

로스팅 조건에 따른 브라질산 *Coffea arabica* cv. Catuai 커피의 항산화 활성

김은경^{1*} · 송가영^{2*} · 김요섭^{2,3} · 김인용² · 김성환⁴ · 김기영¹ · 정윤화^{2,3}

¹경기대학교 관광전문대학원 외식산업경영학과, ²천연물식의약소재산업화연구센터

³단국대학교 식품영양학과, ⁴중부대학교 항공관광학부 식품영양학전공

Antioxidant Activities of Brazilian *Coffea arabica* cv. Catuai Coffee Extracts with Different Roasting Conditions

Eunkyung Kim^{1*}, Ka-Young Song^{2*}, Yosub Kim^{2,3}, Inyong Kim²,
Sung Hwan Kim⁴, Ki-Young Kim¹, and Yoonhwa Jeong^{2,3}

¹Department of Food Service Industry Management, Graduate School of
Tourism Business Management, Kyonggi University

²Research Center for Industrialization of Natural Neutralization and

³Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

⁴Major of Food & Nutrition, Faculty of Aviations and Tourism, Joongbu University

ABSTRACT This study investigated the effect of using different roasting conditions (light medium, medium, moderately dark, and very dark) on the antioxidant activities of Brazilian *Coffea arabica* cv. Catuai extracts (both espresso and drip). The contents of the total polyphenols and flavonoids and the antioxidant activities [Trolox equivalence antioxidant capacity (TEAC), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), and ferric reducing antioxidant power (FRAP)] were analyzed in the espresso and drip coffee extracts that were made with using different roasting conditions. The contents of total polyphenol and flavonoids were decreased with increasing the degree of roasting: both the espresso and drip coffee extracts had the lowest total polyphenol and flavonoids contents at very dark roasting. For the TEAC, the espresso extract was not significantly different as the degree of roasting increased (ranging from 36.83 to 38.78 mg Trolox/g), while those values of the drip extract were significantly decreased as the degree of roasting increased. The DPPH radical scavenging capacity in both the espresso and drip extract was decreased as the degree of roasting increased. For the FRAP, the espresso extract did not show any significant differences as the degree of roasting increased, yet that of the drip extract was significantly decreased as the degree of roasting increased. Antioxidant compounds and activities were all affected by the roasting conditions as roasting time and temperature.

Key words: coffee, *Coffea arabica* cv. Catuai, roasting, antioxidant activities

서 론

커피는 세계적으로 가장 많이 소비되는 음료 중 하나로, 특히 아시아 지역에서의 소비가 빠르게 증가하고 있다 (Kwak 등, 2017). 커피의 품종은 크게 *Coffea arabica* (Arabica종), *Coffea canephora*(Robusta종), *Coffea liberica*(Liberica종)의 3종으로 구분되며, Arabica종과 Rob-

usta종이 주로 생산되고 있다. Arabica종은 에티오피아의 고산지대에서 오랜 시간 동안 꾸준히 재배되어온 고품질의 품종으로 오늘날에도 널리 재배되고 있으며 전체 커피 생산량의 약 70%를 차지한다(Kim 등, 2007). 주 생산국은 브라질, 콜롬비아, 과테말라, 멕시코, 하와이, 코스타리카, 인도, 케냐, 에티오피아, 탄자니아 등이 있으며, 품종에는 Typica, Bourbon, National, Caturra, Catuai, Mundo Novo, Maragogype 등이 있다.

최근 소비자들은 커피의 카페인 및 생리활성 물질이 건강과 웰빙 등 커피 섭취의 결과에 영향을 미치는지에 주 관심을 두고 있으며, 커피와 건강의 연관성에 관한 연구도 증가하는 추세이다(Derossi 등, 2017). 커피의 소비는 심혈관계 질환, 제2형 당뇨병, 알츠하이머, 파킨슨, 간경화, 대장암, 간암, 자궁암, 유방암 등의 여러 질병의 발병률을 감소시키며(Hidgon과 Frei, 2006), 이러한 효과는 커피의 카페인 및 폴리페놀 화합물뿐만 아니라 로스팅 중의 Maillard 반응에

Received 10 June 2019; Accepted 2 July 2019

Corresponding author: Yoonhwa Jeong, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Cheonan, Chungnam 31116, Korea

E-mail: yjeong@dankook.ac.kr, Phone: +82-41-550-3477

*These authors contributed equally to this work.

Author information: Eunkyung Kim (Graduate student), Ka-Young Song (Professor), Yosub Kim (Graduate student), Inyong Kim (Professor), Sung Hwan Kim (Professor), Ki-Young Kim (Professor), Yoonhwa Jeong (Professor)

의한 항산화 활성에 기인한다(Torres와 Farah, 2010). 대부분의 천연 폴리페놀 화합물은 로스팅 중에 손실되지만, 커피의 항산화 활성은 Maillard 반응의 생성물로 인해 높아지게 된다(Parliment, 2000; Nicoli 등, 1997; Bekedam 등, 2008; Perrone 등, 2012).

커피는 nicotinic acid, trigonelline, quinolinic acid, tannic acid, pyrogalllic acid, caffeine 등 다양한 생리활성 물질을 많이 함유하고 있다(Minamisawa 등, 2004). 커피의 생리활성 물질은 각성 작용을 일으키는 카페인이 있으며, 카테킨(catechin), 안토시아닌(anthocyanin) 등의 플라보노이드와 폴리페놀 화합물 등이 있다(Yukawa 등, 2004; Lopez-Garcia 등, 2009). 특히 커피는 hydroxycinnamic acids 중 phenolic acids(caffeic, chlorogenic, coumaric, ferulic, sinapic acids 등) 함량이 풍부하여 폴리페놀 섭취에 크게 기여하며 항산화제 역할을 한다(Manach 등, 2004; Daglia 등, 2000).

