

삼채의 잎, 인경, 뿌리의 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화능

황정승^{1,2} · 이봉한^{1,2} · 안향설^{2,3} · 정하람^{1,2} · 김영은^{1,2} · 이인일^{1,2} · 이형재⁴ · 김대옥^{1,2,3,*}

¹경희대학교 생명공학원, ²경희대학교 피부생명공학센터, ³경희대학교 식품생명공학과, ⁴단국대학교 식품공학과

Total Phenolics, Total Flavonoids, and Antioxidant Capacity in the Leaves, Bulbs, and Roots of *Allium hookeri*

Jeong-Seung Hwang^{1,2}, Bong Han Lee^{1,2}, Xiangxue An^{2,3}, Ha Ram Jeong^{1,2},
Young-Eun Kim^{1,2}, Inil Lee^{1,2}, Hyungjae Lee⁴, and Dae-Ok Kim^{1,2,3,*}

¹Graduate School of Biotechnology, Kyung Hee University

²Skin Biotechnology Center, Kyung Hee University

³Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University

⁴Department of Food Engineering, Dankook University

Abstract To quantitatively evaluate the total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacity in the leaves, bulbs, and roots of fresh *Allium hookeri*, they were extracted using various solvents including water, aqueous methanol (20, 40, 60, and 80%; v/v), and absolute methanol. The leaves had the highest levels of total phenolics (240.4-276.6 mg gallic acid equivalents/100 g) and total flavonoids (9.7-34.1 mg catechin equivalents/100 g). The highest antioxidant capacities of 78.7-103.4 mg vitamin C equivalents (VCE)/100 g, 24.4-59.0 mg VCE/100 g, and 1,798.8-2,169.7 mg VCE/100 g in the leaves were also observed using 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assays, respectively. The total phenolics had a higher linear correlation with antioxidant capacity than the total flavonoids. In general, 60% (v/v) aqueous methanol extract had higher levels of total phenolics and flavonoids, and higher antioxidant capacity than any other solvents used. This study suggested that *A. hookeri* might be a good source of phenolics and antioxidants.

Keywords: ABTS, DPPH, ORAC, solvent polarity, vitamin C equivalent antioxidant capacity

서 론

활성산소(reactive oxygen species)인 하이드록실 라디칼($\bullet\text{OH}$), 슈퍼옥사이드(O_2^-), 일중항산소($^1\text{O}_2$), 과산화수소(H_2O_2)는 인체 내에서 산화적 스트레스(oxidative stress)로 작용한다. 반응성이 높은 활성산소는 체내 물질의 대사에 유해한 영향을 끼쳐 노화, 퇴행성 신경질환, 대사증후군의 원인으로 작용하며(1), 단백질 분해, 세포막 파괴, 지방 산화, DNA 합성 억제 등 인체에 기능적, 생리적 장애를 유발할 수 있다(2). 과도한 활성산소의 체내 생성은 유해하기 때문에 활성산소의 제거에 대한 관심이 높아지고 있다. 항산화제(antioxidant)는 활성산소에 의한 산화적 스트레스를 완화시키거나 제거하는 물질로서, 여러 산화기작 단계에서 물질의 산화를 막거나, 늦추는 역할을 한다(3). 복잡한 생활 속에서 과도한 스트레스에 노출되어 있는 현대인들에게 더욱 효과적인 식이성 항산화제가 필요하다. 인간의 수명 연장, 건강에 대한 관심이 증

가하고 있는 현대 사회에서 노화 억제 및 건강 유지를 위한 천연물로부터 항산화능 보유 기능성 생리활성 물질을 탐색하는 연구가 활발히 진행되고 있다(4,5).

양파, 마늘, 부추, 삼채(*Allium hookeri*)가 속하는 *Allium* 속 식물은 세계적으로 대략 700여종으로 이루어져 있다(6). *Allium* 속 식물의 주성분인 함황화합물은 항암과 항혈액 응고작용(7), 항산화능(8), 항균작용(9), 혈당강하(10) 같은 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다. *Allium* 속 식물인 삼채는 히말라야 같은 고랭지에서 자생하고 있으며, 미얀마, 중국, 인도, 부탄, 스리랑카에 분포한다(11). 단맛, 쓴맛, 매운맛이 난다고 하여 삼채(三菜), 또는 인삼 맛이 난다고 하여 삼채(蔘菜)라고 불리고 있다.

