

산업체 적용을 위한 양파껍질 추출물의 항산화활성

정은미 · 정광호*
이노뉴트리바이오(주)

Antioxidant Activity of Onion (*Allium cepa* L.) Peel Extracts Obtained as Onion Byproducts

Eun Mi Joung and Kwang Ho Jung*
Inno-Nutribio Corp.

Abstract This study investigated the antioxidant activity of onion peels extracted from onion byproducts by hot water treatment. Hot water extraction of freeze dried onion peel powder was analyzed for total polyphenol content, 2,2'-diphenyl-1-picryllhydrazyl (DPPH), and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical scavenging activities, reducing power, oxygen radical absorbance capacity (ORAC). Total polyphenol content was the highest (233.90 mg/g) in onion peel extract mix with ethanol (OPME-1). The DPPH radical scavenging activity (IC_{50}), reducing power, and ORAC obtainbed from onion peel extract mix with ethanol precipitation (OPMPE-1) were the highest at 1.15 mg/mL, 1.69 A₇₀₀, and 318,509 μM TE/mL, respectively. The ABTS radical scavenging activity was the highest at 432.78 mg amino acids (AA) eq/g in the OPM. The results of this study suggest that onion peel extracts have marked antioxidant activity, which can have significant health benefits.

Keywords: onion peel, antioxidant activity, oxygen radical absorbance capacity

서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 백합과에 속하는 다년초로서 quercetin, quercitrin, rutin 등의 flavonoid 물질이 풍부한 대표적인 식품이다(1). 특히 quercetin은 양파의 주된 flavonoid 성분으로 quercetin aglycone, quercetin 4'-glycoside, isorhamnetin monoglycoside, kaempferol monoglycoside를 분리, 동정하였으며(2), 벤젠환의 탄소에 -OH기와 탄소 2와 3사이의 이중결합, 4의 탄소위치에 carbonyl 기, 그리고 A고리와 B고리에 결합되어 있는 -OH기에 의해서 항산화 활성을 갖는 구조를 가지고 있어 활성산소의 산화활동을 억제하거나 제거하는 능력이 매우 강하며(3,4), collagen에 의해 촉진되는 혈소판의 활성을 억제시켜 혈행 개선효과를 가지는 것으로 알려져 있다(5). 양파의 가식부분에는 0.01%의 quercetin이 함유되어 있으며 겉껍질로 갈수록 함량이 높아져 양파껍질에는 순무게의 6.5%에 달하는 quercetin이 함유되어 있다(6). 또한 흰색의 껍질보다는 색을 가진 마른 껍질이 특별히 flavonoid 함량이 높아 2.5-6.5%의 quercetin을 포함한다고 보고되고 있다(7). Allyl disulfide, diallyl disulfide 등의 flavonoides는 항산화작용(8-10), 항균작용(11), 항암효과(12), 혈중 콜레스테롤 감소(13), 고혈압 개선 효과(14) 등 다양한 생리활성 효과 있는 것으로 알려져 있다.

양파는 국내 소비량의 전량이 국내에서 생산되는 자급율이 100%인 채소이며, 국내 생산량 중 약 10% 정도가 1차 가공형태로 유통되어지며 가공 후 발생하는 껍질과 뿌리는 부산물로서 사료로 이용하거나 일부는 폐기되고 있는 실정이다. 따라서 1차 가공 후 발생되어지는 양파가공부산물을 이용하여 기능성식품 소재로 활용하려는 노력은 있으나 이에 관한 식품학적인 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 산업체에서 활용 가능한 추출조건으로 다양한 생리활성 변화를 확인함으로써 양파로 공부산물을 이용하는데 있어서 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 양파가공부산물은 2012년 9월 경북 문경시에 소재한 영농조합법인 신미네유통사업단에서 양파과육을 제거한 것으로 제공받아 양파껍질에서 이물질과 협잡물을 수작업으로 제거하고 양파껍질만을 선별하여 실온에 보관하면서 사용하였다. 양파껍질은 수돗물로 수세한 다음 물기를 제거하고 자연건조한 후 분쇄(HMF-3150S, Hanil, Seoul, Korea)한 다음 시료로 사용하였다.

