

연근, 김, 깻잎 부각의 산화방지 활성, 폴리페놀 화합물과 토코페롤 함량

정이진¹ · 송영옥² · 정라나³ · 최은옥^{1*}

¹인하대학교 식품영양학과, ²부산대학교 식품영양학과, ³경희대학교

In Vitro Antioxidative Activity and Polyphenol and Tocopherol Contents of Bugak with Lotus Root, Dried Laver, or Perilla Leaf

Leejin Jung¹ · Yeongok Song² · Lana Chung³ · Eunok Choe^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Inha University

²Department of Food and Nutrition, Busan National University

³Kyung Hee University

Abstract

In vitro antioxidative activities and antioxidants of the lotus root, dried laver, and perilla leaf *bugak*, Korean traditional fried cuisine, were evaluated. The *bugak* was prepared with fermented glutinous rice batter and unroasted sesame oil for use in the pan-frying. The perilla leaf *bugak* showed the highest radical scavenging activity and reducing power, with the lowest in the lotus root *bugak*. The antioxidative activity of the blanched lotus root was lower than the dried laver or the perilla leaf. Polyphenol content was higher in the perilla leaf *bugak* than the lotus root or the dried laver *bugak*, and tocopherols were mainly derived from frying oil. The antioxidative activity of *bugak* was correlated well with polyphenol contents, but there was no correlation between tocopherol contents and the antioxidative activity.

Key words: *bugak*, antioxidative activity, lotus root, dried laver, perilla leaf

I. 서론

부각은 채소와 해초를 저장하기 위해 찹쌀풀을 얇게 발라 말린 후 소량의 기름에서 튀겨낸 우리의 전통 음식이다. 음식 제조에 사용하는 기름의 종류와 양이 많지 않았던 우리의 전통 한식에서 튀김은 매우 흔하지 않은 조리법이였으며, 따라서 부각은 전통 한국음식 가운데 식물성 지방질을 가장 많이 섭취할 수 있는 음식이었다(Park BH 등 2001). 또한 채소와 해초 등에 많이 함유된 폴리페놀과 같은 파이토케미칼 등의 유용 성분을 쉽게 섭취할 수 있는 건강 식품이기도 하다. 또한 밀가루 튀김옷과 튀김유로서 콩기름 등의 정제유를 사용하는 대부분의 서양식 튀김 방법에 비해 식힌 찹쌀풀과 참기름을 이용하는 우리의 전통 튀김 방법이 plasma 지방질 수준을 낮춘다는 것이 최근 보고되었다(Kim M 등 2014). 그러나 부각 제조를 위한 튀김 과정에서 기름을 고온으로 가열해

야 하므로 튀김유의 산화는 물론, 이로 인한 튀김유 산화 생성물이 부각에 전이되어 튀김 과정뿐 아니라 튀김 후 유통과 저장 중 영양, 건강 기능 성분의 손실, 향과 맛 등 품질을 저하시킬 수 있다(Jung L 등 2013).

부각은 다양한 재료를 이용하여 제조할 수 있으며 영양, 건강 기능성이 우수한 식품 원료를 사용한다면 건강에 도움이 되는 반찬이나 스낵 등 다양한 용도로 소비될 수 있는 우수 식품이다. 연근은 알칼로이드, 플라보노이드, 폴리페놀 화합물 등 다양한 생리활성 물질을 함유하여(Sridhar KR와 Bhat R 2007) 혈압 강하, 당뇨병 예방, 항암, 신장보호, 산화방지 효과(Cho SI와 Kim HW 2003, Park SH 등 2005, Ko BS 등 2006, Lee JJ 등 2007) 등이 있는 것으로 보고되어 있다. 김에는 무기질, 식이섬유, 단백질, 클로로필은 물론 라디칼을 소거해줌으로써 산화를 억제하는 카로티노이드와 폴리페놀 화합물이 다량 함유되어 있다(Oh SJ 등 2013). 깻잎은 클로로필, 카로티노이드, 무기질과 비타민 A, C 등을 풍부하게 함유하고 있으며 깻잎 추출물은 산화스트레스에 의한 쥐의 간 손상 보호, 암세포 성장 억제, 혈장과 간의 과산화지질 수준 저하 및 산화 방지 효과(Lee KI 등 1992, Kim JH와 Kim MK 1999, Yang SY 등 2013)가 있는 것으로 보고되었다.

