

천연 항산화제로의 활용을 위한 사과, 포도, 및 고구마 껍질 에탄올 추출물의 항산화 효과

김미자¹, 김영기^{2,3}, 김현순^{2,3}, 정철⁴, 장기호⁵, 강순아^{2,3*}

¹성균관대학교 생명공학대학, ²호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과,
³호서대학교 보건산업연구소, ⁴서울벤처대학원대학교 융합산업학과, ⁵강원대학교 식품영양학과

Effects of Antioxidant Activities in Ethanol Extract of Apple Peel, Grape Peel, and Sweet Potato Peel as Natural Antioxidant

Mi-Ja Kim¹, Young Gi Kim^{2,3}, Hyun-Soon Kim^{2,3}, Chul Cheong⁴,
Ki-Hyo Jang⁵, and Soon Ah Kang^{2,3*}

¹College of Biotechnology & Bioengineering, Sungkyunkwan University

²Dept. of Converging Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University

³Institute of Health Industry, Hoseo University

⁴Dept. of Convergence Industry, Seoul Venture University

⁵Dept. of Food & Nutrition, Kangwon National University

요약 본 연구에서는 천연 항산화제로써의 활용을 위해 부산물인 사과 껍질, 포도 껍질과 고구마 껍질의 에탄올 추출물의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 양이온 소거능, FRAP 환원능과 ORAC 지수를 측정하였다. 결과적으로 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량은 사과 껍질 1g에 각각 7.76 μM quercetin 당량과 1.03 μM quercetin 당량으로 존재하여 포도 껍질과 고구마 껍질 보다 유의적으로 다량 함유되어 있는 것으로 관찰되었다. 또한 DPPH 라디칼 소거능은 사과껍질 1 g이 각각 포도 껍질보다는 3.2배, 고구마 껍질보다는 4.6배로 나타났고, ABTS 양이온 소거능 또한 사과껍질 1 g이 각각 포도 껍질보다는 2.8배, 고구마 껍질보다는 5.4배로 강력하게 소거하는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라, FRAP 환원능과 ORAC 지수 또한 사과 껍질이 포도 껍질이나 고구마 껍질보다 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 사과 껍질을 이용한 천연 항산화제로의 활용이 가능할 것으로 사료된다.

Abstract This study examined the antioxidant capacities of apple peel, grape peel, and sweet potato peel. The antioxidant activities were evaluated using total phenolic contents, total flavonoids contents, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity, FRAP reducing power, and ORAC assay. The total phenolic (7.76 μM quercetin equivalent/g peel) and total flavonoids (1.03 μM quercetin equivalent/g peel) contents in apple peel were significantly higher than in grape peel and sweet potato peel ($P < 0.05$). The scavenging activities of DPPH and ABTS radicals of a 70% ethanol extract of apple peel was 3.2-4.6 and 2.8-5.4 times high than those of grape and sweet potato peel, respectively. In addition, the FRAP reducing power and ORAC assay of 70% ethanol extraction from apple peel were significantly higher than those of the other samples. Therefore, apple peel can be used efficiently as a natural antioxidant.

Key Words : Antioxidant, Apple Peel, Grape Peel, Sweet Potato Peel

본 논문은 교육과학기술부 (MEST) 연구비 지원(2011-003018 : 2013M3A9B1069772)을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Soon Ah Kang(Hoseo University)

Tel: +82-2-2059-2353 email: sakang@hoseo.edu

Received March 21, 2014

Revised (1st May 7, 2014, 2nd May 19, 2014)

