

아로니아 부위별 주요 성분 정량 및 생리활성 평가

김성웅¹ · 채규서¹ · 이수정¹ · 김기덕² · 문제학³ · 권지웅^{1,*}

¹베리&바이오식품연구소, ²고창군청 농어촌식품과, ³전남대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Main constituents and bioactivities of different parts of aronia (*Aronia melanocarpa*)

Sung Woong Gim¹, Kyu Seo Chae¹, Su Jung Lee¹, Ki Deok Kim², Jae-Hak Moon³, and Ji Wung Kwon^{1,*}

¹Berry&Biofood Research Institute

²Gochang County Agro-Fisheries & Food Department

³Department of Food Science and Technology, Chonnam National University

Abstract This study was designed to evaluate the biological activities and main constituents of different parts (fruit, leaf, and stem) of aronia (*Aronia melanocarpa*). The total phenolic and flavonoid contents, DPPH and ABTS⁺ radical-scavenging activity, reducing power, and ferric reducing/antioxidant power were observed to follow the order of: leaves > stems > fruits, regardless of extraction solvents. The inhibitory activity against lipopolysaccharide-induced NO production in Raw 264.7 cells was significantly higher in the aronia leaf extract-treated group than in the groups treated with stem and fruit extracts. The ultra-performance liquid chromatography (UPLC) analysis was mainly composed of routine. In addition, the highest content level was measured in the case of the catechin member epigallocatechin with a higher value than that found in green tea. The results of this study provide useful information for understanding the chemical constituents and biological activities of aronia fruits and byproducts.

Keywords: aronia, antioxidant activities, phenolic compounds, different parts

서 론

최근 경제성장과 더불어 소득이 증가함에 따라 건강과 장수에 대한 관심이 지속적으로 고조되고 있으며, 현대인의 식품 섭취 성향은 식품 가공 산업의 발달로 인해 다양화되고, 간편하게 섭취할 수 있는 가공식품의 선호도가 증가하고 있다(Cha 등, 2006). 또한 지나치게 서구화된 식생활로 인하여 비만과 더불어 심혈관계 질환 등의 만성질환이 증가하고 있는 추세이다(Sloan, 2006). 최근 다양한 식품소재들의 건강에 대한 효능과 질병예방 효과가 알려지면서 소비자들이 식품의 영양학적 기능을 중요시하던 인식을 더욱 확장하여 식품의 생리활성 측면에 대한 부분까지 관심이 확대되고 있다(Park 등, 2004). 산화적 스트레스는 방사선조사, 화학반응 및 산화 환원반응에 의해 생성된 자유라디칼 및 활성산소종에 의해 유발되며, 생체 내에서 암, 동맥경화, 당뇨병, 간경변, 단백질 산화, DNA 손상 및 지질의 과산화를 일으키는 주요 원인이다(Barry 등, 2003). 자유라디칼에 의해 유발된 산화적 스트레스는 lipopolysaccharide (LPS)로 유도된 염증 반응계에서 활성산소종(ROS)의 조절에 관여(Park 등, 2010) 하는데, 체내에서 생성되는 활성산소종은 식품에 함유되어있는 다양한 항산화 성

분(비타민 C, 토코페롤, 페놀성화합물 등)에 의해 예방되는 것으로 알려져 있다(Niki 등, 1994). 항산화제는 단순히 산소만을 제거하는 것이 아니라 자유라디칼과 반응하여 특정 필수 아미노산이나 비타민류의 손실을 최소화시키거나 방지하는 역할 또한 수행한다(Hampton와 Orrenius, 1997). 이처럼 산화적 스트레스에 의한 산화적 손상을 지연시키거나 억제하는 물질인 항산화물질을 천연소재로부터 탐색하는 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 이를 활용한 기능성소재의 개발에 대한 연구가 진행되고 있다.

블랙 초크베리(black chokeberry)로 많이 알려진 아로니아는 장미과(Rosaceae)에 속하는 다년생 낙엽관목으로 북아메리카 지역이 주 원산지이며(Tanaka 등, 2001), 열매의 색에 따라 블랙 초크베리, 레드 초크베리, 퍼플 초크베리로 분류되며, 이들 중 블랙 초크베리라고 불리는 아로니아가 예전부터 식용과 약용 등으로 널리 사용되어 왔다(Kokotkiew 등, 2010). 아로니아 열매에는 안토시아닌, 플라보노이드 및 탄닌 등의 폴리페놀 성분이 다량 함유되어있고, 그중 안토시아닌의 함량이 다른 식물과 베리류에 비해 월등히 높은 것으로 알려져 있으며(Hudec 등, 2006), 아로니아의 주요 함유성분으로는 polymeric proanthocyanidins, chlorogenic acid, neochlorogenic acid, cyanidin-3-O-galactoside 등이 있다(Oszmiński 등, 2005). 아로니아의 생리활성으로는 항산화 효과(Chang 등, 2008; Hwang 등 2014), 항암(Kdzierska 등, 2013), 항염(Yang 등, 2015; Zapolska 등, 2012), 항당뇨(Damjanovic 등, 2015), 항돌연변이(Gasiorowski 등, 1997), 혈관질환(Bijak 등, 2013), 주름예방 및 개선효과(Kim 등, 2014) 등의 다양한 생리활성이 알려져 있다. 또한 최근에는 초음파 처리에 의한 검정라즈베리 부위별 추출물의 산화방지 활성(Kim 등, 2015), 뽕나무 부

*Corresponding author: Ji Wung Kwon, Berry&Bio food Research Institute, Gochang, Jeonbuk 56417, Korea
Tel: +82-63-560-5190
Fax: +82-63-563-6680
E-mail: kjwung@daum.net
Received February 13, 2020; revised March 19, 2020;
accepted April 9, 2020

위별 추출물의 생리활성 측정(Choi 등, 2015), 오가피의 부위별 열수 추출액의 기능적 특성(Choi 등, 2011) 등과 같이 과실에 국한되지 않고 각 부위의 기능 성분 및 생리활성 검증을 통해 새로운 기능성 식품소재로써 활용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이처럼 아로니아의 경우도 과실에 대한 기능성 연구 및 가공학적 연구는 많이 이루어져 있으나 부산물로 여겨지는 잎과 줄기에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 아로니아 열매와 부산물로 여겨지는 잎과 줄기를 물 및 에탄올 농도별로 추출물을 제조하고, 기능 성분 및 생리활성을 평가함으로써 부산물로 여겨지는 잎과 줄기의 기능성 천연소재로써 이용 가능성을 알아보려고 진행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 실험재료는 전북 고창군 부안면에 위치한 북분자시험장에서 열매는 2018년 8월 말경에, 그리고 잎과 줄기는 11월 중순경에 각각 채취한 것으로, 세척 후 60°C에서 3일 동안 열풍건조한 것을 분쇄기(Cyclotec 1093 mill, Foss, Hoganas, Sweden)로 분쇄하여 -40°C에서 냉동보관하며 시료로 사용하였다.

시약

실험에 사용한 추출용매인 에탄올(ethanol)은 Samchun Chemical (Seoul, Korea)의 제품을 구입하였고, 폴린시오칼테우 페놀시약(folin-ciocalteu's phenol reagent), 탄산나트륨(sodium carbonate), 탄닌산(tannic acid), 퀘세틴(querctetin), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 와 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 아세트산칼륨(potassium acetate), 질산알루미늄(aluminum nitrate)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 세포 배양액인 Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM), Iscove's Modified Dulbecco's Medium (IMDM)은 Welgene (Gyeongsangbuk-do, Korea), fetal bovine serum (FBS)은 Gibco (Rockville, MD, USA)에서 구입하였다. 이외 다른 시약은 특급 또는 HPLC 등급을 이용하였다. 또한, 항염 실험에 사용된 세포는 RAW 264.7 (마우스 유래 대식세포주), fibroblast (인간 유래 섬유아세포주) 세포를 American Type Collection (ATCC, Manassas, VA, UDS)에서 구입하였다.

