

국내산 아로니아의 이화학 분석 및 항산화 활성

최경희¹ · 오현정¹ · 정영재¹ · 임은정² · 한진수¹ · 김지현¹ · 김오영¹ · 이현순¹

¹국가식품클러스터 지원센터 연구개발팀

²한양여자대학교 외식산업과

Physico-Chemical Analysis and Antioxidant Activities of Korea *Aronia melanocarpa*

Kyeong-Hee Choi¹, Hyun Jeong Oh¹, Young Jae Jeong¹, Eun Jeong Lim², Jin Soo Han¹,
Ji Hyun Kim¹, Oh Young Kim¹, and Hyun-Sun Lee¹

¹Department of Research Development, Agency for Korea National Food Cluster

²Foodservice Industry, Hanyang Women's University

ABSTRACT In this study, we examined the effects of cultivation adaptability and product quality of aronia (fruit of *Aronia melanocarpa*) cultivated in various domestic regions. Extracts of aronia cultivated in various domestic regions and Poland were measured for their total sugar contents, acidities, total polyphenol contents, anthocyanin contents, and antioxidant activities using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays. Our results showed that aronia extracts from the two countries had similar sugar contents, acidities, and anthocyanin contents. Anthocyanin is an important functional component of *Aronia melanocarpa*. Extracts of aronia from the two countries contained cyanidin-3-galactoside (65.5~69.1%) as the major anthocyanin compound. Aronia cultivated in C region showed higher polyphenol content (121.5%) than Poland aronia and we measured of antioxidant activities by DPPH (IC₅₀) and FRAP assay. Aronia cultivated in C region showed the highest antioxidant activity and polyphenol contents. Cultivation conditions of C region had sufficient sunshine and soil with pH of 6.5. From the above results, Korean aronia had similar activities with Poland aronia, which suggests that it can be a new potential development source and high technological foods.

Key words: *Aronia melanocarpa*, aronia, antioxidant, polyphenol, physico-chemical analysis

서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 다양한 기능성 성분을 함유하고 있는 천연물 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중 과실류는 맛과 향이 우수하여 기호성이 높을 뿐만 아니라 항산화 활성이 높은 다양한 페놀성 화합물 superoxide dismutase나 glutathione peroxidase와 같은 항산화 효소를 함유하고 있다. 과실류가 산화적인 공격으로부터 생물체를 보호하는 기능이 알려지면서(1) 블루베리, 라즈베리 등 베리류의 항산화 활성에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있으며(2), 최근에는 기능성 소재로 주목받고 있다.

아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 장미과에 속하는 다년 생 낙엽관목으로 북아메리카가 원산지인 베리류로(3), 열매의 색에 따라 black chokeberry(*Aronia melanocarpa*), red

chokeberry(*Aronia arbutifolia*) 및 purple chokeberry (*Aronia prunifolia*)로 나누어지며 이 중 초크베리라고도 불리는 *Aronia melanocarpa*가 전통적으로 식용이나 약용으로 사용되어 왔다(4). 아로니아는 20세기에 들어오면서 소비에트 연방이나 동유럽 국가에서 식품 소재뿐만 아니라 고혈압이나 심혈관계 질환을 예방하는 소재로 사용되고 있다(5). 폴리페놀 화합물, 플라보노이드, 안토시아닌 등의 생리활성 물질이 풍부한 아로니아는 항산화 작용, 면역증진 및 암 예방 등에 효과가 있다고 보고되고 있다(6-8). 아로니아는 짙은 자줏빛을 띠고 있는데 이것은 아로니아가 다른 베리류에 비해 높은 안토시아닌 색소를 가지고 있기 때문이다(6). 아로니아는 높은 안토시아닌 함량 때문에 과거부터 식품의 착색제로 이용되거나 천연염료로 이용되어 왔다(6,9).

아로니아의 국내 재배는 2007년 일부 농가에서 소규모로 재배되기 시작하였으며 2010년 이후부터 전국적으로 재배가 확대되고 있으나 아직까지 재배 면적이나 농가수에 대한 정확한 조사가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

식물체의 열매는 재배환경에 따라 품질 특성이 달라진다

Received 27 April 2015; Accepted 22 June 2015

Corresponding author: Hyun-Sun Lee, Department of Research Development, Agency for Korean National Food Cluster, Iksan, Jeonbuk 570-749, Korea

