

로스팅 조건에 따른 엘살바도르산 *Coffea arabica* cv. Bourbon 커피의 이화학적 특성

김인용^{1,†} · 정선윤^{1,2,†} · 김은경³ · 윤혜연¹ · 장석암⁴ · 하정헌^{1,2} · 정윤화^{1,2,*}

¹단국대학교 천연물식의약소재산업화연구센터, ²단국대학교 식품영양학과,
³경기대학교 관광전문대학원 외식산업경영학과, ⁴단국대학교 운동처방재활학과

Physicochemical characteristics of El salvadoran *Coffea arabica* cv. Bourbon coffee extracts with various roasting conditions

Inyong Kim^{1,†}, Sunyoon Jung^{1,2,†}, Eunkyung Kim³, Hea-Yeon Yun¹, Seokam Zhang⁴,
Jung-Heun Ha^{1,2}, and Yoonhwa Jeong^{1,2,*}

¹Research Center for Industrialization of Natural Nutraceuticals, Dankook University

²Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

³Department of Food Service Industry Management, Graduate School of Tourism Business Management, Kyonggi University

⁴Department of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University

Abstract The physicochemical characteristics of El Salvadoran *Coffea arabica* cv. Bourbon coffee extracts under various roasting conditions were investigated. Green beans were roasted under four different conditions (Light-medium, Medium, Moderately dark, and Very dark). The coffee extracts were prepared by using the espresso or drip methods. As the roasting degree increased, the coffee bean moisture content decreased and the ash content increased. The lightness and yellowness of the beans and coffee extracts decreased along with the increasing roasting degree. In the drip coffee, the reducing sugar content decreased and the pH value increased along with the increasing roasting degree. Both in the espresso and drip coffee, total organic acid and chlorogenic acid contents decreased, while the caffeine content increased along with the increasing roasting degree. Therefore, it is suggested that the roasting degree affects the physicochemical characteristics of coffee extracts.

Keywords: *Coffea arabica* cv. Bourbon, coffee, roasting, physicochemical characteristics

서 론

커피는 대표적인 기호 음료 중의 하나로서 향과 풍미가 좋아 매일 전 세계적으로 약 22억 5천만 잔 이상 소비되고 있다(Much Needed, 2020). 국제커피기구(International Coffee Organization, ICO)의 자료에 따르면 전 세계 커피 원두의 소비량은 2016-2017년 1억 5,864만 2천 포대(1포대=60 kg)에서 2019-2020년 1억 6,933만 7천 포대로 약 6.3%가 증가하였으며, 국내 커피 원두의 소비량은 2016-2017년 231만 6천 포대에서 2019-2020년 260만 2천 포대로 약 11.0%가 증가하였다(ICO, 2020a). 커피(*coffea*)속으로 분류되는 식물은 현재까지 약 80여 종이 알려져 있으며, 이 중 Arabica와 Robusta종이 주로 상업적으로 재배되고 있다(ICO,

2020b). 커피는 같은 품종이라도 생산 지역에 따라 맛과 향에 차이를 보이기 때문에 분류 시 커피를 생산한 국가의 지명을 붙인다. 엘살바도르(El Salvador)는 중앙아메리카 태평양 연안에 위치한 국가로 해발고도가 높고 무기질이 풍부한 화산지형으로 인해 커피 재배의 최적지로 알려져 있으며, Bourbon과 Pacamara 품종을 주로 재배한다. 엘살바도르는 천혜의 자연환경에도 불구하고 오랜 기간 내전과 정치적 불안요소 등으로 인하여 커피산업이 크게 위축되어 있으며, 과학적 연구가 많이 이루어지지 않고 있다. 엘살바도르에서 재배되는 커피는 다른 국가들에서 생산되는 커피에 비해 산도가 강하지는 않지만 산뜻하고 부드러우면서 초콜릿과 같은 달콤한 향미가 특징이며, 전문패널에 의한 기호도 조사에서 향미와 맛의 균형에 대한 선호도가 특히 높게 평가되었다(Lee와 Pae, 2014).

커피의 로스팅(roasting)은 생두가 물리 화학적 변화를 통해 특유의 색과 향미를 생성하는 중요한 과정이다. 생두는 로스팅으로 인해 수분이 증발하고, 조직이 다공질로 바뀌어 밀도가 감소하며(Chung, 2015), 마이야르(maillard) 반응, 캐러멜(caramel)화 반응, 지질 산화, 페놀화합물의 분해 등에 의하여 이화학적 특성이 변화한다(Stefanello 등, 2019). 지금까지 보고된 로스팅 조건에 따른 커피의 이화학적 특성에 관한 연구는 콜롬비아산 커피의 로스팅 및 가공법에 따른 관능적 품질 특성 연구(Ko 등, 2017), 인도네시아산 로부스타 커피의 로스팅에 따른 생리 활성 성분 및

[†]These authors contributed equally to this work.

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

Tel: +82-41-550-3477

Fax: +82-41-559-7956

E-mail: yjeong@dankook.ac.kr

Received March 30, 2020; revised May 1, 2020;

accepted May 6, 2020

항산화 활성 연구(Herawati 등, 2019) 등이 있다. 그러나 품종이 다른 원두를 사용하는 경우, 같은 로스팅 조건에도 불구하고 일관된 결과가 나오지 않기 때문에 서로 다른 로스팅 조건이 요구된다(Hecimovic 등, 2011). 지금까지 알려진 커피 추출법으로는 사이폰, 프렌치 프레스, 모카 포트 등을 이용한 방법 등이 있으며, 이 중 고압·고온의 물을 이용하여 단시간에 추출하는 에스프레소와 중력의 원리를 이용하여 뜨거운 물을 천천히 부어 추출하는 드립 방식이 전 세계적으로 가장 많이 쓰이는 방법이다(Caporaso 등, 2014).

본 연구에서는 엘살바도르산 *Coffea arabica* cv. Bourbon 생두를 4단계의 다른 강도로 로스팅한 후, 에스프레소와 드립 방법으로 커피를 추출하여 로스팅 정도에 따른 커피의 이화학적 특성을 조사하였다. 로스팅 조건이 다른 원두에서 중량 손실, 일반성분, 색도와 갈색도를 측정하였고, 로스팅 조건이 다른 원두로부터 추출한 에스프레소와 드립 커피에서 색도와 갈색도, 가용성 고형분, 환원당 함량, pH, 총 산도, 유기산 함량, 카페인 함량과 클로로겐산 함량을 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 커피 생두는 엘살바도르에서 2018년 1월에서 2월까지 수확된 *Coffea arabica* cv. Bourbon (Strictly high grown, SHG; Natural processed) 품종으로, 모이커피컴퍼니(Moi Coffee Company, Yongin, Korea)에서 제공받았다.