최근에 한국에 들어온 삼채는 한국산 삼채로 국내 재배에 성공하여, 그 성분 및 효능에 대한 관심이 높아지고 있다. 국내산 삼채에 대한 연구는 삼채 뿌리의 RAW 264.7 세포에 대한 항염증 효능(12,13)이 보고 되었으며, 생리활성에 관한 연구는 아직까지 활발히 이루어지지 않은 실정이다. 파와 비슷한 형태를 갖고 있는 삼채는 잎(leaf), 인경(bulb), 뿌리(root)로 구성되어 있다. *Allium* 속 식물인 부추(leek; *A. porrum* L.)를 뿌리와 인경으로 구분하여 분석한 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화능이 부위별 차이를 보였다(14).

최근 국내에 도입된 삼채도 파 또는 부추와 비슷하게 잎, 인경, 뿌리로 구분이 가능하나, 각 부위별 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량, 항산화능에 대한 기능성 성분의 함량에 대한 연구는

*Corresponding author: Dae-Ok Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 446-701, Korea
Tel: 82-31-201-3796
Fax: 82-31-204-8116
E-mail: DOKIM05@khu.ac.kr
Received November 12, 2014; revised February 2, 2015;
accepted February 2, 2015

매우 미미하다. 이에 본 연구는 국내에서 재배되고 있는 삼채를 뿌리, 인경, 잎으로 구분하여, 다양한 농도의 메탄올을 이용하여 추출하고, 각 추출물의 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화능을 정량적으로 분석하였다.

재료 및 방법

시약

Folin & Ciocalteu's phenol 시약, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH), ascorbic acid, fluorescein sodium salt, gallic acid, catechin, phosphate buffered saline (PBS)는 Sigma-Aldrich Co., LLC (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Sodium carbonate anhydrous, NaOH는 Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd. (Siheung, Korea)에서 구입하였고, NaNO₂는 Samchun Pure Chemical Co., Ltd. (Pyeongtaek, Korea)제품이었다. 메탄올(methanol)은 Duksan Pure Chemicals Co., Ltd. (Ansan, Korea)것을 사용하였다.

삼채 추출

2014년 6월에 채취한 유기농 삼채(*A. hookeri*)를 뿌리, 인경, 잎 세 부분으로 구분하여 추출에 사용하였다. 추출 용매는 무수 메탄올(absolute methanol), 메탄올-물 혼합용매(20, 40, 60, 80%; v/v), 증류수를 사용하였다. 부위별 삼채 20 g을 각 추출 용매 100 mL와 혼합 후 2분간 homogenizer (Polytron RT 2100, Kinematica AG, Littau/Luzern, Switzerland)로 15,000 rpm에서 균질화(homogenization)하였다. 추출물은 여과지(Whatman No. 1, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)를 이용하여 획득하였다. 여과 후 1차 추출물에서 남은 여과막(filter cake)에 다시 추출 용매 100 mL를 혼합하여 동일 추출조건에서 2차 추출하였다. 1차와 2차 추출물을 합쳐서 감압회전농축기(vacuum rotary evaporator, N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)로 농축시킨 후 최종 부피를 100 mL로 만들었다. 최종 추출물은 -18°C에 보관하며 사용하였다. 모든 실험은 부위별, 추출용매별 각각 독립적으로 3회 반복 측정하였다.

총페놀 함량 측정

부위별 삼채의 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol 시약을 이용한 발색법으로 측정하였다(15). 시료 200 µL에 증류수 2.6 mL와 Folin-Ciocalteu's phenol 시약 200 µL를 첨가, 혼합하여 6분간 상온에서 반응시킨 후 7% (w/v) Na₂CO₃ 용액을 2 mL를 첨가했다. 총 90분 동안 반응시킨 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선(standard curve)을 작성하였다. 함량은 mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g fresh weight (FW)로 나타내었다.

총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량은 시료 0.5 mL, 증류수 3.2 mL, 5% (w/v) NaNO₂ 150 µL를 혼합하여 5분간 반응시켰다. 10% (w/v) AlCl₃ 용액을 첨가하여 1분간 더 반응시키고, 1 M NaOH를 넣고 혼합하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총플라보노이드 함량은 mg catechin equivalents (CE)/100 g FW로 나타내었다.

