

Aronia melanocarpa Phenole und ihre antioxidative Wirkung

Erhalten: 28. Februar 2005 / Online veröffentlicht: 16. August 2005
c_Springer-Verlag 2005

Zusammenfassung Ziel dieser Studie war es, die nieder- und hochmolekularen Phenole (Tannine) und die antioxidative Wirkung von den Beeren, der Maische und dem Saft der *Aronia melanocarpa* zu bestimmen, um neue potentielle Quellen natürlicher Antioxidantien zu erschließen. Dazu wurden Früchte der *Aronia melanocarpa* Elliot Mitte Oktober auf einer Plantage in der Nähe von Wroclaw, Polen, gesammelt. Die Maische hat im Vergleich zu Saft und Beeren einen wesentlich höheren Phenolanteil. Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass polymerische Proanthocyane, dabei vor allem (-)Epikatechin, den größten Teil der polyphenolischen Verbindungen in der Apfelbeere ausmachen, sie stellen 66% der Fruchtpolyphenole. Die durchschnittliche Konzentration lag zwischen 1578,79 mg/100 g des Trockengewichts bei Apfelbeerensaft und bis zu 8191,58 mg/100 g in der Maische. Der Anteil an Phenolsäuren (chlorige und neochlorige Säuren) war im Saft höher als in der Maische. Anthocyane sind die zweite Gruppe phenolischer Verbindungen in der *Aronia melanocarpa* und machen ungefähr 25% aller Polyphenole aus. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus vier verschiedenen Cyanglycosiden: 3-Galaktoside, 3-Glucoside, 3-Arabinoside und 3-Xyloside. Die Höhe der Antioxidationswirkung, die sich im TEAC ausdrückt, wurde wie folgt gemessen: Maische > Frucht > Saft.

Schlagwörter *Aronia melanocarpa* . Phenolsäuren . Tannin . Anthocyan-Glycoside . Antioxidant

Einleitung

Potentielle Quellen von antioxidativen Phenolen sind in verschiedensten pflanzlichen Materialien gesucht worden, wie z.B. in Gemüse, Obst, Blättern, Ölsaaten, Getreide, Baumrinde und Wurzeln, Gewürzen und Kräutern, sowie unverarbeiteten Pflanzen [1]. Beeren sind als pflanzliches Material mit einem sehr hohen Phenolanteil bekannt. Beeren und Früchte enthalten eine Vielzahl an Flavonoiden und Phenolsäuren mit antioxidativer Wirkung. Die wichtigsten Untergruppen an Flavonoiden in Beeren und Früchten sind Anthocyane, Proanthocyane, Flavonole und Katechine. In Beeren und Früchten vorkommende Phenolsäuren sind hydroxylierte Derivate von Benzol- und Zimtsäure [2].

Flavonoide und andere Phenole sind zur Vorbeugung der Entwicklung von Krebs- und Herzerkrankungen vorgeschlagen worden. Die Einhaltung einer überwachten Diät mit einem hohen Anteil an Früchten und Beeren haben die antioxidativen Fähigkeiten von Plasma bedeutend erhöht [3]. Weiterhin haben epidemiologische Studien herausgefunden, dass es eine auffällige negative Beziehung zwischen der Einnahme von Obst und Gemüse und der Sterblichkeit aufgrund von Herzerkrankungen gibt [4, 5].

Die Bedeutung der antioxidativen Bestandteile von Beeren für die Erhaltung der Gesundheit und den Schutz vor koronaren Herzerkrankungen und Krebs ist nicht nur für Forscher interessant, sondern auch für Lebensmittelhersteller und Verbraucher. Denn der Trend geht in Zukunft noch mehr in Richtung Früchte mit bestimmten Wirkungen auf die Gesundheit [6]. Die antioxidative Wirkung von Phenolen gründet sich vor allem auf ihre Redox-Eigenschaften, durch die sie in der Lage sind, reduzierend, als Wasserstoffspender oder als einzelne Sauerstoffbinder zu wirken. Außerdem verfügen sie über die Fähigkeit, Metalle zu binden [7].

