

커피원두의 분쇄입도에 따른 커피 추출물의 이화학적 품질특성 및 휘발성 향기성분 분석

임흥빈¹ · 장금일² · 김동호¹

¹충북대학교 특용식물학과

²충북대학교 식품생명공학과

Physicochemical Characteristics and Volatile Compounds Analysis of Coffee Brews according to Coffee Bean Grinding Grade

Heung-Bin Lim¹, Keum-Il Jang², and Dong-Ho Kim¹

¹Department of Industrial Plant Science and Technology and

²Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

ABSTRACT In this study, we investigated the physicochemical properties of coffee brews according to coffee bean grinding grade. We also examined the effect of grinding grade on amounts of volatile flavor compounds. Coffee brew samples were separated using standard sieves (with pore sizes of 850, 600, and 425 μm), making particle sizes of ground beans as follows: whole bean (control), 850 μm or more (coarse), 850~600 μm (medium), 600~425 μm (fine), and 425 μm or less (very fine). For each particle size category, pH, total acidity, brown color intensity, chromaticity, total phenolic content, caffeine content, chlorogenic acid content, and total amounts of volatile flavor compounds generated were compared and analyzed. As grinding grade decreased, pH and brown color intensity increased from 4.84 to 5.18 and from 0.257 to 0.284, respectively, whereas total acidity decreased from 0.31 to 0.17%. As grinding grade decreased, the L* and a* color values decreased; however, L* value did not exhibit a significant difference depending on the grinding grade. The b* value was 15.75 in the very fine size category, which showed the highest yellowness. There was an 11 or higher color difference between the control and ground coffee powder, indicating a remarkable color difference. The total phenolic, caffeine, and chlorogenic acid contents of the coffee brewed from ground beans with a very fine size were 4.54 mg gallic acid equivalent/mL, 733.0 $\mu\text{g/mL}$, and 383.7 $\mu\text{g/mL}$, respectively, which were high values. The total amounts of volatile compounds in the very fine size category were found to be greater than 100 mg/kg. In this study, we suggest the basis for coffee quality evaluation, which involves evaluating changes in the physicochemical properties and amounts of flavor compounds of coffee relative to the grinding grade of the beans (basic step of coffee extraction).

Key words: physicochemical, volatile compounds, coffee brew, grinding grade, coffee bean

서 론

커피는 꼭두서니과(Rubiaceae) 코페아속(*Coffea*)에 속하는 상록수로 크게 아라비카(*Arabica*), 로부스타(*Robusta-Canephora*), 리베리카(*Reverica*) 3대 품종으로 나뉜다(1). 세계 총생산량의 약 75%를 차지하는 아라비카 품종은 원두 커피로 가장 많이 음용되고 있으며, 우수한 맛을 내는 고급 커피에 많이 이용되는 최고 품질의 품종으로 인정받고 있다. 커피생두는 로스팅 과정에서 Maillard 반응, strecker, trigonelline, phenolic acids, lipid, sugar, proline 및 hy-

droxyproline degradation, breakdown of sulfur 및 hydroxy amino acids의 여러 화학반응에 의해서 향과 맛을 지닌 커피가 만들어지나 커피원두의 품종, 생산지, 재배, 가공 및 저장방법 등에 따라 휘발성 향기성분 조성이 다르게 생성된다(2). 지금까지 확인된 커피성분 중의 휘발성 향기성분은 약 800여 성분으로써, 주요 성분으로 bases 216종류, furans 126종류, carbonyls 및 aldehyde 102종류, sulfur compounds 97종류, hydrocarbons 74종류, phenols 48종류, oxalozoles 35종류, esters 31종류, acids 25종류, alcohols 20종류 등이며, 그 외에 acetals, nitrils, amides, ethers, epoxides, pyrans 등이 존재한다(3). 커피의 분쇄는 최적의 맛과 향을 가진 커피 추출의 시작단계이며 볶은 커피와 물이 닿는 표면적을 넓혀 가용성 및 유화 물질을 용이하게 추출하는 것이다. 또한, 원두커피 조직에서 세포의 CO₂ 가스와 휘발성 향기 방출을 빠르게 하면서 향기성분을

Received 27 March 2017; Accepted 12 April 2017

Corresponding author: Dong-Ho Kim, Department of Industrial Plant Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea
E-mail: dh3034@hanmail.net, Phone: +82-43-261-3288

쉽게 추출할 수 있도록 하는 것이 목적이다(4). 커피 분쇄입도는 너무 굵으면 물과 접촉하는 입자면적의 양이 적고 물이 커피 층을 투과하는 시간이 빨라져서 맛이 가볍고 커피 자체의 맛과 향이 줄어든다. 반면 분쇄입도가 너무 작으면 물이 커피 층을 서서히 투과하기 때문에 가용성 고형분과 지방이 과다해지고 이취 및 이미까지 추출되어 커피 본래의 쓴맛이 더욱 강조된다. 식품에서 휘발성 향기성분 추출방법은 증류에 의한 방법, 용매 추출법, 흡착에 의한 방법 등 다양하게 연구되어 왔으며, 특히 동시 연속 증류 증류 추출법(simultaneous steam distillation extraction, SDE)은 열분해를 수반할 수 있는 단점에도 불구하고 고농도의 추출이 가능하며, 용매와 휘발성 향기성분의 이차 반응을 줄일 수 있고 우수한 추출 효율 등 많은 장점이 있어 연구 여건에 맞게 변형해 가면서 현재까지 꾸준히 사용되고 있는 방법이다(5,6). 동시 연속 증류 증류 추출법은 추출용매로 ether pentane(1:1, v/v)이 많이 사용되며, 커피 중의 휘발성 성분을 추출, 농축 및 건조시킨 후, GC 및 GC-MS를 이용하여 휘발성 성분을 분석하는 전처리 방법으로 주로 이용된다. Shibamoto 등(7)은 SDE에 의해서 커피 중의 휘발성 성분들을 분리한 후 HPLC 및 GC-MS를 이용하여 정성 및 정량하였고, Holsher 등(8)은 SDE 및 GC를 이용하여 colombia 커피 중 주요 aroma 성분들에 대한 정량분석 및 관능평가 결과를 보고하였다. 국내의 커피의 성분분석에 관련된 연구는 꾸준히 수행되고 있는데, 크게 휘발성 주요 성분과 비휘발성 주요 성분 연구 등으로 나눌 수 있다. 생두 및 로스팅 커피의 휘발성 성분과 관련된 분야에 관한 연구로는 로스팅 커피의 휘발성 향기에 대한 연구(9), 추출 방법에 따른 커피 추출액 향기의 특성에 관한 연구(10) 등이 있고, 비휘발성 성분과 관련된 분야에 관한 연구는 caffeine(11), chlorogenic acid(12), trigonelline(13) 등의 성분을 중심으로 수행되고 있다. 또한, 커피 추출에 관한 연구로는 추출 수율에 관한 분석(14), 가용성 커피에 관한 분석(15), 에스프레소 회석 커피의 관능적 특성(16) 등이 있다. 현재까지 커피의 화학 성분을 분석하고 이에 따른 커피의 향미 변화를 조사한 연구는 많았지만 커피 분쇄입도가 커피 추출물의 성분 변화에 미치는 영향에 관한 구체적인 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 커피 추출의 기본 단계라고 할 수 있는 커피 분쇄입도 조건에 따라 변화되는 커피 추출물의 이화학적 품질특성 및 향기성분을 분석함으로써 커피 품질 평가에 관한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 커피 생두는 2016년산 브라질 산토스 지방에서 재배된 NY2 등급의 커피콩(Brazil santos NY2, SC company, Gyeonggi, Korea)을 사용하였다. HPLC 분석