*Corresponding author: Department of Food and Nutrition, Inha University, 100 Inha-ro, Namku, Incheon 402-751, Korea
Tel: +82-32-860-8125
Fax: +82-32-873-8125
E-mail: eochoe@inha.ac.kr

부각에 대한 과학적 자료는 전통적 방법에 의한 부각의 제조 및 저장성 향상(Park JI 등 1994), 녹차 수용성 추출물(Park BH 등 2001), 다시마 분말(Choi HM 등 2011), 빵잎(Lee JM 등 2002), 유산균(Ko YR 등 2009)을 이용하여 부각의 저장성을 개선하는 연구 등 대부분이 저장과 관련된 지방질 산화에 국한되어 있을 뿐 산화방지 성분 및 건강 기능성에 대한 연구는 매우 드물다. 이에 본 연구에서는 재료 자체로 우수한 건강기능성이 보고된 연근, 김, 깻잎을 이용하여 찹쌀풀을 얇게 발라 건조시킨 후 참기름에서 pan-frying하는 전통적인 방법으로 부각을 제조하고 이들의 산화방지 활성과 산화방지 성분을 분석하여 부각의 건강기능성에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

김은 전라남도 신안군에서 2013년 1월 중순에서 2월 중순에 수확하여 두번 건조시킨 김밥용 김으로, ㈜어촌사람들(Hwasung, Korea)로부터 공여 받아 사용하였다. 연근과 깻잎은 2013년 5월에 각각 경기도 여주와 충청남도 금산에서 수확한 것을 ㈜연꽃마을(Yeaju, Korea)과 팔당 늘푸른 영농조합(Namyangju, Korea)으로부터 구입하였다. 찹쌀은 국내산을 ㈜한살림(Seoul, Korea)에서, 볶지 않은 참깨로부터 압착 추출한 생참기름은 ㈜두바이오(Eumsung, Korea)에서 구입하였다.

실험에 사용한 caffeic acid, α -, γ -, δ -토코페롤, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Folin-Ciocalteu's phenol 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)로부터, HPLC 용 n-헥산과 이소프로판올은 J.T. Baker사(Phillipsburg, NJ, USA)로부터 구입하였다. 그 외 시약은 모두 일급 시약을 사용하였다.

2. 부각의 제조

연근, 김, 깻잎 부각은 Jung L 등(2013)의 방법에 따라 삭힌 찹쌀풀과 참기름을 사용하는 pan-frying 방법의 전통 방법을 따라 제조하였다. 즉, 찹쌀과 물을 섞어(1:2, w/w) 24°C에서 7일 동안 삭힌 찹쌀을 가루로 하여 6배 중량의 물에서 가열하여 만든 찹쌀풀을 김, 깻잎, 또는 끓는 물에서 5분간 데친 연근(두께 0.9 mm)에 잘 바르고 실온에서 말린 후 180°C 생참기름을 넣은 팬(지름 28 cm, 높이 2.41 cm)에서 6초간 튀겨 부각을 제조하였다. 부각은 햇빛이 통과하지 않는 뚜껑있는 용기에 넣고 질소로 충전한 후 분석할 때까지 -20°C의 냉동고에 보관하였다.

3. 부각원료 의 산화방지 활성 분석

부각 원료인 김, 깻잎, 또는 데친 연근과 이를 사용하여 제조한 부각의 산화 방지 활성은 López A 등(2011)

의 방법에 따라 DPPH 라디칼 소거 활성과 환원력으로 평가하였다. 부각 원료는 -50°C, 5 mtorr에서 동결건조하였고, 부각은 그대로 분쇄하여 각각 2 g에 대하여 80% 에탄올 30 mL를 혼합하여 에탄올 추출물을 제조하였다. 원료 및 부각 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Oh SJ 등의 방법(2013)을 이용하여 0.1 mM DPPH 1 mL와 추출물 0.1 mL를 혼합하여 30분 간 암실에서 반응시켜 UV-Visible spectrophotometer (HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)로 517 nm에서 흡광도(A)를 측정하고 다음 식에 의해 원료 및 부각 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성을 평가하였다.

DPPH radical scavenging activity (%)

$$= \left(1 - \frac{A \text{ of samples with bugak extract}}{A \text{ of samples without bugak extract}} \right) \times 100$$

원료 및 부각 추출물의 환원력은 Oyaizu M (1986)의 방법을 이용하여 원료 및 부각 추출물 1 mL에 0.2 M phosphate buffer 용액 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 첨가하고 50°C에서 30분 동안 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 용액 2.5 mL를 첨가하여 원심분리 하였다. 상층액의 2.5 mL를 취해 물 2.5 mL와 0.1% 염화철 용액 0.5 mL와 함께 혼합한 뒤 UV-Visible spectrophotometer (HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 700 nm에서의 흡광도로 원료 및 부각 추출물의 환원력을 평가하였다. 이 때 대조군은 동일한 농도의 α -토코페롤과 아스코브산으로 하였다.

