroniadirektsaft

Aronia melanocarpa enthält viele gesundheitsrelevante Substanzen. Die in Direktsäften festgestellten Werte der einzelnen Phenolklassen sind in Tabelle 1 dargestellt. Bemerkenswert ist der hohe Gehalt an Gesamtphenolen, im Speziellen der der Anthocyane. Diese liegen in Aronia hauptsächlich als Cyanidin-3-galactosid und als Cyanidin-3-arabinosid vor und sind auch im "Reference Guideline for Aronia Juice" der AIJN als Hauptkomponenten der Anthocyane festgelegt (AIJN, 2014). Auch nach Oszmianski und Wojdylo (2005) sind Cyanidin-3-galactosid (mit 65,47 %) und Cyanidin-3-arabinosid (mit 29,69 %) die Hauptanthocyane in Aroniabeeren.

Bei Betrachtung der minimalen und maximalen Werte der Anthocyane bzw. ihrer Einzelsubstanzen fällt die außerordentlich große Spannweite auf, die bei den anderen analysierten phenolischen Substanzen nicht in diesem Ausmaß ersichtlich ist. Hinsichtlich Verarbeitung und Lagerung wurden in dieser Arbeit keine Daten erhö-

ben. Verschiedene Arten der Saftpressung könnten aber zu diesen großen Unterschieden geführt haben. Darauf deuten auch die Untersuchungen von Wilkes et al. (2014) hin. Dementsprechend wurden die Anthocyane durch Wärmebehandlungen bzw. warme Lagerung (Wuerth et al., 2010) abgebaut, und nach dem Pressen traten zusätzliche Verluste auf. Des Weiteren veränderten sich Flavonole und Hydroxyzimtsäuren im Saft während einer Lagerung von sechs Monaten bei 25 °C kaum, während der Gehalt an Anthocyanen linear abnahm.

Die untersuchten Direktsäfte weisen eine hohe antioxidative Kapazität auf (Tab. 1). Ein Vergleich verschiedener Buntsäfte in Bezug auf die antioxidative Kapazität und den Gesamtphenolgehalt (Hillebrand, 2004) zeigt ebenfalls, dass Aroniasaft eine hohe antioxidative Kapazität aufweist. Diese

wird dort mit 25 mmol/l (TEAC) beschrieben (n = 1) und liegt zwischen den Gehalten von Holundersaft (20,8 mmol/l, n = 17) und Heidelbeersaft (28,8 mmol/l, n = 2). In dieser Arbeit wurden 24 Buntsäfte verschiedener Obstarten verglichen, wobei die drei genannten die höchste antioxidative Kapazität sowie den höchsten Gehalt an Gesamtphenolen aufweisen konnten. Allerdings diente zu diesem Vergleich nur ein Einzelwert und kein Mittelwert eines Aroniasaftes, der zwar in die Spannweite der Ergebnisse dieser Arbeit gut eingeordnet werden kann, aber doch deutlich unter dem erhaltenen Mittelwert liegt. Hillebrand (2004) beschreibt den Aroniasaft außerdem als Saft mit geringer Rotfärbung, was darauf schließen lässt, dass es sich hierbei um keinen typischen Direktsaft handelt.

Tab. 1: Übersicht mittlerer Phenolgehalte in Aroniadirektsaft

| | Mittelwert | Direktsaft | | Standardabweichung |
|--|------------|------------|--------|--------------------|
| | | Min | Max | |
| Hydroxybenzoesäuren | | | mg/l | |
| Protocatechussäure | 42,1 | 7,2 | 68,0 | 14,9 |
| Flavan-3-ole | | | mg/l | |
| Epicatechin | 20,8 | 2,6 | 34,3 | 7,5 |
| Phenolcarbonsäuren | | | mg/l | |
| Neochlorogensäure | 457 | 269 | 674 | 89 |
| Kaffeesäure | 4,1 | 0,3 | 13,5 | 3,0 |
| Chlorogensäure | 638 | 216 | 1009 | 156 |
| Procyanidine | | | mg/l | |
| B2 | 44,2 | 4,2 | 74,2 | 14,7 |
| B1 | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Flavonole | | | mg/l | |
| Quercetin-3-galaktos. | 55,3 | 22,3 | 90,0 | 16,5 |
| Quercetin-3-glucosid | 42,1 | 19,5 | 67,0 | 11,4 |
| Quercetin-3-rutinosid | 36,9 | 4,5 | 56,0 | 10,0 |
| Anthocyane | | | mg/l | |
| Cyanidin-3-galaktosid | 218 | 23 | 758 | 202 |
| Cyanidin-3-glucosid | 14,6 | 5,0 | 47,0 | 9,4 |
| Cyanidin-3-arabinosid | 77 | 12 | 290 | 72 |
| Gesamt-Anthocyane (ber.a.Cy-3-gal) | 321 | 34 | 1139 | 292 |
| Gesamtphenolgehalt | | | g/l | |
| Gesamtphenolgehalt (ber. als Kaffeesäure) | 4,9 | 1,7 | 10,2 | 1,7 |
| antiox. Kapazität | | | mMol/l | |
| antiox. Kapazität | 59 | 17 | 104 | 19 |