로스팅

170°C로 예열된 로스터(Aillio Bullet R1 Roaster, Aillio, Taipei, Taiwan)에 생두를 투입한 후, Coffee roast degree analyzer (CM-100, lighttells, Zhubei City, Taiwan)로 agron 값을 측정하여, 스페셜티 커피 협회(The Specialty Coffee Association, SCA)의 로스팅 단계 분류법을 기준으로 Light medium (Agron 70.17-60.36), Medium (Agron 60.07-50.00), Moderately dark (Agron 49.75-45.18), Very dark (Agron 30.07-20.50)의 4단계로 로스팅하였다(Table 1). 로스팅한 원두는 사용 시까지 -18°C에서 냉동 보관하였다.

에스프레소 추출

에스프레소 전용 반자동 그라인더(900N, Yang-Chia Machine Works Co., Ltd, Taichung City, Taiwan)를 이용하여 원두를 45 mesh로 분쇄한 후, 반자동 에스프레소 머신(E98 President A2, Faema, Milano, Italy)을 이용하여 원두 분말 7g을 30 mL까지 추출하였다. 에스프레소 추출액은 로스팅 강도에 따라 Light medium (E1), Medium (E2), Moderately dark (E3)와 Very dark (E4)의 4가지 시료로 준비하였다.

드립 추출

드립 전용 전동 그라인더(Fuji coffee mill R-440, Fujikouki Co.,

Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 원두를 25 mesh로 분쇄한 후, 클레버 트리퍼(Mr. Clever, EK Int'l Co., Ltd., Taipei, Taiwan)를 이용하여 원두 분말 15g을 210 mL까지 추출하였다. 드립 추출액은 로스팅 강도에 따라 Light medium (D1), Medium (D2), Moderately dark (D3)와 Very dark (D4)의 4가지 시료로 준비하였다.

중량 손실

로스팅에 따른 중량 손실은 Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995)의 방법에 따라 측정하였다. 생두 250g을 로스팅한 후 무게를 측정하여 로스팅에 따른 중량 손실을 로스팅 전 시료 중량에 대한 백분율로 나타내었다.

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{(\text{Initial weight of coffee bean} - \text{Final weight of coffee bean})}{\text{Initial weight of coffee bean}} \times 100 \quad (1)$$

일반성분 분석

생두와 원두의 일반성분은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분함량은 상압가열건조법, 조단백질 함량은 Micro-Kjeldahl 법, 조지방 함량은 Soxhlet법, 조회분 함량은 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 탄수화물을 포함하는 기타 성분의 함량은 100에서 수분 함량, 조단백질 함량, 조지방 함량, 조회분 함량을 뺀 값으로 하였다. 모든 결과는 시료 무게에 대한 백분율로 나타내었다.

색도와 갈색도

생두, 원두와 커피 추출액의 색도는 색도계(LC100, Tintometer Limited, Amesbury, UK)를 이용하여 측정한다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)로 나타내었다. 갈색도(brown index, BI)는 Virgen-Navarro 등(2016)의 방법에 따라 나타내었다.

$$\text{BI} = \frac{z - 0.31}{0.17} \times 100 \left(z = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645a^* + a^* - 3.012b^*} \right) \quad (2)$$

가용성 고형분

추출액의 가용성 고형분(Total dissolved solids, TDS) 함량은 Gómez(2019)의 방법에 따라 °Brix 값에 0.85를 곱하여 나타내었다. °Brix 값은 Brix meter (HI 96801, HANNA Instruments, Woonsocket, RI, USA)를 이용하여 측정하였으며, 각 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

환원당 함량

추출액의 환원당 함량은 Miller(1959)의 방법을 응용하여 측정하였다. 에스프레소 커피는 5배, 드립 커피는 2배 희석하여 시료로 사용하였다. 시료 0.3 mL에 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 시약 0.3 mL를 첨가한 후 100°C 항온수조에서 5분간 반응시켰다. 반응 용액에 증류수 0.9 mL를 첨가하여 15분간 상온에서 정치시킨 후, Microplate reader (Spectramax M2E, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose (Duksan Science, Seoul, Korea)를 표준물질로

Table 1. Roasting conditions

Sample	Initial temperature (°C)	Final temperature (°C)	Total roasting time (min: s)	Agron number
Light medium	170	191	8:51	66.6±0.6
Medium	170	200	9:35	55.2±0.6
Moderately dark	170	210	10:61	46.2±0.3
Very dark	170	230	15:85	27.8±0.5

사용하여 표준곡선을 작성하고, 환원당 함량을 mg/mL로 나타내었다.

pH

추출액의 pH 값은 pH meter (ORION STAR A211, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 측정하였으며, 각 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

총 산도

추출액의 총 산도는 Nielson(2010)의 방법으로 측정하였다. 에스프레소 커피와 드립 커피는 각각 5배 희석하여 시료로 사용하였다. 시료 10 mL을 취하여 1% 페놀프탈레인 지시약을 첨가하고, 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.0이 될 때까지 적정하였다. 이때 소비된 NaOH 용액의 mL 수를 citric acid (%)로 환산하여 총 산도로 나타내었다.

$$\text{Citric acid (\%)} = V \times F \times A \times D \times (1/S) \times 100 \quad (3)$$

V: 0.1 N NaOH 용액의 적정치 소비량(mL)

F: 0.1 N NaOH 용액의 역가

A: 0.1 N NaOH 용액 1 mL에 상당하는 citric acid의 양

D: 희석배수

S: 시료의 채취량(mL)

유기산 함량

추출액의 유기산 함량은 Jham 등(2002)의 방법을 응용하여 high-performance liquid chromatography (HPLC; Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 측정하였다. 에스프레소 커피는 10배, 드립 커피는 3배 희석하여 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 시료로 사용하였다. Column은 Capcell Pak C18 UG 120 (5 µm, 4.6×150 mm, Shiseido, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, column 온도는 30°C로 하였다. 이동상은 0.1% phosphoric acid (Samchun, Pyeongtaek, Korea)으로 하여 0.4 mL/min의 유속으로 20분간 흘려주었다. 시료는 20 µL씩 주입하였으며, UV-vis detector (VWD-3100, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 220 nm에서 검출하였다. Acetic acid (Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan), citric acid (Junsei Chemical Co., Ltd.), L-malic acid (Junsei Chemical Co., Ltd.), oxalic acid (Junsei Chemical Co., Ltd.)를 표준물질로 사용하여 표준곡선을 작성하고, 각각의 유기산 함량을 mg/mL로 나타내었다.

