

국내에서 소비되는 풋고추의 기능성 영양성분 함량 및 항산화 효과

김나은^{1*} · 서동연^{1*} · 천원영¹ · 최용민² · 이준수³ · 김영화¹

¹경성대학교 식품응용공학부

²농촌진흥청 국립농업과학원 식생활영양과

³충북대학교 식품생명축산과학부

Bioactive Nutritional Compounds and Antioxidant Activity of Green Peppers Consumed in Korea

Naeun Kim^{1*}, Dongyeon Seo^{1*}, Wonyoung Cheon¹, Youngmin Choi²,
Junsoo Lee³, and Younghwa Kim¹

¹School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyung Sung University

²Food and Nutrition Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

³Division of Food and Animal Sciences, Chungbuk National University

ABSTRACT This study examined the contents of bioactive nutritional compounds and the antioxidant capacity of green peppers consumed in Korea. The five varieties of Korean green peppers (Asak pepper, Cheongyang pepper, Dangjo pepper, Gaji pepper, and Peopekto pepper) were used. The highest contents of vitamin B₁ and B₂ in Cheongyang pepper were 0.156±0.004 mg/100 g and 0.125±0.003 mg/100 g, respectively. The highest contents of niacin and vitamin C in Peopekto pepper were 0.246±0.022 mg/100 g and 63.339±0.456 mg/100 g, respectively. The total polyphenols and anthocyanin were observed in Gaji pepper (7.480±0.870 mg of gallic acid equivalents/g of residue and 14.010±1.369 µg/100 g, respectively). The contents of total flavonoids and capsaicinoids in Cheongyang pepper were 3.323±0.101 mg of catechin equivalent/g of residue and 15.792±0.203 mg/100 g, respectively. The antioxidant activities were evaluated by examining the free radical scavenging ability and reducing power. The highest radical scavenging activities of 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) and α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl free radical in Gaji pepper were 84.18% and 73.28%, respectively. In addition, the highest reducing power was observed in Gaji pepper (74.985±2.105 mg/g residue). These results suggest that green peppers are potential nutritional and antioxidant sources.

Key words: green peppers, water soluble vitamins, capsaicinoids, anthocyanin, antioxidant activity

서 론

가지과(Solanaceae)에 속하는 고추(*Capsicum annuum* L.)는 열대기후에서 재배되는 식물로, 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 많이 사용되는 채소 중 하나이다. 우리나라에서 고추는 풋고추로서 섭취하거나 홍고추를 건조하여 고춧가루로 이용하기도 한다. 우리나라 1인당 연간 고추소비량은 2.0~2.5 kg으로 주요 소비국 중 가장 높은 수치를 나타내고 있다(Lee 등, 2016). 그뿐만 아니라 한국보건산업진흥원에 서 조사한 2016년 다소비 식품의 지역별 통계에 따르면 배

추김치, 깍두기, 고추장, 열무김치 등 고추를 이용한 식품들이 100위 안에 14개가 선정된 것으로 보고되어 있다(KHIDI, 2016). 이와 같이 고추는 우리나라에서 음식의 맛을 내기 위한 재료로 다양하게 사용되는 것을 확인할 수 있었으며, 국민들의 식생활에 중요한 영향을 끼치고 있는 것을 알 수 있다.

고추는 수용성 비타민 및 다양한 생리활성 성분을 가지고 있으며 이로 인하여 생체에 이로운 효과가 있다고 알려져 있다(Kim 등, 2006; Davis 등, 1970; Materska 등, 2003). 고추의 특징적 성분 중 하나는 매운맛을 내는 것이며 매운맛의 주요성분은 capsaicinoids계 물질로, capsaicin과 dihydrocapsaicin이 약 90% 이상 차지한다고 보고되어 있다(Iwai 등, 1979). Capsaicinoid는 항비만 효과, 장관운동 촉진, 식염 섭취 저하와 같은 생리활성 작용이 있는 것으로 보고되어 있다(Watanabe 등, 1987; Kim 등, 1998). 또한 luteolin, quercetin, capsaicin과 같은 phenolic 화합물과 비타민 C 등 생리활성 물질이 많아 항산화 효과가 강하다고 알려져 있다(Lee 등, 1995).

Received 20 November 2019; Accepted 3 January 2020

Corresponding author: Younghwa Kim, School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyung Sung University, Busan 48434, Korea
E-mail: younghwakim@ks.ac.kr, Phone: +82-51-663-4652

*These authors contributed equally to this work.

Author information: Naeun Kim (Graduate student), Dongyeon Seo (Graduate student), Wonyoung Cheon (Graduate student), Junsoo Lee (Professor), Younghwa Kim (Professor)

활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 호흡 과정에서 지속적으로 생성되는 부산물로 불안정하고 반응성이 매우 강하기 때문에 과도하게 생성될 때 세포나 조직이 손상될 수 있다(Kaur 등, 2006; Halliwell 등, 1992). 특히 산화적 스트레스로 유발된 활성산소종은 DNA와 RNA의 손상으로 동맥경화, 세포노화, 알츠하이머 등을 야기하며 지질을 산화시켜 과산화지질을 유발하고 이러한 과산화지질 반응은 간세포의 산화적 손상 기작 중 하나로 보고된 바가 있다(Reddy 등, 2008; Wallace, 1992). 체내에서 발생하는 산화적 스트레스에 대한 방어물질을 항산화제(antioxidant)라고 하며, 이러한 화합물 중 대표적인 항산화물질로 비타민 C와 E, β -carotene, 플라보노이드와 같은 폴리페놀 계열 화합물 등이 있다(Halliwell 등, 1992; Rees 등, 2008). 이와 같은 결과로 고추의 여러 가지 생리 작용이 밝혀지면서 고추의 수요가 증가하는 추세이며, 고추와 같은 천연물질을 이용한 항산화제에 대한 관심이 높아지고 있다.

