J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 4, pp. 355~360 (2011)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

감귤류 4종의 항산화 효과의 비교

박근홍[1] · 이상훈[2] · 김현영[2] · 정헌상[2] · 김은영[3] · 윤영원[1] · 남상윤[1] · 이범준[1]*
[1]충북대학교 수의과대학 수의학과, [2]충북대학교 농업생명환경대학 식품공학과, [3]영동대학교 호텔외식조리학과

Comparison in Antioxidant Effects of Four Citrus Fruits

Geun Hong Park[1], Sang Hoon Lee[2], Hyun Young Kim[2], Heon Sang Jeong[2], Eun-young Kim[3], Young Won Yun[1], Sang Yoon Nam[1], Beom Jun Lee[1]*
[1]College of Veterinary Medicine and [2]College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
[3]Department of Hotel Food Service & Culinary Arts, Youngdong University, Youngdong 370-701, Korea
(Received July 27, 2011/Revised October 3, 2011/Accepted November 8, 2011)

ABSTRACT - This study was performed to investigate the antioxidant effects of 4 citrus fruits including Hallabong, Cheonhyehyang, Cheonggyeon, and Jinjihyang. In this study the citrus fruits were separated in three parts of peel, pulp segment membrane (PSM), and pulp and extracted with methanol, then concentrated using a rotary vacuum evaporator. Total polyphenol contents ranged 23.497~42.341 mg/g in peel, 13.285~21.872 mg/g in PSM and 6.333~11.627 mg/g in pulp of the citrus fruits. The total polyphenol contents were highest in the peel and PSM of Jinjihyang and in the pulp of Cheonhyehyang. 1,1-diphenyl-2picryl hydrazyl (DPPH) radical scavenging activities were highest in the peel and PSM of Jinjihyang and in the pulp of Cheonhyehyang. 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging capacities were also highest in the peel and PSM of Jinjihyang and in the pulp of Cheonhyehyang. Reducing powers were highest in the peel of Cheonggyeon, in the PSM of Jinjihyang, and in the pulp of Cheonhyehyang. There were significant correlations in between total polyphenol contents and the radical scavenging activities, and reducing power each other. These results indicate that the 4 citrus fruits (Hallabong, Cheonhyehyang, Cheonggyeon, and Jinjihyang) evidently have antioxidant capacities and their peel parts have the highest antioxidant activities.

Key words: Citrus fruits, Antioxidant capacity, Total polyphenol contents, Radical scavenging activity, Reducing power

현대인들은 높은 경제 성장과 함께 생활수준이 향상되고, 서구화된 식생활과 영양 불균형으로 인해 각종 만성질환이 증가하면서 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 면역 및 질병예방, 노화억제 등을 의학적인 접근뿐만 아니라 식품 영양학적인 접근을 통해 예방하려는 노력이 증대되고 있다[1,2]. 따라서 무엇을 어떻게 먹을 것인지에 대한 관심은 건강보조식품 및 영양보충용 식품 등의 기능성 식품에 대한 요구를 증가시키고 있으며, 기능성 식품의 소재가 되는 식물 자원의 성분에 관한 과학적인 연구도 활발히 진행되고 있다[3,4]. 다양한 경로에 의해 유발되는 산화적 스트레스는 생체 안에 존재하는 항산화계에 의해 제거되지만 산화적 스트레스가 항산화계의 수준을 초과하고 이것이 제거되지 못하면 생체막의 손상, 고분자 단백질 및 DNA의 변형과 기능상실 등으로 인한 다양한 퇴행성 질환이 유발될 수 있으므로 이로 인해 유발되는 건강문제를 해결 할 수 있는 물질로 항산화제에 대한 관심이 집중되고 있다[5,6].

