

추출 방법을 달리한 커피의 이화학적 특성

고귀희¹ · 이찬희³ · 윤정로^{1,2*}

¹강릉원주대학교 식품가공유통학과, ²해람에프엔비협동조합, ³동해안해양생물자원연구센터

Physicochemical Characteristics of Coffee Brews Using Different Brewing Methods

Gwi-Hee Koh¹, Chan-Hee Lee³, and Jungro Yoon^{1,2*}

¹Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University

²Haeram F&B Cooperative, Gangneung-Wonju National University

³Marine Bio Regional Innovation Center, Gangneung-Wonju National University

Abstract

The aim of this study was to investigate the physicochemical characteristics of hand drip, Aeropress, espresso, Moka, Mukka, and Briikka coffee brews. Espresso showed higher antioxidant activity, total solids, caffeine, chlorogenic acid, total phenolic compounds, and trigonelline concentrations compared to the other coffee brews studied. In terms of extraction efficiency, Briikka and Mukka showed higher total solids, as well as caffeine and chlorogenic acid contents, whereas drip coffee brew showed higher trigonelline content than other coffee brews. Meanwhile, principle component analysis (PCA) was conducted based on the aroma profile by e-nose. Samples were gathered into distinct groups that represented their brewing methods. Despite the similarity in brewing principle between Moka and other high-temperature brewing methods (i.e., Mukka and Briikka), the location of Moka coffee brew was closer to that of espresso in PCA, which was consistent with the PCA result conducted by e-tongue.

Key words: coffee, brewing method, physicochemical characteristics, e-nose, e-tongue

서 론

커피는 그 자체가 지니는 독특한 향과 맛으로 인하여 전 세계에서 가장 많이 소비되는 음료 중의 하나이다(Perez-Martínez et al., 2010; Caporaso et al., 2014). 커피콩의 산지, 품종, 블렌딩, 배전 정도와 분쇄 등은 커피 음료의 성분 구성에 큰 영향을 미친다. 그러나 음료로 되기 위해서는 분쇄된 원두와 물이 접촉하여 커피에 존재하는 화합물이 추출되어야 하므로 추출 공정 또한 커피의 성분 구성에 큰 역할을 한다(Ludwig et al., 2012).

커피를 추출하는 방법은 침지, 달임(decoction), 퍼컬레이션(percolation), 드립여과, 진공여과, 가압추출(pressurized infusion) 방법으로 분류된다. 커피 추출 방법은 사회적 전통, 개인적인 선호도 및 기타 인자들에 따라 세계적으로 다양성을 보인다. 가장 보편적인 커피 추출 방법은 여과법

이지만 가압추출방법인 에스프레소 커피는 세계적으로 인기를 얻고 있다. 반면에 모카포트 방법은 거의 알려져 있지 않으며 이탈리아와 스페인 등의 남유럽 국가들에 국한하여 사용되고 있다(Caporaso et al., 2014).

드립여과 방법에서는 92-96°C의 물이 거의 압축되지 않은 커피를 통과하여 추출이 이루어진다. 깔대기 모양의 드리퍼 안에 종이 여과지를 넣어 뜨거운 물을 서서히 부어 중력에 의해 추출하는 방식으로, 에스프레소에 비해 깔끔하여 담백하고 침전물이 적으나 여과지가 커피의 기름성분까지 걸러내어 에스프레소처럼 부드러운 커피 맛은 다소 결여된다(Eun et al., 2014). Aeropress는 체임버에 커피 분말을 담고 뜨거운 물을 붓고 일정시간 추출 후 플런저에 힘을 가하여 추출된 커피를 밀어내는 방식이다. 여과지를 통과하기 때문에 미분없이 깔끔하고 담백한 맛을 낼 수 있다.

에스프레소는 약 9 bar의 압력을 가하여 뜨거운 물(88-92°C)을 다져진 커피 분말 층으로 통과시킴으로써 여과식보다 빠르게 추출되며 여기에 사용되는 커피 분말은 여과법에서 보다 더 고운 입자를 필요로 한다(Ludwig et al., 2012). 고압에서 추출된 에스프레소 커피에 존재하는 불용

*Corresponding author: Jungro Yoon, Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea.

Tel: +82-33-640-2968

E-mail: yoon@gwnu.ac.kr

Received March 16, 2020; revised May 4, 2020; accepted May 13, 2020

성 물질들은 특별한 효과를 일으키며 바디감을 형성한다. 추출된 커피 위에 갈색의 크레마라는 크림 층이 형성되며 이는 다른 커피 추출 방법에서는 볼 수 없는 에스프레소에 존재하는 특성이다(Andueza et al., 2002).

모카포트는 보일러 역할을 하는 하부 포트에 담긴 물이 끓게 되면서 발생된 증기로 인하여 밀폐된 하부 포트 상부에 생성된 압력이 물에 가하여지고 이 고온의 물은 중앙에 위치한 pipe를 통하여 바스켓 필터에 있는 커피 분말 층을 지나며 추출이 이루어지고 상부 포트에 추출된 커피가 담기게 된다. 추출 시간은 커피 층의 저항과 관계되며 충전된 커피 분말의 양, 입자크기, 커피 층에 가해진 탬핑 정도에 좌우된다(Caporaso et al., 2014). 커피콩의 저항을 상쇄할 수 있는 일정한 압력 이상이 되어야 추출이 시작이 되며, 따라서 실제로 추출이 이루어지는 시간은 짧아서 대략 1분 정도이다(Sanchez-Gonzalez et al., 2005). Brikka는 모카포트와 유사한 형태이나 상부 포트의 배출구에 일정한 압력이 되어야 열리는 특별한 밸브가 장착되어 있어 커피가 추출되는 압력을 높여줌으로써 crema가 생성될 수 있게 되어 있다. Mukka는 Brikka와 유사하나 밸브의 형태가 다르며 추출 전 상부 포트에 우유를 넣으면 밸브 위치의 선택에 따라 카푸치노 또는 라떼를 만들 수 있다(Bialetti, 2020).

이와 같이 커피 추출물은 다양한 추출 방법으로 얻을 수 있으나, 커피 추출물의 항산화 능력, 카페인, 총페놀성 화합물, 휘발성 성분의 조성 등에 관한 연구는 주로 에스프레소와 여과 커피에 국한되었으며(Andueza et al., 2002; Sanchez-Gonzalez et al., 2005; Lopez-Galilea et al., 2007; Gloess et al., 2013), 모카포트에 관한 연구는 매우 적고(Sanchez-Gonzalez et al., 2005; Caporaso et al., 2014; Eun et al., 2014), Brikka, Mukka에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

