

숙성 조건에 따른 흑생강의 이화학적 특성 및 항산화 활성

이수정^{1,2} · 류지현³ · 남수진¹ · 구옥경^{1,2,*}

¹경상대학교 식품영양학과, ²경상대학교 농업생명과학연구원, ³양산부산대학교병원 의생명융합연구원

A study on the physicochemical properties and antioxidant activities of aged ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) during the aging process

Soo Jung Lee^{1,2}, Ji Hyeon Ryu³, Soo Jin Nam¹, and Ok Kyung Koo^{1,2,*}

¹Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University

³Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital

Abstract The physicochemical properties and antioxidant activities of aged ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) were investigated every four days during the twenty days of aging process and compared with fresh ginger. Browning intensity and redness value were significantly increased compared to fresh ginger; however, lightness and yellow values were significantly decreased. Total sugar content was the highest during the second step and decreased significantly after the third step. The content of gingerol decreased with aging whereas 6-shogaol increased from 17.7 to 34.1 times the baseline. Total phenolic and flavonoid contents were the highest during the second step and decreased in the subsequent steps. The radical scavenging activities and reducing power were the highest during the second and third steps, respectively, and then they gradually decreased. The antioxidant activities of aged ginger during the aging process showed a high correlation with browning intensity, 6-shogaol, total sugar, and total phenolic content. Therefore, our study suggested that aging during the second and third steps were effective in optimizing antioxidant activity.

Keywords: aged ginger, gingerol, shogaol, total phenol, antioxidant activities

서 론

생강(*Zingiber officinale* Roscoe)은 다년생의 열대 아시아 지역이 원산지인 허브작물로서 근경 부위의 특이한 매운맛과 향으로 우리나라에서는 예로부터 향신료, 김치의 부원료, 각종 한식 요리 및 한과류 등에 다양하게 사용되어 왔다. 그 외에도 생강은 건위, 발한 등의 약리작용, 식욕증진 및 소화촉진 효과가 있어 기능성 식품소재로 폭넓게 이용되고 있다(Jo 등, 2011; Lim 등, 2007). 생강의 재배는 토양의 산도가 pH 6 이상, 18°C 이상의 기온에 적합하며, 저장 시에는 18°C 이상일 경우 연화, 발아 및 표면 건조가 초래되며 10°C 이하에서는 저온 장해가 발생하여 저장과 유통이 어렵고 영양소의 손실도 큰 작물에 속한다(Sung, 2010). 또한 최적의 저장 조건은 10-15°C, 상대습도 80-90%로 장시간 저장 및 유통하는 것이 매우 어려운 실정이며(Connell, 1970), 국내의 향신채소 중 생산량은 미미하나 시장규모가 상당히 크고 재배면적 대비 수익성이 높은 작물이므로 생강의 영양성분 및 품질의 유지, 기능성 증대를 위한 가공방법의 개발이 지속적으로 필요하다고 생각된다.

식물류는 일반적으로 저장이나 유통 기간이 짧아 이를 연장하고 품질을 유지하기 위한 다양한 방법이 적용되고 있는데, 특히 고온의 열처리에 의한 숙성 과정은 원료 고유의 물성이나 영양소의 손실 등이 불가피하나 열처리에 의해 새로운 성분이 생성되거나 관능적인 특성의 변화로 기호도가 높고 섭취가 용이해지므로 원료에 비해 섭취량이 증가된다고 알려져 있다(Lee 등, 2015). 고온의 열처리된 식물류로 홍삼 및 흑마늘이 알려져 있으며, 이들은 고온 숙성에 의해 원료 대비 갈변물질 및 생리활성 성분의 증가 또는 새로운 유용물질의 생성으로 기능성이 증대되는 것으로 보고되어 있다(Kim 등, 2011; Kang 등, 2011). 이외에도 이러한 숙성 과정을 통한 기능성 향상과 관련한 연구로 50-90°C 범위의 온도조건에서 200시간 숙성시킨 흑마늘(Shin 등, 2008), 온도별로 72시간 숙성한 흑양파(Yang과 Park, 2011), 60°C에서 15일간 증숙 후 30°C에서 3시간 건조시킨 흑도라지(Lee 등, 2013b), 50°C에서 7일간 숙성시킨 흑대추(Hong 등, 2012), 각각 다른 온도와 시간으로 숙성시킨 흑도라지(Jeon 등, 2016) 등이 보고되어 있다. 한편 생강의 열처리에 관한 연구로는 원료 대비 유효성분의 함량 및 항산화 활성의 증대(Lee 등, 2012; Seo와 Kim, 2018), 열풍 및 동결 건조된 흑생강 분말의 이화학적 특성 및 항산화 활성(Kim 등, 2018), 흑생강의 shogaol 함량 증대를 위한 가열조건의 최적화(Park 등, 2014), 라디칼 소거활성이 최적화된 흑생강의 제조(Ban 등, 2010) 등에 관한 연구가 보고된 바 있다.

생강 중에 shogaol은 gingerol에 비해 극소량으로 존재하며 자극성은 적으나, 가공 및 저장 시 gingerol로부터 탈수과정에 의해 생성되는데, 가공 시 온도가 높을수록 빠르게 전환되는 것으로

*Corresponding author: Ok Kyung Koo, Department of Food and Nutrition Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 52828, Korea

Tel: +82-55-772-1441

Fax: +82-55-772-1439

E-mail: okoo@gnu.ac.kr

Received September 9, 2020; revised October 22, 2020;

accepted October 22, 2020

알려져 있다(Park 등, 2014). 고온의 열처리에 의한 흑생강의 제조는 원료의 저장 기간 연장 뿐 아니라 품질 향상 및 생리활성 성분의 증대로 기능성 식품소재로 활용도를 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다. 그러므로 유효성분의 함량 및 생리활성이 최적화된 흑생강을 제조하기 위한 표준화된 공정이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 생강을 이용하여 숙성 온도 및 시간의 변화에 따라 5단계로 구분하여 각 단계별 제조된 흑생강의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 원료 생강과 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 흑생강의 제조