4. 원료와 산화방지 성분 분석

부각 제조를 위한 연근, 김, 깻잎, 참기름에 함유된 폴리페놀 화합물 함량은 Wong KH와 Cheung PCK (2001), Maksimović Z 등(2005)의 방법을 변형하여 구하였다. 연근, 김, 깻잎, 참기름 각각 1 g과 80% 아세톤 용액 50 mL를 섞어 25°C의 항온 수조(DS-SHWB45, LAB house, Gyeonggi-do, Korea)에서 6시간 동안 진탕하고 10 mL를 484×g, 4°C에서 20분간 원심분리(Avanti J, Beckman, Fullerton, CA, USA)한 후, 상층액 0.2 mL를 취하여 Folin-Ciocalteu's phenol 시약 0.3 mL를 넣었다. 3분간 정치시킨 후 포화 탄산소듐(Na₂CO₃) 용액 0.5 mL를 넣고, 증류수로 5 mL로 정용하였다. 1시간 동안 정치시킨 후 UV-Visible spectrophotometer (HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, caffeic acid를 표준물질로 사용한 검량곡선을 통해 폴리페놀 화합물을 정량하였다. 토코페롤 함량은 분쇄한 연근, 김, 깻잎, 참기름 각각 0.5 g을 n-헥산 5 mL와 혼합하여 hydrophobic membrane filter (PTFE 0.2 μ m, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 후 20 μ L를 HPLC (YL 9100 HPLC, Younglin, Anyang, Korea)에 주

입하였다 (Oh SJ 등 2013). 이동상은 n-헥산:이소프로판올(99.8:0.2, v/v)을 사용하여 분당 2 mL의 속도로 용출시켰으며, μ -porasilTM 컬럼(3.9 × 300 mm, 10 μ m ID, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, 형광검출기(G1321A, Agilent 1100 series, Böblingen, Germany)의 파장은 excitation 290 nm, emission 330 nm이었으며, 표준 토코페롤의 검량곡선을 이용하여 정량하였다.

5. 부각의 산화방지 성분 분석

연근, 김, 깻잎, 참기름을 사용하여 제조한 부각에 함유된 폴리페놀 화합물 함량은 클로로포름과 메탄올의 혼합용매(2:1, v/v)를 이용하여 부각 지방질을 추출한 후, Folin-Ciocalteu 법에 의해 분석하였다(Oh SJ 등 2013). 즉, 부각 지방질 1 g을 n-헥산 10 mL에 녹인 후 메탄올:물(3:2, v/v)의 혼합용매 6 mL를 넣었다. 충분히 섞은 뒤, 원심분리기(Avanti J, Beckman)로 484×g, 4°C에서 20분 동안 시료를 분리하였다. 하층의 5 mL를 회전진공증발기(N-N series, Eyela, Tokyo, Japan)로 40°C에서 증발시킨 후, 잔존물을 메탄올 1 mL에 녹였다. 이 중 0.2 mL를 취하여 부각 원료의 폴리페놀 함량 분석과 동일한 조건으로 분석하였다. 토코페롤 함량은 위에서 추출한 부각 지방질 0.1 g을 n-헥산 1 mL에 녹이고 hydrophobic membrane filter (PTFE 0.2 μ m, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 후, 20 μ L를 HPLC (YL 9100 HPLC, Younglin, Anyang, Korea)에 주입하여 위와 동일한 조건으로 분석하였다.

6. 자료의 통계처리

실험은 반복 실시하였고, 각 처리군에 대하여 3회 반복

측정하였다. 자료는 통계처리용 소프트웨어인 SAS/PC (SAS 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 Duncan's multiple range test, 회귀분석 등에 의해 분석하였고 유의수준은 5%로 하였다.