항산화능 측정

항산화능 측정은 ABTS, DPPH, oxygen radical absorbance capacity (ORAC)법을 이용하였다. ABTS법을 이용한 항산화능

은 청록색 ABTS 라디칼을 이용하여 다음과 같이 측정하였다(16). 1.0 mM AAPH에 2.5 mM ABTS와 PBS 100 mL를 섞어서 ABTS 용액을 만들었다. PBS 용액을 이용하여 734 nm에서 0.650±0.020의 흡광도로 희석하였다. ABTS 용액 980 µL와 시료 20 µL를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응 후, 734 nm에서 흡광도 감소를 측정하였다. 항산화능은 mg vitamin C equivalents (VCE)/100 g FW로 나타내었다.

DPPH 라디칼을 이용한 항산화능은 Brand-Williams 등(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 80% (v/v) 메탄올-물 혼합용액을 사용하여 100 µM의 DPPH 용액을 제조한 후, 517 nm에서 0.650±0.020의 흡광도로 희석하였다. 각 시료 50 µL에 DPPH 라디칼 용액 2.95 mL를 첨가하여 23°C에서 30분간 반응시키고 흡광도를 측정했다. 항산화능은 mg VCE/100 g FW로 나타내었다.

ORAC법을 이용한 항산화능은 Huang 등(18)의 방법을 이용하였다. 시료 25 µL에 81.6 mM을 1,000배 희석시킨 fluorescein sodium salt 150 µL를 넣어준 후 37°C에서 10분간 교반하였다. AAPH (153 mM) 25 µL를 추가로 넣은 후 Infinite M200 (Tecan Austria GmbH, Grödig, Austria)을 이용하여 여기(excitation)는 485 nm에서 방출(emission)은 520 nm에서 형광도를 90분 동안 매 1분 간격으로 측정하였다. 삼채 각 부위별 추출물의 시간에 따른 형광의 감소를 이용하여 곡선하면적(area under curve)을 계산하고, 항산화능은 mg VCE/100 g FW로 나타내었다.

통계분석

모든 추출 및 정량 분석은 3회 반복 실험하였다. 통계분석은 SAS 통계프로그램(SAS version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다. 평균값의 차이를 검증하기 위하여 ANOVA 분석을 실시하였고, $p < 0.05$ 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

총페놀 함량

Phenolic hydroxyl기를 갖는 페놀성 화합물(phenolic compounds)은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물(secondary metabolites)로서 다양한 구조와 분자량을 가진다(19). 페놀성 화합물은 항산화능, 항암 같은 다양한 생리활성을 가질 뿐만 아니라, 탄닌(tannins)처럼 고분자 페놀성 화합물은 단백질과 결합하기도 한다(19,20). 삼채 각 부위의 총페놀 함량은 Table 1에 나타내었다. 삼채의 부위별 총페놀 함량의 범위는 잎에서 240.4-276.6 mg GAE/100 g FW, 인경에서 65.5-82.8 mg GAE/100 g FW, 뿌리에서 50.0-59.4 mg GAE/100 g FW로 각각 나타났다. 각 부위별 총페놀 함량은 유의적 차이를 보였으며, 잎>인경>뿌리 순이었다. 잎과 인경의 경우 60% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 가장 높은 총페놀 함량을 나타냈고, 뿌리는 20% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 가장 높은 총페놀 함량을 나타냈다. 노지 및 시설재배 삼채의 뿌리와 잎의 총페놀 함량의 연구에서도 노지 및 시설재배 삼채의 잎이 뿌리보다 유의적으로 더 높은 총페놀 함량을 보였다(21). 다른 *Allium* 속 채소인 야생 마늘(*A. ursinum* L.)의 총페놀 함량도 잎에서 인경보다 더 높은 총페놀 함량을 보여 본 연구와 유사한 결과를 가졌다(22).

총플라보노이드 함량

플라보노이드는 식물체에 다양하게 존재하는 색소로서, 병원균 억제, 자외선 차단, 항돌연변이, 항바이러스, 항염증의 효능을 보

Table 1. Contents of total phenolics in leaf, bulb, and root of fresh *Allium hookeri*

Parts	Methanol concentrations (% (v/v))					
	0	20	40	60	80	absolute
Leaf	256.6±15.5 ^{1)(bc2)A3)}	240.4±9.4 ^{cA}	268.8±10.1 ^{aA}	276.6±14.5 ^{aA}	275.9±8.7 ^{aA}	270.0±11.1 ^{aA}
Bulb	65.5±9.6 ^{cB}	80.0±5.3 ^{abB}	82.2±3.5 ^{aB}	82.8±6.6 ^{aB}	76.2±5.6 ^{bB}	76.6±4.2 ^{bB}
Root	50.0±10.1 ^{bc}	59.4±4.8 ^{ac}	58.5±3.0 ^{bc}	58.2±3.2 ^{ac}	57.3±4.9 ^{ac}	53.2±3.5 ^{bc}

¹⁾Data are expressed as mean±standard deviation ($n=3$) and mg gallic acid equivalents/100 g fresh weight.