경북 안동에서 재배한 생강을 (주)남해군후마늘에서 흑생강으로 제조한 것을 제공받아 실험에 사용하였다. 흑생강의 숙성은 표면의 이물질을 세척한 후 껍질째 5kg씩 2겹의 폴리에틸렌으로 밀봉하여 항온기(CEP-220N, Shinhung, Cheongju, Korea)에서 온도를 조정하여 20일동안 진행되었다. 숙성 흑생강 시료는 온도의 변화에 따라 5단계로 구분하여 각 단계별로 채취되었으며, 각 숙성 단계는 1단계(80°C, 1-4일), 2단계(75°C, 5-8일), 3단계(70°C, 9-12일), 4단계(80°C, 13-16일) 및 5단계(65°C, 17-20일)로 구분하였다. 각 단계에서 얻은 흑생강은 실온으로 냉각한 후 마쇄하여 -40°C에 보관해 두고 실험에 사용하였다.

수분 정량, 갈색도 및 색도 측정

원료 생강 및 흑생강의 수분 함량은 105°C 상압가열건조법에 의해 측정하였다. 갈색도는 마쇄한 시료에 80% 메탄올을 가하여 2% 추출액으로 제조한 후 시료 무침가구를 대조로 하여 분광광도계(U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)로 420 nm에서 흡광도를 측정하여 그 값으로 나타내었다. 색도는 마쇄한 시료를 원형의 dish (Φ60 mm×15 mm)에 편평하게 채운 후 색차계(CR 301, Minolta Co., Osaka, Japan)로 표면색을 측정하였다. 이때 표준색판의 L값은 98.94, a값은 0.03, b값은 0.10였다.

총당 및 환원당 정량

마쇄된 시료 2g에 증류수를 가하여 30분간 초음파 추출(U105, Lab Korea, Gongju, Korea)한 다음 여과하여 시료액을 얻었다. 총당은 시료액 1mL에 5% 페놀 시약 1mL, 진한 황산 5mL를 차례로 혼합하여 30분간 실온에서 반응시킨 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다(Dubois 등, 1956). 환원당은 DNS법(Miller, 1959)에 따라 상기의 시료액 1mL에 DNS시약 3mL를 가한 후 100°C의 수욕상에서 10분간 반응시킨 후 냉각하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당 및 환원당 함량은 glucose (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 작성한 검량선에 의해 계산하였다.

유기산 정량

마쇄된 시료 2g에 3차 증류수를 가하여 30분간 초음파 추출하였으며 추출액을 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 IC (ion chromatography, ICS-2100, Dionex, USA)로 분석하였다. 칼럼은 Ionpac ICE-AS6 (9250 mm, Dionex)를 사용하였으며, 온도는 19°C로 조정하였다. Suppressed conductivity 검출기를 이용하였으며, suppressor는 MMS-ICE II (4 mm), 이동상은 5 mM의 tetrabutylammonium hydroxide (TBAH)를 함유한 0.4 mM의 heptafluorobutyric acid를 1.0 mL/min의 속도로 유지하였으며, 시료 주입량은 25 μL로 하였다. 유기산 함량은 유기산의 표준물질을 시

료와 동일한 조건에서 분석하여 머무름 시간을 비교하여 동정하였으며, 검량곡선으로부터 계산하였다.

Gingerol 및 shogaol 정량

생강 및 숙성 흑생강의 gingerol 및 shogaol 함량은 Lee 등 (2012)의 방법을 개량하여 마쇄된 시료 2g에 80% 메탄올을 가하여 20 mL로 정용한 후 초음파 추출하였으며, 이를 0.45 μm membrane filter로 여과시켜 HPLC (1100 series LC system, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 ProntoSIL C₁₈ SH (4.6×250 mm, 5 μm), 이동상 용매는 acetonitrile과 3차 증류수를 사용하여 gradient mode로 60:40 (v/v)에서 97:3 (v/v)으로 1 mL/min의 유속으로 40분간 용출시켰다. 오븐 온도는 30°C, 시료액은 20 μL를 주입하였으며, diode array detection 검출기로 282 nm에서 측정하였다. 분석 표준물질로써 6-, 8-, 10-gingerol 및 6-shogaol (Sigma-Aldrich Co.)은 시료와 동일 조건에서 분석하여 검량선에 따라 계산하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 정량

생강 및 숙성 흑생강의 총 페놀 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger, 1981)에 따라 시료 5g을 80% 메탄올로 50 mL가 되도록 정용한 후 초음파 추출하였다. 시료액 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 0.5 mL, 10% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 차례로 넣고 5초간 혼합한 다음 실온의 암실에서 1시간 동안 반응시켜 시료 무침가구를 대조로 하여 760 nm에서 microplate reader (UVM - 340, ASYS Hitech GmbH, Tokyo, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 플라보노이드 함량은 상기의 시료액 1 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 차례로 혼합한 후 실온의 암실에서 40분간 반응시키고 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(Moreno 등, 2000). 시료의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 표준물질로써 각각 gallic acid 및 quercetin (Sigma-Aldrich Co.)을 시료와 동일하게 분석하여 얻은 검량선으로부터 산출하였다.