물 및 에탄올 농도별 추출물 제조

아로니아 열매, 잎, 줄기의 생리활성 및 페놀성 화합물 분석을 위한 추출물 제조는 Kwon 등(2011)의 방법을 응용하였다. 즉 분쇄된 아로니아의 열매, 잎, 줄기를 각각 100 g을 정량하여 10배의 물 및 30, 50, 70% 에탄올을 넣고 물은 100°C에서 30, 50, 70% 에탄올은 80°C에서 2시간 2회 반복 추출하여 여과한 후 감압농축기(Buchi R210, Flawil, Switzerland)로 농축 후 동결 건조하였다. 이때 추출 수율은 아래의 식에 의해 함량을 구하였고, -70°C deep freezer (CLN-71UWM, Nihon freezer Ltd., Tokyo, Japan)에서 보관하며 시료로 사용하였다.

$$\text{추출 수율(\%)} = \frac{\text{동결건조 후 추출물의 무게(g)}}{\text{추출 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 함량은 건강기능식품공전 방법(2012)을 응용하여 측정하였다. 즉 아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에

탄올 추출물 10 mg/10 mL 농도로 제조한 용액 1 mL에 증류수 7.5 mL와 folin-ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL, 35% sodium carbonate 1 mL를 가한 후 실온 압조건에서 1시간 동안 정치한 후, UV/VIS spectrophotometer (UV-2450, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 760 nm에서 비색정량 하였다. 이때 tannic acid 을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량은 Chang 등(2002)의 방법을 응용하여 측정하였다. 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물을 10 mg/10 mL 농도로 제조한 용액에 diethylene glycol 2 mL, 1 N sodium hydroxide 0.02 mL를 가한 다음 37°C 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 후 UV/VIS spectrophotometer (UV-2450, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 플라보노이드 함량은 rutin (Sigma-Aldrich)을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

페놀성 화합물의 HPLC 분석

아로니아의 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물의 페놀성 화합물 함량을 분석하기 위하여 rutin, myricetin, kaempferol, quercetin, caffeic acid, ρ -coumaric acid, ferulic acid, gallic acid, resveratrol, ellagic acid를 Sigma-Aldrich Chemical Co. 에서 구입하여 ACQUITY UPLC H-Class (Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 각각의 추출물 100 mg을 정밀하게 달아 증류수 3 mL로 현탁액을 조제한 다음 0.45 μ m syringe filter로 여과한 것을 Table 1의 조건으로 분석하였다.

카테킨류의 HPLC 분석

아로니아의 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물의 caffeine 및 catechins의 함량은 Han 등(2010)의 방법을 응용하여 분석하였는데, caffeine 및 catechins는 Sigma-Aldrich에서 구입하여 ACQUITY UPLC H-Class (Waters Co.)를 이용하여 Table 2의 조건으로 분석하였다. 실험용액은 각각의 추출물 100 mg에 70% 메탄올 20 mL로 녹인 용액을 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

아로니아의 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물의 산화방지 활성을 측정하기 위하여 자유라디칼인 DPPH를 사용한 산화방지 활성 측정법(Choi 등, 1993)을 응용하였다. 즉 10, 25, 50, 100, 150, 250 μ g/mL 농도로 조제한 각각의 추출물 0.1 mL에 에탄올 0.2 mL를 가하고 2×10^{-4} M DPPH용액 0.3 mL를 가한 후 교반하였고, 실온에서 30분간 반응시키고 마이크로플레이트 판독기(Synergy HT, Bio-Tek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조군은 시료 대신에 에탄올을 첨가하여 측정하였다.

ABTS⁺ 라디칼 소거능 측정

ABTS assay는 Art 등(2004)의 방법을 응용하였다. 10, 25, 50, 100, 150, 250 μ g/mL 농도로 조제한 아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물 0.005 mL에 ABTS 라디칼 용액 0.195 mL를 첨가하여 7분간 반응시킨 후 마이크로플레이트 판독기를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였고, 대조군은 시료 대신에 에탄올을 첨가하여 측정하였다.

Table 1. HPLC conditions for analysis of phenolic compounds

Items	Conditions		
System	ACQUITY H-class (waters)		
Column	Shiseido capcellpak C18 UG (5 μ m, 250 \times 4.6 mm)		
Column temperature	25°C		
Flow rate	1 mL/min		
Injection volume	10 μ L		
Wavelength	360 nm	rutin, myricetin, kaempferol, quercetin	
	320 nm	caffeic acid, <i>p</i> -coumaric acid, ferulic acid, resveratrol	
	280 nm	gallic acid	
	260 nm	ellagic acid	
Gradient condition	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	95.0	5.0
	10.0	80.0	20.0
	15.0	70.0	30.0
	20.0	60.0	40.0
	25.0	10.0	90.0
	30.0	10.0	90.0
	32.0	95.0	5.0
	40.0	95.0	5.0
Mobile phase	A: 0.2 M ortho-phosphoric acid, pH 1.57		
	B: 20% 50 mM ammonium dihydrogen phosphate, pH 2.6 in 80% acetonitrile		

Table 2. HPLC conditions for analysis of catechin, epicatechin, epigallocatechin, epigallocatechingallate, epicatechingallate

Items	Conditions		
System	ACQUITY H-class (waters)		
Column	Shiseido capcellpak C18 UG (5 μ m, 250 \times 4.6 mm)		
Column temperature	Room temperature		
Flow rate	1 mL/min		
Injection volume	10 μ L		
Wavelength	280 nm		
Gradient condition	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	100.0	0.0
	10.0	10.0	90.0
	12.0	80.0	20.0
	20.0	80.0	20.0
	25.0	0.0	100.0
	30.0	0.0	100.0
	35.0	100.0	0.0
	40.0	100.0	0.0
Mobile phase	A: acetonitrile/ethyl acetate/0.05% H ₃ PO ₄ =6:2:86 (v/v/v)		
	B: acetonitrile/ethyl acetate/0.05% H ₃ PO ₄ =44:1:43 (v/v/v)		

환원력

아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물의 환원력은 Oyaizu(1986)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 농도별로 조제한 추출물 0.1 mL에 0.2 M 인산나트륨 완충용액(pH 6.6) 0.25 mL 및 1% 페리사이안화 포타슘 0.25 mL를 첨가하고 50°C 항온수조에서 20분 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 0.25 mL을 가하였다. 그 후 0.1% 염화철(III) 0.05 mL를 첨가하여 마이크로플레이트 판독기로 700 nm에서 환원력을 측정하였다.

Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 측정

아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물

의 FRAP은 Biglari(1958)의 방법을 응용하여 측정하였다. 즉 0.3 M 아세트산나트륨 완충용액(pH 3.6), 10 mM TPTZ (Sigma-Aldrich) 및 20 mM FeCl₃·6H₂O를 제조하여 실험 직전에 10:1:1의 비율로 혼합하여 FRAP 용액을 제조하였다. FRAP 용액 0.75 mL와 농도별(10, 25, 50, 100, 150, 250, 500 μ g/mL)로 조제한 시료 0.03 mL씩 첨가한 후 37°C 항온수조에서 15분간 반응 후 마이크로플레이트 판독기를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

세포 생존율 평가

세포생존율을 측정하기 위해 fibroblast cell을 96 well culture plate에 1 \times 10⁵/well이 되도록 분주한 뒤, 20 μ M H₂O₂와 함께 50

$\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 조제된 아로니아의 부위별 및 용매별 추출물을 처리하여 37°C, 습도 95%, CO₂ 5%가 유지되는 세포배양기에서 24시간 동안 처리하였다. 이후 세포생존율을 확인하기 위해 EZ-cytox colorimetric cell viability assay kit (DOGEN Bio., Seoul, Korea)을 well 당 10 μL 씩을 분주하고 4시간 반응 후 마이크로플레이트 판독기를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

항염 효과 평가

NO 측정을 위해 RAW 264.7 cell을 24 well culture plate에 $5 \times 10^5/\text{well}$ 이 되도록 분주한 뒤 37°C, 습도 95%, 그리고 5% CO₂의 조건에서 overnight하였다. 이후 serum free media를 이용하여 starvation을 4시간 행한 후, 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS (lipopolysaccharide, Sigma)와 100 $\mu\text{g/mL}$ 로 조제된 아로니아의 부위별 및 용매별 추출물을 처리한 뒤, 24시간 후 media를 취하여 NO 분석을 행하였다. NO 분석은 griess reagent kit for nitrite (Sigma)를 이용하여 마이크로플레이트 판독기를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