로스팅(roasting) 과정에서 온도와 시간은 중요한 요소이며 로스팅 시간이 길어질수록 쓴맛과 탄맛이 증가하게 된다. 특히 180~200°C 이상의 온도에서는 Maillard 반응 등에 의한 화합물의 변화, pyrolysis에 의한 유기화합물의 분해 등으로 생리활성 변화를 가져온다(Czerny 등, 1999; Daglia 등, 2000). 주요한 변화로는 chlorogenic acid, sucrose, trigonelline, amino acids 등의 감소이다(Trugo와 Macrae, 1984; Casal 등, 2000; Nehring과 Maier, 1992). 폴리페놀 화합물의 감소는 chlorogenic acid의 분해와 관련이 있으며 이는 항산화 능력에 영향을 끼친다고 알려져 있다(Nicoli 등, 1997; del Castillo 등, 2002).

커피의 로스팅 및 항산화 활성과 관련된 연구로는 로부스타 원두의 로스팅 정도에 따른 생리활성 및 항산화 활성(Herawati 등, 2019), 커피 로스팅에 따른 영양학적, 화학적, 항산화 특성(Costa 등, 2018), 커피 로스팅에 따른 α -glucosidase 활성(Alongi와 Anese, 2018), 배전 강도와 추출 시간에 따른 커피 추출물의 항산화 활성(Jo 등, 2016), 추출 시간 및 방법에 따른 커피 항산화 성분의 추출(Kwak 등, 2016; Ludwig 등, 2012), 배전 시간에 따른 커피 추출물의 항균 및 항산화 효과(Kim과 Han, 2009), 고체 발효 커피의 항산화 효과(Kwak 등, 2018) 등이 있다.

본 연구에서는 브라질산 *Coffea arabica* cv. Catuai 커피의 로스팅 조건에 따른 항산화 활성에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

생두는 Arabica종으로 2017년 6월에서 2018년 3월까지 수확된 *Coffea arabica* cv. Catuai(Brazil, Natural, NY2)를 모이커피컴퍼니(Moi Coffee Company, Yongin, Korea)에서 제공받아 사용하였다.

로스팅

생두는 Aillio Bullet R1 Roaster(Aillio, Taipei, Taiwan)를 이용하여 스페셜티 커피 협회(The Specialty Coffee Association, SCA)의 8단계 분류법을 바탕으로 CM-100(Lighttells, Zhubei City, Taiwan)을 이용한 4단계의 Agtron 값으로 로스팅하였다. 원두는 light medium(Agtron 70.17~60.36), medium(Agtron 60.07~50.00), moderately dark(Agtron 49.75~45.18), very dark(Agtron 30.07~20.50)로 사용 시까지 -18°C에서 냉동 보관하였다(Table 1).

에스프레소 추출

에스프레소 커피는 반자동 그라인더 900N(Yang-Chia Machine Works Co., Ltd., Taipei, Taiwan)을 이용하여 분쇄하였으며, 45 mesh 크기의 원두 분말 7 g을 반자동 에스프레소 머신(E98 President A2, Faema, Milano, Italy)을 이용하여 30 mL 추출하였다. 에스프레소 커피는 light medium(E1), medium(E2), moderately dark(E3), very dark(E4)의 4가지 시료로 준비하였다.

드립 추출

드립 커피는 Fuji coffee mill R-440(Fujikouki Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 분쇄하였으며, 25 mesh 크기의 원두 분말 15 g을 클레버 드리퍼(Mr. Clever, E.K, INT'L Co., Ltd., Taipei, Taiwan)를 이용하여 260 mL 추출하였다. 드립 커피는 light medium(D1), medium(D2), moderately dark(D3), very dark(D4)의 4가지 시료로 준비하였다.

시료 제조

커피 추출액은 Advantec No. 2 filter paper(Lot No. 60215106, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 여과 후 시료로 사용하였다.

Table 1. Roasting conditions for the four roasting profiles

Sample	Starting temperature (°C)	Final temperature (°C)	Total roasting time (min)	Agtron number
Light medium	170	195	5:27	67.20±0.60
Medium	170	200	6:19	56.50±0.80
Moderately dark	170	210	6:39	46.00±0.60
Very dark	170	228	8:01	27.40±0.40

총 폴리페놀 측정

총 폴리페놀 함량은 Alves 등(2010)의 방법을 응용하여 측정하였다. 에스프레소는 5배, 드립은 4배 희석한 후 96-well plate에 160 µL씩 넣고, Folin-Denis's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 10 µL를 가하였다. Folin-Denis's reagent를 가한 뒤 8분 후 sodium carbonate(Cas.497-19-8, Showa Chemical Industry, Tokyo, Japan) 30 µL를 가하였다. 이후 암실에서 2시간 방치 후 Microplate reader(Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid(Cas.149-91-7, Sigma-Aldrich Co.) 표준곡선을 이용하여 함량을 계산하였다.