현재 가장 많이 사용되고 있는 항산화제로는 천연 항산화제인 ascorbic acid, tocopherol과 합성 항산화제인 butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA), tertiary butylhydroquinone (TBHQ), propyl gallate (PG)등이 있다. 일반적으로 합성 항산화제는 탁월한 효과와 경제적 이점 때문에 폭넓게 사용되고 있으나 그 자체가 독성을 나타낼 뿐 아니라 고농도의 BHA, BHT, TBHQ를 경구적으로 투여할 때에는 간비대증 및 암을 유발하는 것으로 알려져 있으며, 특히 BHT는 간의 microsomal enzyme activity를 증가시킨다고 한다[7-9]. 따라서 천연의 물질로서

*Correspondence to: Beom Jun Lee, Department of Veterinary Public Health College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
Tel: 82-43-261-3357, Fax: 82-43-271-3246
E-mail: beomjun@cbu.ac.kr

가급적 독성이 없는 안전한 천연 항산화제의 개발이 요구되고 있다[10,11].

자연계에 천연적으로 존재, 분포되어 있는 동물이나 식물류 중에는 생체를 조절하는 기능을 가지고 있는 성분이 많이 있다는 것이 최근 연구에 의해 밝혀짐에 따라 이에 관계된 기능성 소재의 발굴 및 생리활성물질 규명에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 많은 연구자들에 의해 각 종 식물류에 항산화효과가 있음이 알려져 있으며, 천연물질 중에는 산화를 방지하는 기능을 가진 물질이 상당수 존재하는데, 가장 주목받고 있는 것은 생약 중에 항산화성을 가지고 있는 페놀성 물질이다[12].

감귤은 운향과(Rutaceae), 감귤속(Citrus)의 식용식물로 폴리페놀류, 비타민류, limonoid류 등의 다양한 화합물을 함유하고 있으며, 감귤 과피 중에 존재하는 풍부한 carotenoid, bioflavonoid, terpenes가 순환계 질환의 예방 및 개선효과 등 다양한 생리적 작용을 가진다고 보고되고 있다[13-16]. 과일의 질병 억제 기능은 비타민 C와 E에 의한 것이 많이 알려졌으나 최근 연구에서는 폴리페놀 및 플라보노이드 등의 기능성 성분이 많이 밝혀지고 있어 이런 천연 식품들의 의약품 소재 및 기능성 식품으로의 가능성을 인정받고 있으며 고부가 가치의 식품으로 이용될 수 있다[17]. 현재 감귤류의 항산화 활성에 대한 연구가 주를 이루고 있지만 아직까지 감귤류의 품종별, 부위별 항산화 활성에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 감귤 4품종(한라봉, 천혜향, 청견, 진지향)의 3부위(과피, 양낭막, 과육)에 대하여 총 폴리페놀함량, 1,1-diphenyl-2picryl hydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능, 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) 라디칼 소거능 및 환원력의 4개의 지표를 사용하여 항산화 능력을 측정함으로써 감귤류의 천연 항산화제로서의 가치를 확인하고 이용가능성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 감귤 4품종(한라봉, 천혜향, 청견, 진지향)은 제주도특별자치도 감귤시험장에서 2011년 3월에 제공받았다. 한라봉, 천혜향, 진지향은 청견(Kiyomi)을 모본으로 한 교잡종이며, 일본식 품명은 각각 'Shiranui', 'Setoka', 'Tsunokaori'이다. 한라봉[(Citrus unshiu Marc × C. sinensis Osbeck) × C. reticulata Blanco]은 청견(Kiyomi)에 폰칸(Ponkan)을 교배하여 육성하였다. 천혜향[(C. unshiu Marc × C. sinensis Osbeck) × Encore No. 2] × Murcott]은 청견에 앙코르를 교잡하여 얻은 중간 모본에 다시 머코트를 교잡하여 육성한 품종이다. 청견(Citrus unshiu Marc × C. sinensis Osbeck)은 궁천조생 온주밀감에 트로비타오렌지를 교배하여 육성한 교잡종이다. 진지향[(Citrus unshiu Marc × C. sinensis Osbeck) × C. unshiu]은 청견에 흥진조생을 교배한 교잡종이다.