기존에 보고된 고추에 대한 연구로 Lee 등(2013)의 국내 재배지역에 따른 건조된 금고추에 대한 capsaicinoid 함량 분석에 대한 것이 있으며, Lim 등(2012)은 청양고추의 건조 방법에 따른 고춧가루의 품질 특성에 대하여 비교하였다. 이처럼 고추의 가공 형태인 고춧가루에 관한 성분 분석 및 품질 특성에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있는 반면 풋고추에 관한 연구는 미미한 실정으로 시설 재배로 사계절 섭취가 가능한 풋고추의 기능성 성분과 항산화 활성에 관한 연구가 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 국민들이 풋고추로 섭취하는 일부 품종을 선별하여 기능성 영양성분의 함량과 항산화 활성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 시약

본 실험에서는 아삭고추(Asak pepper, AP), 가지고추(Gaji pepper, GP), 피펙토고추(Peopekto pepper, PP), 청양고추(Cheongyang pepper, CP), 당조고추(Dangjo pepper, DP) 등 5가지 품종의 풋고추를 부산광역시 대형마트에서 구매하여 시료로 사용하였다. Folin-Ciocalteu's reagents, catechin, α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, gallic acid는 Santa Cruz Biotechnology Inc.(Dallas, TX, USA)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 수용성 비타민 표준시약[L-ascorbic acid, thiamine hydrochloride, riboflavin-5'-adenosyldiphosphate(FAD), riboflavin-5'-phosphate(FMN), riboflavin, nicotinic acid and nicotinamide]은 Sigma-Aldrich Co.로부터 구입하여 사용하였고, HPLC의 이동상으로 사용된 초순수 증류수, acetonitrile, methanol은 Honeywell Burdick & Jackson(Muskegon, MI, USA)으로부터 구입하여 사용하였다.

추출물 제조

본 실험에 사용한 추출물을 제조하기 위하여 풋고추를 증류수로 깨끗이 수세하였고, 과육과 씨를 분리한 후 과육만을 동결 건조하여 분쇄기로 분쇄하였다. 동결 건조된 분말 2 g에 methanol 100 mL를 가하여 25°C에서 150 rpm으로 16시간 동안 교반하여 추출하였다. 여과지(Qualitative filter paper No.2, Advantec, Tokyo, Japan)를 사용하여 추출액을 여과한 뒤 37°C에서 회전 감압농축기(EYELA N-1000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축하여 동결 건조하였다. 잔사를 DMSO에 녹여 200 mg/mL의 농도로 제조한 후 -20°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

비타민 C, B₁, B₂ 및 나이아신 함량 분석

비타민 C는 Phillips 등(2010)의 방법을 이용하여 분석하였다. 시료에 5% 메타인산 용액[1 mM ethylenediaminetetraacetate disodium salt, 5 mM tris(2-carboxyethyl) phosphine 첨가] 30 mL를 첨가하여 균질화하고 10분간 3,000 rpm으로 원심분리 하여 상정액을 50 mL로 정용하였다. 이 용액을 0.45 μ m PVDF syringe filter(Whatman Inc., Maidstone, UK)로 여과하여 HPLC(Nanospace SI-2, Shiseido, Tokyo, Japan) 분석에 사용하였다. 비타민 C의 분석조건은 Table 1과 같다. 비타민 B₁ 및 나이아신은 Kim 등(2014)의 방법을 이용하여 분석하였다. 균질화한 시료 약 5 g에 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 50 mL를 가하여 초음파 추출기(SD-350H, Sungdong Ultrasonic Co., Seoul, Korea)를 이용해 40°C에서 30분 동안 교반하여 추출하였다. 추출용액을 15,000 rpm으로 15분간 원심분리 하고 상정액을 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC(Hitachi 5000 chromatmaster, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan) 분석에 사용하였다. 분석조건은 Table 2에 표시하였다. 비타민 B₂의 경우 Kim 등(2014) 및 식품공전에 게재되어 있는 비타민 분석법(MFDS, 2018)을 이용하여 분석하였다. 균질화한 시료 약 5 g에 증류수 50 mL를 첨가하고 항온수조(HB-205SW, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 80°C에서 30분 동안 환류 추출하였다. 추출용액을 10분간 원심분리 후 0.45 μ m PVDF syringe filter로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다. 비타민 B₂의 분석조건은 Table 2와 같다.