총 플라보노이드 측정

총 플라보노이드 함량은 Pourmorad 등(2006)과 Marina 등(2005)의 방법을 응용하여 측정하였다. 에스프레소는 20배, 드립은 5배 희석하였다. 시료 400 µL에 에탄올(Cas.64-17-5, Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan) 1,200 µL와 증류수 240 µL를 가한 후, 10% aluminum nitrate(Cas.7784-27-2, Sigma-Aldrich Co.) 80 µL, 1.0 M potassium acetate(Cas.127-08-2, Sigma-Aldrich Co.) 80 µL를 차례로 가한 후 혼합하여 암실에서 40분간 방치하였다. Microplate reader(Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준곡선 quercetin(Cas.6151-25-3, Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 함량을 계산하였다.

TEAC 측정

Trolox equivalence antioxidant capacity(TEAC)는 Oki 등(2006)과 Re 등(1999)의 방법을 응용하여 측정하였으며, 에스프레소는 100배, 드립은 50배 희석한 후 시료 10 µL에 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) reagent(Cas.30931-67-0, Sigma-Aldrich Co.) 200 µL를 첨가하여 암실에서 60분간 반응시켰다. Microplate reader(Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 405 nm에서 측정하였다. 표준곡선 Trolox(Cas.53188-07-1, Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Serpen 등(2012)과 Thaipong(2006)의 방법을 응용하여 측정하였으며, 에스프레소는 100배, 드립은 50배 희석하였다. 시료 0.1 mL에 200 M DPPH reagent(Cas.84077-81-6, Sigma-Aldrich Co.) 0.1 mL를 첨가하였으며, 암실에서 30분간 반응 후 Microplate reader(Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 520 nm에서 측정하였다. 표준곡선 ascorbic acid(Cas.50-81-7, Sigma-Aldrich Co.)

를 이용하여 계산하였다.

FRAP 측정

Ferric reducing antioxidant power(FRAP)는 Benzie와 Strain(1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. 에스프레소는 100배, 드립은 50배 희석하였으며 $C_2H_3NaO_2$ (Cas.127-09-3, Sigma-Aldrich Co.)와 acetic acid(Cas.64-19-7, Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 acetic acid buffer(pH 3.6, 23 mM)를 제조하였다. 40 mM HCl(Cas.7647-01-0, Sigma-Aldrich Co.)과 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine)(Cas.3682-35-7, Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 10 mM TPTZ solution을 제조하였다. 시료 25 µL를 cocktail solution(acetic acid : 10 mM TPTZ : 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ = 10:1:1)과 섞은 후 37°C를 유지하였으며 암실에서 15분간 반응 후 Microplate reader(Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 593 nm에서 측정하였다. 표준곡선 $FeSO_4$ (Cas.7782-63-0, Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 계산하였다.

통계처리

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 25.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석하였다. Duncan's multiple range test를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

로스팅 정도에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 2와 같다. 총 폴리페놀 함량의 경우 에스프레소 커피는 E1(0.85 mg gallic acid equivalent(GAE)/g)에서 E4(0.52 mg GAE/g)로 로스팅이 강해질수록 총 폴리페놀 함량이 감소하였다. 드립 커피도 D1(2.11 mg GAE/g)에서 D4(1.92 mg GAE/g)로 로스팅이 강해짐에 따라 총 폴리페놀 함량이 감소하였다. Perrone 등(2012)의 연구에서 로스팅 시간이 길어짐에 따라 아라비카 원두의 폴리페놀 함량은 196.1 mg/100 g(6분)에서 175.2 mg/100 g(8분), 153.5 mg/100 g(9분), 94.0 mg/100 g(15분)으로 감소하였으며, 로스팅이 진행됨에 따라 카페인과 dihydrocaffeic acid의 함량이 감소하고 ferulic acid 함량이 증가하였다. 이는 페놀 화합물의 주요 물질인 phenolic acid가 분해되어 caffeic acid가 되고, caffeic acid가 분해되어 ferulic acid가 되고, ferulic acid가 quinic acid와 결합하여 chlorogenic acid가 되는 것과 연관이 있으며, chlorogenic acid 함량의 감소는 phenolic acids의 감소에 영향을 주어 페놀 화합물 함량이 감소하게 된다(Cano-Marquina 등, 2013). 로스팅 시 chlorogenic acid의 함량은 39.4%(6분)에서 25.6%(7분), 13.9%

Table 2. Total phenol and total flavonoid contents of *Coffea arabica* cv. Catuai coffee extracts from Brazil with roasting degrees by two extraction methods

Properties	Espresso				Drip				F-value
	E1	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4	
Total phenols content (mg GAE/g)	0.85±0.07 ^{c1)}	0.70±0.04 ^{cd}	0.62±0.04 ^{de}	0.52±0.05 ^e	2.11±0.18 ^a	2.01±0.12 ^{ab}	1.98±0.08 ^{ab}	1.92±0.09 ^b	175.004 ^{***}
Total flavonoids content (mg QE/g)	3.85±0.05 ^c	3.43±0.05 ^d	3.18±0.03 ^e	1.36±0.05 ^g	6.48±0.25 ^a	5.10±0.21 ^b	3.85±0.12 ^c	1.81±0.04 ^f	498.290 ^{***}

E1: light medium espresso, E2: medium espresso, E3: moderately dark espresso, E4: very dark espresso, D1: light medium drip, D2: medium drip, D3: moderately dark drip, D4: very dark drip.

¹⁾Means with the different letters (a-g) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test in all samples.

^{***} $P<0.001$.

(8분), 6.1%(9분), 2.1%(12분), 0.8%(15분)로 감소하였으며 이는 폴리페놀 함량이 감소하는 결과와 일치하였다(Per-rone 등, 2012). 원두는 로스팅 진행 시 대부분의 페놀 화합물이 파괴되며 Maillard 반응의 유리 라디칼과 반응하여 갈변 물질을 생성한다(Nicoli 등, 1997).

