

원산지에 따른 커피의 이화학적 특성, 생리활성 성분 및 산화방지 활성

이경수 · 김자민¹ · 윤경영^{1,*}

영남이공대학교 관광외식학부 식음료조리계열, ¹영남대학교 식품영양학과

Physicochemical properties, bioactive composition, and antioxidant activity of different coffee beans dependent on the cultivation region

Kyung Soo Lee, Ja Min Kim¹, and Kyung Young Yoon^{1,*}

School of Tourism & Food Service, Division of Food, Beverage & Culinary Art, Yeungnam University College

¹Department of Food and Nutrition, Yeungnam University

Abstract Five types of coffee bean, which are usually imported and consumed in Korea, were roasted at 250°C for 15 min and extracted by using a filter coffee machine. The physicochemical properties, functional components, and radical scavenging activity of coffee bean extracts were investigated. The pH of extract was the highest among the extracts and the soluble solid contents of extracts were 0.9-1.0°Bx. The acidity of the extracts was in the range from 0.46-0.55%, which was not significantly different from the control. Indonesian coffee bean extract showed the highest brown color intensity and contained the highest amounts of caffeine and chlorogenic acid. The highest total polyphenol content was found in Kenyan coffee bean extract. Coffee bean extracts from Indonesia and Kenya showed significantly higher radical scavenging activities than the other extracts. This study showed that coffee bean extracts from Indonesia and Kenya contained a large number of bioactive compounds and high antioxidant activity.

Keywords: coffee bean, caffeine, chlorogenic acid, antioxidant activity

서 론

커피는 쓴맛, 신맛, 떫은맛 및 고소한 맛 등의 특유한 맛과 향이 조화되어 만들어진 대표적인 기호음료로써, 국내는 물론 전세계 사람들이 즐겨 마시고 있다. 관세청이 발표한 ‘최근 커피 수입동향’에 따르면 우리나라의 커피 수입량은 매년 증가하고 있으며, 생두 및 원두의 수입량은 전년에 비하여 각각 약 7% 및 14% 증가하였다. 또한 2013년 생두, 원두 및 조제품을 포함한 커피 수입량은 5만 4천 톤으로, 이는 성인 1인당 연간 약 298 잔의 커피를 마신 분량에 해당된다(1).

커피나무는 아프리카의 에티오피아가 원산지이며, 현재는 베트남을 비롯하여 인도네시아, 콜롬비아, 에티오피아, 인도, 과테말라 등지에서 널리 재배되고 있다. 커피의 품종은 *Coffea arabica* L. (arabica 종), *Coffea canephora* L. (robusta 종), 그리고 *Coffea liberica* 세 품종으로 구분되며(2), 이중 아라비카 종과 로부스타 종이 전 세계 산출량의 대부분을 차지하고 있으며 리베리카 종은 소량 생산된다(3). 일반적으로 커피는 생산지별로 품질이 비슷하기 때문에 지역 이름 혹은 선적된 항구 등을 마치 상품명처럼 사용되고 있는데, 브라질 마르고지프, 콜롬비아의 콜롬비아 마

일드, 에티오피아의 에티오피아 하라, 자마이카의 블루마운틴, 예멘의 모카 등이 그 예이다(2).

커피는 다양한 생리활성 물질을 많이 함유하고 있어 산화방지, 항고혈압 및 항균 활성이 있으며, 적당한 양의 커피 섭취는 혈중 LDL-콜레스테롤과 malondialdehyde (MDA)의 농도를 낮추고 관상심장질환 예방에 효과적이다(4-6). 커피의 생리활성성분은 각성작용을 나타내는 카페인이 대표적이며, 이외 카테킨(catechin)과 안토시아닌(anthocyanin) 등의 플라보노이드와 다양한 종류의 폴리페놀 화합물이 있다. 카페인은 커피콩의 중요한 알칼로이드로 그 함량은 품종에 따라 1-4% 정도 함유되어 있다(7). 카페인은 중추신경계를 활성화하고 혈액순환을 증가시켜 각성효과를 나타내고 이노작용을 유발하며, 위장과 운동성을 증가시키고 우울, 떨림, 운동성 감소 등과 같은 파킨슨 증상의 완화에도 효과적이다(8,9). 뿐만 아니라 카페인의 함량은 그 쓴맛으로 커피의 품질에도 크게 영향을 미친다. 커피콩에는 다량의 폴리페놀 화합물이 함유되어 있으며(5), 그 중 클로로젠산(chlorogenic acid)이 전체 고형분의 약 12%를 차지하며, 탄닌(tannin)과 리그난(lignan) 및 안토시아닌이 소량 함유되어 있다(10,11). 커피 중 클로로젠산은 산화방지활성을 비롯하여 간 보호 활성, 혈당강하 및 항바이러스와 같은 생리기능성이 있는 것으로 보고되고 있다(12).