추출물의 제조

양파껍질 추출물 제조는 Fig. 1과 같은 전처리 조건으로 처리하였다. 분쇄된 양파껍질 1.5 kg에 증류수 25 L씩 가하고 80°C 초고속 진공 저온 농축 추출기(COSMO S660, Kyungseo, Incheon, Korea)로 5시간씩 3회 반복 추출(OP1, OP2, OP3)한 다음 추출액을 합쳐 상기 기기를 이용하여 80°C에서 감압 농축하여 추출흔

*Corresponding author: Kwang Ho Jung, Inno-Nutribio Corp., Seoul 135-839, Korea
Tel: 82-70-4895-3473
Fax: 82-70-7500-0331
E-mail: inbuser@myinb.net
Received November 11, 2013; revised February 13, 2014;
accepted February 18, 2014

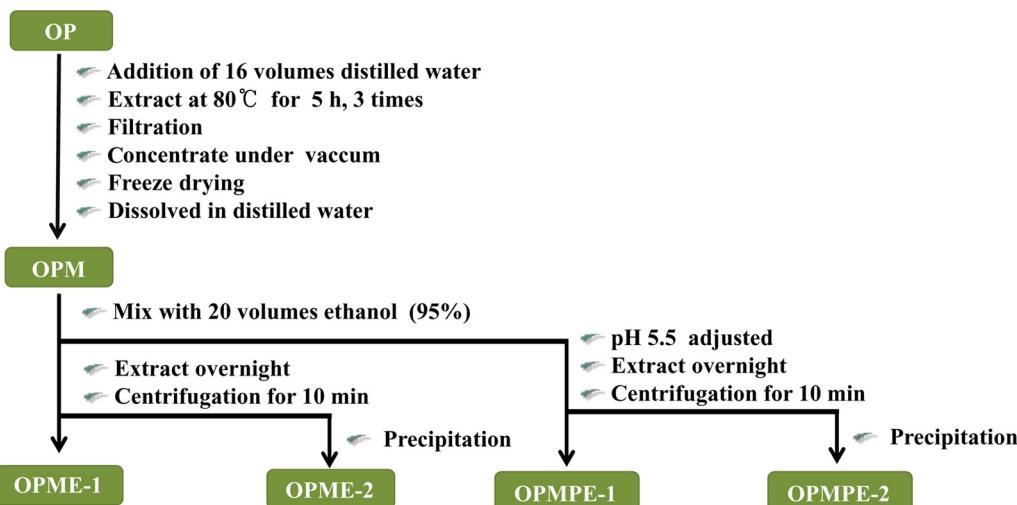


Fig. 1. Preparation for the extracts from onion peels.

합농축액을 제조하였다. ① 추출혼합농축액 시료 중 200 mL에 에탄올 8 L를 가하여 4°C 냉장고에서 overnight 시킨 후 1,000 rpm에서 10분간 원심분리(1736R, Labogene, Lyngé, Denmark)하여 상층액을 갑암 농축하여 양파껍질 에탄올 상층액(onion peel extract mix with ethanol; OPME-1)과 침전물(OPME-2)를 제조하였다. 또한 ② 추출혼합농축액 시료 중 200 mL에 citric acid를 이용하여 pH 5.5로 맞춘 다음 에탄올 8 L를 가하여 4°C 냉장고에서 overnight 시킨 후 1,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 갑암 농축하여 양파껍질 에탄올 상층액(onion peel extract mix with ethanol precipitation; OPMPE-1)과 침전물(OPMPE-2)를 제조하였으며, 각각의 갑암 농축한 시료를 동결건조기(MCFD-8508PT, Ilshin, Suwon, Korea)를 이용하여 동결건조하여 초저온 냉동고(DF-8520, Ilshin, Suwon, Korea)에 시료를 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

양파껍질 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(15). 각 추출물 100 μL에 2% NaCO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-ciocalteu reagent 100 μL를 가하였다. 2% Na₂CO₃ 용액을 가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성 (IC₅₀) 측정

양파껍질 추출물의 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois(16)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 2×10⁻⁴ M DPPH (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 용액(99% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, voltex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(GeneQuant 1300, Amersham Pharmacia Biotech, Uppsala, Sweden)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 에탄올만의 흡광도를 측정하여 보정해주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA (%) 값을 50% 감소시키는 IC₅₀ (inhibition concentration)로 표현하였다.

ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력

양파껍질 추출물의 총 항산화력은 ABTS⁺ cation decolorization assay 방법에 따라 측정하였다(17). ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6\times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 회석하였다. 회석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, positive control로서 L-ascorbic acid를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC, mg AA eq/g)로 표현하였다.

환원력 측정

양파껍질 추출물의 환원력은 Mau 등(18)의 방법에 따라 측정하였다. 각각의 추출물 250 μL에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 250 μL, 1% potassium ferricyanide (w/v) 250 μL를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid (w/v)를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상정액 500 μL에 증류수 500 μL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride (w/v) 100 μL를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

유해산소 흡수능력(ORAC) 측정

ORAC assay는 radical chain reaction의 주요 단계인 수소 전자전달과 연관하여 항산화 성분의 free radical 소거능을 측정하는 방법으로 hydrophobic 성분과 hydrophilic 성분에 모두 반응하기 때문에 전자전달이론과 관련된 항산화 활성 실험 방법들보다 높은 반응감도로 정확도를 높일 수 있는 실험이다(19-21). 양파껍질 추출물의 시료, 표준물질의 농도별 회석 및 시약의 제조는 75 mM phosphate buffer (pH 7.4)를 이용하였으며, blank well plate에 시료 25 μL, 40 nM fluorescein 150 μL를 첨가하고 측정 직전에 150 mM AAPH 2,2-azobis(2-amidinopropane) (AAPH) dihydrochloride 25 μL를 첨가한 다음 fluorescence microplate reader (Spectramax GEMINI EM, Molecular Devices LLC, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 485 nm에서 전자여기 후 535 nm에서 방출되는 조건으로 37°C에서 90분간 3분마다 fluorescence의 감소율

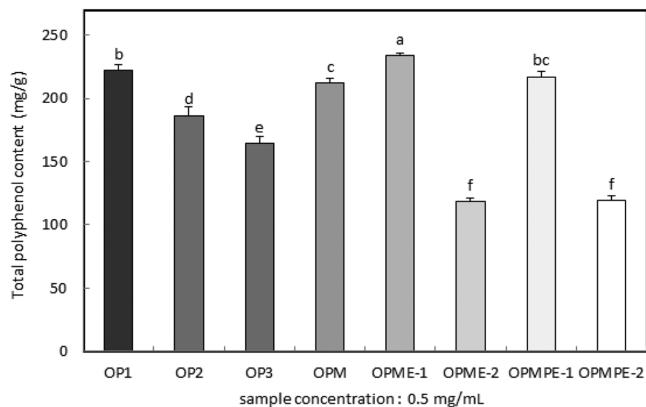


Fig. 2. Total polyphenol contents of water extracts from onion peel. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

을 측정하였다. 결과 값은 시료 첨가구와 무 첨가구의 area under curve (AUC)값을 나타낸 후 Trolox를 이용하여 작성한 검량선 ($y=1.3285x+0.5477$, $r^2=0.9945$)에 대입하여 나타내었다(22).

$$\text{Area under curve (AUC)} = 1 + f_1/f_0 + f_2/f_0 + f_3/f_0 + f_4/f_0 + \dots + f_{31}/f_0$$

통계분석

실험결과는 3회 반복측정한 후 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계처리는 SPSS Ver 12.0 package program (Statistical Package for the Social Science, SPSS INC., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 측정값 간의 유의성을 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며, 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다(23). 양파껍질 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 양파껍질 추출횟수에 따라 총 폴리페놀 함량은 222.11 ± 4.32 - 164.51 ± 5.53 mg/g으로 낮아졌으며, onion peel extract mix (OPM)에서는 211.91 ± 3.74 mg/g으로 나타났다. 또한 OPME-2보다 OPME-1에서 233.91 ± 1.70 mg/g으로 높게 나타났으며, OPMPE-2보다 OPMPE-1에서 217.12 ± 4.42 mg/g으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 Park 등(24)의 보고에 의하면 양파껍질 70, 95% 주정추출물에 각각 166.89 ± 0.03 , 160.89 ± 0.13 mg/g의 총 폴리페놀함량이 있다고 보고하였는데, 본 실험의 양파껍질추출물은 양파껍질 70, 95% 주정 추출물보다 총 폴리페놀함량이 다소 높게 나타났다. 이는 수거한 양파껍질의 품종 및 생육조건에 따른 차이로 페놀성 화합물 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물들이 많이 생성되어 있었기 때문이라 생각된다.