총 플라보노이드 함량은 에스프레소 커피가 E1(3.85 mg quercetin equivalent(QE)/g)에서 E4(1.36 mg QE/g)로 로스팅이 강해짐에 따라 감소하였으며, 드립 커피도 D1(6.48 mg QE/g)에서 D4(1.81 mg QE/g)로 로스팅이 강해짐에 따라 감소하였다. Lee(2016)의 연구에서 로스팅 커피의 플라보노이드 함량은 83.67 µg/mL(green bean), 111.33 µg/mL(Agtron 95~85), 46.11 µg/mL(Agtron 75~65), 31.44 µg/mL(Agtron 55~45), 19.22 µg/mL(Agtron 35~25)로 Agtron 95~85 단계의 커피가 생두와 비교하여 많은 플라보노이드 함량을 보였으며, 반면 로스팅 강도가 강해질수록 플라보노이드 함량은 감소하였다.

TEAC

TEAC는 에스프레소 커피의 경우 36.83~38.78 mg Trolox/g으로 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 반면 드립 커피는 로스팅 정도가 강해짐에 따라 D1(15.93 mg Trolox/g)에서 D4(11.40 mg Trolox/g)로 감소하였다. Nam과 Kang (2015)의 연구에서는 210°C에서 로스팅한 원두의 항산화

활성이 59.86%(10분), 59.30%(15분), 58.99%(20분)로 유의적인 차이가 없었으나($P>0.05$), 210°C에서는 56.61%(10분), 55.21%(15분), 53.99%(20분)로 로스팅 시간이 길어짐에 따라 감소하였다. Gomez-Ruiz 등(2008)의 연구에서는 6.15 µM Trolox/mL(green bean), 6.31 µM Trolox/mL(light), 5.97 µM Trolox/mL(medium), 5.92 µM Trolox/mL(dark)로 생두와 비교하여 light 로스팅 단계에서 항산화 활성이 증가하였으나, 로스팅 강도가 강해짐에 따라 항산화 활성이 감소하여 본 연구 결과와 유사하였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 따른 TEAC 값은 에스프레소와 비교하여 드립 커피가 비례적으로 증가하였다(Fig. 1, 2). Eq. (1), (2):

$$y = 24.455x - 35.492; R^2 = 0.9479 \quad (1)$$

$$y = 0.9847x + 9.2961; R^2 = 0.9590 \quad (2)$$

DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 에스프레소 커피의 경우 E1(73.07 mg ascorbic acid/g)에서 E4(57.66 mg ascorbic acid/g)로 로스팅이 강해짐에 따라 감소하였으며, 드립 커피도 D1(53.27 mg ascorbic acid/g)에서 D4(29.22 mg ascorbic acid/g)로 로스팅이 강해짐에 따라 감소하였다(Table 3). 에스프레소 커피와 드립 커피 모두 very dark의 로스팅 단계에서 각각 57.66 mg ascorbic acid/g, 29.22 mg ascorbic acid/g으로

Table 3. TEAC, DPPH, and FRAP of *Coffea arabica* cv. Catuai coffee extracts from Brazil with roasting degrees by two extraction methods

Properties	Espresso				Drip				F-value
	E1	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4	
TEAC (mg Trolox/g)	37.37±0.66 ^{a1)}	38.62±1.31 ^a	38.78±2.08 ^a	36.83±1.28 ^a	15.93±0.20 ^b	14.31±0.40 ^{bc}	12.52±0.51 ^{cd}	11.40±0.56 ^d	463.104 ^{***}
DPPH (mg ascorbic acid/g)	73.07±1.25 ^a	67.47±0.98 ^b	63.31±1.44 ^c	57.66±0.83 ^d	53.27±0.68 ^e	44.09±0.73 ^f	38.16±0.95 ^g	29.22±1.88 ^h	513.545 ^{***}
FRAP (mg FeSO ₄ /g)	44.46±1.88 ^b	48.96±0.95 ^a	45.83±0.30 ^b	45.92±1.33 ^b	21.98±1.23 ^c	19.23±0.57 ^d	12.78±0.12 ^e	10.95±0.60 ^f	768.125 ^{***}

E1: light medium espresso, E2: medium espresso, E3: moderately dark espresso, E4: very dark espresso, D1: light medium drip, D2: medium drip, D3: moderately dark drip, D4: very dark drip.

¹⁾Means with the different letters (a-h) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test in all samples.

^{***} $P<0.001$.

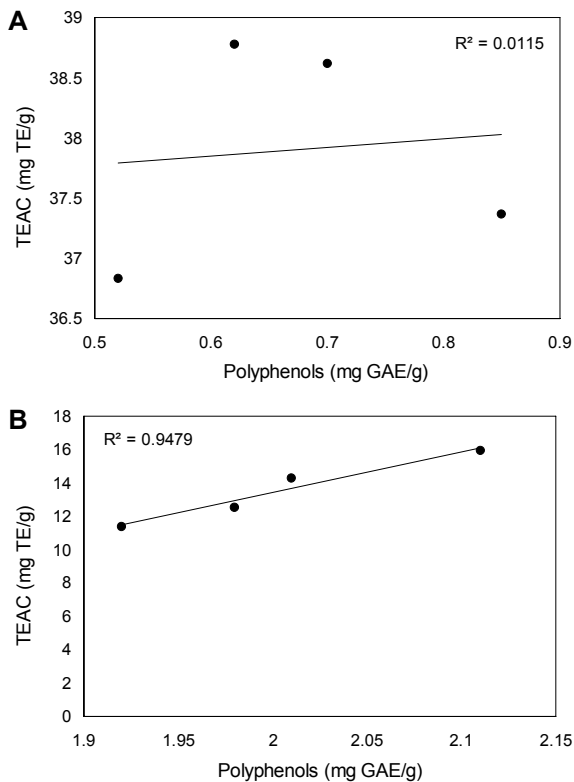


Fig. 1. Correlation of Trolox equivalent antioxidant capacity with polyphenols in espresso (A) and drip (B).