부위별 분리 및 메탄올 추출

4품종의 감귤을 과피, 양낭막, 과육 3부위로 분류하여 동결건조기(PVTFD10RS, Ilshinbiobase, Yangju, Korea)로 동결건조 하였다. 분말화하기 위하여 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Swiss)를 이용하여 80 mesh로 분쇄한 후 각 건조분말 일정량을 취하여 10배의 methanol을 가하여 초음파추출기(SD-350H, Seong dong, Seoul, Korea)로 30분씩 2회 추출 및 여과(Advantec No.1, 6 μm)한 후 회전 진공 농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)를 이용하여 40°C에서 감압 농축하여 용매를 완전히 제거한 후 −20°C에 저장하면서 항산화활성 측정의 분석 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

감귤 추출물의 총 폴리페놀함량은 Dewanto 등의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다[18]. 각 추출물 100 μL에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하고 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 가하였다. 2% Na_2CO_3 용액을 가하고 30분 후에 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 g 또는 mg 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능(전자공여능) 측정

감귤 추출물의 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois의 방법을 변형하여 측정하였다[19]. 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, vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능 (\%)} = (1 - (A/B)) \times 100$$

여기서, A : 시료 첨가구의 흡광도 값
B : 시료 비첨가구의 흡광도 값

$ABTS^+$ 라디칼 소거능 측정

감귤 추출물의 라디칼 소거능 측정은 $ABTS^+$ decolorization assay 방법을 응용하여 측정하였다[20]. ABTS (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 7.4 mM과 potassium persulphate

2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 $ABTS^{+}$을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 $ABTS^{+}$용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 trolox (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였다. Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)는 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{TEAC (mg Trolox eq)} = \frac{\Delta A\ (\text{샘플})}{\Delta A\ (\text{Trolox})} \times \frac{\text{T.C}}{\text{S.C}}$$

ΔA(샘플) : 추출물을 넣었을 때의 OD 변화

ΔA (Trolox) : Trolox std. soln.이 추출물 대신 동량 들어갔을 때의 OD 변화

T.C : Trolox std. soln.의 농도(mg/mL)

S.C : 샘플의 농도(mg/mL)

환원력 측정

감귤 추출물의 환원력은 Mau 등의 방법을 응용하여 측정하였다[21]. 즉, 샘플 250 μL 에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 250 μL를 혼합시킨 후 1.0% potassium ferricyanide ($K_3Fe(CN)_6$)를 250 μL 첨가하여 섞은 다음 항온 수욕조에서 50°C로 유지하면서 20분간 반응시켰다. 반응액에 250 μL의 10.0% trichloroacetic acid (CCl_3COOH)를 첨가하였다. 위 반응액을 1000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상징액 500 μL에 증류수 500 μL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) 100 μL를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다. 높은 흡광도 값은 높은 환원력을 나타낸다.

통계처리

통계 분석은 SPSS Ver 12.0 package program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였으며, 상관관계는 Pearson's correlation analysis를 통하여 분석하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

항산화물질에 대한 연구는 다양한 영역에서 진행되고 있으며, 항산화물질로서 성인병 예방효과가 증명된 비타민 A, C, E와 같은 항산화 비타민과 플라보노이드, 페놀산 등의 식물성 폴리페놀 화합물과 같은 천연 항산화제에 대한 연구가 체계적으로 진행되고 있다[22-24]. 한라봉, 천혜향, 청견, 진지향의 과피, 양낭막 및 과육의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같다. 과피의 품종별 총 폴리페놀 함량의 범위는 23.497~42.341 mg/g이었으며, 진지향이 42.341 mg/g으로 가장