Accepted June 12, 2014

1. 서 론

식생활이 서구화되면서 많은 현대인들이 건강과 웰빙에 관한 관심이 고조되고 있으며, 이에 따라 서구화된 식생활의 치유를 위해 과일 및 채소의 섭취량을 늘리고 있으며, 이들 과일이나 채소의 부산물중 과피에도 과육에 못지않게 건강에 좋은 파이토케미컬, 비타민 C, 식이섬유 등 노화 및 만성질환을 예방하는 항산화 물질이 다량 존재하는 것으로 알려져 있다[1]. 그 뿐만 아니라 많은 연구자들이 경제적인 천연 항산화제 발굴을 위해, 과일이나 채소의 부산물을 이용한 여러 항산화 연구들을 수행하고 있는 실정이다. 이러한 과일 중 대표적인 사과는 전 세계적으로 많이 재배되고 있으며, 품종 개량 및 재배기술의 향상 등을 통해 우리나라에서도 가장 많이 생산되는 것으로 알려져 있다[2,3]. 또한 사과에는 많은 생리활성물질들이 존재하여, *in vitro*에서 과산화수소에 의한 산화반응을 억제하는 것으로 검증되었다[4]. 이러한 항산화 능력은 사과에 존재하는 비타민 C라기 보다는 파이토케미컬인 퀼세틴, 에피카테킨, 프로시아니딘 B₂가 강력한 효능을 보이는 것으로 알려졌다[5]. 특히, 사과 껍질도 다양한 파이토케미컬을 함유하고 있고, 산화적 스트레스와 염증반응에 탁월한 효능이 있음이 보고되었다[6]. 또한 포도의 경우도 여러 가공품 즉, 와인, 주스, 다른 식품으로 제조할 수 있는 경제적인 작물로 알려져 있고[7], 파이토케미컬인 플라보노이드가 다량 존재하여 항암[8], 항바이러스[9], 심혈관질환개선[10], 신경보호효과[11]등 다양한 건강에 유익한 작용을 하는 것으로 알려져 소비자들의 관심을 받고 있다. 포도 씨에는 다량의 비타민 E, 플라보노이드, 리놀레산, 프로시아니딘을 함유하고 있고[12], 과피에는 다량의 폴리페놀이 존재하여 고지방 섭취시 나타나는 간경변을 개선하고 지방산화 및 지방대사를 조절하는 것으로 보고되어[13], 과일 중에서도 과육뿐만 아니라 씨, 과피 모두 섭취하여야 하는 과일로 인식되게 되었다. 뿐만 아니라, 식이섬유소를 다량으로 가지고 있는 고구마의 경우도 베타-카로틴, 비타민 B₆, 비타민 C, 철분, 마그네슘, 칼륨 함량이 높은 것으로 알려져 있다[14]. 고구마의 경우는 서류 중에서도 식이섬유를 함유하고 있어 각광을 받고 있으며 고구마의 부산물에 관한 연구로는 줄기와 잎자루에서 추출한 식이섬유의 항산화능과 대장암세포 억제능[15]이 알려졌다, 고구마 껍질에도 많은 생리활성물질들이 존재하고 있음에도 불구하고 아직까

지 이에 관한 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 과일 중 과피에 생리활성 물질이 다량 함유되어 있는 사과 껍질, 포도 껍질, 서류 중 고구마 껍질을 70% 에탄올로 추출하여 이들의 항산화능을 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 양이온 소거능, FRAP 환원능 및 ORAC assay를 측정하므로써 부산물의 천연 항산화 소재로서의 활용 가능성을 타진하고자 하였다.

2. 실험 및 분석방법

2.1 실험재료 및 추출물제조

본 연구에 사용한 사과(Fuji), 포도(Campbell early), 고구마는 로컬 마트에서 구입하여 세척 후, 껍질 부분만을 취하여, 껍질과 70% 에탄올을 1:4로 믹서기로 갈아서 60°C 진탕수조와 환류 냉각 장치에서 반복 추출하여 동결건조 한 후 시료로 사용하였다.

2.2 총 페놀 함량 측정

시료의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 법[16]을 이용하여 비색 정량하였다. 추출 시료 용액 0.25 mL과 증류수 4 mL을 섞어 증류수와 1:1로 희석한 Folin-Ciocalteu 시약 0.25 mL을 혼합하여 30초간 섞어 5분간 반응시킨 후, 포화된 탄산나트륨 0.5 mL을 첨가하여 상온에서 30분간 정치하여, 분광광도계를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 퀼세틴을 이용하여 작성한 표준곡선으로 μM quercetin 당량으로 나타내었다.

2.3 총 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드의 함량은 염화알루미늄[17]의 비색법을 이용하여 정량하였는데, 시료용액 0.5 mL에 95% 에탄올 1.5 mL, 10% 염화알루미늄 0.1 mL, 1 M 초산칼륨 0.1 mL 및 증류수 2.8 mL을 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 30분간 정치하여 반응시킨 다음 분광광도계 415 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 플라보노이드 함량은 퀼세틴을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 플라보노이드 함량을 환산하여 나타내었다.

2.4 2,2'-Diphenyl-1-picryl-hydrazil(DPPH) 라디칼 소거활성

DPPH 시약을 100% 메탄올로 용해시킨 0.1 mM 로 제

조하여, 용액 3.75 mL에 추출 시료용액 0.25 mL을 섞어 10초간 섞어 30분간 암소에서 반응시켰다. 30분 후에 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 측정하였다[18]. 대조군은 추출 시료용액과 동량의 메탄올 용액을 처리하여 시료와 같은 과정을 실험하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 아스코르브산을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 μM ascorbic acid 당량으로 나타내었다.