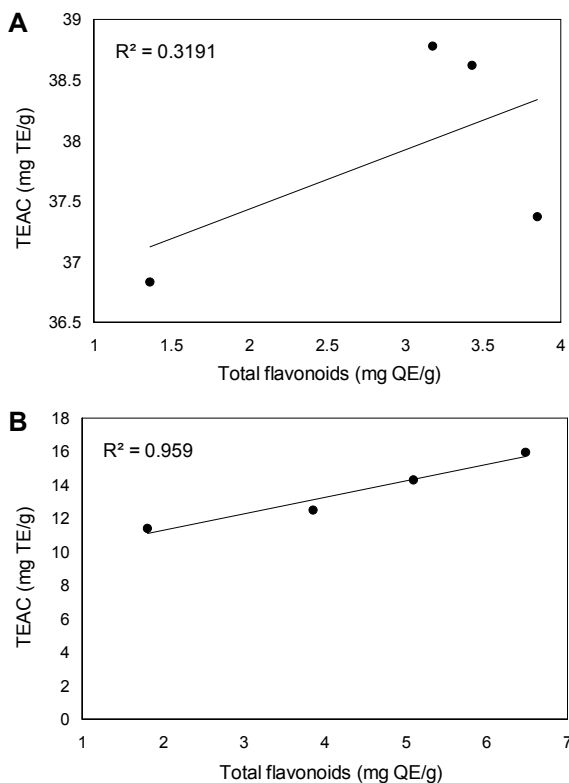


Fig. 2. Correlation of Trolox equivalent antioxidant capacity with total flavonoids in espresso (A) and drip (B).

가장 낮은 항산화 활성을 보였다. Kim과 Han(2009)의 연구에서 로스팅 시간이 길어짐에 따라 자유 라디칼 소거 활성이 증가하다가 감소하였으며, 0~10분에는 자유 라디칼 소거 활성에 유의적인 차이가 없었으나, 20분에는 크게 감소하여 25분에서 가장 낮은 항산화 활성을 보였다($P>0.05$). Kim과 Park(2006)의 연구에서도 로스팅 시간에 따라 갈색도 및 항산화 활성이 비례하여 증가하다가 14분 이후부터 항산화 활성이 감소하여 본 연구 결과와 유사하였다. Herawati 등(2019)의 연구에서도 early yellow 및 brown 단계에서 생두와 비교하여 높은 활성을 보였으나 첫 번째 crack 이후 로스팅이 진행됨에 따라 항산화 활성이 감소하였다. 당류 및 아미노산 가열 시 생성되는 갈변 물질은 가열시간 및 갈색도가 증가함에 따라 항산화 활성을 증가시키나 어느 이상의 가열시간 이후부터는 갈색도의 증가와 관계없이 항산화 활성이 감소하게 된다(Vandewalle 등, 1980). 로스팅 과정을 통해 생성되는 갈변 물질의 항산화 활성은 원두 내 자당이 chlorogenic acid와 반응하여 생성된 glyceraldehyde 및 glycolaldehyde에서 기인된다(Rhi와 Shin, 1993). 총 폴리페놀 함량에 따른 DPPH 값은 에스프레소와 드립 커피 모두 비례적으로 증가하였으며(Fig. 3), 총 플라보노이드 함량에 따른 DPPH 값은 에스프레소보다 드립 커피가 비례적으로 증가하였다(Fig. 4). Eq. (3), (4):

$$y = 125.72x - 210.88; R^2 = 0.9737 \quad (3)$$

$$y = 5.0721x + 19.324; R^2 = 0.9890 \quad (4)$$

FRAP

FRAP는 에스프레소 커피의 경우 E1이 44.46 mg FeSO₄/g으로 가장 낮았으며 E2에서 48.96 mg FeSO₄/g으로 증가하였다가 다시 낮아져 E3와 E4는 45.83~45.92 mg FeSO₄/g으로 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 드립 커피는 D1(21.98 mg FeSO₄/g)에서 D4(10.95 mg FeSO₄/g)로 로스팅 정도가 강해짐에 따라 감소하였다. Perrone 등(2012)의 연구에서 드립 커피의 환원력은 로스팅 시간이 길어짐에 따라 감소하였으며, 특히 220°C에서 15분간의 로스팅 단계(dark, very dark)에서는 생두와 비교하여 FRAP 활성이 42% 감소하였다. Gornas 등(2016)의 연구에서도 FRAP 분석 시 생두에서 가장 높은 값을 보였으며, dark 단계의 커피에서 가장 낮은 값을 보였다. FRAP는 로스팅 강도가 강해짐에 따라 감소하였으며, 로부스타 커피가 아라비카 커피와 비교하여 높은 환원력을 나타내었다. 반면 Herawati 등(2019)의 연구에서는 25.13%(green bean), 24.74%(very light), 29.14%(light), 28.38%(medium), 27.21%(dark)로 생두와 비교하여 로스팅 시 FRAP 값이 높아지는 결과를 보였다. FRAP는 커피 로스팅 시 형성되는 갈변 물질인 멜라닌 색소의 영향을 받는 것으로 여겨진다(Richelle 등, 2001; Moreira 등, 2005). 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 따른 FRAP 값은 에스프레소와 비교하여 드립 커피가 비례적으로 증가하였다(Fig. 5, 6). Eq. (5), (6):

