

사과 부위별 항산화 성분 및 항산화 활성

이경행 · 윤예지 · 권혜원* · 이은현**

한국교통대학교 식품영양학전공 교수, *한국교통대학교 식품영양학전공 학부생, ** (주)미소성 대표

Antioxidant Component and Activity of Different Part Extracts in Apple (*Malus domestica* cv. Fuji)

†Kyung-Haeng Lee, Ye-ji Yoon*, Hye-Won Kwon* and Eun-Hyun Lee**

Professor, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

*Undergraduate, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

**President, Misosung Co., Chungbuk 28171, Korea

Abstract

To improve the utility of apple, apple flesh (*Malus domestica* cv. Fuji), pomace and peels were dried and then extracted using solvents (water, 70% and 100% ethanol). The contents of polyphenols, flavonoids, ascorbic acid, ursolic acid and antioxidant activities were measured as extracted from the apple flesh, pomace and peel. The content of polyphenols was the highest in the apple peel when 100% ethanol was extracted. The content of flavonoids was about 3~8 times higher in apple peel than those of flesh and pomace, and 70% ethanol extract was the highest content. Ascorbic acid content was the highest in apple peel as well as flavonoid content. The content of ursolic acid in the apple flesh was not detected in water and ethanol extraction. In the case of apple pomace and peel, ursolic acid was not detected in water extract but it was detected when ethanol was extracted. The content of ursolic acid was highest in the apple peel. In the case of antioxidative activity, DPPH and ABTS radical scavenging ability showed the highest ability when apple peel was extracted with 70% ethanol.

Key words: apple, peel, pomace, flesh, antioxidant component, antioxidant activity

서 론

사과는 세계적으로 가장 광범위하게 생산, 소비되고 있는 과일로 1년 내내 시장에 출시되기 때문에 우리의 식단에서 중요한 부분을 차지하고 있다(Henriquez 등 2014). 사과에는 식이섬유와 비타민 C가 풍부하게 함유되어 있으며(Park 등 2012), catechin, procyanidins, dihydrochalcones, flavonols 및 hydroxycinnamic acid 등의 폴리페놀 화합물과 flavonoid 화합물 등의 다양한 항산화 성분들을 함유하고 있다(Alvarez-Parrilla 등 2005; Stracke 등 2010; Kim & Park 2013). 이와 같은 항산화 성분들이 사과 전체 또는 과육보다도 과피에 함유량이 높고, 항산화 활성도 높다고 하였으며, 항산화 성분 중 폴리페

놀 화합물의 경우, 사과의 주요 항산화 성분으로 과피에서의 함유량이 과육보다 품종에 따라 다르지만 약 2-9배 정도 많이 함유하고 있다고 하였다(Lee 등 2003; Schieber 등 2003; Tsao 등 2003).

한편, triterpenoid 화합물인 ursolic acid는 사과 표면의 wax 층에서 확인된 pentacyclic triterpenoid로써 사과 과육에는 거의 없고 사과 껍질에 다량 함유되어 있는데, 항염증, 항균, 항혈관 신생, 사이토톡신, 심혈관 효과를 포함한 독특하고 중요한 생물학적 기능을 함유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 식품의 기능성 소재 및 화장품 제제로 이용할 수 있어 상업적 가치가 높은 성분으로 알려져 있다(Alvarado 등 2015).

우리나라에서의 사과 총생산량은 2017년 기준 약 54만 5

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

천 톤이며(Statistics Korea 2017), 사과 가공품으로는 주로 음료나 잼, 건조 사과 등이 있고, 이들 제조시에 대부분 과육만을 이용하고 있으며, 가공과정 중 기계적으로 발생하는 과피는 부산물로서 퇴비로 사용되거나, 또는 주스 생산 시 과육과 함께 사용되고 있다(Henriquez 등 2014). 칠레의 경우, 사과 가공 시 부산물로 사과 껍질이 1년 동안 대략 9,000톤이 생산될 수 있다고 추정하고 있다(Henriquez 등 2010).