2.5 2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) 양이온 라디칼 소거 활성

양이온 라디칼 소거 활성은 ABTS 비색법을 통해 정량하였다[18]. 요약하면, 7 mM ABTS 수용액과 2.45 mM 과황산칼륨을 혼합하여 상온 암실에서 12시간 방치하여 ABTS 양이온 라디칼을 형성한 후, ABTS 양이온 라디칼을 분광광도계 734 nm에서 흡광도를 측정하여 0.700 ± 0.050 이 되도록 나오도록 완충용액으로 희석하여 맞추어진 ABTS 용액 1.9 mL과 추출 시료 용액 0.05 mL을 혼합하여 6분간 암실에서 반응시켰다. 반응 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 양이온 라디칼 소거활성은 아스코르브산을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 μM ascorbic acid 당량 단위로 나타내었다.

2.6 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 환원능 분석

FRAP 환원능[19]은 0.3 M 아세트산나트륨 완충용액 (pH 3.6)과 40 mM 염산으로 용해시킨 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine(TPTZ) 용액, 20 mM 염화제이철 용액을 사용하여, 각각의 시약을 10:1:1의 비율로 혼합하여 37°C에서 10-15분간 반응시켜 FRAP 시약을 얻었다. FRAP 시약 1.5 mL을 추출 시료 0.05 mL에 혼합하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 분광광도계 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 아스코르브산을 사용하였다.

2.7 Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 측정

이 연구방법은 시료의 항산화 활성을 과산화 라디칼의 생성과 소멸에 의한 형광물질의 감소율로 측정하였다[20]. 과산화 라디칼을 생성하기 위해, 2,2'-azobis

(2-amidino-propane) dihydrochloride(AAPH)와 75 mM 인산 완충용액(pH 7.0)을 섞어 4°C에 보관하였다. 또한 fluorescein 용액은 fluorescein 소듐염을 75 mM 인산 칼륨 완충용액(pH 7.0)에 가하여 100 nM 농도로 제조하였다. 이러한 fluorescein 용액을 37°C에서 15분간 두었다가, 위에서 준비한 시료, fluorescein 용액, AAPH 용액을 각각 0.01, 2.7, 0.02 mL 혼합하였다. 혼합액을 형광분광광도계(Model LS55, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 사용하여 excitation 483 nm, emission 515 nm에서 30분간 매분 형광을 측정하였다. ORAC 지수는 트로록스를 이용하여 AUC(area under curves)를 이용하여 μM trolox 당량으로 산출하였다.

2.8 통계분석

모든 실험결과는, SPSS 통계프로그램을 이용하여 평균 \pm 표준편차(SD)로 표현하였고, 시료간의 유의성 검정은 $P < 0.05$ 수준에서 ANOVA로 분석하여 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

사과껍질, 포도껍질, 고구마껍질의 총 페놀 함량의 결과는 Table 1에 나타난 바와 같이, 사과껍질 1g에는 7.76 μM quercetin 당량, 포도껍질 1g에는 2.62 μM quercetin 당량, 고구마껍질 1g에는 1.79 μM quercetin 당량으로 관찰되었다. 세 가지 껍질에 존재하는 총 폴리페놀 함량은 사과 껍질, 포도 껍질, 고구마 껍질 순으로 높게 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 사과 껍질의 경우, 동량의 포도 껍질보다 더 약 3배 가량 많은 폴리페놀 화합물을 함유하는 것으로 사료된다. 또한 총 플라보노이드 함량의 경우는 사과 껍질 1 g에는 1.03 μM quercetin 당량, 포도 껍질 1 g에는 0.18 μM quercetin 당량, 고구마 껍질 1 g에는 0.30 μM quercetin 당량으로 관찰되었다[Table 1]. 세 가지 껍질에 존재하는 총 플라보노이드 함량은 사과 껍질이 가장 유의적으로 많았고($P < 0.05$), 포도 껍질과 고구마 껍질은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 사과 껍질의 경우 동량의 포도 껍질과 고구마 껍질에 비해, 약 3.4-5.7배 가량 많은 플라보노이드 화합물을 함유하는 것으로 관찰되었다. 사과 껍질에는 특히 플라보노이드가 풍부하여