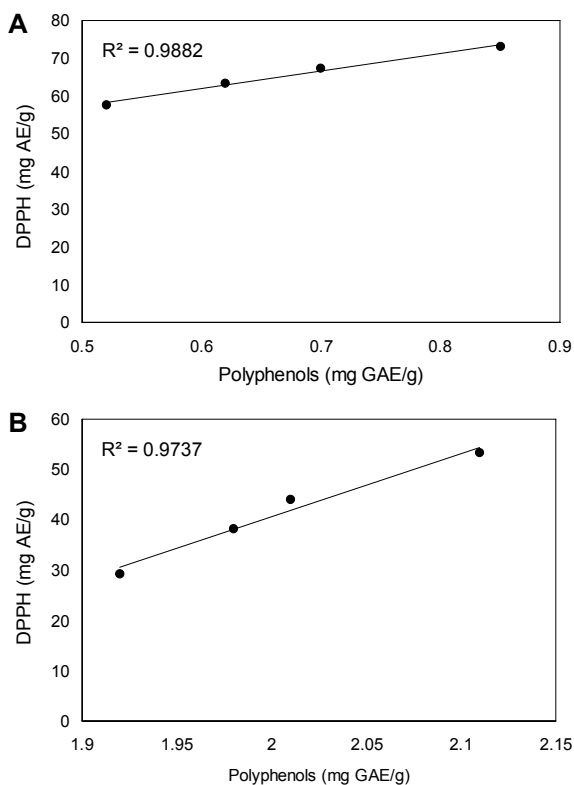


Fig. 3. Correlation of DPPH radical scavenging activity with polyphenols in espresso (A) and drip (B).

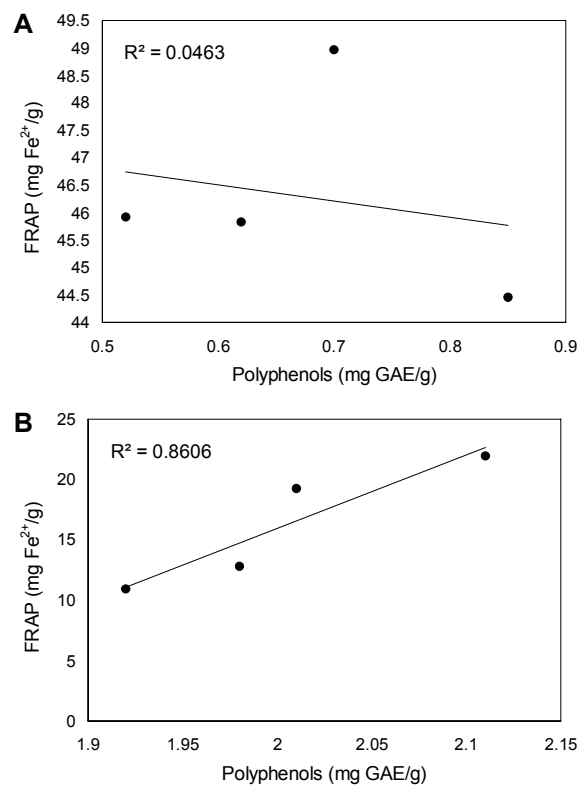


Fig. 5. Correlation of ferric reducing antioxidant power with polyphenols in espresso (A) and drip (B).

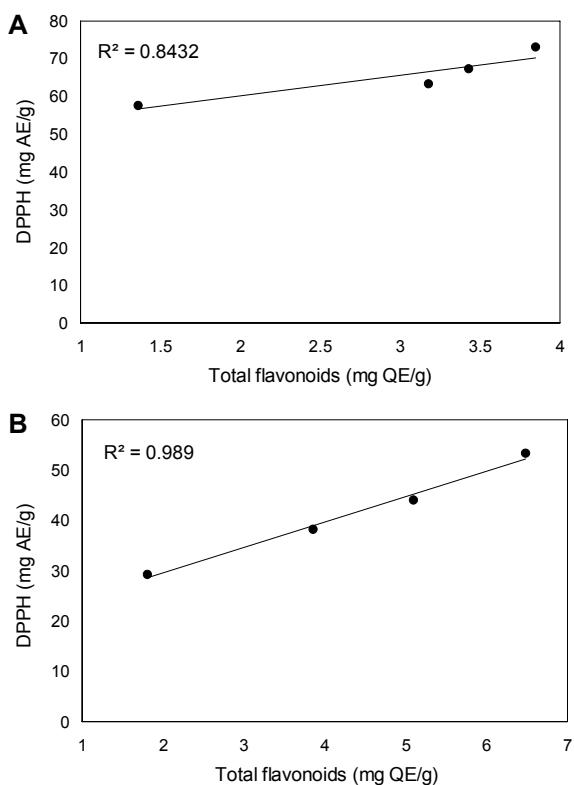


Fig. 4. Correlation of DPPH radical scavenging activity with total flavonoids in espresso (A) and drip (B).