전자공여능 측정

수소공여항산화물질의 특징은 hydroxyl기를 하나 이상 함유하고 있는 환구조(ring)와 메틸기나 비극성 탄화수소 사슬 구조와 같은 비극성기를 가지고 있으며, 식품에 함유되어 있는 폴리페놀 계 물질이 이와 같은 분자 구조적 특징을 가지고 있는 대표적인 항산화 물질(25)로 양파껍질 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거

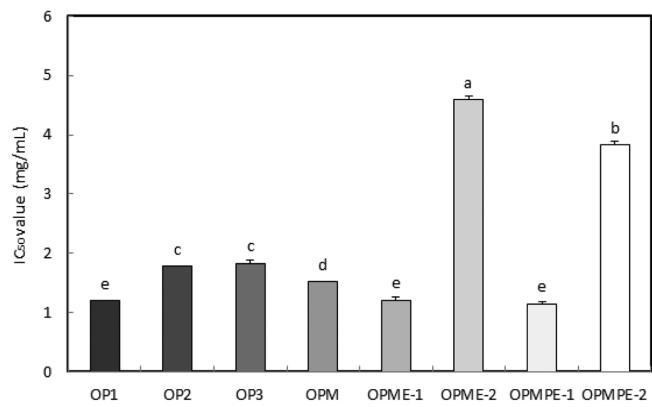


Fig. 3. Antioxidant activities (IC₅₀) for DPPH radical of water extracts from onion peel. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

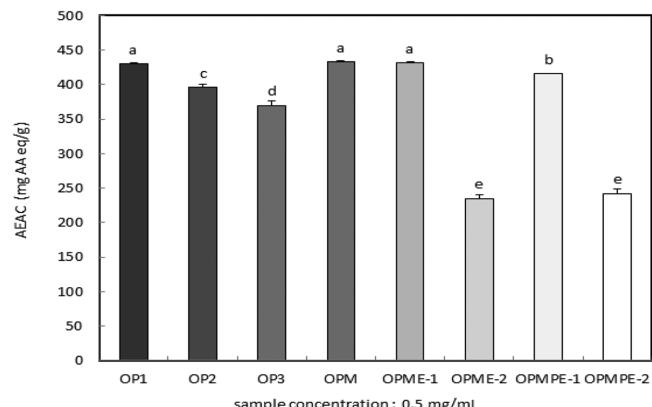


Fig. 4. Total antioxidant activities (AEAC) for ABTS radical of water extracts from onion peel. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

능(IC₅₀)을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 양파껍질 추출횟수에 따라 IC₅₀값은 1.20 ± 0.01 - 1.83 ± 0.06 mg/mL의 범위로 양파껍질 1회차 추출물에서 가장 높은 항산화활성을 나타냈으며, OPM에서는 1.52 ± 0.00 mg/mL, OPME-2보다 OPME-1에서 1.21 ± 0.06 mg/mL, OPMPE-2보다 OPMPE-1에서 1.15 ± 0.04 mg/mL으로 높은 항산화 활성을 나타내었다. Kim과 Kim(26)의 보고에 의하면 양파 가식 부위보다 quercetin함량이 많은 양파껍질에서 91.96%의 높은 소거활성을 보인다고 했으며, 높은 DPPH radical 소거활성을 보이는 물질에는 polyphenol처럼 구조 중 hydroxyl group을 포함하여 DPPH radical과 반응하기에 적합한 입체구조를 가지는 화합물이 존재하기 때문이라고 하였다(27). 따라서 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때 항산화 효과를 나타내는 대표적인 물질인 페놀성 화합물이 양파껍질에 많이 함유되어 있기 때문에 높은 radical 소거활성을 나타낸 것으로 생각된다.

ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력

비교적 안정적인 free radical로서 ABTS radical을 억제하거나 소거하는 것에 의하여 항산화활성을 스크리닝하는데 Kang 등(28)은 flavonoids 및 phenol 함량에 따라 자유라디칼에 전자를 공여하여 산화를 소거하는 효과가 나타난다고 하였다. 이에 양파껍질 추출물에 대한 ABTS²⁺라디칼소거능으로 측정된 총 항산화력은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 양파껍질 추출횟수에 따라 430.39 ± 0.78 - 369.81 ± 6.60 mg AA eq/g의 범위로 양파껍질 1회차 추출물에서

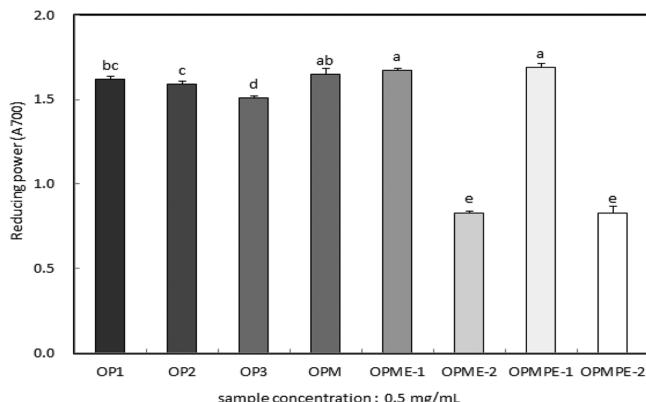


Fig. 5. Reducing power on water extracts from onion peel. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

가장 높은 항산화활성을 나타났다. 또한 OPM에서 432.78 ± 1.43 mg AA eq/g, OPME-2보다 OPME-1에서 431.22 ± 1.65 mg AA eq/g, OPMPE-2보다 OPMPE-1에서 416.08 ± 0.48 mg AA eq/g으로 ABTS radical 소거활성을 나타내었으며 이러한 결과는 양파껍질 내에 존재하는 quercetin계열의 phenol 성분이 자유라디칼에 전자를 공여하여 산화를 소거하는 효과 크기 때문인 것으로 사료되며, 양파 재배조건에 따라 항산화성분의 종류와 추출시간, 추출 방법에 의해서도 항산화활성물질의 증가와 결합형 폴리페놀에서 유리형으로 전환되는 정도가 달라서 나타난 결과로 판단된다.

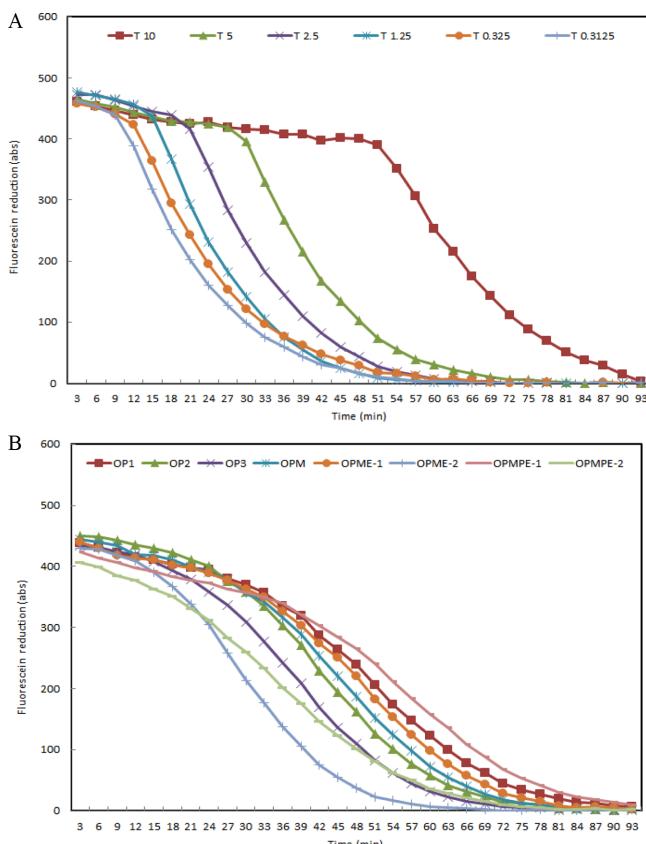


Fig. 6. ORAC assays of Trolox varying concentrations and water extracts from onion peel. Spectra were determined absorbance transients measured at 485 nm and 535 nm. A: Trolox, B: onion peel extracts.