이로 인한 항염증을 예방한다는 것이 보고되었고[6], 이외에도 사과 껍질에 다량 존재하는 성분인 ursolic acid가 노화시에 나타나는 근위축증을 근육량을 증가시켜 주므로써 완화시킨다는 연구보고[21]가 있어, 사과 껍질이 관심의 대상이 되고 있다. 또한 포도도 과일 중에서 폴리페놀 화합물이 풍부한 것으로 알려져 있는데, 포도의 플라보노이드의 대부분은 처음에는 포도껍질에서 발견되었고 총 폴리페놀 화합물의 60-70%가 씨에 저장되는 것으로 알려져 있다[7]. Brown과 Jiang [22]의 연구에서도 포도 껍질에 주된 폴리페놀 화합물인 퀘세틴과 레스베라트롤이 헬리코박터 파이로리균을 제거하는데 탁월한 효과를 보인다고 보고하여 포도 껍질의 항산화물질이 헬리코박터의 감염에 치료제로써 효능을 보일 것으로 기대하고 있다. 이에 반해, 고구마 껍질에 관한 연구는 거의 미비한 상황으로, Li와 Zhang [23]이 고구마 잎에서 플라보노이드를 추출하여 4주간 실험동물에게 경구 투여한 결과 고강도의 수영에 의해 생성되는 피로물질들의 유의적인 감소를 보여 항피로활성을 보이는 것으로 보고되었다. 따라서 여러 연구들이나 본 연구의 결과나 사과 껍질, 포도 껍질, 고구마 껍질에는 다량의 폴리페놀 화합물이 존재하여 이로 인한 건강기능성이 다양하기 때문에 껍질이지만 잘 개발된다면 좋은 건강기능 소재로써 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

[Table 1] Total phenolic and flavonoid contents in 70% ethanol extracts of apple peel, grape peel, and sweet potatoes peel.

	μM quercetin equivalent /g peel	
	TPC	TFC
AP	7.76±0.42 ^{a1)}	1.03±0.13 ^a
GP	2.62±0.21 ^b	0.18±0.01 ^b
SPP	1.79±0.12 ^c	0.30±0.02 ^b

AP, apple peel; GP, grape peel; SPP, sweet potatoes peel ¹⁾Different letters means significant ($P<0.05$)

3.2 DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능

사과 껍질, 포도 껍질, 고구마 껍질의 DPPH 라디칼과 ABTS 양이온 소거능 결과는 Table 2 와 같다. DPPH 라디칼 소거능은 사과 껍질 1 g에는 12.28 μM ascorbic acid 당량, 포도껍질 1 g에는 3.93 μM ascorbic acid 당량, 고구마껍질 1 g에는 2.66 μM ascorbic acid 당량으로 관찰되었다. 세 가지 껍질에 존재하는 DPPH 라디칼 소거능은 사과 껍질이 포도 껍질과 고구마 껍질보다 각각 3.2

배와 4.6배 더 유의적으로 강력한 것으로 나타났다 ($P<0.05$).

또한 ABTS 양이온 소거능도 사과 껍질 1 g에는 23.15 μM ascorbic acid 당량, 포도 껍질 1 g에는 8.40 μM ascorbic acid 당량, 고구마 껍질 1 g에는 4.28 μM ascorbic acid 당량으로 관찰되었다. 세 가지 껍질에 존재하는 ABTS 양이온 소거능은 사과 껍질, 포도 껍질, 고구마 껍질 순으로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($P<0.05$). 사과 껍질의 경우 동량의 포도 껍질과 고구마 껍질에 비해, 각각 2.8배, 5.4배 우수한 양이온 소거능을 보이는 것으로 관찰되었다.

이와 같이, DPPH 라디칼과 ABTS 양이온 소거능이 세 가지 껍질 중 사과 껍질이 가장 우수하였다. 사과의 부산물인 껍질에는 사과의 과육부분에 존재하는 카테킨, 프로시아니딘, 플로리진, 플로레틴 당배당체, 카페인산, 클로로겐산등의 폴리페놀류들이 존재하면서, 과육에서 발견되지 않은 퀘세틴 당배당체 같은 플라보노이드까지 함유하고 있음이 알려져 있다[24-26]. 이에 Wolfe 등[27]은 미국에서 주로 생산되는 Rome Beauty, Idared, Cortland, Golden Delicious 사과 종류에 따라 부위별 항산화능을 총 산소라디칼 소거능으로 비교하였는데, 여러 부위중에서 껍질에서 강력한 항산화능이 있는 것을 관찰하였고, 이 중에서도 Rome Beauty 사과종의 껍질은 간암 세포주에 12.4 mg/mL 처리하였을 때 간암세포주가 50% 이상 성장 억제하는 것을 관찰하였다. 사과뿐만 아니라, 포도도 과일 중에서 크랜베리, 사과, 다음으로 항산화능이 좋은 과일로 알려져 있는데[28], 포도는 항산화물질로써 플라보노이드류, 페놀산류, 안토시아닌류, 카로티노이드류 등을 함유하고 있는 것으로 알려져 신선한 과일로서의 섭취이외에도 와인이나 주스로 가공하여 다양한 방법으로 응용하고 있다. Bunea 등[29]은 포도의 종류별 및 재배 조건 별 항산화능을 DPPH 라디칼 소거능을 통해 검증하였는데, 연구 결과 적포도가 백포도보다 항산화능이 통계적으로 유의하게 높았고, 그 중에서도 Napoca 적포도종 껍질이 재배조건에 따라 25.07-32.12 μg trolox 당량/g 으로 나타나 다른 종과 비교하였을 때 통계적으로 유의한 항산화력을 보인 것으로 나타났다. 또한 포도 껍질 이외에도 항산화물질이 많이 저장되는 포도씨의 경우도 동물모델에게 포도씨 분말을 섭취시켰더니 산화적 스트레스가 감소되었다는 연구가 보고된바 있다[30]. 고구마의 경우는 껍질에 관한 연구는 미비한 실

