

Changes in antioxidant activities and flavor patterns of *Coffea arabica* beans during roasting

Yeon-Soo Suh¹, Seung-Heon Lee², Yafang Shang³, Jung-Ro Yoon¹, Won-Jong Lee^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

²Hak-san Co., Ltd, Gangneung 210-812, Korea

³Korea Institute of Science and Technology, Gangneung 210-340, Korea

아라비카 커피의 배전 중 항산화 및 향기패턴의 변화

서연수¹ · 이승현² · 상아방³ · 윤정로¹ · 이원종^{1*}

¹강릉원주대학교 식품과학과, ²(주)학산, ³KIST 강릉분원

Abstract

Brazil (Monte Alegre) and Ethiopia (Sidamo) coffee beans were roasted at three different roasting levels(light, medium, and dark), and were analyzed for color, total phenolic compound, caffeine, and chlorogenic acid contents. The total phenolic and caffeine contents remained unchanged during roasting. The chlorogenic acid levels of the Brazil and Ethiopia samples decreased with roasting. The antioxidant activities were measured using DPPH and ABTS. The radical scavenging activities of the light-roasted and dark-roasted coffee beans were similar. The flavor patterns of roasted coffee beans were analyzed using an electronic nose system based on gas chromatography. The data revealed that the flavor patterns of the roasted coffee beans could be separated via discriminant function analysis (DFA) method. The taste of the roasted coffee beans was analyzed using an electronic tongue system. The sourness and sweetness were decreased with roasting.

Key words : coffee beans, roasting, antioxidant activity, electronic nose, electronic tongue

서 론

커피는 꼭두서니과(Rubiaceae family)에 속하는 식물로 아라비카(*Arabica*) 품종과 로부스타(*Robusta*) 품종으로 나뉜다. 커피 세계 총생산량의 약 76%를 차지하는 아라비카 품종은 향미가 풍부하고 0.8~1.4%의 카페인을 함유하고 있으며, 주로 중남미, 아프리카, 인도 등에서 생산된다. 로부스타 품종은 거칠고 향미가 강해 인스턴트 커피나 블랜드 용으로 사용되며 1.7~4.0%의 카페인을 함유하는 것으로 알려져 있으며, 주로 동남아시아, 중앙아프리카 등에서 재배된다(1). 커피나무에서 수확된 커피체리는 걸쭉질을 벗겨내면 점액질(mucilage)이 나타나고 속에는 내과피(parchment)와 은피(silverskin)로 둘러 싸여진 2개의 씨앗이 마주 보고 있다(2).

가공방법에 따라 건식법으로 가공한 내추럴(natural) 커피와 습식법으로 가공한 워시드(washed) 커피가 있다. 생산국에서는 생두 상태로 수출하고, 수입국에서는 생두를 볶아 원두(roasted)커피로 제조하여 소비되고 있다(3).

생두 커피는 향과 맛이 거의 없으며, 배전(볶음)과정에서 여러 가지 화학반응을 일으켜 바람직한 향과 맛을 지닌 커피가 만들어진다. 이 과정에서 갈색이 생기고 여러 가지 향미성분들의 생성 및 분해, 산화, 환원 등의 다양한 화학반응뿐만 아니라 중량감소, 밀도감소, 탄산가스 등의 휘발과 같은 물리적 변화도 발생하는 매우 복잡한 과정이다(4,5). 그러나 배전과정은 생두의 종류와 상태, 로스터기의 종류, 배전정도(약, 중, 강)에 따라 다르다. 이러한 배전 과정은 원두의 색과 외형, 질량의 변화, 향에 의해서 평가되고 조절된다.

커피의 배전 중 변화에 대하여 보고된 내용을 보면 카페인 함량 및 변화에 관한 연구(6), 트리코넬린 함량 및 변화에 관한 연구(7), 클로로젠산 함량 및 변화에 관한 연구(8),

*Corresponding author. E-mail : wonjlee@gwnu.ac.kr
Phone : 82-33-640-2332, Fax : 82-33-647-9535

배전공정 중 변화되는 주요 화학성분에 대한 연구(5), 반응 표면분석법에 의한 최적 배전조건 설정 등(9)이 있다.

클로로겐산과 같은 페놀화물은 활성산소 제거에 의한 항산화력을 보유하고 있어 만성퇴행성질환(백내장, 황반변성, 신경퇴행성 질환 및 당뇨), 압과 심장질환 등에 대하여 보호작용을 한다고 하여 관심을 끌고 있다. 또한 원두커피의 항산화력은 배전공정에 의해 영향을 받는다는 보고가 있다(10). 따라서 커피의 배전 중 항산화력을 측정하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 배전 정도 (약, 중, 강)에 따라 색의 변화뿐만 아니라 카페인, 클로로겐산, 총 폴리페놀 성분의 변화, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)과 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazole-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거활성을 측정하는 것이었다.