결과 및 고찰

1. 부각 원료의 산화 방지 활성 및 산화방지 성분

부각 원료인 데친 연근, 김, 깻잎의 80% 에탄올 추출물의 라디칼 소거 활성은 21.07%, 81.14%, 80.34%로 아스코브산의 93.73%에 비해서는 낮았으나 열처리한 데친 연근을 제외하고는 α -토코페롤(77.07%)과는 유사하거나 유의하게($p < 0.05$) 높은 활성을 보였다(Table 1). 환원력 또한 유사한 경향을 보여, 아스코브산, α -토코페롤, 데친 연근, 김, 깻잎의 에탄올 추출물은 700 nm에서 0.84, 0.83, 0.02, 0.79, 0.82의 흡광도를 보였다. 본 결과는 깻잎의 89% 에탄올 추출물(4 mg/mL)의 DPPH 라디칼 소거능(9.0%, Kwak Y 등 2013), 또는 김의 100% 에탄올 추출물의 산화 방지 활성(12.8-31.7%, Oh SJ 등 2013)과는 차이가 있었으나 이는 식품 재료의 품종, 추출 용매 등에 따른 차이로 사료된다.

부각 제조에 사용된 원료에 함유된 산화방지 성분 함량은 Table 2와 같다. 생참기름과 연근, 김, 깻잎의 폴리페놀 화합물 함량은 17.13, 255.51, 2,548.10, 10,561.19 mg/kg (dry basis)으로, 깻잎에 폴리페놀 화합물이 많이 함유되었다. 생참기름의 폴리페놀 화합물 함량은 14.2-16.8 mg/kg (Borchani C 등 2010)로 보고된 바 있으며 80% 에탄올 연근 추출물의 폴리페놀 화합물 함량은 306 mg/kg (Lee JJ 등 2007), 마른 김에서는 품종에 따라

Table 1. Antioxidant activity of food materials (blanched lotus root, dried laver, and perilla leaf) for *bugak*

	Blanched lotus root	Dried laver	Perilla leaf	L-Ascorbic acid	α -Tocopherol
DPPH radical scavenging activity (%)	21.07±0.92 ^{c1)}	81.14±1.20 ^b	80.34±0.89 ^b	93.73±0.62 ^a	77.07±1.09 ^b
Reducing power (A ₇₀₀)	0.02±0.00 ^c	0.79±0.00 ^b	0.82±0.01 ^a	0.84±0.00 ^a	0.83±0.00 ^a

¹⁾ Different letters mean significant differences in the same kind of activity among samples by Duncan's multiple range test at 5%.

Table 2. Polyphenol and tocopherol contents (mg/kg sample) of unroasted sesame oil, blanched lotus root, dried laver, and perilla leaf (dry basis)

	Polyphenols	Tocopherols		
		α -	γ -	δ -
Unroasted sesame oil	17.13±2.27	n.d. ¹⁾	1446.47±97.85	n.d.
Blanched lotus root	255.51±32.58	13.69±0.27	n.d.	n.d.
Dried laver	2,548.10±123.73	6.70±0.81	n.d.	n.d.
Perilla leaf	10,561.19±97.87	311.35±24.97	n.d.	n.d.

¹⁾ Not detected

5,000-9,000 mg/kg로 다양하였으며(Oh SJ 등 2013), 깻잎의 에탄올 추출물에서는 4,087 mg/kg 농도로 검출되었다(Kwak Y 등 2013). 이와 같이 본 실험 결과는 기존 연구 결과와 유사하기도 하지만 일부는 차이를 보였는데 이것은 이들 재료의 품종 및 수확 시기의 차이에 따른 것으로 생각된다(Kwak Y 등 2013). 생참기름에서는 토코페롤 이성질체 중 γ -tocopherol만 1,446.47 mg/kg 검출되어 γ -tocopherol 함량을 392.6-663.68 mg/kg으로 보고한 연구(Elleuch M 등 2007)와는 차이를 보였다. 이 또한 참깨 품종 및 기름 추출 방법 차이에서 일부 비롯되었을 것으로 생각된다. 데친 연근, 김, 깻잎의 추출물에서는 모두 토코페롤 이성질체 중 α -tocopherol만 검출되었으며 건물 기준(dry weight basis)으로 각각 13.69, 6.70, 311.35 mg/kg이었다. 연근의 토코페롤 함량은 생물기준(fresh weight basis)으로 α -, γ -, δ -tocopherol이 각각 4.93, 0.05, 0.03 mg/kg으로 보고된 바 있다(Isabelle M 등 2010). 마른 김의 α -tocopherol 함량은 6.4-12.0 mg/kg으로 보고되었으며(Oh SJ 등 2013) 본 결과 또한 이와 유사하였다. 깻잎 가루의 에탄올 추출물에서는 α -tocopherol만 26-39 mg/kg (Kim JH와 Kim MK 1999, Li L 등 2009) 검출되었다고 보고되었다.