지금까지 보고된 연구들을 살펴보면 사과 껍질로부터 분말화된 제품들을 개발하여 사과 파이 제조 시 향미 강화를 위한 첨가물로의 사용 연구 또는 제품개발 연구가 이루어졌지만, 추출 용매별 및 사과 부위별로 유효 항산화 물질의 함량과 항산화 활성을 비교한 연구는 없다.

따라서 본 연구에서는 사과 과육, 사과 주스제조시의 부산물인 사과박 그리고 사과 껍질을 건조한 후 물과 70% 및 100% ethanol로 각각 추출하고, 항산화 물질의 함량과 추출물의 항산화 활성을 측정하여 최적의 추출용매 및 부위를 선정하고 제품개발의 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

시료로 사용한 사과는 2018년도 1월에 충북 충주 원예농협에서 구입한 후지품종으로 껍질을 제거한 사과 과육, 사과 껍질을 함유한 채로 juicer기(Hurom, Korea)에서 사과 주스를 제조할 때 부산물로 생산된 사과박 그리고 사과 껍질을 각각 분리한 후 쉽게 건조시키기 위해 잘게 마쇄하고, 60°C의 온도로 맞춘 convection dry oven에서 건조시킨 후 가정용 mixer기를 이용하여 분쇄하여 시료로 사용하였다. 각 건조물에 대하여 20배량의 물, 70% ethanol 및 100%의 ethanol을 각각 첨가하고, 실온에서 2시간씩 3회 진탕 추출한 후 여과하여 실험에 사용하였다.

2. Polyphenol 화합물 함량

추출 용매에 따른 사과 부위별 polyphenol 화합물의 함량은 AOAC 법(1995)에 따라 측정하였다. 즉, 추출물 시료 1 mL에 0.5 mL의 Folin-Denis 시약과 1 mL의 포화 Na_2CO_3 용액, 7.5 mL의 증류수를 차례로 혼합하여 30분 경과한 뒤 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

3. Flavonoid 화합물 함량

추출용매에 따른 사과 과육, 사과박 그리고 사과 껍질 내 flavonoid 화합물의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 각각의 추출물 시료 0.1 mL에 80% ethanol 0.9

mL를 가하여 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 각각 가하였다. 위 반응액을 상온에서 40분간 방치한 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로는 quercetin(Sigma Chemical Co.)을 사용하였다.

4. Ascorbic acid 함량

용매별로 사과 부위 내 함유되어 있는 ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 물과 70% 또는 100%의 ethanol로 추출한 추출물 0.2 mL에 10% TCA 용액 0.8 mL를 넣어 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리하고(VS-550, Vision Scientific Co., Daejeon, Korea), 상등액 0.5 mL, 증류수 1.5 mL 및 10% Folin phenol reagent 0.2 mL를 차례대로 넣은 후 혼합하고 실온에서 10분간 방치하고, 760 nm(UVIKON xs, Northstar Scientific Co., Leeds, UK)에서 흡광도를 측정하여 ascorbic acid의 함량을 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

5. Ursolic acid 함량

용매별로 사과 부위 내 함유되어 있는 ursolic acid의 함량은 Helen 등(2015)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 각각의 추출물을 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC를 이용하여 측정하였다. 이때 사용한 column은 Kromasil 100 C_{18} (250×4.6 mm, 5 μm , Teknokroma, Sweden)이었으며, 주입량은 10 μL , column 온도는 room temperature, detector는 2487 dual absorbance detector(Waters, Milford, MA, USA)로 210 nm에서 측정하였다. 이동상은 acetonitrile:water(85:15 v/v)를 이용하여 측정하였다.