E-mail: happylhs@foodpolis.kr, Phone: +82-63-850-7043

고 알려져 있다. Yun 등(10)의 연구 결과에 따르면 국내에서 재배되는 콩의 경우 파종시기가 늦을수록, 개화기~성숙기의 기간 및 생육일수가 증가할수록 isoflavone 함량이 증가한다고 보고하였다. 또한 Hong 등(11)도 동일 품종일지라도 고위도에서 생육한 콩의 이소플라본(genistein 및 daidzein) 함량이 높게 측정되었다고 보고하였다. Kang 등(12)은 고품질의 파프리카 재배를 위하여 고위도 지역에서 수경 재배를 추천하였다. 현재 아로니아는 전국적으로 재배되고 있으나 아직까지 국내 재배환경에 따른 품질 특성에 대한 심도 깊은 연구가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 최근 고소득 작물로 급부상하면서 전국적으로 생산되고 있는 국내산 아로니아의 생육환경 및 품질평가를 통해 아로니아 재배의 국내 적합성과 고품질의 아로니아를 생산하기 위한 최적 재배조건 확립을 위한 기초 연구 자료를 제공하고자 수행하였다. 또한 전 세계적으로 가장 많이 유통되는 폴란드산과의 비교를 통해 국내산 아로니아의 품질 우수성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물 제조

국내산 아로니아는 2014년 국내 5개 도에서 각각 수확된 바이킹(Viking) 품종을 구입하여 동결건조 한 후 425 μ m mesh size를 통해 일정한 크기의 분말을 사용하였다. 폴란드산 아로니아는 동결건조 되어 국내에 직수입된 제품(GreenField Pawel Gucajtis Sebastian Haftaiuk s.c.)을 구입하여 425 μ m mesh size를 통해 일정한 크기의 분말을 사용하였다. 시료의 추출은 분말시료 3 g에 300 mL의 distilled water(D.W)를 넣어 환류추출 후 여과(Whatman No. 2, Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)시켜 추출액을 동결건조(LP20, Ilshin, Dongducheon, Korea) 하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent, aluminium(III) chloride hexahydrate, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,4,6-tripyridyl-*s*-triazine은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 그 밖의 시약은 특급시약으로 사용하였다.

총당 함량 측정

총당 함량은 D-glucose를 표준물질로 하여 phenol sulfuric acid법(13)으로 측정하였다. 즉 증류수에 녹인 시료 용액 0.5 mL에 5% phenol 0.5 mL를 가한 다음 sulfuric acid 2.5 mL를 가하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선으로부터 구해진 glucose의 비율로 총당 함량을 계산하였다.

산도 측정

산도 측정은 Lee 등(14)의 방법에 따라 끓여서 식힌 증류수 500 mL에 0.5 g의 시료를 가하여 페놀프탈레인 시약 0.5

mL를 넣어 잘 섞어주었다. 그 후 pH 측정기를 이용하여 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 들어간 0.1 N NaOH의 용량을 확인하여 아래의 공식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Acidity} = \{(0.009 \times \text{mL of } 0.1 \text{ N NaOH} \times F \times \text{dilution factor}) / \text{Sample (g)}\} \times 100$$

F: factor of 0.1 N NaOH

색도 측정

산지별 아로니아의 색도는 1 mg/mL의 시료를 색도계(CM-5, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값으로 표시하였다. 각 시료당 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었으며, 표준백판(L=98.42, a=-0.06, b=-0.33)으로 보정 후 L, a, b 값을 측정하였다.

폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량 분석은 Folin-Denis법(15)을 일부 변형하여 이용하였다(16). 시료를 1 mg/mL 농도로 용해시킨 후 시료액 50 μ L와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 25 μ L를 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켰다. 그 후 20% sodium carbonate 125 μ L를 혼합한 다음 37°C 배양기에서 암 상태로 40분 동안 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 이용하여 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

DPPH 라디칼 소거능 및 FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정

산지별 아로니아의 생과 추출물 시료의 DPPH 라디칼 소거능 측정 방법(17)을 이용하여 항산화 활성을 측정하였다. 시료를 1 mg/mL로 녹여 serial dilution 한 시료액 100 μ L와 0.4 μ M DPPH 용액 100 μ L를 혼합하여 37°C에서 암 상태로 30분 반응 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH free 라디칼 소거능은 시료를 첨가하지 않은 대조구와 시료 첨가구의 흡광도 차를 DPPH 라디칼 소거능 50% 저해 농도로 표기하였다.

FRAP는 Benzi와 Strain(18)에 의한 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer와 10 mM 2,4,6-tripyridyl-*s*-triazine, 20 mM iron(III) chloride hexahydrate를 각각 10:1:1로 섞어 FRAP reagent를 준비한다. FRAP reagent 180 μ L와 아로니아 생과 추출물 1 mg/mL의 농도로 희석한 시료 6 μ L를 혼합한 후 실온에서 5분 동안 반응시켜 593 nm에서 측정하였다. 표준물질로 FeSO₄·7H₂O(iron(II) sulfate heptahydrate)를 사용하였다.