2. 부각의 산화방지 활성

연근, 김, 깻잎 부각으로부터 얻은 80% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Fig. 1과 같다. 연근, 김, 깻잎 부각의 DPPH 라디칼 소거 활성은 각각 2.26, 11.93, 27.53%로 깻잎 부각이 유의하게 높은 활성을 보였다($p < 0.05$). 깻잎 부각은 대조군인 L-ascorbic acid (93.73%), α -tocopherol (77.07%)의 라디칼 소거 활성의 각각 29.4,

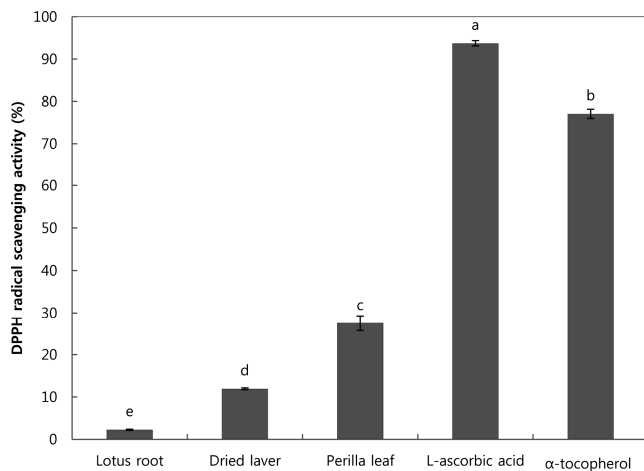


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of *bugak* prepared with glutinous rice batter and sesame oil (Different letters on the bar mean significant differences among samples by Duncan's multiple range test at 5%.)

35.7%로 건강 기능성에 대한 매우 우수한 잠재성을 보였다. 다른 부각에 비해 낮은 연근 부각의 라디칼 소거 활성은 원료인 연근의 데침 과정에 따른 손실로 사료된다. 또한 원료인 연근, 김, 깻잎에 비하여 부각의 매우 낮은 라디칼 소거 활성은 부각 제조를 위한 튀김 과정 중 이들 재료에 함유된 폴리페놀 화합물, 토코페롤 등 산화 방지 활성을 제공하는 성분이 분해된 것과 관련 있을 것으로 사료된다. 튀김을 위한 고온에서의 가열은 토코페롤과 폴리페놀 화합물의 분해를 초래하는 것으로 알려져 있다(Ross CF 등 2011, Vaidya B와 Choe E 2011). 튀김 또는 찜 등 열처리한 cauliflower의 메탄올 추출물은 생 cauliflower에 비해 라디칼 소거 활성이 유의하게 낮았음이 보고된 바 있다(Ahmed FA와 Ali RFM 2013). 또한 부각의 원료인 김과 깻잎 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성이 각각 81.14, 80.34%로 유의한 차이가 없었음을 고려할 때 건강 기능성 측면에서 부각과 같은 튀김 원료로는 김에 비해 깻잎이 더욱 우수한 것으로 생각된다.

연근, 김, 깻잎 부각 에탄올 추출물의 환원력 척도로서의 700 nm에서의 흡광도는 Fig. 2와 같이 각각 0.09, 0.26, 0.38로 대조군인 L-ascorbic acid와 α -tocopherol의 환원력(0.83)의 10.8, 31.3, 45.8%이었다. 이와 같이 연근, 김, 깻잎 부각 중 라디칼 소거 활성 결과와 마찬가지로 깻잎 부각이 가장 높은 환원력을 보였으며 그 뒤를 김, 연근 부각이 따랐다. 부각의 환원력 세기 차이는 재료인 데친 연근, 김, 깻잎의 80% 에탄올 추출물 환원력과 동일한 순서이었다.