6. 항산화 활성

추출용매에 따른 사과 과육, 사과박 및 사과 껍질의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법을 이용하여 추출물 2 mL를 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co.) 2 mL와 혼합하여 실온에서 30분 방치시킨 후, 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{Electron Donating Ability(EDA, \%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능은 Re 등(1999)의 방법에 따라 7.4 mM ABTS(2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), Sigma Chemical Co.)와 2.6 mM potassium persulphate를 제조한 후,

암소에 하루 동안 방치하여 양이온(ABTS·⁺)을 형성시켰다. 734 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 희석하고, 희석된 ABTS·⁺ 용액 1 mL에 위의 시료 추출액 20 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. 이때 양성 대조군으로는 0.1 mM ascorbic acid를 사용하였다. 딸기의 ABTS radical 소거능은 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Blank O.D.} - \text{Sample O.D.})}{\text{Blank O.D.}} \times 100$$

금속이온 제거능은 Yen 등(2002)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 위의 방법에 의해 추출한 시료 추출액 1 mL에 2 mM ferrous chloride와 5 mM ferrozine을 각각 100 µL씩 가하여 흡광도 값의 조정을 위해 methanol을 일정량 혼합하고, 10분간 상온에서 방치한 후 562 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하고, 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하여 금속이온 제거능을 측정하였다.

7. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 24.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 실험구간의 유의성($p < 0.05$)을 ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다. 또한, 사과껍질의 항산화 성분과 항산화 활성들 간의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. Polyphenol 화합물 함량

사과의 과육, 사과 주스 제조 시 부산물인 사과박 그리고 사과 껍질을 각각 건조하고, 추출 용매별로 추출한 후 polyphenol 화합물의 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다.

사과 부위별 물 추출 시 polyphenol 화합물의 함량은 사과 껍질 추출물에서 811.15 mg%로 가장 많은 함량을 함유하였고, 다음으로는 사과박, 과육의 순이었으며, 과육에 비해 껍질 내 약 3배 이상 함유되어 있는 것으로 나타났다. Ethanol 추출에서도 물 추출물에서와 마찬가지로 사과 껍질에서의 함량이 가장 많았고, 사과박, 과육의 순으로 나타났다. 사과 부위별, 용매별 polyphenol 화합물의 함량에서는 물보다는 ethanol 추출물이 더 높은 것을 알 수 있었고, 특히 ethanol의 농도가 높을수록 함량이 높은 것으로 나타나, 사과에서의 polyphenol 화합물의 추출을 위해서는 고농도의 ethanol을 활용하는 것

Table 1. Total polyphenol content of the extract of apple (*Malus domestica* cv. Fuji) flesh, pomace and peel by solvent extraction (unit: mg%)

	Water	70% ethanol	100% ethanol
Flesh	246.09±33.05 ^{cc1)}	518.28±34.62 ^{bb}	794.71±89.48 ^{ab}
Pomace	389.31±20.01 ^{bb}	922.87±134.75 ^{ab}	965.17±123.87 ^{ab}
Peel	811.15±27.08 ^{ba}	1,676.78±295.92 ^{aa}	1,923.91±95.94 ^{aa}

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

이 적합한 것으로 사료되었다.

Park & Kim(2009)은 사과 껍질 내 유효성분 함량을 높이기 위하여 효소반응을 시킨 결과, polyphenol 화합물의 함량이 효소반응 시 그 함량이 증가한다고 하여 본 실험결과에서 낮은 함량을 보인 물 추출물의 경우에는 Park & Kim(2009)의 연구와 같이 효소처리 등을 활용하여 수율을 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

Jeon TI(1999)는 사과 껍질을 80% methanol로 추출하였을 때 polyphenol 화합물의 함량이 0.67%라 하여 본 실험결과와 비교할 때 물 추출물보다도 적은 함량을 보였으며, polyphenol 화합물의 함량뿐만 아니라, 차후 식품 또는 기능성 소재로서의 활용을 위해 물 또는 ethanol로 추출하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Kim 등(2014)은 사과, 포도 및 고구마 껍질의 polyphenol 화합물의 함량을 비교한 결과, 사과 껍질이 포도나 고구마 껍질보다 높은 함량을 함유하고 있다고 하여 사과 껍질의 활용도가 높을 것으로 판단되었다.

2. Flavonoid 화합물 함량

사과의 과육, 사과박 및 사과 껍질을 각각 건조시키고, 물과 ethanol로 추출한 후 flavonoid 화합물의 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다.

