

물의 경도가 커피의 조성과 일반 대학생들의 커피 선호도에 미치는 영향

유인경¹ · 장도현¹ · 권우진¹ · 이건희² · 임진규^{1,*}

¹경북대학교 식품공학부 식품소재공학전공, ²니도 커피 로스터리

Effect of water hardness on coffee composition and coffee preference by university students

In-Kyung Yoo¹, Do-Hyeon Jang¹, Woo-Jin Kwon¹, Keon-Hee Lee², and Jinkyu Lim^{1,*}

¹Major in Food Biomaterials, School of Food Biotechnology, Kyungpook National University

²Nido Specialty Coffee Roastery

Abstract Water is a major ingredient and comprises over 98% content of coffee. In this study, coffees prepared with distilled water (L) and waters with medium (M) and high hardness (H) were investigated for organic acid, caffeine, and eugenol contents and analyzed by sensory evaluation. Organic acid content was the highest in H-coffee. The contents of chlorogenic acid and caffeine, the characteristic bitter taste molecules, were the highest in L-coffee. The level of eugenol, one of the representative aroma components, was the lowest in M-coffee but similar between L- and H-coffees. The sensory evaluation test, conducted on a university student group comprising 56 female and 47 male participants, showed that L-coffee was the most preferred (42% or higher), but there was no significant difference in bitterness, acidity, body, and balance. Results suggest that the preference index of coffee taste among university students may be different from that of coffee experts who prefer coffee extracted with water of certain hardness.

Keywords: coffee, extraction, sensory evaluation, university students, water hardness

서 론

70년대 한국에 인스턴트커피 유행이 일어난 후 지속적으로 성장을 거듭한 커피시장은 이전까지의 탄산음료, 과일주스 등의 음료를 제치고 선호 음료 1위를 차지하는 등 젊은 층의 기호에서 우위를 차지하게 되었다. 커피는 이제 우리의 일상생활에 깊숙이 녹아 들어 단순한 기호식품을 넘어 하나의 라이프 스타일로 자리를 잡으며 지속적으로 소비자의 수와 소비량이 증가하고 있다(Noh 등, 2006). 국민 1인당 평균 연간 커피 소비량은 2018년 기준 353잔으로(3.53 kg) 세계 인구 1인당 연간 소비량 132잔의 3 배에 달한다. 커피 시장규모는 2018년 기준 약 7조원에서 2023년에는 약 9조원까지 성장할 것으로 예상되고 있다(Kim, 2019). 이러한 커피 소비의 증가에는 커피가 가지는 경미한 각성효과와 건강 기능성, 그리고 독특하고 복잡한 풍미 프로파일 등이 이유로 꼽히고 있으나(Yeretzian 등, 2019), 커피 전문점을 선택하는데 가장 중요한 이유로 커피의 맛이 꼽히고 있다. 따라서 풍미가 좋은 커피를 지속적으로 제공할 수 있는 커피 매장이나 브랜드가 경쟁력을 가질 수 있음을 알 수 있다(Kim, 2019).

커피 관련 연구는 주로 커피의 기능성과 풍미와 관련된 생물의 가공 공정에 변화하는 커피의 이화학적 성분(Kucera 등, 2016;

Toci 등, 2013; Wang 등, 2009), 커피 풍미성분(Czemy와 Grosch, 2000; Maeztu 등, 2001; Münchow 등, 2020), 그리고 건강기능적인 측면(Kwon 등, 2010; Bae 등, 2014; Nieber, 2017; El-Sohemy, 2019) 등이 보고되고 있다. 연구의 소재는 다수가 커피 원두와 관련된 것이다. 예를 들면, 커피 원두 내 chlorogenic acid 와 같은 특정 성분의 화학적 변화(Farah 등, 2005; Moon 등, 2009), 커피 추출 시간과 추출 온도(Cameron 등, 2020) 등 주로 커피 풍미성분의 정량 및 정성에 관심을 갖고 진행되었고 이들에 대한 규명은 상당 수준 이루어졌다고 판단된다(Yeretzian 등, 2019). 그러나 커피 제조의 마지막 단계인 물이 커피 추출에 미치는 영향, 그리고 물의 종류에 따라 추출된 커피가 소비자의 선호도에 어떻게 영향을 미치는 지에 대한 연구는 여전히 미미한 수준이다.