Bisher konzentrierten sich Studien zur antioxidativen Wirkung von Fruchtextrakten hauptsächlich auf Weinbeeren, von denen berichtet wird, dass sie die Oxidation von menschlichem Lipoprotein mit geringer Dichte (LDL) ähnlich stark wie Wein hemmen [8]. Bei Versuchen mit Extrakt aus frischen Erdbeeren wurde berichtet, dass dieser eine 15 mal höhere Antioxidationskapazität habe als

Trolox in einem künstlichen Modellsystem von Peroxylradikalen [9]. Auszüge aus Brombeeren, roten und schwarzen Johannisbeeren, Blaubeeren, schwarzen und roten Himbeeren verfügten über eine auffallend hohe bindende Wirkung gegenüber chemisch generierten Superoxidradikalen [10]. Es wurde auch nachgewiesen, dass Hydrozimsäuren, die oft in Früchten vorkommen, die LDL-Oxidation in vitro [11] hemmen. Auch bei phenolischen Auszügen aus Beeren (Brombeeren, rote Himbeeren, Süßkirschen, Blaubeeren, Erdbeeren) wurde nachgewiesen, dass sie menschliches Lipoprotein mit geringer Dichte (LDL) ebenso wie die Oxidation von Liposomen hemmten [12].

Diese stark antioxidative Wirkung wurde auch bei weniger bekannten Beeren festgestellt, die einen hohen Phenolanteil haben, wie z.B. die kahle Apfelbeere *Aronia melanocarpa* [13–15]. Die Apfelbeere (Aronie) hat einen wesentlich höheren Gehalt an Anthocyan, Phenol und eine wesentlich höhere antioxidative Wirkung als Blaubeere, großfrüchtige Mossbeere und Preiselbeere [13]. Es zeigte sich, dass die rote Pigmentfraktion der schwarzen Aronie eine starke antioxidative Wirkung, sowohl bei in-vitro als auch bei in-vivo Versuchen, hat und durch seine antiulzerierende Wirkung eine entscheidende Rolle bei akuten offenen Magengeschwüren bei Ratten spielte [16]. Der Gehalt dieser Beeren an Anthocyan entspricht damit immerhin 1% der Trockenmasse [17] und der Gesamtgehalt an Phenol liegt über 20 mg/g (das entspricht den Werten von Gallensäure) [14]. Vier Anthocyane: 3-O-Galaktoside, 3-O-Glucoside, 3-O-Arabinoside und 3-Oxyloside von Cyanid [17, 18], zwei Phenolsäuren: chlorige und neochlorige [19] und kürzlich auch noch fünf Quercetin-Derivate [20] konnten in der Aroniafrucht festgestellt werden. Ihr adstringierender Geschmack weist außerdem auf Tannine hin. Die Konzentration an kondensierten Tanninen in der Aronie war höher als in allen anderen Beeren [21]. Sie enthalten hauptsächlich (-) Epikatechine als Untereinheiten, die Procyanide genannt werden [22].

Proanthocyane sind aufgrund ihrer starken antioxidativen und möglichen gesundheitsfördernden Wirkung sowohl für die Ernährungswissenschaften als auch für die Medizin von großem Interesse [23]. Vor kurzem wurde vorausgesagt, dass die bindenden Eigenschaften der freien Radikale von Procyanid das Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen [25, 26], Krebs [24], Blutgerinselbildung [27] senken könnten und dass bestimmte Typen trimerischer PAs (Proanthocyane) Schutz vor Harnröhreninfektionen bieten können [28].

Aronia melanocarpa (Michx) Elliott gehört zur Familie der Rosaceae, die ursprünglich aus dem östlichen Nordamerika stammen. Es ist ein 0,5-3 m hoher Busch. Seine schwarzen Beeren sind in Trauben oder Büscheln angeordnet und reifen in Polen Anfang September. Sie werden zur Herstellung von Marmeladen, Saft, Wein und Anthocyan-Farbstoffen verwendet.

Der Zweck dieser Studie war es, die nieder- und hochmolekularen Phenole (Tannine) zu analysieren, sowie die antioxidative Wirkung von Beeren, Saft und Maische der *Aronia melanocarpa* zu untersuchen, um neue Quellen natürlicher Antioxidantien zu erschließen.

Die antioxidative Wirkung niedermolekularer Phenole, einschließlich Flavonoide und Phenolsäuren, wurde bereits ausführlich untersucht [7]. Dabei wurden jedoch die hochmolekularen Phenole, die sogenannten Tannine außer acht gelassen.

Material und Methoden

Pflanzliches Material

Die Früchte der *Aronia melanocarpa* Elliot wurden Mitte Oktober auf einer Plantage in der Nähe von Wroclaw/ Polen gesammelt und danach unverzüglich bei -20 °C gelagert.