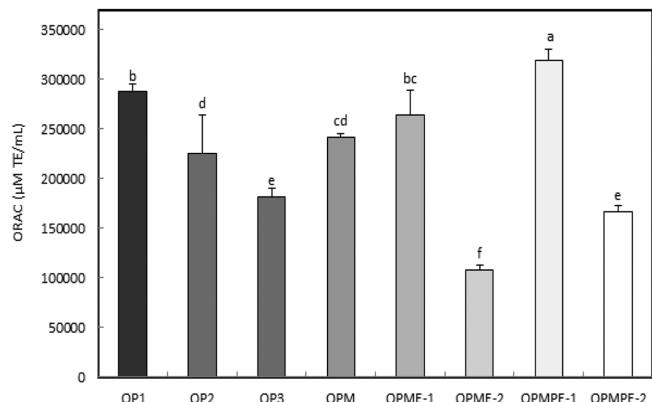


Fig. 7. ORAC value of water extracts from onion peel. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

환원력

활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이며 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되고 항산화 활성이 클수록 환원력이 증가되며 흡광도 값이 상승하게(29) 되는데 이를 이용하여 양파껍질 추출물에 대한 환원력을 측정한 결과는 Fig. 5 와 같다. 양파껍질 추출횟수에 따라 환원력은 $1.62\pm0.02-1.51\pm0.01$ A_{700} 의 범위로 양파껍질 1회차 추출에서 다소 높은 환원력을 나타냈으며, OPM에서는 1.65 ± 0.03 A_{700} , OPME-2보다 OPME-1에서 1.67 ± 0.01 A_{700} , OPMPE-2보다 OPMPE-1에서 1.69 ± 0.02 A_{700} 으로 환원력을 나타내었다. Holasova 등(30)은 phenol화합물의 함량이 높을수록 항산화력이 증가한다고 보고하였으며, 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때 총 폴리페놀 함량, DPPH radical, ABTS radical활성에서와 같이 환원력에서도 양파껍질 추출물 내에 존재하는 phenol화합물이 많이 함유되어 있는 것으로 판단된다.

유해산소 흡수능력(ORAC)

식품 내에 존재하는 친수성 성분과 친유성 성분 모두에 반응하기 때문에 응용 범위가 넓다는 장점을 가지고 있어 항산화 대조물질로 수용성 비타민 E를 사용하고 형광 물질을 결합시킴으로써 반응 감도가 예민하여 정확도를 높일 수 있는 방법(20)이라이 방법을 이용하여 양파껍질 추출물의 유해산소 흡수능력(ORAC)을 측정한 결과 Fig. 6, 7과 같다. 양파껍질 추출횟수에 따라 ORAC 지수는 $287,334 \mu M$ Trolox equivalent (TE)/mL의 범위로 양파껍질 1회차 추출에서 다소 높게 나타났으며, OPM에서는 $241,741 \mu M$ TE/mL, OPME-2보다 OPME-1에서 $263,962 \mu M$ TE/mL, OPMPE-2보다 OPMPE-1에서 $318,509 \mu M$ TE/mL으로 나타났다. Cai 등(31)에 의하면 총페놀 함량과 항산화 활성과는 매우 유의적인 상관관계를 나타낸다고 보고한 결과 유사한 결과를 나타내었다.

요약

양파가공부산물인 양파껍질을 이용하여 산업체에서 활용 가능한 추출공정으로 다양한 항산화활성 변화를 확인 하였다. 양파껍질 추출물의 총 폴리페놀 함량은 OPME-1에서 $233.90 mg/g$ 으로 가장 높게 나타났으며, DPPH법에 의한 항산화활성의 IC_{50} 값은 OPMPE-1에서 $1.15 mg/mL$ 로 가장 높은 radical 소거활성을 나타났다. ABTS에 의한 총 항산화력은 OPM에서 $432.78 mg AA eq/g$ 으로 높은 항산화활성을 나타냈으며, 환원력은 OPMPE-1에서

1.69 A₇₀₀으로 높게 나타났고, ORAC 지수는 OPMPE-1에서 318,509 μM TE/mL로 가장 높게 나타났다. 본 연구결과 실제 산업체에서 양파껍질 추출물을 제조할 때 활용 가능한 추출공정은 여러 번 반복 추출을 하는 것보다 1회 추출만 하는 공정이 항산화 활성 결과 기능성 식품소재 원료로 활용이 더 유리할 것으로 사료된다.