에 사용된 acetonitrile과 water는 Fisher Scientific(Asheville, NC, USA)에서 구입하였으며, caffeine, chlorogenic acid, Folin-Ciocalteu's phenol reagent 및 sodium carbonate는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다.

배전 및 분쇄

커피생두는 회전식 로스터(MK-300, JC Company, Seoul, Korea)를 이용하여 220°C에서 15분간 로스팅 한 중강배전(시티-폴시티 중간상태) 상태의 원두를 커피용 분쇄기(80350, Hamilton Beach Brands, Inc., Glen Allen, VA, USA)를 사용하여 분쇄하였다. 분쇄된 원두는 850 µm(No. 20), 600 µm(No. 30), 425 µm(No. 40)의 표준체를 사용하여 입자 크기를 whole bean(Control), 850 µm 이상(coarse), 850~600 µm(medium), 600~425 µm(fine), 425 µm 이하(very fine)의 크기가 되도록 사별하여 시료로 사용하였다.

추출

분쇄입도를 달리한 커피원두는 SCAA Protocols법(17)을 이용하여 추출하였다. 커피시료 8.5 g을 정량하여 비커에 담고 90°C 3차 증류수 150 mL를 부어 막대기로 30회, 30초 동안 균질하여 5분간 방치한 후, Whatman filter paper(No. 2, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 커피 추출 시료로 사용하였다.

pH 및 총산도 측정

pH는 시료를 10 mL 채취해서 pH meter(DOCU-pH meter, Sartorius, Bohemia, NY, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였으며, 산도는 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 소요된 NaOH의 mL를 citric acid로 환산하였다(18).

갈색도 및 색도 측정

커피 추출 시료의 갈색도는 Bravo 등(19)의 방법을 응용하여 추출된 커피시료를 3차 증류수로 40배 희석하여 420 nm에서 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 흡광도를 3회 반복 측정하였다. 색도는 추출된 커피 10 mL를 petri dish에 담아 고정시킨 후 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter L 값(밝기), a 값(적색도), b 값(황색도)과 색차값(color difference, ΔE)을 측정하였다. 모든 시료에 대하여 3회 반복 측정하였으며, 사용된 표준색판은 백색판(L=93.50, a=0.31, b=0.32)을 사용하였다.

총페놀 함량

총페놀 함량은 Dewanto 등(20)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu's reagent가 시료의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 측정

하였다. 커피 추출 시료 100 μL 에 2% Na_2CO_3 용액(w/v)을 2 mL 첨가한 후 3분간 실온에서 방치하였다. 그리고 50% Folin-Ciocalteu's reagent를 0.1 mL 가한 후 30분 동안 반응시키고 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 후 총폴리페놀 함량은 시료 1 mL당 mg gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다. 그리고 모든 시료에 대하여 3회 반복 측정하였다.

카페인 및 클로로겐산 함량 분석

카페인 및 클로로겐산의 함량은 두 성분을 동시에 분석할 수 있는 Hečimović 등(21)의 방법을 이용하여 분석하였다. 분석기기로서는 Shimadzu 2030C HPLC system(Shimadzu)을 사용하였고, column은 Shim-pack GIS ODS(250 \times 4.6 mm, 5 μm i.d.)를 사용하였다. 이동상은 1% acetic acid(J.T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA)와 acetonitrile(Burdick & Jackson, Muskegon, MI, USA)을 1.0 mL/min의 유속으로 사용하였으며, gradient 조건은 1% acetic acid와 acetonitrile을 0분에서 40분까지 92:8에서 73:27의 비율로 변화시켰고, 40분부터 45분까지는 73:27을 다시 92:8로 변화시켰다. UV detector의 파장은 280 nm를 사용하였으며 시료의 주입량은 20 μL , 칼럼의 온도는 25 $^{\circ}\text{C}$ 로 하였고, 각각의 표준물질을 10~1,000 ppm으로 분석하여 검량선을 작성한 다음 시료에 대해서 농도를 측정하였다.

휘발성 화합물 추출

SDE법에 의한 휘발성 성분의 추출은 Schultz 등(22)의 방법에 따라 커피입자 크기별로 사별된 시료 100 g에 Milli Q water(Millipore, Milford, CT, USA) 1 L를 혼합하고 정량분석을 위해 내부표준물질로 2-heptanone 1 μL (99%, Sigma-Aldrich Co.)를 첨가하여 개량된 연속 증류 추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)에서 재증류한 n-pentane(99.9% purity, J.T. Baker Co.)과 diethyl ether(99.9% purity, J.T. Baker Co.) 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 2시간 동안 휘발성 정유 성분을 추출하였다. 이 추출액에 무수 Na_2SO_4 를 가하여 -4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 탈수시키고 유기용매층은 Vigreux column(250 mL, Normschliff, Wertheim, Germany)을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 0.5 mL까지 재농축하여 GC-FID와 GC/MS 분석시료로 사용하였다.