n.n.nicht nachweisbar

Der Zuckergehalt setzt sich vorwiegend aus Glucose und Fructose zusammen, wobei auch außerordentlich große Mengen an Sorbit im Aroniadirektsaft zu finden sind (Tab. 2). Aus gesundheitlicher Sicht kommt dem Sorbit zugute, dass es aufgrund seiner geringen Absorptionsrate und Verstoffwechslung über die Umwandlung in Fruc-

tose nur einen geringen Effekt auf die Blutglucosekonzentration ausübt, dabei aber trotzdem süß schmeckt (Elmadfa und Leitzmann, 1998). Mit Gehalten bis zu 0,53 g/l Myoinosit weist der Aroniasaft durchaus hohe Gehalte auf. Lediglich in Säften aus Zitrusfrüchten ist mehr Myoinosit enthalten (Clements and Darnell, 1980).

Tab. 2: Übersicht mittlerer Gehalte relevanter Zucker, organischer Säuren und Mineralstoffe in Aroniadirektsaft

| Direktsaft | | | | |
|-------------------|-------------------|------------|------------|---------------------------|
| | Mittelwert | Min | Max | Standardabweichung |
| Zuckerprofil | | | g/l | |
| Saccharose | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Sorbit | 71,1 | 6,1 | 114,4 | 25,9 |
| Glucose | 48,6 | 12,9 | 66,2 | 13,2 |
| Fructose | 42,4 | 17,9 | 61,8 | 10,4 |
| Myo-Inosit | 0,36 | 0,12 | 0,56 | 0,09 |
| Säureprofil | | | g/l | |
| Äpfelsäure | 9,4 | 4,9 | 13,8 | 2,2 |
| Chinasäure | 4,5 | 2,9 | 8,2 | 1,4 |
| Milchsäure | 0,11 | 0,03 | 0,35 | 0,08 |
| Zitronensäure | 0,45 | 0,12 | 1,62 | 0,28 |
| Galacturonsäure | 0,11 | 0,01 | 0,26 | 0,05 |
| Mineralstoffe | | | mg/l | |
| Kalium | 2652 | 1773 | 3715 | 690 |
| Natrium | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Magnesium | 173 | 123 | 273 | 51 |
| Calcium | 224 | 157 | 295 | 53 |

n.n. ... nicht nachweisbar

Mit einem durchschnittlichen Gehalt an organischen Säuren von über 14 g/l weist Aroniadirektsaft einen hohen Säuregehalt auf. Äpfelsäure und Chinasäure sind die Hauptvertreter, auch Zitronensäure, Galacturonsäure, Bernsteinsäure, Isozitronensäure und Glutarsäure sind in geringen Mengen nachweisbar. Weinsäure konnte in keiner einzigen Probe nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse decken sich mit den Arbeiten von Tanaka und Tanaka (2001) sowie Kulling und Rawel (2008). Djuric et al. (2015) haben als einzige im Säureprofil der Aronia auch die Weinsäure mit Werten bis zu 2,1 g/l ausgewiesen.

Aroniasaft weist ein günstiges Mineralstoffverhältnis auf. Kalium, das bedeutendste intrazelluläre Kation, ist mit 2,5 g/l mit hohem Gehalt vertreten. Das blutdrucksteigernde Natrium konnte nicht nachgewiesen werden (Nachweisgrenze 0,01 g/l). Auch der Calciumgehalt liegt mit über 200 mg/l im Vergleich zu anderen Fruchtsäften sehr hoch.

Tab. 3: Übersicht mittlerer Gehalte von proteinogenen Aminosäuren in Aroniadirektsaft (ohne Cystein, Histidin, inkl. Hydroxyprolin, Ornithin)

| Aminosäuren | Mittelwert | Direktsaft | | Standardabweichung |
|----------------|------------|------------|--------|--------------------|
| | | Min | Max | |
| | | | mg/l | |
| Asparaginsäure | 107,3 | 20,0 | 278,9 | 47,2 |
| Glutaminsäure | 100,2 | 25,3 | 204,0 | 30,9 |
| Asparagin | 1201,5 | 223,0 | 6446,0 | 962,2 |
| Serin | 51,7 | 23,0 | 107,0 | 22,6 |
| Glutamin | 6,1 | n.n. | 39,0 | 8,1 |
| Glycin | 9,5 | 3,0 | 20,0 | 4,3 |
| Threonin | 74,7 | 26,0 | 194,5 | 35,8 |
| Arginin | 38,6 | 12,0 | 170,0 | 26,5 |
| Alanin | 27,6 | 11,3 | 68,0 | 13,0 |
| Tyrosin | 169,2 | 6,3 | 522,0 | 125,0 |
| Tryptophan | 12,5 | 2,0 | 33,0 | 7,0 |
| Methionin | 7,8 | 1,0 | 20,0 | 4,6 |
| Valin | 16,7 | 4,0 | 59,0 | 10,8 |
| Phenylalanin | 13,7 | 4,0 | 28,0 | 6,2 |
| Isoleucin | 8,9 | 2,0 | 23,2 | 5,2 |
| Leucin | 9,3 | 2,0 | 20,0 | 4,8 |
| Ornithin | 4,5 | 1,0 | 12,0 | 2,2 |
| Lysin | 7,3 | 1,0 | 22,0 | 4,5 |
| Hydroxyprolin | 104,2 | 10,9 | 438,0 | 103,8 |
| Prolin | 54,8 | 10,0 | 201,0 | 38,5 |