커피의 배전 중 품질특성 변화는 대부분은 화학성분을 기초로 한 분석과 관능검사를 통해 이루어졌다. 최근 들어 커피의 향을 보다 손쉽게 측정할 수 있는 방법으로 전자코가 이용되었다. 전자코는 생체 코의 기능과 구조의 이해를 기초로 한 전자코 시스템으로 1982년 영국 Warwick 대학의 Psersaud와 Dodd에 의해서 처음 소개된 이래로 식품, 자동차, 포장재, 화장품, 위생, 미생물, 환경, 의료, 검역 등 여러 분야에서 활용되고 있다(11). 전자코 (인공 후각 시스템)과 전자혀(인공 미각 시스템)는 생물학적 후각과 미각 시스템과 비슷한 방법에 의해 처리된다. 생물학적 감각정보 수용체처럼 서로 다른 민감도를 가진 센서를 어레이화하여 사용함으로써 냄새와 맛을 수치화할 수 있다(12,13).

커피에 전자코를 이용한 연구로는 아라비카종 커피, 로부스타종 커피, 동결건조 커피, 분무건조 커피 간의 향기성분 차이 분석(14), 볶음시간을 달리한 커피의 분류(15), 볶은 커피의 원산지 및 배합 커피의 상품별 분류(11), 전자코를 이용한 필리핀 사향커피의 화학측정(16)이 수행되어 왔다.

전자코 분석은 시료간의 품질변화 정도를 예측할 수 있는 방법으로 구체적인 성분을 동정하지 않은 상태에서 전체적인 패턴분석으로 판별이 가능한 패턴인식방법이라고 할 수 있으며, 사람의 후각인지 체계를 모방한 전자코로는 커피의 맛을 판단하는데 한계가 있다(17).

따라서 본 연구에서는 배전 정도가 다른 시료의 향과 맛을 전자코와 전자혀를 동시에 이용하여 향과 맛의 패턴을 분석하여 커피의 배전공정 중의 시료간의 차이를 알아보고자 하였다. 이를 통해 향후 배전 중의 커피원두의 맛과 향을 구별할 수 있는 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서 사용한 커피생두는 *Coffea arabica* 종으로

브라질(Brazil) 미나스 제라이스 주에 위치한 몬테 알레그레 농장(Monte Alegre Estate)과 에티오피아(Ethiopia) 시다모(Sidamo) 지역에서 2013년에 생산된 생두이었다.

커피 볶음과 분쇄

커피생두는 열전도 방식 로스터인 프로박 샘플로스터(Probat, Emmerich, Germany)를 이용하여 동일한 조건하에서 볶았다.

커피 생두 120 g을 175~190°C의 온도에서 볶았으며, 볶음 조건은 '1차 균열 시작 전, 1차 균열 시작 후, 2차 균열 시작 후'로 하였다. 브라질 커피는 생두를 175°C에서 투입하여 각각 9분 162°C, 10분 180°C, 12분 10초 185°C에 배출하였다. 에티오피아 생두는 175°C에 투입하여 8분 20초 173°C, 8분 50초 175°C, 13분 185°C에 배출하였다. 커피업체에서 약배전, 중배전, 강배전을 나눌 때에 다소의 이견이 있지만 본 연구에서는 편의상 처음 배출 시료를 '약배전', 중간 배출 시료를 중배전, 마지막 배출시료를 '강배전'으로 표시하였다. 볶은 커피의 분석을 위하여 분석 바로 전에 커피분쇄기(Type R-220, Fujikouki Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 850 µm (표준체 No. 20) 이하의 크기가 되도록 분쇄하여 사용하였다.

색도 측정

분쇄한 원두커피 분말의 색도를 비교하기 위하여 색차계(CR-400, Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 5회 반복 측정하여 그 평균값을 Hunter Lab scale에 의한 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값으로 나타내었다. 이 때 사용된 표준 백판의 L값은 95.99, a값은 -0.14, b값은 -0.24이었다.