항산화 활성 측정

생강 및 숙성 흑생강의 항산화 활성은 시료의 80% 메탄올 추출액을 200 μg/mL로 조정하여 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) 라디칼 소거활성과 ferric-reducing antioxidant potential (FRAP)법에 의한 환원력으로 각각 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 96 well plate에서 DPPH 용액(5 mg/100 mL methanol) 100 μL와 동량의 시료액을 혼합한 후 실온에서 10분 반응시켜 microplate reader로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM의 ABTS 수용액에 potassium persulfate를 2.6 mM가 되도록 용해시킨 후 4°C의 암실에서 12-16시간 반응시킨 다음 415 nm에서 흡광도를 1.5±0.05로 조정된 ABTS 기질용액을 사용하였다. 이 기질용액 100 μL에 시료액 50 μL를 혼합하여 5분간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re 등, 1999). 라디칼 소거활성은 시료 무침가구에 대한 시료 침가구의 흡광도 비(%)로 계산하였다. 환원력은 300 mM의 acetate 완충용액(pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ, Sigma-Aldrich Co.) 용액 및 20 mM의 FeCl₃·6H₂O (Sigma-Aldrich Co.) 용액을 각각 10:1:1(v/v/v)로 혼합하여 실험 직전에 37°C로 조정된 것을 기질용액으로 사용하였다. 96 well plate에서 시료액 40 μL, FRAP 기질용액 100 μL 및 증류수 40 μL를 차례로 혼합하여 37°C의 항온기에서 4분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료의 환원력은 FeSO₄·7H₂O

(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 하여 얻은 검량선으로부터 계산하였다(Benzie와 Strain, 1996).

통계분석

실험결과는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 산출하였으며, 처리구별 유의성 검정은 일원배치분산분석(one-way analysis of variance)을 하여 $p<0.05$ 의 유의수준에서 Duncan's multiple range tests로 사후검정을 하였다. 또 유효성분과 항산화 활성간의 상관관계를 알아보기 위해 Person correlation 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

수분 함량, 갈색도 및 색도

원료 생강을 향온기에서 20일간 숙성하는 동안 온도의 변화에 따라 5단계로 구분하여 얻은 흑생강에서 수분 함량, 갈색도 및 색도를 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은 원료 생강에서 91.03%였으나, 숙성 기간이 경과됨에 따라 유의적으로 감소되는 경향이였다. 숙성 1-3단계에서 흑생강의 수분 함량은 89.82-89.16%로 원료 생강에 비해서는 유의적으로 감소되었으나, 숙성 기간의 경과에 따른 유의차는 없었다. 숙성 4단계 이후에는 88.50-87.82%로 숙성 1-2단계에 비해서는 유의적으로 감소된 수준이였다.

흑생강의 갈색도는 숙성 기간이 경과됨에 따라 원료 생강에 비해 유의적으로 증가되는 경향이였으나, 숙성 1-3단계에서 시료간에 유의차는 없었다. 숙성 4단계에서는 향온기의 온도가 80°C로 승온됨에 따라 유의적으로 증가되는 현상을 보였으나, 숙성 5단계에서 온도가 낮아져도 갈색도에는 유의차를 보이지 않았다. 흑생강의 색도는 원료 생강에 비해 숙성되는 동안 명도(L)와 황색도(b)가 유의적으로 감소된 반면, 적색도(a)는 유의적으로 증가되는 경향이였다. 전체적인 색차(ΔE)는 원료 생강에 비해 흑생강으로 숙성됨에 따라 유의적으로 감소되었으며 특히 숙성 3단계에서 흑생강의 ΔE값이 50.61이었는데, 이는 숙성 2-5단계의 시료와 비교해 볼 때 ±3이내의 값에 해당되어 시료간에 유의차는 있으나, 현저한 색차는 아닌 것으로 생각된다(Kang 등, 2002).

스테인레스스틸 용기를 사용하여 50-90°C의 범위로 200시간 숙성된 흑마늘의 수분 함량은 숙성 시간이 경과됨에 따라 점차 감소되었으며(Shin 등, 2008), 향온항습기에서 제조된 홍마늘의 경우 시료가 열에 직접적으로 노출되어 생마늘에 비해 수분 함량이 48% 감소되었다는 보고(Kang 등, 2011)로 볼 때 본 연구에서 흑생강의 수분 함량은 소요된 숙성 기간에 비해서는 두드러진 감소를 보이지 않았다. 이러한 이유는 제조 과정 시 포장재 및 용기의 차이, 원료의 크기, 포장 단위당 원료의 함량 등 제조 방법

Table 2. Total sugar and reducing sugar contents in aged ginger during aging process

Aging conditions *	Total sugar contents (mg/100 g)	Reducing sugar contents (mg/100 g)
Fresh	306.3±7.19 ^a	142.7±1.38 ^a
Step 1	367.8±1.53 ^b	154.3±4.11 ^b
Step 2	459.5±4.67 ^c	226.7±1.85 ^c
Step 3	435.0±4.39 ^d	248.4±3.43 ^d
Step 4	395.8±5.82 ^c	252.7±5.15 ^{de}
Step 5	395.3±5.40 ^c	257.9±1.27 ^e

*Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days
All values are mean±SD (n=3)

^{a-e}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range tests.

의 차이 때문이라 생각된다.

가열 숙성기에서 온도의 변화에 따라 제조된 흑마늘은 숙성 기간이 길어짐에 따라 갈색도가 점차적으로 증가하였으며(Shin 등, 2008), 60, 70 및 80°C에서 50일간 숙성된 도라지의 갈색도는 80°C에서 15일 이상, 70°C에서는 30일 이상 숙성 시에 두드러진 증가현상을 보였으나(Lee 등, 2013b), 숙성된 흑토란 중 갈색 물질은 고온에서 오히려 감소되었다는 보고도 있다(Jeon 등, 2016). 또한 80°C에서 10, 20, 30일간 숙성시킨 생강(Lee 등, 2012)과 121°C에서 30분간의 증숙과 60°C에서 12시간 건조가 반복된 생강(Yang 등, 2017)에서 명도(L)와 황색도(b)는 낮아지고 적색도(a)가 증가되었다는 결과는 본 연구와 유사한 경향이였다. 고온의 열처리에 의해 식물체 중에 생성된 melanoidin은 가공 시료의 색도에 직접적인 영향을 줄 뿐만 아니라 유리 라디칼의 소거에 의한 항산화 활성에도 기여하는 것으로 알려져 있어(Song 등, 2013), 본 연구에서 제조된 흑생강도 항산화 활성의 발현에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다.