추출 압력과 온도의 관점에서 보면, 드립여과, Aeropress는 상압에서 추출되며(상압 추출법), 에스프레소는 pump에 의하여 가해지는 약 9 bar의 압력하에서 추출되나(가압 추출법), 상압 추출법과 가압 추출법은 공통적으로 100°C 이하의 온도(90-95°C)에서 추출되는 특성을 지닌다. 이에 반하여 모카포트, Brikka, Mukka는 하부 포트에서 생성된 고압의 수증기에 의한 추진력으로 추출되는 “고온 추출법”이며 추출시의 실제 온도 측정을 위해서는 열전쌍과 같은 센서를 하부 포트를 뚫고 삽입하여야 한다. 이러한 번거로움으로 인하여 모카포트 추출물에 관한 이화학적 특성 연구에는 추출 온도에 대한 보고는 거의 없으며, 단지 모카포트 추출 온도 modeling에 대한 Navarini et al. (2009)의 연구가 있을 뿐이다. Brikka와 Mukka는 추출 온도를 모카포트보다 높여서 crema도 함께 추출하고자 하는 목적으로 개발되었으며, 모카포트보다 아직 대중화가 덜 되어 있어, 이들에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고온 추출법에 의한 추출시, 추출 온도를 직접 측정함과 동시에 이들의 이화학적 특성을 에스프레소, 드립여과, Aeropress와 비교 하였으며, 아울러 전자코 및 전자혀 상에서의 차이점도 함께 비교함으로써 다양한 추출 방법에 따른 특성에 대하여 보다 체계적인 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

커피 원두

본 연구에 사용한 커피는 *Coffea Arabica* 종으로 Ethiopia Yirgacheffe Washed를 GSC International (Seoul, Korea)로부터 구입하여 중배전(Agtron number = 58, 수분함량 = 1.0%, 겉보기 밀도 = 0.384 g/cm³)하여 사용하였다. 추출 방법의 특성상 사용하는 원두의 분쇄도가 각각 다른 까닭에, 분쇄기(EK43, Mahlkonig, GmbH & Co., Hamburg, Germany)를 이용하여 분쇄도 1과 3.5로 분쇄하여 각각 고온추출(모카포트, Brikka, Mukka), 상압추출(드립여과, Aeropress)에 사용하였으며, 가압추출(에스프레소)의 경우에는 에스프레소 머신(BES870, Breville, Melbourne, AU)에 내장된 분쇄기를 이용하여 분쇄도 23으로 분쇄하여 사용하였다. 사용한 원두 분말은 표준체를 이용하여 입도 분포를 측정하였다.

시료의 제조

추출방법(상압추출, 가압추출, 고온추출)에 따라 추출온도와 추출방식이 다르므로 사용하는 분쇄된 원두의 굵기와 물론 가수비도 달라진다. 따라서 과다추출 및 과소추출을 방지하고자 가수비는 문헌에 기술된 최적 조건(Yoo, 2016) 및 기구의 사용설명서를 참조하여 설정하였다.

드립여과는 원두분말 8.25 g을 93°C 증류수 150 mL로 추출하였으며 핸드드립 하는 경우 재현성의 문제가 대두되므로, 드리퍼로 더가비 오토 드리퍼(The Gabi, The Gabi Co., Ltd., Busan, Korea)를 사용하였다. Aeropress는 원두분말 8.25 g을 93°C 증류수 150 mL로 추출하였으며 Aeropress coffee maker (Aerobie Inc., Palo Alto, CA, USA)를 사용하였다. 에스프레소는 원두분말 20 g을 93°C 증류수 75 mL로 추출하였으며 에스프레소 머신(BES870, Breville, Melbourne, AU)을 사용하였다. 고온추출의 경우는 가스레인지(GRA-20A5, High calorie burners, SK Magic Co., Ltd., Seoul, Korea) 위에 4발 걸쇠를 설치한 후 추출 기구를 올리고 가스불은 중불(2단)로 가열하여 추출하였다. 모카포트는 원두분말 13.5 g을 증류수 130 mL로 추출하였으며 모카포트 기구(Moka express, Bialetti, Omegna, Italy)를 사용하였다. Mukka는 원두분말 13.5 g을 증류수 150 mL로 추출하였으며 Mukka 기구(Mukka express, Bialetti, Omegna, Italy)를 사용하였다. Brikka는 원두분말 21 g을

증류수 200 mL로 추출하였으며 Brikka 기구(Brikka express, Bialetti, Omegna, Italy)를 사용하였다. 이렇게 얻은 추출물을 전자코 분석을 위한 시료로 사용하였고, 그 외의 분석에는 이를 원심분리기(DT5-2B, Beijing Era Beili Centrifuge Co. Ltd., Beijing, China)로 원심분리(3,000 rpm, 30분)하여 얻은 상층액을 시료로 사용하였다.

모카포트, Mukka, Brikka의 추출온도

모카포트 기구, Mukka 기구, Brikka 기구의 하부 포트 측면을 drill로 천공하고 T type 열전쌍이 inconel sheath (외경 3.0 mm)에 내장된 probe를 삽입 후 너트와 실리콘 O-ring을 사용하여 고정하였다. 하부 포트 내부의 물 온도는 고정밀 4채널 온도 측정용 data logger (Testo 176T4, Testo AG, Lenzkirch, Germany)로 측정하였다. 온도 측정을 위한 probe 끝단의 위치는 모카포트, Mukka, Brikka의 경우, (바닥면으로부터 probe의 높이)/(채워진 물의 높이)가 각각 22/25 mm, 12/14 mm, 19/28 mm이었고, (중심으로부터 거리)/(반경) 각각 7/37 mm, 24/59 mm, 10/45 mm 지점에 위치하도록 하였다. 각 부위의 온도는 1초 간격으로 측정되었고 시간과 온도는 data logger에 수집되었다.

총고형분

추출물의 총고형분은 시료 1 g을 forced-convection type oven (WOF 155, Daihan Scientific, Seoul, Korea)을 이용하여 105°C에서 24 h 건조 후 항량에 도달한 무게를 퍼센트로 나타내었다.

pH, 적정 산도, 색도

시료의 pH는 시료 25 mL를 pH meter (F-71 LAQUA, Horiba Scientific Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 시료의 적정 산도(%)는 AOAC 방법에 의거하여 측정하였다(AOAC, 2000). 시료 5 mL를 증류수를 사용하여 100 mL로 희석하고 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2의 종말점까지 적정하여 citric acid 함량으로 나타내었다. 색도는 표준 백색판(L = 98.63, a = -0.23, b = -0.28)으로 보정된 colorimeter (CM-3500D, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하였다.

총 페놀 함량

총 페놀 화합물은 Folin-Ciocalteu 방법에 따라 측정하였다(Cosoreci et al., 2014). 시료 0.5 mL에 2 N Folin-Ciocalteu reagent를 0.2 N로 희석한 시약 2.5 mL를 가한 후 실온에서 10분간 방치하였다. 이에 7.5% Na₂CO₃ 2 mL를 가하여 2시간 동안 반응시킨 후 spectrophotometer (Specord 50, Analytic Jena AG, Jena, Germany)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은

gallic acid를 표준 물질로 한 표준 곡선에 의하여 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거능

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능은 Blois의 방법(Blois, 1958)을 변용하여 측정하였다. 시험관에 0.2 mM DPPH 용액(Methanol) 2 mL와 시료 2 mL를 넣고 암소에서 30분간 반응시킨 후 515 nm 흡광도를 spectrophotometer (Specord 50, Analytic Jena AG, Jena, Germany)로 측정하였다. 저해 백분율로서 표현된 DPPH radical scavenging activity (RSA)는 다음 식과 같다.

$$RSA(\%) = \left(1 - \frac{\text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of blank}}\right) \times 100$$

카페인, 트리코넨린 및 클로로겐산

카페인, 트리코넨린 및 클로로겐산(5-caffeoylquinic acid; 5-CQA) 함량을 동시에 분석하기 위하여 커피 추출액 시료를 0.45 µm syringe filter (National Scientific, Clarent, CA, USA)로 여과하여 HPLC로 분석하였다(Flambeau & Yoon, 2018). 분석 장비는 auto-sampler, diode array detector (DAD)가 장착된 LC system (Agilent 1100, Agilent Tech., Lexington, MA, USA)이 사용되었고, column은 reverse column (ZORBAX Eclipse Plus, XDB-C₁₈, 4.6 mm×150, 5 µm, Agilent Tech., Lexington, MA, USA)을 사용하였다. 분석 조건은 Table 1과 같다.