커피의 이화학적 특성뿐만 아니라 관능적 특성은 커피의 종류와 로스팅조건 및 추출방법에 의해 영향을 받으며, 이에 따라 커피의 추출온도 및 배전 강도에 따른 향 성분, 산화방지작용, 기호성과 같은 품질 특성에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(2,3,7,13). 하지만 이에 비해 커피 원두의 종류에 따른 다양한 이화학적 및 기능적 특성에 관한 선행 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 많이 수입되어 음용되고 있는

*Corresponding author: Kyung Young Yoon, Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk 38541, Korea
Tel: +82-53-810-2878
Fax: +82-53-810-3746
Email: yoonky2441@ynu.ac.kr
Received May 26, 2017; revised June 26, 2017;
accepted June 27, 2017

커피원두를 일정한 조건하에서 배전 및 추출하고 이들의 이화학적 특성, 기능성 성분 및 산화방지활성을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 커피 생두(green beans)는 2016년산 아라비카(*Coffea arabica* L.) 품종인 과테말라의 안티구아(Antigua), 에티오피아의 모카예가체프(Mocha Yergacheffe), 인도네시아의 토라자(Toraja), 케냐의 아라비카(Arabica) 그리고 콜롬비아의 수프리모(Supremo)를 사용하였다.

배전 및 추출 방법

커피 생두는 로스팅기(CBR-101A, GENESIS Co., Aansan, Korea)에서 250°C로 15분간 배전(rosating)하여 시티 로스팅(city roasting)단계로 하였으며, 배전 후 모든 시료는 충분히 냉각한 후 분쇄기(Beansmill 600N, Guangdong Foshan Bali Mator Co., Guangdong, China)를 이용하여 분쇄도 5로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

커피의 추출은 원산지별 분쇄한 커피 원두 25 g에 증류수 500 mL를 더한 후 가정용 커피 메이커(HD7434/20, PHILIPS, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여 추출하였다. 각 커피 추출물의 이화학적 특성은 추출 후 25°C로 냉각한 즉시 측정하였으며, 기능성 성분 함량 및 라디칼 소거능 측정용 시료는 -40°C 냉동고(deep freezer, MDF, Sanyo, Tokyo, Jpn)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

pH, 산도 및 가용성 고형물 함량 측정

pH는 pH meter (GmbH; 8603, Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland)로 측정하였고, 산도는 커피 추출물 10 mL에 멸균된 증류수 90 mL를 가하고 vortex한 후 0.1 N 수산화소듐(NaOH)으로 pH가 8.2가 될 때까지 적정하여 측정하였으며, 시트르산(citric acid)으로 환산하였다. 커피 추출액에 함유된 가용성 고형분 함량은 굴절계(refractometer, N-1 α , Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. pH, 산도 및 가용성 성분 함량 측정 시 시료의 온도는 25 \pm 2°C로 하였다.

색도 및 갈색도 측정

원산지별 커피 추출물의 색도는 Hunter 색차계(CR-400, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness) 및 색차(ΔE 값)를 5회 반복하여 측정하였으며, 표준 백색판(standard plate)의 L값은 97.56, a값은 0.06, b값은 1.83이었다. 갈색도는 커피 추출물을 10배로 희석한 후 분광광도계(spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)로 420 nm에서 흡광도를 3회 반복 측정하여 나타내었다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(14)을 변형하여 측정하였다. 즉, 원산지별 커피 추출물을 0.1 mL씩 시험관에 취하여 여기에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.1 mL를 첨가하여 잘 혼합한 후 실온에서 3분간 방치하였다. 3분 후 10% 탄산소듐(Na_2CO_3) 0.2 mL 가하여 혼합하고 증류수 2 mL를 첨가하여 실온의 암실에서 1시간 방치한 후 마이크로플레이트 판독기(microplate reader,

Epoch, BioTek, Winooski, VT, USA)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 클로로젠산(Sigma, St Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 시료 중 총 폴리페놀 함량을 계산하였고, 추출물 mL당 mg 클로로젠산당량(chlorogenic acid equivalent, CAE)으로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 원산지별 커피 추출물 0.1 mL를 취하여 0.2 mM DPPH 용액 50 μ L를 가한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 라디칼 소거능은 Re 등(16)의 방법을 변형하여 실험하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM 과황산포타슘(potassium persulfate)을 증류수에 용해하여 암소에서 12-16시간 동안 방치하여 ABTS 양이온라디칼(cation radical, ABTS⁺)을 형성시킨 후, 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 0.600 \pm 0.002가 되도록 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS⁺ 용액 50 μ L에 커피 추출물 50 μ L를 가하여 6분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

카페인 함량 분석

원산지별 커피 추출물의 카페인 함량을 분석하기 위하여 UHPLC (Nexera XR, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 각각의 커피 추출물을 0.45 μ m membrane filter (Milipore Co., Billerica, MA, USA)로 여과하여 측정시료로 사용하였다. 컬럼(column)은 C18 컬럼(HECTOR-M C18, RStech Co., Daejeon, Korea)을 사용하였으며, 온도는 39°C, 검출 파장은 272 nm에서 검출하였다. 이동상은 A: 0.1% 아세트산 용액, B: 100% 아세토니트릴(acetonitrile)이고, 분석시간에 따라 이동상의 조성을 변경하였다. 이동상의 유속은 0.8 mL/min, 시료 주입량은 10 μ L, 카페인 표준품은 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)로부터 구입하였다.