n.n. ... nicht nachweisbar

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, enthalten Aroniäsäfte vor allem die essentielle Aminosäure Threonin sowie die Aminosäuren Asparagin, Tyrosin und Hydroxyprolin, wobei der mittlere Gehalt an Asparagin mit über 1000 mg/l weitaus am höchsten liegt und schon den Mengen des im Namensgeber Spargel vorhandenen Asparagins nahekommt. Asparagin ist Bestandteil zahlreicher Peptide. Diese Aminosäure gehört zu den nicht-essentiellen Aminosäuren und kann im menschlichen Körper aus Asparaginsäure synthetisiert

werden. Asparagin trägt zur Entgiftung bei, da es Ammoniak im menschlichen Organismus fixiert (Löffler et al., 2007). Einige Studien deuten auch darauf hin, dass über die Nahrung oder durch Supplementierung zugeführtes Asparagin kurzfristig die körperliche Leistungsfähigkeit steigern kann (Marquezi et al., 2003).

Alle untersuchten Direktsäfte entsprachen in Bezug auf die Parameter Dichte und °Brix den verbindlichen Vorgaben (absolute quality requirements – Teil A: Dichte: Min. 1,0573 (20/20); Corresponding Brix: Min. 15) der AIJN (Association of

the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union) für Aroniasaft. Die von der AIJN empfohlenen Parameter (Teil B) für Aroniasaft konnten für die Parameter

titrierbare Säuren, Anthocyanprofil und Mineralstoffgehalt ebenfalls erreicht werden (AIJN, 2014).

Gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe der Aroniabeere

Tab. 4: Übersicht mittlerer Phenolgehalte in Aroniabeeren

| | Beeren | | | |
|--|------------|------|------------|--------------------|
| | Mittelwert | Min | Max | Standardabweichung |
| Hydroxybenzoesäuren | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| Protocatechussäure | 7,9 | 2,4 | 31,0 | 5,4 |
| Flavan-3-ole | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| Epicatechin | 29,5 | 3,0 | 90,3 | 22,1 |
| Phenolcarbonsäuren | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| Neochlorogensäure | 498 | 220 | 1113 | 186 |
| Kaffeesäure | 1,3 | 0,1 | 4,0 | 0,8 |
| Chlorogensäure | 731 | 288 | 1652 | 290 |
| Procyanidine | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| B2 | 32,4 | 5,0 | 83,4 | 19,3 |
| B1 | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Flavonole | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| Quercetin-3-galaktos. | 107,0 | 36,1 | 321,7 | 61,7 |
| Quercetin-3-glucosid | 119,4 | 41,0 | 207,4 | 43,1 |
| Quercetin-3-rutinosid | 69,1 | 30,9 | 256,3 | 35,4 |
| Anthocyane | | | | |
| | | | mg/kg FG | |
| Cyanidin-3-galaktosid | 3767 | 2105 | 6974 | 901 |
| Cyanidin-3-glucosid | 146 | 61 | 329 | 41 |
| Cyanidin-3-arabinosid | 1520 | 787 | 2899 | 347 |
| Gesamt-Anthocyane (ber.a.Cy-3-gal) | 5614 | 3122 | 10556 | 1303 |
| Gesamtphenolgehalt | | | | |
| | | | g/kg FG | |
| Gesamtphenolgehalt (ber. als Kaffeesäure) | 15,2 | 10,0 | 24,2 | 2,6 |
| antiox. Kapazität | | | | |
| | | | mmol/kg FG | |
| antiox. Kapazität | 140 | 73 | 230 | 36 |

n.n.nicht nachweisbar; FG.....Frischgewicht

Die hohen Gehalte an phenolischen Substanzen sind auch in der Aroniabeere nachweisbar (Tab.4). Nach Esatbeyoglu et al. (2010) konnten in Aronia bis jetzt nur Procyanidine vom B-Typ nachgewiesen werden, die aus (+)-Catechin- und/oder (-)-Epicatechineinheiten aufgebaut sind. Tabelle 4 ist zu entnehmen, dass in den Aroniafrüchten Epicatechin vorkommt, das als Grundbaustein der oligomeren Procyanidine dient. Catechin konnte aber in keiner der Proben nachgewiesen werden. Ebenso wurde Procyanidin B1 in keiner einzigen Probe detektiert. Laut Esatbeyoglu et al. (2010) bestehen die polymeren Procyanidine der Aronia melanocarpa aus bis zu 98,5 % (-)-Epicatechin- und lediglich zu 1,5 % (+)-Catechineinheiten. Von Esatbeyoglu et al. (2010) wurden HPLC-ESI-MS-Bestimmungen mit wesentlich niedrigeren Nachweis- und Bestimmungsgrenzen durchgeführt, was zu dieser analytischen Diskrepanz geführt haben könnte. Nach Oszmiński und Wojdylo (2005) machen die polymeren Procyanidine mit 66 % den größten Teil der Fruchtpolyphenole aus. Aroniabeeren enthalten durchaus hohe Mengen an Procyanidin B2, mengenmäßig vergleichbar mit den Gehalten von Wildheidelbeeren (Wendelin et al., 2018).