전자코와 전자혀 분석

추출물의 전자코 분석에는 auto-sampler가 장착된 Heracles II e-nose system (Alpha M.O.S., Toulouse, France)을 사용하였다. 전자코는 길이 10 m, 180 µm ID의 극성이 다른 2개의 capillary column (MXT-5, polar 및 MXT-1701, slightly polar)과 두 개의 flame ionization detector (FID)로 구성되었다. 추출물 5 mL를 20 mL vial에 취한 후 밀봉하여 vial

Table 1. HPLC-analytical conditions for caffeine, trigonelline and 5-CQA determination

Parameter	Value
Mobile phase	A: Methanol + 0.1% AA* and B: Water + 0.1% AA
Flow rate	0.70 mL/min
Injection volume	20 µL
Gradient elution	5 min - 95% B, 20 min - 50% B, 25 min - 50% B, 30 min - 10% B, 37 min - 10% B, 39 min - 95% B
Column temp	35°C
Running time	39 min
Post time	5 min
Detection (λ)	278 nm (caffeine), 325 nm (5-CQA) and 268 nm (trigonelline)
Spectra range	190-400 nm

*Acetic acid

을 15분간 500 rpm으로 교반하면서 60°C를 유지한 후, head space로부터 5 mL를 취하여 200°C에서 250 μ L/s로 주입하였다. Valve, trap, desorption 온도는 각각 250°C, 40°C, 250°C로 하였고, column 온도는 40°C에서 270°C로 3°C/s의 속도로 승온 되었고, 최종 온도에서 18 s간 유지 되었다. Acquisition time은 120 s이었으며 detector 온도는 270°C이었다. 각 시료는 5회 반복을 실시하였다. 전자코의 principle component analysis (PCA)는 AcroChemBase software (Alpha M.O.S., Toulouse, France)에 의하여 시료 들 간의 차이에 기여하는 중요한 휘발 성분의 peak들을 선정(discrimination power \geq 95%)한 후 실시하였다.

추출물의 전자혀 분석에는 auto-sampler가 장착된 Astree II (Alpha M.O.S., Toulouse, France)를 사용하였다. 분석에 앞서 전자혀 sensor 및 system의 calibration 및 diagnosis 를 실시하였으며, 이를 위하여 0.01 M HCl, 0.01 M MSG, 0.01 M NaCl 용액이 사용되었다. 추출물을 여과지 (Whatman No 1, Kent, UK)에 여과한 액 25 mL를 시료로 사용하였다. 모든 시료는 3회 반복하여 실시하였으며 단일 시료의 분석 후 센서 행균 과정을 거쳤다(Flambeau et al., 2017).

통계처리

추출 조건에 따른 이화학적 성분 분석 결과는 SPSS 통계프로그램(Version 23 software, IBM Corporation, New York, USA) 을 이용하여 분산분석 및 Duncan's multiple range test 유의성 검증($p < 0.05$)을 실시하였다.

결과 및 고찰

원두 분말의 입도분포

표준체를 이용하여 원두 분말의 입도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. 이를 누적입도분포에서 중량누계 50% 되는 지점의 입자크기로 표기하였을 때, 상압추출용 원두 분말이 가장 커서 600-710 μ m이었고 고온추출용(425-500 μ m), 에스프레소용(300-425 μ m)의 순이었다. 이는 문헌상에

나타난 드립여과용 원두 분말의 크기는 0.5-1 mm, 에스프레소는 0.3 mm 이하, 모카포트는 그 중간 크기라는 사실과 잘 부합되었다(Yoo, 2016).

추출온도 및 시간

본 연구에서 사용한 추출 방법 중 상압추출법인 드립여과와 Aeropress, 가압추출법인 에스프레소는 모두 93°C의 증류수를 사용하여 추출하였으며, 추출시간은 각각 156 s, 300 s, 28 s 이었다(Table 2). 고온 추출법에서는 하부포트의 바닥면이 가열됨에 따라 포트에 담겨있는 실온의 물이 가열되며 발생된 수증기의 압력에 의하여 고온의 물이 커피층을 통과하면서 커피의 추출이 이루어질 것으로 예견된다. 따라서 고온 추출법의 경우 가열 시작부터 추출이 완료 될 때까지 하부포트에 설치한 열전쌍으로 실제 온도를 직접 측정하였다.

측정 결과 모카포트, Mukka, Brikka의 물의 최고 온도는 각각 105.5°C, 125.1°C, 132.6°C로 Brikka가 가장 높았다(Fig. 2). 이 때 하부포트의 상부에 존재하는 포화된 수증기의 압력은 포화수증기표에서 구하였을 때 각각 1.2, 2.3, 2.9 bar에 해당 하였으며(Singh & Heldman, 1993), 에스프

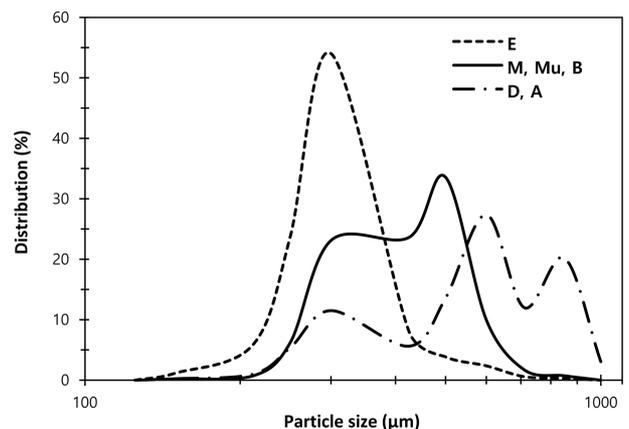


Fig. 1. Particle size distribution of coffee measured by standard sieves: E (espresso), M (Moka), Mu (Mukka), B (Brikka), D (Drip) and A (Aeropress).

Table 2. Brewing condition for different brewing methods

Brewing Method	Ground Coffee (g)	Distilled Water (mL)	Brew ³⁾ ratio	Extract (mL)	Brewing Time (s)	Brewing ⁴⁾ Temperature (°C)
Drip	8.25	150	18.2	127.8±0.4	156±1.5	93.0±0.0
Aeropress	8.25	150	18.2	138.8±0.3	300±0.0	93.0±0.0
Espresso	20	72	3.6	51.4±0.8	28.0±1.0	93.0±0.0
Moka	13.5	130	9.6	103.2±2.4	50.0±0.0	95.7±0.3
Mukka ¹⁾	13.5	150	11.1	107.6±4.3	20.0±0.0	121.7±2.6
Brikka ²⁾	21	200	9.5	168.5±2.1	29.6±0.7	127.6±1.1

¹⁾Mounted with pressure-stat valve to elevate the boiling point of water.