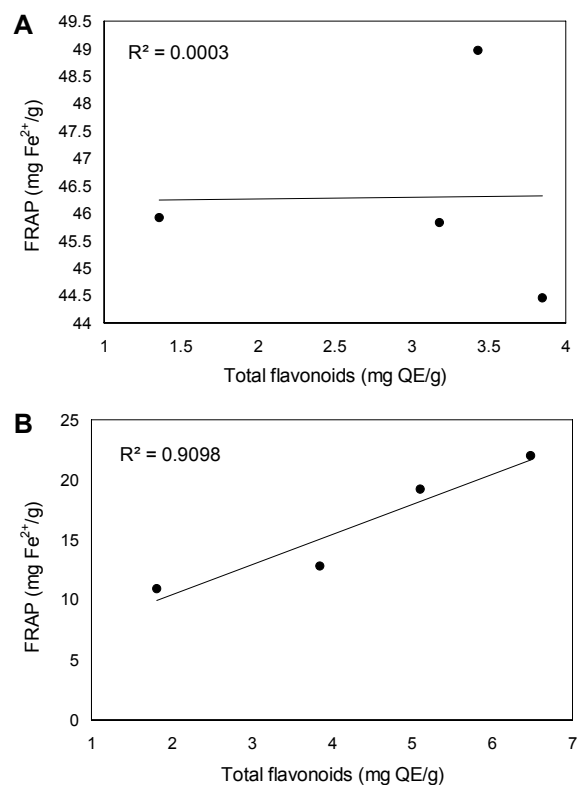


Fig. 6. Correlation of ferric reducing antioxidant power with total flavonoids in espresso (A) and drip (B).

$$y = 61.048x - 106.17; R^2 = 0.8606 \quad (5)$$

$$y = 2.5125x + 5.4059; R^2 = 0.9098 \quad (6)$$

요 약

본 연구에서는 브라질산 *Coffea arabica* cv. Catuai 생두를 이용하여 로스팅 조건을 달리한 에스프레소 및 드립 커피를 제조한 후 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 및 항산화 활성(TEAC, DPPH, FRAP)을 분석하였다. 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 로스팅 강도가 강해질수록 값이 감소하였으며, 에스프레소 및 드립 커피 모두 very dark 단계에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 항산화 활성은 TEAC의 경우 에스프레소는 36.83~38.78 mg Trolox/g으로 유의적인 차이가 없었으나, 드립 커피는 15.93~11.40 mg Trolox/g으로 로스팅 강도가 강해짐에 따라 감소하였다. DPPH는 에스프레소와 드립 커피 모두 로스팅이 진행됨에 따라 항산화 활성이 감소하여 very dark 단계에서 각각 57.66 mg ascorbic acid/g, 29.22 mg ascorbic acid/g으로 가장 낮은 항산화 활성을 보였다. FRAP의 경우 에스프레소는 medium 단계에서 가장 높은 환원력을 보였으며, 이후 단계부터는 감소하였다. 드립 커피는 로스팅이 진행됨에 따라 환원력이 감소하였다. 이상의 연구 결과 로스팅이 진행될수록 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성이 감소하였으며, 커피 추출방법에 따라서는 드립 커피가 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 비례하여 항산화 활성이 증가하였다. 따라서 소비자들의 커피 섭취를 통한 건강과 웰빙 등의 욕구를 충족시키기 위해서는 적절한 로스팅 단계의 선별 및 추출방법 등이 고려되어야 할 것으로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 농림축산식품연구센터 지원사업(과제번호 714001-07-5-SB110)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Alongi M, Anese M. Effect of coffee roasting on *in vitro* α -glucosidase activity: inhibition and mechanism of action. *Food Res Int*. 2018. 111:480-487.
- Alves RC, Costa AS, Jerez M, Casal S, Sineiro J, Núñez MJ, et al. Antiradical activity, phenolics profile, and hydroxymethylfurfural in espresso coffee: influence of technological factors. *J Agric Food Chem*. 2010. 58:12221-12229.
- Bekedam EK, Schols HA, Van Boekel MA, Smit G. Incorporation of chlorogenic acids in coffee brew melanoidins. *J Agric Food Chem*. 2008. 56:2055-2063.
- Benzie IF, Strain JJ. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Method Enzymol*. 1999. 299:15-27.
- Cano-Marquina A, Tarín JJ, Cano A. The impact of coffee on health. *Maturitas*. 2013. 75:7-21.
- Casal S, Oliveira MB, Ferreira MA. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. *Food Chem*. 2000. 68:481-485.
- Costa ASG, Alves RC, Vinha AF, Costa E, Costa CSG, Nunes MA, et al. Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant profiles of silverskin, a coffee roasting by-product. *Food Chem*. 2018. 267:28-35.
- Czerny M, Mayer F, Grosch W. Sensory study on the character impact odorants of roasted arabica coffee. *J Agric Food Chem*. 1999. 47:695-699.
- Daglia M, Papetti A, Gregotti C, Bertè F, Gazzani G. In vitro antioxidant and ex vivo protective activities of green and roasted coffee. *J Agric Food Chem*. 2000. 48:1449-1454.
- del Castillo MD, Ames JM, Gordon MH. Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *J Agric Food Chem*. 2002. 50:3698-3703.
- Derossi A, Ricci I, Caporizzi R, Fiore A, Severini C. How grinding level and brewing method (Espresso, American, Turkish) could affect the antioxidant activity and bioactive compounds in a coffee cup. *J Sci Food Agric*. 2017. 98:3198-3207.
- Gomez-Ruiz JA, Ames JM, Leake DS. Antioxidant activity and protective effects of green and dark coffee components against human low density lipoprotein oxidation. *Eur Food Res Technol*. 2008. 227:1017-1024.
- Gornas P, Dwiecki K, Siger A, Tomaszewska-Gras J, Michalak M, Polewski K. Contribution of phenolic acids isolated from green and roasted boiled-type coffee brews to total coffee antioxidant capacity. *Eur Food Res Technol*. 2016. 242:641-653.
- Herawati D, Giriwono PE, Dewi FNA, Kashiwagi T, Andarwulan N. Critical roasting level determines bioactive content and antioxidant activity of Robusta coffee beans. *Food Sci Biotechnol*. 2019. 28:7-14.
- Higdon JV, Frei B. Coffee and health: a review of recent human research. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2006. 46:101-123.
- 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*. 2016. 20:165-169.
- Kim HK, Hwang SY, Yoon SB, Chun DS, Kong SK, Kang KO. A study of the characteristics of different coffee beans by roasting and extracting condition. *Korean J Food Nutr*. 2007. 20:14-19.
- Kim JY, Han YS. Influence of roasting time on antibacterial and antioxidative effects of coffee extract. *Korean J Food Cook Sci*. 2009. 25:496-505.
- Kim KJ, Park SK. Changes in major chemical constituents of green coffee beans during the roasting. *Korean J Food Sci Technol*. 2006. 38:153-158.
- Kwak H, Ji S, Kim M, Lee Y, Jeong Y. Antioxidant activity and total polyphenol content of coffee extracted by three extraction methods. *Agro Food Ind Hi Tec*. 2016. 27:15-18.
- Kwak HS, Jeong Y, Kim M. Effect of yeast fermentation of green coffee beans on antioxidant activity and consumer acceptability. *J Food Qual*. 2018. Article ID: 5967130.
- Kwak HS, Ji S, Jeong Y. The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*. 2017. 71:210-216.
- Lee JC. A study of compound changes in coffee beans by different roasting condition. *Culi Sci & Hos Res*. 2016. 22:114-119.
- Lopez-Garcia E, Rodriguez-Artalejo F, Rexrode KM, Logroscino G, Hu FB, van Dam RM. Coffee consumption and risk of stroke in women. *Circulation*. 2009. 119:1116-1123.