본 연구의 각 시험 항목별 실험 결과는 3회 반복 분석하여, SPSS program 23.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리 후 평균 및 표준편차로 나타내었다. 각 시험군 간의 통계적 유의성 검증은 one-way ANOVA로 검증 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

추출물의 수율, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

아로니아의 부위별(열매, 잎, 줄기) 추출 용매는 안전성 및 실용성을 고려하여 물 및 30, 50, 70% 에탄올을 이용하였다. 부위별 및 용매별 추출물의 수율을 Table 3에 제시하였다. 먼저 부위별로 추출 수율을 비교한 결과 열매>잎>줄기 순으로 높은 추출 수율을 보였는데, 이는 Lee 등(2012)의 싸리나무 부위별 추출 수

율의 비교에 있어 잎이 줄기보다 더 높은 수율을 보인 것과 유사한 경향을 나타내었고, Kang 등(2002)의 부위별 활나물 에탄올 추출물의 수율을 비교한 연구에서도 잎이 줄기보다 더 높은 수율을 보인 것과도 비슷한 경향이었다. 또한, 추출 용매에 따른 추출 수율을 비교한 결과 열매의 경우 70% 에탄올이 $56.16 \pm 1.80\%$ 로 가장 높은 추출 수율을 보였는데, 이는 열매에 포함된 씨 부위의 내부에 존재하는 지방질이 에탄올의 농도가 증가함에 따라 보다 용이하게 추출되었기 때문으로 추정된다. 그리고 잎의 경우 물 추출물 보다 추출 용매의 에탄올 농도가 높을수록 추출 수율이 증가하는 경향을 보였는데, 특히 70% 에탄올 추출물이 $48.86 \pm 0.75\%$ 로 가장 높은 수율을 보였다. 한편, 줄기의 경우는 추출 용매의 에탄올 함량에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 추출물의 수율은 생리활성이 우수하여도 수율이 낮은 경우 경제성이 떨어지기 때문에 추출 수율은 산업화를 위한 상업적 이용 가치를 판단하는 중요한 요인으로 알려져 있다.

아로니아의 부위별 및 용매별 추출물의 총 폴리페놀 함량 분석 결과는 Table 3과 같다. 먼저 부위별 비교에 있어 총 폴리페놀 함량은 추출 용매의 종류에 무관하게 잎>줄기>열매 순으로 나타났다. 또한 용매별 추출물의 총 폴리페놀 함량을 비교한 결과에서는 열매의 경우 50% 에탄올 추출물이 $16,230.77 \pm 396.21$ TAE $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였고, 잎의 경우 30% 에탄올 추출물이 $51,249.08 \pm 276.55$ TAE $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였으며, 줄기의 경우는 70% 에탄올 추출물이 $43,703.30 \pm 190.34$ TAE $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈다. Park 등(2014)은 추출용매에 따른 아로니아 추출물의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과에서 물 추출물 보다 에탄올 추출물에서 총 폴리페놀 함량이 높았다는 연구보고와 같은 경향을 보였는데, 이는 페놀성 화합물이 유기용매 보다 수용성 용매에서 용해도가 낮기 때문인 것으로 추측된다.

총 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 잎>줄기>열매 순으로 높은 함량을 보였고, 열매의 경우 50% 에탄올 추출물이 $3,729.23 \pm 15.38$ RUE $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였고, 잎의 경우는 물 추출물이 $35,394.87 \pm 177.65$ RUE $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였으며, 줄기의 경우는 70% 에탄올 추출물이 $23,241.03 \pm 235.00$ RUE $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였다. 플

Table 3. Extracts yield and total polyphenol and total flavonoid contents of extracts from different parts of aronia by different solvents

Part	Extraction solvents	Yield (%)	Total polyphenol contents (TAE ¹⁾ $\mu\text{g/g}$	Total flavonoid contents (RUE ²⁾ $\mu\text{g/g}$
Fruit	Water	$55.91 \pm 1.37^{\text{3a}}$	$11,615.38 \pm 109.89^{\text{f}}$	$2,918.97 \pm 58.25^{\text{f}}$
	30% Ethanol	$53.03 \pm 0.86^{\text{b}}$	$14,069.60 \pm 63.45^{\text{h}}$	$3,611.28 \pm 23.50^{\text{b}}$
	50% Ethanol	$55.39 \pm 1.70^{\text{a}}$	$16,230.77 \pm 396.21^{\text{f}}$	$3,729.23 \pm 15.38^{\text{a}}$
	70% Ethanol	$56.16 \pm 1.80^{\text{a}}$	$15,278.39 \pm 167.86^{\text{g}}$	$3,580.51 \pm 23.50^{\text{b}}$
Leaf	Water	$43.32 \pm 0.31^{\text{d}}$	$32,238.10 \pm 228.75^{\text{d}}$	$35,394.87 \pm 177.65^{\text{c}}$
	30% Ethanol	$47.65 \pm 1.43^{\text{c}}$	$51,249.08 \pm 276.55^{\text{a}}$	$31,241.03 \pm 88.82^{\text{d}}$
	50% Ethanol	$47.71 \pm 0.62^{\text{c}}$	$51,139.19 \pm 457.51^{\text{a}}$	$30,112.82 \pm 88.82^{\text{e}}$
	70% Ethanol	$48.86 \pm 0.75^{\text{c}}$	$42,824.18 \pm 503.58^{\text{e}}$	$31,241.03 \pm 88.82^{\text{d}}$
Stem	Water	$16.46 \pm 0.44^{\text{e}}$	$25,827.84 \pm 385.92^{\text{e}}$	$18,779.49 \pm 88.82^{\text{h}}$
	30% Ethanol	$16.78 \pm 0.77^{\text{e}}$	$42,860.81 \pm 167.86^{\text{e}}$	$22,984.62 \pm 153.85^{\text{h}}$
	50% Ethanol	$17.75 \pm 0.81^{\text{e}}$	$43,007.33 \pm 353.25^{\text{e}}$	$23,138.46 \pm 153.85^{\text{g}}$
	70% Ethanol	$16.85 \pm 1.41^{\text{e}}$	$43,703.30 \pm 190.34^{\text{b}}$	$23,241.03 \pm 235.00^{\text{g}}$

¹⁾Total polyphenol contents was expressed as equivalent of mg tannin acid per gram.

²⁾Total flavonoid contents was expressed as equivalent of mg rutin per gram.

³⁾Date are expressed as mean \pm SD of triplicate experiments.

^{a-i)}Indicate statistically significant differences of ethanol concentration on the extraction from different parts of aronia. ($p < 0.05$)

Table 4. Phenolic compound contents of extracts from different parts of aronia by different solvents