Die Analysenergebnisse der Flavonole entsprechen ungefähr den von Sidor et al. (2019) angeführten Werten, wobei die Mittelwerte aber etwas höher sind. Die einzige nachgewiesene Hydroxyzimtsäure in der Aroniabeere stellt die Kaffeesäure dar. Diese Erkenntnis deckt sich zwar mit den Ergebnissen von Jakobek et al. (2007), die aber etwas höhere Gehalte ($38.39 \pm 0,5$ mg/kg FG) festgestellt und im Vergleich zu anderen roten Beerenfrüchten Aronia sogar als die Frucht mit den höchsten Gehalten an Kaffeesäure ausgewiesen haben. Hydroxyzimtsäurederivate sind vor allem als Chlorogensäure und Neochlorogensäure in höherem Ausmaß vertreten (Tab. 4). Die antioxidative Kapazität der Aroniabeeren liegt mit Durchschnittswerten von 140 mmol/l sehr hoch. Das wird auch von Jakobek et al. (2007) bestätigt. Sie haben in Aronia die höchsten Gehalte im Vergleich zu anderen roten Früchten (Erdbeeren, Johannisbeeren, Kirschen, Holunder, Himbeeren, Brombeeren) festgestellt. Oszmiński und Wojdylo (2005) bestätigen das hohe antioxidative Wirkungspotential der Aronia, wobei die Säfte im Durchschnitt nur halb so hohe Werte der antioxidativen Kapazität erreichten wie hier publiziert.

Tab. 5: Übersicht mittlerer Gehalte relevanter Zucker und organischer Säuren in Aroniabeeren

| | Mittelwert | Beeren | | Standardabweichung |
|-----------------|------------|---------|-------|--------------------|
| | | Min | Max | |
| Zuckerprofil | | g/kg FG | | |
| Saccharose | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Sorbit | 66,8 | 37,2 | 115,5 | 19,4 |
| Glucose | 41,4 | 25,5 | 59,1 | 7,2 |
| Fructose | 34,7 | 21,2 | 56,3 | 7,0 |
| Myo-Inosit | 0,45 | n.n. | 0,82 | 0,12 |
| Säureprofil | | g/kg FG | | |
| Äpfelsäure | 9,8 | 3,3 | 15,5 | 2,3 |
| Chinasäure | 3,8 | 2,3 | 8,0 | 1,0 |
| Milchsäure | 0,12 | n.n. | 0,48 | 0,09 |
| Zitronensäure | 0,36 | 0,20 | 0,71 | 0,10 |
| Galacturonsäure | 0,45 | n.n. | 1,32 | 0,41 |

n.n. ... nicht nachweisbar; FG ... Frischgewicht

In Aronia sind die am häufigsten an Cyanidin gebundenen Monosaccharide die Galaktose, Arabinose und Glucose (Tab. 5). Diese Ergebnisse decken sich mit den meisten anderen Publikationen zu diesem Thema (Misfeldt, 2007; Oszmiński

und Wojdylo, 2005). Das Säureprofil der Aroniabeere entspricht im Wesentlichen dem in der Literatur angegebenen (Snebergrova, 2014), Weinsäure konnte, analog zum Direktsaft, ebenfalls keine nachgewiesen werden. Der Gehalt an Myoinosit ist mit bis zu 0,8 g/kg FG (Tab. 5) in der

Aroniabeere im Vergleich mit anderen Früchten (z. B. Erdbeeren, Cranberries, Trauben, Äpfel) relativ hoch und wird im Gehalt lediglich von Zitrusfrüchten, Birnen, Kiwis und Mango übertroffen

(Clements and Darnell, 1980). Wildheidelbeeren und Kulturblaubeeren enthalten ähnliche Gehalte an Myoinosit (Wendelin et al., 2018).