휘발성 화합물 분석

SDE 방법으로 추출, 농축된 정유의 휘발성 성분 분석은 GC-FID(Agilent 6890N, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 사용한 칼럼은 DB-5MS(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm , J&W Scientific, Folsom, CA, USA)였으며, 오븐조건은 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3분간 유지시키고 3 $^{\circ}\text{C}/$

min으로 승온시켜 120 $^{\circ}\text{C}$ 까지 올려준 후 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 으로 230 $^{\circ}\text{C}$ 까지 상승시켰다. Injector와 detector 온도는 각각 230 $^{\circ}\text{C}$ 와 250 $^{\circ}\text{C}$ 로 하였으며 carrier gas는 helium을 사용하여 2.2 mL/min으로 하였고 시료의 주입은 splitless 모드를 사용하여 1 μL 로 주입하였다. 성분 동정을 위한 GC-MS 분석은 Agilent 6890N GC에 연결된 Agilent 5975N MSD를 사용하였고 carrier gas로는 helium gas를 1 mL/min의 속도로 흘려보냈다. 분리된 화합물의 이온화는 electron impact ionization(EI) 방법으로 행하였으며, ionization voltage와 ion source의 온도는 각각 70 eV와 230 $^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였고 분석할 분자량의 범위는 40~350(m/z)으로 설정하였다. 칼럼은 GC와 사용하였던 것과 동일한 것을 사용하였고 그 외의 분석조건도 동일하였다. 분리된 성분은 mass spectrum library(Wiley/7N)로 확인하였고, $\text{C}_8\sim\text{C}_{20}$ 의 n-alkane mixture(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 retention index(RI)를 계산하였다. 확인된 휘발성 향기성분의 정량은 내부표준물질로 첨가된 2-heptanone과 동정된 향기성분의 peak area를 이용하여 시료 1 kg에 함유된 휘발성 향기성분을 상대적으로 정량하였으며, 정량을 위해 사용된 내부표준물질과 동정된 각 화합물의 검출기 내에서의 response factor 등은 고려하지 않았다.

통계처리

통계처리는 SAS(Statistical Analysis System, Ver. 8.01, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

pH, 총산도 및 갈색도

분쇄입도를 달리한 커피 추출물의 pH, 총산도 및 갈색도를 비교한 결과와 커피 분쇄에 따른 커피입도의 크기는 Table 1 및 Fig. 1에 나타내었다. 먼저 커피입도의 크기는 Control과 표준체 사이즈 850, 600, 425 μm 를 기준으로 5가지의 크기로 구분하여 각각의 커피입도 크기에 따라 coarse size(850 μm 이상), medium size(850~600 μm), fine size(600~425 μm), very fine size(425 μm 이하)로 구별하여 시료로 사용하였다. pH는 Control(4.84 \pm 0.04)과 비교하여 분쇄입도가 미세한 fine 및 very fine 입도가 5.18 \pm 0.03, 5.15 \pm 0.05로 높은 pH 값을 나타내었으며, medium, coarse 입도의 경우 5.14 \pm 0.05, 5.06 \pm 0.05로 $P<0.001$ 수준에서 분쇄입도가 커질수록 pH는 감소하였다. 이러한 결과는 Park 등(23)과 Kang 등(24)이 커피원두의 입도에 따른 에스프레소 커피의 pH 측정 결과 분쇄입도가 클수록 pH가 낮아졌다는 보고와 일치하는 경향을 보였으나,

Table 1. Changes of pH, total acidity, and brown color intensity of different coffee brews according to the coffee bean grinding grade

	Particle sizes (µm)					F-value
	Control	Coarse	Medium	Fine	Very fine	
pH	4.84±0.04 ^c	5.06±0.05 ^b	5.14±0.05 ^{ab}	5.18±0.03 ^a	5.15±0.05 ^a	28.14 ^{***}
Total acidity (%)	0.31±0.04 ^a	0.21±0.04 ^b	0.21±0.06 ^b	0.19±0.05 ^b	0.17±0.07 ^b	3.58 [*]
Brown color intensity (420 nm)	0.257±0.004 ^b	0.261±0.005 ^b	0.265±0.004 ^b	0.277±0.010 ^a	0.284±0.005 ^a	10.84 ^{**}

Control: whole bean.

Coarse: grinded beans were passed through a sieve at over 850 µm.

Medium: grinded beans were passed through a sieve at 850~600 µm.

Fine: grinded beans were passed through a sieve at 600~425 µm.

Very fine: grinded beans were passed through a sieve at less than 425 µm.

Values are mean±SD.

Different letters (a-c) in the same row are significantly different at $P<0.05$.

Significant at ^{*} $P<0.05$, ^{**} $P<0.01$, and ^{***} $P<0.001$, respectively.

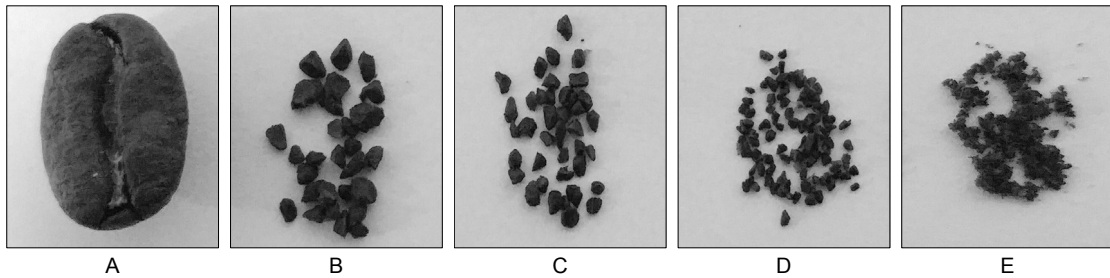


Fig. 1. Images of coffee beans with various particle size such as (A) whole bean, (B) coarse (over 850 µm), (C) medium (between 850 and 600 µm), (D) fine (between 600 and 425 µm), and (E) very fine (less than 425 µm).