²⁾The different lower-case letter superscripts in the same row indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾The different capital letter superscripts in the same column indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 2. Contents of total flavonoids in leaf, bulb, and root of fresh *Allium hookeri*

Parts	Methanol concentrations (% (v/v))					
	0	20	40	60	80	absolute
Leaf	17.2±2.2 ^{1)(bc2)A3)}	22.3±7.7 ^{bA}	22.1±11.9 ^{bA}	34.1±20.8 ^{aA}	11.8±5.0 ^{cdA}	9.7±4.0 ^{dA}
Bulb	5.0±0.6 ^{cB}	7.0±1.9 ^{cB}	10.7±3.8 ^{bB}	16.7±5.2 ^{aB}	5.7±1.2 ^{cB}	5.2±1.5 ^{cB}
Root	4.4±1.0 ^{dB}	5.8±1.3 ^{dB}	9.3±1.8 ^{cB}	15.3±3.5 ^{aB}	12.7±5.1 ^{bA}	9.6±1.3 ^{cA}

¹⁾Data are expressed as mean±standard deviation ($n=3$) and mg catechin equivalents/100 g fresh weight.

²⁾The different lower-case letter superscripts in the same row indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾The different capital letter superscripts in the same column indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 3. Antioxidant capacity in leaf, bulb, and root of fresh *Allium hookeri* using ABTS assay

Parts	Methanol concentrations (% (v/v))					
	0	20	40	60	80	absolute
Leaf	83.7±18.7 ^{1)(bc2)A3)}	78.7±8.2 ^{cA}	90.8±11.1 ^{bA}	103.4±7.3 ^{aA}	103.1±4.9 ^{aA}	100.8±9.6 ^{aA}
Bulb	35.8±9.3 ^{dB}	40.9±2.4 ^{cC}	45.5±4.5 ^{bc}	50.8±5.4 ^{aB}	51.1±3.3 ^{aB}	51.1±5.3 ^{aB}
Root	42.0±10.8 ^{bB}	55.4±6.2 ^{aB}	55.9±2.6 ^{aB}	50.7±4.1 ^{aB}	50.5±4.2 ^{aB}	47.6±5.8 ^{bB}

¹⁾Data are expressed as mean±standard deviation ($n=3$) and mg vitamin C equivalents/100 g fresh weight.

²⁾The different lower-case letter superscripts in the same row indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾The different capital letter superscripts in the same column indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

이는 것으로 알려져 있다(23). 삼채 각 부위의 총플라보노이드의 함량은 Table 2에 나타내었다. 삼채의 부위별 총플라보노이드 함량의 범위는 잎, 인경, 뿌리에서 9.7-34.1 mg CE/100 g FW, 5.0-16.7 mg CE/100 g FW, 4.4-15.3 mg CE/100 g FW으로 각각 나타났다. 삼채의 잎, 인경, 뿌리 모두 60% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 가장 높은 총플라보노이드 함량을 나타냈다. 삼채의 부위별 총플라보노이드 함량은 잎이 대체적으로 가장 높았으나, 80% (v/v) 메탄올-물 혼합용매과 무수 메탄올(absolute methanol) 추출물에서는 뿌리 추출물의 총플라보노이드 함량과 비슷하게 나타났다. 인경은 메탄올 농도가 높아짐에 따라 높은 총플라보노이드 함량을 나타내다가, 80% (v/v) 메탄올-물 혼합용매와 무수 메탄올에서는 잎과 뿌리의 절반 정도로 낮은 총플라보노이드 함량을 나타냈다. 식물체에는 수용성 및 지용성 성분들이 다양하게 포함되어 있다. 물과 메탄올이 혼합된 추출 용매에서 수용성분과 지용성분의 다양한 생리활성 물질 성분들이 함께 추출되었기 때문에 40% (v/v)와 60% (v/v) 메탄올-물 혼합용매에서 단일 용매로만 이뤄진 물 또는 무수 메탄올 추출물보다 더 높은 총플라보노이드 함량을 나타낸 것으로 생각된다.