References

- Augusti KT. Therapeutic values onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Indian J. Exp. Biol. 34: 634-640 (1996)
- Leighton T, Ginther C, Fluss L, Harter WK, Cansado J, Notario V. Molecular characterization of quercetin and quercetin glycosides in *Allium* vegetables. ACS Sym. Ser. 507: 220-238 (1992)
- Basra AS, Singh B, Malik CP. Amelioration of the effects of ageing in onion seeds by osmotic priming and associated changes in oxidative metabolism. Biol. Plantarum 36: 365-371 (1994)
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Bolwell PG, Bremley PM, Pridham JB. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. Free Radical Res. 22: 375-383 (1995)
- Hubbard GP, Stevens JM, Cicmil M, Sage T, Jordan PA, Williams CM, Lovegrove JA, Gibbins JM. Quercetin inhibits collagen-stimulated platelet activation through inhibition of multiple components of the glycoprotein VI signaling pathway. J. Thromb. Haemost. 1: 1079-1088 (2003)
- Herrmann K. Flavonols and Flavones in food plants. Int. J. Food Sci. Tech. 11: 433-448 (1976)
- Bilyk A, Cooper PL, Sapers GM. Varietal differences in distribution of quercetin and kaempferol in onion (*Allium cepa* L.) tissue. J. Agr. Food Chem. 32: 274-276 (1984)
- Jang A, Park JE, Kim SH, Chae HS, Ham JS, Oh MH, Kim HW, Seol KH, Cho SH, Kim DH. Effect of dietary supplementation of quercetin on oxidative stability of chicken thigh. Korean J. Poult. Sci. 37: 405-413 (2010)
- Kim YJ. Effects of dietary supplementation of garlic by-products on total phenol contents, DPPH radical scavenging activity, and physicochemical properties of chicken meat. Korean J. Food Sci. An. 30: 860-866 (2010)
- Park PS, Lee BR, Lee MY. Effects of onion juice on ethanol-induced hepatic lipid peroxidation in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 23: 750-756 (1994)
- Kim JH. Anti-bacterial action of onion (*Allium cepa* L.) extracts against oral pathogenic bacteria. J. Nihon Univ. Sch. Dent. 39: 136-141 (1997)
- Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK, Park CW, Ha YL. Reduction effect of carcinogen induced mouse epidermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 525-530 (2000)
- Son JY, Son HS, Cho WD. Antioxidant effect of onion skin extract. Korean J. Food Cook. Sci 14: 16-20 (1998)
- Griffiths G, Trueman L, Crowther T, Thomas B, Smith B. Onions-A global benefit to health. Phytother. Res. 16: 603-615 (2002)
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 50: 4959-4964 (2002)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
- Tepe B, Daferera D, Sokmen A, Sokmen M, Polissiou M. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). Food Chem. 90: 333-340 (2005)
- Mau JL, Lin HC, Song SF. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. Food Res. Int. 35: 519-526 (2002)
- Huang D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. J. Agr. Food Chem. 53: 1841-1856 (2005)
- Prior RL, Hoang H, Gu L, Wu X, Bacchicca M, Howard L, Hampsch-Woodill M, Huang D, Ou B, Jacob R. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC_{FL})) of plasma and other biological and food samples. J. Agr. Food Chem. 51: 3273-3279 (2003)
- Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. J. Agr. Food Chem. 53: 4290-4302 (2005)
- Roy MK, Koide M, Rao TP, Okubo T, Ogasawara Y, Juneja LR. ORAC and DPPH assay comparison to assess antioxidant capacity of tea infusions: relationship between total polyphenol and individual catechin content. Int. J. Food Sci. Nutr. 61: 109-124 (2010)
- Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci. 2: 152-159 (1997)
- Park JI, Kim YW, Seo TS, Jang A. Supplement effect of onion peel extracts on small intestine of obese mice. J. Life Sci. 22: 1477-1486 (2012)
- Park JW, Lee YJ, Yoon S. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. Korean J. Food Culture 22: 353-358 (2007)
- Kim SJ, Kim GH. Quantification of quercetin in different parts of onion and its DPPH radical scavenging and antibacterial activity. Food Sci. Biotechnol. 15: 39-43 (2006)
- Chen JH, Ho CT. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. J. Agr. Food Chem. 45: 2374-2378 (1997)
- Kang YH, Park YK, Lee GD. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 232-239 (1996)
- Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD. Chemical composition and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 733-738 (2003)
- Holasova M, Fiedlerova V, Smrcanova H, Orsak M, Lachman J, Vavreinova S. Buckwheat-the source of antioxidant activity in functional foods. Food Res. Int. 35: 207-211 (2002)
- Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Sci. 74: 2157-2184 (2004)