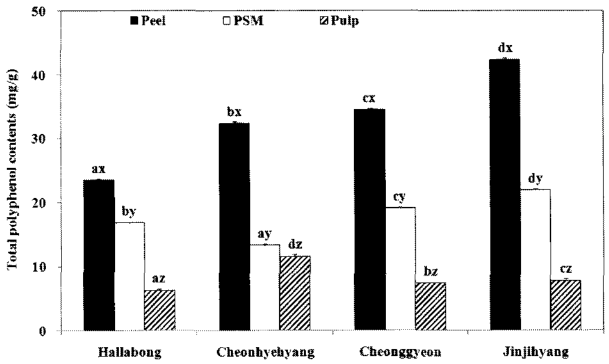

Fig. 1. Total polyphenol contents of three parts of four citrus fruits. [abcd, xyz]Means with a different letter on of the same group bars or the same color bars indicate a significant difference ($p < 0.05$). Values are means ± SD of triplicate experiments.

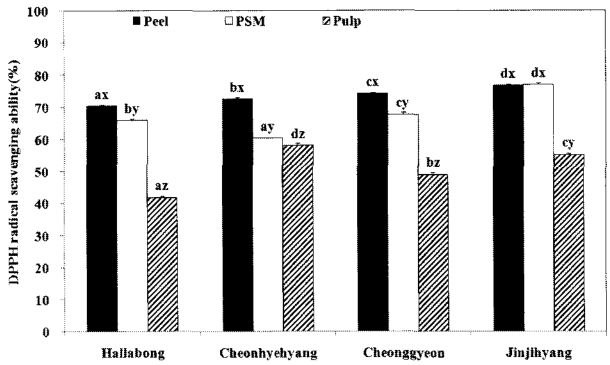

Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of three parts of four citrus fruits. [abcd, xyz]Means with a different letter on of the same group bars or the same color bars indicate a significant difference ($p < 0.05$). Values are means ± SD of triplicate experiments.

높았다. 양낭막의 품종별 총 폴리페놀 함량의 범위는 13.285~21.872 mg/g이었으며, 역시 진지향의 함량이 21.872 mg/g으로 가장 높았다. 하지만 과육의 품종별 폴리페놀 함량의 범위는 6.333~11.627 mg/g이었으며, 천혜향의 총 폴리페놀 함량이 11.627 mg/g으로 가장 높았다. 과피의 품종간 총 폴리페놀 함량 평균은 33.192 mg/g으로 양낭막의 17.744 mg/g, 과육의 8.306 mg/g보다 높았다. 이는 과육보다 과피에서 높은 polyphenol 함량을 보였다는 Kim 등의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다[25]. 또한 Ahn 등은 감귤 과피는 총 폴리페놀 함량이 높고 전자공여능 활성이 우수하여 기능성 식품으로의 높은 유용성을 밝힌바 있다.[26]

DPPH 라디칼 소거능(전자공여능) 비교

전자공여능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식품중의 지방질 산화를 억제하거나, 인체내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시킬 수 있는 능력을 의미한다[27]. 감귤 4 품종의 부위별 DPPH 라디칼 소거활성 결과는 Fig. 2와 같다. 감귤 과피의 품종별 DPPH 라디칼 소거활성은 70.5~

76.8%의 범위를 보였으며, 진지향의 활성이 76.8%로 가장 높았다. 감귤 양낭막의 품종별 DPPH 라디칼 소거활성은 60.4~77.0%의 범위를 나타냈었으며, 진지향의 DPPH 라디칼 소거 활성이 77.0%로 가장 높았다. 감귤 과육의 품종별 DPPH 라디칼 소거활성은 41.9~58.2%의 범위였으며, 천혜양이 58.2%로 가장 높은 활성을 보였다. 감귤 4품종 과피의 DPPH 라디칼 소거 활성의 평균은 73.5%로 양낭막의 67.8%와 과육의 51.1%보다 높았다. 실험 결과 DPPH 라디칼 소거활성이 높은 부분은 과피로 나타났는데, 본 실험에서 총 폴리페놀 함량 측정 결과 품종별 과피 평균이 33.192 mg/g으로 양낭막이나 과육의 총 폴리페놀 함량보다 높았던 결과와 밀접한 관련이 있다고 사료된다. 이러한 결과는 총 폴리페놀 함량과 자유라디칼 소거활성이 높은 상관성이 있다고 보고[28,29]한 것과 DPPH 라디칼 소거활성이 phenol성 물질에 의한 항산화작용의 지표라는 연구결과와 밀접한 관련이 있다[30]. 더불어 유자의 용매 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과, 과육보다 과피에서 높은 항산화 효과가 있었다는 Yoo 등의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다[17,31].