총당 및 환원당 함량

흑생강의 숙성 단계별 총당 및 환원당 함량의 변화를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 총당 및 환원당 함량은 원료 생강에 비해 각각 1.2-1.5배, 1.1-1.8배 증가되어 흑생강에서 유의적으로 많았다. 총당은 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었으나, 숙성 3단계 이후부터는 유의적으로 감소되는 경향이였다. 환원당은 숙성 단계가 경과될수록 유의적으로 증가되는 경향이였다.

식물체에서 고온에 의한 숙성 과정 중 갈변화는 당과 아미노기의 반응(Maillard reaction)으로 형성되며(Chandra 등, 2008), 이

Table 1. Moisture content, browning intensity and color value of aged ginger during aging process

Aging conditions*	Moisture content (%)	Browning intensity in 420 nm	Hunter's color value			
			L	a	b	ΔE
Fresh	91.03±0.54 ^d	0.295±0.016 ^a	65.58±0.81 ^a	-2.22±0.10 ^a	30.91±0.42 ^d	72.53±0.86 ^f
Step 1	89.82±0.36 ^c	0.345±0.004 ^{bc}	48.84±0.89 ^d	6.30±0.09 ^b	27.87±0.93 ^c	56.59±0.85 ^e
Step 2	89.64±0.54 ^c	0.454±0.012 ^{cd}	45.23±1.59 ^e	6.75±0.35 ^c	27.24±0.61 ^c	53.24±1.53 ^d
Step 3	89.16±0.46 ^{bc}	0.443±0.011 ^c	43.43±0.88 ^b	7.80±0.28 ^d	24.80±0.35 ^b	50.61±0.87 ^e
Step 4	88.50±0.65 ^{ab}	0.455±0.010 ^d	42.86±0.54 ^b	7.99±0.43 ^d	22.11±1.61 ^a	48.90±1.03 ^b
Step 5	87.82±0.44 ^a	0.471±0.001 ^d	41.60±0.54 ^a	8.88±0.08 ^e	21.16±0.08 ^a	47.51±0.48 ^e

*Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days

All values are mean±SD (n=5)

^{a-f}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range tests.

Table 3. Organic acid contents in aged ginger during aging process

Aging conditions*	Organic acids (mg/100 g)					
	Oxalic acid	Maleic acid	Citric acid	Malic acid	Glycolic acid	Lactic acid
Fresh	198.1±17.33 ^{NS}	5.60±0.45 ^a	109.2±0.69 ^e	73.18±0.95 ^a	-	4.28±0.72 ^a
Step 1	193.8±27.30	5.77±1.13 ^a	84.33±2.15 ^b	83.95±4.59 ^b	2.97±2.05 ^a	18.48±1.07 ^c
Step 2	214.4±25.16	7.51±0.59 ^b	85.50±1.29 ^{bc}	83.44±2.45 ^b	3.67±0.47 ^a	17.00±0.82 ^c
Step 3	195.6±24.69	6.37±1.16 ^a	88.54±1.68 ^d	79.56±4.23 ^b	5.84±2.11 ^b	14.19±2.33 ^b
Step 4	205.2±19.44	6.40±1.23 ^a	86.81±1.40 ^c	81.20±3.76 ^b	6.48±2.26 ^b	13.71±1.13 ^b
Step 5	154.7±28.09	6.06±0.91 ^a	68.18±1.01 ^a	72.22±3.21 ^a	9.24±2.31 ^c	16.52±0.29 ^c

*Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days
All values are mean±SD (n=4)

^{a-c}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range tests.

NS; not significant

-; not determined

Table 4. Gingerol and shogaol contents in aged ginger during aging process

Aging conditions*	6-Gingerol (µg/g)	8-Gingerol (µg/g)	10-Gingerol (µg/g)	6-Shogaol (µg/g)
Fresh	750.0±7.46 ^e	121.2±1.93 ^e	250.2±3.01 ^f	11.08±2.36 ^a
Step 1	440.6±12.87 ^d	91.45±9.48 ^d	214.7±9.97 ^e	204.4±0.86 ^c
Step 2	435.4±8.80 ^d	89.83±1.95 ^d	204.2±3.08 ^d	378.3±1.15 ^f
Step 3	143.2±4.26 ^c	32.60±1.44 ^c	92.29±4.28 ^c	319.0±7.02 ^e
Step 4	76.69±1.91 ^b	21.71±1.02 ^b	62.64±2.45 ^b	265.6±5.50 ^d
Step 5	41.46±4.16 ^a	10.05±0.87 ^a	37.96±2.83 ^a	195.6±5.45 ^b

*Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days
All values are mean±SD (n=6)

^{a-f}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range tests.

때 환원당이 주로 관여하게 되며 비환원당은 분해되어 환원당으로 전환됨으로써 갈변화가 지속적으로 이루어지게 된다(Bae와 Kim, 2002). 60°C에서 15일간 증숙된 흑도라지는 비숙성 도라지에 비해 환원당 함량이 6배 증가되었는데, 이는 증숙 과정 중 시료의 탄수화물이 분해된 결과로 보고된 바 있다(Lee 등, 2013b). 또한 85-95°C에서 20-60시간동안 숙성된 흑도라지는 비숙성 도라지에 비해 숙성 온도가 높고 시간이 길어질수록 총당 함량이 증가되었다고 보고되어 있다(Jeon 등, 2016).