카페인과 클로로겐산 함량

추출액의 카페인과 클로로겐산 함량은 Jung 등(2017)의 방법을 응용하여 HPLC로 분석하였다. 에스프레소 커피는 25배, 드립 커피는 10배 희석하여 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 시료로 사용하였다. Column은 Capcell Pak C18 UG 120 (5 µm, 4.6×150 mm, Shiseido)을 사용하였고, column의 온도는 40°C로 하였다. 이동상은 acetonitrile (13% A, Burdick & Jackson, Porter, IN, USA)과 0.4% phosphoric acid (87% B, Samchun)으로 하여, 0.5 mL/min의 유속으로 10분간 흘려주었다. 시료는 20 µL씩 주입하여 UV-vis detector로 290 nm에서 검출하였다. Caffeine (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)과 chlorogenic acid (Sigma-Aldrich)를 표준물질로 사용하여 표준곡선을 작성하였으며, 카페인 및 클로로겐산 함량을 각각 mg/mL로 나타내었다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 시행하였으며, 통계분석은 IBM SPSS statistics (ver. 25.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA)를 이용하여 수행하였다. 실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었고, 시료 간 차이는 일원분산분석(One-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 수행하여 $p < 0.05$ 의 유의수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

중량 손실

로스팅 후 원두의 무게는 Light medium과 Medium 단계에서 생두보다 8% 감소하였으며, Moderate dark와 Very dark 단계에서 생두보다 각각 12, 16%가 감소하여 로스팅 강도가 증가할수록 원두의 중량 손실이 증가하였다. Kim 등(2019)의 연구에서는 Very dark 단계로 로스팅한 브라질산 Catuai 원두의 무게가 생두의 무게보다 20.16% 적었으며, Suh 등(2015)의 연구에서는 브라질산 Bourbon, 인도네시아산 Mandheling, 케냐산 Tatu 원두의 무게가 Dark 단계로 로스팅한 경우 각각 18.5, 18.3, 17.8% 감소하여 본 연구결과와 유사하였다. 로스팅이 강해질수록 중량 손실이 증가하는 것은 주로 수분의 손실에 의하며, 유기물이 열에 의해 이산화탄소와 휘발성 물질로 바뀌는 것은 또한 원두의 중량 손실에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Jokanovic 등, 2012).

일반성분

로스팅 정도에 따른 원두의 일반성분은 Table 2와 같다. 수분 함량은 생두가 8.19%로 가장 높았으며, Light medium (2.81%) > Medium (1.88%) > Moderately dark (1.23%) > Very dark (0.76%) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 감소하였다. 조단백질 함량은 생두가 14.07%로 가장 낮았으며, Medium (16.47%), Moderately dark (15.51%)와 Very dark (15.66%) 단계에서는 생두보다 유의적으로 높았다. 조지방 함량은 생두가 10.33%이었으며, Light medium (8.25%) 단계에서는 생두보다 유의적으로 낮았으나, Very dark (14.67%) 단계에서는 생두보다 유의적으로 높았다. 조회분 함량은 생두가 5.03%로 가장 낮았으며 Light medium (5.33%) < Medium (5.59%) < Moderately dark (5.68%) < Very dark (6.22%) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 증가하였다. 탄수화물을 포함한 기타 성분은 생두가 62.38%로 가장 낮았으며, Light medium (69.03%), Medium (65.45%)과 Moderately dark (68.14%) 단계에서는 생두보다 유의적으로 많았고, Very dark (62.69%) 단계에서는 생두와 유의적인 차이가 없었다. Pittia 등(2001)의 연구에서는 Arabica종 Santos 커피 생두의 수분함량이 11.45 g/100 g이었으며, 20분간 로스팅한 원두의 수분함량은 2 g/100 g 이하로 감소하였다. Kang 등(2015)의 연구에서 콜롬비아산 Supremo 커피 생두의 수분, 조단백질, 조지방, 회분과 탄수화물의 함량은 각각 8.23, 1.54, 10.66, 3.90, 75.13%이었으며, 엘살바도르산 Bourbon 생두와 비교하여 단백질, 무기질 함량이 낮고, 탄수화물의 함량이 높았다. 원두의 로스팅 강도를 달리하였을 때 강하게 로스팅한 원두에서 약하게 로스팅한 원두에 비하여 수분함량이 적었고, 조단백질은 증가하고, 조지방과 탄수화물 함량은 원두의 분쇄도에 따라, 같거나 증가하였고, 회분은 증가하였다. 원두의 수분함량은 로스팅 초기 탄수화물의 열분해, 클로로겐산 및 유기산 등의 분해로 다소 증가하다가 두 번째 균열 이후부터 급격히 감소한다(Ledl과 Schleicher, 1990). 로스팅 중에는 수분이 증발하고,

Table 2. Proximate composition of coffee beans with different roasting degrees

(%)

Composition	Green beans	Roasted beans			
		Light medium	Medium	Moderately dark	Very dark
Moisture	8.19±0.06 ^a	2.81±0.31 ^b	1.88±0.05 ^c	1.23±0.00 ^d	0.76±0.01 ^e
Crude protein	14.07±0.28 ^c (15.32±0.29 ^b) ¹⁾	14.58±0.26 ^{bc} (15.00±0.27 ^b)	16.47±1.11 ^a (16.79±1.14 ^a)	15.51±0.18 ^{ab} (15.70±0.18 ^b)	15.66±0.30 ^b (15.78±0.31 ^{ab})
Crude fat	10.33±1.36 ^b (11.25±1.47 ^b)	8.25±0.55 ^c (8.49±0.55 ^c)	10.61±0.96 ^b (10.81±0.97 ^b)	9.45±1.43 ^{bc} (9.57±1.45 ^{bc})	14.67±0.67 ^a (14.78±0.67 ^a)
Ash	5.03±0.14 ^d (5.48±0.15 ^c)	5.33±0.01 ^c (5.49±0.01 ^c)	5.59±0.08 ^b (5.70±0.08 ^b)	5.68±0.01 ^b (5.75±0.01 ^b)	6.22±0.03 ^a (6.27±0.03 ^a)
Others ²⁾	62.38±1.62 ^c (67.95±1.78 ^b)	69.03±0.18 ^a (71.03±0.34 ^a)	65.45±1.63 ^b (66.70±1.67 ^b)	68.14±1.60 ^a (68.99±1.62 ^b)	62.69±0.95 ^c (63.17±0.96 ^c)

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Duncan's multiple range test in all samples.

¹⁾(): Values in parenthesis indicate the percentage on a dry weight basis.

²⁾Others: 100-(Moisture+Crude protein+Crude fat+Ash).

Table 3. Color of coffee beans with different roasting degrees

Colors ¹⁾	Green beans	Roasted beans			
		Light medium	Medium	Moderately dark	Very dark
L*	47.70±0.10 ^a	39.79±2.04 ^b	33.62±1.99 ^c	31.61±1.26 ^c	23.49±2.45 ^d
a*	2.60±0.30 ^b	5.18±2.76 ^a	6.55±0.48 ^a	5.38±0.91 ^a	3.99±0.39 ^{ab}
b*	9.90±0.80 ^a	8.92±0.93 ^a	8.17±1.07 ^a	4.62±1.41 ^b	2.40±0.85 ^c
BI	26.85±2.62 ^c	34.53±2.13 ^b	41.91±6.58 ^a	27.79±2.95 ^{bc}	22.59±2.30 ^c

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Duncan's multiple range test in all samples.