사과 부위별 물 추출 시 flavonoid 화합물의 함량은 사과 껍

Table 2. Total flavonoid contents of the extract of apple (*Malus domestica* cv. Fuji) flesh, pomace and peel by solvent extraction (unit: mg%)

	Water	70% ethanol	100% ethanol
Flesh	51.44±3.95 ^{bc1)}	147.52±53.52 ^{ab}	42.45±4.43 ^{bc}
Pomace	152.54±23.27 ^{bb}	242.18±36.03 ^{ab}	198.15±24.96 ^{abb}
Peel	412.02±26.83 ^{aa}	471.78±68.53 ^{aa}	448.19±126.68 ^{aa}

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

질에서는 412.02 mg%로 과육 및 사과박에 많은 함량을 함유하였으며, 사과 과육 및 사과박에 비해 약 3~8배 가량 flavonoid 함량이 높은 것으로 나타났다. 70% 및 100% ethanol 추출물에서는 물 추출물에서와 같이 사과 껍질에서 그 함량이 가장 높았고, 사과박, 과육의 순이었으며, 추출용매에 따른 flavonoid 화합물의 함량은 70% ethanol이 100% ethanol 추출물과 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 70% 내외의 ethanol을 활용하는 것이 적당할 것으로 사료되었다.

Youn 등(2017)은 사과 껍질을 동결건조, 열풍건조 및 초미세분말시료로 제조하여 물과 20~100%의 methanol로 추출한 후 flavonoid 화합물의 함량을 측정된 결과, 물보다는 methanol 추출 시 그 함량이 높았고, 특히 60% methanol로 추출할 때가 가장 높았다고 하여 본 연구결과와 비교할 때 용매의 차이를 보이기는 하지만, 물보다는 alcohol로 추출할 때가 효과적임을 알 수 있었고, 차후 사과 껍질을 이용한 식품 또는 기능성 소재로서의 활용을 위해 methanol보다는 ethanol로 추출하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Jeon 등(2012)은 양파껍질 추출물에서의 flavonoid 함량을 증진시키기 위하여 ethanol 농도를 50~70%로 하여 추출한 경우, 65~70% 농도 구간에서 추출농도에 상관없이 flavonoid 함량이 증가한다고 하여 본 결과에서와 유사한 경향을 보였다.

3. Ascorbic acid 함량

사과 과육과 사과 주스 제조 시 부산물인 사과박 및 사과 껍질을 각각 건조하고, 추출 용매별로 추출한 후 ascorbic acid의 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

물 추출물의 경우, ascorbic acid의 함량은 사과 껍질 건조물에서 264.91 mg%로 가장 많은 함량을 함유하였으며, 다음으로는 사과박, 과육의 순이었다. Ethanol 추출에서도 물 추출물에서와 마찬가지로 사과 껍질에서 가장 많은 함량을 보였다. 특히 용매별 함량을 비교해 보면 물 추출물보다는 70% ethanol로 추출하였을 때가 ascorbic acid의 함량이 가장 높고, 그 다음으로는 100%의 ethanol, 물 순으로 사과에서의 flavonoid 화합물과 함께 ascorbic acid 함량을 증진시키기 위해서는 70%

Table 3. Ascorbic acid contents of the extract of apple (*Malus domestica* cv. Fuji) flesh, pomace and peel by solvent extraction
(unit: mg%)

	Water	70% ethanol	100% ethanol
Flesh	139.77±37.06 ^{bb1)}	266.08±84.82 ^{ab}	187.13±27.25 ^{abb}
Pomace	150.88±30.44 ^{ab}	243.86±48.27 ^{ab}	194.15±33.72 ^{ab}
Peel	264.91±45.11 ^{ba}	485.96±36.25 ^{aA}	390.64±63.99 ^{aA}

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

ethanol이 적합한 것으로 사료되었다.

4. Ursolic acid 함량

사과를 과육, 사과박 및 사과 껍질을 각각 분리하여 건조시키고, 물과 70% 및 100%의 ethanol로 추출한 후 ursolic acid의 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다.