정도로 다른 부산물인 피근과 잎자루 식이섬유의 항산화 효과가 연구된 바[15] 있는데 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 할 수 있다.

이와 같이 본 연구에서도 다른 연구자들과 일치하게 사과 껍질이 가장 우수한 DPPH 라디칼과 ABTS 양이온 소거능을 보이는 것으로 나타났다.

[Table 2] Free radical scavenging ability of 70% ethanol extract of apple peel, sweet potatoes peel, and grape peel by DPPH and ABTS.

	μM ascorbic acid equivalent/g peel	
	DPPH	ABTS
AP	12.28±2.36 ^{ab1)}	23.15±1.16 ^a
GP	3.93±0.13 ^b	8.40±0.12 ^b
SPP	2.66±0.08 ^b	4.28±0.11 ^c

AP, apple peel; GP, grape peel; SPP, sweet potatoes peel. ¹⁾Different letters means significant ($P<0.05$).

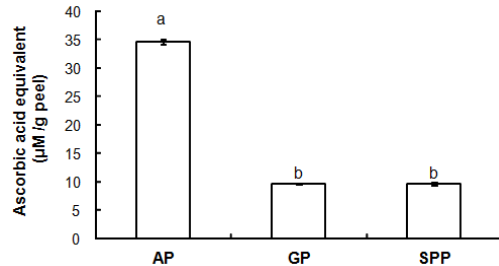
3.3 FRAP 환원능

사과 껍질, 포도 껍질, 고구마 껍질의 FRAP 환원능 결과는 Fig. 1 과 같이, 사과 껍질 1 g은 34.54 μM ascorbic acid 당량을, 포도 껍질 1 g은 9.58 μM ascorbic acid 당량을, 고구마 껍질 1 g은 9.65 μM ascorbic acid 당량을 나타내었다. 세 가지 껍질에 존재하는 FRAP 환원능은 사과 껍질이 포도 껍질과 고구마 껍질보다 3.6배 더 유의적으로 강력한 것으로 나타났다($P<0.05$).

포도 껍질과 고구마 껍질의 FRAP 환원능 차이는 유의적이지 않았다. 사과 껍질을 천연 항산화물질로 이용하기 위해 Huber와 Rupasinghe[31]은 여러 종의 사과 껍질 추출물의 항산화능을 측정하였는데, 총 폴리페놀량과 가장 상관관계를 보였던 항산화방법이 FRAP 환원능 측정법이었고, 건조한 사과 껍질 1 g당 0.013-0.033 g trolox 당량의 항산화능을 보였다고 보고하였다.

Henríquez 등[32] 연구에서도 여러 종의 사과 껍질부분에서 FRAP 환원능으로 항산화를 측정한 결과, Red Delicious 종이 가장 총 폴리페놀 함량이 높았고 이에 따라 사과 껍질 1 g당 FRAP 환원능도 209.9 μM Fe²⁺로 나타나, 다른 종에 비해 약 1.5-2배 가량 높은 환원력을 보인 것으로 관찰되었다. 또한 포도 관련 연구를 살펴보면, 부산물인 껍질과 씨에서의 FRAP 환원능 측정한 결과 여러 종류의 포도에서 껍질에 비해 씨가 약 4배 강력한 항산화능을 나타내는 것으로 보고되었다[33]. 직접적으로

본 연구결과와는 표준물질이 달라 비교할 수 없으나, 여러 연구들이 부산물에 관한 관심이 고조되면서 과일이라면 과육만 아니라 이들의 껍질과 씨등의 부위에 관한 종 및 재배방식에 따른 항산화 연구들이 활발히 진행되고 있다.



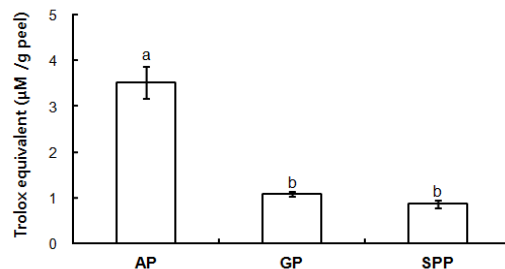
AP, apple peel; GP, grape peel; SPP, sweet potatoes peel. Different letters means significant ($P<0.05$).