¹⁾L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; BI, browning index.

이산화탄소와 일부 유기물이 빠져나오며, 캐러멜화 반응, 마이야르 반응, 열분해, 가수분해, 산화 반응 등의 많은 복잡한 반응이 일어나 구성 성분이 변화하는 것으로 생각된다(Stefanello 등, 2019).

색도와 갈색도

커피의 색은 커피의 관능적 특성에 영향을 주는 주요 요소이다. 로스팅 정도에 따른 원두의 색도와 갈색도는 Table 3과 같다. 명도(L*)는 생두가 47.70으로 가장 높았으며, Light medium (39.79)>Medium (33.62)>Moderately dark (31.61)>Very dark (23.49) 순으로 로스팅이 강해짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 적색도(a*)는 생두가 2.60으로 가장 낮았으며 Light medium (5.18), Medium (6.55), Moderately dark (5.38) 단계에서는 생두보다 유의적으로 높았고, Very dark (3.99) 단계에서는 생두와 유의적인 차이가 없었다. 황색도(b*)는 생두가 9.90으로 가장 높았으며, Light medium (8.92)>Medium (8.17)>Moderately dark (4.62)>Very dark (2.40) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 감소하였다. 갈색도는 생두에서 26.85이었으며, Light medium (34.53)과 Medium (41.91) 단계에서는 생두보다 유의적으로 높았으나, Moderately dark (27.79)와 Very dark (22.59) 단계에서는 생두와 유의적인 차이가 없었다.

로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 색도는 Table 4와 같다. 에스프레소 커피의 명도는 E1에서 10.33으로 가장 높았고, E2 (9.37)>E3 (7.53)>E4 (7.07) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 감소하였다. 드립 커피의 명도는 에스프레소 커피와 유사하게 D1에서 39.77로 가장 높았고, D2 (15.67)>D3 (12.73)>D4 (8.47) 순으로 로스팅이 강해짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 에스프레소 커피의 적색도는 E1과 E2에서 모두 5.40으로 가장 높았으며, E3

(2.17)>E4 (1.10) 순으로 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 드립 커피의 적색도는 D1에서 17.27이었으며 D2 (18.93)에서 D1보다 유의적으로 높았으나, D3 (16.67)과 D4 (11.43)에서는 유의적으로 낮았다. 에스프레소의 황색도는 E1에서 4.50이었으며 E2 (4.53)에서는 E1과 유의적인 차이가 없었으나, E3 (1.00)과 E4 (-0.27)에서는 유의적으로 감소하였다. 드립 커피의 황색도는 D1에서 49.67로 가장 높았으며, D2 (14.90)> D3 (10.83)>D4 (3.93) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 감소하였다. 에스프레소 커피의 갈색도는 E1에서 93.72이었으며, E2 (105.09)에서는 E1과 유의적인 차이는 없었으나, E3 (34.37)과 E4 (7.17)에서는 유의적으로 감소하였다. 드립 커피의 갈색도는 D1에서 372.31로 가장 높았으며 D2 (254.26)>D3 (227.59)>D4 (143.86) 순으로 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다.

Kim 등(2019)의 연구에서는 브라질산 Catuai 생두의 명도, 적색도, 황색도 및 갈색도는 각각 43.77, 4.37, 20.33과 68.05이었으며 엘살바도르산 Bourbon 생두와 비교하여 명도가 낮았고, 적색도, 황색도 및 갈색도가 높았으며, 로스팅 강도가 증가함에 따라 명도와 황색도는 감소하였고, 적색도는 증가하다 감소하여 본 연구결과와 유사하였다. Lee 등(2013)의 연구에서도 콜롬비아산 Supremo 커피와 브라질산 Santos 생두의 명도(39.42와 40.93), 적색도(0.61과 1.17) 및 황색도(5.61과 7.12)가 엘살바도르산 Bourbon 생두에 비하여 낮았으며, 로스팅이 강해질수록 명도와 황색도가 감소하였고, 적색도는 light 단계에서는 생두보다 높았으나 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하여 본 연구결과와 유사하였다. Chung 등(2013)은 콜롬비아산 Tamara 커피 추출액의 갈색도가 로스팅 온도와 시간이 증가할수록 증가하다가 다시 감소하며, 특히 191.34°C와 6.72분에서 가장 높았다고 하였다. 커피

Table 4. Color of coffee extracts with different roasting degrees

Colors ¹⁾	Espresso coffee				Drip coffee			
	E1 ²⁾	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4
L*	10.33±0.31 ^A	9.37±0.12 ^B	7.53±0.47 ^C	7.07±0.38 ^C	39.77±0.31 ^a	15.67±0.21 ^b	12.73±0.23 ^c	8.47±0.45 ^d
a*	5.40±0.17 ^A	5.40±0.36 ^A	2.17±0.06 ^B	1.10±0.00 ^C	17.27±0.15 ^b	18.93±0.38 ^a	16.67±0.21 ^c	11.43±0.32 ^d
b*	4.50±0.69 ^A	4.53±0.32 ^A	1.00±0.17 ^B	-0.27±0.29 ^C	49.67±0.70 ^a	14.90±0.44 ^b	10.83±0.23 ^c	3.93±0.12 ^d
BI	93.72±16.28 ^A	105.09±8.87 ^A	34.37±3.31 ^B	7.17±3.77 ^C	372.31±13.03 ^a	254.26±14.60 ^b	227.59±8.85 ^c	143.86±10.24 ^d

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-G}Duncan's multiple range test in espresso coffee.

^{a-d}Duncan's multiple range test in drip coffee.

¹⁾L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; BI, browning index.

²⁾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.

Table 5. Total dissolved solids, reducing sugar, pH, and, titratable acidity of coffee extracts with different roasting degrees

Properties ¹⁾	Espresso coffee				Drip coffee			
	E1 ²⁾	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4
TDS (%)	5.02±0.14 ^A	4.93±0.00 ^A	4.73±0.05 ^B	4.96±0.18 ^A	1.28±0.00 ^{ns}	1.28±0.00	1.28±0.00	1.28±0.00
RS (mg/mL)	4.17±0.09 ^A	3.62±0.21 ^{BC}	3.35±0.37 ^C	3.90±0.26 ^{AB}	1.04±0.01 ^a	0.92±0.01 ^b	0.85±0.01 ^c	0.75±0.01 ^d
pH	4.73±0.00 ^C	4.77±0.01 ^B	4.96±0.01 ^A	4.75±0.04 ^{BC}	4.89±0.01 ^d	4.91±0.01 ^c	5.04±0.01 ^b	5.53±0.01 ^a
TA (%)	0.54±0.34 ^{ns}	0.64±0.20	0.75±0.09	0.59±0.05	0.47±0.16 ^{ab}	0.18±0.03 ^c	0.20±0.10 ^{bc}	0.09±0.01 ^c

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-G}Duncan's multiple range test in espresso coffee.

