

사과와 꽃사과의 구성 아미노산, 무기질 조성 및 항산화 활성 비교

†이경행 · 유광원 · 배윤정* · 주가영** · 김채영**

한국교통대학교 식품영양학 전공 교수, *한국교통대학교 식품영양학 전공 부교수, **한국교통대학교 식품영양학 전공 학부생

Comparison of Amino Acid, Mineral Compositions and Antioxidant Activity of Apple and Crab Apple

†Kyung-Haeng Lee, Kwang-Won Yu, Yun-Jung Bae*, Ga-Young Joo** and Chae-Young Kim**

Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungju 27909, Korea

*Associate Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungju 27909, Korea

**Student, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungju 27909, Korea

Abstract

To confirm the applicability of crab apple, the composition and content of amino acids and minerals with ‘Fuji’ apple were measured. Apple and crab apple were extracted with water, 70% and 100% ethanol, respectively. The contents of polyphenols, flavonoids, and ascorbic acid, antioxidant activities of these extracts were measured. The amino acid composition of apples comprised a total of 17 amino acids. The total amino acid contents of apple and crab apple were 2,050.45 mg/kg and 900.05 mg/kg, respectively. For minerals, the total mineral content of apple and crab apple were 489.14 mg%, 529.77 mg%, respectively. The contents of polyphenols, flavonoids, and ascorbic acid of apple and crab apple extracts were highest in 70% ethanol extracts. The content of polyphenols, the crab apple extract, showed a generally higher content than the apple extract. The content of flavonoids, apple and crab apple extracts revealed no difference between extracts. The content of ascorbic acid, apple extract showed a generally higher content than the crab apple extract, but there was no significant difference between extracts. In the case of DPPH and ABTS radical scavenging abilities, 70% ethanol extract showed the highest antioxidant activity, and crab apple showed higher activity than apple extracts.

Key words: apple, crab apple, amino acid composition, mineral composition, antioxidant activity

서 론

장미과(Rosaceae) 사과나무속(*Malus*)에 속하는 소교목인 꽃사과(*Malus prunifolia* Borkh.)는 과실을 섭취하기보다 관상용 및 수분수용으로 이용되고 있는 품종으로(Kang 등 2002) 1년생 가지에서도 꽃눈이 형성되어 익년에 개화되므로 화분생산량이 많고, 병해충에도 강한 특성이 있다(Ha & Shim 1995; Kang 등 2002).

꽃사과는 일반적인 사과에 비하여 크기가 매우 작지만 과당, 포도당, 주석산, 비타민 C가 풍부하여(So DY 2011) 피로회복, 건강유지, 변비 등에 좋다고 알려져 있다. 특히 일반사

과에 비하여 gallic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid와 같은 페놀릭산 함량이 높고 quercetin과 같은 flavonoid 화합물의 함량이 높아 항산화 활성이 우수하다고 하였다(John 등 2014). 그러나 열매의 특유의 신맛과 낮은 관능성으로 인해 식용으로는 거의 사용되지 않으며, 수확시의 인력 부족으로 대부분 자연 낙과되어 폐기되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 국내 충청북도 충주에서 ‘후지’ 품종 재배를 위해 수분수로 이용되는 꽃사과를 식품 또는 화장품 원료 등의 활용 가능성을 확인하기 위해 기존에 가장 많이 알려진 ‘후지’ 품종의 사과와 구성 아미노산과 무기질의 조

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungju 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

성 및 그 함량을 비교, 측정하였고 물, 70% ethanol, 100% ethanol을 용매로 하여 추출물을 제조하고 polyphenol 화합물, ascorbic acid, flavonoid 화합물 등의 항산화 성분과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 통하여 항산화 활성을 측정하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

사과나무과에 속하는 사과와 꽃사과의 항산화 성분을 분석하기 위해서 비교 사과로는 2021년 충주에서 재배된 후지 품종을 구입하여 껍질을 제거하고 실험에 사용하였다. 꽃사과도 사과와 같이 충주 지역에서 재배된 것으로 품질유지를 위해 제공받은 즉시 -70°C 급속냉동기(Ilshin Biobase, Seoul, Korea)에 동결시킨 후 사과와 같이 껍질을 제거하고 실험에 사용하였다. 사과와 꽃사과를 각각 막자사발로 마쇄한 후 물, 70% 및 100% ethanol을 용매로 하여 sonicator로 30분 동안 추출을 시킨 후 $3,041\times\text{g}$ 에서 20분간 원심분리 및 여과를 3회 반복하여 정용하여 추출물을 제조하였다.