[Fig. 1] Free radical scavenging ability of 70% ethanol extract of apple peel, grape peel, and sweet potatoes peel in FRAP

3.4 ORAC 법에 의한 항산화 활성

ORAC 법에 의한 항산화 활성 연구결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같이, 사과 껍질 1 g은 3.51 μM trolox 당량, 포도 껍질 1 g은 1.08 μM trolox 당량, 고구마 껍질 1 g은 0.86 μM trolox 당량으로 ORAC 지수가 나타났다. 세 가지 껍질의 ORAC 지수는 사과 껍질이 포도 껍질과 고구마 껍질보다 각각 3.3배와 4.1배 더 유의적으로 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 포도 껍질과 고구마 껍질의 ORAC 지수의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

따라서 세 껍질의 비교에서는 사과 껍질이 가장 통계적으로 유의한 항산화력을 보이는 것으로 나타났다.



AP, apple peel; GP, grape peel; SPP, sweet potatoes peel. Different letters means significant ($P<0.05$).

[Fig. 2] Antioxidant ability of 70% ethanol extract of apple peel, grape peel, and sweet potatoes peel by ORAC assay

4. 결론

본 연구는 파이토케미컬이 다량 존재하는 부산물들의 천연항산화제로써의 소재 발굴을 위해서 사과, 포도 그리고 고구마 껍질을 70% 에탄올로 추출하여 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 양이온 소거능, FRAP 환원능, ORAC assay를 실시하여 항산화 활성을 조사하였다. 연구결과 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량에서는 사과 껍질이 각각 약 3배, 3.4-5.7 배로 다른 포도 껍질과 고구마 껍질과 유의적으로 차이를 나타내었다. 또한 DPPH 라디칼 소거능은 사과 껍질이 포도 껍질보다는 3.2배, 고구마 껍질에 비해 4.6배 우수하였고, ABTS 양이온 소거능 또한 사과 껍질이 포도 껍질보다는 2.8배, 고구마 껍질보다는 5.4배 유의하게 우수하였다. 뿐만 아니라, FRAP 환원능은 약 3.6배, ORAC 지수는 포도 껍질보다 3.3배, 고구마 껍질보다는 4.1배 높은 항산화능을 나타내었다.

본 연구를 통해, 과일의 부산물도 우수한 항산화 물질을 함유하고 있으므로 이러한 부산물을 이용하여 천연 항산화제를 얻을 수 있다면 경제적인 측면에서도 도움이 될 것으로 생각된다.

References

[1] T. Ismail, P. Sestili, S. Akhtar, "Pomegranate peel and fruit extracts: a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects", *J. Ethnopharmacol.*, 143, pp. 397-405, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.004>

[2] MAF, "Director-general of investment evaluation and statistics bureau". *Agricultural & forestry statistical yearbook*. The Ministry of Agriculture and Forestry Korea, pp. 116. 2006.

[3] H. J. Whang, "Changes of phenolic compounds in Korean apple (fuji) during maturation". *Korean J. Food & Nutr.*, 12, pp. 364-369, 1999.

[4] K. W. Lee, S. J. Lee, N. J. Kang, C. Y. Lee, H. J. Lee, "Effects of phenolics in Empire apples on hydrogen peroxide-induced inhibition of gap-junctional intercellular communication". *Biofactors*, 21, pp. 361-365, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/biof.552210168>

[5] K. W. Lee, Y. J. Kim, D. O. Kim, H. J. Lee, C. Y. K. W. Lee, "Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity", *J. Agric. Food Chem.*, 51,

pp. 6516-6520, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf034475w>

[6] M. C. Denis, A. S. Dudonné, A. Montoudis, C. Garofalo, Y. Desjardins, E. Delvin, E. Levy, "Apple peel polyphenols and their beneficial actions on oxidative stress and inflammation", *PLoS One.*, 8, e53725, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0053725>

[7] K. Ali, F. Maltese, Y. Choi, R. Verpoorte, "Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products", *Phytochem. Rev.*, 9, pp. 357-378, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-009-9158-0>

[8] T. Sun, Q. Y. Chen, L. J. Wu, X. M. Yao, X. J. Sun, "Antitumor and antimetastatic activities of grape skin polyphenols in a murine model of breast cancer", *Food Chem. Toxicol.*, 50, pp. 3462-3467, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.07.037>