카페인 및 클로로겐산 분석

카페인 및 클로로겐산은 두 성분을 동시에 분석할 수 있는 Hecimovic(18)등의 방법에 따라 행하였다. 배전커피 2 g을 정확히 평량하여 끓는 증류수(96°C) 20 mL를 더한 후 15분 동안 hot plate에서 서서히 가열하였으며, 상온에서 냉각시킨 후 0.45 µm filter로 여과하여 최종 검체로 하였다. 분석기기로서 Agilent 1200 HPLC system(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)을 사용하였고, column은 reverse-phase column Pinnacle C-18(Restek, USA)(250×4.6 mm, 5 µm id)을 사용하였다. 이동상은 1% formic acid(A)와 HPLC grade methanol(solvent B)를 유속 1 mL/min로 하였다. B 용매의 비율을 2%에서 시작하여 20분 후에 32%, 30분 후에 40%, 40분 후에 95%가 되게 하였다. 카페인은 278 nm, 클로로겐산은 330 nm에서 측정하였다. 표준용액 제조는 카페인과 클로로겐산(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 각각 1,000 ppm으로 만든 다음 희석하여 검량곡선을 작성한 다음 시료에 대해서 농도를 측정하였다.

총 페놀 함량 측정

추출물의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu시약을 사용하여 측정하였다. 추출물 2 µL를 물 78 µL와 Folin-Ciocalteu phenol reagent(Sigma-Aldrich) 20 µL를 가형 실온에서 5분간 반응시킨 후, 20% Na₂CO₃ 로 100 µL를 가한 후 암소에서 30분 동안 방치한 후 Synergy HT- Multi-microplate reader(Bio-Tek Instruments, Winooski, VT, USA)를 이용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 한 표준곡선에 의하여 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois 방법(19)에 따라 측정되었다. 각 추출물 시료를 2배 희석하여 96 well plate에 20 µL부터 계열희석 분주하였고, 400 µM DPPH용액 180 µL를 넣고 혼합하여 상온의 어두운 곳에 30분간 방치한 다음 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료와 ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하였고, 50% 전자공여능 값을 나타내는 SC50 값으로 표현하였다.

$$\text{전자공여능(\%)} = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{무처리구 흡광도}) \times 100$$

DPPH 라디칼 소거능은 ascorbic acid equivalent(AAE)/그램 건조 중량으로 표현하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. ABTS 라디칼 용액은 3.5 mM potassium persulfate를 포함하는 2 mM ABTS 용액을 8배 희석시킨 후, 어두운 곳에 14시간 보관하여 만들었다. 각 추출물 시료를 2배 희석 만들어 96 well plate에 20 µL부터 계열희석 분주하고, ABTS 라디칼 용액 180 µL씩 가하였다. 상온에서 5분간 반응 후, 730 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하였고, 50% 전자공여능 값을 나타내는 SC50 값으로 표현하였다.

$$\text{전자공여능(\%)} = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{무처리구 흡광도}) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능은 ascorbic acid equivalent(AAE)/그램 건조 중량으로 표현하였다.

전자코와 전자혀 분석

배전 정도에 따른 차이를 GC-전자코로 분석하고자 하였다. 커피분쇄기(Type R-220, Fujikouki Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 850µm (표준체 No. 20) 이하의 크기가 되도록 분쇄한 시료 각 1 g이 들어 있는 vial을 300 rpm으로

교반하면서 60°C를 유지하였고, 주입구 온도는 130°C인 상태에서 주입하였다. 이 때 사용한 가스는 헬륨이었으며 분당 50mL의 유속으로 흘려보냈으며, 분석 시간은 5분이었다. Syringe purge는 3초를 유지한 후 thermostated tray holder에 놓은 후 head space syringe를 사용하여 5 mL을 취하였다. 시료는 자동시료채취기가 연결된 전자코(GC type E Nose Heracles II, Alpha M.O.S., France)로 분석하였다. 분석에 사용된 전자코는 두 개의 column(100 µm id # DB5, 100 µm id # DB1701)과 두 개의 FID(flame ionization detectors)에 연결되어 있었다. 각 시료는 6회 반복을 실시하였다. 통계 처리에는 Alpha MOS에서 제공된 소프트웨어를 사용하였다(17).

커피의 맛에 대한 평가는 전자혀(Astree, Alpha MOS, Toulouse, France)를 사용하였다. 시료 1g을 98°C 증류수 100 mL에 넣어 98°C shaking water bath에서 20분간 추출한 후 여과지(Whatman No. 1, Kent, UK)에 여과한 액 25 mL를 유리용기에 담아 자동시료측정기에 놓았다. 모든 시료는 6회 반복하여 실시하였으며 단일 샘플의 분석 후 센서 행균 과정을 거쳤다. 통계 처리에는 Alpha MOS에서 제공된 소프트웨어를 사용하였다.