실험에 사용한 시약은 Sigma aldrich chemical Co.(St. Louis, MO, USA), Duksan pharmaceutical Co.(Ansan, Korea), Junsei chemical Co.(Nihon-bashi, Tokyo, Japan)의 1급 시약을 사용하였다.

2. 구성아미노산 조성 분석

사과 및 꽃사과를 구성하고 있는 아미노산 조성 및 함량을 측정하기 위하여 마쇄한 시료에 6 N HCl 30 mL를 넣고 130°C 에서 24시간 가수분해시키고 초순수로 희석시킨 후 $0.45\ \mu\text{m}$ 수용성 syringe filter로 여과시킨 후 HPLC(Ultimate3000, Thermo dionex, USA)로 분석하였다(Henderson 등 2000). Injector에서는 $5\ \mu\text{L}$ 의 borate buffer(Agilent 5061-3339, USA), $1\ \mu\text{L}$ 의 시료, $1\ \mu\text{L}$ 의 OPA reagent(Agilent 5061-3335), $1\ \mu\text{L}$ 의 FMOc solution(Agilent 5061-3337), $32\ \mu\text{L}$ 의 3차 증류수를 단계적으로 혼합한 후 $1\ \mu\text{L}$ 를 주입하였다. Detector는 fluorescent detector(1260FLD, Agilent)로 emission $450\ \text{nm}$, excitation $340\ \text{nm}$ (OPA)와 emission $305\ \text{nm}$, excitation $266\ \text{nm}$ (FMOc)로 하였으며 UV detector(Thermo dionex, USA)는 $338\ \text{nm}$ 에서 측정하였다. 이때 사용한 column은 Inno C_{18} column($4.6\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$, $5\ \mu\text{m}$, YoungJin biochrom, Korea)을 사용하였으며 column 온도는 40°C , 시료 온도는 20°C 로 하였다. 이동상은 pH 7.0의 40 mM sodium phosphate(이동상 A)와 water:acetonitrile:methanol(10:45:45, v/v%, 이동상 B)를 gradient 조건은 0~3 min, 95% A; 3~24 min, 45~95% A; 24~25 min, 20~45% A; 25~31 min, 20~20% A; 31~34.5 min, 20~95% A; 34.5~35 min, 95% A 용매를 flow rate $1.5\ \text{mL}/\text{min}$ 으로 하여 분석하였다.

3. 무기질 함량

사과 및 꽃사과를 구성하고 있는 무기질 함량을 측정하기 위하여 마쇄한 시료를 Santos 등(2014)의 방법에 따라 Multiwave (Multiwave 3000, Anton Paar GmbH, Graz, Austria)를 이용하여 유기물질을 분해시키고 이 분해액에 대하여 시료로 사용하였다. 무기질 분석은 inductively coupled plasma optical emission spectroscopy(ICP-OES, Optima 5300 DV, PerkinElmer, MA, USA)를 사용하여 총 9종의 무기질을 분석하였다(K, Mg, Ca, Fe, Na, Cu, Mn, Zn, P). 표준시료는 $100\ \text{ppm}$ 의 표준 용액(AnApex Co., Yuseong, Korea)을 사용하였으며 고순도의 argon gas를 사용하였으며 측정 기기조건은 RF power $1,500\ \text{W}$, Plasma gas flow $15\ \text{L}/\text{min}$, Auxiliary gas flow $0.2\ \text{L}/\text{min}$, Nebulizer gas flow $0.80\ \text{L}/\text{min}$, Pump flow rate $1.5\ \text{mL}/\text{min}$ 으로 하여 분석하였다.