Andueza 등(4)은 분쇄입도가 커질수록 pH 값이 증가하여 본 연구와 상반되는 결과를 보였다. 이는 본 연구에 사용된 커피원두의 원산지, 품종, 블렌딩과 로스팅 정도에서 오는 차이가 있기 때문으로 생각된다. 산도는 Control(0.31±0.04)을 제외한 모든 분쇄입도 처리구에서 산도의 값이 0.21±0.04에서 0.17±0.07로 낮아지는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P<0.05$). Park 등(23)은 citric acid, malic acid 및 formic acid의 비휘발성 유기산 함량이 커피입도가 작으면 적은 함량이 검출되고 커피입도가 클수록 많은 함량이 검출되는 것을 확인하여 본 연구와 같은 경향을 나타내었다. 커피의 산도는 품종, 재배 고도, 블렌딩, 가공법, 로스팅과 같은 여러 가지 요인의 영향을 받으며 관능적인 기호와 품질에 연관성이 큰 것으로 알려져 있다. 커피에서 산도의 증가와 pH의 감소가 동시에 나타난다고 설명될 수는 없지만 Maeztu 등(25)은 에스프레소에서의 산도와 pH 사이에는 상당히 높은 연관성이 있다고 보고하였다. 분쇄입도를 달리한 커피 추출물의 갈색도는 Control(0.257±0.004) < coarse size(0.261±0.005) < medium size(0.265±0.004) < fine size(0.277±0.010) < very fine size(0.284±0.005) 순서로 증가하였으며 fine size 입도(600~425 µm)부터 유의적인 차이를 나타내었다($P<0.05$). 이러한 결과는 분쇄입도가 작을수록 물과 접촉하는 커피입자 면적의 양이 커지기 때문에 가용성 고형분 함량이 많아지고 커피생두의 로스팅 과정에서 sucrose의 caramelization

반응, amino components와 환원당 사이에서의 Maillard 반응 및 chlorogenic acid와 trigonelline과의 복합적인 반응에 의해 생성된 갈색색소 성분의 추출량이 증가하여 갈색도의 변화에 기인한 것으로 볼 수 있다(14).

색도

분쇄입도를 달리한 커피 추출물의 색도 및 색차를 비교한 결과는 Table 2에 나타내었다. L 값(밝기)은 Control에서 51.64±1.14로 가장 높았으나 분쇄입도가 작아질수록 커피입도 크기와는 상관없이 유의적인 차이는 나타나지 않았다. a 값(적색도)은 분쇄입도가 작아질수록 낮은 적색도를 나타내었으며, coarse size 입도(5.65±0.15)에서 가장 높은 적색도를 나타내었다. 반면 b 값(황색도)은 분쇄입도가 제일 작은 very fine size(425 µm 이하)에서 15.75±0.16으로 가장 높은 황색도를 나타내었다. 색차값(ΔE)은 미국 National Bureau of Standards의 규정(26)에서 제시된 색차값에 따른 색 변화 정도(trace: 0.0~0.5, slight: 0.5~1.5, noticeable: 1.5~3.0, appreciable: 3.0~6.0, much: 6.0~12.0, very much: >12.0)의 기준으로 미루어볼 때 분쇄된 커피입자는 Control과 비교하여 분쇄 사이즈에 상관없이 모두 11 이상의 색차값을 나타내어 현저한 차이(much) 단계를 나타내었다. 이러한 결과는 Kang 등(24)이 아라비카 커피품종 입자 크기가 작아질수록 L 값은 감소하였고 b 값은 증가하였다고 보고한 결과와 같은 경향을 나타내었으며,

Table 2. Changes of Hunter's color L, a, b, and ΔE value of different coffee brews according to the coffee bean grinding grade

Hunter's color value	Particle sizes (μm)					F-value
	Control	Coarse	Medium	Fine	Very fine	
L*	51.64±1.14 ^a	41.69±1.18 ^b	42.83±0.25 ^b	41.51±0.43 ^b	41.83±0.35 ^b	93.30 ^{***}
a*	-0.23±0.03 ^d	5.65±0.15 ^a	4.88±0.18 ^b	4.20±0.26 ^c	4.18±0.13 ^c	561.38 ^{***}
b*	12.31±0.08 ^c	13.63±0.20 ^b	13.71±0.39 ^b	14.04±0.15 ^b	15.75±0.16 ^a	90.06 ^{***}
ΔE		11.63	10.28	11.19	11.29	

Particle sizes are the same as Table 1.

Values are mean±SD.

Different letters (a-d) in the same row are significantly different at $P<0.05$.

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

Mendes 등(27)은 커피 가공 방법의 차이에 따라 커피의 색도가 영향을 받을 수 있다고 보고하여 커피입도 크기에 따라 커피 추출 시 가용성 고형분 및 갈색물질들의 영향으로 밝기(L 값)는 감소하고 황색도(b 값)는 증가한 것으로 생각 된다.

총페놀 함량

Table 3은 커피입자 크기에 따른 커피 추출물의 총페놀 함량을 나타내었다. 5가지 크기의 커피입자 추출물로부터 얻은 커피의 총페놀 함량이 1.55~4.54 mg GAE/mL 범위를 나타내었다. 분쇄입도가 제일 작은 very fine size 입도(425 μm 이하)에서 추출한 커피가 4.54±0.03 mg GAE/mL로 가장 높은 값을 나타내었고, Control에서 1.55±0.11 mg GAE/mL로 가장 낮은 총페놀 함량을 나타내었다. 그러나 커피입도가 작아져도 커피입도 크기와는 상관없이 총페놀 함량의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Tomaino 등(28)이 커피 가공 시 구조 변화가 일어나는 페놀 물질도 있으나 새로운 항산화 화합물도 일부 형성되어 총페놀의 함량은 크게 변화하지 않으며, 커피의 전체적인 항산화 능력 또한 크게 손실되지 않는 것으로 보고하여 유사한 상관 관계가 있을 것으로 생각된다.