결과 및 고찰

커피원두의 색도

에티오피아 커피와 브라질 커피의 배전 중 색도의 변화는 Table 1과 같다. L값(lightness)은 0~100(흑색에서 백색)으로 명도를 나타내며, a값(redness)은 녹색에서 적색으로 적색도를 나타내며, b값(yellowness)은 청색에서 황색으로 황색도를 나타낸다. 배전과정 중 에티오피아 커피와 브라질 커피는 명도, 적색도, 황색도 모두 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 배전 후 분쇄한 원두커피 분말의 색도는 배전시간이 길어짐에 따라 L, a, b값이 낮아졌다고 보고한 다른 연구자들의 결과와 비슷한 결과였다(21,22). 에티오피아 커피는 브라질 커피보다 명도, 적색도, 황색도의 변화

Table 1. Hunter's color values of roasted coffee samples

	L	a	b
Brazil			
Light	32.5±1.3 ¹⁾	16.3±0.2	27.0±0.5
Medium	23.7±0.6	15.1±0.2	21.4±0.5
Dark	18.2±0.7	13.8±0.2	18.7±0.4
Ethiopia			
Light	36.2±1.2	16.5±0.4	28.0±0.6
Medium	20.4±0.6	14.2±0.5	20.9±0.4
Dark	16.0±0.5	11.1±0.4	13.1±0.6

¹⁾Mean±SD (n=5).

의 폭이 훨씬 더 커서 배전 중 색의 변화가 훨씬 더 큰 것으로 나타났다. 배전에 의해 커피색이 갈색 또는 검은색으로 변하는 원인으로는 배전과정 중의 Maillard 반응에 의해 생성되는 melanoidin과 같은 색소 때문이라고 보고되고 있다(23).

카페인 함량

커피원두의 품종별에 따른 커피의 카페인 함량은 Table 2에 나타나 바와 같이 에티오피아 커피는 약배전 시료에서는 0.81%, 강배전에서는 0.87% 수준이었으며, 브라질 커피의 경우 약배전 시료에서는 0.87%, 강배전에서는 1.11%로 브라질 커피가 약간 높게 나타났으나 배전과정에서 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. Kim 등(5)은 Arabica 품종인 Columbia 및 Brazil은 건조함량으로서 약 1.0%, Robusta 종인 India의 경우 약 2.0% 수준을 나타냈다고 보고한 바 있으며, Belitz 등(24)은 볶은 커피는 1.3~2.4%의 카페인을 함유한다고 보고하였다. 일반적으로 배전공정은 카페인에 승화점(178°C) 이상에서 진행되므로 카페인의 손실은 어느 정도 예상할 수 있으나, 매우 강한 배전공정이 아닌 경우 카페인의 손실은 매우 적은 것으로 보고되고 있다(5).

Table 2. Changes in total phenol, DPPH, ABTS, caffeine and chlorogenic acid content in roasted coffee beans

Sample	unit(dry basis)				
	Total phenol (GAE ¹⁾ , %	DPPH (mgAAE/g ²⁾)	ABTS (mgAAE/g)	Caffeine (%)	CQA (%)
Brazil					
Light	3.16 ^{a3)} ±0.32 ⁴⁾	25.8 ^a ±2.3	23.1 ^a ±4.3	0.87 ^a ±0.13	2.15 ^a ±0.23
Medium	3.38 ^a ±0.04	39.2 ^a ±7.8	27.8 ^a ±3.9	0.95 ^a ±0.03	1.61 ^b ±0.04
Dark	3.26 ^a ±0.04	35.1 ^a ±8.0	28.9 ^a ±2.4	1.11 ^a ±0.02	1.32 ^b ±0.05
Ethiopia					
Light	3.33 ^a ±0.00	37.2 ^a ±0.4	26.4 ^a ±2.1	0.81 ^a ±0.13	2.27 ^b ±0.48
Medium	3.35 ^a ±0.07	29.0 ^a ±9.8	28.2 ^a ±0.4	0.94 ^a ±0.11	1.28 ^{a,b} ±0.23
Dark	3.06 ^a ±0.31	26.2 ^a ±8.6	24.9 ^a ±3.4	1.00 ^a ±0.12	0.49 ^b ±0.32

¹⁾GAE: gallic acid equivalents.

²⁾mgAAE/g: mg ascorbic acid equivalent antioxidant capacity per g of coffee.

³⁾Values followed by the same letter in the same column are not significantly different (p<0.05).

⁴⁾Values are the mean±standard deviation of duplicate determinations

총 페놀 함량

페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차대사 산물의 하나로 수천가지가 존재한다. 커피의 페놀 화합물로는 클로로겐산, 탄닌, 리그닌, 토코페롤, 안토시아닌 등이 존재하는 것으로 보고되고 있다. Table 2에서 보는 바와 같이 에티오피아 커피는 약배전 시료 3.31%에서 강배전 3.06%로 약간 감소하였으나 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았으며, 브라질 커피는 약배전 3.16%에서 강배전 3.26%

로 크게 변화하지 않았다.