총 폴리페놀 함량 측정

각 시료의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Folin과 Denis, 1912)을 일부 변경하여 분석하였다. 동결 건조로 추출한 각 시료 50 μ L에 2% NaHCO₃ 1 mL를 가한 다음, 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ L를 가하여 상온인 암소에서 5분간 방치하였다. 각 시료를 200 μ L씩 취해서 96-well plate에 옮겨 ELISA reader기(Thermo Scientific Ltd., Lafayette, CO, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준품으로 사용하였으며, gallic acid의 검량선과 비교하여 1 g residue

Table 1. HPLC operating condition for vitamin C and capsaicinoids analysis

Vitamin C	Instrument	HPLC (Nanospace SI-2)
	Column	Phenomenex (250 mm×4.6 mm, 4 µm)
	Column temp.	37°C
	Detector	PDA (254 nm)
	Flow rate	0.7 mL/min
	Injection volume	20 µL
	Mobile phase	A: 0.05% formic acid
Capsaicinoids	Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
	Column	Luna 5 µm C ₁₈ (2) 100Å (250 mm×4.6 mm)
	Column temp.	30°C
	Detector	UV detector (capsaicin: 280 nm, dihydrocapsaicin: 320 nm)
	Flow rate	0.9 mL/min
	Injection volume	20 µL
	Mobile phase	A: acetonitrile, B: water, C: glacial acetic acid

에 대한 mg gallic acid equivalents(GAE)로 나타내어 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

각 시료의 총 플라보노이드 Zhishen 등(1999)의 방법을 이용하여 함량을 측정하였다. 시료 250 µL에 증류수 1,250 µL를 가하고 5% NaNO₂ 75 µL를 넣어 교반한 후 6분간 암소에서 반응시켰다. 10% AlCl₃·6H₂O를 150 µL 첨가하고 암소에 5분간 방치한 후 1 M NaOH 1 mL를 넣은 다음 잘 혼합하여 ELISA reader기로 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Catechin을 표준물질로 이용하여 작성한 표준 곡선으로 총 플라보노이드 함량을 구하였으며, 1 g residue에 대한 mg catechin equivalent(CE)로 나타내었다.

안토시아닌 함량 측정

각 시료의 안토시아닌 함량 측정은 Giusti와 Wrolstad (2001)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료에 1% HCl-methanol 용액을 첨가하여 15분간 초음파 추출기를 이용하여 추출하고 15분간 3,000 rpm에서 원심분리를 진행하였다. 시료를 여과지로 여과한 후 50 mM KCl(pH 1.0)과 50 mM sodium acetate buffer(pH 4.5)를 1.2 mL씩 첨가하여 510 nm와 700 nm에서 ELISA reader기를 이용해 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌의 함량은 다음 공식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Anthocyanin } (\mu\text{g/mL}) = (A \times \text{MW} \times \text{DF} \times V \times 500) / \epsilon$$

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$\text{Molecular weight of cyanidin-3,5-glucoside (MW)} = 499.2$$

$$\epsilon = 26,900, \text{ Dilution factor (DF)} = 25, \text{ Volume (V)} = 4$$

Capsaicinoids 분석

각 시료의 capsaicin 및 dihydrocapsaicin 함량은 Attu-quayefio와 Buckle(1987)의 방법을 응용하여 분석하였다. 각 시료 0.5 g에 methanol 25 mL를 가하여 homogenizer

(DI 25 basic, IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany)로 2분간 교반하였다. 상등액을 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC 분석에 이용하였다. Capsaicin 및 dihydrocapsaicin을 분석하기 위한 기기 조건은 Table 1에 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능

각 시료의 ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999)의 실험방법을 응용하여 진행하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합 후 상온, 어두운 곳에서 14시간 동안 반응시켰다. 735 nm에서 흡광도가 1.000±0.1이 되도록 distilled water로 희석하였다. 품종별 추출물 25 µL에 희석된 ABTS 용액 0.5 mL를 첨가하여 암소에서 30분간 방치시킨 후 200 µL씩 96-well plate에 옮겨 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 본 실험에서는 Trolox를 표준물질로 사용하여 검량선을 작성하였고, mg TEAC(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g residue로 라디칼 소거능을 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

각 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 응용하여 측정하였다. 품종별 추출물 25 µL에 0.2 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 용액 500 µL를 첨가하고 암소에서 30분간 반응시켜 ELISA reader기로 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로는 Trolox를 사용하였으며, mg TEAC/g residue로 라디칼 소거능을 나타내었다.

환원력

각 시료의 환원력은 Oyaizu(1986)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 125 µL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide를 125 µL씩 가하여 20분간 50°C에서 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 125 µL를 첨가하였다. 10,000 rpm에서 원심분리 한 후 상등액 250 µL에 distilled water 250 µL와 0.1% ferric

Table 2. HPLC operating condition for vitamin B₁, niacin, and vitamin B₂ analysis

Vitamin B ₁ & niacin	Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
	Column	YMC-Pack ODS AM (250 mm×4.6 mm, 5 µm)
	Column temp.	40°C
	Detector	UV detector (270 nm)
	Flow rate	0.8 mL/min
	Injection volume	20 µL
	Mobile phase	A: 5 mM sodium 1-hexanesulfonate (acetic acid 7.5 mL + triethylamine 0.2 mL/L) B: 100% MeOH
	Gradient profile	0 min: A 100%, 20 min: A 50%, 35 min: A 50%, 45 min: A 100%, 55 min: A 100%
Vitamin B ₂	Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
	Column	YMC-Pack Pro RS C ₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 µm)
	Column temp.	40°C
	Detector	FLD (Ex=445 nm, Em=530 nm)
	Flow rate	0.65 mL/min
	Injection volume	20 µL
	Mobile phase	A: 10 mM NaH ₂ PO ₄ (pH 5.5) : methanol = 75:25 (v/v)

chloride 50 µL를 혼합하여 ELISA reader기로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험에 사용된 시료의 환원력은 mg TE/g residue로 나타내었다.