카페인 및 클로로겐산 함량

분쇄입도를 달리한 커피 추출물의 카페인 및 클로로겐산 함량은 Table 3 및 Fig. 2에 나타내었다. 커피입자가 작아질수록 카페인 및 클로로겐산 함량은 증가하였으며, 카페인 함량은 분쇄입도가 제일 작은 very fine size 입도(425 μm 이하)에서 733.0±31.3 μg/mL, 클로로겐산 함량은 fine

size 입도(600~425 μm 이하)에서 395.0±6.3 μg/mL로 가장 높은 값을 나타내었다. 총페놀 함량에서도 very fine size 입도(425 μm 이하)에서 가장 높은 총페놀 함량을 나타내어 카페인 및 클로로겐산 함량과 총페놀 함량의 연관성이 있음을 나타내었다. 커피 중에서 가장 많이 함유된 페놀성 화합물은 클로로겐산이며, 클로로겐산은 커피의 산도, 떫은맛, 쓴맛의 주요 원인 물질인 것으로 널리 알려져 있다(29). Eun 등(30)은 7가지 커피 추출 방법에 따른 커피 추출물의 이화학적 특성에서 에스프레소 방법을 제외하면 가장 커피입도가 작은 이브리크 추출방법이 총폴리페놀, 카페인, 클로로겐산 함량이 가장 많이 측정되었다고 보고하여 본 연구와 같은 경향을 나타내었다. 이상의 결과를 볼 때 커피에서 항산화력이 높은 페놀 화합물을 섭취하고자 하는 경우에는 추출방법에 상관없이 커피 분쇄입도를 fine size 입도(600~425 μm) 이하로 분쇄하여 추출하면 적합할 것으로 생각된다. 그러나 카페인 섭취를 줄이고자 하는 경우에는 커피입자를 coarse size 입도(850 μm 이상) 이상으로 선택 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

휘발성 화합물의 변화

분쇄입도에 따른 커피 원두의 휘발성 화합물을 분석한 결과 총 26종의 휘발성 화합물 중 hydrocarbon류 15종, alcohol류 2종, aldehyde류 2종, ester류 2종 및 acid류 2종으로 구성된 23개의 화합물을 동정하였다(Table 4, Fig. 3). 전체적으로 향기성분의 총합량은 Control(25.1 mg/kg)에서 가장 적게 검출되었으며 medium, fine size 입도 및 very fine 입도 처리구(119.2, 104.7 및 108.4 mg/kg)에서 100 mg/kg 이상 높게 검출되었다. 이러한 결과는 커피의 분쇄입

Table 3. Changes of total phenolic, caffeine, and chlorogenic acid contents of different coffee brews according to the coffee bean grinding grade

	Particle sizes (μm)					F-value
	Control	Coarse	Medium	Fine	Very fine	
Total phenolic contents (mg GAE/mL)	1.55±0.11 ^b	4.50±0.22 ^a	4.52±0.25 ^a	4.29±0.09 ^a	4.54±0.03 ^a	195.92 ^{***}
Caffeine contents (μg/mL)	607.5±8.5 ^b	701.7±27.7 ^a	720.9±16.4 ^a	721.5±12.3 ^a	733.0±31.3 ^a	17.56 ^{***}
Chlorogenic acid contents (μg/mL)	123.0±3.2 ^c	375.5±10.9 ^b	394.0±9.4 ^a	395.0±6.3 ^a	383.7±3.5 ^{ab}	775.47 ^{***}

Particle sizes are the same as Table 1.

Values are mean±SD.

Different letters (a-c) in the same row are significantly different at $P<0.05$.

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

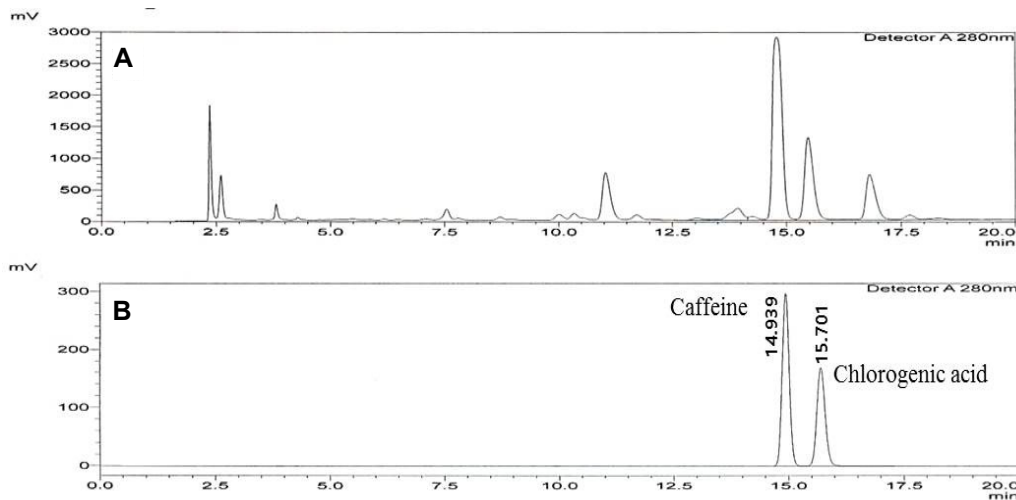


Fig. 2. HPLC chromatograms of the coffee brewed from ground bean with a very fine size (less than 425 μm) (A), caffeine and chlorogenic acid standards (B) measured at 280 nm.

Table 4. Volatile flavor components of coffee essential oils according to the coffee bean grinding grade (unit: mg/kg)