$ABTS^+$ 라디칼 소거능 비교

$ABTS^+$ decolorization assay 방법은 ABTS의 양이온 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 감소되는 원리에 기초한 방법으로 potassium persulphate와 ABTS의 산화에 의해 라디칼을 형성시킨 후 각각의 시료에 대한 자유 라디칼 소거능을 측정함으로써 항산화능을 확인할 수 있다. 본 실험에서는 감귤 4품종의 부위별 항산화 효과를 측정하기 위해 TEAC 방법을 사용하였고 측정 결과는 Fig. 3과 같다. DPPH 라디칼 소거활성의 결과와 마찬가지로 ABTS 라디칼 소거활성 또한 과피에서의 감귤 4품종의 소거능 평균이 65.95 mg trolox eq/g으로 양낭막의 13.68 mg trolox eq/g, 과육의 7.20 mg trolox eq/g 보다 높았다. ABTS 라디칼 소거활성능은 과피에서 48.23~78.03 mg trolox eq/g의 범위였으며, DPPH 라디칼 소거활성능과 마찬가지로 진지향의 소거활성이 78.03 mg trolox eq/g로 가장 높았다. 양낭막에서도 그 소거능이 12.06~15.41 mg trolox eq/g의 범위를 보였으며, 진지향의 소거활성이 15.41 mg trolox eq/g로 가장 높아 DPPH 소거활성능 결과와 유사하게 나타났다. 과육에서 ABTS 라디칼 소거능은 5.26~9.58 mg trolox eq/g의 범위였으며, 이중 천혜향의 소거능이 9.58 mg trolox eq/g로 가장 높았다. 이 결과 또한 과육 부위의 DPPH 라디칼 소거활성능에 있어서 천혜향이 가장 우수했던 결과와 일치한다. ABTS 라디칼 소거능 역시 DPPH 라디칼 소거능과 같이 양낭막이나 과육보다 과피에서 강한 효과를 나타난점이 공통점이었으며, 특히 ABTS 라디칼 소거능에 있어서는 과피에서 능력이 확연하게 우수하였다(Figs. 2 & 3).

감귤의 환원력 비교

환원력에서의 흡광도 수치는 그 자체가 그 시료의 환원력을 나타내며, 높은 항원력을 가지는 물질은 흡광도의 수치가 높게 나타나며[32], 환원력은 시료가 항산화제로서 사용될 수 있음을 나타내는 지표이기도 하다[33]. 본 실험에서 감귤 4품종의 추출물의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 과피에서 가장 높은 흡광도를 나타내는 품종은 청견이었다. 청견의 흡광도는 1.304였고, 감귤 4품종의 흡광도 범위는 1.182~1.304를 나타냈다. 양낭막에 있어서는 진지향의 흡광도가 0.868로 가장 높았고, 한라봉이 청견보다 높은 환원력을 보여주었다. 과육에 있어서는 본 실험에서 수행했던 실험 결과들과 거의 일치하는 패턴을 보여주었다. 과피에서 가장 높은 환원력을 보여준 품종은 진지향이 아닌 청견이었고, 양낭막에서 총 폴리페놀 함량, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정에서는 청견이 한라봉보다 더 높은 항산화력을 보여주었으나 환원력에 있어서는 한라봉이 청견보다 높았다. 앞선 실험들의 결과값의 양상이 환원력에 있어서는 정확히 일치하지는 않았으나, 대체적으로 비슷한 양상을 보였다. 즉 환원력에 있어서도 과피 > 양낭