[9] P. L. Rhodes, J. W. Mitchell, M. W. Wilson, L. D. Melton, "Antilisterial activity of grape juice and grape extracts derived from vitis vinifera variety ribier", *Int. J. Food Microbiol.*, 107, pp. 281-286, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jifoodmicro.2005.10.022>

[10] J. Tomé-Cameiro, M. González, M. Larrosa, M. Yá-ez-Gascón, F. García-Almagro, J. Ruiz-Ros, F. Tomás-Barberán, M. García-Conesa, J. Espín, "Grape resveratrol increases serum adiponectin and downregulates inflammatory genes in peripheral blood mononuclear cells: a triple-blind, placebo-controlled, one-year clinical trial in patients with stable coronary artery disease", *Cardiovasc. Drugs Ther.*, 27, pp. 37-48, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10557-012-6427-8>

[11] R. Krikorian, T. A. Nash, M. D. Shidler, B. Shukitt-Hale, J. A. Joseph, "Concord grape juice supplementation improves memory function in older adults with mild cognitive impairment", *Br. J. Nutr.*, 103, pp. 730-734, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007114509992364>

[12] C. Stockley, P. L. Teissedre, M. Boban, C. di Lorenzo, P. Restani, "Bioavailability of wine-derived phenolic compounds in humans: a review", *Food Funct.*, 3, pp. 995-1007, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/c2fo10208k>

[13] H. J. Park, U. J. Jung, M. K. Lee, S. J. Cho, H. K. Jung, J. H. Hong, Y. B. Park, S. R. Kim, S. Shim, J. Jung, M. S. Choi, "Modulation of lipid metabolism by polyphenol-rich grape skin extract improves liver steatosis and adiposity in high fat fed mice", *Mol. Nutr. Food Res.*, 57, pp. 360-364, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201200447>

- [14] A. C. Bovell-Benjamin, "Sweet potato: are view of its past, present, and future role in human nutrition", *Adv. Food Nutr. Res.*, 52, pp. 1-59, 2007.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)52001-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52001-7)
- [15] H. S. Jeong, J. Hyun, J. H. Lee, "Antioxidant activity of dietary fibers from tubers and stalks of sweet potato and their anti-cancer effect in human colon cancer", *Appl. Chem. Eng.*, 24, pp. 525-529, 2013.
- [16] O. Folin, W. Denis, "On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents", *J. Biol. Chem.*, 12, pp. 239-243, 1912.
- [17] M. I. N. Moreno, M. I. Isla, A. R. Sampietro, M. A. Vattuone, "Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several region of Argentina", *J. Entropharmacol.*, 71, pp. 109-114, 2000.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0)
- [18] M.-J. Kim, M. K. Jeong, P.-S. Chang, J. H. Lee, "Radical scavenging activity and apoptotic effects in HT-29 human colon cancer cells of black sesame seed extract", *Int. J. Food Sci. Tech.*, 44, pp. 2106-2112, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02044.x>
- [19] I. F. F. Benzie, J. J. Strain, "Ferric reducing/ antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration", *Methods Enzymol.*, 299, pp. 15-27, 1999.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99005-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99005-5)
- [20] B. Ou, M. Hampsch-Woodill, R. L. Prior, "Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe", *J. Agric. Food Chem.*, 49, pp. 4619-4626, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf010586o>
- [21] S. D. Kunkel, M. Suneja, S. M. Ebert, K. S. Bongers, D. K. Fox, S. E. Malmberg, F. Alipour, R. K. Shields, C. M. Adams, "mRNA expression signatures of human skeletal muscle atrophy identify a natural compound that increases muscle mass", *Cell Metab.*, 8, pp. 627-638, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2011.03.020>
- [22] J. C. Brown, X. Jiang. "Activities of muscadine grape skin and polyphenolic constituents against *Helicobacter pylori*", *J. Appl. Microbiol.*, 114, pp. 982-989, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jam.12129>
- [23] C. Li, L. Zhang, "In vivo anti-fatigue activity of total flavonoids from sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] leaf in mice", *Indian J. Biochem. Biophys.*, 50, pp. 326-329, 2013.
- [24] A. Escarpa, M. Gonzalez, "High performance liquid chromatography with diode-array detection for the performance of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties", *J. of Chromat.*, A823, pp. 331-337, 1998.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00294-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00294-5)
- [25] J. B. Golding, W. B. McGlasson, S. G. Wyllie, D. N. Leach, "Fate of apple peel phenolics during cool storage", *J. Agric. Food Chem.*, 49, pp. 2283-2289, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf0015266>
- [26] A. A. van der Sluis, M. Dekker, A. de Jager, W. M. Jongen, "Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions", *J. Agric. Food Chem.*, 49, pp. 3606-3613, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf001493u>
- [27] K. Wolfe, X. Wu, R. H. Liu, "Antioxidant activity of apple peels", *J. Agric. Food Chem.*, 51, pp. 609-614, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf020782a>
- [28] J. Boyer, R. H. Liu, "Antioxidants of apples", *New York Fruit Quarterly* 11, pp. 11-15, 2003-2004.
- [29] C.-I. Bunea, N. Pop, C. Matea, "Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems", *Chem. Cent. J.*, 6, pp. 1-9, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1752-153X-6-66>
- [30] S.-K. Choi, X.-H. Zhang, J.-S. Seo, "Suppression of oxidative stress by grape seed supplementation in rats", *Nutr. Res. Pract.*, 6, pp. 3-8, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.3>
- [31] G. M. Huber, H. P. Rupasinghe, "Phenolic profiles and antioxidant properties of apple skin extracts", *J. Food Sci.*, 74, pp. C693-C700, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01356.x>
- [32] C. Henríquez, S. Almonacid, I. Chiffelle, T. Valenzuela, M. Araya, L. Cabezas, R. Simpson, H. Speisky, "Determination of antioxidant capacity, total phenolic content and mineral composition of different fruit tissue of five apple cultivars grown in Chile", *Chil. J. Agr. Res.*, 70, pp. 523-536, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000400001>
- [33] I. I. Rockenbach, L. V. Gonzaga, V. M. Rizelio, A. E. de Souza Schmidt Gonçalves, M. I. Genovese, R. Fett, "Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking", *Food Res. Int.*, 44, pp. 897 - 901, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.049>