사과 과육의 경우, 물과 ethanol 추출 시 ursolic acid가 전혀 검출되지 않았다. 그러나 사과박의 경우, 물 추출물에서는 검출되지 않았지만, ethanol 추출물에서는 ethanol 농도에 따라 각각 15.95 및 15.44 mg/g으로 ursolic acid를 함유하고 있었다. 사과 껍질에서의 ursolic acid 함량은 물 추출시에는 과육이나 사과박에서와 마찬가지로 검출되지 않았지만, ethanol 추출시에는 각각 31.09 및 32.04 mg/g으로 가장 많은 함량을 나타내어 ursolic acid는 사과 껍질 내에 주로 함유되어 있는 성분임을 알 수 있었으며, 사과박의 경우, 사과 주스 제조 시 남은 물질로 사과 껍질도 포함하고 있기 때문에 ursolic acid가 함유되어 있는 것으로 확인되었다.

Ursolic acid는 사과 껍질에 다량 함유되어있으며, 항염증, 항균활성 등을 포함한 다양한 생물학적 기능성을 함유하고 있는 것으로 알려져 있어(Alvarado 등 2015), 현재 버려지고 있는 사과 껍질에 70% 내외의 ethanol을 활용하여 추출할 경우, ursolic acid 뿐만 아니라, polyphenol 화합물, flavonoid 화합물 및 ascorbic acid의 함량을 높일 수 있어 기능성 식품 소재 또는 화장품 제제로 이용할 수 있을 것으로 기대되어진다.

5. 항산화 활성

사과를 과육, 사과박 및 사과 껍질을 각각 분리하여 건조시키고, 물과 ethanol로 추출한 후 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 통한 항산화 활성을 측정하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

DPPH 라디칼 소거능의 경우, 물 추출물에서는 과육, 사과박, 사과 껍질의 순으로 껍질이 가장 높았으며, 껍질에서의 소거능은 과육에 비하여 2배 이상 높은 것으로 나타났다. Ethanol

Table 4. Ursolic acid contents of the extract of an apple flesh (*Malus domestica* cv. Fuji), pomace and peel by solvent extraction
(unit: mg/g)

	Water	70% ethanol	100% ethanol
Flesh	-	-	-
Pomace	-	15.95±0.25 ^{ab1)}	15.44±1.10 ^{ab}
Peel	-	31.07±0.36 ^{ba}	32.04±0.25 ^{aA}

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

Table 5. Antioxidant activities of the extract of apple flesh (*Malus domestica* cv. Fuji), pomace and peel by solvent extraction (unit: %)

		Water	70% ethanol	100% ethanol
DPPH scavenging activity	Flesh	39.11±7.19 ^{c1)}	83.61±0.35 ^{ab}	51.45±4.13 ^{bb}
	Pomace	47.74±1.79 ^{bb}	74.12±1.61 ^{ac}	37.61±5.61 ^{cc}
	Peel	88.28±0.33 ^{ba}	91.52±0.81 ^{aa}	91.34±0.73 ^{aa}
ABTS radical scavenging activity	Flesh	5.99±0.32 ^{cC}	17.68±0.53 ^{ac}	10.12±0.16 ^{bb}
	Pomace	14.15±0.49 ^{bb}	22.58±0.40 ^{ab}	14.75±0.64 ^{bb}
	Peel	29.77±0.99 ^{ba}	53.11±0.57 ^{aa}	36.14±6.59 ^{ba}
Metal chelating activity	Flesh	-	7.09±4.24 ^{aa}	11.46±2.18 ^{aa}
	Pomace	0.46±3.02 ^{cb}	7.49±2.36 ^{ba}	12.72±1.10 ^{aa}
	Peel	2.58±1.30 ^{ba}	7.44±1.32 ^{abA}	12.44±4.18 ^{aa}

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

추출의 경우에서도 껍질에서의 소거능이 높게 나타났으며, 70% ethanol로 추출하였을 때가 가장 높은 항산화 활성이 있음을 알 수 있었다.

ABTS 라디칼 소거능에서는 추출물 모두에서 사과 껍질에서의 활성이 가장 높게 나타났으며, 특히 70% ethanol을 이용하여 추출하였을 때가 물 또는 100% ethanol로 추출하였을 때보다 가장 높은 활성을 보였다.