통계분석

모든 분석은 3회 이상 실시, 평균값±표준편차로 표시하여 통계분석은 SAS 9.0(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다. 결과값의 유의성은 one-way ANOVA로 분석하여 다중비교분석법인 Duncan's multiple range test를 실시하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

풋고추의 수용성 비타민 함량 분석

풋고추에 함유된 수분 함량은 Table 3에 나타내었고, 수용성 비타민의 함량은 Table 4와 같다. 비타민 B₁의 함량은 건조중량과 생체중량 모두에서 청양고추가 1.992±0.054 mg/100 g과 0.156±0.004 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 가지고추가 0.320±0.002 mg/100 g, 0.023±0.000 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 비타민 B₂의 경우 B₁과 동일한 결과로 건조중량과 생체중량 모두에서 1.594±0.033 mg/100 g과 0.125±0.003 mg/100 g으로 청양고추가 가장 높은 값을 함유하는 것을 확인할 수 있었다. 건조중량에서 피펙토고추가 0.876±0.093 mg/100 g이고, 생체중량에서 아삭고추가 0.062±0.000 mg/100 g으로

로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 비타민 B₃의 건조중량에서 함량은 3.385±0.121 mg/100 g으로 당조고추가 가장 높은 값을 나타내었으며, 생체중량에서는 0.246±0.022 mg/100 g으로 피펙토고추가 가장 높은 함량을 가지는 것을 확인하였다. 청양고추가 1.005±0.094 mg/100 g으로 건조중량에서 가장 낮은 값을 나타내었으며, 아삭고추가 0.071±0.006 mg/100 g으로 생체중량에서 가장 낮은 함량을 나타내었다. 그리고 본 연구에서는 대표적인 항산화 물질인 비타민 C 함량을 분석하였으며, 그 함량은 생체중량에서 41.045~63.339 mg/100 g으로 나타났다. 생체중량에서의 비타민 C의 평균값은 54.309 mg/100 g이었으며, 피펙토고추가 63.339±0.456 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 가지는 것을 확인하였다. 현재 풋고추에 관한 영양성분의 함량 정보는 국가표준식품성분표에 나타나있으며, 이에 따르면 풋고추의 비타민 B₁ 및 B₃ 함량은 0.008 mg/100 g과 0.558 mg/100 g이고 B₂는 0.076 mg/100 g이었으며 비타민 C는 43.95 mg/100 g으로 보고되어 있다(RDA, 2016). 이처럼 수용성 비타민의 함량에 있어 차이가 나는 것은 고추의 품종, 재배 조건, 저장 조건 등에 따라 영양성분의 함량에 차이가 있는 것으로 보고되어 있으며(Huang 등, 2014), 본 연구에서도 품종에 따라 수용성 비타민의 함량이 다른 것을 확인할 수 있었다. 그리고 Kye 등(1993)의 연구에 따르면 풋고추의 비타민 C 함량은 63.4 mg/100 g 수준이었으며, Choi 등(2007)은 고추의 비타민 C 함량을 52.57 mg/100 g으로 보고하였다. 본 연구에서 분석한 다양한 풋고추 품종의 비타민 C 함량은 선행연구들의 결과와 유사한 것으로 나타났으며, 이로써 우리 식단에서 풋고추는 중요한 비타민 C의 급원 식품으로 기여할 수 있다고 생각된다.

풋고추의 기능성 성분 함량

풋고추 품종에 따라 함유된 폴리페놀 함량을 gallic acid로 환산하여 나타낸 결과(Table 5), 평균값이 4.988 mg of

Table 3. Moisture contents of green peppers

Sample	Moisture (%)
Asak pepper	95.10
Gaji Pepper	92.96
Peopekto pepper	91.56
Cheongyang pepper	92.16
Dangjo pepper	92.57

Table 4. Contents of vitamin B₁, B₂, niacin and C in green peppers

Sample	Vitamin B ₁		Vitamin B ₂		Niacin		Vitamin C	
	mg/100 g dry weight	mg/100 g fresh weight	mg/100 g dry weight	mg/100 g fresh weight	mg/100 g dry weight	mg/100 g fresh weight	mg/100 g dry weight	mg/100 g fresh weight
Asak pepper	1.621±0.059 ^b	0.079±0.003 ^b	1.258±0.004 ^b	0.062±0.000 ^e	1.458±0.115 ^d	0.071±0.006 ^d	838.306±10.254 ^a	41.045±0.502 ^e
Gaji Pepper	0.320±0.002 ^e	0.023±0.000 ^d	1.039±0.053 ^c	0.073±0.004 ^b	2.462±0.013 ^c	0.173±0.001 ^c	776.032±2.811 ^b	54.638±0.198 ^e
Peopekto pepper	0.502±0.019 ^d	0.042±0.002 ^c	0.876±0.093 ^d	0.074±0.008 ^b	2.917±0.264 ^b	0.246±0.022 ^a	750.330±5.402 ^c	63.339±0.456 ^a
Cheongyang pepper	1.992±0.054 ^a	0.156±0.004 ^a	1.594±0.033 ^a	0.125±0.003 ^a	1.005±0.094 ^e	0.079±0.007 ^d	788.974±0.859 ^b	61.832±0.067 ^b
Dangjo pepper	0.640±0.006 ^c	0.042±0.000 ^e	1.058±0.046 ^c	0.069±0.003 ^{bc}	3.385±0.121 ^a	0.221±0.008 ^b	776.216±3.153 ^b	50.680±0.206 ^d

All values are mean±SD of triplicate determination.