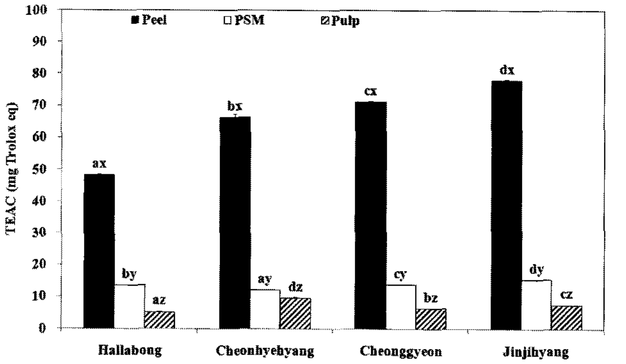

Fig. 3. ABTS radical scavenging activities of three parts of four citrus fruits. [abcd, xyz]Means with a different letter on of the same group bars or the same color bars indicate a significant difference ($p < 0.05$). Values are means ± SD of triplicate experiments.

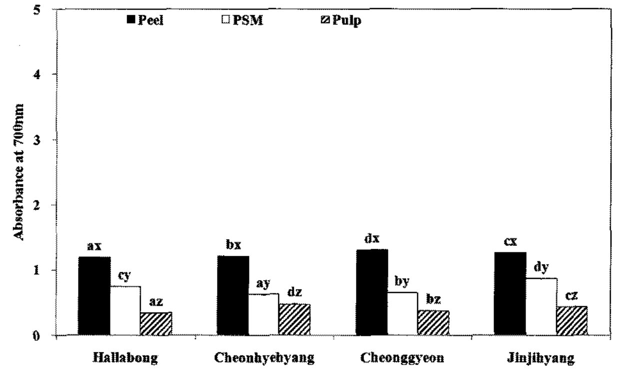

Fig. 4. Reducing power of three parts of four citrus fruits. [abcd, xyz]Means with a different letter on of the same group bars or the same color bars indicate a significant difference ($p < 0.05$). Values are means ± SD of triplicate experiments.

Table 1. Correlation coefficients among polyphenol content, radical scavenging activities and reducing power in three parts of four citrus fruits

Factor	Total polyphenol content	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity	Reducing power
Total polyphenol content	1.000	0.860**	0.943**	0.946**
DPPH radical scavenging activity		1.000	0.701**	0.868**
ABTS radical scavenging activity			1.000	0.936**
Reducing power				1.000

**Significantly different at $p < 0.01$.

막 > 과육 순으로 높은 측정값을 보였으며, 진지향의 품종이 전반적으로 높은 측정값을 나타냈다. 이러한 결과는 유자 추출물의 환원력 실험 결과 과육보다 과피에서 높은 환원력을 보였다고 보고한 Lee 등의 연구와 유사한 경향을 나타냈다[34].

항산화지표의 상관성

감귤 4품종의 과피, 양막낭, 과육의 총 폴리페놀함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력의 4지표에 대한 상관 관계를 Table 1에 나타내었다. 총폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능과의 연관성은 0.860, ABTS 라디칼 소거능과의 상관성은 0.943, 환원력과의 상관성은 0.946이었다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 소거능과의 상관성은 0.701로 다른 지표들보다는 낮았지만 그 연관성이 유의적($p < 0.01$) 수준에서 인정되었다. ABTS 라디칼 소거능과 환원력도 상관계수가 0.936으로 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 감귤 4품종의 과피, 양막낭, 과육의 서로 다른 지표에서의 항산화 측정값이 연관성을 지닌다고 판단할 수 있을 것이다.