Peak No.	RT ¹⁾	RI ²⁾	Compounds name	Odor	Particle sizes (μm)				
					Control	Coarse	Medium	Fine	Very fine
1	10.3	822	Methylpyrazine	Nutty	— ⁴⁾	2.1	3.8	2.4	2.8
2	10.7	832	Furfural	Almond-like	0.9	2.9	4.1	4.1	3.9
3	12.0	857	2-Furanmethanol	Burning odor	9.0	26.5	39.3	37.5	33.2
4	13.7	890	2-Heptanone (IS) ³⁾	—	—	—	—	—	—
5	14.6	907	2-Acetylfuran	Balsamic	0.4	1.1	1.8	1.6	1.5
6	14.9	912	Ethylpyrazine	Peanut butter	0.7	2.3	4.2	3.0	2.6
7	17.5	962	5-Methylfurfural	Caramellic	1.5	4.3	6.6	5.8	5.9
8	19.3	992	Furfuryl acetate	Fruity	0.4	0.9	1.7	1.4	1.3
9	19.8	1000	Decane	—	0.8	1.9	4.5	3.7	3.9
10	22.8	1058	Unknown	—	0.7	1.0	3.9	2.8	3.7
11	25.3	1100	Unknown	—	0.3	0.7	2.3	1.8	2.2
12	28.3	1160	Unknown	—	—	—	—	—	—
13	30.2	1194	Methyl salicylate	Minty	0.4	—	2.4	1.9	2.5
14	30.6	1200	Dodecane	—	0.5	0.9	3.0	2.5	2.8
15	32.5	1256	m-Di-tert-butylbenzene	—	0.6	1.2	3.4	2.8	3.4
16	33.3	1280	Pentadecane	Waxy	0.7	1.4	3.8	3.4	3.8
17	34.4	1313	4-Vinylguaiacol	Woody	1.1	2.1	3.5	3.2	3.2
18	34.7	1324	5-Ethyl-2-methyloctane	—	0.3	0.5	1.8	1.4	1.8
19	36.6	1400	Tetradecane	Waxy	0.4	0.7	2.1	1.6	1.9
20	38.3	1488	Tricosane	—	0.4	0.8	2.7	2.2	2.7
21	38.7	1509	2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol	—	1.7	1.9	3.1	3.2	3.4
22	39.1	1537	Unknown	—	0.4	0.7	2.3	1.8	2.2
23	40.2	1600	Hexadecane	Waxy	—	—	1.1	0.7	0.9
24	41.7	1702	Heptadecane	—	0.4	0.7	2.5	1.9	2.4
25	42.4	1745	Tetradecane	—	—	—	1.5	1.2	1.4
26	43.1	1792	1-Octadecene	—	0.4	0.7	2.7	2.2	2.8
27	45.3	1925	Pentadecanoic acid	Waxy	—	—	2.0	1.5	1.1
28	46.1	1959	Hexadecanoic acid	Waxy	3.2	4.3	9.3	9.1	11.0
Total					25.1	59.8	119.2	104.7	108.4

Particle sizes are the same as Table 1.

¹⁾RT: retention time (min). ²⁾RI: retention index. ³⁾IS: internal standard. ⁴⁾Not detected.

도가 작을수록 에스프레소 커피의 고형분 함량과 아로마 화합물의 추출수율이 높다는 Andueza 등(4)의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 분쇄입도에 따른 커피 원두의 휘발성

화합물 중 향기성분의 약 70%를 차지하는 화합물은 alcohol류와 hydrocarbon류로 나타났으며, 휘발성 화합물은 선호도가 떨어지는 향을 내는 2-furanmethanol(탄향), 2-

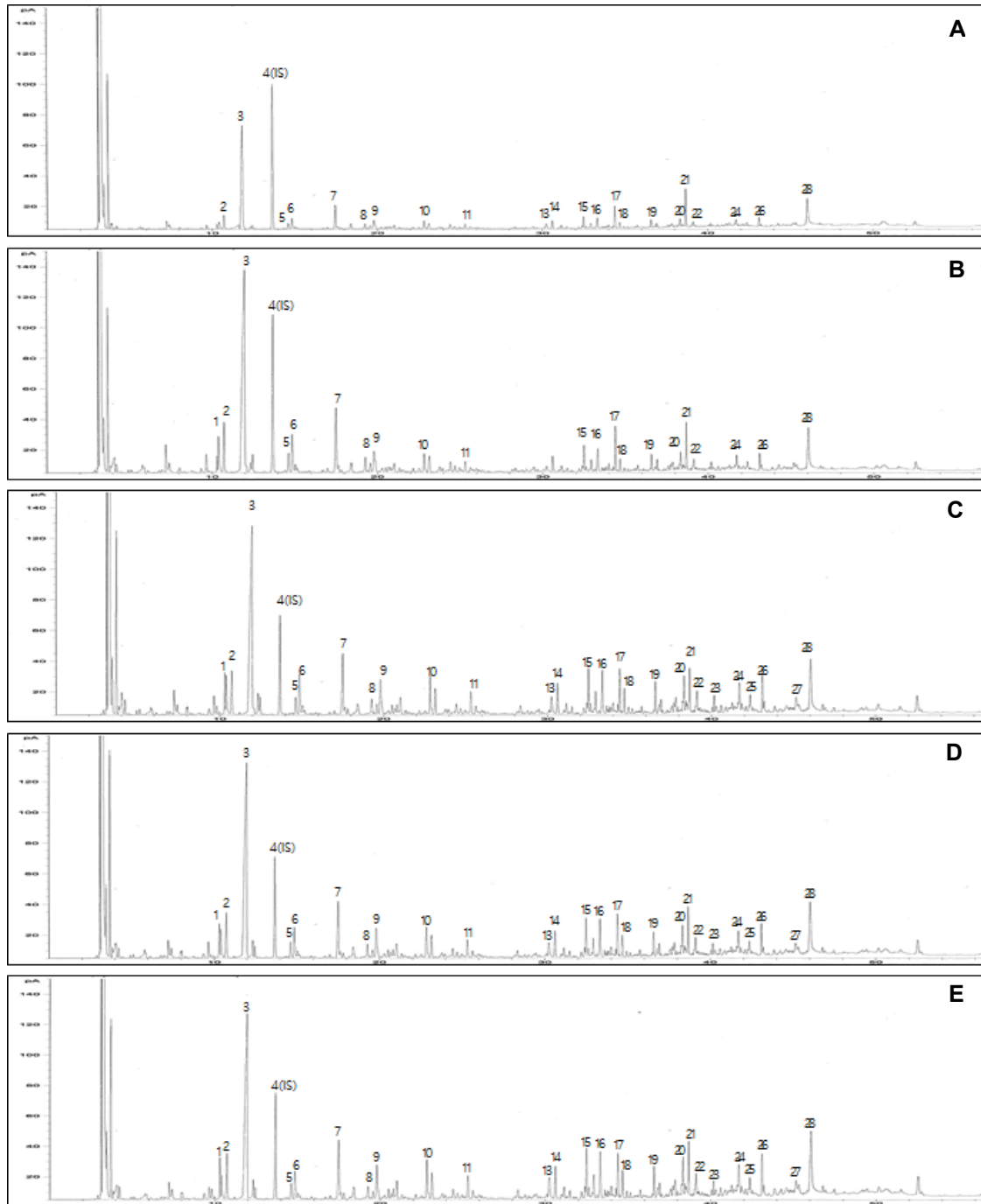


Fig. 3. GC chromatograms of the volatile flavor components in coffee essential oils according to grinding grades of the coffee beans. (A) Whole bean. (B) Coarse: grinded beans were passed through a sieve at over 850 μm . (C) Medium: grinded beans were passed through a sieve at 850~600 μm . (D) Fine: grinded beans were passed through a sieve at 600~425 μm . (E) Very fine: grinded beans were passed through a sieve at less than 425 μm .