안토시아닌 함량 분석

안토시아닌 화합물 측정 HPLC법으로 분석을 실시하였다. 시료를 10 mg/mL로 D.W에 녹인 후 안토시아닌 표준물질 cyanidin-3-galactoside, cyanidin-3-glucoside, cyani-

din-3-xyloside, cyanidin-3-arabinoside는 Sigma-Aldrich Co.로부터 구입하여 정량하였다. HPLC 분석은 HPLC 시스템(Thermo Scientific Dionex Ultimate 3000-1 RSLC), 칼럼(Acclaim RSLC 120 C18, 2.2 μ m(3.0 \times 100 mm)), DAD 검출기(520 nm)를 이용하였다. 이동상 A는 10% formic acid, B는 formic acid : acetonitrile : methanol : D.W=10:22.5:22.5:44(v/v)를 사용하였다. 이동상 B용액의 농도를 0~12분까지 9%로 유지하고 12~25분까지 9~35%로 서서히 증가시켰으며, 25~30분까지 50%, 30~35분까지 9% 농도로 유지하고 0.475 mL/min으로 이동시키면서 분석하였다.

국내산 아로니아의 재배환경 분석

국내산 아로니아의 생산지별 재배환경은 생산지의 정확한 주소를 확인하여 하절기(6~8월)의 5년간 평균온도, 동절기(11~2월)의 5년간 평균온도, 5년간 최저온도, 평균 일조량(1981~2010년), 최근 5년간 강우량은 기상청 데이터(www.kma.go.kr)를 활용하여 분석하였으며, 각 지역별 토양의 산도 및 유기물 함량은 토양환경 정보 시스템인 흙토람(www.soil.rda.go.kr)을 활용하여 분석하였다.

통계분석

모든 측정 결과는 3반복으로 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 실험군 간의 차이는 SAS package(Statistical Analysis Program, version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 사용하여 Duncan's multiple range test로 비교하여 나타내었다.

결과 및 고찰

총당 함량 및 산도

국내 5개 지역에서 생산된 아로니아와 폴란드에서 생산

된 아로니아 열수 추출물의 총당 함량과 산도를 측정하였다. 그 결과(Table 1) 총당 함량(mg/g)은 국내 E(589.8 \pm 2.7)> 폴란드산(566.7 \pm 0.8)> D> A> B(459.1 \pm 1.9) 순으로 높았으며, 산도(%) 측정 결과는 D(9.3 \pm 0.1)> 폴란드산(8.2 \pm 0.3)> A(7.5 \pm 0.1)로 국내 D 산지가 높은 산도를 나타냈다. 아로니아의 총당 함량 및 산도에 영향을 미치는 재배환경, 수확 시기, 수확 후 저장 기간 등에 대한 기존 분석 결과가 없으나 폴란드산보다 높은 총당 함량을 가지는 국내산 아로니아는 E, 산도는 D에서 생산된 아로니아가 폴란드산보다 높게 측정되었다.

색도 측정

각 산지별 아로니아 추출물의 색차를 측정해 본 결과(Table 2) 산지에 따라 명도값(L값)은 94.3~95.7로 산지에 따라 거의 유사하였고, 적색도(a)는 국내 E(5.3 \pm 0.1)> A(4.8 \pm 0.1)와 폴란드산(4.8 \pm 0.1) 순으로 나타났으며, 황색도(b)는 E(3.9 \pm 0.1)> 폴란드산(3.2 \pm 0.1)> A(3.1 \pm 0.2)와 E(3.1 \pm 0.1) 순으로 높게 나타났다. 각 산지의 색도를 측정해 본 결과 안토시아닌 함량이 높게 측정된 시료에서 진한 색을 가지는 것으로 사료된다.

아로니아에 많이 함유되어 있는 안토시아닌 색소는 pH, 온도, 빛, 효소, 산소, 당류, 유기산, 금속이온, 공존하는 색소 등의 존재 여부에 따라서 영향을 많이 받게 된다. 아로니아의 풍부한 안토시아닌 함량으로 이미 아로니아는 식품의 색을 보완하는 식품 보조제 및 다양한 식품재료로 활용되고 있다(19). 따라서 국내에서 생산되는 아로니아를 천연식용색소로 활용하기 위한 기초적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

총 폴리페놀 함량

폴리페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있으며 분자 내에 두 개 이상의 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방

Table 1. Total sugar contents and acidities of *Aronia melanocarpa* cultivated in domestic region and Poland

Contents	Cultivated in Korea					Poland
	A	B	C	D	E	
Total sugar contents (mg/g)	494.2 \pm 0.1 ^d	459.1 \pm 1.9 ^f	476.2 \pm 2.3 ^e	526.7 \pm 0.5 ^c	589.8 \pm 2.7 ^a	566.7 \pm 0.8 ^b
Acidity (%)	7.5 \pm 0.1 ^c	6.5 \pm 0.1 ^e	7.1 \pm 0.0 ^d	9.3 \pm 0.1 ^a	7.1 \pm 0.3 ^d	8.2 \pm 0.3 ^b

Each value represents means \pm SD of triplicate.