클로로젠산 함량 분석

원산지별 커피 추출물에 함유된 클로로젠산의 함량을 분석하기 위하여 UHPLC (Nexera XR, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 각각의 커피 추출물을 0.45 μ m membrane filter (Milipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 측정시료로 사용하였다. 컬럼은 C18 컬럼(HECTOR-M C18, RStech Co., Daejeon, Korea)을 사용하였으며, 온도는 39°C, 검출 파장은 325 nm에서 검출하였다. 이동상은 A: 0.1% 아세트산 용액, B: 100% 아세토니트릴이고, 분석시간에 따라 이동상의 조성을 변경하였다. 이동상의 유속은 0.8 mL/min, 시료 주입량은 10 μ L, 표준품은 Sigma-Aldrich로부터 구입하였다.

통계처리

본 실험결과의 통계분석은 SPSS (23, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 각 시료군 간의 유의적인 차이를 one-way ANOVA로 분석하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 분석하였다. 또한, 각 커피 추출물의 생리활성 성분과 항산화활성과의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson's correlation test를 실시하였다.

결과 및 고찰

pH, 산도 및 고형물 함량

커피 산지에 따른 커피추출물의 pH, 산도 및 가용성 고형물의 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. pH는 4.77-4.92의 범위로 나타났으며, 콜롬비아산이 4.92로 유의적으로 가장 높았고, 케냐산이 4.79로 유의적으로 가장 낮았다. 산도는 0.46-0.55%로 측정되었으며 커피 종류에 따른 유의적인 차이는 없었다. 서울시에 유통되고 있는 50종의 원두커피의 pH를 측정된 결과(17), 시료의 pH는 4.72-5.22로 본 연구 결과와 유사하였으나 산도는 0.72-2.25%로 본 연구 결과와 다소 차이를 보였다. Kim 등(2)은 콜롬비아, 에티오피아, 브라질, 인도네시아 및 베트남산의 커피를 98°C로 추출하여 pH를 측정된 결과, pH 5.66-6.22 범위로 측정되었다고 보고하여 본 연구결과에 비해 다소 높았다. 콜롬비아산 원두를 다양한 온도에서 배전하여 얻은 커피 추출액의 pH는 4.87-6.56, 산도는 0.16-1.02%로 측정되어(18), 본 연구 결과와 다소 차이가 있었다. 이러한 결과는 원두의 종류, 로스팅 온도와 추출 방법 및 시간의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 커피의 pH는 신맛과 관련이 크며, 커피의 신맛은 쓴맛, 단맛, 구수한맛과 함께 커피의 향미를 결정짓는 주요한 요인으로 작용한다(2). 커피 추출물의 pH는 추출액 중 수용성 성분이 많으면 pH가 높고, 배전 시간과 온도가 증가할수록 커피에 함유된 클로로젠산과 퀸산(quinic acid) 등이 분해되어 저분자화 되며, 아세트산(acetic acid)나 폼산(formic acid)과 같은 휘발성은 휘발되어 산도는 감소하고 pH는 증가된다(19). 산도는 커피원두의 종류, 재배고도, 수확 후 저장기간, 가공법, 배전 강도 등과 같은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받으며, 관능적인 기호도와도 관련이 깊다(18).

커피를 추출하였을 때 고형물의 함량은 커피품종, 배전정도, 분쇄입자의 크기, 추출방식 및 추출온도 등에 따라 다르며, 맛과 색 등에 영향을 주는 인자로 작용한다(2,13,20,21). 커피 산지에 따른 가용성 고형물의 함량을 측정된 결과, 케냐산과 콜롬비아산 커피의 가용성 고형물 함량이 1.00%Bx로 가장 높았으며, 에티오피아산이 0.97%Bx, 인도네시아산이 0.93%Bx였으며, 과테말라산이 0.90%Bx로 가장 낮은 함량을 나타내었다. Eun 등(20)은 에티오피아 예가체프 원두를 에스프레소머신을 이용하여 추출한 후 가용성 고형물의 함량을 측정된 결과, 2.15%Bx로 높은 값을 나타내어 본 연구에 비해 매우 높았다. 일반적으로 커피 추출액의 고형물 함량은 분쇄입자의 크기에 영향을 받는데, 즉, 분쇄입자의 크기 차이는 커피 층을 통과하는 물의 속도를 달라지게 하여 추출되는 성분에 영향을 미치며, 커피의 분쇄입도가 작을수록 더 많은 가용성 성분과 휘발성 화합물이 추출된다(13,20,22). 또한 고온에서 단시간 배전한 커피가 저온에서 장시간 배전한 커피에 비해 수용성 고형물과 휘발성 물질이 더 많이 생성된다(23). 고온과 고