4. 항산화 성분

사과와 꽃사과에 함유되어 있는 항산화 성분인 polyphenol 화합물, flavonoid 화합물 및 ascorbic acid의 함량을 측정하기 위하여 polyphenol 화합물은 AOAC법(1995)에 따라 각 추출물 $1\ \text{mL}$ 에 phenol reagent $0.5\ \text{mL}$ 와 10% Na_2CO_3 $1\ \text{mL}$, $7.5\ \text{mL}$ 의 증류수를 차례대로 혼합하여 30분 경과한 뒤 $760\ \text{nm}$ 에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였고 폴리페놀 화합물 함량은 mg gallic acid equivalent (GAE/100 g ext.)로 표시하였다.

Flavonoid 화합물의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법에 따라 추출물 시료 $0.1\ \text{mL}$ 에 80% ethanol $0.9\ \text{mL}$ 를 가하여 이 혼합액 $0.5\ \text{mL}$ 에 10% aluminium nitrate $0.1\ \text{mL}$, 1 M potassium acetate $0.1\ \text{mL}$ 및 80% ethanol $4.3\ \text{mL}$ 를 각각 가하고, 상온에서 40분간 방치한 후 $415\ \text{nm}$ 에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로는 catechin을 사용하였고 flavonoid 화합물 함량은 mg catechin equivalent(CE/100 g ext.)로 표시하였다.

Ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 각 추출물 시료 $0.2\ \text{mL}$ 에 10% trichloroacetic acid $0.8\ \text{mL}$ 를 첨가하여 원심분리기로 $3,000\ \text{rpm}$ 으로 5분 동안 원심분리시킨 후 여과하고, 여액 $0.5\ \text{mL}$ 를 추출하여 2% metaphosphoric acid와 10% phenol reagent를 혼합하여 상온에서 10분간 방치하고 $760\ \text{nm}$ 에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 ascorbic acid를 사용하였다.

5. 항산화 활성 측정

사과와 꽃사과로 추출한 시료의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법에 따라

각각의 추출물 시료 2 mL에 0.2 mM DPPH 2 mL 첨가 및 혼합 후 상온에서 30분 반응하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS radical 소거능의 경우에는 Re 등(1999)의 방법에 따라 ABTS시약(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM과 Potassium persulfate 2.6 mM을 제조한 후 하루 동안 암소에 방치한 시약을 UV-Vis spectrophotometer에서 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 증류수로 희석한 후 희석된 ABTS 시약 1 mL에 시료 0.05 mL를 첨가하고 상온에서 90분 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 통계처리

모든 연구 결과의 자료는 실험을 3회 이상 반복 측정 후 SPSS 24.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균 및 표준편차로 나타내었으며, 아미노산과 무기물 조성의 그룹간 유의성은 독립표본 t검정을 실시하였으며 항산화 성분 및 활성 결과의 그룹 간의 유의성은 ANOVA test로 검증하였으며, 유의성이 나타난 경우 사후 검정 방법으로는 Duncan's multiple range test를 사용하였다. 본 연구에서는 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다. 또한, 사과와 꽃사과의 항산화 성분과 항산화 활성들 간의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 사과 및 꽃사과의 구성 아미노산 조성 및 함량

사과 및 꽃사과의 구성 아미노산 조성 및 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다.

총 17종의 아미노산으로 구성 되어져 있었으며 그 중 가장 많은 함량을 나타낸 것은 사과의 경우, aspartic acid가 1,092.30 mg/kg으로 가장 많은 함량을 보였고 다음으로는 glutamic acid의 함량이 225.19 mg/kg으로 높은 값을 보였다. 그러나 꽃사과의 경우에는 glutamic acid의 함량이 가장 많았으며 다음으로는 aspartic acid의 함량 순으로 사과와는 다른 경향을 나타내었다.

총 아미노산의 함량으로는 사과의 경우, 2,050.45 mg/kg이었고 꽃사과의 아미노산 함량은 900.05 mg/kg으로 함량차이가 큰 것으로 나타났다.