항산화능

ABTS법을 이용한 삼채 각 부위의 항산화능은 Table 3에 나타났다. ABTS를 이용한 측정에서 잎은 78.7-103.4 mg VCE/100 g FW, 인경은 35.8-51.1 mg VCE/100 g FW, 뿌리는 42.0-55.9 mg VCE/100 g FW의 항산화능을 각각 나타냈다. ABTS법으로 정한

항산화능은 잎이 가장 높았다. 이 결과는 하우스 재배 삼채의 항산화능이 잎에서 더 높았다는 보고와 유사했다(21). 잎, 인경, 뿌리 등 모든 부위에서 물 또는 무수 메탄올 추출물보다는 20-80% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 항산화능이 높게 나타났다.

DPPH법을 이용한 삼채 각 부위의 항산화능은 Table 4에 나타났다. DPPH법을 이용한 삼채의 항산화능은 잎, 인경, 뿌리에서 24.4-59.0 mg VCE/100 g FW, 9.3-26.3 mg VCE/100 g FW, 12.8-24.4 mg VCE/100 g FW로 각각 나타났다. 삼채의 잎, 인경, 뿌리 세 가지 부위에서 가장 높은 항산화능을 보인 것은 무수 메탄올 추출물이었으며, 증류수 추출물에서 가장 낮은 항산화능을 나타냈다. DPPH법을 이용한 항산화능 측정에서는 메탄올의 농도가 높아짐에 따라 각 부위별 항산화능이 점차적으로 증가하는 경향을 보였다.

ORAC법을 이용한 삼채 각 부위의 항산화능은 Table 5에 제시하였다. ORAC법을 통한 항산화능은 잎이 1,798.8-2,169.7 mg VCE/100 g FW, 인경이 415.3-611.7 mg VCE/100 g FW, 뿌리가 291.7-429.4 mg VCE/100 g FW를 보였다. 잎, 인경, 뿌리 등 모든 부위에서 40% (v/v) 메탄올-물 혼합용매로 추출시 가장 높은 항산화능을 나타냈으며, 잎과 인경은 무수 메탄올 추출물에서, 뿌리는 80% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 각각 가장 낮은 항산화능을 나타냈다. ABTS법과 DPPH법으로 측정된 항산화능의 결과와 마찬가지로, ORAC법에서도 잎이 가장 높은 항산화능을 보였으며, 뒤이어 인경, 뿌리 순이었다. 특히 가장 높은 항산

Table 4. Antioxidant capacity in leaf, bulb, and root of fresh *Allium hookeri* using DPPH assay

Parts	Methanol concentrations (% (v/v))					
	0	20	40	60	80	absolute
Leaf	24.4±7.9 ^{1)(d2)(A3)}	30.1±12.0 ^{dA}	40.8±6.2 ^{cA}	49.6±6.8 ^{bA}	49.6±11.4 ^{bA}	59.0±12.5 ^{aA}
Bulb	9.3±2.3 ^{eB}	10.6±1.5 ^{deC}	11.2±1.6 ^{dC}	16.9±1.2 ^{cC}	24.6±2.3 ^{bB}	26.3±2.2 ^{aB}
Root	12.8±6.4 ^{bB}	21.7±5.6 ^{aB}	20.3±4.9 ^{aB}	22.7±12.0 ^{aB}	23.7±7.0 ^{aB}	24.4±5.8 ^{aB}

¹⁾Data are expressed as mean±standard deviation ($n=3$) and mg vitamin C equivalents/100 g fresh weight.

²⁾The different lower-case letter superscripts in the same row indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾The different capital letter superscripts in the same column indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 5. Antioxidant capacity in leaf, bulb, and root of fresh *Allium hookeri* using ORAC assay

Parts	Methanol concentrations (% (v/v))					
	0	20	40	60	80	absolute
Leaf	1,903.5±121.9 ^{1)(b2)(A3)}	1,969.1±224.0 ^{bA}	2,169.7±163.1 ^{aA}	1,849.0±156.9 ^{bA}	1,829.7±86.0 ^{bA}	1,798.8±161.2 ^{bA}
Bulb	474.4±54.2 ^{bcB}	546.3±72.5 ^{abB}	611.7±63.8 ^{aB}	506.8±64.4 ^{bB}	472.0±92.3 ^{bcB}	415.3±60.0 ^{cB}
Root	374.6±45.1 ^{bB}	413.3±46.9 ^{abB}	429.4±25.6 ^{aC}	328.9±23.0 ^{cC}	291.7±23.2 ^{cC}	317.0±24.7 ^{cB}

¹⁾Data are expressed as mean±standard deviation ($n=3$) and mg vitamin C equivalents/100 g fresh weight.