Means with different letters (a-f) in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Each contents express as mg per 1 g dried hot water extract.

Table 2. Color characteristics of *Aronia melanocarpa* cultivated in domestic region and Poland

	Cultivated in Korea					Poland
	A	B	C	D	E	
Color (dE * ab)	7.3 \pm 0.4 ^{bc}	6.8 \pm 0.1 ^{dc}	7.1 \pm 0.1 ^d	6.4 \pm 0.1 ^e	8.7 \pm 0.1 ^a	7.6 \pm 0.1 ^b
L	95.3 \pm 0.5 ^{ab}	95.5 \pm 0.1 ^a	95.4 \pm 0.1 ^{ab}	95.7 \pm 0.1 ^a	94.3 \pm 0.1 ^b	95.0 \pm 0.1 ^c
a	4.8 \pm 0.1 ^b	3.7 \pm 0.1 ^d	4.3 \pm 0.1 ^c	3.8 \pm 0.1 ^d	5.3 \pm 0.1 ^a	4.8 \pm 0.1 ^b
b	3.1 \pm 0.2 ^c	3.6 \pm 0.1 ^b	3.3 \pm 0.1 ^c	3.1 \pm 0.1 ^c	3.9 \pm 0.1 ^a	3.2 \pm 0.1 ^c

Each value represents means \pm SD of triplicate.

Means with different letters (a-e) in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

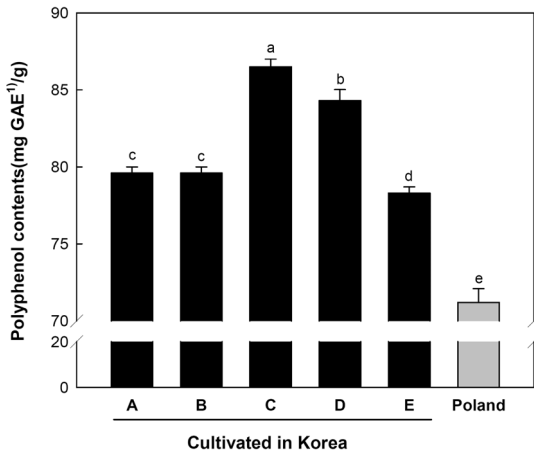


Fig. 1. Polyphenol contents of *Aronia melanocarpa* cultivated in domestic region and Poland. Each value is means±SD of triplicate. Means with different letters (a-e) on the bars are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each contents expressed as mg per 1 g dried hot water extract. ¹GAE: gallic acid equivalent.

항죽 화합물(20)로 항산화, 항암, 항염, 시력증진 등의 다양한 기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(21,22).

아로니아의 총 폴리페놀 함량(mg GAE/g)을 측정해 본 결과(Fig. 1) C(86.5±0.5) > D(84.3±0.7) > A, B > E(78.3±0.4) > 폴란드산(71.2±0.9) 순으로 높게 측정되었다. Chung (23)의 연구 결과에 따르면 국내산 아로니아 70% 에탄올 추출물(2회)의 총 폴리페놀 함량을 117.20±3.95 mg/g으로 보고하였으며, Hwang 등(24)은 110 mg/g으로 추출횟수 및 추출용매를 고려할 때 선행 연구 결과와 유사한 것을 알 수 있었다.

산지별 아로니아의 항산화 활성

DPPH 라디칼 소거능은 환원 정도를 기준으로 측정 물질의 환원력과 항산화력을 측정할 수 있는 방법이다. Hydrozyl의 질소 원자가 불안정한 상태로 쉽게 수소원자를 받아들이는 성질을 가지고 있어 항산화성 물질과 반응하여 항산화 활성을 측정할 수 있는 방법 중 하나이다(25). 산지별 아로니아의 항산화 활성을 비교하기 위해 DPPH 라디칼에 대한 소거 활성을 측정한 결과는 Table 3과 같다. DPPH 라디칼의 SC₅₀(scavenging concentration 50%, µg/mL)를 이용하여 항산화 활성을 측정한 결과 C(134.7±1.9 µg/mL) >

D > B > A > E > 폴란드산(167.6±0.3 µg/mL)으로 국내에서 생산된 아로니아 모두 폴란드산보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. Oszmianski(26)의 연구 결과 폴란드산 아로니아 열매의 DPPH 라디칼 소거능 활성은 279.38 µM Trolox/100 g dried weight의 활성을 나타내었으며, Lim(27)의 연구 결과에서는 DPPH 라디칼 소거능 50% 저해 농도가 74.1 µg/mL로 나타났다. 이는 아로니아의 추출 조건에 따라 DPPH 라디칼 소거능의 차이를 보이는 것으로 생각된다.