^{a-d}Duncan's multiple range test in drip coffee.

^{ns}Not significant.

¹⁾TDS, total dissolved solids; RS, reducing sugar; TA, titratable acidity.

²⁾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.

의 갈색 물질은 로스팅 중 커피 원두에 함유되어있는 성분의 캐러멜화 반응과 메일라드 반응으로 생성되는 물질에 기인한다 (Friedman, 1996; Ozdemir와 Devres, 2000). 단백질의 아미노기와 환원당의 카르보닐기 사이에서 메일라드 반응을 통하여 갈색의 중합체인 멜라노이딘이 생성되며, 커피의 성분 중 글리세롤산의 분해로 생성된 글리세르알데하이드(glyceraldehyde), 글리코알데하이드(glycoaldehyde) 등은 또한 갈색도를 증가시킨다(Rhi와 Shin, 1993).

가용성 고형분 함량

로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 가용성 고형분 함량은 Table 5와 같다. 에스프레소 커피의 가용성 고형분 함량은 E1에서 5.02%였고, 로스팅 강도가 증가함에 따라 감소하여 E3 (4.73%)에서는 E1보다 유의적으로 낮았으나, E4 (4.96%)에서는 다시 증가하여 E1과 유의적인 차이가 없었다. 드립 커피에서 가용성 고형분 함량은 D1에서 D4 모두 1.28%로 군 간에 유의적인 차이가 없었다. 브라질 Catuai 커피의 경우 가용성 고형분 함량은 에스프레소 커피에서는 Medium 단계로 로스팅한 경우 가장 낮았고 로스팅이 강해짐에 따라 다시 증가하였으며, 드립 커피에서는 Light medium 단계로 로스팅한 경우 가장 높았으며 로스팅이 강해짐에 따라 감소하여 본 연구결과와 차이가 있었다(Kim 등, 2019). Seo 등(2003)은 서울 시내 판매 중인 에스프레소 커피와 레귤러 커피의 고형분 함량이 각각 4.61, 0.56%로 에스프레소 커피에서 더 높음을 보고하였다. Bell 등(1996)은 분쇄 입자의 크기 차이는 커피 추출을 통과하는 물의 속도를 달라지게 하여 추출되는 성분에 영향을 미친다고 하였으며, Clarke(1987)는 분쇄 입자가 가늘수록 더 많은 가용성 성분이 추출된다고 보고하였다. Kim과 Kim(2017)은 탄자

니아산 Bourbon 원두를 사용하여 추출한 드립 커피의 가용성 고형분 함량이 2.21-2.51%이며, 로스팅 시간이 길어질수록 커피의 가용성 고형분 함량이 유의적으로 감소함을 보고하였다. Sung 등 (2016)의 연구에서는 에티오피아산 Sidamo 생두 추출물의 °Brix 값이 2.00%였으며, medium 단계로 로스팅한 원두로 추출한 커피의 °Brix 값은 1.90%로 로스팅에 의하여 커피의 가용성 고형분 함량이 유의적으로 감소하였다. Illy와 Viani(2004)은 natural coffee에 가용성 고형분이 washed coffee보다 많으므로 음용 시 바디감이 풍부하게 느껴진다고 하였다. 커피의 고형분 함량은 커피 품종, 로스팅 정도, 추출방식 등에 따라 다르며, 맛과 색 등에 영향을 주는 인자로 작용한다(Choi와 Yoon, 2010).

환원당 함량

로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 환원당 함량은 Table 5와 같다. 에스프레소 커피의 환원당 함량은 E1에서 4.17 mg/mL로 가장 높았고, E2 (3.62 mg/mL)와 E3 (3.35 mg/mL)에서 E1보다 유의적으로 감소하였으나, E4 (3.90 mg/mL)에서는 유의적인 차이가 없었다. 드립 커피의 환원당 함량은 D1에서 1.04 mg/mL로 가장 높았고, D2 (0.92 mg/mL)>D3 (0.85 mg/mL)>D4 (0.75 mg/mL) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 감소하였다. 브라질산 Catuai 커피의 환원당 함량은 에스프레소 커피에서 2.48-2.82 mg/mL이었고, 드립 커피는 0.65-1.06 mg/mL로 엘살바도르산 Bourbon 커피에 비하여 다소 낮았으며, 모두 로스팅 강도가 증가할수록 감소하였다(Kim 등, 2019). Yusaku와 Kuniyo(2012)의 연구에서는 커피 실버스킨 물 추출물의 환원당 함량이 210°C 이상에서는 물의 온도가 증가할수록 감소하였으며, 이는 poly- 또는 oligo-saccharides의 가수분해와 monosacchades의 열분해와 관련이 있다

Table 6. Organic acids content in coffee extracts prepared from coffee beans with different roasting degrees (mg/mL)

Organic acid	Espresso coffee				Drip coffee			
	E1 ²⁾	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4
Acetic acid	0.76±0.05 ^A	0.83±0.04 ^A	0.77±0.12 ^A	0.57±0.10 ^B	0.23±0.04 ^a	0.22±0.03 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	0.16±0.02 ^b
Citric acid	2.19±0.15 ^A	1.32±0.11 ^B	1.40±0.01 ^B	0.44±0.01 ^C	0.60±0.01 ^a	0.48±0.00 ^b	0.38±0.00 ^c	0.15±0.05 ^d
L-Malic acid	0.61±0.08 ^A	0.65±0.08 ^A	0.54±0.02 ^A	0.32±0.14 ^B	0.19±0.02 ^a	0.22±0.08 ^a	0.15±0.02 ^{ab}	0.07±0.04 ^b
Oxalic acid	6.39±0.63 ^A	6.02±0.64 ^A	4.58±0.06 ^B	2.88±0.13 ^C	1.72±0.09 ^a	1.50±0.03 ^b	1.32±0.03 ^c	0.77±0.10 ^d
Total ¹⁾	9.95±0.90 ^A	8.83±0.81 ^A	7.30±0.17 ^B	4.22±0.22 ^C	2.74±0.16 ^a	2.40±0.13 ^b	2.07±0.06 ^c	1.15±0.11 ^d

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-D}Duncan's multiple range test in espresso coffee.

^{a-d}Duncan's multiple range test in drip coffee.

^{ns}Not significant.

¹⁾Total: total amounts of acetic acid, citric acid, L-malic acid, and oxalic acid.

²⁾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.

Table 7. Caffeine and chlorogenic acid contents in coffee extracts prepared from coffee beans with different roasting degrees (mg/mL)

Components	Espresso coffee				Drip coffee			
	E1 ¹⁾	E2	E3	E4	D1	D2	D3	D4
Caffeine	0.63±0.02 ^D	0.82±0.02 ^C	2.41±0.08 ^B	3.31±0.09 ^A	0.18±0.00 ^c	0.61±0.01 ^b	0.63±0.01 ^b	0.76±0.02 ^a
Chlorogenic acid	5.82±0.10 ^A	4.67±0.08 ^B	2.51±0.08 ^C	0.67±0.01 ^D	1.46±0.02 ^a	0.96±0.01 ^b	0.65±0.02 ^c	0.14±0.01 ^d

Means with different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-G}Duncan's multiple range test in espresso coffee.