²⁾The different lower-case letter superscripts in the same row indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾The different capital letter superscripts in the same column indicate the significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

화능을 보인 40% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 얻은 두 번째로 항산화능이 높았던 인경에 비해 약 3.5배 이상 높은 항산화능을 보였다. ORAC법에서 측정된 항산화능은 대체적으로 ABTS법으로 측정된 항산화능 값의 결과와 비슷한 경향을 보였으며, 메탄올 농도가 40% (v/v)까지 증가하면서 항산화능이 점점 높아지다가, 이후 농도가 증가함에 따라 반대로 항산화능이 낮아지는 것으로 나타났다. ORAC법을 통한 항산화능 측정시 삼채의 모든 부위에서 40% (v/v)와 60% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물이 가장 높은 항산화능을 나타낸 것은 상대적으로 높은 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량에서 기인한 것으로 생각된다.

총페놀 함량, 총플라보노이드 함량, 항산화능의 상관관계

물, 메탄올-물 혼합용매(20, 40, 60, 80%; v/v), 무수 메탄올 등 극성을 달리한 6가지 용매를 이용하여 추출한 삼채 잎, 인경, 뿌리 부위의 ABTS법, DPPH법 및 ORAC법을 통한 항산화능과 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량과의 상관관계는 Fig. 1과 같다. 삼채 모든 부위별 추출물의 총페놀 함량과 ABTS법, DPPH법 및 ORAC법으로 측정된 항산화능의 상관관계수(correlation coefficient, r^2)는 각각 0.911, 0.656, 0.976이었으며, 반면에 총플라보노이드 함량과 ABTS법, DPPH법 및 ORAC법으로 측정된 항산화능의 상관관계수는 각각 0.415, 0.239, 0.441이었다(Fig. 1). 총페놀 함량이 높은 추출물에서는 라디칼을 효과적으로 소거하여 높은 항산화능을 가졌고, 총페놀 함량이 낮은 추출물에서는 상대적으로 낮은 라디칼 소거능을 보이는 양의 기울기를 갖는 직선의 상관관계를 보였다. 총플라보노이드 함량도 총페놀 함량의 경우와 유사하게 직선의 상관관계를 보이긴 하였으나, 총페놀 함량보다는 낮은 상관관계수를 보였다. 삼채와 같은 *Allium* 속 채소인 양파의 ORAC법을 통한 항산화능을 연구한 논문에서 총페놀 함량과 항산화능은 피어슨의 상관관계수(Pearson correlation)가 0.930으로 높은 상관관계를 보였다(24). 본 연구와 결과가 유사하게, *Allium* 속 식물인 양파, 붉은 양파, 마늘의 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량과 항산화능의 상관관계를 비교한 연구(25)에서도 항산화능과 총페놀 함량의 상관관계가 높았다.

요 약

삼채의 잎, 인경, 뿌리 세 부위를 물, 메탄올-물 혼합용매, 무수 메탄올을 이용하여 추출물을 제조한 후, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화능을 정량 분석하였다. 삼채의 부위별 총페놀 함량은 잎이 240.4-276.6 mg GAE/100 g FW, 인경이 65.5-82.8 mg GAE/100 g FW, 뿌리가 50.0-59.4 mg GAE/100 g FW를 보였다. 삼채의 부위별 총플라보노이드 함량은 잎에서 9.7-34.1 mg CE/100 g FW, 인경에서 5.0-16.7 mg CE/100 g FW, 뿌리에서는 4.4-15.3 mg CE/100 g FW로 나타났다. ABTS법, DPPH법, ORAC법을 통한 항산화능은 잎에서 각각 78.7-103.4, 24.4-59.0, 1,798.8-2,169.7 mg VCE/100 g FW, 인경에서는 35.8-51.1, 9.3-26.3, 415.3-611.7 mg VCE/100 g FW, 뿌리에서는 42.0-55.9, 12.8-24.4, 291.7-429.4 mg VCE/100 g FW를 보였다. 삼채 잎, 인경, 뿌리 중에서 잎이 가장 높은 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화능을 가졌다. 6가지 추출물에서 60% (v/v) 메탄올-물 혼합용매에서 주로 높은 활성을 나타냈다. 항산화능은 총플라보노이드 함량보다 총페놀 함량과 더 높은 상관관계를 보였다. 본 연구의 결과는 삼채가 높은 항산화능 공급할 수 있는 원료로서의 가능성을 보여 주었다는데 의의가 있다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부 지역혁신센터사업(경희대학교 피부생명공학센터)의 지원에 의해 얻은 결과이므로 이에 감사드립니다.