Tab. 6: Übersicht mittlerer Gehalte von proteinogenen Aminosäuren in Aroniabeeren (ohne Cystein, Histidin, inkl. Hydroxyprolin, Ornithin)

| Aminosäuren | Mittelwert | Beeren | | Standardabweichung |
|----------------|------------|--------|----------|--------------------|
| | | Min | Max | |
| | | | mg/kg FG | |
| Asparaginsäure | 74,8 | 28,0 | 168,2 | 29,1 |
| Glutaminsäure | 64,8 | 37,3 | 144,2 | 21,0 |
| Asparagin | 1098,5 | 229,2 | 3555,9 | 868,3 |
| Serin | 47,4 | 9,6 | 163,8 | 24,7 |
| Glutamin | 90,4 | 25,7 | 278,1 | 60,7 |
| Glycin | 11,7 | n.n. | 49,2 | 15,3 |
| Threonin | 56,7 | 11,3 | 164,0 | 30,5 |
| Arginin | 33,2 | 4,7 | 181,1 | 29,1 |
| Alanin | 23,7 | 5,9 | 54,5 | 10,9 |
| Tyrosin | 193,5 | 5,4 | 501,3 | 131,1 |
| Tryptophan | 11,7 | n.n. | 24,9 | 8,3 |
| Methionin | 12,7 | n.n. | 75,5 | 12,9 |
| Valin | 16,1 | 1,6 | 66,7 | 11,0 |
| Phenylalanin | 17,1 | 1,7 | 160,3 | 22,0 |
| Isoleucin | 7,5 | n.n. | 26,0 | 6,5 |
| Leucin | 9,1 | n.n. | 24,8 | 7,1 |
| Ornithin | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Lysin | n.n. | n.n. | n.n. | n.n. |
| Hydroxyprolin | 1183,2 | 114,3 | 4968,3 | 972,2 |
| Prolin | 165,0 | 7,6 | 1499,9 | 252,7 |

n.n. ... nicht nachweisbar; FG ... Frischgewicht

Sidor und Gramza-Michalowska (2019) berichten, dass der Proteingehalt in Aroniafrüchten eher niedrig ist und Arginin, Tyrosin, Histidin, Lysin, Cystein, Alanin, Asparagin, Serin, Glutaminsäure und Threonin nachgewiesen werden konnten. Im Gegensatz dazu waren in dieser Arbeit bis auf Lysin alle proteinogenen Aminosäuren (Histidin und Cystein wurden nicht analysiert) in den Aroniabeeren vertreten (Tab. 6). Interessanterweise konnten Lysin und Ornithin im Direktsaft nachgewiesen werden (Tab. 3), jedoch nicht in

Aroniabeeren (Tab. 6). Dies könnte möglicherweise mit der ähnlichen Struktur dieser beiden Aminosäuren und den unterschiedlichen Proben- und Probenzubereitungen der Matrices Direktsaft und Beeren begründet werden. Nach Sidor und Gramza-Michalowska (2019) konnten im Trester die meisten der proteinogenen Aminosäuren inkl. essentieller Aminosäuren nachgewiesen werden. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Werte bezogen auf die Trockensubstanz und nicht auf das Frischgewicht angegeben wurden.

Unterscheidung zwischen Aroniabeeren und -direktsaft

Der Abbildung 1 ist eine Hauptkomponentenanalyse aller ermittelten Analysendaten für Aroniabeeren und -direktsaft zu entnehmen. Die

Hauptkomponente 1 ist für 27,7 % der Varianz verantwortlich. Alle Proben der Direktsäfte befinden sich im negativen Bereich (-0,25 bis -1,75), die Proben der Aroniabeeren dagegen liegen, bis auf einen Ausreißer, im positiven Bereich. Demnach ist eine Unterscheidung zwischen Aroniabeeren- und -direktsäften möglich.