FRAP assay는 항산화 성분에 의해 Fe²⁺ 이온이 제거되어 ferrozine-Fe²⁺ 복합체를 형성하지 않는 것을 원리로 하여 측정하는 방법(28)으로 FeSO₄·7H₂O를 표준물질로 사용하였다. FRAP(mg/100 g) assay 결과도 DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 C(107.7±3.5) > D > A > B > E > 폴란드산(93.2±1.8)으로 C와 D 산지가 높은 FRAP 활성을 보였으며 국내산지 모두 폴란드산보다 높은 FRAP 활성을 보이는 것을 확인할 수 있었다(Table 3). DPPH와 FRAP를 이용하여 아로니아 추출물의 항산화 활성을 측정한 결과 C와 D 산지의 아로니아 추출물이 높은 항산화 활성을 가지고 있었다. 이 두 지역에서 생산된 아로니아는 타 지역에 비해 높은 폴리페놀 함량을 가지고 있었다.

총 안토시아닌 함량 분석

플라보노이드 중 안토시아닌은 과일이나 야채에 널리 존재하며 pH에 따라 붉은색에서 파란색으로 바뀌는 식물성 색소로, 특히 베리류에 많이 함유되어 있다. 아로니아에 함유되어 있는 안토시아닌은 cyanidin과 결합된 배당체의 형태로 존재하며, 주로 cyanidin-3-galactoside, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-arabinoside, cyanidin-3-xyloside 등 4개 물질이 보고되고 있다(29,30).

산지별 아로니아의 안토시아닌 함량(mg/g) 분석 결과(Table 4) A(44.4±1.4) > E > C, 폴란드산(36.1±0.4) > B(32.5±0.6) 순으로 나타났으며, 안토시아닌 조성을 확인해 본 결과 모든 시료에서 cyanidin-3-galactoside가 주성분으로 함량은 65.5~69.1% 사이임을 알 수 있었다. 국내산 지별 안토시아닌 함량을 측정한 결과 국내산지 B와 D를 제외하고는 모두 폴란드산보다 높은 안토시아닌 함량을 보였다. 아로니아 생과 중 총 안토시아닌 함량은 357~1,790 mg/100 g으로 보고되었으며(31), 국내산 아로니아 5종의 열수 추출물의 안토시아닌 함량은 생과 100 g당 65.0~88.8

Table 3. DPPH radical scavenging activity and FRAP value of *Aronia melanocarpa* cultivated in domestic region and Poland

	Cultivated in Korea					Poland
	A	B	C	D	E	
DPPH SC ₅₀ ¹⁾ (µg/mL)	153.7±1.2 ^c	147.2±1.2 ^b	134.7±1.9 ^{a2)}	137.0±0.7 ^a	167.2±1.9 ^d	167.6±0.3 ^d
FRAP ²⁾ (FeSO ₄ ·7H ₂ O mg/100 g)	99.2±1.6 ^b	97.3±3.9 ^{bc}	107.7±3.5 ^a	106.3±2.4 ^a	95.2±1.6 ^{bc}	93.2±1.8 ^c

¹⁾DPPH SC₅₀: 50% DPPH radical scavenging concentration.

²⁾FRAP (ferric reducing antioxidant power) value is expressed as Fe²⁺ µM concentration, obtained from a FeSO₄ solution having an antioxidant capacity equivalent.

Data represent means±SD of triplicate experiment.

Means with different letters (a-d) in a row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Total anthocyanin contents and composition of *Aronia melanocarpa* cultivated in domestic region and Poland

Anthocyanin	Cultivated in Korea					Poland
	A	B	C	D	E	
Total anthocyanin content (mg/g)	44.4±1.4 ^a	32.5±0.6 ^d	36.1±2.0 ^c	35.6±0.6 ^c	39.3±4.0 ^b	36.1±0.4 ^c
C-3-galactoside (%)	69.1±0.3 ^a	66.0±0.5 ^b	66.6±0.9 ^b	65.6±0.2 ^b	68.4±1.5 ^a	66.4±0.2 ^b
C-3-glucoside (%)	8.2±0.1 ^a	6.7±0.2 ^{cd}	7.6±0.1 ^{ab}	8.4±0.1 ^a	6.4±1.2 ^d	7.3±0.1 ^{bc}
C-3-arabinside (%)	14.0±0.1 ^c	15.7±0.1 ^a	15.0±0.4 ^b	15.3±0.1 ^{ab}	15.4±0.9 ^{ab}	15.7±0.2 ^a
C-3-xyloside (%)	8.7±0.2 ^d	11.6±0.1 ^a	10.7±0.6 ^b	10.7±0.2 ^b	9.9±0.7 ^c	10.6±0.2 ^b

Each value represents means±SD of triplicate.