Part	Solvent	Phenolic compound ($\mu\text{g/g}$)										Total
		Rutin	Ferulic acid	p-Coumaric acid	Caffeic acid	Quercetin	Kaempferol	Myricetin	Galic acid	Resveratrol		
Fruit	Water	327.37 \pm 2.01 ^{1)k}	120.53 \pm 2.39 ^l	89.25 \pm 3.71 ^g	101.33 \pm 2.18 ⁱ	53.34 \pm 1.16 ^h	ND ²⁾	ND	36.34 \pm 2.07 ^h	28.63 \pm 1.51 ^j	756.79	
	30% Ethanol	395.34 \pm 0.90 ^j	147.77 \pm 2.81 ⁱ	101.78 \pm 2.63 ^f	100.31 \pm 2.85 ⁱ	58.43 \pm 3.25 ^h	ND	38.42 \pm 2.27 ^g	34.87 \pm 1.90 ^h	52.83 \pm 1.38 ^h	929.75	
	50% Ethanol	392.11 \pm 1.11 ^j	136.95 \pm 3.78 ^k	98.53 \pm 6.12 ^f	95.26 \pm 1.10 ^j	57.07 \pm 5.51 ^h	ND	38.66 \pm 1.11 ^g	73.43 \pm 1.88 ^f	47.86 \pm 1.61 ⁱ	939.87	
	70% Ethanol	422.40 \pm 0.39 ^j	143.14 \pm 3.05 ^j	103.46 \pm 3.32 ^f	103.05 \pm 2.59 ^j	58.06 \pm 3.61 ^h	ND	40.16 \pm 1.70 ^g	37.72 \pm 2.54 ^h	48.94 \pm 1.81 ⁱ	956.93	
Leaf	Water	12,630.66 \pm 0.53 ^c	274.86 \pm 2.29 ^f	806.02 \pm 4.59 ^e	333.85 \pm 2.41 ^a	503.72 \pm 2.54 ^a	44.83 \pm 2.47 ^a	105.72 \pm 2.60 ^e	199.36 \pm 3.81 ^a	250.83 \pm 2.71 ^a	15,149.83	
	30% Ethanol	13,689.39 \pm 0.27 ^a	502.35 \pm 2.03 ^a	760.35 \pm 2.01 ^b	207.65 \pm 2.77 ^e	226.14 \pm 1.43 ^b	37.63 \pm 5.20 ^b	122.74 \pm 1.60 ^e	147.47 \pm 3.00 ^e	49.36 \pm 1.19 ^f	15,743.09	
	50% Ethanol	12,439.90 \pm 8.09 ^e	186.34 \pm 3.20 ^h	756.78 \pm 5.58 ^b	224.01 \pm 2.70 ^e	193.94 \pm 2.57 ^e	36.64 \pm 4.50 ^b	116.28 \pm 3.10 ^d	104.86 \pm 2.91 ^d	103.75 \pm 2.49 ^f	14,162.51	
	70% EtOH	13,188.85 \pm 0.72 ^b	433.66 \pm 2.49 ^d	756.34 \pm 3.17 ^b	213.10 \pm 2.99 ^d	142.97 \pm 1.71 ^g	33.28 \pm 1.94 ^{bc}	129.35 \pm 2.23 ^b	66.65 \pm 3.80 ^e	117.56 \pm 2.38 ^e	15,081.73	
Stem	Water	11,075.22 \pm 4.20 ^h	191.90 \pm 1.52 ^g	564.55 \pm 3.42 ^e	233.54 \pm 1.21 ^b	185.72 \pm 4.02 ^d	ND	56.75 \pm 1.47 ^f	191.89 \pm 1.78 ^b	58.05 \pm 1.57 ^g	12,557.62	
	30% Ethanol	12,319.39 \pm 0.49 ^f	480.40 \pm 1.27 ^e	628.27 \pm 4.39 ^e	190.76 \pm 3.20 ^f	180.34 \pm 1.52 ^e	28.93 \pm 2.76 ^e	117.77 \pm 3.40 ^d	83.25 \pm 1.39 ^e	144.00 \pm 2.11 ^c	14,169.11	
	50% Ethanol	12,119.08 \pm 0.21 ^g	317.03 \pm 1.41 ^e	568.16 \pm 4.70 ^e	168.92 \pm 3.60 ^g	172.47 \pm 1.86 ^f	29.56 \pm 5.39 ^e	115.66 \pm 2.53 ^d	74.86 \pm 2.90 ^f	126.82 \pm 2.71 ^d	13,692.56	
70% Ethanol	12,543.64 \pm 1.19 ^d	491.83 \pm 1.54 ^b	591.85 \pm 6.31 ^d	150.39 \pm 3.57 ^h	172.66 \pm 2.03 ^f	29.65 \pm 2.49 ^e	159.31 \pm 2.19 ^g	71.85 \pm 2.63 ^f	186.63 \pm 2.32 ^b	14,397.81		

¹⁾Data are expressed as mean \pm SD of triplicate experiments.

²⁾Not detected.

^{a-k}Indicate statistically significant differences of ethanol concentration on the extraction from different parts of aronia. ($p < 0.05$)

라보노이드 또한 페놀성 화합물과 마찬가지로 수용액에 용해도가 낮다. 그러나 총 폴리페놀의 추출 용매별 함량의 결과와는 달리, 특히 잎에서는 물 추출물에 있어 총 플라보노이드의 함량이 가장 높았다. 이는 식물 중에 함유된 플라보노이드의 대부분이 당과 결합된 배당체의 형태로 존재하기 때문에 물에 의해 추출율이 향상된 것으로 추측된다.

페놀성 화합물 분석

아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 에탄올 농도별 추출물의 페놀성 화합물 9종을 분석한 결과 Table 4와 같이 rutin, ferulic acid, *p*-coumaric acid, caffeic acid 순으로 높은 함량을 보여 아로니아 열매, 잎, 줄기의 주요 페놀성 화합물로 나타났다. 특히 rutin의 함량이 월등히 높은 것으로 나타났는데, 열매의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물의 rutin 함량은 각각 327.30±2.01, 395.34±0.90, 392.11±1.11, 422.40±0.39 µg/g으로 추출 용매의 에탄올 비율이 높을수록 증가되는 경향을 보였고, 잎의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물에서도 각각 12,630.66±0.53, 13,689.39±0.27, 12,439.90±8.09, 13,188.85±0.72 µg/g으로 나타났으며, 줄기의 물 및 30, 50, 70% 에탄올 추출물에서 각각 15,452.29±0.08, 23,184.44±3.28, 21,808.43±4.01, 24,244.43±4.38 µg/g으로 나타났다. Rutin은 황색에서 담황색을 띠고 자연계에 널리 분포되어있는 flavonoid계 물질로 항산화, 항염증, 항고열합, 뇌졸중 예방, 콜레스테롤 저하 등의 기능성이 알려져 있다(Yoon 등, 2006; SJ 등, 2006; Zhang 등, 2012).

결과적으로 추출용매 조건에 따라서 페놀성 화합물의 함량에 차이가 나는 것을 확인하였고, 아로니아 열매, 잎, 줄기 추출물의 주요 페놀성 화합물은 rutin으로 나타났으며, rutin 이외에도 ferulic acid, *p*-coumaric acid, quercetin 등이 항산화 활성에 관여하는 주된 페놀성 화합물로 판단된다.

카테킨류 분석

아로니아의 부위별 및 용매별 추출물의 카페인 및 카테킨류 함량을 UPLC를 이용하여 분석한 결과는 Table 5와 같다. Catechin의 함량은 줄기>잎>열매 순으로 높은 함량을 보였고, 특히 동일한 추출용매(물 추출물) 기준으로 줄기(10,347.31±4.20 µg/g)가 잎

(1,393.61±1.50 µg/g)과 열매(1,101.13±3.60 µg/g)보다 약 9배 이상 높은 함량을 보였으며, 추출용매에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. Epicatechin의 경우는 열매에서만 존재하는 것으로 나타났는데 70% 에탄올 추출물이 521.48±2.11 µg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. Epigallocatechin의 경우는 열매>잎>줄기 순으로 높은 함량으로 나타나 열매와 잎의 주요 catechins는 epigallocatechin으로 확인되었으며, 열매의 물 추출물에서는 검출되지 않았다. Epicatechingallate의 경우 epigallocatechingallate와 마찬가지로 잎의 물 추출물에서 가장 높은 함량을 보였으며, 에탄올이 첨가된 추출물에서는 줄기에서 가장 높은 함량을 보였다. Epigallocatechingallate는 열매, 잎, 줄기 모두 물 추출물에서 높은 함량을 보였는데, 열매의 물 추출물이 1,015.48±2.69 µg/g, 잎의 물 추출물이 1,669.23±2.11 µg/g, 줄기의 물 추출물은 870.83±1.61 µg/g으로 나타났다. 이러한 결과는 catechin 및 caffeine의 함량이 풍부하다고 알려져있는 녹차의 연구 결과(Kim 등, 2004)와 비교하였을 때, 열매와 잎의 경우 유사하거나 다소 낮은 함량을 보인 반면, 줄기의 경우 최대 약 5배 가까이 높은 함량을 보이는 것으로 나타났으며, caffeine의 함량은 녹차와 커피보다 다소 낮은 것을 확인하였다.