²⁾Mounted with special valve to deliver the coffee extract at twice the pressure compared to a traditional coffee maker.

³⁾Ratio of the volume of water to the mass of ground coffee.

⁴⁾Average temperature during brewing of coffee.

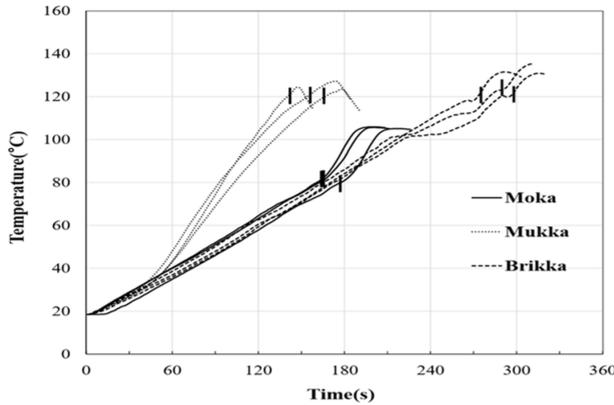


Fig. 2. Temperatures of in-tank water during extraction of coffee for high temperature brewing methods (Vertical bars indicate points when the eruption of coffee brew initiated).

레소의 추출 압력인 9 bar 보다는 훨씬 낮은 압력이었다. 모카포트, Mukka, Briikka의 추출시의 평균 온도 또한 각각 95.7°C, 121.7°C, 127.6°C로 Briikka가 가장 높았으며 용출에 소요된 시간은 각각 50±0.0 s, 20±0.0 s, 29.6±0.7 s로 모카포트가 가장 길었고 Mukka가 가장 짧았다(Table 2). 모카포트, Mukka, Briikka는 가열 후 각각 164±9.6 s, 156±16.8 s, 280.7±9.0 s경과시, 추출물이 용출되기 시작하였으며, 3반복 실험에서 용출이 시작된 시점은 편차가 크게 나타났다(Fig. 2). 이는 추출기구에 담겨있는 커피 분말의 tamping에서의 차이, gas 불에 닿는 추출기구 밀면 넓이의 차이, 추출에 사용되는 물의 양의 차이 등에서 기인되는 것으로 추정된다. 그러나 용출이 되는 온도와 용출이 지속되는 시간에서의 편차는 그리 크지 않은 것으로 나타났다(Fig. 2). 본 연구의 결과는 모카포트의 경우 추출 시간이 약 1 min 정도라고 한 Sanchez-Gonzalez et al. (2005)의 보고와 잘 일치하였다. 한편 모카포트, Mukka, Briikka가 추출이 시작된 온도는 각각 79.3±0.3°C, 121.7±3.0°C, 120.1±0.2°C이었다. Mukka와 Briikka는 추출 온도를 높게 하기 위한 압력 valve가 설치되어 있어 용출 온도가 100°C 보다 높았으며 Mukka가 가장 높았다. 이는 모카포트에 의

한 커피 추출시 추출 개시점의 온도가 약 72°C라고 한 Navarini et al. (2009)의 결과보다 다소 높았다. 한편 모카포트의 추출시작 온도인 79.3°C에 상응하는 하부포트의 증기압은 약 0.46 bar (Singh & Heldman, 1993)로 이는 물을 중앙에 위치한 필터 바스켓의 pipe로 밀어 올리기에 부족한 값이다. 그럼에도 불구하고 용출이 가능하였던 것은 모카포트의 구조상 가열시 대류에 의하여 벽면을 타고 상승한 물이 중앙의 pipe를 타고 하강한 후 pipe 안의 빈 공간을 따라 이동하게 되는 유체 역학적인 특이한 구조에 기인한 것으로 판단되었다.

총고형분

추출액에서 총고형분의 농도는 에스프레소가 73.3 mg/mL로 가장 높았고 Mukka, Briikka, 모카포트, Drip, Aeropress의 순이었으며 Aeropress가 10.5 mg/mL로 가장 낮았다(Table 3). 이는 에스프레소의 경우 사용된 원두 양 대비 추출에 사용된 물의 양(가수비)이 다른 추출법에 비하여 가장 낮았기 때문이다(Table 2). 본 연구에서 총고형분의 농도는 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었으며($r = -0.9392$) 이는 총고형분의 농도는 가수비에 의해 달라진다는 Ludwig et al. (2012)의 보고와 대체로 일치하는 것이다.

총고형분의 농도를 측정된 추출액의 부피와 원두 중량(Table 2)을 활용하여 원두 중량 대비 추출된 고형분의 양(수율)으로 환산하였다(Table 4). 그 결과 고온추출법인 Mukka, Briikka, 모카포트가 많이 추출되어 각각 26.5%, 25.5%, 23.2%이었으며, 반면에 에스프레소, Drip, Aeropress는 각각 18.8%, 18.3%, 17.6%로 비슷한 양으로 추출되었다. 즉, 고온 추출시 추출이 촉진되어 보다 많은 양의 고형분이 추출된 것으로 나타났다. 이는 Arabica/robusta blend 커피를 추출방법을 달리하여 추출하였을 때, 모카포트의 경우 총고형분 함량이 27.6%로 여과방식(23.0%)이나 에스프레소(20.8%)보다 유의하게 많이 추출되었다는 Lopez-Galilea et al. (2007)의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 고온 추출시 Mukka의 추출온도는 121.7°C로 Briikka (127.6°C) 보다 낮았고 추출시간도 20 s로 Briikka

Table 3. Physicochemical characteristics of different coffee brews

Brewing Method	Total solids (mg/mL)	Titrateable acidity (mg/mL)	pH	Color L*	TPC (mg GAE/mL) ¹⁾	Caffeine (mg/mL)	5-CQA (mg/mL)	Trigonelline (mg/mL)	RSA (%)
Drip	11.8 ^b ±0.03	1.07 ^a ±0.00	5.31 ^{bcd} ±0.00	33.8 ^e ±0.02	1.50 ^b ±0.02	0.58 ^a ±0.12	0.22 ^a ±0.01	0.40 ^b ±0.00	91.2 ^b ±0.04
Aeropress	10.5 ^a ±0.08	0.99 ^a ±0.00	5.29 ^{bc} ±0.02	33.5 ^d ±0.03	1.37 ^a ±0.05	0.54 ^a ±0.05	0.21 ^a ±0.04	0.36 ^a ±0.00	90.9 ^a ±0.06
Espresso	73.3 ^f ±0.49	6.54 ^d ±0.00	5.23 ^a ±0.01	-	10.85 ^f ±0.14	3.16 ^c ±0.22	1.15 ^c ±0.15	1.89 ^f ±0.01	98.8 ^f ±0.01
Moka	30.3 ^c ±0.15	2.68 ^c ±0.09	5.28 ^b ±0.03	3.5 ^c ±0.00	4.92 ^e ±0.04	1.22 ^b ±0.03	0.46 ^b ±0.01	0.72 ^c ±0.00	97.0 ^e ±0.05
Mukka	33.2 ^c ±0.14	2.61 ^c ±0.11	5.33 ^d ±0.01	2.6 ^b ±0.04	3.90 ^e ±0.06	1.19 ^b ±0.01	0.45 ^b ±0.02	0.73 ^d ±0.00	96.7 ^d ±0.00
Briikka	31.8 ^d ±0.13	2.48 ^b ±0.00	5.31 ^{cd} ±0.01	1.8 ^a ±0.02	4.66 ^d ±0.14	1.37 ^b ±0.07	0.51 ^b ±0.07	0.76 ^c ±0.00	95.4 ^c ±0.01

All values are means ± SD of at least three measurements.