흑생강의 숙성 중 총당의 감소와 환원당의 증가는 원료 중에 함유된 비환원성 당류의 분해로 추정될 수 있으며, 이로 인해 흑생강이 갈색화되고 감미가 증가되는 것으로 생각된다.

유기산 함량

흑생강의 숙성 단계별 유기산 함량 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 생강 중 유기산은 총 6종이 검출되었으며, oxalic acid가 154.7-214.4 mg/100 g으로 여타의 유기산에 비해 가장 많은 함량이었으나 숙성 기간의 경과에 따른 유의차는 없었다. Maleic acid는 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었으나, 숙성 전후 유의차를 보이지 않았다. Citric acid는 원료 생강(109.2 mg/100 g)에 비해 숙성 흑생강에서 유의적으로 감소되었으며, malic acid는 숙성 1-4단계에서 79.56-83.95 mg/100 g으로 비슷한 함량이었으나, 원료 생강에 비해서는 유의적으로 증가된 수준이었다. Glycolic acid 및 lactic acid 함량은 원료 생강에 비해 숙성 흑생강에서 유의적으로 증가된 경향이었다.

열처리에 의해 숙성된 홍마늘에서 유기산은 citric acid와 malic acid가 유의적으로 감소되었으며, lactic acid와 succinic acid는 유의적으로 증가되어 원료 마늘에 비해 숙성 홍마늘에서 유기산의 총 함량은 증가되었다고 보고되어 있다(Kang 등, 2011). 고온 숙

성된 흑도라지는 원료에 비해 유기산의 함량이 유의적으로 증가되었는데, 지속적인 열처리에 의해 이당류 및 단당류가 HMF, furfural 및 5-methyl furfural 등과 유기산으로 분해되었기 때문이라고 보고되어 있다(Lee 등, 2013a). 특히 생강의 가공 중 유기산 함량의 감소는 환원당이 furfural로 분해되는 과정에서 촉매 역할을 하며, 갈색화 반응 생성물과 공중합하기 때문이라는 보고도 있다(Babsky 등, 1986). 따라서 본 연구에서도 흑생강 중 glycolic acid와 lactic acid는 증가되었으나, oxalic acid와 citric acid의 감소 폭이 더 컸기 때문에 숙성 흑생강에서 유기산 함량은 더 많은 것으로 판단된다.

Gingerol 및 shogaol 함량

흑생강의 숙성 단계별 6-, 8- 및 10-gingerol과 6-shogaol의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 원료 생강 및 흑생강에서 6-gingerol의 함량이 가장 많았으며, 이는 숙성 기간이 경과됨에 따라 유의적으로 감소되어 원료 생강에 비해 숙성 1단계에서는 41.3%, 숙성 5단계에서는 90% 이상 감소됨을 보였다. 8- 및 10-gingerol도 원료 생강에 비해 숙성 1단계에서 24.6% 및 14.2%로 유의적인 감소를 보였으나, 6-gingerol에 비해서는 감소폭이 적었다. 6-Shogaol은 흑생강으로 숙성됨에 따라 17.7-34.1배의 증가 현상을 보였으며, 특히 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었다. 하지만 숙성 3단계 이후 유의적으로 감소되어졌으나, 최종단계인 숙성 5단계에서도 원료 생강에 비해서는 17.7배 높은 수준이었다.

생강에서 gingerol과 shogaol은 매운맛 성분으로 gingerol은 인 지질 산화를 억제시키는 항산화 활성 물질로서(Aeschbach 등, 1994) zingerone 및 shogaol로 전환되는 특성이 있다. 특히 pH가 산성이거나 온도가 높을수록 shogaol로 전환이 촉진되어지는데, 6-shogaol은 6-gingerol에 비해 항산화, 항염증 및 항암 등의 효과

Table 5. Total phenolic and flavonoids contents in aged ginger during aging process

Aging conditions*	Total phenolic content (GAE mg/100 g)	Flavonoids content (QE mg/100 g)
Fresh	58.97±2.50 ^a	13.23±2.45 ^a
Step 1	74.71±3.01 ^b	17.04±2.94 ^b
Step 2	83.37±1.44 ^d	22.40±0.90 ^c
Step 3	79.57±1.23 ^c	18.60±1.02 ^b
Step 4	75.39±1.44 ^b	17.01±1.35 ^b
Step 5	77.95±1.90 ^{bc}	17.04±1.50 ^b

*Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days
All values are mean±SD (n=3)

^{a-d}Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range tests.

가 우수한 것으로 알려져 있다(Dugasani 등, 2010).

생강을 80°C의 항온항습기에서 숙성시키는 동안 6-shogaol은 숙성 30일경에 원료 생강에 비해 약 4.1배 증가되었다는 보고가 있는데(Lee 등, 2012), 본 연구에서는 이보다 월등히 높은 수준으로 6-shogaol 함량이 증가됨을 확인하였다. 원료 생강을 100°C에서 1시간, 120°C에서 0.5-6시간 숙성시키는 과정 중 4시간까지는 6-gingerol이 감소, 6-shogaol은 증가되는 경향이었으나, 그 후에는 오히려 두 성분 모두 감소되어졌다는 보고가 있다(Cheng 등, 2011). 또한 생강을 증숙과 건조를 반복하면서 숙성시킨 경우에도 6- 및 8-gingerol의 함량은 감소되나, 6-shogaol은 오히려 증가되는 경향이었으며, 지나친 숙성 시 오히려 이들 성분이 감소되었다는 보고(Yang 등, 2017)는 본 연구와 일치하는 결과였다.

더욱이 고온의 지속적인 열처리에 의해 6-shogaol이 증가되었다가 감소되는 현상을 보이는 것은 지나친 열처리로 인한 shogaol의 중합반응때문이라고 알려져 있다(Connell과 Sutherla, 1969). 따라서 본 연구결과 흑생강의 가공 시 gingerol에 의한 매운맛 감소와 shogaol의 증대 측면에서 볼 때 2-3단계 정도의 숙성 조건이 적절할 것으로 예상된다.