Choi 등(1997)은 사과의 성숙과정 중 유리아미노산의 함량을 측정한 결과, aspartic acid, serine, threonine, glutamic acid, histidine, arginine, alanine의 순이었다고 하여 본 결과와 비교해 보면 총 아미노산과 유리아미노산과의 차이가 있기는 하지만 aspartic acid가 동일하게 가장 많은 아미노산으로 나타났으며 유리아미노산에서 많이 검출되었던 아미노산이 본

Table 1. Composition and content of amino acids in apple and crab apple
(unit: mg/kg)

	Apple	Crab apple
Aspartic acid	1,092.30±31.39 ^{a1)}	99.43±8.78 ^b
Glutamic acid	225.19±3.91 ^a	141.24±9.69 ^b
Serine	77.81±2.03 ^a	72.62±2.10 ^b
Histidine	24.30±1.23	22.76±2.04
Glycine	60.54±1.14	55.79±2.86
Threonine	59.90±1.50	54.73±3.46
Arginine	65.10±1.02	61.10±3.52
Alanine	79.77±1.74 ^a	63.66±2.70 ^b
GABA	12.65±0.38 ^a	6.13±0.41 ^b
Tyrosine	27.55±0.77	23.84±1.78
Valine	57.25±1.60	48.39±6.03
Methionine	14.04±1.16 ^a	6.86±1.41 ^b
Phenylalanine	51.70±1.36	46.96±3.64
Isoleucine	45.30±0.72	40.97±5.65
Leucine	85.22±2.33	78.30±5.17
Lysine	50.54±4.17	51.82±5.58
Proline	21.30±1.40	25.45±3.60
Total	2,050.45±53.00 ^a	900.05±67.33 ^b

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a,b}) was significantly different ($p < 0.05$).

결과의 총 아미노산에서도 대체적으로 많은 함량인 것으로 판단되었다. 그러나 꽃사과에 대한 아미노산에 대한 연구결과는 찾아볼 수 없어 차후 꽃사과의 아미노산에 대한 수확시기별, 성숙과정 중 등의 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

2. 사과 및 꽃사과의 무기질 조성 및 함량

사과 및 꽃사과의 무기질 조성 및 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

사과는 총 5종의 무기질이, 꽃사과는 6종의 무기질이 검출되었다. 사과의 경우, P의 함량이 327.79 mg%로 가장 많은 함량을 보였고 다음으로는 Na, K 순으로 확인되었다. 꽃사과의 경우에도 P의 함량이 337.25 mg%로 가장 많은 함량을 보였으며 사과와 동일하게 Na, K 순의 함량을 보이는 것으로 나타났다. Ca의 경우, 사과에서는 검출되지 않았지만 꽃사과에서는 8.01 mg%의 함량을 나타내었다. 총 무기질 함량은 사과의 경우, 489.14 mg%이었으나 꽃사과는 529.77 mg%로 꽃사과가 다소 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다.

Kim 등(1996)은 한국산 사과 품종에 대하여 무기질을 분석한 결과, 품종별, 지역별로 그 함량이 다르긴 하지만 K,

Table 2. Composition and content of minerals in apple and crab apple (unit: mg%)

	Apple	Crab apple
K	52.48±0.15 ^{b1)}	69.44±0.08 ^a
Mg	3.65±0.03 ^b	4.69±0.05 ^a
Ca	ND ²⁾	8.01±0.13
Fe	0.66±0.01 ^a	0.48±0.01 ^b
Na	104.55±1.06 ^b	109.89±0.84 ^a
Cu	ND	ND
Mn	ND	ND
Zn	ND	ND
P	327.79±4.99	337.25±4.23
Total	489.14±5.96 ^b	529.77±4.96 ^a

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a,b}) was significantly different ($p < 0.05$).

²⁾ ND: not detected.