Means with different letters (a-d) in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Anthocyanin content express as mg per 1 g dried hot water extract.

mg으로 Denev 등(31)의 연구에서 나타났다. 본 연구에서는 기존 보고보다 안토시아닌 함량이 낮게 나타났으며, 이 결과는 추출용매, 추출 시간 등에 의한 차이로 추측된다.

Lee 등(32)의 보고에 따르면 검정찰옥수수의 경우 수확 시기가 늦을수록 안토시아닌 함량은 증가한다고 보고한 반면, Lee 등(33)은 포도의 안토시아닌 함량이 일부 품종은 수확시기가 늦을수록 증가하였으나 일부 품종은 변화가 없었다고 보고하였다.

또한 Spayd 등(34)의 일조량이 증가할수록 포도의 안토시아닌 함량이 증가한다고 보고하였다. 아직까지 아로니아의 재배환경에 따른 안토시아닌 함량 차이에 대한 연구보고는 거의 없지만 국내산 아로니아와 폴란드산 아로니아의 안토시아닌 함량은 수확시기와 재배환경 모두 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 국내산 아로니아와 폴란드산 아로니아의 안토시아닌 함량은 유사하거나 일부 상회하는 것을 알 수 있었다.

국내산 아로니아의 재배환경 비교

국내산지 C와 D에서 생산된 아로니아는 폴리페놀 함량이 높은 것을 확인할 수 있었다. 폴리페놀은 아로니아가 가지고 있는 항산화 작용, 면역증진 및 암 예방 효능 등을 나타내는 기능성 물질이다(6-8). 특히 국내 C 지역에서 생산된 아로니아는 폴란드산에 비해 1.2배 높은 폴리페놀 함량을 가지고 있어 강한 항산화 활성을 가지고 있었다. 국내 C 지역에서

생산된 아로니아는 높은 페놀 함량 대비 안토시아닌 함량은 낮았다. 따라서 국내 C 지역의 재배환경은 식물의 2차 대사산물인 페놀화합물의 생산을 증가시키는 것으로 추정된다.

아로니아의 최적 품질 생산을 위하여 국내 5개 지역의 재배환경을 비교해 본 결과(Table 5) C와 D는 국내 5개 산지 중 일조량이 많았으며, 심토 pH 6.5, 토양의 유기물 함량이 타 지역보다 많았다. Djuric 등(35)은 아로니아의 재배토양의 pH가 낮을 경우 질소의 흡수를 방해해 결과적으로는 아로니아 열매의 품질이 낮아지며, pH 6.5~6.69일 때 좋은 품질의 열매를 얻는다고 보고하였다. 5개의 국내 시료 중 C 지역의 토양 산도는 6.5로 토양의 산도가 아로니아 품질에 매우 중요한 인자이며, 질소원과 탄소원 또한 고품질의 아로니아 생산에 매우 중요한 인자일 것으로 생각된다.

현재 국내에서 아로니아 재배가 급격히 증가하고 있으며(36), 국내산 아로니아의 재배 적합성 및 품질 우수성 확인을 확인하기 위하여 전 세계 시장의 80% 이상을 차지하는 폴란드산 아로니아와 비교해 보았다. 그 결과 국내에서 생산된 아로니아는 폴란드산과 유사하거나 조금 더 우수한 것으로 생각된다. 동일 품종일지라도 일조량이 풍부하고, 심토의 산도가 pH 6.5인 지역에서 생산된 아로니아는 타 지역보다 폴리페놀 함량이 풍부하여 더욱 우수한 품질을 가지고 있는 것을 예측할 수 있었다.

본 연구를 통해 아로니아는 국내의 기후 조건에 적합한 작목임을 알 수 있었으며, 묘목 간 적정 재식거리 유지를

Table 5. Cultivation conditions of domestic *Aronia melanocarpa*

		Cultivated in Korea				
		A	B	C	D	E
Temp.	Average summer temp. ¹⁾	24.1	23.5	24.5	24.6	23.2
	Average winter temp. ²⁾	-4.2	-4.5	-1.3	0.9	1.3
	Max. low temp.	-9.2	-11.4	-7.9	-4.8	-5.8
Amount of sunshine (h)/y ³⁾		2,050.6	2,050.1	2,412.7	2,229.0	2,184.5
Rainfall (mm) ⁴⁾		1,521.9	1,290.9	1,265.0	1,254.8	1,493.5
Soil	pH of subsoil	5.2	5.5	6.5	6.5	4.5
	Organic content (%)	1.4	3.3	8.6	4.4	6.1

¹⁾Five-years average summer temperature: June to August.