결과적으로 아로니아 열매, 잎, 줄기에는 녹차의 대표적인 천연 산화방지제로 알려져 있는(Yoshida 등, 1999) catechins가 다량 존재함에 따라 산화 방지 활성에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거능

아로니아의 부위별 및 용매별 추출물의 산화방지 활성 측정을 위해 DPPH 라디칼과 ABTS⁺ 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값을 측정한다. Table 6과 같다. DPPH 라디칼 소거활성의 경우 총 폴리페놀 함량이 높았던 잎과 줄기에서 높은 활성을 보였는데, 특히 잎의 경우 30% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 75.82±0.29 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였으며, 줄기의 경우는 50% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 77.81±0.37 µg/mL로 가장 높게 나타났다. 열매의 경우는 잎과 줄기보다 동일한 추출용매 조건에서 많게는 약 6배 이상 낮은 활성을 보였고, 50% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 353.20±0.33 µg/mL로 가장 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 보였다. ABTS⁺ 라디칼 소거활성의 경우도 DPPH 라디칼 소거활성과 마찬가지로

Table 5. Comparison of catechins of extracts from different parts of aronia by different solvents

Part	Solvent	Caffeine (µg/g)	Catechins (µg/g)					Total
			Catechin	Epicatechin	Epigallocatechin	Epicatechingallate	Epigallocatechingallate	
Fruit	Water	1,827.43±2.19 ^l	1,101.13±3.60 ^k	429.60±1.24 ^b	ND	1,794.30±2.09 ^l	1,015.48±2.69 ^b	4,340.51
	30% Ethanol	2,028.51±3.11 ^h	1,083.37±2.52 ^l	287.58±1.48 ^c	12,311.63±6.99 ^b	2,014.60±1.29 ^j	451.49±0.60 ^l	16,148.67
	50% Ethanol	2,064.21±2.50 ^e	1,136.80±4.23 ^j	286.19±1.08 ^c	12,579.86±4.44 ^a	1,972.72±2.40 ^k	761.92±3.50 ^d	16,737.49
	70% Ethanol	2,013.62±1.89 ⁱ	1,173.33±3.89 ^j	521.48±2.11 ^a	11,716.24±3.33 ^c	1,998.82±4.69 ^j	720.01±4.90 ^e	16,129.88
Leaf	Water	5,316.52±3.79 ^a	1,393.61±1.50 ^e	ND ²⁾	11,211.54±3.02 ^e	9,525.60±1.80 ^a	1,669.23±2.11 ^a	23,799.98
	30% Ethanol	4,636.00±3.20 ^b	1,316.50±2.41 ^f	ND	10,660.51±2.10 ^e	2,324.91±2.79 ^b	606.81±2.40 ^b	14,908.73
	50% Ethanol	4,416.96±2.54 ^d	1,235.53±1.59 ^b	ND	11,343.04±2.79 ^d	4,151.31±1.41 ^f	563.91±2.80 ^l	17,293.79
	70% Ethanol	4,516.31±2.11 ^c	1,291.82±3.46 ^e	ND	10,853.01±1.88 ^f	4,030.25±1.87 ^e	468.03±1.70 ^k	16,643.11
Stem	Water	2,833.26±1.06 ^{l,f}	10,347.31±4.20 ^a	ND	9,507.12±2.28 ^b	4,173.42±2.21 ^c	870.83±1.61 ^c	24,898.68
	30% Ethanol	3,289.00±3.39 ^e	10,278.42±4.29 ^b	ND	8,873.33±2.30 ^j	6,590.40±1.30 ^b	675.30±2.12 ^f	26,417.45
	50% Ethanol	1,904.41±1.31 ^k	10,024.03±2.21 ^d	ND	8,699.14±2.30 ^j	6,417.51±2.30 ^d	618.52±3.10 ^e	25,759.20
	70% Ethanol	1,923.11±1.40 ^l	10,234.20±3.08 ^c	ND	8,619.65±3.46 ^k	6,468.86±2.28 ^c	591.82±2.61 ⁱ	25,914.53

¹⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

²⁾Not detected.

^{a-l)}Indicate statistically significant differences of ethanol concentration on the extraction from different parts of aronia. (*p*<0.05)

Table 6. Comparison of IC₅₀ values of DPPH and ABTS radical scavenging activities of extracts from different parts of aronia by different solvents

Part	Solvents	DPPH radical scavenging activity (IC ₅₀ µg/mL) ¹⁾		ABTS radical scavenging activity (IC ₅₀ µg/mL) ¹⁾	
Fruit	Water	516.50±0.39 ^{2a)}		738.0±0.66 ^a	
	30% Ethanol	358.20±0.33 ^c		572.7±0.77 ^c	
	50% Ethanol	353.20±0.33 ^d		573.0±0.81 ^c	
	70% Ethanol	397.50±0.48 ^b		606.3±0.65 ^b	
Leaf	Water	88.40±0.38 ^g		232.3±0.82 ^e	
	30% Ethanol	75.82±0.29 ^l		196.2±0.74 ^l	
	50% Ethanol	80.48±0.36 ⁱ		202.7±0.72 ⁱ	
	70% Ethanol	91.13±0.44 ^f		224.3±0.90 ^f	
Stem	Water	123.8±0.55 ^e		318.4±1.09 ^d	
	30% Ethanol	78.56±0.30 ^j		218.9±0.65 ^h	
	50% Ethanol	77.81±0.37 ^k		220.9±0.95 ^g	
	70% Ethanol	81.21±0.33 ^h		225.6±0.68 ^f	

¹⁾Inhibitory activity was expressed as the mean of 50% inhibitory concentration of triplicate determines, obtained by interpolation of concentration inhibition curve.

²⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

^{a)}Indicate statistically significant differences of ethanol concentration on the extraction from different parts of aronia. ($p < 0.05$)

잎>줄기>열매 순으로 나타났으며, 잎은 30% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 202.70±0.72 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였고, 줄기는 30% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 218.90±0.65 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였으며, 열매는 30% 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 572.70±0.77 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였다. 일반적으로 총 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능도 높다고 보고 (Choi 등, 2005)되고 있는데, 본 실험 결과에서도 잎과 열매의 경우 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거능에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 줄기의 경우 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH 및

ABTS⁺ 라디칼 소거능의 결과가 일부 상반된 결과를 보였다. 이는 식물체 내에는 다양한 성분이 혼재되어 존재하고 있고, 식물의 종류 및 특성에 따라 함유되어 있는 함유성분의 종류 또한 다르며, 추출 방법에 의해서도 차이가 있다는 보고(Lee 등, 2006)처럼 줄기의 경우 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 이 외에 다른 성분이 DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거활성에 영향을 준 것으로 사료된다.

결과적으로 부산물로 버려지는 아로니아 잎과 줄기의 DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거능이 열매보다 높은 것으로 나타나 새로운 천연 산화방지제로의 이용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

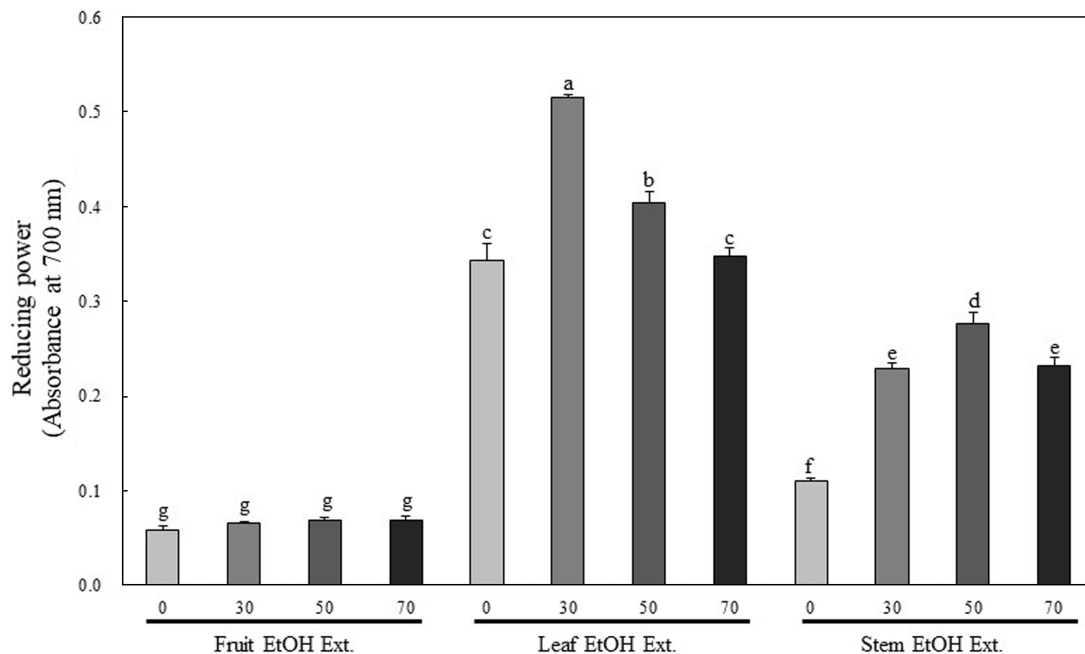


Fig. 1. Reducing power of extracts from different parts of aronia by different solvents (n=3). Different letters mean significant differences at $p < 0.05$ by after verification by one-way ANOVA, post-analysis was performed using Duncan's multiple range test.