^{a-f}Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾Gallic acid equivalent.

Table 4. Contents of phenolic and nitrogenous compounds, total solids and acids of different coffee brews with respect to the amount of ground coffee used

Brewing Method	Total solids (mg/g)	Total acids (mg/g)	TPC (mg GAE/g) ¹⁾	Caffeine (mg/g)	5-CQA (mg/g)	Trigonelline (mg/g)
Drip	182.4 ^b ±0.47	16.6 ^a ±0.00	23.3 ^a ±0.32	9.05 ^a ±1.88	3.47 ^{ab} ±0.12	6.20 ^d ±0.02
Aeropress	175.9 ^a ±1.34	16.6 ^a ±0.00	23.0 ^a ±0.79	9.04 ^a ±0.89	3.52 ^{ab} ±0.68	6.11 ^d ±0.01
Espresso	188.4 ^c ±1.26	16.8 ^a ±0.00	27.9 ^b ±0.36	8.10 ^a ±0.45	2.95 ^a ±0.40	4.86 ^a ±0.07
Moka	232.0 ^d ±1.15	20.5 ^{bc} ±0.73	37.6 ^d ±0.34	9.36 ^{ab} ±0.08	3.52 ^{ab} ±0.08	5.49 ^b ±0.14
Mukka	264.8 ^f ±1.08	20.8 ^c ±0.84	31.1 ^c ±0.50	9.51 ^{ab} ±0.44	3.56 ^{ab} ±0.05	5.85 ^c ±0.23
Brikka	254.8 ^e ±1.04	19.9 ^b ±0.00	37.4 ^d ±1.12	10.97 ^b ±0.69	4.09 ^b ±0.54	6.11 ^d ±0.08

All values are means ± SD of at least three measurements.

^{a-f}Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾Gallic acid equivalent.

(29.6 s) 보다 짧았음에도(Table 2) 수율은 가장 높았다. Brikka의 경우 고온으로 인하여 불용성 물질들이 일부 생성된 것으로 추정되었다. 가장 바람직한 향미를 지닌 커피를 얻기 위해서는 추출 수율이 18-22%가 되어야 한다고 하며 추출이 24%보다 더 진행되면 커피는 불쾌하고 떫고, 쓴맛을 지니는 경향이 있으며 과추출(over-extracted) 되었다고 간주된다(Lopez-Galilea et al., 2007). 이 기준으로 볼 때 본 연구에서 Mukka와 Brikka는 과다 추출된 것으로 판단되었다.

총산

추출액에서의 총산의 농도는 에스프레소가 6.54 mg/mL로 가장 높았으며 모카포트, Mukka, Brikka, Drip, Aeropress의 순으로 낮아졌으며 Aeropress가 0.99 mg/mL로 가장 낮았다(Table 3). Brikka는 가수비가 낮음에도 불구하고 모카포트, Mukka보다 농도가 낮았으며 이는 고온에서 유기산의 일부가 분해된 것에 기인한 것으로 판단된다. 추출에 사용한 원두의 중량 대비 추출된 산의 함량을 비교하였을 때, Mukka, 모카포트, Brikka가 많이 추출되어 각각 20.8, 20.5, 19.9 mg/g이었으며, 반면에 에스프레소, Drip, Aeropress는 추출된 양이 비슷하였으며 각각 16.8, 16.6, 16.6 mg/g이었다(Table 4). 고온 추출법의 경우 추출이 촉진되어, 가압추출법이나 상압추출법보다 많은 양의 유기산이 추출된 것으로 사료된다. 고온 추출법 중에서는 온도가 가장 높았던 Brikka가 오히려 가장 낮았는데 이는 온도가 너무 높으면 유기산이 일부 분해가 일어날 수 있음을 시사한다.

pH

pH는 에스프레소가 5.23으로 가장 낮았고, Mukka가 5.33으로 가장 높았다(Table 3). 본 연구에서 추출방법에 따라 가수비, 추출온도, 추출시간, 분쇄입도 등이 서로 다르기 때문에 이들이 종합적으로 영향을 미쳤다고 생각된다. Seo et al. (2003)은 시중 cafe에서 일반적으로 음용되는 커피의 pH 범위는 4.82-5.59 내에 속한다고 보고한 바 있으며, 본 연구에서 얻어진 결과는 이 범위에 속하였다.

총 페놀 함량

Total phenolic compounds (TPC)의 농도는 에스프레소가 10.85 mg/mL로 가장 높았고 모카포트, Brikka, Mukka, Drip, Aeropress의 순으로 낮아졌으며 Aeropress가 1.37 mg/mL로 가장 낮았다(Table 3). 이는 총고형분의 경우와 유사하게 TPC의 농도는 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었다($r = -0.9448$). 추출에 사용한 원두 중량 대비 추출된 TPC의 함량은 고온 추출법인 모카포트, Brikka, Mukka가 많이 추출되어 각각 37.6, 37.4, 31.1 mg/g이었으며 가압추출법인 에스프레소가 27.9 mg/g, 상온 추출법인 Drip와 Aeropress가 각각 23.3, 23.0 mg/g으로 가장 낮았다(Table 4). 총 페놀 함량의 경우 특이하게 고온추출법 중에서 추출 온도가 상대적으로 낮은 모카포트가 가장 많이 추출되었으며, 이는 총 페놀 추출시 추출시간도 중요한 추출 변수임을 시사한다. 본 연구 결과는 모카커피(32 mg/g)가 에스프레소 커피(18 mg/g) 보다 total polyphenol 함량이 높았다고 보고한 Sanchez-Gonzalez et al. (2005)의 결과와 일치하였으며, 약배전된 르완다산 아라비카 커피에서의 측정치인 26.4-30.6 mg/g의 범위와 유사하였다(Flambeau & Yoon, 2018).