- Ludwig IA, Sanchez L, Caemmerer B, Kroh LW, De Pena MP, Cid C. Extraction of coffee antioxidants: impact of brewing time and method. *Food Res Int*. 2012. 48:57-64.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*. 2004. 79:727-747.
- Marinova D, Ribarova F, Atanassova M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *J Univ Chem Technol Metall*. 2005. 40:255-260.
- Minamisawa M, Minamisawa H, Yoshida S, Takai N. Adsorption behaviours of copper and cadmium on roasted coffee beans. *Chem Aust*. 2004. 71:17-19.
- Moreira DP, Monteiro MC, Ribeiro-Alves M, Donangelo CM, Trugo LC. Contribution of chlorogenic acids to the iron-reducing activity of coffee beverages. *J Agric Food Chem*. 2005. 53:1399-1402.
- Nam SH, Kang S. Changes of biochemical components and physiological activities of coffee beans according to different roasting conditions. *Korean J Food Preserv*. 2015. 22:182-189.
- Nehring UP, Maier HG. Indirect determination of the degree of roast in coffee. *Eur Food Res Technol*. 1992. 195:39-42.
- Nicoli MC, Anese M, Manzocco L, Lericri CR. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT - Food Sci Technol*. 1997. 30:292-297.
- Oki T, Nagai S, Yoshinaga M, Nishiba Y, Suda I. Contribution of β -carotene to radical scavenging capacity varies among orange-fleshed sweet potato cultivars. *Food Sci Technol Res*. 2006. 12:156-160.
- Parliment TH. An overview of coffee roasting. In: Parliment TH, Ho CT, Schieberle P, editors. *Caffeinated Beverages: Health Benefits, Physiological Effects, and Chemistry*. ACS Symposium Series 754. American Chemical Society, Washington, DC, USA. 2000. p 188-201.
- Perrone D, Farah A, Donangelo CM. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. *J Agric Food Chem*. 2012. 60:4265-4275.
- Pourmorad F, Hosseinimehr SJ, Shahabimajd N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African J Biotechnol*. 2006. 5:1142-1145.
- 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.
- Rhi JW, Shin HS. Antioxidative effect of brown materials extracted from roasted coffee beans. *Korean J Food Sci Technol*. 1993. 25:220-224.
- Richelle M, Tavazzi I, Offord E. Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving. *J Agric Food Chem*. 2001. 49:3438-3442.
- Serpen A, Gokmen V, Fogliano V. Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. *Meat Sci*. 2012. 90:60-65.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal*. 2006. 19:669-675.
- Torres T, Farah A. Coffee is the most important contributor to the antioxidant capacity in Brazilian's diet. *FASEB J*. 2010. 24:919.
- Trugo LC, Macrae R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chem*. 1984. 15:219-227.
- Vandewalle L, Huyghebaert A. The antioxidant activity of the non-enzymatic browning reaction in sugar-protein systems. *Announcements from the Faculty of Agricultural Sciences, University of Ghent*. 1980. 45:1277-1286.
- Yukawa GS, Mune M, Otani H, Tone Y, Liang XM, Iwahashi H, et al. Effects of coffee consumption on oxidative susceptibility of low-density lipoproteins and serum lipid levels in humans. *Biochemistry (Mosc)*. 2004. 69:70-74.