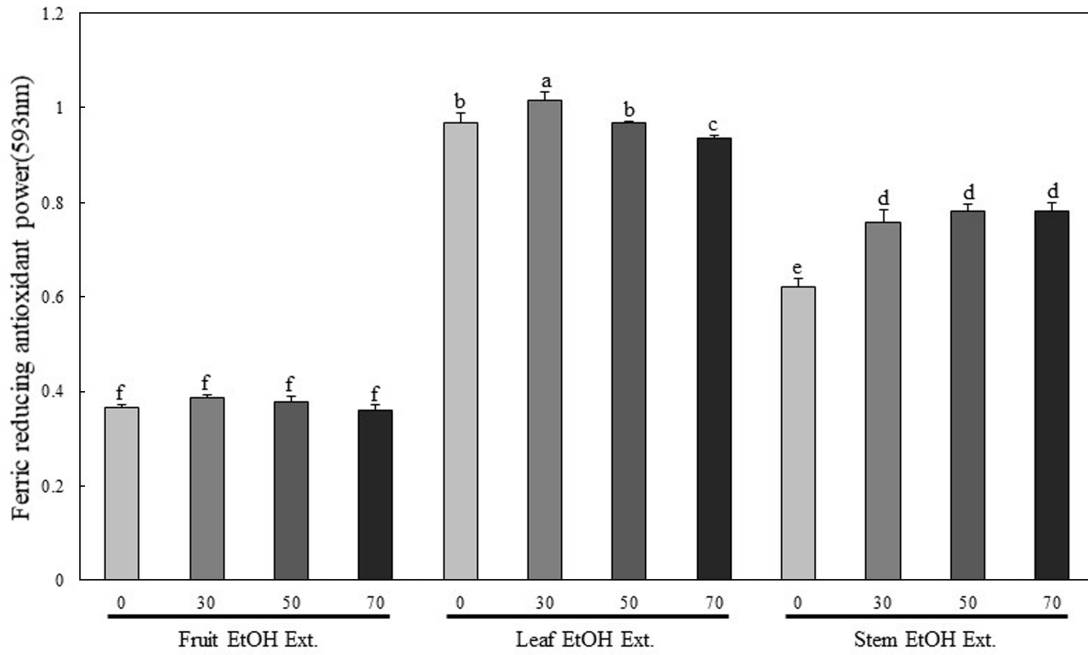


Fig. 2. FRAP of extracts from different parts of aronia by different solvents ($n=3$). Different letters mean significant differences at $p < 0.05$ by after verification by one-way ANOVA, post-analysis was performed using Duncan's multiple range test.

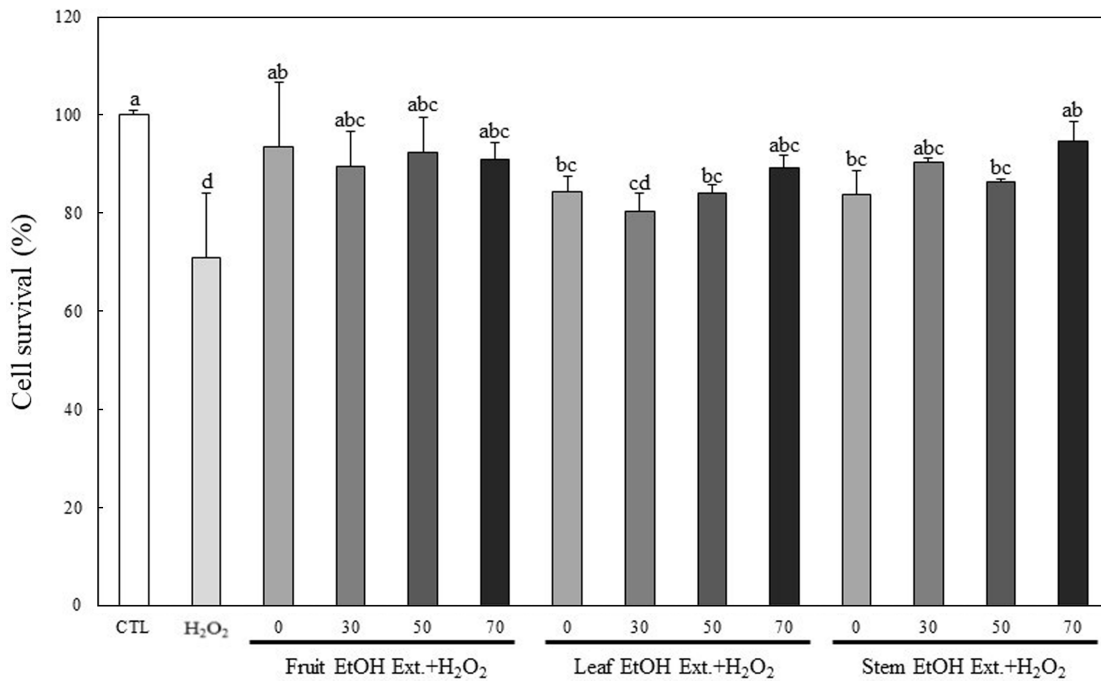


Fig. 3. Cell survival in extract from different parts of aronia by different solvents (H_2O_2 : 20 μM , EtOH Ext. : 50 $\mu g/mL$, $n=3$). Different letters mean significant differences at $p < 0.05$ by after verification by one-way ANOVA, post-analysis was performed using Duncan's multiple range test.

환원력 및 FRAP

환원력은 ferric-ferricyanide 혼합물이 수소를 공여하여 Fe^{2+} 로 전환하는 값을 흡광도로 나타내는 방법으로 시료의 환원력이 높을수록 흡광도 수치도 높게 나타난다(Kwon 등, 2011). 아로니아 부위별 및 용매별 추출물의 환원력을 측정된 결과(Fig. 1) DPPH 및 $ABTS^+$ 라디칼 소거능과 마찬가지로 잎>줄기>열매 순으로 높은 환원력을 보였다. 또한, 동일한 농도(500 $\mu g/mL$)에서 추출 용

매에 따른 환원력을 비교했을 때 열매의 경우 추출 용매에 따른 환원력의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 잎은 30% 에탄올 추출물이 0.520 ± 0.003 로 가장 높았고, 줄기의 경우 50% 에탄올 추출물이 0.280 ± 0.012 로 가장 높은 환원력을 보였다. FRAP 활성을 측정된 결과(Fig. 2)에서도 환원력과 마찬가지로 잎>줄기>열매 순으로 높은 FRAP 활성을 나타내었다.