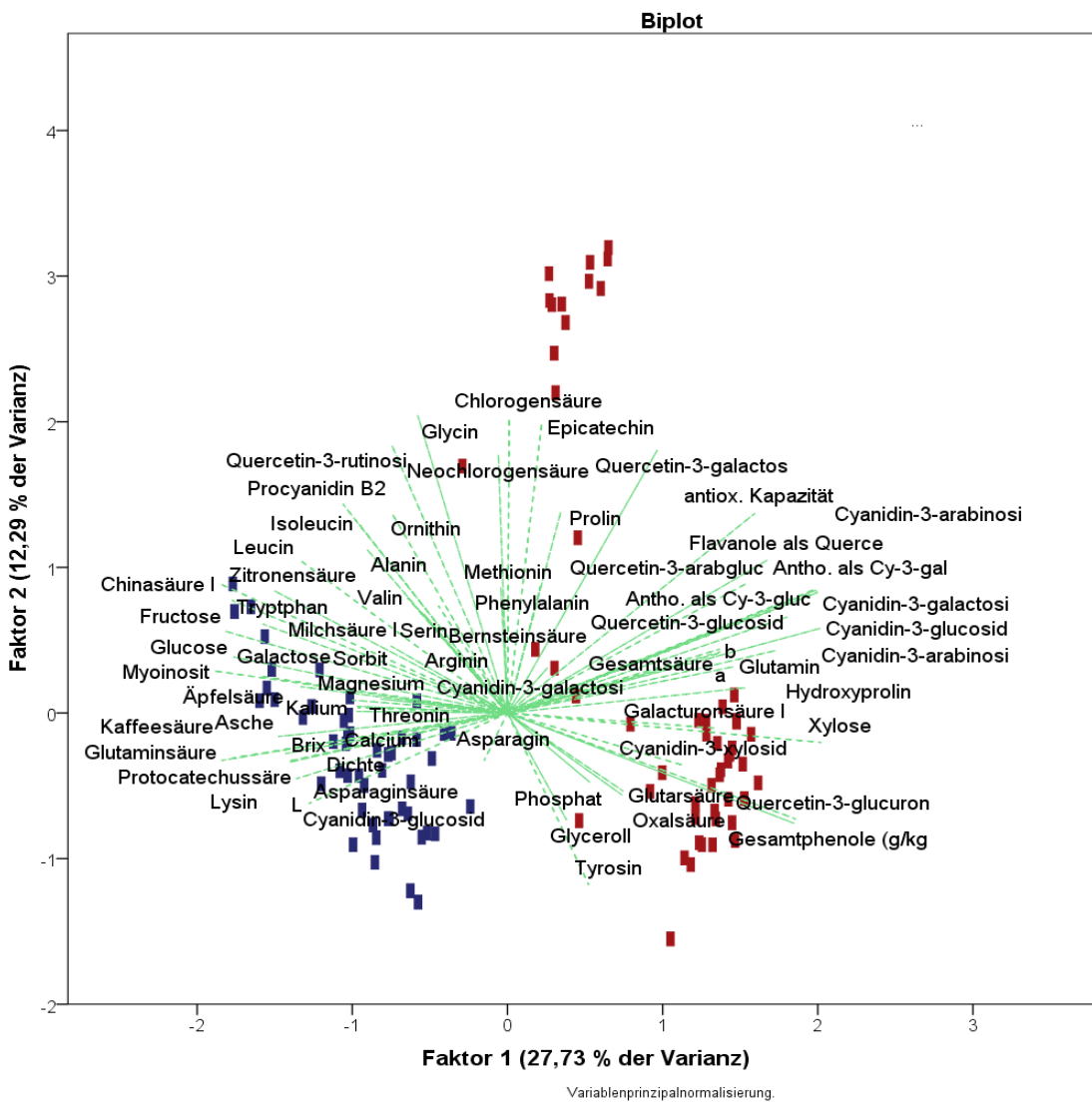


Abb. 1: Hauptkomponentenanalyse aller ermittelten Analysendaten für Aroniabeeren und -direktsaft

Auf die Hauptkomponente 2 (12,29 % der Varianz) haben die Variablen Chlorogensäure, Neochlorogensäure und Epicatechin den größten Einfluss. Ein Teil der Proben der Aroniabeeren liegt deutlich im positiven Bereich (>2) und bildet somit einen eigenen Cluster. Die Beerenproben enthielten außer der Hauptsorte 'Nero' auch geringe Mengen anderer Sorten ('Hugin', 'Aron', 'Serina', 'Viking'), während die Direktsäfte nur aus der Sorte 'Nero' verarbeitet wurden. In dieser Auswertung wurden die Sorten nicht getrennt voneinander ausgewertet, was zusätzlich zu anderen, nicht bekannten Faktoren einen gewissen Einfluss auf diese spezielle Häufung haben könnte.

Von 64 untersuchten Einzelparametern wurden bei 54 Parametern signifikante Unterschiede zwischen Aroniabeeren und -direktsäften festgestellt (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$). Insbesondere treten bei genauerer Betrachtung folgende Parameter mit p-Werten <0,001 (hochsignifikant) hervor: Protocatechussäure, Kaffeesäure, Quercetin-3-galaktosid, Quercetin-3-glucosid, Procyanidin B2, Cyanidin-3-arabinosid, Cyanidin-3-galaktosid, Cyanidin-3-glucosid, Gesamtantihocyan (ber. als Cyanidin-3-galactosid), Gesamtphenole, antioxidative Kapazität, Chinasäure, Galacturonsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Sorbit, Myoinosit, Glucose, Fructose, Ga-

lactose, Hydroxyprolin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Glutamin, Tryptophan, Leucin, Ornithin und Lysin.

Die Protocatechussäure weist im Direktsaft wesentlich höhere Gehalte auf als in den Aroniabeeren. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der Arbeit von Sidor et al. (2019). Der Gehalt der Phenole ist sehr abhängig von der verwendeten Extraktionsmethode, insbesondere vom verwendeten Lösungsmittel, von Temperatur und Extraktionszeit (Berghold et al., 2018). Im Hinblick darauf ist es durchaus möglich, dass die Protocatechussäure im Direktsaft (ohne Extraktion, Analyse einer wässrigen Lösung) höhere Gehalte aufweist als in den Aroniabeeren (methanolische Extraktion).

Literatur

AIJN (European Fruit Juice Association) 2014: Reference Guideline for Aronia Juice/Purée.

Ara, V. 2002: Schwarzfruchtige Aronia: Gesund und bald in aller Munde. *Flüssiges Obst* 10: 653-658.

Atanasova-Goranova, V.K., Dimova, P.I., Pevicharova, G.T. 1997: Effect of food products on endogenous generation of N-nitrosamines in rats. *Br J Nutr.* 78 (2): 335-45.

Barna, J., Grill, F. 1980: Die Bestimmung des Aschegehaltes von Weinen und Fruchtsäften aus deren Kalium-, Magnesium-, Natrium-, Calcium- und Phosphatgehalten. *Mitteilungen Klosterneuburg* 30: 247-249.