금속이온 제거능의 경우에 있어서는 물 추출물에서는 활성이 거의 없었고 70% 및 100% ethanol 추출시에는 과육, 사과박 및 껍질 모두 약간의 활성을 나타내긴 하였지만, 라디칼 소거능보다는 매우 약한 활성인 것으로 나타나 사과의 항산화활성은 금속이온 제거능보다는 라디칼 소거능이 높고 사과 껍질이 활성이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

Kim 등(2014)은 사과껍질, 포도껍질, 고구마 껍질의 항산화 활성을 측정된 결과, 사과 껍질이 가장 높은 활성을 나타내었다고 하여 본 실험에서의 사과껍질의 항산화 활성이 있음과 일치하였다.

사과 껍질에서의 각 성분들과 항산화 활성에 대한 상관분

석(Table 6)에서는 ursolic acid와 DPPH 라디칼 소거능 간의 r 값이 0.9382로 가장 높은 것으로 나타났으며, ABTS 라디칼 소거능에서는 ascorbic acid가, 금속이온 제거능에서는 polyphenol 화합물이 가장 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 특히 ursolic acid는 타 성분들보다 덜 알려진 성분으로 항산화 활성 등에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하여 보면 사과부위별 주요 항산화 성분 및 기능성 성분인 ursolic acid 함량은 물보다는 ethanol에서 많았으며, 사과 껍질에서 그 함량이 높음을 확인할 수 있었다. 또한, 항산화 활성에서도 ethanol 추출물이, 그리고 사과 껍질이 활성이 높은 것으로 나타나, 버려지고 있는 사과 껍질의 식품 또는 의약품 등의 소재로 활용도를 높여야 할 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

본 연구에서는 사과 과육과 사과 주스제조시의 부산물

Table 6. Correlation coefficients among antioxidant compounds and antioxidant activity of apple peel

	Polyphenols	Flavonoids	Ascorbic acid	Ursolic acid	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging	Metal chelating
Polyphenols	1.0000						
Flavonoids	0.2313	1.0000					
Ascorbic acid	0.7630*	0.3604	1.0000				
Ursolic acid	0.9408*	0.3075	0.8123**	1.0000			
DPPH radical scavenging	0.7909	0.3260	0.7154*	0.9382**	1.0000		
ABTS radical scavenging	0.4871	0.1774	0.7290*	0.6613	0.7139*	1.0000	
Metal chelating	0.8137**	0.4310	0.5504	0.7695*	0.6197	0.0881	1.0000