결과적으로 DPPH 및 $ABTS^+$ 라디칼 소거능이 높은 시료가 환

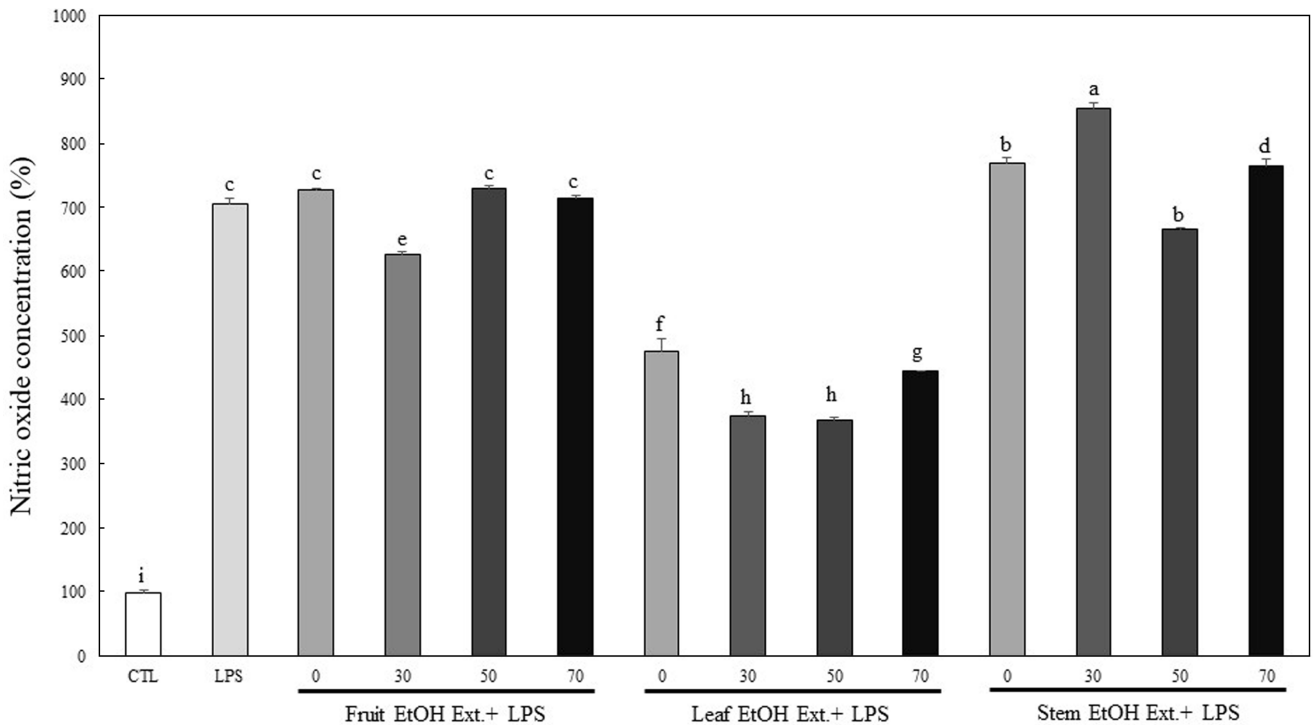


Fig. 4. Inhibition activity against lipopolysaccharide-induced NO production of extracts from different parts of aronia (*A. melanocarpa*) by different solvents (H_2O_2 : 20 μ M, EtOH Ext. : 50 μ g/mL, $n=3$). Different letters mean significant differences at $p<0.05$ by after verification by one-way ANOVA, post-analysis was performed using Duncan's multiple range test.

원력 및 FRAP 활성도 높은 것으로 나타났는데, 이는 라디칼 소거능과 환원력이 높은 상관관계가 있다는 연구보고(Moon 등, 2003)와 본 실험의 결과가 일치하는 것으로 나타났다. 또한, 아로니아는 열매보다 부산물로 여겨지는 잎과 줄기의 산화방지 활성이 훨씬 높은 것으로 나타남에 따라 이를 활용한 화장품 소재화 및 기능성 식품으로의 다양한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

세포 생존율

아로니아의 부위별 및 용매별 추출물을 대상으로 fibroblast 세포에 과산화수소를 처리 후 산화적 스트레스에 대한 세포 생존율을 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 모든 추출물 중 잎의 30% 에탄올 추출물을 제외한 모든 추출물은 높은 세포 생존율이 관찰되었고, 잎의 30% 에탄올 추출물 또한 과산화수소 처리군 보다 높은 세포 생존율을 보였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 또한, 각 추출물 간의 세포 생존율에 다소 차이가 있었으나 전체적으로 80% 이상의 높은 생존율을 보였다. 결과적으로 아로니아 부위별 및 용매별 추출물의 산화적 스트레스에 의한 세포독성에 안전성이 확인되었다.

항염증 효과

염증 유도를 위해 Raw264.7 세포에 LPS를 처리하여 NO 생성을 유발한 뒤 아로니아 부위별 및 용매별 추출물을 처리하여 변화된 NO 농도를 분석하였다. 그 결과(Fig. 4), 추출 용매의 종류에 관계없이 열매와 줄기 추출물 처리군에서는 NO 생성 억제 효과가 없거나 미약한 정도였다. 그러나 잎 추출물 처리군에서는 LPS로 유도된 NO 생성이 현저히 감소됨이 확인되었으며, 그중에서도 특히 30 및 50% 에탄올 추출물이 각각 331.30, 338.20%

감소하는 것을 보여 NO 생성 억제 효능이 뛰어난 것을 확인하였다. 결과적으로 아로니아 부위별 및 용매별 추출물의 항염증 효과를 확인한 결과 잎의 항염증 효과는 뛰어난 것을 확인하였고, 열매와 줄기에서는 효과가 없거나 미미한 것을 확인하였다. 이 결과는 생열귀나무 잎 추출물과 분획물의 항산화 및 NO생성 억제 활성에 관한 연구(Song 등, 2015)와 팽이버섯 추출물의 항산화 및 항염증 활성(Kang, 2012)의 결과와 유사하게, 본 연구에서도 항산화 효과가 뛰어난 잎 추출물에서 염증이 감소하는 효과를 보였다.

요 약

본 연구에서는 아로니아 재배 시 발생하는 주요 부산물, 즉 잎과 줄기의 활용성을 높여 농가 소득증진에 기여하고자 부산물의 성분학적·기능학적 우수성을 평가하기 위해 아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 에탄올 농도별 추출물을 제조하여 주요 성분 함량 분석 및 생리활성 평가를 진행하였다.

아로니아 부위별 에탄올 추출물의 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드의 함량을 분석한 결과 잎과 줄기가 열매보다 월등히 높은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 보였다. 추출 용매에 따른 비교 결과에서는 열매의 경우 50% 에탄올 추출물, 잎의 경우 30% 에탄올 추출물, 줄기는 70% 에탄올 추출물이 가장 높은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 나타내어, 부위에 따라 최적 추출 용매 조건에 차이가 있음을 확인하였다. 페놀성 화합물 9종을 분석한 결과 모든 시료에서 rutin이 가장 높은 함량의 화합물로 분석되었고, p-Coumaric acid, ferulic acid, quercetin, caffeic acid, galli acid, resveratrol은 모든 추출물에서 검출되었다.

또한, 아로니아 열매, 잎, 줄기의 물 및 에탄올 농도별 추출물

의 caffeine 및 catechins 분석 결과 caffeine 및 catechin, epicatechin, epigallocatechin, epicatechingallate, epigallocatechingallate가 모두 검출되었는데, epicatechin은 열매에서만 검출되었고, epigallocatechin은 열매의 물 추출물에서만 검출되지 않았으며, catechin의 경우 줄기에서 열매 및 잎보다 약 9배 이상 높게 검출되었다.

산화방지 활성 측정을 위해 DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값을 측정한 결과 총 폴리페놀 함량이 높았던 잎>줄기>열매 순으로 높은 소거활성을 보였고, 환원력 및 FRAP를 측정한 결과에서도 잎>줄기>열매 순으로 높은 활성을 나타내었다. 또한, 추출 용매에 따른 산화 방지 활성을 비교한 결과 열매의 경우 50% 에탄올 추출물이 가장 높은 활성을 보였고, 잎은 30% 에탄올 추출물, 줄기는 50% 에탄올 추출물이 가장 높은 활성을 보여, 부위별로 추출 용매에 따른 산화 방지 활성의 차이가 큰 것을 확인하였다. 산화스트레스에 대한 세포 생존율을 비교한 결과 열매와 줄기의 모든 추출물은 높은 세포 생존율을 보였고, 잎의 경우 30% 에탄올 추출을 제외한 모든 추출물은 높은 세포 생존율을 보였다. 세포내에서 항염증 효과를 확인한 결과 추출 용매의 종류에 관계없이 열매와 줄기 추출물에서는 염증 억제 효과가 없거나 미미하였으며, 잎 추출물에서는 염증의 생성이 현저히 감소됨이 확인되었다. 특히 30 및 50% 에탄올 추출물의 억제 효능이 뛰어난 것을 확인하였다.