흑생강의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

흑생강의 숙성 단계별 총 페놀 및 플라보노이드의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 총 페놀 함량은 원료 생강

(58.97 GAE mg/100 g)에 비해 숙성 2단계까지 증가되었다가 그 이후 감소되었으나, 숙성 5단계에서 총 페놀 함량은 숙성 3-4단계와 유의차를 보이지 않았다. 플라보노이드 함량은 원료 생강(13.23 QE mg/100 g)에 비해 흑생강에서 유의적으로 증가됨을 보여 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었으나, 숙성 3-5단계와 숙성 1단계의 흑생강에서 플라보노이드 함량간에는 유의차가 없었다.

천연식물에서 열처리에 의한 페놀 화합물의 함량 차이는 고온으로 인한 식물 세포벽의 파괴로 유효성분의 분리가 용이해졌기 때문이라는 보고가 있다(Peleg 등, 1991). 흑마늘은 50-90°C에서 200시간 숙성되는 동안 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 생마늘에 비해 증가되었는데 고온 처리로 여러 화합물이 페놀성 화합물로 전환되었거나 추출이 용이해진 까닭이라 보고되어 있다(Shin 등, 2008). Yang과 Park (2011)은 항온항습기를 이용하여 70-90°C에서 72시간 숙성과 50°C에서 35일간 연속 숙성시킨 흑양파에서 원료에 비해 총 페놀 함량이 현저하게 증가되어 열처리 과정 중 조직 연화로 페놀 화합물의 추출이 용이해졌기 때문이라고 보고한 바 있다. 흑토란은 숙성 온도와 시간에 따라 총 페놀 함량이 증가되기는 하였으나, 비례적이지는 않은 경향을 보여 높은 숙성 온도가 페놀 화합물을 유리형 또는 저분자의 화합물로 전환을 촉진하기때문이라고 추정된 보고도 있다(Jeon 등, 2016).

본 연구에서 20일동안 5단계로 흑생강을 제조하는 동안 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 증가 후 다시 감소되는 경향이었으나, 숙성 전 기간에서 원료 생강에 비해서는 유의적으로 높은 수준이었다.

흑생강의 항산화 활성

흑생강의 숙성 단계별 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성 및 FRAP법에 의한 환원력을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 200 µg/mL농도의 시료액에 대한 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 원료 생강에서 각각 45.78% 및 52.29%였는데, 숙성 흑생강에서는 각각 55.12-61.96% 및 63.45-80.28%의 범위로 숙성에 의해 유의적으로 증가됨을 보였다. 환원력도 마찬가지로 원료 생강에 비해 흑생강에서 유의적으로 증가된 경향이였다. 특히 라디칼 소거활성은 숙성 2단계에서 가장 높은 활성이었으며, 환원력은 숙성 3단계에서 유의적으로 높은 활성을 보였으며, 그 이후의 숙성 단계에서는 항산화 활성이 점차적으로 감소되는 경향이였다.

생강으로부터 분획된 6-gingerol은 DPPH 라디칼 소거활성에서 ascorbic acid와 비슷할 정도였다는 보고가 있다(Lee 등, 2006). 생

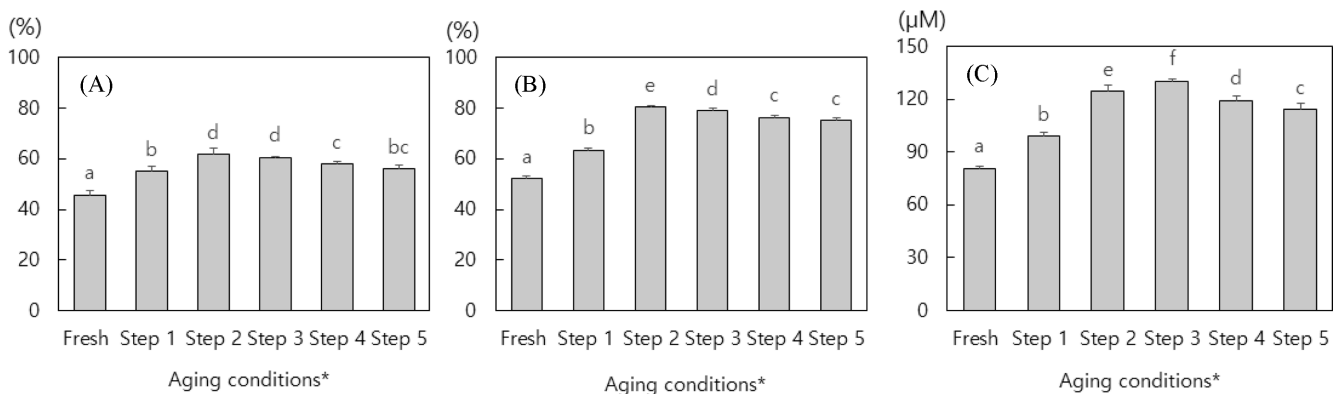


Fig. 1. Antioxidant activities in aged ginger during aging process; (A) DPPH radical scavenging activity, (B) ABTS radical scavenging activity, and (C) reducing power. *Step 1; 80°C, 1-4 days, step 2; 75°C, 5-8 days, step 3; 70°C, 9-12 days, step 4; 80°C, 13-16 days, and step 5; 65°C, 17-20 days. All values are mean±SD (n=3). ^{a-f}Means with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range tests.