²⁾Five-years average winter temperature: December to February.

³⁾Monthly average: 1981~2010.

⁴⁾The five-year average precipitation for each region except E region (one year average precipitation).

통한 일조량 확보 및 토양의 적정 산도를 유지할 경우 폴란드산보다 우수한 품질의 아로니아를 생산할 수 있을 것으로 예측되었다. 따라서 향후 국내산 아로니아의 경쟁력 확보를 위한 고품질 아로니아 생산과 최적 재배환경 구축이 필요할 것으로 생각된다. 또한 고부가가치 제품개발의 다양한 가공 방법에 대한 연구가 추가적으로 진행될 필요성이 있으며 이를 통해 역수출할 수 있는 고소득 작물이라고 보인다.

요 약

본 연구에서는 최근 고소득 작물로 급부상 하면서 전국적으로 생산되고 있는 국내산 아로니아의 생육환경 및 품질평가를 통해 국내 아로니아 재배 적합성과 품질의 우수성을 조사해 보았다. 국내 각 지역에서 생산된 5종의 아로니아와 폴란드산 아로니아 추출물의 총당 함량, 산도, 폴리페놀 함량, 안토시아닌 함량 및 항산화 활성을 측정해 보았다. 그 결과 총당 함량, 총산도, 안토시아닌 함량 및 조성은 국내산과 폴란드산이 유사한 것을 알 수 있었다. 안토시아닌은 아로니아의 중요한 기능성 성분으로 국내산 5종과 폴란드산 모두 cyanidin-3-galactoside가 주성분이고 함량은 65.5~69.1% 사이로 유사하였다. 국내 C 지역에서 생산된 아로니아는 폴란드산에 비해 1.2배 높은 폴리페놀 함량을 가지고 있으며, 폴란드산 아로니아의 DPPH 라디칼의 50% 소거활성이 167.6±0.3 µg/mL인데 비해 국내 C 지역의 아로니아는 134.7±1.9 µg/mL로 낮은 농도에서 활성이 높게 나타났다. 또한 ferric reducing antioxidant power assay를 이용한 항산화 활성 측정에서도 폴란드산보다 국내 C 지역의 아로니아가 높은 항산화 활성을 보였다. 폴란드산보다 우수한 품질을 가지고 있는 국내 C 지역의 재배환경은 조사대상 중 가장 일조량이 많았으며, 심토 pH 6.5, 토양의 유기물 함량이 가장 높았다. 따라서 국내산 아로니아는 폴란드산과 품질이 유사하거나 조금 더 우수한 것을 알 수 있었으며, 재배 시 일조량 확보 및 토양의 적정 산도 유지를 통해 보다 고품질의 아로니아 생산이 가능할 것으로 예측되었다. 따라서 향후 고도 기술을 통한 국내산 아로니아의 고부가가치 제품 생산 시 우수한 기능성 식품 소재로 활용될 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Li J, Ding S, Ding X. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of *Chinese jujube*. *Process Biochem* 40: 3607-3613.
- Wang H, Nair MG, Strasburg GM, Chang YC, Booren AM, Gray JJ, DeWitt DL. 1999. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. *J Nat Prod* 62: 294-296.
- Wu X, Gu L, Prior RL, McKay S. 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity. *J Agric Food Chem* 52: 7846-7856.
- Kokotkiewicz A, Jaremicz Z, Luczkiewicz M. 2010. *Aroniac* plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J Med Food* 13: 255-269.
- Domarew CA, Holt RR, Snitkoff GG. 2002. A study of Russian phytomedicine and commonly used herbal remedies. *J Herb Pharmacother* 2: 31-48.
- Hwang ES, Thi ND. 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of *Cheongpomook* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J Food Cook Sci* 30: 161-169.
- Han GL, Li CM, Mazza G, Yang XG. 2005. Effect of anthocyanin rich fruit extract on PGE2 produced by endothelial cells. *J Hyg Res* 34: 581-584.
- Lala G, Malik M, Zhao C, He J, Kwon Y, Giusti MM, Magnuson BA. 2006. Anthocyanin-rich extracts inhibit multiple biomarkers of colon cancer in rats. *Nutr Cancer* 54: 84-93.
- Hwang ES, Ki KN. 2013. Stability of the anthocyanin pigment extracted from aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 45: 416-421.
- Yun HT, Kim WH, Lee YH, Suh SJ, Kim SJ. 2006. Isoflavone contents of soybean according to different planting dates. *Korean J Crop Sci* 51: 174-178.
- Hong SB, Lee SJ, Kim YH, Hwang YS, Yoon KH, Lee SI, Nam MY, Song LS, Choung MG. 2010. Variation of anthocyanin, and isoflavone contents in Korean black soybeans grown at different latitudinal locations. *Korean J Environ Agric* 29: 129-137.
- Kang HM, Choi IL, Kim IS. 2008. Effect of cultural regions or methods on postharvest physiological characteristics and qualities of paprika fruits. *J of Bio-Environmental Control* 17: 325-329.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28: 350-356.
- Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC Int* 88: 1269-1278.
- Appel HM, Govenor HL, D'Ascenzo M, Siska E, Schultz JC. 2001. Limitations of Folin assays of foliar phenolics in ecological studies. *J Chem Ecol* 27: 761-778.
- Maksimović Z, Malencić D, Kovacević N. 2005. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Bioresour Technol* 96: 873-877.
- Wang KJ, Zhang YJ, Yang CR. 2005. Antioxidant phenolic compounds from rhizomes of *Polygonum paleaceum*. *J Ethnopharmacol* 96: 483-487.
- Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
- Son JH, Choung MG, Choi HJ, Jang UB, Son GM, Byun MW, Choi C. 2001. Physiological effect of Korean black soybean pigment. *Korean J Food Sci Technol* 33: 764-768.
- Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee IS. 2006. Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zyzypos jujuba* var. *inermis* rehder. *Korean J Food Sci Technol* 38: 128-134.
- Kang MH, Cho CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG, Park HW. 2002. Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. *Korean J Food Sci Technol* 34: 1098-1102.
- Lee SY, Shin YJ, Park JH, Kim SM, Park CS. 2008. An