카페인

본 연구에서 카페인의 농도는 에스프레소가 3.16 mg/mL로 가장 높았고 Brikka, 모카포트, Mukka, Drip, Aeropress의 순이었으며, Aeropress가 0.54 mg/mL로 가장 낮았다(Table 3). 카페인 농도 역시 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었다($r = -0.9126$). 가수비가 유사한 Brikka와 모카포트를 비교하였을 때, 추출온도가 높은 Brikka의 농도(1.37 mg/mL)가 모카포트(1.22 mg/mL) 보다 다소 높게 나타났다. 이는 총산과 TPC에서는 모카포트가 Brikka보다 높았던 것과 대조되는 것으로 카페인의 열 안정성에 기인한 결과로 사료된다. 추출에 사용한 원두 중량 대비 추출된 카페인의 함량은 고온추출법인 Brikka, Mukka, 모카포트가 많이 추출되어 각각 11.0, 9.5, 9.4 mg/g이었으며 상온 추출법인 Drip와 Aeropress가 9.1 mg/g이었고 에스프레소가 가

장 낮은 8.1 mg/g이었다(Table 4). 추출온도가 가장 높았고 고온 추출법 중에서 추출시간도 비교적 길었던 Brikka가 가장 추출이 많이 되었던 반면에, 가압 추출된 에스프레소에서 가장 적게 추출되었다. 따라서 카페인이 열에 강하며 수용성인 것을 고려할 때, 추출온도, 시간, 압력 등이 카페인의 추출과 관련이 있는 것으로 추정된다. 본 연구에서 얻어진 카페인 함량의 측정치는 Arabica 커피를 대상으로 한 다른 연구에서 얻어진 측정치의 범위와 유사하였다(Andueza et al., 2002; Caporaso et al., 2014).

클로로겐산(5-CQA)

본 연구에서 5-CQA의 농도는 에스프레소가 1.15 mg/mL로 가장 높았고 Brikka, 모카포트, Mukka, Drip, Aeropress의 순이었으며, Aeropress가 0.21 mg/mL으로 가장 낮았다(Table 3). 5-CQA의 농도 역시 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었다($r = -0.9154$). 가수비가 유사한 Brikka와 모카포트를 비교하였을 때, 카페인의 경우와 유사하게 추출온도가 높은 Brikka의 농도(0.51 mg/mL)가 모카포트(0.46 mg/mL) 보다 다소 높게 나타났다.

추출에 사용한 원두 중량 대비 추출된 5-CQA의 함량은 고온추출법인 Brikka, Mukka, 모카포트에서 많이 추출되어 각각 4.1, 3.6, 3.5 mg/g이었으며 상온 추출법인 Drip와 Aeropress가 3.5 mg/g이었고 에스프레소가 가장 낮은 3.0 mg/g이었다(Table 4). 클로로겐산은 커피에 존재하는 주요 페놀성 화합물로 알려져 있으며(Somporn et al., 2011) 커피의 산도, 쓴맛, 떫은 맛에 영향을 끼친다(Andueza et al., 2007). 클로로겐산은 열처리시 분해되는 것으로 알려져 있으며 Somporn et al. (2011)에 따르면 미디엄 로스팅(240°C, 14 min)에서 약 80%의 손실이 관찰되었다. 그러나 본 연구에서의 추출온도 범위와 추출환경에서는 비교적 안정한 것으로 보여지며, 추출온도가 가장 높았던 Brikka(추출시 최고 온도 132.6°C)에서 가장 많은 양이 추출되었다. 본 연구에서 얻어진 5-CQA 함량은 2.95-4.09 mg/g 범위에 있었으며, 이는 추출 방법을 filter, plunger, mocha, espresso로 달리한 추출액에서의 측정치인 3.8-7.0 mg/g의 범위와 유사하였다(Lopez-Galilea et al., 2007).

트리코넨린

본 연구에서 트리코넨린의 농도는 에스프레소가 1.89 mg/mL로 가장 높았고 Brikka, Mukka, 모카포트, Drip, Aeropress의 순이었으며, Aeropress가 0.36 mg/mL으로 가장 낮았다(Table 3). 트리코넨린의 농도 역시 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었다($r = -0.8891$). 추출에 사용한 원두 중량 대비 추출된 트리코넨린의 함량은 상압 추출법인 Drip와 Aeropress가 각각 6.2 mg/g, 6.1 mg/g으로 가장 높았고 고온 추출법인 Brikka, Mukka, 모카포트가 각각 6.1, 5.9, 5.5 mg/g이었으며 에스프레소가 4.9 mg/g으로 가

장 낮았으며 Drip, Aeropress, Brikka간에 유의적인 차이는 발견되지 않았다(Table 4). 열에 안정한 카페인과는 달리 트리코넨린은 열에 의해 분해되며 nicotinic acid의 분해에는 180°C 이상의 고온이 필요하며 그보다 낮은 온도에서 다른 화합물의 분해도 가능한 것으로 알려져 있다(Taguchi et al., 1985). 본 연구에서 분석한 다른 화합물과는 달리, 트리코넨린은 추출온도가 상대적으로 낮았던 상압 추출법에서 고온 추출법보다 많이 추출되었다. 이는 고온에서 트리코넨린의 추출이 촉진된 것이 일부 분해로 오히려 상쇄되었기 때문인 것으로 추정된다. 본 연구에서 얻어진 트리코넨린 함량은 4.86-6.20 mg/g에 달하였으며 Andueza et al. (2002)의 Arabica 에스프레소 커피 추출에 관한 연구 결과 값인 5.01-5.81 mg/g과 유사한 값을 나타내었다.

색도

커피의 로스팅 정도를 판정하는 기준으로 많은 문헌에서 L^* 값이 그 지표로 사용되는데 이는 로스팅이 진행될수록 갈변 반응이 진행되어 L^* 값이 낮아지는 원리에 기초한 것이다. 본 연구에서 추출 방법을 달리한 커피 추출물의 L^* 값은 Table 3과 같았다. 농도가 너무 진하여 측정이 불가능하였던 에스프레소를 제외한 나머지 5가지 추출방법으로부터 얻은 커피의 L^* 값은 1.8-33.8의 범위를 나타내었다. 이는 Eun et al. (2014)의 추출방법을 달리한 커피의 L^* 값인 0.81-40.64와 유사하였다. 본 연구에서 L^* 값은 상압추출법인 Drip와 Aeropress에서 가장 높았고 Brikka에서 가장 낮았으며 에스프레소는 Brikka보다 더 낮아서 측정되지 않았다. L^* 값은 가수비와 밀접한 상관관계를 보여서 상관계수는 0.9153를 나타내었고 이는 농도가 낮을수록 L^* 값이 높은 것을 의미한다.

DPPH 라디칼 소거능

본 연구에서 radical scavenging activity (RSA)는 에스프레소가 98.8%로 가장 높았고 모카포트, Mukka, Brikka, Drip, Aeropress의 순이었으며, Aeropress가 90.9%로 가장 낮았다(Table 3). RSA 역시 가수비에 반비례하는 경향을 나타내었다($r = -0.9609$). 본 연구에서 RSA는 5-CQA와의 상관계수는 0.8165로 TPC와의 상관계수인 0.8600보다 낮았다. 이는 커피에서 항산화능과 5-CQA간에 뚜렷한 상관관계를 발견하지 못하였고 오히려 페놀성 화합물 간에 높은 상관관계가 있었다고 보고한 Perez-Hernandez et al. (2012)의 보고와 일치하는 것이다. 본 연구에서 또한 RSA와 L^* 값 간에는 매우 높은 음의 상관관계($r = -0.9526$)가 발견되었다. 이는 아마도 갈변 반응에 의하여 생성된 갈변물질들이 항산화능력을 지니고 있음을 암시하며, 또한 커피 추출물에서 melanoidins 등을 포함한 갈변 반응 물질들이 항산화능에 큰 영향을 미친다는 보고와 일치하는 것이다

(Lopez-Galilea et al., 2007; Ludwig et al., 2012).