^{a-d}Duncan's multiple range test in drip coffee.

¹⁾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.

고 하였다. Lee와 Pac(2014)는 환원당 함량이 로스팅 과정 중 마이야르 반응, 열분해, 가수분해, 산화 반응 등으로 인한 자당의 분해로 감소한다고 하였다.

pH

커피의 신맛은 쓴맛, 구수한 맛, 단맛과 함께 커피의 맛을 결정하는 주요 요소이며, 커피의 신맛은 pH와 관련이 있다. pH는 H₃O⁺의 농도를 측정하여 시료의 산도를 나타내는 지표이다. 커피의 로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 pH는 Table 5와 같다. 에스프레소 커피의 pH는 E1에서 4.73로 가장 낮았고, E2 (4.77)와 E3 (4.96)에서는 E1보다 유의적으로 증가하였으나 E4 (4.75)에서는 다시 감소하여 E1과 유의적인 차이가 없었다. 드립 커피의 pH는 D1에서 4.89로 가장 낮았고, D2 (4.91) < D3 (5.04) < D4 (5.53) 순으로 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. 브라질산 Catuai커피의 pH가 에스프레소 커피에서 4.91-5.78 이었고, 드립 커피에서는 5.00-5.73로 본 연구결과에 비하여 다소 높았으나, 로스팅이 강해짐에 따라 증가하여 유사한 경향을 나타내었다(Kim 등, 2019). Kim과 Kim(2017)의 연구에서 로스팅 시간을 달리한 탄자니아산 Bourbon 커피의 pH를 측정한 결과 시료의 pH는 4.78-5.16이었으며, 로스팅 시간이 증가함에 따라 증가하여 본 연구결과와 유사하였다. Kang 등(2015)의 연구에서도 로스팅이 강해짐에 따라 콜롬비아 Supremo 커피의 pH가 5.28에서 5.54로 증가하였으며, Duarte 등(2005)의 연구에서는 로스팅 강도가 증가할수록 Mundo Novo 커피 추출물의 pH가 4.72에서 5.07로 상승하여 본 연구결과와 유사하였다. 커피의 pH는 품종, 재배 고도, 수확 후 기간, 가공방법, 로스팅 등의 영향을 받는다(Ko 등, 2017). Moon 등(2009)은 로스팅 강도가 증가하면 acetic acid와 같은 휘발산은 휘발되고, 클로로젠산 등은 분해되어 pH가 증가한다고 보고하였다.

총 산도

총 산도는 식품 중 포함되어있는 산의 총 농도를 의미하며, 분해되지 않은 산 분자의 영향을 반영하여 pH보다 산이 풍미에 미치는 영향을 더 잘 예측할 수 있다(Nielson, 2010). 로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 총 산도는 Table 5와 같다. 에스프레소 커피의 총 산도는 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. 드립 커피의 총 산도는 D1에서 0.47%로 가장 높았으며 D2와 D4에서는 각각 0.18, 0.09%로 E1보다 유의적으로 낮았고, D3 (0.20%)에서는 유의적인 차이가 없었다. 브라질 Catuai 커피의 총 산도는 에스프레소에서 0.10-0.20%이었으며, 드립 커피에서는 0.03-0.06%로 본 연구결과에 비하여 낮았으며, 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다(Kim 등, 2019). Kim과 Kim(2017)의 연구에서 로스팅 시간이 증가함에 따라 탄자니아산 Bourbon 커피 추출액의 총 산도가 감소하였으며, Wang과 Lim(2012)의 연구에서는 커피 추출액의 총 산도가 생두에서 medium roast 단계까지는 급격히 증가하다가 dark roast 단계까지 점차 감소하였음을 보고 하였으며, 초기 총산도의 증가는 total aliphatic acids가 최대치로 형성되었기 때문이며 후기 총산도의 감소는 유기산(citric, malic, lactic, pyruvic, acetic acids)이 분해되었기 때문이라고 하였다.

유기산 함량

유기산 함량은 커피 품질의 중요한 요소 중 하나로 커피의 향과 맛에 영향을 준다. 로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 유기산 함량은 Table 6과 같다. 에스프레소 커피에서 acetic acid 함량은 E1에서 0.76 mg/mL였고, E2 (0.83 mg/mL)와 E3 (0.77 mg/mL)에서는 E1과 비교하여 유의적인 차이가 없었으나, E4에서는 0.57 mg/mL로 유의적으로 감소하였다. 드립 커피에서 acetic acid 함량은 D1에서 0.23 mg/mL로 가장 높았고, D2 (0.22 mg/mL)와 D3 (0.22 mg/mL)에서는 D1과 비교하여 유의적인 차이가 없었으나,

D4 (0.16 mg/mL)에서는 유의적으로 감소하였다. 에스프레소 커피에서 citric acid 함량은 E1에서 2.19 mg/mL로 가장 높았으며 E2 (1.32 mg/mL), E3 (1.40 mg/mL), E4 (0.44 mg/mL)에서 E1보다 유의적으로 감소하였다. 드립 커피에서 citric acid 함량은 D1에서 0.60 mg/mL로 가장 높았으며 D2 (0.48 mg/mL)>D3 (0.38 mg/mL)>D4 (0.15 mg/mL) 순으로 로스팅 강도가 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 에스프레소 커피의 L-malic acid 함량은 E1에서 0.61 mg/mL이었고, E2 (0.65 mg/mL)와 E3 (0.54 mg/mL)에서는 E1과 비교하여 유의적인 차이가 없었고, E4 (0.32 mg/mL)에서는 유의적으로 감소하여 acetic acid의 경우와 유사하였다. 드립 커피는 L-malic acid 함량이 D1에서 0.19 mg/mL였고, D2 (0.22 mg/mL)와 D3 (0.15 mg/mL)에서는 D1과 비교하여 유의적인 차이가 없었으나, D4에서는 0.07 mg/mL로 유의적으로 감소하였다. 에스프레소의 oxalic acid 함량은 E1에서 6.39 mg/mL로 가장 높았으며, E2 (6.02 mg/mL)>E3 (4.58 mg/mL)>E4 (2.88 mg/mL) 순으로 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 드립 커피에서도 D1의 oxalic acid 함량이 1.72 mg/mL로 가장 많았으며, D2 (1.50 mg/mL)>D3 (1.32 mg/mL)>D4 (0.77 mg/mL) 순으로 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 따라서 에스프레소와 드립 커피에서 총 유기산의 함량은 각각 E1과 D1에서 가장 높았으며, 로스팅 강도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 브라질산 Catuai 커피의 citric acid, malic acid와 oxalic acid 함량은 에스프레소커피와 드립 커피에서 모두 로스팅이 강해짐에 따라 감소하였으며, acetic acid와 lactic acid는 에스프레소 커피와 드립 커피에서 서로 다른 경향을 보였다(Kim 등, 2019). Kim과 Kim(2017)의 연구에서도 탄자니아산 Bourbon 커피 추출액의 유기산은 단시간에 로스팅한 시료에 가장 많이 유기산이 남아있었고, 장시간 로스팅한 시료에 가장 적은 양의 유기산이 남아있었다. 종류별로는 citric acid, malic acid와 formic acid가 로스팅 시간이 길어질수록 함량이 감소하였으며, succinic acid와 lactic acid는 이와 반대로 로스팅 시간이 증가할수록 증가하였다(Kim과 Kim, 2017).