- analysis of the Gyungokgo's ingredients and a comparison study on anti-oxidation effects according to the kinds of extract. *Kor J Herbology* 23: 123-136.
23. Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1349-1356.
 24. Hwang SJ, Yoon WB, Lee OH, Cha SJ, Kim JD. 2014. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chem* 146: 71-77.
 25. Teixeira J, Gaspar A, Garrido EM, Garrido J, Borges F. 2013. Hydroxycinnamic acid antioxidants: An electrochemical overview. *BioMed Res Int* 1: 1-11.
 26. Oszmianski J, Wojdylo A. 2005. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur Food Res Technol* 221: 809-813.
 27. Lim JD, Cha H, Choung M, Choi R, Choi D, Youn AR. 2014. Antioxidant activities of acidic ethanol extract and the anthocyanin rich fraction from *Aronia melanocarpa*. *Korean J Food Cook Sci* 30: 573-578.
 28. Ku KM, Kim SK, Kang YH. 2009. Antioxidant activity and functional components of corn silk (*Zea mays* L.). *Korean J Plant Res* 22: 323-329.
 29. Slimestad R, Torskangerpoll K, Nateland HS, Johannessen T, Giske NH. 2015. Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*. *J Food Compos Anal* 18: 61-68.
 30. Jakobek L, Drenjancevic M, Jukic V, Seruga M. 2012. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of "Nero", "Viking", "Galicianka" and wild chokeberries. *Sci Hort* 147: 56-63.
 31. Denev PN, Kratchanov CG, Ciz M, Lojek A, Kratchanova MG. 2012. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: *in vitro* and *in vivo* evidences and possible mechanisms of action: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 11: 471-489.
 32. Lee JS, Son BY, Kim JT, Ku JH, Han OK, Baek SB, Moon JK, Hwang JJ, Kwon YU. 2012. Change of total anthocyanin contents and antioxidant activities of purple waxy corn (*Zea mays* L.) inbred lines and hybrids during grain filling. *Kor J Breed Sci* 44: 290-300.
 33. Lee SH, Kim SK, Hong EY, Chun SH, Son IC, Kim DI. 2014. Effect of harvest time on the several phenolic compounds and fruit quality of grape cultivars. *Korean J Plant Res* 27: 119-124.
 34. Spayd SE, Tarara JM, Mee DL, Ferguson JC. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am J Enol Vitic* 53: 171-182.
 35. Djuric M, Brkovic D, Milosevic D, Pavlovic M, Curcic S. 2015. Chemical characterization of the fruit of black chokeberry grown on different types of soil. *REV CHIM (Bucharest)* 66: 178-781.
 36. Park EJ. 2014. Quality characteristics of *sulgidduk* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) power. *J East Asian Soc Dietary Life* 25: 646-653.