Nicoli 등(25)은 배전 중에 클로로겐산의 감소로 인해 총 페놀 함량도 감소 하지만 Maillard 반응물질과 같은 항산화성을 가진 화합물의 생성으로 인해 볶은 커피의 항산화성은 그대로 유지되거나 오히려 증가한다고 보고했다. Kim 등(26)도 배전 시간이 진행됨에 따라 총 페놀 화합물 함량이 다소 감소한다고 보고한 바 있으며, Farah 등(27)도 배전 중에 총 페놀 화합물의 농도는 다소 증가하다가 최종적으로는 감소하는 경향이 나타난다고 보고하였다.

클로로겐산(5-Caffeoylquinic acid: CQA) 함량

커피의 페놀화합물 중 가장 많은 부분을 차지하는 클로로겐산은 항산화 작용(antioxidant activity)뿐만 아니라 간기능강화 (hepatoprotective activity), 혈당강하력(hypoglycemic activity) 등 건강기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(27). 또한 클로로겐산은 배전과정 중 이성화되거나 가수분해, 분해작용을 거쳐 저분자물질로 변화된다. 또한 클로로겐산의 일부는 quinolactone이나 melanoidin으로 전환되는 것으로 보고되고 있다(26). 이러한 화합물들은 커피의 맛과 향에 많은 영향을 주기 때문에 커피의 품질을 평가하는데 있어서 매우 중요한 성분으로 알려져 있다(5). 본 연구에서의 커피 배전 중 클로로겐산 함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 에티오피아 커피는 약배전 2.27%에서 강배전 0.49%로 크게 감소했으며, 브라질 커피의 경우에도 약배전 2.15%에서 강배전 1.32%로 크게 감소하여 에티오피아 커피가 브라질 커피보다 배전 중 클로로겐산 함량 변화가 훨씬 큰 것으로 나타났다. Belitz 등은 볶은 커피는 2.7~3.1%의 클로로겐산을 함유하는 것으로 보고한 바 있다(24)

Kim 등(5)은 배전정도가 강해질수록 클로로겐산 함량 감소 정도와 상관관계식이 직선성을 보여주며, 클로로겐산 함량을 토대로 배전정도와의 상관관계식을 구한 다음, 클로로겐산 함량을 대입한다면 커피의 배전정도를 추정하는 것이 가능하다고 하였다.

라디칼 소거활성 변화

최근 인체 내에서 생성된 free radical이 각종 질병과 세포 노화 및 특정암을 유발한다는 보고와 함께 다양한 형태의 free radical에 대한 관심이 증대되고 있다. 일반적으로 우리가 섭취하는 식물성 식품에는 유해한 free radical 제거가 뛰어난 여러 가지 항산화제가 존재한다. 식물성 식품에 존재하는 비타민 A, C, E와 더불어 카로티노이드, 플라보노이드류, 폴리페놀 물질이 대표적이다(28). 전자공여능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 척도로 이용되고 있을 뿐만 아니라 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로 이용되고 있다. 배전에 따른 커피의 항산화능을 DPPH 및 ABTS 방법으로 측정하였다. DPPH radical 소거활성을 측정한 결과 에티오피

피아 시료에서는 배전과정이 진행됨에 따라 감소하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 브라질 시료에서도 중배전에서 증가하였다가 강배전에서는 약간 감소하는 것으로 나타났으나 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

DPPH는 소수성 물질에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 전자공여능의 차 측정이 가능하며, ABTS는 물질의 친수성 및 소수성 물질의 항산화력을 측정하는 것이 가능하다(29). 브라질 시료에서는 중배전과 강배전한 것의 ABTS 항산화력이 높았으며, 에티오피아 시료에서는 중배전 시료에서 가장 높았으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. Wang 등(30)은 배전과정은 커피의 천연 페놀함량을 감소시키지만 Maillard 반응물질과 같은 다른 물질을 증가시키는 등 커피의 화학성분과 생물학적인 활성의 변화를 초래한다고 보고하였다(30).

Sacchetti 등(10)은 중배전 시에 항산화력이 증가하다가 강배전 시에는 감소한다는 보고도 있으며, 배전정도에 따라 항산화력이 증가하기도 하고 감소하기도 하는 상반된 결과가 보고된 바 있는데 그 이유는 색도, 밀도, 무게의 감소 등으로 묘사되는 배전정도에 관한 정확한 기준이 없기 때문이라고 보고했다. Rhi 등(22)은 원두커피에서 얻은 갈색추출물의 항산화력은 배전시간이 16분 경과시까지 증가하였고, 16분 이후에는 항산화력이 오히려 감소했다고 보고했다. 이것은 배전온도 210°C에서 16분 배전할 때 생성된 항산화물질이 그 이상 가열하면 분해되기 때문인 것으로 보인다고 보고했다. 본 연구에서는 배전 온도가 175~190°C로 이루어져 온도 차이가 그리 크지 않기 때문에 항산화력에서 유의적인 차이를 나타내지 않은 것으로 사료된다.