물에는 Ca과 Mg이 녹아 있어서 그들의 농도에 의해 물의 경도가 결정된다. 물에 녹아 있는 이온들은 커피의 향미성분과 결합하여 물에 의한 추출을 돕게 되거나 또는 커피의 풍미를 변화시킬 수 있다. 이런 면에서 볼 때 맛있는 커피를 추출하기 위해서는 품질 좋은 원두를 사용하는 것과 함께 적절한 품질의 물을 사용하는 것이 매우 중요함이 오래 전부터 알려졌다(Pangeoron, 1971). 미국 스페셜티커피협회(SCAA)에서는 10년 전부터 커피음료의 98% 정도를 차지하며 커피의 풍미성분을 추출해 내는 용매로써의 기능을 하는 물의 성질에 따라 커피의 풍미에 지대한 영향을 미칠 수 있다는 점에 착안하여 커피 추출을 위한 물 특성의 체계화에 관심을 갖고 이와 관련된 자료를 발간하고 있다(Beeman 등, 2011). 이 포괄적인 보고서에서는 Ca²⁺-이온이 커피 풍미에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 제시했는데 이는 경도가 높으면 물의 관능 품질이 저하된다는 연구결과에 근거한 것

*Corresponding author: Jinkyu Lim, Major in Food Biomaterials, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea
Tel: +82-10-6525-5755
Fax: +82-53-950-6755
E-mail: jkyim@knu.ac.kr
Received July 29, 2020; revised August 29, 2020;
accepted September 17, 2020

이다(Whelton 등, 2007). 반면에 Hendon 등(2014)은 커피의 풍미에 미치는 물의 2가 양이온의 영향을 열역학적 결합에너지 관계로 분석하여 커피의 풍미를 결정하는 유기산, caffeine, eugenol과 같은 물질을 커피에서 추출할 때 주된 영향을 미치는 요인은 물의 경도, 즉 물에 녹아있는 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 이온의 농도에 의해 결정됨을 이론적으로 제시하였다. Welliger 등(2017)은 커피의 풍미에 물이 미치는 영향에 대한 메커니즘을 명확하게 설명하기 위해서는 추가 연구가 아직도 필요하지만 물의 경도와 알칼리도의 비교적 작은 변화가 커피의 감각적 특성에 크게 영향을 미친다는 것을 여러 연구결과와 서적 등의 자료로부터 요약하였다.

본 연구는 물의 경도가 커피 추출에 미치는 영향에 관한 연구 결과들을 바탕으로 시작되었다. 물의 경도를 달리했을 때 커피 기호도와외의 상관관계를 조사하고 커피 원두로부터 추출되는 커피 성분 변화, 즉, 유기산, caffeine, 및 eugenol의 농도를 분석하여 커피의 선호도에 결정적 역할을 하는 커피 풍미 관련 물질들을 규정하고자 하였다.

재료 및 방법

수질 분석

수질 분석을 위해 pH/Conductivity meter (Mettler-Toledo, Columbus, OH, USA)를 이용하여 총 2회 반복 측정된 pH와 conductivity의 평균값을 얻었다. 정수기 및 수도물의 pH와 conductivity를 기준으로 물의 경도를 결정하기 위해 대구시에 위치한 경북대학교 캠퍼스 근처 커피숍 중 학생들이 많이 찾는 매장 4곳을 선정하여 커피 추출에 사용하는 정수기에서 채집한 물과 국내에 일반적으로 보급되어 있는 정수기로부터 채집한 물의 conductivity, pH와 Mg, Ca의 농도를 측정하여 물 경도의 대략값을 설정하였다. 커피숍의 정수된 물을 수집하는 것은 현실적으로 한계가 있었기 때문에 경북대학교 캠퍼스에 설치되어 있는 정수기에서 채집한 물을 분석하여 커피제조에 사용하기로 하였다. 따라서 가장 높은 conductivity를 가진 정수된 물을 증류수로 희석하여 중간값의 물을 만들었다. 또한 물의 경도에 따라 중간 경도 물(M), 높은 경도 물(H)로 분류하여 커피 제조에 사용하였으며, 대조군으로 증류수(L)를 사용하여 비교 분석하였다.

Ca 및 Mg 함량 분석

Ca, Mg 함량은 유도결합 플라즈마분광기(ICP-OES) (Optima 7300DV, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. ICP-OES 분석을 위해 Ar gas를 nebulizer, auxiliary, plasma gas 주입구에 각각 유속이 0.6, 0.2, 15 L/min가 되도록 주입하였다. 시료는 시료 펌프를 사용하여 유속 1.5 mL/min로 주입하면서 1300 W 조건에서 3회 반복측정으로 진행하였다.