acetylfuran(식초향), 4-vinylguaiacol(나무향)을 비롯하여 커피의 고급 휘발성 화합물인 너트향을 내는 methylpyrazine, 아몬드향을 내는 furfural, 땅콩버터향을 내는 ethylpyrazine, 카라멜향을 내는 5-methylfurfural, 과일향을 내는 furfuryl acetate, 민트향을 내는 methyl salicylate를 확인하였다. Alcohol류 휘발성 화합물(2-furanmethanol

과 4-vinylguaiacol)은 커피 원두 입자가 작아질수록 함량이 감소하는 경향(47.7~33.6 amount%)을 나타내었으며, hydrocarbon류 휘발성 화합물은 증가하는 경향(27.5~35.2 amount%)을 나타내어(Table 5), 커피 분쇄입도 등급이 관능에 미치는 영향이 클 것으로 생각된다. 환원당과 아미노산의 반응을 통해서 생성된다고 알려진(31) alcohol류 휘발성

Table 5. Comparison of relative peak amount% of functional groups identified in coffee essential oils according to grinding grades of the coffee beans

Functional groups	Control		Coarse		Medium		Fine		Very fine	
	No.	Amount%	No.	Amount%	No.	Amount%	No.	Amount%	No.	Amount%
Acids	1	12.7	1	7.2	2	9.4	2	10.1	2	11.2
Alcohols	2	40.3	2	47.7	2	35.9	2	38.9	2	33.6
Aldehydes	2	9.5	2	12.0	2	9.0	2	9.5	2	9.1
Esters	2	3.1	1	1.6	2	3.4	2	3.2	2	3.5
Hydrocarbons	13	28.7	13	27.5	15	35.2	15	32.2	15	35.2
Miscellaneous	3	5.7	3	4.0	3	7.1	3	6.1	3	7.4
Total	23	100	22	100	26	100	26	100	26	100

화합물인 2-furanmethanol은 거칠고 탄향 및 쓴맛의 대표적인 휘발성 화합물로 본 실험과정 중 모든 시료에서 공통으로 검출되었으며, pyrazine 및 furan 화합물을 포함하는 hydrocarbon류 휘발성 화합물은 고소한(nutty), 크래커(cracker), 캐러멜(caramel), 옥수수(maize), 단맛(sweet) 등의 향기 특성(32)이 있고 Control과 coarse size 입도 처리구를 제외한 모든 처리구에서 검출되었다. Aldehyde류 휘발성 화합물은 저분자량일 때 자극적이며 불쾌한 냄새를 발생시키나 분자량이 C₈에서 C₁₀으로 증가할수록 기분 좋은 과실향 및 좋은 꽃향기를 발현한다고 알려져 있다(33). 따라서 본 연구 결과에서 확인된 aldehyde류 휘발성 화합물(furfural, 5-methylfurfural)의 RI 지수는 832, 962로서 분자량이 C₈에서 C₁₀ 범위의 고급 커피 휘발성 화합물로 확인하였으며, 함량은 0.9~4.1, 1.5~6.6 mg/kg으로 분쇄입도가 작을수록 증가하는 경향을 나타내어 hydrocarbon류 휘발성 화합물과 같이 커피의 고급 휘발성 화합물의 주요 구성성분임을 확인하였다. 또한, 유기산과 알코올이 서로 반응하여 생성된 ester류 휘발성 화합물(furfuryl acetate, methyl salicylate)도 본 연구 결과에서 Control보다 처리구에서 높은 함량이 확인되어 전체적으로 커피의 분쇄입도가 작을수록 커피의 휘발성 향기성분 함량이 높은 것을 알 수 있었다. 그러나 Vitzthum과 Werkhoff(34)는 methoxypyrazine이 커피원두의 향기성분 중에서 가장 특징적인 성분으로서 역할을 한다고 보고하였으며, Grosch(35)는 커피 향기성분 농도 및 odor activity values(OAVs)가 높은 8가지 성분들, 즉 2-furfurylthiol, β -damascenone, 3-mercapto-3-methylbutyl formate, 3-methylbutanal, 2-methylpropanal, methanethiol, 5-ethyl-4-hydroxy-2-methyl-3(2H)-furanone 및 2-methylbutanal 등이 중요 휘발성 화합물이라고 보고하였다. 이와 같은 보고와 본 연구에서 확인된 성분과는 일치하지는 않았는데 이러한 이유는 시료 전처리 방법, 원두의 종류, 산지, 배전방법 등 여러 가지 요인에 기인한 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 커피 분쇄입도 조건에 따라 변화되는 커피의 이화학적 품질특성 및 휘발성 향기성분 변화에 미치는 영향

을 조사하기 위하여 분쇄된 원두는 표준체(pore size 850, 600 및 425 μ m)를 사용하여 입자 크기를 whole bean(Control), 850 μ m 이상(coarse), 850~600 μ m(medium), 600~425 μ m(fine), 425 μ m 이하(very fine)의 크기가 되도록 사별하여 커피 추출 시료를 제조하였다. 품질특성으로는 pH, 산도, 갈색도, 색도, 총페놀, 카페인, 클로로겐산 함량 및 휘발성 화합물을 비교 분석하였다. pH 및 갈색도는 분쇄입도가 작아질수록 4.84~5.18, 0.257~0.284로 증가하였으나, 산도는 0.31~0.17로 감소하였다. 색도에서 L, a 값은 분쇄입도가 작아질수록 감소하였으나 L 값에서 분쇄입도별 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 b 값은 분쇄입도가 제일 작은 very fine size(425 μ m 이하)에서 15.75로 가장 높은 황색도를 나타내었다. 색차에서 Control과 분쇄 커피 분말과의 차이는 11 이상의 색차값을 나타내어 현저한 색의 차이 단계를 나타내었다. 총페놀, 카페인 및 클로로겐산 함량은 분쇄입도가 제일 작은 very fine size 입도(425 μ m 이하)에서 추출한 커피가 4.54 mg GAE/mL, 733.0 및 383.7 μ g/mL로 높은 함량을 나타내었고, 휘발성 화합물의 총함량도 100 mg/kg 이상 높게 검출되었다. 따라서 본 연구에서는 커피 추출의 기본 단계라고 할 수 있는 커피 분쇄입도 조건에 따라 변화되는 커피의 이화학적 품질특성을 상호 비교하고 향기성분 특성을 확인함으로써 커피 품질 평가에 관한 기초자료를 제시하였다고 생각된다.