Sample with different letters (a-e) are significantly different from each other at $P<0.05$.

Table 5. Contents of total polyphenols and flavonoids in methanol extracts from green peppers

Sample	Total polyphenols (mg of GAE/g of residue)	Total flavonoids (mg of CE/g of residue)
Asak pepper	2.571±0.247 ^d	1.065±0.020 ^e
Gaji Pepper	7.480±0.870 ^a	2.333±0.104 ^b
Peopekto pepper	3.506±0.124 ^c	1.419±0.109 ^d
Cheongyang pepper	5.774±0.325 ^b	3.323±0.101 ^a
Dangjo pepper	5.609±0.331 ^b	1.903±0.025 ^c

All values are mean±SD of triplicate determination.

Samples with different letters (a-e) are significantly different from each other at $P<0.05$.

Micrograms of total polyphenol content/mg of plants based on gallic acid as standard.

Micrograms of total flavonoid content/mg of plants based on catechin as standard.

GAE: gallic acid equivalent, CE: catechin equivalent.

GAE/g of residue로 나타났다. 가지고추에서 7.480±0.870 mg of GAE/g of residue로 가장 높은 함량을 나타내었으며 아삭고추가 2.571±0.247 mg of GAE/g of residue로 가장 낮게 측정되었다. 풋고추 품종에 따라 총 플라보노이드 함량은 catechin을 표준물질로 사용하여 mg of catechin/g of residue로 표현하였다. 평균은 2.009 mg of CE/g of residue였으며, 청양고추가 3.323±0.101 mg of CE/g of residue로 가장 높았고 가지고추가 2.333±0.104 mg of CE/g of residue로 두 번째로 높은 값을 나타냈다(Table 5). Jung 등(2011)에서 보고된 고추의 총 폴리페놀 함량의 평균이 5.1 mg/g이었고 총 플라보노이드 함량의 평균은 2.8 mg/g으로 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 식물 내에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드는 항산화 활성 및 당뇨질환 예방 효과 등 생체 내 이로운 여러 생리활성을 가지는 것으로 보고되어 있다(Scalbert 등, 2005). 따라서 풋고추를 섭취할 경우 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드로부터 여러 이로운 생리활성 효과를 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

자연에 존재하는 수용성 플라보노이드계 색소인 안토시아닌은 과일과 꽃 등과 같은 고등식물에 있으며 붉은색, 자주색, 푸른색 등을 띤다(Francis, 1989). 본 연구에서 풋고추 5가지 품종의 안토시아닌을 분석한 결과 가지고추가 198.990±19.450 µg/100 g dry weight(14.010±1.369 µg/100 g fresh weight)로 가장 높은 값을 나타냈다(Table 6). 가지고추는 다른 풋고추 품종보다 건조중량에서 안토시아닌의 함량이 약 4.6~9.4배 높게 측정되었다. 안토시아닌은 항염증, 항암, 항산화 작용 등 생리작용이 탁월한 것으로 보고되어 있다(Hou, 2003; Tsang 등, 2005). 이로써 본 실험에서는 가지고추가 여러 가지 풋고추 품종 중에서 뛰어난 안토시아닌 함량을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 가지고추에 함유된 안토시아닌은 체내에서 다양한 생리활성 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

고추의 매운맛을 가지는 성분은 capsaicin과 dihydro-capsaicin으로 보고되어 있으며, 두 물질의 함량을 분석하

Table 6. Contents of total anthocyanins in green peppers

Sample	Total anthocyanins ($\mu\text{g}/100\text{ g}$ dry weight)	Total anthocyanins ($\mu\text{g}/100\text{ g}$ fresh weight)
Asak pepper	21.221 \pm 4.547 ^c	1.039 \pm 0.229 ^c
Gaji Pepper	198.990 \pm 19.45 ^a	14.010 \pm 1.369 ^a
Peopekto pepper	43.343 \pm 5.310 ^b	3.659 \pm 0.448 ^b
Cheongyang pepper	26.076 \pm 4.836 ^{bc}	1.703 \pm 0.316 ^c
Dangjo pepper	30.179 \pm 6.915 ^{bc}	2.365 \pm 0.542 ^c

All values are mean \pm SD of triplicate determination. Samples with different letters (a-c) are significantly different from each other at $P<0.05$.