3. 부각의 산화방지 성분

연근, 김, 깻잎 부각, 튀김유인 참기름의 폴리페놀 화합

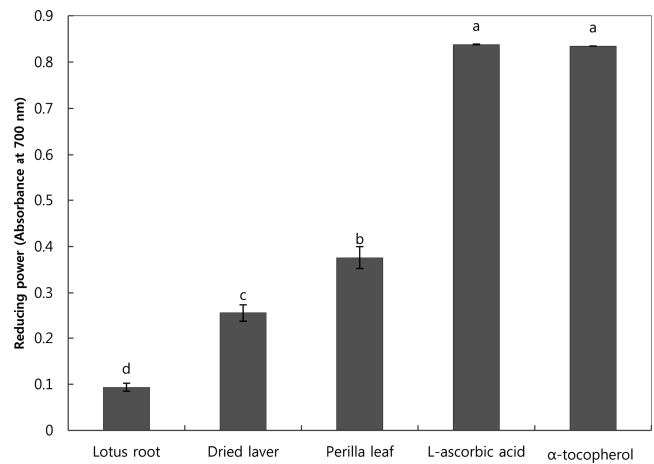


Fig. 2. Reducing power, represented by the absorbance at 700 nm, of *bugak* prepared with glutinous rice batter and sesame oil (Different letters on the bar mean significant differences among samples by Duncan's multiple range test at 5%.)

Table 3. Polyphenol and tocopherol contents (mg/kg oil) of *bugak* and frying oil

	<i>Bugak</i>				Frying oil				
	Polyphenols	Tocopherols			Polyphenol	Tocopherols			
		α-	γ-	δ-		α-	γ-	δ-	
Lotus root	25.59±2.25 ^{b1)}	n.d. ²⁾	469.46±16.17 ^b	n.d.	Before frying	14.03±3.08 ^c	n.d. ¹⁾	642.78±17.43 ^{2a)}	n.d.
					After frying	23.53±2.87 ^a	n.d.	382.16±4.58 ^c	n.d.
Dried laver	25.79±1.2 ^b	n.d.	354.00±19.14 ^c	n.d.	Before frying	14.03±3.08 ^c	n.d.	642.78±17.43 ^a	n.d.
					After frying	19.91±1.75 ^b	n.d.	483.76±3.13 ^b	n.d.
Perilla leaf	44.13±2.89 ^a	n.d.	553.08±15.45 ^a	n.d.	Before frying	14.03±3.08 ^c	n.d.	642.78±17.43 ^a	n.d.
					After frying	19.58±0.51 ^b	n.d.	486.38±0.48 ^b	n.d.

¹⁾ Significant difference among samples within the same kind of antioxidants by Duncan's multiple test at 5%.

²⁾ Not detected

물과 토코페롤 함량은 Table 3과 같다. 폴리페놀 화합물 함량은 연근, 김, 깻잎 부각에서 각각 25.59, 25.79, 44.13 mg/kg으로, 연근, 김 부각보다는 깻잎 부각에서 더 많은 양의 폴리페놀 화합물이 검출되었다. 이것은 원재료인 깻잎의 폴리페놀 화합물 함량이 데친 연근, 김보다 높았던 것에서 기인한 것으로 생각된다. 튀김유인 생 참기름의 폴리페놀 화합물 함량은 튀김 전 14.03 mg/kg에서 연근, 김, 깻잎 부각 제조를 위한 튀김 과정 후 각각 23.53, 19.91, 19.58 mg/kg로 증가하였는데, 이것은 연근, 김, 깻잎 등 원료에 함유되어 있던 폴리페놀 화합물이 튀김 과정 중 튀김유로 일부 용출된 것에서 기인한 것으로 생각된다.

연근, 김, 깻잎 부각에서는 토코페롤 이성질체 중 γ-토코페롤만이 검출되었으며, 연근, 김, 깻잎이 α-토코페롤을 함유하였음을 고려할 때 부각의 토코페롤은 튀김유인 참기름에서 대부분 유래하였음을 보여준다. 한편, 재료인 연근, 김, 깻잎에 함유되었던 알파 토코페롤이 부각에서는 검출되지 않았는데 이것은 튀김 전(참쌀풀 바르고 실온에서 건조 한 이후)과 튀김 후 부각의 지방질 함량이 각각 2.3~3.4% (data not shown), 25~64%로 튀김유인 참기름이 부각 지방질의 대부분을 차지하는 데서 기인한 것으로 사료된다. Jung L 등(2013)은 튀김유의 지방질 특성이 부각 지방질의 특성을 그대로 반영함을 보고한 바 있다. 연근, 김, 깻잎 부각의 토코페롤 함량은 각각 469.46,

354.00, 553.08 mg/kg으로, 깻잎 부각의 토코페롤 함량이 가장 높았는데, 이것은 동일 무게의 부각에 대하여 깻잎 부각의 경우 표면적이 넓어 참기름 흡수량이 많았으며 이에 의해 토코페롤 함량이 높게 검출되었을 것으로 사료된다. 참기름의 토코페롤 함량은 642.78 mg/kg에서 연근, 김, 깻잎 부각 제조를 위한 튀김 과정 후 각각 382.16, 483.76, 486.38 mg/kg으로 감소하였으며, 이것은 튀김 과정 중 기름의 산화로 인해 생성된 라디칼에 의한 토코페롤의 분해(Vaidya B와 Choe E 2011)에서 일부 기인한 것으로 생각된다.