Table 1. pH and acidity of different coffee bean extracts dependent on the cultivation region

Sample	pH	Acidity (%)	Solid content (°Bx)
Guatemala	4.87±0.01 ^c	0.50±0.04 ^{ns}	0.90±0.00 ^b
Ethiopia	4.89±0.00 ^b	0.46±0.08	0.97±0.06 ^{ab}
Indonesia	4.77±0.00 ^e	0.55±0.03	0.93±0.06 ^{ab}
Kenya	4.79±0.00 ^d	0.53±0.05	1.00±0.00 ^a
Colombia	4.92±0.00 ^a	0.55±0.04	1.00±0.00 ^a

Each value represents the mean±SD of triplicates.

Values in the column with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.

ns, not significant.

압의 에스프레소법으로 추출한 커피가 핸드드립이나 더치 추출법에 의해 추출한 커피에 비해 고형물의 함량이 높게 나타난다(20).

색도 및 갈변도

원산지에 따른 커피 추출액의 색도 및 갈변도를 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 커피 추출액의 L값은 42.38-48.75의 범위로 나타났으며, 에티오피아산 커피 추출액의 L값이 48.75로 유의적으로 가장 높은 값을, 콜롬비아산의 L값이 42.38로 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다. 반면 a값은 인도네시아산이 12.59로 유의적으로 가장 높았으며, 에티오피아산이 8.32로 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다. b값은 16.91-25.46의 범위로 에티오피아산이 가장 높은 값(25.46)을, 콜롬비아산이 가장 낮은 값(16.91)을 나타내었다. Eun 등(20)은 다양한 방법으로 추출한 에티오피아 예가체프 커피 추출액의 색도를 측정된 결과, L값은 0.81-38.94, a값은 4.49-37.75, b값은 0.71-66.42의 넓은 범위로 나타났다. 또한 서울 시내 커피 전문점에서 판매되고 있는 레귤러커피의 L값, a값 및 b값은 각각 48.00, 23.61, 28.89로(22), 본 연구의 L값 및 b값과 유사하였으나 a값은 본 연구의 a값에 비해 다소 높게 측정되었다. 또한 다양한 종류의 원두를 다양한 온도로 배전하고 이들 커피 추출물의 L값을 측정된 결과(2), 에티오피아, 인도네시아, 콜롬비아 순으로 높은 값을 나타내어 본 연구 결과와 같았다. 색차지수 ΔE 값은 인도네시아산과 콜롬비아산이 58.05로 유의적으로 가장 높았으며, 케냐산(57.41), 과테말라산(56.41), 에티오피아산(54.86) 순으로 높은 값을 보였다. 일반적으로 색차지수 값이 0.5 미만이면 거의 색 차이가 없는 것이고, 0.5-1.5이면 근소한 색 차이를 나타내며, 1.5 이상이 되면 감지할 수 있는 색 차이를 나타내는 것이다(24).

커피원두 종류에 따른 커피 추출액의 갈변도는 인도네시아산이 0.298로 유의적으로 가장 높았으며, 케냐산과 콜롬비아산이 각각 0.274 및 0.276으로 높았다. 또한 과테말라산 커피 추출물의

Table 2. Color difference and brown color of different coffee bean extracts dependent on the cultivation region

Sample	Color difference				Brown color intensity
	L value	a value	b value	ΔE	
Guatemala	45.13±0.94 ^b	11.78±0.42 ^c	19.03±0.36 ^c	56.41±0.86 ^c	0.246±0.007 ^c
Ethiopia	48.75±0.05 ^a	8.32±0.03 ^d	25.46±0.05 ^a	54.86±0.02 ^d	0.231±0.006 ^d
Indonesia	43.39±0.03 ^d	12.59±0.05 ^a	18.52±0.05 ^d	58.05±0.05 ^a	0.298±0.005 ^a
Kenya	44.22±0.06 ^c	11.91±0.08 ^c	19.45±0.06 ^b	57.41±0.05 ^b	0.274±0.010 ^b
Colombia	42.38±0.03 ^e	12.30±0.03 ^b	16.91±0.01 ^e	58.50±0.03 ^a	0.276±0.009 ^b

Each value represents the mean±SD ($n=5$)

Values in the column with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.