Vorbereitung der Proben

Die Aronien wurden über Nacht bei Zimmertemperatur aufgetaut. Dann wurden die Früchte zerquetscht und 5 Min. lang mit einem Thermomix (Vorwerk, Deutschland) auf 80° C erhitzt.

Nachdem das Fruchtmark abgekühlt war, wurde ihm bei 50° C eine Stunde lang das Pektin durch Zugabe von 3 ml Pektinase (Rapidase Super BE; Gist-Brocades Laboratories, Charlotte, NC, USA) pro kg entzogen. Die abschließende Pressung des Marks wurde durch einen 10-minütigen Pressvorgang bei 300 kPa in einer hydraulischen Laborpresse (Typ Zoodiak) vorgenommen. Der Saft wurde bei 85–90° C 10 Min. lang in 0,2 l Kannen mittels Wasserbad pasteurisiert und anschließend auf ca. 20° C abgekühlt. Alle diese Schritte wurden wiederholt durchgeführt.

Der Aroniensaft wurde 10-fach mit destilliertem Wasser verdünnt und durch 0,45 µm Filter filtriert (Millipore, Bedford, MA) zur Vorbereitung auf die HPLC-Analyse. Gefrorene Beeren und Maische wurden einer Lyophilise unterzogen. Nachdem sie zerkleinert worden waren, wurden Proben von je 1g mit 0,1% HCl-versetztem Methanol extrahiert. Die Extraktion wurde in einem 20-minütigen Ultraschallbad durchgeführt, wobei die Proben von Zeit zu Zeit geschüttelt wurden. Diese Vorgehensweise hat sich als angemessen für eine vollständige Extraktion erwiesen. Danach wurde der Brei bei 19000×g 10 Min. lang zentrifugiert und der Überstand wurde zur HPLC-Analyse verwendet. Der Überstand wurde abgenommen und vor der Untersuchung durch einen 0,45 µm Zellulosefilter gefiltert.

HPLC-Analysen

Die HPLC-Analyse von (-)Epikatechin, Hydrozimsäuren, Anthocyan-Glycosiden und Flavonol-Glycosiden wurde in einem HPLC-Gerät ausgeführt, das aus einem Merck-Hitachi L-7455 DAD und einer quartären Pumpe L-7100, ausgestattet mit D-7000 HSM Multisolvant Delivery System (Merck-Hitachi, Tokyo, Japan), bestand. Die Separation wurde auf einem Synergi Fusion RP-80A 150×4,6 mm (4 µm) Phenomenex (Torrance, CA USA) ausgeführt, wobei die Temperatur im Ofen auf 30° C gehalten wurde. Die mobile Phase bestand aus einer Lösung A (2,5% Acethylsäure) und Lösung B (Acetonitril). Das Programm begann mit einer linearen Neigung von 0% B auf 36 Min. 25% B, anschließend wurden die Röhren gereinigt und neu vorbereitet. Die Durchflussrate betrug 1 ml Min⁻¹ und bei folgenden Wellenlängen wurden sogenannte Runs gemessen: (-)Epikatechin bei 280 nm, chlorige und neochlorige Säure bei 320 nm, Flavonol-Glycoside bei 360 nm, und Anthocyan-Glycoside bei 520 nm. Die PAD-Spektren wurden in einem Wellenbereich von 240–600 nm in Schritten von je 2 nm gemessen. Verzögerungen und Spektren wurden mit Standardwerten im Wellenbereich 200–600 nm verglichen.

Zusätzlich wurde eine enzymatische Hydrolyse von Flavonol und Anthocyan-Glycosiden zur Identifizierung durchgeführt. Die vakuum-gefriergetrockneten pulverisierten Beeren wurden mit einer Zitrat-Pufferlösung bei pH 5 gemischt. Anschließend wurden bestimmte Enzyme zugegeben: α-Glucosidase, α-Xylosidase, α-Galaktosidase, und α-Hesperidinase (Sigma, Steinheim, Germany). Das Verschwinden einzelner hoher Ausschläge im Chromatogramm und die Bildung von dem entsprechenden Aglycon konnte bei der HPLC-Methode nach einstündiger Inkubation bei 38° C mit einem bestimmten Enzym beobachtet werden.