Table 6. Person correlation between functional components and antioxidant activities in aged ginger during aging process

	BI	6-G	8-G	10-G	6-S	TS	RS	TPC	FC	DPPH	ABTS	RP
BI	1	-0.861*	-0.817*	-0.798	0.777	0.834*	0.970**	0.843*	0.672	0.836*	0.959**	0.909*
6-G		1	0.983**	0.964**	-0.541	-0.560	-0.897*	-0.660	-0.310	-0.647	-0.777	-0.754
8-G			1	0.996**	-0.410	-0.451	-0.890*	-0.536	-0.176	-0.524	-0.697	-0.676
10-G				1	-0.349	-0.400	-0.885*	-0.474	-0.119	-0.464	-0.659	-0.633
6-S					1	0.976**	0.666	0.945**	0.937**	0.990**	0.919**	0.927**
TS						1	0.734	0.952**	0.945**	0.974**	0.948**	0.947**
RS							1	0.717	0.511	0.736	0.903*	0.874*
TPC								1	0.901*	0.969**	0.929**	0.903*
FC									1	0.902*	0.816*	0.794
DPPH										1	0.952**	0.955**
ABTS											1	0.982**
RP												1

Significant at * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$

BI; Browning intensity, 6-G; 6-gingerol, 8-G; 8-gingerol, 10-G; 10-gingerol, 6-S; 6-shogaol, TS; total sugar, RS; reducing sugar, TPC; total phenol content, FC; flavonoid content, DPPH; DPPH radical scavenging activity, ABTS; ABTS radical scavenging activity, RP; reducing power.

강의 가공 및 저장 중에 탈수와 역알돌 축합(retro-aldol) 반응으로 생성되는 shogaol은 프로스타글란딘과 류코트리엔 합성효소 억제작용으로 항염증에 효과적이라고 알려져 있다(Wu 등, 2010). 또한 원료 및 숙성 생강 중의 생리활성 물질인 gingerol과 shogaol의 항산화 활성이 6-shogaol, 10-gingerol, 8-gingerol 및 6-gingerol의 순이었다는 보고가 있으며(Dugasani 등, 2010), 생강의 항산화 활성이 높은 이유가 시료 중의 페놀 화합물과 관련있다는 보고도 있다(Lee 등, 2014). 본 연구에서 흑생강의 라디칼 소거활성이 숙성 2-3단계에서 높았는데, 이는 총 페놀, 플라보노이드 및 6-shogaol의 함량이 숙성 2단계에서 높았던 것과 관련성이 있을 것으로 사료된다.

상관관계 분석

숙성 단계별 흑생강에서 항산화 활성과 관련된 것으로 예측되는 주요 인자간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 흑생강의 갈색도는 6- 및 8-gingerol과 유의적인 음(-)의 상관관계를 보였으나, 총당, 환원당 및 총 페놀 함량과 항산화 활성간에는 높은 양(+의 상관관계($r=0.834-0.970$))를 나타내었다. 6-Shogaol 함량은 총당, 총 페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성간에 높은 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 총당 함량은 총 페놀과 플라보노이드 함량 및 항산화 활성간에 유의적으로 높은 상관관계($p < 0.01$)였으나, 환원당 함량은 ABTS 라디칼 소거활성 및 환원력간에 상관관계($p < 0.05$)를 보였을 뿐 이외의 인자간에는 상관관계가 낮았다. 총 페놀 함량은 플라보노이드 함량과 항산화 활성간에 유의적인 양(+의 상관관계($r=0.901-0.969$))를 나타내었으나, 플라보노이드 함량은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성에서 상관관계($p < 0.05$)를 보였다.

따라서 흑생강에서 갈색도, 6-shogaol, 총당 및 총 페놀의 함량은 항산화 활성과 높은 양(+의 상관관계를 보였는데, 이는 흑마늘 가공 중 고온에 의한 Maillard 반응으로 생성된 갈변 물질이 증가될수록 페놀 화합물의 함량과 항산화 활성도 증가하였다는 보고(Shin 등, 2008)와 잘 일치하는 결과였다. 특히 6-shogaol은 생강 중 항산화, 항염증 활성과 관련된 성분으로 보고된 바(Dugasani 등, 2010), 본 연구결과 흑생강은 이들 성분에 의해 항산화 활성이 증가된 것으로 판단된다.

요 약

흑생강의 생리활성 규명을 위한 연구의 일환으로 흑생강의 제조공정을 숙성 조건에 따라 5단계로 구분하여 각 제조 단계에서 얻은 흑생강의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 원료 생강과 비교하였다. 흑생강의 갈색도와 적색도(a값)는 숙성 기간이 경과됨에 따라 원료 생강에 비해 유의적으로 증가되는 경향이었으나, 명도(L값)와 황색도(b값)는 유의적으로 감소된 경향이였다. 총당은 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었으나, 숙성 3단계 이후부터는 유의적으로 감소되는 경향이였다. 흑생강에서 숙성 기간이 경과됨에 따라 gingerol 함량은 감소되었으나, 6-shogaol 함량은 17.7-34.1배 증가되었다. 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 숙성 2단계에서 가장 높은 함량이었으며, 그 이후에는 감소되는 경향이였다. 흑생강의 라디칼 소거활성과 환원력은 각각 숙성 2단계 및 3단계에서 가장 높았으며 그 이후에는 점차 감소되는 경향이였다. 숙성단계별 흑생강의 항산화 활성은 갈색도, 6-shogaol, 총당 및 총 페놀의 함량과 높은 양(+의 상관관계를 보여 2-3단계 숙성이 항산화 활성 증대에 효과적인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0443453)의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Aeschbach R, Loliger J, Scott BC, Murcia A, Butler J, Halliwell B, Arouma OI. Antioxidant actions of thymol carbacrol 6-gingerol zingerone and hydroxytyrosol. *Food Chem. Toxicol.* 32: 31-36 (1994)
- Babsky NE, Torobio JL, Lozano JRE. Influence of storage on the composition of clarified apple juice concentrate. *J. Food Sci.* 51: 564-567 (1986)
- Bae SK, Kim MR. Effects of sodium metabisulfite and adipic acid on browning of garlic juice concentrate during storage. *Korean J. Food Cook. Sci.* 18: 73-80 (2002)
- Ban YJ, Baik MY, Hahm YT, Kim HK, Kim BY. Optimization of