카페인 함량

카페인(xanthine) 계열의 알칼로이드로서 커피의 주요 생리활성 성분이며 혈관 확장, 중추신경 자극, 항산화 작용 등을 나타낸다(Stefanello 등, 2019). 로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 카페인 함량은 Table 7과 같다. 에스프레소 커피의 카페인 함량은 E1에서 0.63 mg/mL로 가장 낮았으며, E2 (0.82 mg/mL)<E3 (2.41 mg/mL)<E4 (3.31 mg/mL) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 증가하였다. 드립 커피의 카페인 함량도 에스프레소 커피와 유사하게 D1에서 0.18 mg/mL로 가장 낮았으며, D2 (0.61 mg/mL)<D3 (0.63 mg/mL)<D4 (0.76 mg/mL) 순으로 로스팅이 강해질수록 유의적으로 증가하였다. 브라질 Catuai 원두를 사용하여 추출한 에스프레소와 드립 커피는 카페인 함량이 각각 0.31-0.52, 0.04-0.06 mg/mL으로 본 연구결과에 비하여 다소 낮았으며, 에스프레소 커피는 로스팅이 강해질수록 증가하였으나, 드립 커피는 일정하지 않았다(Kim 등, 2019). Kim과 Kim(2017)의 연구에서 탄자니아산 Bourbon 드립 추출 커피의 카페인 함량은 122.71-129.87 mg/100 g이었으며, 단시간 로스팅한 원두에서 카페인 함량이 가장 적었고 로스팅이 강해질수록 카페인 함량이 증가하였다. Moon 등(2009)의 연구에서 에티오피아, 니카라과, 파나마 지역에서 재배된 커피 생두를 다양한 조건에서 로스팅하여 커피 추출액의 카페인 함량을 측정된 결과, city roast와 french roast 단계에서 카페인 함량이 로스팅 전보다 증가하였다. Latosinska와 Latosinska

(2017)은 카페인의 승화점이 178°C로 매우 높으나, 가열 시 물이 증발하면서 같이 손실되기 때문에 감소한다고 하였다. Gloss 등(2013)은 원두의 카페인 용출 양이 에스프레소 방법으로 추출한 커피에서 필터 방법으로 추출한 커피에서보다 높다고 하였으며, Bell 등(1996)은 원두 분말의 입자가 작을수록, 사용한 원두 분말의 양이 많을수록 커피 추출액의 카페인 함량이 증가한다고 하였다.

클로로겐산 함량

클로로겐산은 caffeic acid와 quinic acid 등의 trans-cinamic acid 사이에서 형성된 수용성 에스테르 화합물로, 커피의 맛과 향에 영향을 주며 항산화 작용을 비롯하여 혈당 강하, 간 보호, 항바이러스 효과 등 다양한 생리활성을 가진다(Stefanello 등, 2019). 로스팅 정도에 따른 커피 추출액의 클로로겐산 함량은 Table 7과 같다. 에스프레소 커피의 클로로겐산 함량은 E1에서 5.82 mg/mL로 가장 높았고, E2 (4.67 mg/mL)>E3 (2.51 mg/mL)>E4 (0.67 mg/mL) 순으로 로스팅이 강해짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 이와 유사하게 드립 커피의 클로로겐산 함량도 D1에서 1.46 mg/mL으로 가장 높았고, D2 (0.96 mg/mL)>D3 (0.65 mg/mL)>D4 (0.14 mg/mL) 순으로 로스팅이 강해짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 브라질 Catuai 커피는 클로로겐산 함량이 에스프레소에서 0.05-0.39 mg/mL, 드립 커피에서 0.01-0.06 mg/mL으로 본 연구결과에 비하여 낮은 편이었으며, 모두 로스팅 강도가 증가함에 따라 감소하여 본 연구결과와 유사하였다(Kim 등, 2019). Duarte 등(2005)은 Mundo Novo 원두의 로스팅 강도가 증가할수록 커피의 3-caffeoylquinic acid (CQA), 4-CQA, 5-CQA의 함량이 유의적으로 감소함을 보고하였다. Moon 등(2009)은 원두의 클로로겐산의 함량이 로스팅의 강도가 증가함에 따라 감소하며, 특히 총 클로로겐산의 50% 이상을 차지하고 있는 5-CQA가 french roast 단계에서 생두보다 99.3-99.7% 감소한다고 하였다. 페닐기를 포함하는 클로로겐산은 로스팅 중 열에 의하여 쉽게 분해되며(Leloup 등, 1995), phenol, lactone 등 클로로겐산의 분해생성물은 커피의 맛과 향에 영향을 주어 커피의 품질을 평가하는 데 있어서 중요한 성분이다(Moon 등, 2009).

요 약

본 연구는 로스팅 정도가 다른 엘살바도르산 *Coffea arabica* cv. Bourbon 커피의 이화학적 특성을 조사하기 위해 수행되었다. 로스팅 정도가 다른 원두의 일반성분, 중량 손실과 색도를 측정하였으며, 로스팅 정도가 다른 원두를 이용하여 추출한 에스프레소 커피와 드립 커피의 색도, 가용성 고형분, 환원당 함량, pH, 총 산도, 유기산, 카페인 및 클로로겐산 함량을 분석하였다. 로스팅이 강해짐에 따라 원두의 수분함량이 감소하고, 조화분이 증가하였으며, 명도와 황색도가 감소하였다. 에스프레소 커피와 드립 커피에서는 모두 로스팅 강도가 증가함에 따라 명도, 황색도, 갈색도가 감소하였다. 드립 커피에서는 로스팅 강도가 증가함에 따라 환원당 함량이 감소하였고, pH가 증가하였다. 에스프레소 커피와 드립 커피에서는 또한 로스팅이 강해짐에 따라 acetic acid, citric acid, L-malic acid와 oxalic acid를 포함하는 총 유기산과 클로로겐산의 함량이 감소하였으며, 카페인 함량이 증가하였다.