Quantifizierung

Die in den Proben enthaltenen Mengen an Anthocyanen, chlorigen Säuren und Flavonolen wurden anhand der HPLC-Methode festgestellt. Standard 811-Kurven von Cyanid-3-Galaktosid und chloriger Säure, die von Polyphenols Laboratories bereitgestellt worden waren, wurden jeweils für die Analyse der Anthocyane und chlorigen Säuren verwendet. Die Flavonole hingegen wurden mit Standardkurven (Sigma-Aldrich) getestet.

Proanthocyanidin-Analyse

Dazu wurde eine direkte Thiolyse der gefriergetrockneten Früchte, des Saftes und der Maische vorgenommen [29]. Zuerst wurden dazu die jeweiligen pulverisierten Proben mit einer Präzisionswaage gewogen (30–50 mg) in 1,5 ml Eppendorf-Phiolen. Dabei wurden saures Methanol (3.3% (v/v), 400 µl) und Toluol-*o*-Thiol (5% in Methanol, 800 µl) zugegeben. Die Phiolen wurden verschlossen und bei 40° C 30 Min. lang inkubiert und dabei alle 10 Min. geschleudert. Danach wurden die Phiolen in Eiswasser gekühlt und sofort anschließend in einer auf 4° C gekühlten Zentrifuge 10 Min. lang kaltzentrifugiert. Die Proben wurden dann bei 4° C bis zur RP-HPLC-Analyse aufbewahrt. Alle Inkubationen wurden in dreifacher Ausführung durchgeführt.

Die Produkte der Thiolyse wurden in einem Merck Purospher RP 18 Röhrchen mit Verschluss 250×4 mm, 5 µm (Merck, Darmstadt, Germany) separiert. Das HPLC-Gerät war ein Waters (Milford, MA) System (DAD und Scanning Fluoreszenz Detektoren). Das Lösungssystem hatte eine Neigung von Lösung A (wässrige Essigsäurelösung, 2.5% v/v) und Lösung B (Acetonitril) und folgende Neigung war zutreffend: anfangs 3% B, 0–5 Min., 9% B linear; 5–15 Min., 16%B linear; und 15–45 Min., 50%B linear, anschließend wurden die Röhrchen gereinigt und wieder bestückt. Dabei wurde eine Durchflussrate von 1 ml Min⁻¹ und eine Ofentemperatur von 30° C angewandt. Verbindungen, für die es bereits Referenzstandards gibt, wurden chromatografisch identifiziert je nach Verzögerungszeit und im UV-Bereich sichtbarem Spektrum. Die Fluoreszenz-Detektion wurde bei einer Exzitationswellenlänge von 278 nm und einer Emissionswellenlänge von 360 nm verzeichnet. Die Kalibrierungskurven (ausgehend von hohen Ausschlägen bei 280 nm) wurden mittels Flavan-3-ol und Benzylthioether-Standards ermittelt. Der Durchschnittsgrad der Polymerisation wurde ermittelt, indem das molare Verhältnis zwischen Flavan-3-ol-Einheiten (Thioether-Addukte + endgültige Verbindungen) und (-) Epikatechin und (+)-Katechin, das endgültigen Verbindungen entspricht, errechnet wurde.

Radikalfangende Eigenschaften bei DPPH und ABTS

Das DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-Azinobis(3-Ethylbenzothiazolin-6-schweflige Säure), Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-Tetramethylchroman-2-Carboxylische Säure) und Potassiumsulfat (Di-Potassium Peroxdisulfat) wurden von Sigma-Aldrich Co., USA, geliefert.

Die Wirkung von Saft-, Beeren- und Maischeextrakt auf die DPPH-Radikale wurde nach der Methode von Yen und Chen [30] bestimmt. Eine Probe von 1 g gefriergetrocknetem Präparat wurde in 20 ml Methanol homogenisiert. Der Brei wurde gefiltert und das Filtrat mit Methanol verdünnt. 1 ml dieses gelösten Extrakts wurde 3 ml absolutem Methanol und 1 ml DPPH (0,012 g DPPH/100 ml) zugegeben. Diese Mischung wurde geschüttelt und anschließend 10 Min. lang bei Raumtemperatur in Ruhe stehen gelassen, die Absorption wurde spektrophotometrisch bei 517 nm gemessen.