- processing conditions for making a black ginger and design mixture for black ginger drinks. *Food Eng. Progr.* 14: 112-117 (2010)
- Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76 (1996)
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 119-1200 (1958)
- Chandra R, Bharagava RN, Rai V. Melanoidins as major colorant in sugarcane molasses based distillery effluent and its degradation. *Bioresour. Technol.* 99: 4648-4660 (2008)
- Cheng XL, Liu Q, Peng YB, Qi LW, Li P. Steamed ginger (*Zingiber officinale*): Changed chemical profile and increased anticancer potential. *Food Chem.* 129: 1785-1792 (2011)
- Connell DW, Sutherland MD. A re-examination of gingerol shogaol and zingerone pungent principles of ginger (*Zingiber Officinale* Roscoe). *Australian J. Chem.* 22: 1033-1043 (1969)
- Connell DW. The chemistry of the essential oil and oleoresin of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Flavour Lnd.* 1: 677-693 (1970)
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebert PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)
- Dugasani S, Pichika MR, Nadarajah VD, Balijepalli MK, Tandra S, Korlakunta JN. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. *J. Ethnopharmacol.* 127: 515-520 (2010)
- Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58: 966-968 (1981)
- Hong JY, Nam HS, Yoon KY, Shin SR. Antioxidant activities of extracts from fermented black jujube. *Korean J. Food Preserv.* 19: 901-908 (2012)
- Jeon YH, Lee JW, Yang JS, Hwang IK. Characteristics and sensory optimization of taro (*Colocasia esculenta*) under different aging conditions for food application of black taro. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 133-141 (2016)
- Jo MH, Ham IK, Lee GH, Lee JK, Lee GS, Park SK, Kim TI, Lee EM. Composition of active ingredients between field grown and *in vitro* cultured rhizome of Korean native ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Korean J. Plant Res.* 24: 404-412 (2011)
- Kang KH, No BS, Seo JH, Hu WD. *Food Analysis*. Sung Kyun Kwan University Academic Press, Seoul, Korea. pp. 387-394 (2002)
- Kang MJ, Yoon HS, Jeong SH, Sung NJ, Shin JH. Physicochemical characteristics of red garlic during processing. *Korean J. Food Preserv.* 18: 898-906 (2011)
- Kim HH, Lee SJ, Chung YH, Kim SH, Sung NJ. Physicochemical properties and antioxidant activities from hot-air and freeze dried aged black ginger (*Zingiber officinale*). *J. Life Sci.* 28: 153-161 (2018)
- Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY, Moon BD, Kim MR. Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-drying cycles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 156-162 (2011)
- Lee MH, Kim KT, Lee KH. Quality characteristics of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as the ripening periods. *J. Food Hyg. Safety* 27: 479-486 (2012)
- Lee BS, Ko MS, Kim HJ, Kwak IS, Kim DH, Chung BW. Separation of 6-gingerol from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidative activity. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 21: 484-488 (2006)
- Lee HR, Lee JH, Park CS, Ra KR, Ha JS, Cha MH, Kim SN, Choi YM, Hwang JB, Nam JS. Physicochemical properties and antioxidant capacities of different parts of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1369-1379 (2014)
- Lee GY, Son YJ, Jeon YH, Kang HJ, Hwang IK. Changes in the physicochemical properties and sensory characteristics of burdock (*Arctium lappa*) during repeated steaming and drying procedures. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 336-344 (2015)
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 422-427 (2013a)
- Lee SH, Song EM, Jang GY, Li M, Kim MY, Park HJ, Kang TS, Jeong HS. Physicochemical characteristic and antioxidant of doragi (*Platycodon grandiflorum*) at different aging temperatures and for various durations. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1405-1411 (2013b)
- Lim TS, Kwon OJ, Kwon JH, Kim HG. Monitoring of extraction yields and functional properties of ginger (*Zingiber officinale*) extracts using response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 348-354 (2007)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic and reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71: 109-114 (2000)
- Park HY, Ha SK, Choi JW, Choi HD, Kim YS, Park YK. Optimization study for the production of 6-shogaol-rich ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) under conditions of mild pressure and high temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 588-592 (2014)
- Peleg H, Naim M, Rouseff RL, Zehavi U. Distribution of bound and free phenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruit (*Citrus paradisi*). *J. Sci. Food Agric.* 57: 417-426 (1991)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Riceevans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
- Seo YH, Kim HY. Development of substitute teas using extracts of aged and fermented ginger. *J. Korean Tea Soc.* 24: 63-69 (2018)
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J. Life Sci.* 18: 1123-1131 (2008)
- Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 317-324 (2013)
- Sung KC. A study on the pharmaceutical characteristics and analysis of natural ginger extract. *J. Korean Oil Chemists' Soc.* 27: 266-272 (2010)
- Wu H, Hsieh MC, Lo CY, Liu CB, Snag S, Ho CT, Pan MH. 6-Shogaol is more effective than 6-gingerol and curcumin in inhibiting 12-O-tetradecanoylphorbol 13-acetate induced tumor promotion in mice. *Mol. Nutr. Food Res.* 54: 1296-1306 (2010)
- Yang BW, Park HS, Park JW, Baik MY, Kim BY, Kim HK, Hahm YT. Physicochemical properties of repetitive heat-treated ginger and its quantitative conversion of gingerol to shogaol. *Food Eng. Progr.* 21: 22-28 (2017)
- Yang YR, Park YK. Black onions manufactured via the browning reaction and antioxidant effects of their water extracts. *Korean J. Food Preserv.* 18: 310-318 (2011)