Table 3. Caffeine, chlorogenic acid, and total polyphenol contents of different coffee bean extracts dependent on the cultivation region

Sample	Caffeine (mg/mL)	Chlorogenic acid ($\mu\text{g/mL}$)	Total polyphenol (mg CAE/mL)
Guatemala	0.74 \pm 0.01 ^c	231.10 \pm 0.14 ^d	1.59 \pm 0.10 ^e
Ethiopia	1.24 \pm 0.05 ^b	259.37 \pm 1.09 ^e	2.01 \pm 0.05 ^b
Indonesia	1.32 \pm 0.04 ^a	282.99 \pm 3.50 ^a	2.02 \pm 0.16 ^b
Kenya	1.24 \pm 0.02 ^b	276.80 \pm 1.01 ^a	2.28 \pm 0.07 ^a
Colombia	1.22 \pm 0.06 ^b	269.47 \pm 0.45 ^b	2.22 \pm 0.15 ^{ab}

Each value represents the mean \pm SD of triplicates. Values in the column with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.

갈변도가 0.246이었으며, 에티오피아산 커피 추출액이 0.231로 유의적으로 가장 낮은 갈변도를 나타내었다. 과테말라 및 인도네시아산 원두를 커피메이커를 이용하여 추출한 커피 추출액의 갈변도를 측정된 결과(25), 각각 0.160-0.275 및 0.132-0.298의 범위로 나타나 과테말라산에 비해 인도네시아산이 높은 갈변도를 나타내어, 본 연구 결과와 유사하였다. 커피의 갈색물질은 배전과정 중 커피 원두에 함유되어 있는 성분의 캐라멜 반응 및 amino-carbonyl 반응에 의해 생성되는 물질과 클로로젠산의 분해산물 등에 의한(20,26). 뿐만 아니라 melanoidin과 같은 amino-carbonyl 반응의 생성물질과 글리세르알데하이드(glyceraldehyde) 및 글리코알데하이드(glycoaldehyde) 등의 갈색의 클로로젠산 분해물은 항산화 활성과 상관관계가 있다고 보고되고 있다(27,28). 따라서 갈변도가 높은 인도네시아산의 커피 추출액의 산화방지활성이 높을 것으로 추측된다.

카페인, 클로로젠산 및 총 폴리페놀 함량

커피의 다양한 생리작용은 카페인과 클로로젠산을 비롯한 폴리페놀 화합물에 기인한다. 커피 추출액의 카페인, 클로로젠산 및 총 폴리페놀의 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 인도네시아산이 1.32 mg/mL로 가장 높은 카페인 함량을 나타내었으며, 과테말라산의 카페인 함량이 0.74 mg/mL로 가장 낮았다. 또한 에티오피아, 케냐 및 콜롬비아산 커피 추출액의 카페인 함량은 각각 1.24, 1.24 및 1.22 mg/mL로 유사하였다. 에티오피아의 예가체프 코케 지방에서 재배된 커피품종을 다양한 온도에서 추출한 후 카페인 함량을 측정된 결과(29), 1.09-1.37 mg/mL 범위의 카페인이 검출되었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. Kim 등(30)은 서울 시내의 주요 커피브랜드에서 시판되고 있는 레귤러커피(아메리카노)에 함유된 카페인 함량을 측정된 결과, 0.25-0.49 mg/mL의 함량을 나타내어 본 연구결과에 비해 다소 낮은 함량을 보였다. 또한 과테말라 및 인도네시아산 원두를 커피메이커를 이용하여 추출한 커피 추출액의 카페인 함량은 각각 0.36-1.07 mg/mL 및 0.66-1.58 mg/mL의 범위로 나타나(25), 본 연구 결과와 유사하였다. 카페인은 퓨린 염기의 일종으로 이완작용, 이뇨작용, 중추신경 자극 및 혈관확장 뿐만 아니라 활성산소에 의해 유도되는 지질과산화물 억제하는 항산화제로 작용한다(31,32). 따라서 인도네시아산의 높은 카페인 함량으로 다른 품종의 커피추출액에 비해 더 높은 산화방지활성을 가진 것으로 추측된다.

커피산지에 따른 커피추출액의 클로로젠산의 함량은 인도네시아산과 케냐산이 각각 282.99 $\mu\text{g/mL}$ 와 276.80 $\mu\text{g/mL}$ 로 유의적으로 높은 함량을 보였으며, 이후 콜롬비아(269.47 $\mu\text{g/mL}$), 에티오피아(259.37 $\mu\text{g/mL}$), 과테말라(231.10 $\mu\text{g/mL}$) 순으로 나타났다. 서

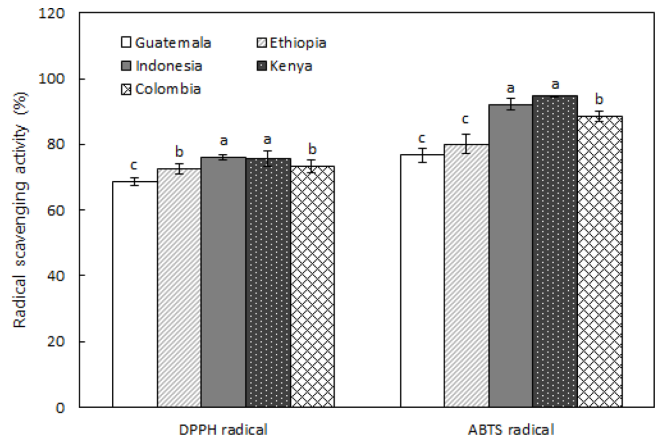


Fig. 1. DPPH and ABTS radical scavenging activity of different coffee bean extracts dependent on the cultivation region. Each bar represents the mean \pm SD of triplicates. Means with the same small letter in each bar are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