Die Wirkung von Saft und dem Extrakt aus gefriergetrockneten Beeren und Maische auf die ABTS-Radikale wurde nach Re et al. [31] bestimmt. Die ABTS-Lagerlösung (7 mM Konzentration) und 2,45 mM Potassium-Persulfat wurden 16 h lang bei Raumtemperatur in Ruhe stehen gelassen, damit sich ABTS radikale Kationen (ABTS^{•+}) entwickeln können. 1 g dieser Probe wurde dann in 50 ml absolutem Methanol homogenisiert und gefiltert. Die ABTS^{•+} Lösung wurde mit destilliertem Wasser bis zu einer Absorption von 0,700 (±0,02) bei 734 nm verdünnt. 1 ml der ABTS^{•+} Lösung wurde 10 µl des Probenextraktes zugegeben; die Absorption wurde bei 734 nm nach 6 Min. festgestellt. Eine Konzentrations-Responskurve für die Absorption bei 734 nm nach 6 Min. für ABTS^{•+} als Funktion von verschiedenen Trolox-Konzentrationen wurde vorbereitet. Die Abnahme der Absorption bei 734 nm 6 Min. nach dem Zusatz der Verbindung wurde zur Berechnung des TEAC (antioxidative Wirkung äquivalent zu Trolox) verwandt.

Ergebnisse und Diskussionen

Die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Phenolzusammensetzung in schwarzen Aroniafrüchten, ihrem Saft und in der Maische, die durch die HPLC-Methode festgestellt wurden, sind in Tabelle 1 abgebildet. Die Maische weist dabei einen erheblich höheren Phenolgehalt als Saft und Früchte auf.

Aronia melanocarpa ist für ihren hohen Gehalt an Anthocyanen und Phenolsäuren bekannt. Unsere Testergebnisse ergaben, dass dabei die polymerischen Proanthocyane den größten Teil der polyphenolischen Verbindungen in der Aroniafrucht ausmachen (Tabelle 1 und Abb. 1) und 66% der Fruchtpolyphenole stellen. Die durchschnittliche Konzentration reichte von 1578,79 mg/100 g vom Trockengewicht bei Aroniasaft bis zu 8191,58 mg/100 g in der Maische. Polymerische Flavan-3-ole der *Aronia melanocarpa* bestehen hauptsächlich aus (-)Epikatechin als Baustein für

Tabelle 1 Verteilung phenolischer Verbindungen (mg/100 g Trockengewicht) und antioxidative Wirkung von *Aronia melanocarpa* Elliot

| Verbindungen | Früchte | Maische | Saft |
|---|---------|----------|---------|
| Chlorige Säure | 301,85 | 204,35 | 415,86 |
| Neochlorige Säure | 290,81 | 169,20 | 393,10 |
| (-)Epikatechin | 15,04 | 11,41 | 12,71 |
| Polymerische Procyanide | 5181,60 | 8191,58 | 1578,79 |
| Grad der Polymerisation (DP) | 23 | 34 | 23 |
| Quercetin 3-Rutinosid | 15,10 | 13,55 | 27,53 |
| Quercetin 3-Galaktosid | 36,98 | 47,44 | 49,76 |
| Quercetin 3-Glucosid | 21,64 | 26,50 | 31,24 |
| Quercetin-Derivate nicht identifiziert | 27,43 | 82,40 | 46,93 |
| Cyanid 3-Galaktosid | 1282,41 | 1119,70 | 787,00 |
| Cyanid 3-Glucosid | 42,14 | 79,44 | 28,15 |
| Cyanid 3-Arabinosid | 581,50 | 532,64 | 324,37 |
| Cyanid 3-Xylosid | 52,71 | 105,06 | 33,63 |
| Phenole gesamt | 7849,21 | 10583,27 | 3729,07 |
| Antioxidative Wirkung (μ M Trolox/100 g Trockenmasse) | | | |
| DPPH Radikale | 279,38 | 301,89 | 127,45 |
| ABTS Radikale | 439,49 | 779,58 | 314,05 |

Abb. 1 Chromatogramm HPLC (Detektoren: Fluoreszenz—durchgehende Linie; Absorption UV 280 nm—gepunktete Linie) von thiolytisch behandelten Teilen der *Aronia melanocarpa* Frucht 1. 1_(-)Epikatechin; 2_(-)Epikatechin- α -benzyl Thioether

Procyanid. Die kettenverlängernden und kettenbeendenden Einheiten in Procyaniden waren vorherrschend, wie (-)Epikatechin (Fig. 1).