전자코 분석

커피의 배전과정은 커피의 물리적인 측면뿐만 아니라 향 생성에 있어서도 매우 중요한 요소로, 같은 생두라고 할지라도 배전 정도에 따라 향을 이루는 성분들이 달라질 수 있다(11). 에티오피아 커피와 브라질 커피의 향기 패턴을 알아보기 위해 판별함수를 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 판별함수 분석은 시료간의 차이를 나타내는 수십 개의 ion fragment가 갖고 있는 특성의 의미를 함축하여 그래프의 x축에 DF1을, y축에는 DF2에 의한 2차원 그래프로 표현하여 시료간의 차이를 구별하게 된다(17).

분석 결과 가로축에 해당하는 DF1의 F값이 62.44%, 세로축에 해당하는 DF2의 값이 33.73%로 시료간의 차별성이 x축과 y축이 2:1의 비율로 영향을 받아 구분되었다. 약배전 시료는 DF1의 0에 가까웠으며, 에티오피아 커피 중배전 시료는 DF1의 왼쪽 범주에 속했으며, 강배전 시료는 오른쪽 범주에 속하여 뚜렷한 차이를 보였다. 반면에 브라질 커피 중배전 시료는 오른쪽 범주에 속했으며, 강배전 시료는 왼쪽 범주에 속하여 서로 차이가 있음을 나타냈다.

이는 배전온도에 따라 에티오피아 커피와 브라질 커피는 추출되어 나오는 휘발성 성분이나 함량이 차이가 난다는 것을 보여 주는 것으로 사료된다. 브라질 커피를 배전한 것과 에티오피아 커피를 배전한 시료 사이에 각기 다른 향의 패턴 양상을 보이고 있는데 이를 함께 비교하는 데에 혼동이 야기될 수 있다고 여겨진다. 따라서 두 시료의 분석 데이터를 따로 나누어 배전 정도에 따라 각각의 시료가 어떤 양상을 보여주는지를 살펴보는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이는 우리가 보기에는 이들이 같은 커피라고 볼 수 있으나 전자코는 전혀 다른 것들이라고 인식할 수가 있음을 의미한다.

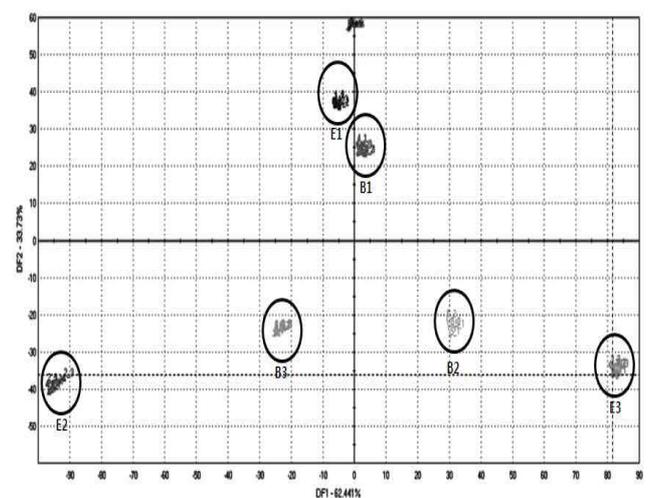


Fig. 1. Discriminant function analysis of the electronic nose data for flavor pattern of roasted coffee (B1: Brazil light, B2: Brazil medium, B3: Brazil dark, E1: Ethiopia light, E2: Ethiopia medium, E3: Ethiopia dark).

전자혀 분석

전자혀 분석은 커피의 브랜드, 주스의 숙성 등 주로 액상의 음료에 적용되고 있다(17). 전자혀 분석은 맛을 대표하는 7개의 센서로 구성되며 사람의 미각과 마찬가지로 센서 SRS는 신맛, STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, SWS는 단맛, BRS는 쓴맛을 감지하며, GPS와 SPS 센서는 센서의 값을 보정하는 표준센서로 의미를 두지 않는다(17).

분석 결과는 Fig. 2와 Table 3에 나타난 바와 같다. 배전에 의해 caffeic acid, quinic acid 성분은 분해되어 저분자화되며, 휘발산은 휘발되어 산도가 낮아져 커피의 신맛에 영향을 미친다고 보고되어 있다(31). Fig. 2에 나타난 바와 같이 에티오피아 시료의 중배전한 커피가 신맛이 가장 강한 것으로 나타났으며, 일반 성분 분석에서도 에티오피아 중배전 시료의 pH 값이 가장 낮은 것으로 나타나 이를 잘 대변하고 있다고 볼 수 있다.