여 Table 7에 나타내었다(Shin과 Lee, 1991). 실험에 사용된 5가지 풋고추 중 청양고추의 capsaicin은 건조중량 100 g당 156.915 \pm 2.176 mg, dihydrocapsaicin은 44.592 \pm 0.445 mg으로 가장 높은 값을 나타내었다. Jeon과 Lee (2009)의 결과에 따르면 고추의 capsaicin 및 dihydrocapsaicin 함량은 각각 0.8~279.8 mg/100 g과 0.3~72.0 mg/100 g으로 보고되었다. 또 다른 연구 결과에 의하면 재배방식에 따른 고추의 capsaicin 함량은 0~268.3 mg/100 g이었으며 dihydrocapsaicin은 0~55.1 mg/100 g으로 넓은 분포를 보였다(Yoon 등, 2010). 특히 Yoon 등(2010)의 연구에도 고추 11종의 품종 중 청양고추가 가장 높은 함량을 나타내어 본 연구 결과와 비슷한 것을 확인할 수 있었다. Capsaicin은 식욕 증진, 혈관 확장 및 수축, 콜레스테롤 저

하 등의 효과를 가지고 있기에(Pyo 등, 1997), 적절한 풋고추의 섭취는 체내 이로운 다양한 생리활성 효과를 가져올 것으로 기대된다.

풋고추의 항산화 효과

풋고추의 항산화력은 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능 및 환원력을 통해 측정하였으며 ABTS와 DPPH의 결과는 Fig. 1에 나타났다. 가지고추가 84.18%의 가장 높은 소거 활성을 나타내었으며 아삭고추가 51.18%의 가장 낮은 소거 활성을 나타내었고, 유의적인 차이를 보였다. ABTS의 결과와 동일하게 DPPH 라디칼 소거능은 가지고추에서 73.28%의 가장 높은 소거 활성을 나타내었으며 아삭고추가 26.20%의 가장 낮은 소거 활성을 나타내었다. 페놀성 화합물은 항암효과와 항산화 활성을 하는 생리활성 물질로 보고되어 있다(Ferreres 등, 2009). 식물 내 폴리페놀과 플라보노이드 함량에 따른 항산화 능력을 비교했을 때 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높을수록 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans 등, 1995; Heim 등, 2002). 본 연구 결과에서 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높아질수록 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 5가지 풋고추 품종의 ABTS 라디칼 소거능은 DPPH의 방법으로 측정된 라디칼 소거 활성보다 다소 높게 나타났다. 이는 라디칼이라는 것은 동일하나 ABTS의 경우 양이온 라디칼을 소거하고 DPPH는 자유라디칼을 소거하기 때문에 활성

Table 7. Contents of total capsaicinoids in green peppers

Sample	Capsaicin (mg/100 g dry weight)	Dihydrocapsaicin (mg/100 g dry weight)	Total capsaicinoids (mg/100 g dry weight)	Total capsaicinoids (mg/100 g fresh weight)
Asak pepper	0.465 \pm 0.021 ^b	0.224 \pm 0.032 ^b	0.689 \pm 0.019 ^b	0.034 \pm 0.001 ^b
Gaji Pepper	0.046 \pm 0.025 ^b	0.034 \pm 0.034 ^c	0.080 \pm 0.054 ^b	0.006 \pm 0.004 ^b
Peopekto pepper	0.600 \pm 0.019 ^b	0.489 \pm 0.012 ^b	1.089 \pm 0.030 ^b	0.092 \pm 0.003 ^b
Cheongyang pepper	156.915 \pm 2.176 ^a	44.592 \pm 0.445 ^a	201.507 \pm 2.588 ^a	15.792 \pm 0.203 ^a
Dangjo pepper	0.047 \pm 0.021 ^b	0.016 \pm 0.017 ^c	0.063 \pm 0.037 ^b	0.004 \pm 0.002 ^b

All values are mean \pm SD of triplicate determination. Samples with different letters (a-c) are significantly different from each other at $P<0.05$.

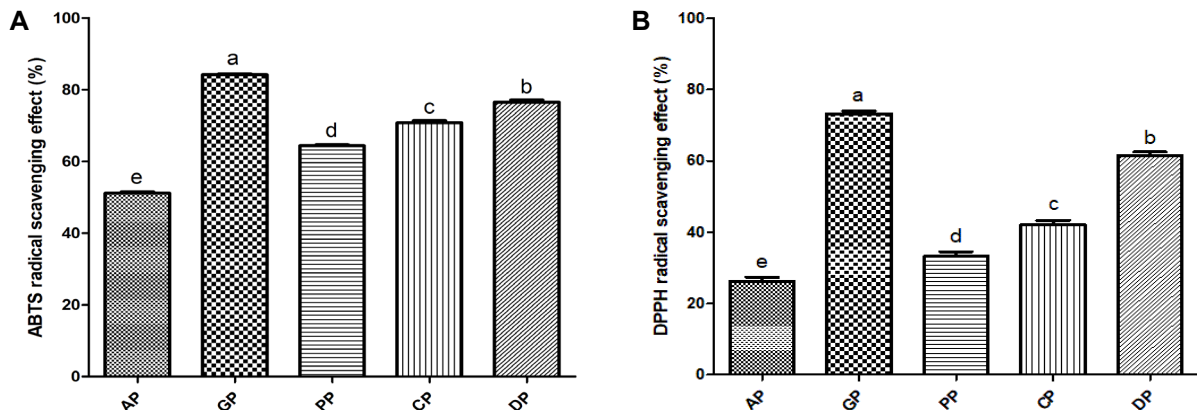


Fig. 1. ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activity of the methanol extracts of green peppers. All values are mean \pm SD of triplicate determination. Means with different letters (a-e) above the bars are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. AP, Asak pepper; GP, Gaji pepper; PP, Peopekto pepper; CP, Cheongyang pepper; DP, Dangjo pepper.