울에서 시판되고 있는 커피에 함유된 클로로젠산의 함량을 측정된 결과(21), 0.01-0.22 mg/mL로 커피 산지에 따라 함량의 차이가 매우 컸으며, 본 연구에 비해 낮은 함량을 나타내었다. So 등(29)은 에티오피아산 커피를 디치법으로 추출하여 클로로젠산의 함량을 측정된 결과, 0.373-6.4367 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타나 본 연구결과에 비해 높게 나타났다. 클로로젠산은 caffeic acid와 quinic acid와 같은 *trans*-cinnamic acid사이에 형성된 수용성 에스테르 화합물로 과일과 채소에 존재하는 대표적인 페놀류의 하나로 커피콩의 2-12%를 차지한다(12). 커피콩에 존재하는 클로로젠산은 커피의 착색의 원인물질로 작용하며, 항산화작용을 비롯하여 간 보호효과, 혈당강하, 항바이러스 효과 등의 다양한 생리기능성을 가진다(10). 따라서 인도네시아산 및 케냐산의 커피추출액이 높은 클로로젠산 함량으로 산화방지활성이 우수할 것으로 추측된다.

커피 산지별 추출액의 총 페놀 함량을 측정된 결과, 케냐산이 2.28 mg CAE/mL로 가장 높았으며, 콜롬비아, 인도네시아 및 에티오피아산의 총 페놀함량이 각각 2.22, 2.02 및 2.01 mg CAE/mL로 커피 추출물간 유의적인 차이는 없었으며, 과테말라산이 1.59 mg CAE/mL로 유의적으로 가장 낮은 함량을 보였다. 서울에서 시판되고 있는 각 브랜드별 레귤러커피(아메리카노)에 함유된 폴리페놀 함량을 측정된 결과(17), 0.18-0.37 mg/mL로 보고되어 본 연구에 비해 낮은 함량을 보였다. 또한 Seo 등(22)은 서울 시내에서 판매되고 있는 레귤러커피의 폴리페놀 함량을 측정된 결과, 0.42-1.45 mg/mL의 범위에서 평균 0.95 mg/mL를 함유하고 있다고 보고하였다. 브라질산 아라비카 품종의 커피를 중배전 및 강배전후 열수로 30분 동안 추출하여 얻은 커피 추출액의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과(3), 각각 363.4 및 309.8 $\mu\text{g CAE/mL}$ 으로 측정되어 본 연구에 비해 다소 낮은 함량을 보였다. 커피음료에 함유된 폴리페놀 함량은 커피콩의 종류 뿐만 아니라 배전과정 중이 일어나는 여러 화학반응 중, 특히 amino-carbonyl 반응의 정도가 폴리페놀 화합물의 조성 및 함량에 크게 영향을 미친다(33).

산화방지활성

커피 산지에 따른 추출액의 산화방지활성을 확인하고자 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼의 소거능을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다. 케냐산 및 인도네시아산 커피 추출액의 DPPH 라디칼

Table 4. Pearson's correlation coefficients among brown color intensity, total phenolics, caffeine, chlorogenic acid, and antioxidant activity of different coffee bean extracts dependent on the cultivation region

	Brown color intensity	Caffeine	Chlorogenic acid	Total polyphenol
DPPH radical scavenging activity	0.590*	0.819***	0.856***	0.671**
ABTS radical scavenging activity	0.767**	0.719**	0.887***	0.699**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

소거능이 각각 75.60%와 76.00%로 유의적으로 가장 높았고, 콜롬비아산 73.39% 및 에티오피아산 72.55%로 유사한 소거능을 나타내었으며, 과테말라산이 68.64%로 유의적으로 가장 낮은 소거능을 보였다. Jo 등(3)은 브라질산 커피의 배전강도에 따른 커피 추출액의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, 중배전시 66.5%, 강배전시 71.0%의 소거능을 나타내었다고 보고하였으며, 또한 서울 시내 커피전문점에서 판매되고 있는 레귤러 커피의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과(22), 평균 43.45%의 활성을 나타내어 본 연구 결과에 비해 낮은 값을 보였다.