4. 부각의 산화방지 성분과 산화방지 활성과의 관계

부각의 폴리페놀 화합물, 토코페롤 등 산화방지 성분 함량과 부각 추출물의 산화방지 활성과의 상관관계는 Table 4와 같다. 부각의 폴리페놀 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성, 환원력은 매우 높은 양의 상관관계를 보였으나(각각 $r^2=0.9580, 0.9998$), 토코페롤 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성, 환원력간의 상관관계는 매우 낮았다(각각 $r^2=0.2377, 0.1158$). 이것은 토코페롤보다는 폴리페놀 화합물이 부각의 산화 방지 활성에 더욱 긴밀하게 기여하고 있음을 의미한다. 폴리페놀 화합물 함량과 산화방지 활성과의 상관관계는 여러 논문에서 보고하였으나 (Maksimovic Z 등 2005, Lopez A 등 2011, Kwak Y 등 2013), 천연 식물 추출물의 폴리페놀 화합물 함량과 산화

Table 4. Regression analysis between antioxidant contents and DPPH radical scavenging activity or reducing power of lotus root, dried laver and perilla leaf *bugak*

		Regression parameters ¹⁾					
		DPPH radical scavenging activity			Reducing power		
		a	b	r^2	a	b	r^2
Antioxidants	Polyphenols	0.0233	-1.04	0.9580	0.0003	0.0718	0.9998
	Tocopherols	0.0684	-17.48	0.2377	0.0005	0.0202	0.1158

¹⁾ DPPH radical scavenging activity (%) or reducing power = a × antioxidant contents (mg/kg) + b, r^2 = determination coefficient

방지 활성 간에 일관된 상관관계를 확인할 수 없었다는 보고(Son HK 등 2008, Kim EJ 등 2012, Oh SJ 등 2013)도 있어 이들 폴리페놀 화합물과 *in vitro* 산화 방지 활성 사이의 심도 있는 연구가 요구된다.

IV. 요약

참쌀풀과 생참기름을 이용한 전통적인 방법으로 제조한 연근, 김, 깻잎 부각의 산화방지활성과 산화방지 성분을 평가하였다. 깻잎 부각이 가장 높은 라디칼 소거 활성과 환원력을 보였으며 연근 부각의 활성이 가장 낮았는데 부각 원료인 데친 연근, 김, 깻잎의 활성과 동일한 순서이었다. 폴리페놀 화합물 함량은 연근, 김 부각보다는 깻잎 부각에서 더 높았고, 부각의 토크페롤은 대부분 튀김유인 참기름에서 유래하였다. 부각의 산화 방지 활성은 폴리페놀 화합물 함량과 높은 상관관계를 보였으나 토크페롤 함량과의 상관관계는 매우 낮아 폴리페놀 화합물이 부각의 산화 방지 활성에 더욱 긴밀하게 기여하고 있음을 의미하였다.