Na, Mg, Ca 등의 함량이 대체적으로 높은 편이었다고 하였으며 본 결과와 비교해 보면 P, Na, K, Mg의 순으로 다소 차이를 보이고 있는데 이는 실험에 사용한 시료의 수확시기, 분석방법의 차이 등에 의한 것으로 판단되었다. 또한 꽃사과에 대한 무기질 분석 결과도 연구되지 않아 꽃사과에 대한 수확시기별, 성숙과정 중 무기질의 함량 변화 등의 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

3. 항산화 성분

사과와 꽃사과를 마쇄하고 물과 70%, 100% ethanol로 각각 추출물을 제조하여 추출물의 polyphenol 화합물, flavonoid 화합물 및 ascorbic acid의 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

Polyphenol 화합물 함량의 경우, 사과 추출물은 70% ethanol 추출물에서 46.34 mg%로 가장 많은 함량을 나타내었고, 다음으로 물 추출물이었으며, 가장 함량이 적은 것은 100% ethanol 추출물로 32.48 mg%로 가장 함량이 적은 것으

로 나타났다. 꽃사과에서도 사과 추출물과 같이 70% ethanol 추출물에서 99.03 mg%, 물 추출물에서 59.72 mg%, 100% ethanol에서 53.17 mg%로 70% ethanol, 물, 100% ethanol 순이었으며, 모든 추출물에서 꽃사과의 polyphenol 화합물의 함량이 높은 것으로 나타났다.

Shin 등(2021)은 꽃사과를 냉수, 열수 및 ethanol로 추출하였을 때 열수 추출시 가장 높은 함량을 보였고 다음으로는 ethanol이었다고 하여 본 결과에서와 마찬가지로 냉수 추출보다는 ethanol 추출시 그 함량이 높음을 알 수 있었다.

Flavonoid 화합물의 함량의 경우, 사과가 70% ethanol 추출물에서 39.49 mg%로 가장 높은 수치를 보였으며, 그 다음으로 100% ethanol에서 39.09 mg%, 물 추출물에서 36.97 mg%로 70% ethanol, 100% ethanol, 물 추출물 순으로 그 함량이 높게 나타났지만 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 꽃사과의 경우도 추출물별 유의적인 차이가 없었으며 그 함량은 39.09~40.61 mg%를 나타내었고 사과와 꽃사과의 모든 추출물간 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

Ascorbic acid의 함량은 사과의 경우 70% ethanol 추출물에서 53.40 mg%로 가장 많은 함량을 보였으며 다음으로 100% ethanol 추출물에서 47.02 mg%, 물 추출물에서 42.14 mg%의 순으로 나타났다. 꽃사과도 사과와 마찬가지로 70% ethanol 추출물에서 가장 많은 함량을 보였으며 그 함량은 47.71 mg% 수치로 나타났다. 다음으로는 100% ethanol 추출물, 물 추출물의 순이었다. 물 추출물을 제외하고는 꽃사과보다는 사과에서 ascorbic acid의 함량이 약간 높은 함량을 나타내었지만 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

Lee 등(2018)은 70% ethanol로 추출하였을 때가 가장 많은 함량을 나타내었다고 하여 본 결과와 대체적으로 유사한 경향을 나타내었으며 사과 및 꽃사과에서의 polyphenol 화합물, flavonoid 화합물과 함께 ascorbic acid 함량을 증진하기 위해서는 70% ethanol이 적합한 것으로 판단되었다.

Table 3. Polyphenols, flavonoids and ascorbic acid contents in apple and crab apple by solvent extraction

		DW	70% ethanol	100% ethanol
Polyphenol (mg GAE/100 g)	Apple	43.16±0.61 ^{Bb1)}	46.34±0.59 ^{Ba}	32.48±1.44 ^{Bc}
	Crab apple	59.72±1.84 ^{Ab}	99.03±1.60 ^{Aa}	53.17±0.54 ^{Ac}
Flavonoid (mg CE/100 g)	Apple	36.97±2.73 ^B	39.49±3.94	39.09±4.96
	Crab apple	39.90±2.91 ^A	39.09±4.96	40.61±4.28
Ascorbic acid (mg%)	Apple	42.14±0.31 ^{Bc}	53.40±0.78 ^{Aa}	47.02±0.99 ^b
	Crab apple	45.43±0.66 ^{Aa}	47.71±1.93 ^{Ba}	46.81±1.65 ^a

¹⁾ Values with different superscripts within a column (^{A,B}) and a row (^{a,c}) were significantly different ($p < 0.05$).