감사의 글

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

References

- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
- Bell LN, Clinton RW, Grand AN. Caffeine content in coffee as influenced by grinding and brewing techniques. *Food Res. Int.* 29(8): 785-789 (1996)
- Caporaso N, Genovese A, Canela MD, Civitella A, Sacchi R. Neapolitan coffee brew chemical analysis in comparison to espresso, moka and American brews. *Food Res. Int.* 61: 152-160 (2014)
- Choi YM, Yoon HH. Sensory characteristics of espresso coffee in relation to the classification of green Arabica coffee. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 300-306 (2010)
- Chung HS, Kim DH, Youn KS, Lee JB, Moon KD. Optimization of roasting conditions according to antioxidant activity and sensory quality of coffee brews. *Food Sci. Biotechnol.* 22: 23-29 (2013)
- Chung JE. The comparative analysis of major chemical constituents in green coffee differentiated by harvesting time and roasting temperatures that affect coffee quality. PhD thesis, Seoul Venture University, Seoul, Republic of Korea (2015)
- Clarke RJ. *Extraction in Coffee*. Elsevier Science Publishers, New York, USA. pp. 109-144 (1987)
- Duarte SMDS, Abreu CMPD, Menezes HCD, Santos MHD, Gouvêa CMCP. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Food Sci. Technol.* 25: 387-393 (2005)
- Friedman M. Food browning and its prevention: an overview. *J. Agr. Food Chem.* 44: 631-653 (1996)
- Gómez OS. Converting Brix to TDS-An independent study. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335608684_Converting_Brix_to_TDS_-_An_Independent_Study. Accessed Feb. 18, 2019.
- Gloess AN, Schönbacher B, Klopprogge B, Lucio D, Chatelain K, Bongartz A, Strittmatter A, Rast M, Yeretzyan C. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *Eur. Food Res. Technol.* 236: 607-627 (2013)
- Hecimovic I, Belšcak-Cvitanovic A, Horžic D, Komes D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem.* 129: 991-1000 (2011)
- 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. Bio.* 28: 7-14 (2019)
- Illy A, Viani R. *Espresso Coffee: The Science of Quality*. 2nd edition. Elsevier Academic press, San Diego, CA, USA. pp. 91-315 (2004)
- International Coffee Organization. Trade Statistics Tables. World coffee consumption. Available from: <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>. Accessed Apr. 7, 2020a.
- International Coffee Organization. Trade Statistics Tables. Coffee production by exporting countries. Available from: <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>. Accessed Apr. 7, 2020b.
- Jham GN, Fernandes SA, Garcia CF, Silva AAD. Comparison of GC and HPLC for the quantification of organic acids in coffee. *Phytochem. Anal.* 13: 99-104 (2002)
- Jokanovic MR, Džinic NR, Cvetkovic BR, Grujic S, Odžakovic B. Changes of physical properties of coffee beans during roasting. *Acta Period. Technol.* 43: 21-31 (2012)
- Jung S, Kim MH, Park JH, Jeong Y, Ko KS. Cellular antioxidant and anti-inflammatory effects of coffee extracts with different roasting levels. *J. Med. Food.* 20: 626-635 (2017)
- Kang RK, Min KS, Kang MH. Physicochemical properties of supremo coffee according to grinding and brewing conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 89-96 (2015)
- Kim E, Jeong Y, Gu S, Song KY, Kim I, Kim KY. Physicochemical characteristics of Brazilian *Coffea arabica* cv. Catuai coffee extracts with different roasting conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 748-756 (2019)
- Kim SH, Kim JS. Chemical composition and sensory attributes of brewed coffee as affected by roasting conditions. *Culinary Sci. Hos. Res.* 23: 1-11 (2017)
- Ko JG, Jung JH, Yoon HH. Sensory quality characteristics of colombia coffee under various processing and roasting conditions of green beans. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* 27: 365-377 (2017)
- Latosinska JN, Latosinska M. The Question of Caffeine. *Books on Demand*, Norderstedt, Germany. pp. 53 (2017)
- Ledl F, Schleicher E. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angew. Chem. Int. Ed.* 29: 565-594 (1990)
- Lee MJ, Kim SE, Kim JH, Lee SW, Yeum DM. A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 255-261 (2013)
- Lee JC, Pae SI. A study on the sensory properties according to roasting conditions of coffee beans by continents. *Int. J. Tour Hosp. Res.* 28: 233-248 (2014)
- Leloup V, Louvrier A, Liardon R. Degradation mechanisms of chlorogenic acids during roasting. *Colloq. Sci. Int. Cafe* 16: 192-198 (1995)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Moon JK, Yoo HS, Shibamoto T. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: correlation with coffee acidity. *J. Agric. Food Chem.* 57: 5365-5369 (2009)
- Much Needed. *The Caffeine Fix: Coffee Consumption, History, Trends & Industry Statistics*. Available from: <https://muchneeded.com/coffee-consumption-statistics/> Accessed Apr. 29, 2020.
- Nielson SS. *Food analysis*. 4th ed. Springer, New York, NY, USA. pp. 221-233 (2010)
- Ozdemir M, Devres O. Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology. *J. Food Eng.* 45: 17-24 (2000)
- Pittia P, Dalla Rosa M, Lerici CR. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *Lebensm. Wiss. Technol.* 34: 168-175 (2001)
- Rhi JW, Shin HS. Antioxidative effect of brown materials extracted from roasted coffee beans. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 220-224 (1993)
- Seo HS, Kim SH, Hwang IK. Comparison on physicochemical properties and antioxidant activities of commonly consumed coffees at coffee shops in Seoul downtown. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19(5): 624-630 (2003)
- Stefanello N, Spanevello RM, Passamonti S, Porciúncula L, Bonan CD, Olabiyi AA, Teixeira da Rocha JB, Assmann CE, Morsch VM, Schetinger MRC. Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic system. *Food Chem. Toxicol.* 123: 298-313 (2019)
- Suh YS, Lee SH, Shang Y, Lee WJ. Effects of roasting conditions on the physicochemical properties of *Coffea arabica* beans. *Korean J. Food Preserve.* 22: 690-698 (2015)
- Sung JH, Cho JS, Lee HJ, Choi JY, Lee YM, Luo J, Moon KD. Quality characteristics of ground coffee extracts according to physical and chemical defects. *Korean J. Food Preserve.* 23: 638-644 (2016)
- Virgen-Navarro L, Herrera-Lopez EJ, Corona-Gonzalez RI, Arriola-Guevara E, Guatemala-Moraleda GM. Neuro-fuzzy model based on digital images for the monitoring of coffee bean color during roasting in a spouted bed. *Expert Syst. Appl.* 54: 162-169 (2016)
- Wang N, Lim LT. Fourier transform infrared and physicochemical analyses of roasted coffee. *J. Agric. Food Chem.* 60: 5446-5453 (2012)
- Yusaku N, Kuniyo I. High activity of coffee silverskin extracts obtained by the treatment of coffee silverskin with subcritical water. *Food Chem.* 135: 943-949 (2012)