References

- Ahmed FA, Ali RFM. 2013. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. *BioMed Research International*. Article ID 367819, 9 pages (<http://dx.doi.org/10.1155/2013/367819>)
- Borchani C, Besbes S, Blecker C, Attia H. 2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *J Sci Tech* 12:585-596
- Cho SI, Kim HW. 2003. Beneficial effect of *Nodus neoumbinis nhizomatis* extracts on cisplatin-induced kidney toxicity in rats. *Korean J Herbology* 18(4):127-134
- Choi HM, Sim CH, Shin TS, Bing DJ, Chun SS. 2011. Quality characteristics of *Kimbugak* with sea tangle powder. *Korean J Food Nutr* 24(3):434-441
- Elleuch M, Besbes S, Roiseux O, Blecker C. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chem* 103(2):641-650
- Isabelle M, Lee BL, Lim MT, Koh WP, Huang DJ, Ong CN. 2010. Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chem* 120(4):993-1003
- Jung L, Song Y, Chung L, Choe E. 2013. Characteristics on lipid and pigments of lotus root, dried laver, and perilla leaf *bugak* (Korean fried cuisine) made by Korean traditional recipe. *Korean J Food Cook Sci* 29(6):805-814
- Kim EJ, Choi JY, Yu M, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Tech* 44(3):337-342
- Kim JH, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powders and ethanol extracts of *Perilla frutescens*, *Artemisia princeps* var. *orientalis* and *Aster scaber* on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutr* 32(5):540-551
- Kim M, Hong SH, Chung L, Choe E, Song Y-O. 2014. Development of Lotus Root Bugak with Plasma Lipid Reduction Capacity by Addition of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* or Green Tea as a Coloring Agent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(3):333-340
- Ko BS, Jun DW, Jang JS, Kim JH, Park S. 2006. Effect of *Sasa Borealis* and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion *in vitro*. *Korean J Food Sci Technol* 38(1): 114-120
- Ko YR, Shon MY, Wang SB, Lee KS, Kang SK, Park SK. 2009. Nutritional components, texture, and antioxidant properties of lactic acid bacteria-fermented *Yakchobugak* with addition of agro-food products. *Korean J Food Preserv* 16(3):405-411
- Kwak Y, Ki S, Noh EK, Shin HN, Han Y, Lee Y, Ju J. 2013. Comparison of Antioxidant and Anti-proliferative Activities of Perilla (*Perilla frutescens* Britton) and Sesame (*Seasamum indicum* L.) leaf extracts. *Korean J Food Cook Sci* 29(3): 241-248
- Lee JJ, Ha JO, Lee MY. 2007. Antioxidative activity of lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) extracts. *J Life Sci* 17(9): 1237-1243
- Lee JM, Kim JA, Lee JM. 2002. Sensory and physicochemical attributes of Boogags using Mulberry leaf. *Korean J Dietary Culture* 17(2):103-110
- Lee KI, Rhee SK, Park KY, Kim JO. 1992. Antimutagenic compounds identified from perilla leaf. *J Korean Soc Food Nutr* 21(3):302-307
- Li L, Chen CYO, Chun HK, Cho SM, Park KM, Lee-Kim YC, Blumberg JB, Russel RM, Yeum KJ. 2009. A fluorometric assay to determine antioxidant activity of both hydrophilic and lipophilic components in plant foods. *J Nutr Biochem* 20(3):219-226
- López A, Rico M, Rivero A, Suárez de Tangil M. 2011. The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts. *Food Chem* 125(3):1104-1109
- Maksimović Z, Malenčić D, Kovačević N. 2005. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Biores Technol* 96(8):873-877
- Oh SJ, Kim JI, Kim HS, Son SJ, Choe EO. 2013. Composition and antioxidant activity of dried laver, Dolgim. *Korean J Food Sci Technol* 45(4):403-408
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction. Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44:307-315
- Park BH, Choi HK, Cho HS. 2001. A study on the oxidative stability and quality characteristics of *kimbugak* made of aqueous green tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(3):557-564
- Park JI, Chung GH, Kim BS, Hur JH. 1994. A study on the pre-

- paration of boogags by traditional methods and improvement of preservation. *J Korean Soc Food Nutr* 23(6):986-993
- Park SH, Shin EH, Koo JG, Lee TH, Han JH. 2005. Effects of *Nelumbo nucifera* on the regional cerebral blood flow and blood pressure in rats. *J East Asian Soc Dietary Life* 15(1): 49-56
- Ross CF, Hoyer C Jr, Fernandez-Plotka VC. 2011. Influence of heating on the polyphenolic content and antioxidant activity of grape seed flour. *J Food Sci* 76(6):C884-C890
- Son HK, Lee YS, Park YH, Kim MJ, Lee KA. 2008. Physico-chemical properties of Gugija (*Lycii fructus*) extracts. *Korean J Food Cook Sci* 24(6):905-911
- Sridhar KR, Bhat R. 2007. Lotus-a potential nutraceutical source. *J Agric Technol* 3(1):143-155
- Vaidya B, Choe E. 2011. Effects of seed roasting on tocopherols, carotenoids, and oxidation in mustard seed oil during heating. *J Am Oil Chem Soc* 88(1):83-90
- Wong KH, Cheung PCK. 2001. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds Part II. *In vitro* protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chem* 72(1):11-17
- Yang SY, Kang JH, Lee KW. 2013. Protective effect of functional *Perilla frutescens* hot-water extract against *tert*-butyl hydroperoxide-induced liver oxidative damage in rats. *J Fd Hyg Safety* 28(2):146-151

Received on Dec.9, 2014/ Revised on Dec.15, 2014/ Accepted on Dec.15, 2014