전자코

추출방법을 달리한 6가지 시료의 향미 profile의 구별을 PCA상에서 나타내었다(Fig. 3). 그 결과 추출방법을 달리한 시료들은 서로 간에 중첩됨이 없이 잘 구분되었다. X축에 해당되는 PC1은 98.8%를 설명하고, PC2는 단지 1.0%만 설명이 가능하여, 시료간의 차별성은 x축과 y축이 99:1의 비율로 영향을 받아 구분되었다. 즉 시료간의 차별성에 크게 영향을 미치는 x축을 토대로 비교해 보면 상압 추출법인 Drip와 Aeropress는 오른쪽에 위치하였으며, 가압

추출법인 에스프레소와 고온 추출법인 모카포트, Mukka, Brikka는 왼쪽에 위치하였다. 에스프레소의 가장 큰 특징은 추출시 crema가 존재하는 것인데, 고온 추출법에서도 crema가 일부 생성되기 때문에 PCA 상에서 좌우로 대별된 것으로 추정된다. 한편 PC2의 경우 상단에는 에스프레소와 모카포트가 위치하였고 하단에는 Mukka와 Brikka가 위치하였다(Fig. 3). 추출온도가 에스프레소와 모카포트는 상대적으로 낮고, Mukka와 Brikka가 높음을 감안하여 볼 때, 추출온도가 추출물의 향기 pattern에도 영향을 미친 것으로 추정된다.

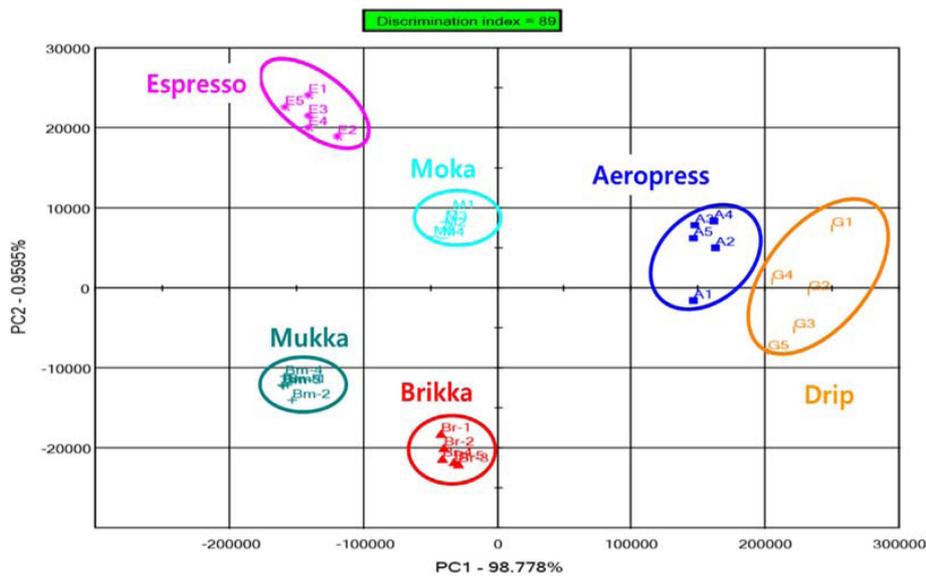


Fig. 3. Principle component analysis constructed using the most discriminating aroma compounds for discrimination of different coffee brews by e-nose.

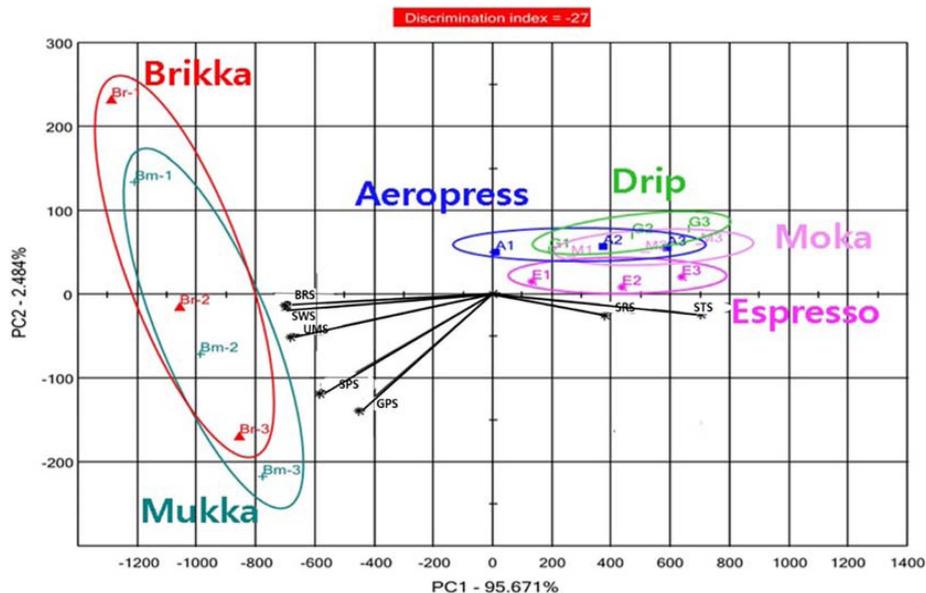


Fig. 4. Principle component analysis bi-plot constructed using 7 sensors for discrimination of different coffee brews by e-tongue.

전자혀

전자혀는 맛을 측정하고 비교하는 기기로 식품과 음료에 적용되고 있다(Peris & Escuder-Gilabert, 2016). 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(Suh et al, 2014).

본 연구에서 추출방법을 달리한 추출물을 전자혀로 분석한 후 맛의 profile을 PCA 상에 나타내었다(Fig. 4). PC1 (95.7%) 상에서 상압추출물(Drip와 Aeropress)과 가압추출물(에스프레소)은 오른쪽에 위치하였으며 서로 중첩되어 이들 간에는 구별이 되지 않았다. 반면에 고온추출물 중 추출온도가 높았던 Brikka, Mukka는 왼쪽에 위치하여 이들과 확연히 구분이 되었다. 또한 Brikka와 Mukka는 서로 중첩되어 구분이 되지 않았다. 이는 Brikka와 Mukka의 고형분 함량이 각각 25.5%, 26.5%로 과다 추출된 커피가 지니는 특성 중의 하나인 쓴맛을 지니고 있어(Lopez-Galilea et al., 2007) 다른 시료들과 차이가 나타난 것으로 판단되며, 쓴맛을 감지하는 센서인 BRS가 이들과 인접한 왼쪽에 위치하는 것은 이를 반증하는 것이다. 한편 모카포트는 고온추출방식으로 추출되었으나 Mukka나 Brikka와는 달리 PCA 상에서 오른쪽에 위치하며 상압추출법이나 가압추출법으로 추출된 커피와 유사함을 나타내었다. 이는 동일한 추출방식이라도 추출온도에 따라서 맛과 향의 특성이 달라짐을 시사한다. 앞서 전자코 분석에서 모카포트가 PC2의 상단에 에스프레소와 함께 있고, 하단에는 Brikka와 Mukka가 함께 있어 서로 구별되었던 결과와 일치하였다.