REFERENCES

- Clarke RJ. 1987. Packaging of roast and instant coffee. In *Coffee Volume 2: Technology*. Clarke RJ, Macrae R, eds. Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, UK. p 201-215.
- Reineccius GA. 1995. The maillard reaction and coffee flavor. Proceedings of the 16th International Scientific Colloquium on Coffee. ASIC, Paris, France. p 249-257.
- Flamen I. 1989. Coffee, cocoa, and tea. *Food Rev Int* 5: 317-414.
- Andueza S, de Peña MP, Cid C. 2003. Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. *J Agric Food Chem* 51: 7034-7039.
- Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Egging SB, Teranishi R. 1977. Isolation of volatile components from a model system. *J Agric Food Chem* 25: 446-449.
- Simon PW, Lindsay RC, Peterson CE. 1980. Analysis of carrot volatiles collected on porous polymer traps. *J Agric*

- Food Chem* 28: 549-552.
7. Shibamoto T, Harada K, Mihara S, Nishimura O, Yamaguchi K, Aitoku A, Fukada T. 1981. Application of HPLC for evaluation of coffee flavor quality. In *The Quality of Foods and Beverages. Volume 2: Chemistry and Technology*. Charalambous G, Inglett G, eds. Academic Press, New York, NY, USA. p 311-334.
 8. Holscher W, Vitzthum OG, Steinhart H. 1990. Identification and sensorial evaluation of aroma-impact-compounds in roasted Colombian coffee. *Café Cacao Thé* 34: 205-212.
 9. Grosch W. 1998. Flavour of coffee. A review. *Nahrung* 42: 344-350.
 10. Sarrazin C, Le Quéré JL, Gretsche C, Liardon R. 2000. Representativeness of coffee aroma extracts: a comparison of different extraction methods. *Food Chem* 70: 99-106.
 11. Rodrigues CI, Marta L, Maia R, Miranda M, Ribeirinho M, Máguas C. 2007. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. *J Food Compos Anal* 20: 440-448.
 12. Moon JK, Hyun SY, Shibamoto T. 2009. 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.
 13. Campa C, Ballester JF, Doulebeau S, Dussert S, Hamon S, Noirot M. 2004. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. *Food Chem* 88: 39-43.
 14. Macrae R. 1985. Nitrogenous components. In *Coffee-Volume 1: Chemistry*. Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, UK. p 115-143.
 15. Sivetz M, Desrosier NW. 1979. *Coffee technology*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT, USA. p 415-565.
 16. Lee SY, Hwang IK, Park MH, Seo HS. 2007. Sensory characteristics of diluted espresso (Americano) in relation to dilution rates. *Korean J Food Cook Sci* 23: 839-847.
 17. Specialty Coffee Association of America. 2015. SCAA protocols: cupping specialty coffee. <http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf> (accessed Dec 2015).
 18. Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. 2009. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea. *Korean J Microbiol* 45: 391-396.
 19. Bravo J, Monente C, Juárez I, De Peña MP, Cid C. 2013. Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. *Food Res Int* 50: 610-616.
 20. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
 21. Hečimović I, Belščak-Cvitanović A, Horžić D, Komess D. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem* 129: 991-1000.
 22. Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Egging SB, Teranishi R. 1977. Isolation of volatile components from a model system. *J Agric Food Chem* 25: 446-449.
 23. Park HJ, Kim KJ, Kim JS. 2015. The correlation of taste and component difference of espresso coffee according to the particle size of ground bean. *J Korea Society Coffee Industry* 4(1): 7-15.
 24. Kang RK, Min KS, Kang MH. 2015. Physicochemical properties of Supremo coffee according to grinding and brewing conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 89-96.
 25. Maeztu L, Andueza S, Ibañez C, de Peña MP, Bello J, Cid C. 2001. Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste, and mouthfeel. *J Agric Food Chem* 49: 4743-4747.
 26. Wood LA, Shouse PJ. 1972. Standard reference materials: Use of standard light-sensitive paper for calibrating carbon arcs used in testing textiles for colorfastness to light (Special Publication 260-41). National Bureau of Standards, Washington, DC, USA. p 1-24.
 27. Mendes LC, de Menezes HC, Aparecida M, da Silva AP. 2001. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Qual Prefer* 12: 153-162.
 28. Tomaino A, Cimino F, Zimbalatti V, Venuti V, Sulfaro V, De Pasquale A, Saija A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chem* 89: 549-554.
 29. 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.
 30. Eun JB, Jo MY, Im JS. 2014. Physicochemical characteristics of coffee extracts using different extraction methods. *Korean J Food Sci Technol* 46: 723-728.
 31. Leino M, Lapveteläinen A, Menchero P, Malm H, Kaitaranta J, Kallio H. 1991. Characterisation of stored Arabica and Robusta coffees by headspace-GC and sensory analyses. *Food Qual Prefer* 3: 115-125.
 32. Flower DR. 2000. Beyond the superfamily: the lipocalin receptors. *Biochim Biophys Acta Protein Struct Mol Enzymol* 1482: 327-336.
 33. Heath HB. 1978. *Flavor technology: profiles, products, applications*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT, USA. p 120.
 34. Vitzthum OG, Werkhoff P. 1975. Cycloalkapyrazines in coffee aroma. *J Agric Food Chem* 23: 510-516.
 35. Grosch W. 1995. Instrumental and sensory analysis of coffee volatilities. Proceedings of the 16th ASIC Colloquium (Kyoto). ASIC, Paris, France. p 147-156.