Table 8. Reducing power of methanol extracts from green peppers

Sample	TEAC (mg/g residue)
Asak pepper	23.416±0.692 ^c
Gaji Pepper	74.985±2.105 ^a
Peopekto pepper	16.264±0.720 ^d
Cheongyang pepper	14.764±1.248 ^d
Dangjo pepper	46.374±1.113 ^b

All values are mean±SD of triplicate determination.

Samples with different letters (a-d) are significantly different from each other at $P<0.05$.

TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity.

차이가 날 수 있으며, 두 기질과 반응하는 정도가 다르기에 소거하는 능력의 차이가 보이는 것으로 생각된다(Lee 등, 2005). Yoon 등(2012)은 5가지 품종별 청고추의 DPPH 라디칼 소거능이 1,000 µg/mL 농도에서 15~40%의 소거 활성을 보였으며, 이와 비교하였을 때 가지고추의 소거 활성은 비교적 높은 것으로 여겨진다. 따라서 풋고추 중 가지고추는 높은 항산화력을 갖는 항산화 식품으로 각광 받을 것으로 기대된다.

환원력은 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성과는 다르게 산화환원반응 원리에 의한 것으로 철 이온의 용해도가 유지되는 산성 pH에서 Fe^{+3} 에 수소이온을 치환하여 Fe^{+2} 로 환원시키는 것을 이용하여 측정하는 방법이다(Prior 등, 2005). 풋고추 methanol 추출물에 함유된 환원력을 측정한 실험 결과는 Table 8과 같이 나타났다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 활성 결과와 유사한 경향을 보였으며, 5가지 품종 중 가지고추의 환원력이 74.985±2.105 TEAC mg/g residue로 다른 품종에 비하여 가장 높은 환원력을 나타냈다. Park 등(2007)은 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 환원력(FRAP assay)과 상관관계를 분석하였으며 0.971, 0.939의 높은 상관관계를 보였다고 보고하였다. 본 연구에서는 5가지 풋고추 중 가지고추의 총 폴리페놀 함량이 가장 높았으며 이는 높은 환원력과 밀접한 관련성이 있는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 우리나라에서 흔하게 섭취하는 풋고추 5종에 함유된 수용성 비타민, 항산화 활성 및 생리활성 물질을 평가하였다. 풋고추의 비타민 B₁ 및 비타민 B₂의 함량은 청양고추에서 생체중량 100 g당 0.156±0.004 mg 및 0.125±0.003 mg으로 가장 높았으며, 나이아신 및 비타민 C의 함량은 퍼펙토고추가 0.246±0.022 mg 및 63.339±0.456 mg으로 가장 높게 나타났다. 총 폴리페놀의 함량은 가지고추가 7.480±0.870 mg of GAE/g of residue로 가장 높았고, 총 플라보노이드 함량은 청양고추에서 3.323±0.101 mg of CE/g of residue로 가장 높게 나타났다. 또한 총 capsaicinoids 함량은 다른 품종에 비해 청양고추에서 생체중량 100 g당 15.792±0.203 mg으로 가장 높은 값을 보였다. 안토시

아닌 함량은 가지고추가 14.010±1.369 µg/100 g 생체중량으로 풋고추 중에 가장 높은 값을 나타냈다. 또한 가지고추는 다른 품종의 풋고추보다 가장 높은 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 보여주었고, 환원력 또한 가지고추에서 가장 높게 나타났다. 본 결과로부터 5가지 풋고추에 함유된 기능성 영양성분 함량과 항산화 활성을 알 수 있었으며, 천연 항산화 소재로서의 이용이 높아질 것으로 기대된다.

감사의 글

이 성과는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이고(No. 2017R1C1B1008236), 본 논문의 일부는 2018년도 BB 21+ 사업에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Attuquayefio VK, Buckle KA. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsicum fruits and oleoresins. *J Agric Food Chem.* 1987. 35:777-779.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958. 181:1199-1200.
- Choi JK, Lee SU, Seo BS, Kozukue N. A method for choosing vegetables at the market from a general consumers standpoint I - The relationship between chlorophyll and ascorbic acid - . *J East Asian Soc Diet Life.* 2007. 17:671-677.
- Davis BH, Matthews S, Kirk JTO. The nature and biosynthesis of the carotenoids of different colour varieties of *Capsicum annuum*. *Phytochemistry.* 1970. 9:797-805.
- Ferreres F, Gomes D, Valentano P, Goncalves R, Pio R, Chagas EA, et al. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. *Food Chem.* 2009. 114:1019-1027.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem.* 1912. 12:239-243.
- Francis FJ. Food colorants: anthocyanins. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1989. 28:273-314.
- Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry.* 2001. doi: 10.1002/0471142913.faf0102s00.
- Halliwell B, Gutteridge JM, Cross CE. Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now?. *J Lab Clin Med.* 1992. 119:598-620.
- Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem.* 2002. 13:572-584.
- Hou DX. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. *Curr Mol Med.* 2003. 3:149-159.
- Huang Y, So YJ, Hwang JR, Yoo KM, Lee KW, Lee YJ, et al. Comparative studies on phytochemicals and bioactive activities in 24 new varieties of red pepper. *Korean J Food Sci Technol.* 2014. 46:395-403.
- Iwai K, Suzuki T, Fujiwake H. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa at different growth stages after flowering. *Agric Biol Chem.* 1979. 43:2493-2498.
- Jeon G, Lee J. Comparison of extraction procedures for the de-