요 약

본 연구에서는 상압추출법인 드립여과, Aeropress, 가압추출법인 에스프레소, 고온추출법인 모카포트, Mukka, Brikka의 6가지 추출 방법에 따라 추출한 커피 추출물의 이화학적 특성 및 전자코와 전자혀 분석을 실시하였다. 이화학적 특성은 고형분, 산도, pH, 색도, 총 페놀 함량, 카페인, 클로로겐산, trigonelline 함량, 항산화 활성을 조사하였다. 각 추출 성분의 농도는 가수비(추출에 사용된 물의 부피/사용된 원두 중량)와 높은 음의 상관관계를 보였다. 각 농도를 추출 방법 별로 비교하였을 때, 가압추출법인 에스프레소에서 가장 높게 나타났으며 이는 에스프레소의 경우 가수비가 낮은 것이 크게 작용하였기 때문인 것으로 생각되었다. 사용한 원두 중량 대비 추출된 각 성분으로 비교하였을 때, trigonelline을 제외한 대부분의 성분들은 고온추출법에서 가장 높게 나타났으며, trigonelline의 경우는 상압추출법에서 가장 높았다. 이는 trigonelline이 열에 약하여 고온에서 일부 분해되기 때문인 것으로 추정되었다.

고온추출법인 모카포트, Mukka, Brikka를 비교하였을 때, 용출이 시작되는 온도는 각각 79.3°C, 121.7°C, 120.1°C이었다. 모카포트의 용출 온도가 100°C보다 낮은 것으로 미루어 볼 때, 용출을 유발시키는 기작은 증기압에 의한 효과라기보다는 하부 포트의 유체역학적인 구조에 기인하는 물의 대류 현상에 기인한 것으로 판단되었다. 전자코에 의한 PCA 분석에서 6가지 방법에 따른 추출물은 서로 구별이 잘 되었으며, 또한 고온 추출법 중 모카포트는, 고온추출법인 Mukka와 Brikka가 아니라 가압추출법인 에스프레소와 PCA 상에서 더 유사함을 나타내었다. 이는 모카포트의 추출 온도가 Mukka나 Brikka보다 낮아 기인한 것으로 판단되었으며, 이는 전자혀에 의한 PCA 분석 결과와도 일치하였다.

References

- Andueza S, Maeztu L, Dean B, de Pena MP, Bello J, Cid C. 2002. Influence of water pressure on the final quality of Arabica espresso coffee. Application of multivariate analysis. *J. Agric. Food Chem.* 50: 7426-7431.
- Andueza S, Vila MA, de Peña MP, Cid C. 2007. Influence of coffee/water ratio on the final quality of espresso coffee. *J. Sci. Food Agric.* 87: 586-592.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Bialetti. 2020. Coffee makers. Available from: <http://www.bialetti.com>. Accessed Mar. 13, 2020.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Caporaso N, Genovese A, Canela MD, Civitella A, Sacchi R. 2014. Neapolitan coffee brew chemical analysis in comparison to espresso moka and American brews. *Food Res. Int.* 61: 152-160.
- Cosoreci A, Moldovan C, Raba DN, Popa MV, Dumbravă DG. 2014. Evaluation of antioxidant capacity and total polyphenol content of some coffee. *J. Agroalim. Processes Technol.* 20: 161-164.
- Eun JB, Jo MY, Im JS. 2014. Physicochemical characteristics of coffee extracts using different extraction methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 723-728.
- Flambeau KJ, Lee WJ, Yoon J. 2017. Discrimination and geographical origin prediction of washed specialty Bourbon coffee from different coffee growing areas in Rwanda by using electronic nose and electronic tongue. *Food Sci. Biotechnol.* 26:1245-1254.
- Flambeau KJ, Yoon J. 2018. Characterization of raw and roasted fully washed specialty Bourbon cultivar *Coffea Arabica* from major coffee growing areas in Rwanda. *Food Eng. Prog.* 22: 89-99.
- Gloess AN, Schoenbachler B, Klopprogge B, D'Ambrosio L, Chatelain K, Bongartz A, Strittmatter A, Rast M, Yeretziyan C. 2013. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *Eur. Food Res. Technol.* 236: 607-627.

- Lopez-Galilea I, de Pena MP, Cid C. 2007. Correlation of selected constituents with the total antioxidant capacity of coffee beverages: Influence of the brewing procedure. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6110-6117.
- Ludwig IA, Sanchez L, Caemmerer B, Kroh LW. 2012. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method. *Food Res. Int.* 48: 57-64.
- Navarini L, Nobile E, Pinto F, Scheri A, Suggi-Liverani F. 2009. Experimental investigation of steam pressure coffee extraction in a stove-top coffee maker. *Appl. Therm. Eng.* 29: 998-1004.
- Perez-Hernandez LM, Chavez-Quiroz K, Medina-Juarez LA, Gamez MN. 2012. Phenolic characterization, melanoidins, and antioxidant activity of some commercial coffees from *Coffea Arabica* and *Coffea Canephora*. *J. Mex. Chem. Soc.* 56:355-360.
- Perez-Martínez M, Caemmerer B, de Peña MP, Cid C, Kroh LW. 2010. Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. *J. Agric. Food Chem.* 58: 2958-2965.
- Peris M, Escuder-Gilabert L. 2016. Electronic noses and tongues to assess food authenticity and adulteration. *Trends Food Sci. Technol.* 58: 40-54.
- Sanchez-Gonzalez I, Jimenez-Escrig A, Saura-Calixto F. 2005. In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chem.* 90: 133-139.
- Seo HS, Kim SH, Hwang I. 2003. Comparison on physicochemical properties and antioxidant activities of commonly consumed coffees at coffee shops in Seoul downtown. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19: 624-630.
- Singh RP, Heldman DR. 1993. *Introduction to Food Engineering.* Academic Press, London, UK, p. 462.
- Somporn C, Kamtuo A, Theerakulpisut P, Siriamompun S. 2011. Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea Arabica* L. cv. Catimor). *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 2287-2296.
- Suh YS, Lee SH, Shang Y, Yoon J, Lee WJ. 2014. Changes in antioxidant activities and flavor patterns of *Coffea Arabica* beans during roasting. *Korean J. Food Preserv.* 21: 224-230.
- Taguchi H, Sakaguchi M, Shimabayashi Y. 1985. Trigonelline content in coffee beans and the thermal conversion of trigonelline into nicotinic acid during the roasting of coffee beans. *Agric. Biol. Chem.* 49: 3467-3471.
- Yoo DJ. 2016. *Coffee Inside.* Lion Co., Ltd., Seoul, Korea, pp. 202-270.

Author Information

- 고귀희: 강릉원주대학교 대학원생 (박사과정)
 이찬희: 동해안해양생물자원연구센터 연구원
 윤정로: 강릉원주대학교 명예교수, 해람에프엔비 협동조합 이사장