김 미 자(Mi-Ja Kim)

[정회원]



- 2001년 2월 : 동덕여자대학교 대학원 식품영양학과 (이학박사)
- 2002년 4월 ~ 2003년 2월 : Ohio State University Postdoctoral Fellow
- 2003년 3월 ~ 2010년 2월 : 동덕여자대학교 식품영양학과 겸임교수
- 2010년 2월 ~ 2011년 2월 : 경희대학교 의학전문대학원 연구전임강사

- 2014년 11월 ~ 현재 : 성균관대학교 생명공학대학 연구교수

<관심분야>

기능성식품, 영양학

정 철(Chul Cheong)

[정회원]



- 1996년 2월 : 독일 뮌헨공대 식품학과 (이학석사)
- 2002년 2월 : 독일 베를린공대 생물공학과 (이학박사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국식품연구원 주류품질인증 심사위원

- 2012년 5월 ~ 현재 : 한국식품과학회 양조분과위원회 총무간사

<관심분야>

양조학, 발효식품학

김 영 기(Young Gi Kim)

[정회원]



- 1992년 9월 : 동국대 정보산업대학원 신문방송학과 (석사)
- 2009년 2월 : 서울벤처대학원 대학교 부동산학과 (박사)
- 2013년 4월 ~ 현재 : 한국농수산식품유통공사 코칭 전문위원
- 2013년 12월 ~ 현재 : aT한국농수산식품유통공사 심사평가위원

- 2014년 3월 ~ 현재 : 호서대 보건산업연구소 연구원
- 2014년 3월 ~ 현재 : 호서대 벤처전문대학원 박사 4학기 중 (벤처경영, 융합공학)

<관심분야>

기능성식품학, 발효식품학, 외식산업창업 & 마케팅

장 기 효(Ki-Hyo Jang)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경희대학교 식품가공학과 (식품미생물학 석사)
- 1998년 10월 : 호주 빅토리아대학교 CBFT (식품미생물학박사)
- 2003년 9월 ~ 2006년 2월 : 삼척대학교 식품영양학과 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 식품영양학과 교수

<관심분야>

발효식품학, 식품미생물학

김 현 순(Hyun-Soon Kim)

[정회원]



- 2010년 3월 ~ 2012년 8월 : 경기대 대체의학대학원 석사 (식품치료 전공)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 호서대 벤처전문대학원 융합공학과 박사과정
- 2014년 3월 ~ 현재 : 호서대 보건산업연구소 연구원

<관심분야>

식품치료, 생활향기치료, 발효식품학

강 순 아(Soon Ah Kang)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 가정대학 식품영양학과 (이학석사)
- 1991년 2월 : 미국 퍼듀 대학교 식품영양학과 (이학박사)
- 2007년 3월 ~ 2011년 12월 : 농촌진흥청 농업과학기술원 겸임연구관
- 2012년 4월 ~ 현재 : 국제청 주류관정 심위원

- 2012년 10월 ~ 현재 : 호서대학교 보건산업연구소 소장, 호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과 교수

<관심분야>

임상영양학, 기능성식품학, 발효식품학