결과적으로 아로니아 부산물로 버려지는 잎과 줄기 모두 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났고, 특히 잎의 경우 산화 방지 활성 및 항염증 효과가 뛰어난 것으로 나타나 건강기능식품 및 의약품과 같은 산업적으로 이용 가치가 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부가 지원하는 2015년 농촌자원복합산업화지원사업 향토건강식품평형화사업으로 수행된 연구 결과입니다.

References

Arts MJTJ, Haenen GRMM, Voss HP, Bast A. Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem. Toxicol.* 42: 45-49 (2004)

Barry Halliwell, John M. C. Gutteridge. *Free radicals in biology and medicine.* Oxford University Press. Oxford, England. 246-350 (2003)

Bijak M, Saluk J, Antosik A, Ponczek M B, bikowska H M, Borowiecka M, Nowak P. *Aronia melanocarpa* as a protector against nitration of fibrinogen. *International J. Biological Macromolecules.* 55: 264-268 (2013)

Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 181: 1199-1200 (1958)

Cha JY, Jeong JJ, Kim YT, Seo WS, Yang HJ, Kim JS, Lee YS. Detection of chemical characteristics in Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) according to harvest periods. *J. Life Sci.,* 16: 683-690 (2006)

Chang HJ, Choi EH, Chun HS. Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) of antioxidative anthocyanidins and their glycosides. *Food Sci. Bio. technol.* 17: 501-507 (2008)

Chang CC, Yang MH, Chen JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Anal.* 10: 178-182 (2002)

Choi JM, Kim KY, Lee SH, Ahn JB. Functional Properties of Water Extracts from Different Parts of *Acanthopanax sessiliflorus*. *Food Eng. Prog.* 15: 130-135 (2011)

Choi SW, Lee YJ, Ha SB, Jeon YH, Lee DH. Evaluation of Biological Activity and Analysis of Functional Constituents from Different Parts of Mulberry (*Morus alba* L.) Tree. *J. Korean Soc. Food*

Sci. Nutr. 44: 823-831 (2015)

Choi HS, Lee BY, Lee OH. Antioxidant and anti-adipogenic effects of ethanolic extracts from tartary and common buckwheats. *Korean J. Food Preserv.* 19: 123-130 (2012)

Choi SY, Lim SH, Kim JS, Ha TY, Kim SR, Kang KS, Hwang IK. Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 549-55 (2005)

Choi, JS, Park JH, Kim HG, Young HS, Mun SI. Screening for antioxidant activity of plants and marine algae and its active principles from *Prunus daviana*. *Korean J. Pharmacol.* 24: 299-303 (1993)

Damjanovic I, Kitic D, Stefanovic N, Zlatkovic-Guberinic S, Catic-Djordjevic A, Velickovic-Radanovic R. Herbal selfmedication use in patients withdiabetes mellitus type 2. *Turkish J. Medical Sci.* 45: 964-971 (2015)

Gasiorowski K, Szyba K, Brokos B, Kolaczynska B, Jankowiak-Wlodarczyk M, Oszmianski J. Antimutagenic activity of anthocyanins isolated from *Aronia melanocarpa* fruits. *Cancer Lett.* 119: 37-46 (1997)

Ham HJ, Kim SM, Pyo BS, Lee KI. Antioxidant compounds and activities of methanolic extracts from oat cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1660-1665 (2015)

Hampton MB, Orrenius S. Dual regulation of caspase activity by hydrogen peroxide: implications for apoptosis. *FEBS Letters(Lett).* 414: 552-556 (1997)

Hwang SJ, Yoon WB, Lee OH, Cha SJ, Kim JD. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chem.* 146: 71-78 (2014)

Kang HW. Antioxidant and Anti-inflammatory Effect of Extracts from *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 41(8): 1072-1078 (2012)

Kang MH, Choi CS, Kim ZS, Chung HK. 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 (2002)

Kdzierska M, G ȳ owacki R, Czernek U Katarzyna, S P, Potemski, P Piekarski J, Jeziorski A, Olas B. Changes in plasma thiol levels induced by different phases of treatment in breast cancer; The role of commercial extract from black chokeberry. *Mol. Cell. Biochem.* 372: 47-55 (2013)

KFDA. Korea health supplements food standard codex. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 529 (2012)

Kim SH, Han DS, Park JD. Changes of some chemical compounds of Korean (Posong) green tea according to harvest periods. *Korean J. food Sci. Technol.* 36: 542-546 (2004)

Kim NY, Kim JH, Choi GP, Lee HY. Comparison of anti-skin wrinkle activities of *Aronia melanocarpa* extracts by extraction methods. *Korean J. Medicinal Crop. Science.* 22: 217-222 (2014)

Kim KA, Kwon JW, Kim YS, Park PJ, Chae KS. Antioxidant activities of ethanol extracts from different parts of the Black Raspberry (*Rubus occidentalis*) obtained using ultra-sonication. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 504-510 (2015)

Kwon TH, Kim JK, Kim TW, Lee JW, Kim JT, Seo HJ, Kim MJ, Kim CG, Jeon DS, Park NH. Antioxidant and Anti-lipase Activity in *Halocynthia roretzi* Extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 464-468 (2011)

Kwon JW, Lee HK, Park HJ, Kwon TO, Choi HR, Song JY. Screening of biological activities to different ethanol extracts of *Rubus coreanus* Miq. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.* 19: 325-333 (2011)

Lee JH, Jho JY. Antioxidant activity of different parts of lespedeza bicolor and isolation of antioxidant compound. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 763-771 (2012)

Lee SH, Kim KN, Cha SH, Ahn GN, Jeon YJ. Comparison of antioxidant activities of enzymatic and methanolic extracts from *Ecklonia cava* stem and leave. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 1139-1145 (2006)

Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 493-498 (2003)

- Niki E, Shimaski H, Mino M. Antioxidantism-free radical and biological defence. Gakkai Syuppan Center. Tokyo, Japan. pp. 3-16 (1994)
- Oszmiaski J, Wojdylo A. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. European Food Research and Technol. 221: 809-813 (2005)
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction-antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Japan J. Nutr. 44: 307-315 (1986)
- Park HJ, Han ES, Park DK, Lee C, Lee KW. An extract of *Phellinus linteus* grown on germinated brown rice inhibits inflammation markers in RAW264.7 macrophages by suppressing inflammatory cytokines, chemokines, and mediators and up-regulating antioxidant activity. J. Med. Food 13(6): 1468-1545 (2010)
- Park SH, Han JH. Development of drink from composition with medicinal plants and evaluation of its physiological function. Korean J. Nutr. 37: 364-372 (2004)
- Park HM, Hong JH. Physiological activities of *Aronia melanocarpa* extracts on extraction solvents. Korean J. Food Preserv. 21: 718-826 (2014)
- Sloan AE. The top 10 functional foods. J. Food Technology. 20: 22-40 (2006)
- Song HJ, Lee SR. Anti-oxidant and Inhibitory Activity on NO Production of Extract and its Fractions from *Rosa davurica* Pall. Leaves. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23(1) : 2026 (2015)
- Tanaka T, Tanaka A. Chemical components and characteristics of black chokeberry. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 48: 606-610 (2001)
- Yang H, Oh KH, Yoo YC. Anti-inflammatory effect of hot water extract of aronia fruits in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 7-13 (2015)
- Yoon SJ, Cho NJ, Na SH, Kim YH, Kim YM. Development of optimum rutin extraction process from *Fagopyrum tataricum*. J. East Asian Soc. Diet. Life. 16: 573-577 (2006)
- Yoshida Y, Kiso M, Goto T. Efficiency of the extraction of catechins from green tea. Food Chem. 67: 429-433 (1999)
- Zapolska-Downar D, Bryk D, Małeckı M, Hajdukiewicz K, Sitkiewicz D. *Aronia melanocarpa* fruit extract exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells. Z Ernährungswiss Suppl. 51: 563-572 (2012)
- Zhang ZL, Zhou ML, Tang Y, Li FL, Tang YX, Shao JR, Xue WT, Wu YM. Bioactive compounds in functional buckwheat food. Food Res. Int. 49: 389-395 (2012)