In der Aronia stellen die Anthocyane die zweitgrößte Gruppe der Phenolverbindungen und machen ca. 25% aller Polyphenole aus. Anthocyane in *Aronia melanocarpa* sind eine Mischung aus vier verschiedenen Cyanid-Glycosiden: 3-Galaktosid, 3-Glucosid, 3-Arabinosid und 3-Xylosid, von denen das Cyanid-3-Galaktosid die größte Rolle spielt. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Untersuchungen überein [18].

Chlorige und neochlorige Säuren machen 7,5% der Polyphenole der Aroniafrucht aus. Der Hauptbestandteil ist hierbei Chlorogensäure (5-o-caffeoyl-D-quinic acid). Diese Ergebnisse bestätigen unsere früheren Berichte [19]. Die Konzentration an Phenolsäuren war im Saft höher als in der Maische, was auf ihre gute Wasserlöslichkeit schließen lässt.

Der Gehalt an Flavonolen und (-)Epikatechin in der Aroniafrucht war niedrig im Vergleich zu deren Gehalt an Anthocyanen, chlorigen Säuren und Procyaniden. Die in der Aroniafrucht enthaltenen Flavonole sind eine Mischung aus fünf verschiedenen Quercetin-Glycosiden, die erst kürzlich identifiziert wurden [20]. Wir konnten nur drei davon identifizieren: das Derivat 3-Rutinosid, 3-Galaktosid und 3-Glucosid. Flavonole machen nur 1,3% aller in der Aronia enthaltenen Phenole aus.

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen ein hohes antioxidatives Wirkungspotential der Aronia, allerdings mit starken Unterschieden: sie reichten von 127,45 (Saft) bis zu 301,89 (Maische) für die Äquivalenten der DPPH-Radikale pro μM Trolox/100 g Trockengewicht und von 314,05 (Saft) bis zu 779,58 (Maische) μM Trolox/100 g Trockengewicht für ABTS-Radikale. Diese Pflanzen haben eine sehr hohe antioxidative Wirkung, vergleichbar mit der traditioneller chinesischer Heilpflanzen, die gegen Krebs eingesetzt werden [32]. Kahkonen et al. [33] berichtete nach der Untersuchung von 92 Pflanzenextrakten auf ihren Phenolgehalt und die antioxidative Wirkung, dass bei essbaren Pflanzen vor allem in Beeren, und da vor allem in der Aronia und der Krähenbeere, bemerkenswert hohe antioxidative Wirkung und ein hoher Gesamtgehalt an Phenolen (GAE. 20 mg/g) gefunden wurden.

Unsere Ergebnisse belegen, dass die Beeren der *Aronia melanocarpa* sehr reich an o-Diphenolen, wie Kaffeesäuren, (-)Epikatechin, Cyanidin und Quercetin-Derivaten, sind. Diese Verbindungen sind sehr aktiv als Antioxidantien, da ihnen ihre o-Dihydroxy-Struktur im B-Ring eine höhere Stabilität gegenüber der radikalischen Form verleiht und an der Delokalisation der Elektronen teilnimmt [7]. Das hohe Molekulargewicht der Procyanide der Aronia, die viele aromatische Ringe und Hydroxylgruppen enthalten, spielt auch eine Rolle beim Fangen freier Radikale. Hagerman et al. [34] berichtete, dass Tannine wesentlich mehr antioxidatives Potential haben als einfache monomerische Phenole.

Unsere Untersuchungen haben bewiesen, dass die Beeren der *Aronia melanocarpa* ebenso wie daraus hergestellte Produkte, wie z.B. Saft oder Maische, einen hohen Grad an Polyphenolen enthalten und hochgradig antioxidative Wirkung haben. Diese Tatsachen können wirtschaftlich genutzt werden. Diese Pflanze könnte eine potentielle Quelle starker natürlicher Antioxidantien sein.

Danksagung

Diese Arbeit wurde durch das Staatliche Komitee für Wissenschaftliche Forschung Polens (KBN) mit der Subvention PBZ-KBN-94/P06/2003/24 unterstützt.

J. Oszmiński (✉) · A. Wojdyło
Department of Fruit, Vegetable and Cereal Technology,
Agricultural Academy of Wrocław,
ul, C.K. Norwida 25,
50-375 Wrocław, Poland
e-mail: oszm@ozi.ar.wroc.pl
Tel.: +48-713205-477
Fax: +48-713205-477