배전 중 당분의 일부는 탄산가스로 변화되어 방출되고, 당분의 일부는 카라멜화(caramelization)변화를 일으키며,

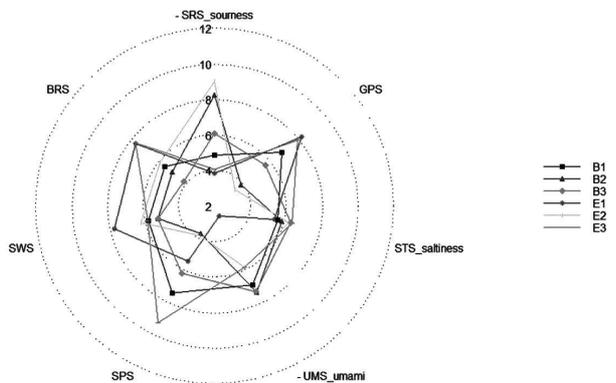


Fig. 2. Changes in organoleptic characteristics of roasted coffee by electronic tongue (B1: Brazil light, B2: Brazil medium, B3: Brazil dark, E1: Ethiopia light, E2: Ethiopia medium, E3: Ethiopia dark).

아미노산과의 반응에 의하여 멜라노이딘이 생성되는 갈변 반응(Maillard reaction)이 일어나 당당류의 함량이 감소하는 것으로 알려져 있다(32). 브라질 커피와 에티오피아 커피 모두 배전 중에 단맛이 감소되는 것으로 나타났다(Fig. 2).

1908년 Ikeda에 의해 발견된 umami(감칠)맛은 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛에 이어 5번째의 맛으로 알려져 있으며, 최근 들어 음식업계에서 관심을 끌고 있다. Umami맛은 glutamate, nucleotide인 inosinate(IMP)에 의한 맛으로 단맛과 짠맛을 더 느끼게 하여 음식에서의 소금, 지방, 칼로리의 섭취를 줄일 수 있으며, 신맛과 쓴맛을 덜 느끼게 하여 커피의 쓴맛에 민감함 사람들로 하여금 커피의 쓴맛을 더 부드럽게 느끼게 한다는 것이다(33). 본 연구에서 에티오피아 커피와 브라질 커피 배전에 따라 umami맛이 증가하는 것으로 나타났다, 에티오피아 커피보다는 브라질 커피에서의 umami맛이 더 강한 것으로 나타났다.

Table 3. Changes in organoleptic characteristics of roasted coffee by electronic tongue

Sample	Sourness	pH ²⁾	Saltiness	Umami	Sweetness
Brazil					
Light	4.9 ¹⁾	5.30	5.5	6.9	7.2
Medium	8.3	5.13	5.8	7.7	4.8
Dark	6.0	5.22	6.5	7.5	4.6
Ethiopia					
Light	3.8	5.46	5.1	2.3	7.8
Medium	9.0	4.96	6.4	5.8	6.0
Dark	4.0	5.32	6.6	5.8	5.6

¹⁾ Mean (n=6).

²⁾ pH was determined by pH meter electrode.

요약

브라질 몬테알레그레 커피와 에티오피아 시다모 커피를 약배전, 중배전, 강배전으로 볶아 색도, 총 페놀 함량, 카페인, 클로로겐산 함량을 분석하였다. 총 페놀함량은 3.06~3.31%, 카페인 함량은 0.81~1.11%로 배전과정 중 큰 차이를 나타내지 않았다. 브라질 커피의 클로로겐산 함량은 2.15%(약배전)에서 1.32%(강배전)으로 감소하였고, 에티오피아 커피의 클로로겐산 함량은 2.27%(약배전)에서 0.49%로 감소하였다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 약배전 시료와 강배전 시료간에 큰 차이를 나타내지 않았다. GC를 기초로 한 전자코를 이용하여 배전 정도에 따른 향기 패턴을 분석한 결과 향기패턴의 차이를 잘 구분할 수 있었다. 전자혀 분석기술을 이용하여 각기 달리 배전한 시료를 분석한 결과 신맛과 단맛은 배전이 진행됨에 따라 감소했다. 전자코와 전자혀 분석기술은 배전과정 중에 향기와 맛을 평가하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 기술개발사업 (No. C0123466)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

- Mussatto SI, Machado EMS, Martins S, Teixeira JA (2011) Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. Food Bioprocess Technol, 4, 661-672
- Esquivel P, Jimenez VM (2012) Functional properties of coffee and coffee by-products. Food Res Int, 46, 488-495
- Schwan RF, Wheals AE, Batista LR, Chalfoun SM, Padre G (2003) Toxigenic fungi associated with processed (green) coffee beans (*Coffea arabica* L.) Int J Food Microbiol, 85, 293-300
- Anderson BA, Shimoni E, Liardon R, Labuza TP (2003) The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. J Food Eng, 59, 71-78
- Kim KJ, Park SK (2006) Changes in major chemical constituents of green coffee beans during the roasting. Korean J Food Sci Technol, 38, 153-158
- Duijn J, Stegen, GHD (1979) Analysis of caffeine and trigonelline using high-performance liquid chromatography.