- termination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol*. 2009. 18:1515-1518.
- Jung M, Hwang Y, Kim HY, Cho MC, Hwang IG, Yoo SM, et al. Evaluation of biological activity in pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2011. 40:642-648.
- Kaur G, Alam MS, Jabbar Z, Javed K, Athar M. Evaluation of antioxidant activity of *Cassia siamea* flowers. *J Ethnopharmacol*. 2006. 108:340-348.
- KHIDI. National Nutrition Statistics. 2016 [cited 2019 Aug 12]. Available from: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result15?menuId=MENU01669&gubun=&year=2016>
- Kim GP, Lee J, Ahn KG, Hwang YS, Choi Y, Chun J, et al. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem*. 2014. 153:101-108.
- Kim KM, Kawada T, Ishihara K, Inoue K, Fushiki T. Swimming capacity of mice is increased by oral administration of a non-pungent capsaicin analog, stearyl vanillylamide. *J Nutr*. 1998. 128:1978-1983.
- Kim S, Kim KS, Park JB. Changes of various chemical components by the difference of the degree of ripening and harvesting factors in two single-harvested peppers (*Capsicum annuum* L.). *Korean J Food Sci Technol*. 2006. 38:615-620.
- Kye SH, Lee JD, Paik HY. Analysis of ascorbic acid contents in raw, processed and cooked foods by HPLC. *J Korean Home Assoc*. 1993. 31:201-208.
- Lee GJ, Song MG, Kim SD, Nam SY, Heo JW, Yoon JB, et al. Effects of rain-shelter types on growth and fruit quality of red pepper (*Capsicum annuum* L. var. 'Keummaru') cultivation in paddy. *Korean J Hortic Sci Technol*. 2016. 34:355-362.
- Lee SE, Ham H, Kim Y, Sung J, Hwang IG, Yu SM, et al. The content of capsaicinoids in peppers by cultivation region in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2013. 42:129-133.
- Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2005. 34:139-147.
- Lee Y, Howard LR, Villalon B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *J Food Sci*. 1995. 60:473-476.
- Lim Y, Kyung Y, Jeong HS, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, et al. Effects of drying methods on quality of red pepper powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012. 41:1315-1319.
- Materska M, Piacente S, Stochmal A, Pizza C, Oleszek W, Perucka I. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L.. *Phytochemistry*. 2003. 63:893-898.
- MFDS. Korea Food Code. 2018 [cited 2019 May 5]. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do>
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction. *Jpn J Nutr Diet*. 1986. 44:307-315.
- 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 Cult*. 2007. 22:353-358.
- Phillips KM, Tarragó-Trani MT, Gebhardt SE, Exler J, Patterson KY, Haytowitz DB, et al. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *J Food Compos Anal*. 2010. 23:253-259.
- Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem*. 2005. 53:4290-4302.
- Pyo JO, Han IS, Kim BS, Yu R. Effect of hot taste preference on selected immune responses in human peripheral immunocompetent cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 1997. 26:1194-1199.
- RDA. Korean Food Composition Table. 9th rev. Rural Development Administration, Wanju, Korea. 2016. p 100-101.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999. 26:1231-1237.
- Reddy BS, Reddy RKK, Reddy BP, Ramakrishna S, Diwan PV. Potential *in vitro* antioxidant and protective effects of *Soyimida febrifuga* on ethanol induced oxidative damage in HepG2 cells. *Food Chem Toxicol*. 2008. 46:3429-3442.
- Rees MD, Kennett EC, Whitelock JM, Davies MJ. Oxidative damage to extracellular matrix and its role in human pathologies. *Free Radic Biol Med*. 2008. 44:1973-2001.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Bolwell PG, Bramley PM, Pridham JB. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic Res*. 1995. 22:375-383.
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr*. 2005. 81:215S-217S.
- Shin HH, Lee SR. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J Food Sci Technol*. 1991. 23:296-300.
- Tsang C, Higgins S, Duthie GG, Duthie SJ, Howie M, Mullen W, et al. The influence of moderate red wine consumption on antioxidant status and indices of oxidative stress associated with CHD in healthy volunteers. *Br J Nutr*. 2005. 93:233-240.
- Wallace DC. Mitochondrial genetics: a paradigm for aging and degenerative diseases?. *Science*. 1992. 256:628-632.
- Watanabe T, Kawada T, Iwai K. Enhancement by capsaicin of energy metabolism in rats through secretion of catecholamine from adrenal medulla. *Agric Biol Chem*. 1987. 51:75-79.
- Yoon HJ, Lee S, Hwang IK. Effects of green pepper (*Capsicum annuum* var.) on antioxidant activity and induction of apoptosis in human breast cancer cell lines. *Korean J Food Sci Technol*. 2012. 44:750-758.
- Yoon J, Ji JJ, Lim SC, Lee KH, Kim HT, Jeong HS, et al. Changes in selected components and antioxidant and anti-proliferative activity of peppers depending on cultivation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2010. 39:731-736.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*. 1999. 64:555-559.