References

- Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature* 408: 239-247 (2000)
- Yuzefovych LV, Musiyenko SI, Wilson GL, Rachek LI. Mitochondrial DNA damage and dysfunction, and oxidative stress are associated with endoplasmic reticulum stress, protein degradation

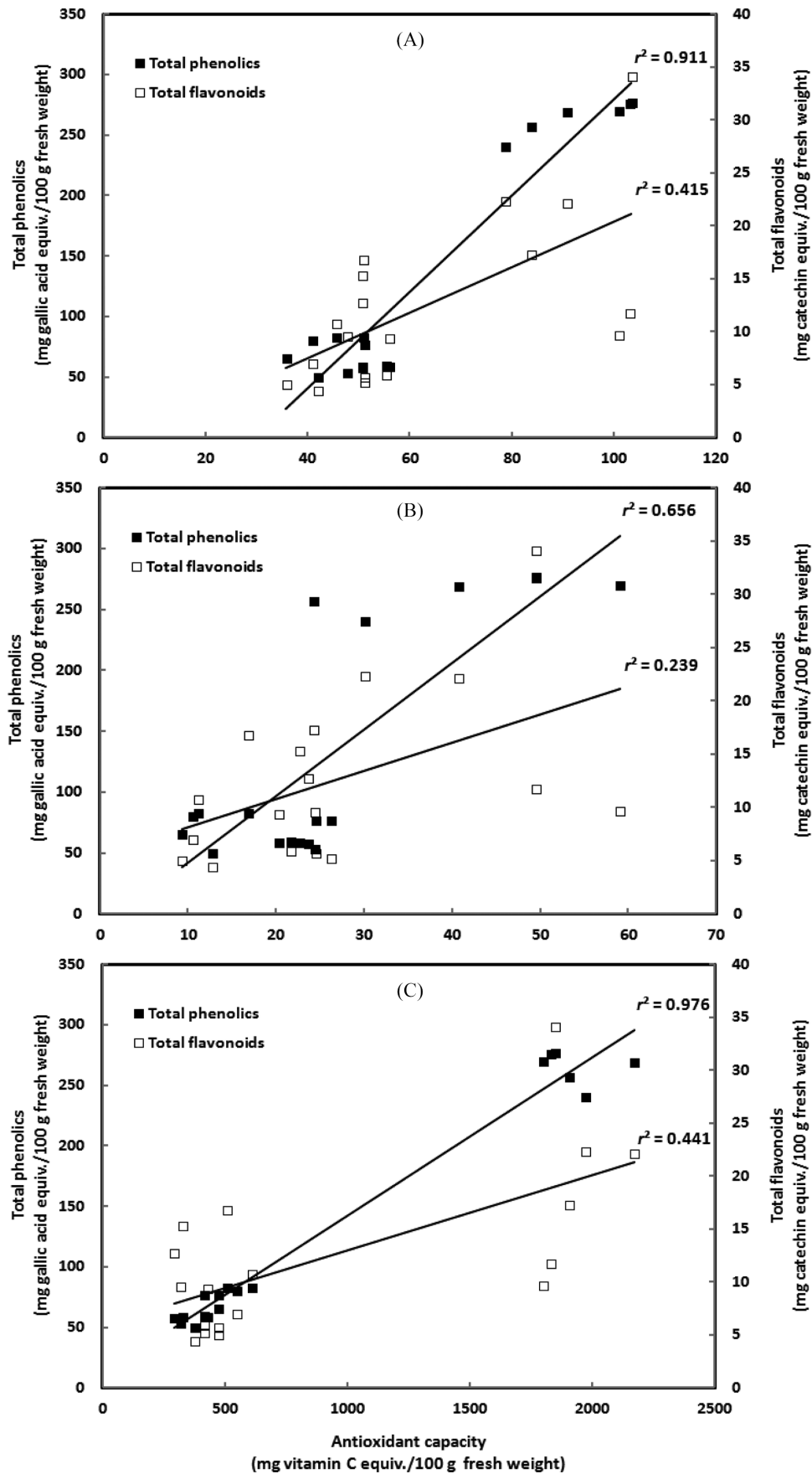


Fig. 1. Correlations of antioxidant capacity measured using ABTS (A), DPPH (B), and ORAC (C) assays with total phenolics and total flavonoids.