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2008: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 847-859.

Berghold, S., Wendelin S., Eder, R. 2018: Vergleich zweier Probenvorbereitungsmethoden für die Analyse von Traubenphenolen mittels HPLC. *Mitteilungen Klosterneuburg* 68: 241-249.

Schlussfolgerungen

Aufgrund ihrer hohen Gehalte an Gesamtphenolen, vor allem an Anthocyanen, sowie ihrer außerordentlich hohen antioxidativen Kapazität liegt in der Aroniabeere durchaus ein gesundheitsrelevantes Potential vor. Da die Beeren zum Genuss hauptsächlich zu Direktsaft verarbeitet werden, können auch in diesem Bereich die hohen Gehalte an antioxidativen Substanzen bestätigt werden. Diese Untersuchungen zeigen, dass auch in Österreich angebaute Aroniabeeren wertvolle Inhaltsstoffe enthalten und somit ihrem Ruf gerecht werden.

Die Untersuchung des Einflusses von Jahrgang und Sorte war nicht Ziel dieser Arbeit, es wäre aber zielführend, dies in weiterführenden Untersuchungen zu berücksichtigen.

Bell, D.R., Gochenaur, K. 2006: Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *J Appl Physiol* 100(4): 1164-70.

Borissova, P., Valcheva, S., Belcheva, A. 1994: Antiinflammatory effect of flavonoids in the natural juice from Aronia melanocarpa, rutin and rutin-magnesium complex on an experimental model of inflammation induced by histamine and serotonin. *Acta Physiol. Pharmacol. Bulg.* 20 (1): 25-30.

Clements, R., Darnell, B. 1980: Myo-inositol content of common foods: development of a high-myo-inositol diet. *The American journal of clinical nutrition* 33(9): 1954-67.

Djuric, M., Brkovic, D., Milosevic, D., Pavlovic, M., Curcic, S. 2015: Chemical characterisation of the fruit of black chokeberry grown on different types of soil. *Rev. De Chim.*: 66: 178-181.

Eder, R., Wendelin, S., Barna, J. 1990: Auftrennung der monomeren Rotweanthocyane mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie – Methodenvergleich und Vorstellung einer neuen Methode. *Mitteilungen Klosterneuburg* 40: 68-75.

- Eder, R., Wendelin, S.** 2002: Phenolzusammensetzung und antioxidative Kapazität von Trauben und Weinen. Tagungsband der ALVA Jahrestagung 2002, S. 293-296.
- Elmadfa, I., Leitzmann, C.** 1998: Ernährung des Menschen. Stuttgart: Verlag Ulmer, 3.Auflage
- Esatbeyoglu, T., Hillebrand, S., Winterhalter, P.** 2010: Analytik von phenolischen Inhaltsstoffen in Aroniasäften (*Aronia melanocarpa*). Deutsche Lebensmittel-Rundschau 106: 374-382.
- Gasiorowski, K., Brokos, B.** 2001: Antimutagenesis and anticarcinogenesis. II. The comparative analysis of the newly-recognized antimutagenic compounds in the short-term in vitro assays. Advances in Clinical and Experimental Medicine 10(4): 407-427.
- Gu, L., Kelm, M. A., Hammerstone, J. F., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S., Prior, R. L.** 2004: Concentrations of Proanthocyanidins in Common Foods and Estimations of Normal Consumption. The Journal of Nutrition, 2004, Volume 134 (3): 613-617.
- Hänsel, R., Haas H.** 1984: Therapie mit Phytopharmaka. Heidelberg: Springer Verlag Berlin, S. 155.
- Hillebrand, S.** 2004: Analytik von Polyphenolen in Buntsäften im Hinblick auf Saftqualität, Farbe und antioxidative Kapazität. Culliver Verlag Göttingen 74.
- Huang, W-Y., Zhang, H-C., LIU, W-X., LI, C-Y.** 2012: Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry and strawberry in Nanjing. J Zhejiang Univ-Sci B 13 (2): 94-102.
- Huber, E., Wendelin, S., Kobler, A., Berghofer, E., Eder, R.** 2005: Bestimmung der Phenolzusammensetzung, der sensorischen Eigenschaften und der antioxidativen Kapazität im Reifeverlauf bei vier Südtiroler Rotweinsorten. Mitteilungen Klosterneuburg 55: 3-21.
- Jakobek, L., Seruga, M., Novak, I., Medvidovi-Kosanovi, M.** 2007: Flavonols, Phenolic Acids and Antioxidant Activity of Some Red Fruits. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 103. Jahrgang, Heft B: 369-377.
- Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z., Luczkiewicz, M.** 2010: Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. J Med Food.13: 255-269.
- Kowalczyk E, Kopff A, Fijałkowski P, Kopff M, Niedworok J, Błaszczuk J, Kedziora J and Tyślerowicz P.** 2003: Effect of anthocyanins on selected biochemical parameters in rats exposed to cadmium. Acta Biochim Pol. 203; 50(2): 543-548.
- Kulling, S. E., Rawel, H.** 2008: Chokeberry (*Aronia Melanocarpa*) – A review on the characteristic components and potential health effects. Planta Med. 74: 1625-1634.
- Levine, J.** 1997: Controlled Trials of Inositol in Psychiatry. European Neuropsychopharmacology 7(2): 147-55.
- Löffler, G., Petrides, P., Heinrich, P.** 2007: Biochemie & Pathobiochemie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 8.Auflage, S. 39-42; 313; 332.
- Malik, M., Zhao, C., Schoene, N., Guisti, M.M., Moyer, M.P., Magnuson, B.A.** 2003: Anthocyaninrich extract from *Aronia melanocarpa* E induces a cell cycle block in colon cancer but not normal colonic cells. Nutr. Cancer 46: 186-196.
- Marquezi, M.L., Roschel, H. A., Dos Santa Costa, A., Sawada, L. A., Lancha A. H.** 2003: Effect of Aspartate and Asparagine Supplementation on Fatigue Determinants in Intense Exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 13: 65-75.
- Misfeldt, C.** 2007: Gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe der *Aronia melanocarpa*. Diplomarbeit an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Studiengang Ökotrophologie, Hamburg.
- Oszmiansky, J. and Wojdylo, A.** 2005: Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity European Food Research and Technology 221(6): 809-813.