Significant at * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

인 사과박 그리고 사과 껍질을 건조한 후 용매별로 추출하고, polyphenol 화합물, flavonoid, ascorbic acid 및 ursolic acid 등의 항산화 물질의 함량과 항산화 활성을 측정하여 최적의 용매 및 부위를 선정하고 제품개발의 가능성을 확인하고자 하였다. Polyphenol 화합물의 함량은 100%의 ethanol로 추출하였을 때 가장 함량이 높았고, 특히 사과 껍질에서의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. Flavonoid 화합물의 함량은 사과 껍질에서가 과육 또는 사과박에 비해 약 3~8배가량 그 함량이 높았으며, 70% ethanol을 용매로 하였을 때가 가장 높은 함량을 보였다. Ascorbic acid 함량은 사과 껍질에서 가장 많은 함량을 나타내었고, 사과박, 과육의 순이었다. Ascorbic acid의 추출 용매로는 물보다는 70% ethanol로 추출하였을 때가 ascorbic acid의 함량이 높은 것으로 나타났다. Ursolic acid의 함량에서는 사과 과육에서는 물과 ethanol 추출 시 ursolic acid가 전혀 검출되지 않았다. 그러나 사과박 및 사과 껍질의 경우, 물 추출물에서는 검출되지 않았지만, ethanol로 추출하였을 때 검출되었으며, 그 함량은 껍질에서가 가장 많이 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 항산화 활성의 경우, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에서 70%의 ethanol 추출 시 가장 높은 소거능을 보이는 것으로 나타났으나, 금속이온 제거능에서는 라디칼 소거능에 비하여 약한 활성을 나타내어 사과에서의 항산화 활성은 금속이온 제거능보다는 라디칼 소거능이 높고 사과 껍질이 활성이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 중소기업청 맞춤형 기술파트너 지원 사업 기술애로사업의 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Alvarado HL, Abrego G, Garduno-Ramirez ML, Clares B, Garcia ML, Calpena AC. 2015. Development and validation of a high-performance liquid chromatography method for the quantification of ursolic/oleanic acids mixture isolated from *Plumeria obtusa*. *J Chromatogr B* 983:111-116
- Alvarez-Parrilla E, Laura AD, Torres-Rivas F, Rodrigo-Garcia J, Gonzalez-Aguilar GA. 2005. Complexation of apple antioxidants: chlorogenic acid, quercetin and rutin by β -cyclodextrin (β -CD). *J Inclusion Phenom Macrocyclic Chem* 53:121-129
- AOAC International. 1995. AOAC official method 952.03 tannin in distilled liquors. In: Official Methods of Analysis. 16th ed. pp.16-7. AOAC International
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Henriquez C, Cordova A, Almonacid S, Saavedra J. 2014. Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *J Food Eng* 143:146-153
- Henriquez C, Speisky H, Chiffelle I, Valenzuela T, Araya M, Simpson R, Almonacid S. 2010. Development of an ingredient containing apple peel, as a source of polyphenols and dietary fiber. *J Food Sci* 75:172-81
- Jeon SY, Baek JH, Jeong EJ, Cha YJ. 2012. Optimal extraction conditions of flavonoids from onion peels via response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:695-699
- Jeon TI. 1999. The screening of antioxidants from apple peel. MS Thesis, Kon-Kuk Univ. Seoul. Korea
- Kim MJ, Kim YG, Kim HS, Cheong C, Jang KH, Kang SA. 2014. Effects of antioxidant activities in ethanol extract of apple peel, grape peel, and sweet potato peel as natural antioxidant. *Korea Acad Industr Coop Soc Korea Acad Industr Coop Soc* 15:3766-3773
- Kim SH, Park I. 2013. Comparison of antioxidant activities of various meat broths served with oriental noodles. *Korean J Food Nutr* 26:150-153
- Lee KW, Kim YJ, Kim DO, Lee HJ, Lee CY. 2003. Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *J Agric Food Chem* 51:6516-6520
- 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 JY, Ryu HU, Shin HS, Lim HK, Son IC, Kim DI, Jeong HS, Lee JS. 2012. Effects of CuEDTA and FeEDTA foliar spray on antioxidant activities of apple. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1305-1309
- Park MK, Kim CH. 2009. Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:535-540
- Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, 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, Ricevans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved

- ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radicals Biol Med* 26:1231-1237
- Schieber A, Hilt P, Streker P, Endre HU, Rentschler C, Carle R. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 4:99-107
- Statistics Korea. 2017. Survey result in production amount of Chinese cabbage, radish, soybean, apple and pear. Available from http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/1/index.board?bmode=read&bSeq=&aSeq=365350&pageNo=3&rowNum=10&navCount=10&currPg=&sTarget=title&sTxt= [cited 22 December 2017]
- Stracke BA, Rufer CE, Bub A, Seifert S, Weibel FP, Kunz C, Watzl B. 2010. No effect of the farming system (organic/conventional) on the bioavailability of apple (*Malus domestica* Bork., cultivar Golden Delicious) polyphenols in healthy men: a comparative study. *Eur J Nutr* 49:301-310
- Tsao R, Yang R, Young JC, Zhu H. 2003. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *J Agric Food Chem* 51:6347-6353
- Yen GC, Duh PD, Tsai HL. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* 79:307-313
- Youn SJ, Rhee JK, Lee H. 2017. Comparison of total phenolics, total flavonoids contents, and antioxidant capacities of an Apple Cultivar (*Malus domestica* cv. Fuji) peel powder prepared by different powdering methods. *Food Engineering Progress* 21:326-331

Received 19 November, 2018

Revised 28 November, 2018

Accepted 03 December, 2018