4. 항산화 활성

사과와 꽃사과를 마쇄하고 물과 70%, 100% ethanol로 각각 추출물을 제조하여 추출물의 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Table 4와 같다.

DPPH 라디칼 소거능의 경우, 사과는 70% ethanol 추출물에서 79.64%로 가장 높은 항산화 활성을 나타냈고 물 추출물, 100% ethanol 추출물의 순이었다. 꽃사과의 경우, 사과와 마찬가지로 70% ethanol 추출물에서 87.23%로 가장 높았지만 물 추출물과 100% ethanol 추출물의 DPPH 라디칼 소거능과는 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 사과와 꽃사과의 라디칼 소거능에서는 꽃사과가 모든 추출물에서 사과 보다도 높은 활성을 보이는 것으로 나타났으며 앞서의 polyphenol 화합물의 함량의 결과와 유사한 경향으로 판단되었다.

ABTS 라디칼 소거능의 경우에는 사과와 꽃사과 추출물 모두 70% ethanol, 물, 100% ethanol 순으로 높게 나타났으며 사과는 70% ethanol 추출물에서 27.43%, 꽃사과는 70.81%으로 꽃사과가 더 높은 항산화 활성을 가지는 것으로 나타났으며 물 추출물 및 100% ethanol 추출물에서도 꽃사과가 더 높은 활성을 보이는 것으로 사료되었다.

사과와 꽃사과를 비교해보았을 때 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능 모두 꽃사과가 더 높은 항산화 활성을 보이는 것으로 판단되었다.

Shin 등(2021)은 꽃사과를 냉수, 열수 및 70% ethanol로 추출하여 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과, 열수추출과 70% ethanol 추출이 활성이 높다고 하여 본 연구결과에서의 70% ethanol 추출물의 항산화 활성 결과

와 유사한 것으로 판단되었다.

한편, 사과와 꽃사과를 분석한 각각의 항산화 성분들과 항산화 활성들에 대한 상관분석(Table 5)에서는 polyphenol 화합물과 ABTS 라디칼 소거능간의 r값이 0.9523으로 가장 높은 것으로 나타났으며 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능간에도 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 사과 및 꽃사과에서의 아미노산 함량은 사과에서 많은 함량을, 무기질은 꽃사과에서 다소 많은 함량을 나타내었다. 이들의 추출물은 70% ethanol로 추출하였을 때가 항산화 성분 및 활성이 높았고 특히 꽃사과의 항산화 활성이 사과보다는 다소 높은 것으로 나타나 꽃사과에 대한 다양한 식품학적 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

요약 및 결론

사과재배시 수분수로 이용되는 꽃사과를 식품 또는 화장품 원료 등으로의 활용 가능성을 확인하기 위해 기존에 가장 많이 알려진 '후지' 품종과 구성 아미노산, 무기질의 조성 및 그 함량을 비교 측정하였고 물, 70% ethanol, 100% ethanol을 용매로 하여 추출물을 제조하여 항산화 성분과 항산화 활성을 측정하였다. 사과 및 꽃사과의 구성 아미노산 조성은 총 17종의 아미노산으로 구성되어져 있었으며 사과는 aspartic acid, 꽃사과는 glutamic acid가 가장 많았으며 총 아미노산의 함량으로는 사과는 2,050.45 mg/kg, 꽃사과는 900.05 mg/kg으로 함량차이가 큰 것으로 나타났다. 무기질은 총 무기질 함량은 사과의 경우, 489.14 mg%이었으나 꽃사과는 529.77

Table 4. DPPH and ABTS radical scavenging activity in apple and crab apple by solvent extraction (unit: %)

		DW	70% ethanol	100% ethanol
DPPH radical scavenging activity	Apple	79.31±1.70 ^{Ba1)}	79.64±0.29 ^{Ba}	63.95±0.35 ^{Bb}
	Crab apple	86.68±0.06 ^{Ab}	87.23±0.13 ^{Aa}	86.82±0.20 ^{Ab}
ABTS radical scavenging activity	Apple	16.34±0.09 ^{Bb}	27.43±1.42 ^{Ba}	11.03±1.20 ^{Bc}
	Crab apple	46.38±0.56 ^{Ab}	70.81±2.95 ^{Aa}	41.95±0.29 ^{Ac}

¹⁾ Values with different superscripts within a column (^{A,B}) and a row (^{a-c}) were significantly different ($p<0.05$).