- Rechner, A.** 2001: Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen: S. 5-22.
- Richter, G.** 1998: Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. Stuttgart, New York: Thieme Verlag, S. 365-377, 382-388
- Ryszawa, N., Kawczyńska-Drózd, A., Pryjma, J., Czesnikiewicz-Guzik, M., Adamek-Guzik, T., Naruszewicz, M., Korbut, R., Guzik T.J.** 2006: Effects of novel plant antioxidants on platelet superoxide production and aggregation in atherosclerosis. *J Physiol Pharmacol.* 2006; 57(4):611-26
- Sandrini, F., Liebisch F.** 2016: Kulturblatt Aronia. DOI:10.13140/RG.2.1.3644.5203
- Sidor, A., Gramza-Michałowska, A.** 2019: Black Chokeberry Aronia Melanocarpa L. - A Qualitative Composition, Phenolic Profile and Antioxidant Potential. *Molecules* 2019 24, 3710.
- Slimestad, R., Torskangerpoll, K., Nateland, H., Johannessen, T., Giske, N.** 2005: Flavonoids from black chokeberries, Aronia melanocarpa. *Journal of Food Composition and Analysis.* 18: 61-68.
- Snebergrova, J., Cizkova, H., Neradova, E., Kapci, B., Rajchl, A., Voldrich, M.** 2014: Variability of characteristic components of aronia. *Czech. J. Food Sci.,* 32: 25–30.
- Tanaka, T., Tanaka, A.** 2001: Chemical components and characteristics of black chokeberry. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi,* 8: 606–610.
- Umagat, H., Kucera, P., Wen, L.** 1982: Total amino acid analyses using pre-column fluorescence derivatization. *Chromatography* 239: 463-474.
- Valcheva-Kuzmanova, S., Belcheva, A.** 2006: Current knowledge of Aronia melanocarpa as a medicinal plant. *Folia Med (Plovdiv).* 48 (2): 11-7.
- Vrhovsek, U., Wendelin, S., Eder R.** 1997: Quantitative Bestimmung von Hydroxyzimtsäuren und Hydroxyzimtsäurederivaten in Weißweinen mittels HPLC. *Mitteilungen Klosterneuburg* 47: 164-172.
- Wendelin, S., Korntheuer, K., Baumann, R., Brandes, W.** 2018: Vergleich von Wildheidelbeeren (*Vaccinium myrtillus*) und Kulturblaubeeren (*Vaccinium corymbosum*) hinsichtlich ausgewählter Inhaltsstoffe. *Mitteilungen Klosterneuburg* 68: 221-240.
- Wilkes, K., Howard, L., Brownmiller, C., Prior, R.** 2013. Changes in Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) Polyphenols during Juice Processing and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(18): 4018–4025.
- Woller, R., Würdig G.** 1998: Chemie des Weines. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, Hohenheim, S. 103-109, 250-263, 418, 571-583.
- Wuerth, K., Bonerz, D., Will, F., Patz, C., Quast, P., Hillebrand, S., Winterhalter, P., Dietrich, H.,** 2010: Anthocyanin Aging in Juices and Concentrates of the Aroniaberry (*Aronia melanocarpa*). *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht.* 106: 549-559.
- Zhao, C., Giusti, M., Malik M., Moyer, M., Magnuson, B.** 2004: Effects of commercial anthocyanin-rich extracts on colonic cancer and nontumorigenic colonic cell growth. *J Agric Food Chem* 52 (20): 6122-8.
- Zheng, W., Wang, S.Y.** 2003: Oxygen radical absorbing capacity of phenolic blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. *J Agric Food Chem* 51 (2): 509–512.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., Nury, F. S.** 1994: Wine analysis and production. New York: Chapman and Hall.

Eingelangt am 24. September 2020