- and apoptosis in high fat diet-induced insulin resistance mice. PLoS ONE 8: e54059 (2013)
3. Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O. Oxidative stress and antioxidant defense. World Allergy Organ. J. 5: 9-19 (2012)
 4. Hung LM, Chen JK, Huang SS, Lee RS, Su MJ. Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes. Cardiovasc. Res. 47: 549-555 (2000)
 5. Apak R, Gorinstein S, Böhm V, Schaich KM, Özyürek M, Güçlü K. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC technical report). Pure Appl. Chem. 85: 957-998 (2013)
 6. Ernst MK, Chatterton NJ, Harrison PA, Matitschka G. Characterization of fructan oligomers from species of the genus *Allium* L. J. Plant Physiol. 153: 53-60 (1998)
 7. Ariga T, Seki T. Antithrombotic and anticancer effects of garlic-derived sulfur compounds: A review. Biofactors 26: 93-103 (2006)
 8. Prakash D, Singh BN, Upadhyay G. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). Food Chem. 102: 1389-1393 (2007)
 9. Tsao SM, Yin MC. *In-vitro* antimicrobial activity of four diallyl sulphides occurring naturally in garlic and Chinese leek oils. J. Med. Microbiol. 50: 646-649 (2001)
 10. El-Demerdash FM, Yousef MI, El-Naga NIA. Biochemical study on the hypoglycemic effects of onion and garlic in alloxan-induced diabetic rats. Food Chem. Toxicol. 43: 57-63 (2005)
 11. Ayam VS. *Allium hookeri*, Thw. Enum. A lesser known terrestrial perennial herb used as food and its ethnobotanical relevance in Manipur. Afr. J. Food Agr. Nutr. Dev. 11: 5389-5412 (2011)
 12. Bae GC, Bae DY. The anti-inflammatory effects of ethanol extract of *Allium hookeri* cultivated in South Korea. Kor. J. Herbol. 27: 55-61 (2012)
 13. Kim CH, Lee MA, Kim TW, Jang JY, Kim HJ. Anti-inflammatory effect of *Allium hookeri* root methanol extract in LPS-induced RAW264.7 cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1645-1648 (2012)
 14. Mladenović JD, Mašković PZ, Pavlović RM, Radovanović BC, Aćamović-Đoković G, Cvijović MS. Antioxidant activity of ultrasonic extracts of leek *Allium porrum* L. Hem. Ind. 65: 473-477 (2011)
 15. Singleton VL, Rossi JA Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult. 16: 144-158 (1965)
 16. Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. J. Agr. Food Chem. 50: 3713-3717 (2002)
 17. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28: 25-30 (1995)
 18. Huang D, Ou B, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Prior RL. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. J. Agr. Food Chem. 50: 4437-4444 (2002)
 19. Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chem. 99: 191-203 (2006)
 20. Bravo L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Nutr. Rev. 56: 317-333 (1998)
 21. Won JY, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS. Chemical components, DPPH radical scavenging activity and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 1351-1356 (2013)
 22. Djurdjevic L, Dinic A, Pavlovic P, Mitrovic M, Karadzic B, Tesevic V. Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. Biochem. Syst. Ecol. 32: 533-544 (2004)
 23. Kumar S, Pandey AK. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. Sci. World J. 2013: 162750 (2013)
 24. Kim MH, Jo SH, Jang HD, Lee MS, Kwon YI. Antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory potential of onion (*Allium cepa* L.) extracts. Food Sci. Biotechnol. 19: 159-164 (2010)
 25. Fidrianny I, Permatasari L, Wirasutisna KR. Antioxidant activities from various bulbs extracts of three kinds allium using DPPH, ABTS assays and correlation with total phenolic, flavonoid, carotenoid content. Int. J. Res. Pharm. Sci. 4: 438-444 (2013)