요 약

본 연구는 감귤 4품종의 항산화효과를 알아보기 위하여 수행되었다. 감귤 4품종은 '한라봉', '천혜향', '청견', '진지향'이다. 실험에 사용된 감귤은 과피, 양낭막, 과육 3 부분으로 분리시켰으며, 메탄올을 사용하여 추출한 후 감압 농축시켰다. 감귤 과피의 총 폴리페놀 함량은 23.497~42.341 mg/g, 양낭막에서 13.285~21.872 mg/g 그리고 과육에서 6.333~11.627 mg/g을 나타냈다. 이 중에서 과피와 양낭막에서는 진지향이 가장 높았고, 과육에서는 천혜향이 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 보여주었다. DPPH 라디칼 소거능 측정 결과 과피와 과육에서 진지향이 가장 높았고, 과육에서는 천혜향이 가장 높았다. ABTS 라디칼 소거능 측정에 있어서도 역시 과피와 과육에서는 진지향이 가장 높았고, 과육에서는 천혜향이 가장 높았다. 환원력에 있어서는 청견이 과피에서 가장 높았고, 양낭막에서는 진지향 그리고 과육에서는 천혜향이 가장 높았다. 실험 결과, 폴리페놀 함량과 라디칼 소거능 그리고 환원력 간에는 유의한 상관관계가 나타났다. 이러한 결과들은 감귤 4 품종(한라봉, 천혜향, 청견, 진지향)이 분명히 항산화력을 가지고 있으며, 부위 중 과피가 가장 높은 항산화력을 가지고 있음을 보여주었다. 덧붙여 실험에 측정된 품종 중 진지향이 대체로 가장 높은 항산화력을 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. Albertazzi, P., Steel, S.A., Clifford, E. and Bottazzi, M.: Attitude towards and use of dietary supplementation in a sample of post-menopausal women. *Climacteric.*, **5**, 374-382 (2002).
2. Fang, Y.Z., Yang, S. and Wu, G.: Free radical antioxidant and nutrition. *Nutrition*, **18**, 872-879 (2002)
3. Shin, E.H.: Compound analysis and antioxidant activity of *Pueraria flos*. *Kor. J. Soc. Food Sci. Nutr.*, **38**, 1139-1144 (2009).
4. Kim, J.H., Park, J.H., Park, S.D., Choi, S.Y., Seong, J.H. and Moon, K.D.: Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower seed. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **34**, 617-624 (2002).
5. Evance, C.R., Halliwell, B. and Lunt, G.G.: Free radicals and oxidative stress : environment, drugs and food additives. Portland press Inc., Seattle, pp. 1-31 (1995).
6. El-Alfy, A.T., Ahmed, A.A.E. and Fatani, A.J.: Protective effect of red seeds proanthocyanidins against induction of diabetes by alloxan in rats. *Pharmacol. Res.*, **52**, 264-270 (2005).
7. Joint FAO/WHO Expert committee on food additive (1968).
8. Gilbert, D. and Golerg, L.: Liver Response Test. III. Liver enlargement and stimulation of microsome processing enzyme activity. *Food Cosmet, Toxicol.*, **3**, 417-432 (1965).
9. Omaye, S.T., Reddy, K.A. and Cross, C.E.: Effect of butylated hydroxytoluene and other antioxidants on mouse lung