ABTS 라디칼 소거능은 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 케냐산 및 인도네시아산 커피 추출액의 ABTS 소거능이 각각 94.66% 및 92.10%로 유의적으로 높은 활성을 보였으며, 콜롬비아산이 88.46%의 소거능을 보였다. 에티오피아산 및 과테말라산의 ABTS 소거능은 각각 80.13%과 76.77%로 유의적으로 낮은 소거능을 보였다. 커피의 산화방지활성은 커피콩 자체에 존재하는 클로로젠산을 비롯한 caffeic acid, ferulic acid 등과 같은 폴리페놀 화합물과 카페인 그리고 배전과정에서 생성되는 melanoidin과 같은 Maillard 반응 생성물에 기인한다(25). 따라서 케냐산과 인도네시아산 커피 추출액의 높은 산화방지활성은 다른 커피 품종에 비해 높은 카페인과 클로로젠산을 비롯한 높은 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 판단된다.

산화방지활성과 생리활성 성분과의 상관관계

커피 추출물에 함유된 생리활성 성분 및 갈변도와 라디칼 소거능 간의 상관관계를 평가하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다. 갈변도와 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능의 r^2 값은 각각 0.590 ($p < 0.05$) 및 0.767 ($p < 0.01$)로 유의적인 상관관계가 나타났다. 또한 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능의 r^2 값은 0.671 및 0.699로 총 폴리페놀과 산화방지활성에 유의적인 관계가 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 카페인 함량과 DPPH 라디칼 소거능의 r^2 값은 각각 0.819 ($p < 0.001$)로 매우 높은 상관관계를 나타내었으며, 또한 ABTS와의 r^2 값도 0.719 ($p < 0.01$)로 유의적인 상관관계를 보였다. 클로로젠산의 함량과 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능의 r^2 값은 각각 0.856 및 0.887로 매우 높은 상관관계를 보였다($p < 0.001$). Kim 등(30)은 시판 커피에 함유된 생리활성 성분과 산화방지활성 관계를 확인한 결과, 총 카페인 함량, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능의 상관관계가 매우 높다고 보고하였다. 또한 Parras 등(34)은 커피에 함유된 카페인 함량과 산화방지활성은 매우 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. Ludwig 등(25)은 커피 시간과 방법을 달리하여 커피를 추출하고 이들의 산화방지활성

과 갈변도를 측정된 결과, 산화방지활성과 갈변도는 높은 상관관계($r = 0.969$, $p < 0.001$)를 보인다고 보고하였다. 일반적으로 커피의 산화방지활성은 클로로젠산을 비롯한 폴리페놀 성분과 카페인 또는 melanoidin과 같은 amino-carbonyl 반응산물 등과 관련이 깊은 것으로 알려져 있으며(31), 본 연구에서도 이들 생리활성 성분과 산화방지활성의 높은 상관관계를 확인할 수 있었다.

요 약

우리나라에서 많이 수입되어 음용되고 있는 커피원두를 일정한 조건하에서 배전 및 추출하고 이들의 이화학적 특성, 기능성 성분 및 산화방지활성을 비교하고자 하였다. 콜롬비아산 커피 추출액의 pH가 가장 높았으며, 산도는 0.46-0.55%로 산지에 따른 유의적인 차이가 없었고, 가용성 고형물 함량은 0.90-1.0°Bx로 나타났다. 갈색도는 인도네시아산 커피 추출액의 값이 유의적으로 가장 높았으며, 반면 에티오피아산이 가장 낮았다. 인도네시아산 커피 추출액이 가장 많은 카페인과 클로로젠산을 함유하고 있었으며, 케냐산 커피 추출액의 폴리페놀 함량이 가장 높았다. 산화방지활성을 측정된 결과, DPPH 라디칼 및 ABTS 소거능 모두 인도네시아산과 케냐산 커피 추출액이 다른 산지의 커피 추출액에 비해 유의적으로 높은 소거능을 보였다. 이상의 결과, 5종류의 커피 중 인도네시아산과 케냐산이 높은 함량의 기능성 성분과 우수한 산화방지활성을 가지는 것을 확인하였다.