- J Chromatogr, 179, 199-204
7. Trugo LC, Macrae R, Dick J (1983) Determination of purine alkaloids and trigonelline in instant coffee and other beverages using high performance liquid chromatography. *J Sci Food Agric*, 34, 300-306
 8. Trugo LC, Macrae R (1984) Chlorogenic acid composition of instant coffee. *Analyst*, 109, 263-266
 9. Park SJ, Moon SW, Lee J, Kim EJ, Kang BS (2011) Optimization of roasting conditions for coffee beans by response surface methodology. *Korean J Food Preserv*, 18, 178-183
 10. Sacchetti G, Mattia CD, Pittia P, Mastrocola D (2009) Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *J Food Eng*, 90, 74-80
 11. Seo HS, Kang HJ, Jung EH, Hwang IK (2006) GC-SAW (surface acoustic wave) electronic nose to classification of origin and blended commercial brands in roasted ground coffee beans. *Korean J Food Cookery Sci*, 22, 299-306
 12. Kim JD, Kim DJ, Ham YK (2004) Standardization and technical trend of portable E-nose and E-tongue. *J Korean Inst Inform Technol*, 2, 69-78
 13. Noh BS (2005) Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 1048-1064
 14. Aishima T (1991) Aroma discrimination by pattern recognition analysis of responses from semiconductor gas sensor array. *J Agric Food Chem*, 39, 752-756
 15. Gardner JW, Shurmer HV, Tan TT (1992) Application of an electronic nose to the discrimination of coffees. *Sensor Actuator*, 6, 71-75
 16. Ongo E, Falasconic M, Sberveglie G, Antonellid A, Montevecchid G, Sberveglie V, Concinac I, Sevilla III F (2012) Chemometric discrimination of Philippine civet coffee using electronic nose and gas chromatography mass spectrometry. *Proc Eurosensors*, 26, 9-12
 17. Youn AR, Han KY, Oh SY, Noh BS (2005) Prediction of rancidity for the heated rapeseed oil using the electronic nose. *Food Eng Prog*, 9, 309-319
 18. Hecimovic H, Belscak-Cvitanovic A, Horzic D, Komes D (2011) Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem*, 129, 991-1000
 19. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1204
 20. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26, 1231-1237
 21. Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong HM, Park IS, Lee JH, Hyun SY, Noh BS (2013) Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J. Food Sci Technol*, 45, 142-147
 22. Rhi JW, Shin HS (1993) Antioxidative effect of brown materials extracted from roasted coffee beans. *Korean J Food Sci Technol*, 25, 220-224
 23. Borelli RC, Visconti A, Mennella C, Anese M, Fogliano V (2002) Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *J Agric Food Chem*, 50, 6527-6533
 24. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P (2009) *Food Chemistry*. 4th ed., Springer, Heidelberg, Germany, p 938-970
 25. Nicoli MC, Anese M, Manzocco L, Lericri CR (1997) Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Lebensm Wiss Technol*, 30, 292-297
 26. Kim JY, Han YS (2009) Influence of roasting time on antimicrobial and antioxidative effects of coffee extract. *Korean J Food Cookery Sci*, 25, 496-505
 27. Farah A, Donangelo CM (2006) Phenolic compound in coffee. *Braz J Plant Physiol*, 18, 23-26
 28. Cho JG, Youn SJ, Lee ET, Kim TW, and Kwoen DJ (2009) Change of biological activity of melon (*Cucumis melo* L.) according to frozen storage period. *J Appl Biol Chem*, 54, 200-204
 29. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS (2003) The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 723-727
 30. Wang HY, Qian H, Yao WR (2011) Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. *Food Chem*, 128, 573-584
 31. Sivetz M, Desrosier NW (1979) *Coffee technology*. AVI Publishing Co., Washington, USA, p 527-574
 32. Franca AS, Mendonca JCF, Oliveira SD (2005) Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *Lebensm Wiss Technol*, 38, 709-715
 33. Marcus JB (2009) Unleashing the power of umami. *Food Tech*, 63, 22-36