metabolism. *J. Toxicol. Environ. Health,* 3, 829-836 (1977).
10. Branen, A.L.: Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**, 59-63 (1975).
11. Choe, S.Y. and Yang, K.H.: Toxicological studies of antioxidants butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxy anisole (BHA). *Kor. J. Food Sci. Technol.,* **14**, 283-288 (1982).
12. Durkee, A.B. and Thivierge, F.A.: Ferulic acid and other phenolics in oat seeds (*Avena sativa* L. var Hinoat). *J. Food Sci.,* **42**, 551-552 (1977).
13. Lee, S.H., Park, H.J., Back, O.H., Chun, H.K., Rhie, S.G. and Lee, G.S.: Comparison of the nutritional composition of 3 kinds of citrus produced on Jeju Island, Korea. *Kor. J. Commun. Living Sci.,* **16**, 15-20 (2005).
14. Laura, B.: Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, **56**, 317-333 (1998).
15. Kamiya, S. and Esaki, S.: Recent advances in the chemistry of the citrus flavonoids. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **18**, 38-48 (1971).
16. Monforte, M.T., Trovato, A., Kirjavainen, S., Forestieri, A.M., Galati, E.M. and Lo Curto, R.B.: Biological effects of hesperidin a citrus flavonoid hypolipidemic activity on experimental hypercholesterolemia in rat. *Farmacology,* **50**, 595-599 (1995).
17. Yoo, K.M., Park, J.B., Seoung, K.S., Kim, D.Y. and Hwang, I.K.: Antioxidant activities and anticancer effects of Yuza. *Food Sci. Industry.,* **38**, 72-77 (2005).
18. Dewnato, V., Xianzhong, W. and Liu, R.H.: Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.,* **50**, 4959-4964 (2002).
19. Blois, M.S.: Antioxidant determinations by the use a stable free radical. *Nature,* **26**, 1199-1200 (1958).
20. Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B. and Lee, J.: Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.,* **99**, 381-387 (2006).
21. Mau, J.L., Lin, H.C. and Song, S.F.: Antioxidant properties of several specialty mushroom. *Food Res. Int.,* **35**, 519-526 (2002).
22. Kim, W.K., Kim, H.Y., Kim, M.J. and Kim, S.H.: Effects of vitamine E supplementation on antioxidant status and immune response in female athletes. *Kor. J. Nutr.,* **32**, 781-786 (1999).
23. Kim, N.E. and Kim, W.K.: Effect of antioxidant vitamins supplementation of antioxidative status and plasma lipid profiles in Korea NIDDM patient. *Kor. J. Nutr.,* **32**, 775-780 (1999).
24. Terao, J.: Antioxidant activity of beta-carotene-related carotenoids in solution. *Lipids,* **24**, 659-661 (1989).
25. Kim, J.H. and Kim, M.K.: Effect of different of mandarin intake on antioxidative capacity in 15-month-old rats. *Kor. J. Nutr.,* **36**, 559-569 (2003).
26. Ahn, M.S., Kim, H.J. and Seo, M.S.: A study on the antioxidative and antimicrobial activities of the Citrus unshiu peel extracts. *Kor. J. Food Cult.,* **22**, 454-461 (2007).
27. Lee, G.D., Chang, H.K. and Kim, H.K.: Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. *Kor. J. Food Sci. Technol.,* **29**, 432-436 (1997).
28. Anagnostopoulou, M.A., Kefalas, P, Papageorgiou, V.P., Assimopoulou, A.N. and Boskou, D.: Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Chem.,* **94**, 19-25 (2006).
29. Jayaprakasha, G.K., Patil, B.S.: In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chem.,* **101**, 410-418 (2007).
30. Oki, T., Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y., Terahara, N. and Suda, I.: Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. *J. Food Sci.,* **67**, 1752-1756 (2002).
31. Yoo, K.M. and Hwang, I.K.: *In vitro* effect of yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extracts on proliferation of human prostate cancer cells and antioxidant activity. *Kor. J. Food Sci. Technol.,* **36**, 339-344 (2004).
32. Tanaka, M., Kuie, C.W., NAgashima, Y. and Taguchi, T.: Application of antioxidative maillard reaction products from histidine and glucose to sardine products. *Nippon Suisan Gakkaishi,* **54**, 1409-1414 (1988).
33. Meir, S., Kanner, J., Akiri, B. and Hadas, S.P.: Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *J. Agric. Food Chem.,* **43**, 1813-1819 (1995).
34. Lee, Y.J., Kim, S.I. and Han, Y.S.: Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extract. *Kor. J. Food & Nutr.,* **21**, 135-142 (2008).