Table 5. Correlation coefficients among antioxidant compounds and antioxidant activity in extracts of apple and crab apple

	Polyphenols	Flavonoids	Ascorbic acid	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging
Polyphenols	1.0000				
Flavonoids	0.2840	1.0000			
Ascorbic acid	0.0523	0.1964	1.0000		
DPPH radical scavenging	0.6279	0.2072	0.1718	1.0000	
ABTS radical scavenging	0.9523	0.3464	0.1140	0.6997	1.0000

mg%로 다소 높은 함량을 보이는 것으로 나타났으며 사과, 꽃사과 모두 P의 함량이 가장 많은 함량을 보였고 다음으로 Na, K 순이었다. Polyphenol 화합물, flavonoid 화합물 및 ascorbic acid의 함량은 70% ethanol로 추출하였을 때 그 함량이 가장 많았고 polyphenol 화합물의 함량은 모든 추출물에서 꽃사과가 대체적으로 높았고 flavonoid 화합물은 모든 추출물간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. Ascorbic acid의 함량은 사과의 경우 꽃사과보다는 약간 높은 함량을 나타내었지만 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능의 경우, 70% ethanol 추출물에서 가장 높은 항산화 활성을 나타냈고 꽃사과가 모든 추출물에서 사과보다도 높은 활성을 보이는 것으로 나타나 꽃사과에 대한 다양한 식품학적 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 2020~2021년 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ015285042021)의 지원과 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(No. 2021R1A6A1A0304641812).

References

- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist International
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi OJ, Park HR, Chough SH. 1997. Variation of free sugar and free amino acid contents of apples during the ripening period. *Korean J Diet Cult* 12:149-153
- Henderson JW, Ricker RD, Bidlingmeyer BA, Woodward C. 2000. Rapid, Accurate, Sensitive, and Reproducible HPLC Analysis of Amino Acids: Amino Acid Analysis Using Zorbax Eclipse-AAA Columns and the Agilent 1100 HPLC *Agilent Technologies*. Publication No. 5980-1193
- John KMM, Enkhtavan G, Kim JJ, Kim DH. 2014. Metabolic variation and antioxidant potential of *Malus prunifolia* (wild apple) compared with high flavon-3-ol containing fruits (apple, grapes) and beverage (black tea). *Food Chem* 163: 46-50
- Kang, IK, Lee GJ, Kim MJ, Kwon SI, Peak PY, Choi DG. 2002. Selection of crabapples as pollinizers for major apple cultivars in apple orchard. *Kor J Horti Sci Technol* 20: 330-334
- Kim TR, Whang HJ, Yoon KR. 1996. Mineral contents of Korean apples and apple juices. *Korean J Food Sci Technol* 28:90-98
- Lee KH, Yoon Y, Kwon HW, Lee EH. 2018. Antioxidant component and activity of different part extracts in apple (*Malus domestica* cv. Fuji). *Korean J Food Nutr* 31: 858-864
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park Y, Kim SH, Choi SH, Han J, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics, and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17:251-256
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Santos DCMB, Carvalho LSB, Lima DC, Leão DJ, Teixeira LSG, Korn MGA. 2014. Determination of micronutrient minerals in coconut milk by ICP OES after ultrasound-assisted extraction procedure. *J Food Compos Anal* 34: 75-80
- Shin HY, Kim H, Jeong EJ, Kim HG, Lee KH, Bae YJ, Kim WJ, Lee S, Yu KW. 2021. Evaluation of the physiological activity and identification of the active ingredients of crab apple (*Malus prunifolia* Borkh.) extracts. *Korean J Food Nutr* 34:477-486
- So DY. 2011. Study on growth and fruit components in flower apple (*Malus* spp.). Master's Thesis, Konkuk Univ. Seoul. Korea

Received 20 September, 2022
 Revised 26 September, 2022
 Accepted 02 October, 2022