References

1. Korea Customs Service. Recent trends in coffee import. Available from: http://www.customs.go.kr/kcs/home/cop/bbs/selectBoard.do?layoutMenuNo=294&bbsId=BBSMSTR_1018&nttId=2783. Accessed Mar. 22, 2017.
2. Kim HK, Hwang SY, Yoon SB, Cun DS, Kong SK, Kang KO. A study of the characteristics of different coffee bean by roasting and extracting condition. Korean J. Food Nutr. 20: 14-19 (2007)
3. Jo SJ, In MJ, Kim DC. Effect of the roasting intensity and extraction time of coffee bean on the antioxidant activity of coffee extract. Food Eng. Prog. 20: 165-169 (2016)
4. Yukawa GS, Mune M, Otani H, Tone Y, Liang XM, Iwahashi H, Sakamoto W. Effects of coffee consumption on oxidative susceptibility of low density lipoproteins and serum lipid levels in humans. Biochemistry 69: 70-74 (2004)
5. Lopez-Garcia E, van Dam RM, Willett WC, Rimm EB, Manson JE, Stampfer MJ, Rexrode KM, Hu FB. Coffee consumption and coronary heart disease in men and women: A prospective cohort study. Circulation 113: 2045-2053 (2006)
6. Choi EY, Jang JY, Cho YO. Coffee intake can promote activity of antioxidant enzymes with increasing MDA level and decreasing HDL-cholesterol in physically trained rats. Nutr. Res. Pract. 4: 283-289 (2010)
7. Mazzafera P, Silvarolla M. Caffeine content variation in single green Arabica coffee seeds. Seed Sci. Res. 20: 163-167 (2010)
8. Hu G, Bidel S, Jousilahti P, Antikainen R, Tuomilehto J. Coffee and tea consumption and the risk of Parkinson's disease. Mov. Disord. 22: 2242-2248 (2007)
9. Glade MJ. Caffeine-not just a stimulant. Nutrition 26: 932-938 (2010)
10. Farah A, Donangelo CM. Phenolic compounds in coffee. Braz. J. Plant Physiol. 18: 23-36 (2006)
11. Esquivel P, Jimenez VM. Functional properties of coffee and coffee by-products. Food Res. Int. 46: 488-495 (2012)
12. Farah A, Monteiro M, Donangelo CM, Lafay S. Chlorogenic acids from green coffee extract are highly bioavailable in human. J. Nutr. 138: 2309-2315 (2008)
13. Bell LN, Clinton RW, Grand AN. Caffeine content in coffee as influenced by grinding and brewing techniques. Food Res. Int.

- 29: 785-789 (1996)
14. Folin O, Denis W. On phosphotungsticphosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol. Chem.* 12: 239-243 (1912)
 15. Blois ML. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
 16. 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.* 26: 1231-1237 (1998)
 17. Cho IS, Hong MS, Lee ES, Kim SJ, Lee YC, Kim SD, Jo HB, Kim JH, Jung K. Study of the characteristics of roasted coffee bean in Seoul. *J. Food Hyg. Saf.* 30: 236-241 (2015)
 18. Park SJ, Moon SW, Lee J, Kim EJ, Kang BS. Optimization of roasting conditions for coffee beans by response surface methodology. *Korean J. Food Preserv.* 18: 178-183 (2011)
 19. Sivetz M, Desrosier NW. *Coffee Technology*. AVI Publishing Co., Washington, USA. pp. 527-574 (1979)
 20. Eun JB, Jo MY, Im JS. Physicochemical characteristics of coffee extracts using different extraction methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 723-728 (2014)
 21. Clarke RJ. *Extraction in Coffee*. Elsevier Science Publishers, New York, NY, USA. pp. 109-144 (1987)
 22. Seo HS, Kim Sh, Hwang IK. Comparison on physicochemical properties and antioxidant activities commonly consumed coffees at coffee shops in Seoul downtown. *Korean J. Food Cook. Sci.* 19: 624-630 (2003)
 23. Toci AT, Farah A. Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. *Food Chem.* 108: 1133-1141 (2008)
 24. Brainard DH. Color appearance and color difference specification. pp. 192-213. In: *The Science of Color*. Shevell SK (ed). Elsevier, Kidlington, UK (2003)
 25. Ludwig IA, Sanchez L, Caemmerer B, Kroh LW, Pena M, de Pena MP, Cid C. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method. *Food Res. Int.* 48: 57-64 (2012)
 26. Liang N, Kitts DD. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanisms of action. *Molecules* 19: 19180-19208 (2014)
 27. Borrelli RC, Visconti A, Mennella C, Anese M, Foglian V. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *J. Agr. Food Chem.* 50: 6527-6533 (2002)
 28. Rhi JW, Shin HS. Antioxidative effect of brown materials extracted from roasted coffee beans. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 220-224 (1993)
 29. So YJ, Lee MW, Yoo KM, Kang HJ, Wang IK. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of dutch coffee depending on different extraction conditions and storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 671-676 (2014)
 30. Kim MJ, Park JE, Lee JH, Choi NR, Hong MH, Pyo YH. Antioxidant capacity and bioactive composition of a single serving size of regular coffee varieties commercially available in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 299-304 (2013)
 31. Crozier TWM, Stalmach A, Lean ME, Crozier A. Espresso coffees, caffeine and chlorogenic acid intake: Potential health implications. *Food Funct.* 3: 30-33 (2012)
 32. Lee C. Antioxidant ability of caffeine and its metabolites based on the study of oxygen radical absorbing capacity and inhibition of LDL peroxidation. *Clin. Chim. Acta* 295: 141-154 (2000)
 33. Vignoli JA, Bassoli DG, Benassi MT. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chem.* 124: 863-868 (2011)
 34. Parras PM, Martinez-Tome M, Jiménez AM, Murcia MA. Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chem.* 102: 582-592 (2007)