측정된 Ca과 Mg의 값으로부터 물의 경도(ppm)를 다음 식으로 산출하였다.

$$\begin{aligned} & \text{물의 경도(mg/L, ppm)} \\ & = \text{칼슘 농도(mg/L)} \times 2.5 + \text{마그네슘 농도(mg/L)} \times 4.1 \end{aligned}$$

커피의 제조

커피의 추출성분 분석을 위해 Agtron roast color classification 기준으로 No. 45-55 medium-moderately dark 사이로 로스팅 된 아라비카 종인 코스타리카 원두(Terrosa, Gangneung, Gangwon-Do, Korea)와 시티-풀티티 사이로 로스팅 된 로부스타 G1 종인 베트남 원두(Mocha C&T, Daejeon, Korea)를 구매하여 사용하였

다. 아라비카 원두와 로부스타 원두를 4:1로 섞은 후 원두 분쇄기(MD40ST, Rancilio, Milano, Italy)의 #6 setting에서 중간 정도로 곱게 간 뒤 에스프레소 추출기(HSD-SILVIA, Rancilio, Milano, Italy)를 이용해 커피 원액을 추출했으며, SCAA Protocol (Specialty Coffee Association of America, 2015)를 따라 매회 추출할 때 15 g 원두를 분쇄하여 55 mL로 추출하였다. 이렇게 커피를 추출할 때 사용한 3종류의 물의 경도에 따라 각각 증류수를 이용한 L-커피, 중간 경도의 물로 추출한 M-커피, 그리고 가장 높은 경도의 물을 생산하는 정수기의 물로 추출한 H-커피라고 명명하였다.

커피 풍미성분의 분석

유기산 및 eugenol 분석을 위해 각 유기산과 eugenol 표준물은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며 각 표준물을 1 mg/mL 되도록 초순수에 녹여서 stock solution을 만들어 사용하였다. High performance liquid chromatography (HPLC, Prominence, Shimadzu, Kyoto, Japan)에 Hi-Plex H (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) ion exclusion column (7.7×300 mm)을 연결하고 시료 20 μ L를 주입한 후 column을 65°C의 오븐에서 유지하면서 이동상 0.005 M H_2SO_4 를 0.6 mL/min의 속도로 진행하며 분리하였다. 분리되는 물질들을 refractive index detector (RID-10A, Shimadzu)로 측정하였다. 각 표준물의 retention time과 peak area를 기준으로 각 분석물질들의 농도를 결정하였다.

Chlorogenic acid와 caffeine의 분석을 위해 Agilent Technologies의 C18 column (ZORBAX Eclipse Plus, 4.6×150 mm, 5 μ m)을 Agilent 1260 Infinity HPLC System (Agilent Technologies)에 연결하고 column oven의 온도를 40°C로 유지하였다. 시료 10 μ L를 주입하고 이동상으로 1% formic acid (A)와 0.1% formic acid/ACN (B)를 1 mL/min의 속도로 시작점에서 A:B=95:5를 12.5분 안에 90:10으로, 22.5분까지 90:10으로 유지하고 60분이 되면 70:30이 되도록 변화시키면서 분리를 진행하였다. 분리되는 시료를 photodiode-array (SPD-M20A, Shimadzu)에서 272와 325 nm의 흡광도를 보이는 peak 값을 얻었다. Chlorogenic acid와 caffeine의 표준물은 Sigma-Aldrich에서 구매하여 사용하였으며 1 mg/mL acetonitrile의 농도로 만든 표준물질의 retention time과 peak area를 기준으로 하여 chlorogenic acid와 caffeine의 의 농도를 결정하였다.

관능검사와 선호도 조사

커피 관능검사를 위해 경북대학교 생명윤리심의위원회에 조사 방법에 대한 심의면제를 받고(신청번호 243, 2019-0138) 조사를 진행하였다. Rancilio 에스프레소 추출기를 이용해 1회 추출 당 15 g의 커피 원두를 사용하여 얻은 55 mL의 커피 원액을 추출할 때 사용한 증류수(L), 중간 경도 물(M), 높은 경도 물(H)로 커피 원액을 각각 4배 희석하여 L, M, H의 3종류 커피를 만들어 관능평가에 사용하였다. 예비실험 결과 일반 학생들이 Arabica 커피의 신맛에 대한 거부감이 너무 컸기 때문에 Robusta:Arabica=1:4로 blending한 커피를 만들어 사용하였다.

경도에 따른 L, M, H의 3종류 물로 만든 3종의 커피에 대한 관능평가는 20대 대학생들을 기준으로 경북대학교 재학생 103명(남자 47, 여자 56)을 대상으로 실시하였다. 전국에 있는 대학생을 300만명으로 추정하고 이들에게 커피 맛에 대한 survey를 실시한다고 가정하고 error rate를 10%로 설정했을 때 필요한 참가자수를 계산하였다. 즉, 예를 들어, 어떤 질문에 대해 평균 3점과 3.3 또는 2.7은 서로 다른 의견으로 볼 수 있다고 추정하는 방식

이다. Surveymonkey 사의 홈페이지에서(Surveymonkey, 2020) “Calculate your sample size”를 실행하여 설문에 필요한 인원수를 결정하였다. 현실적인 가능성을 고려하여 confidence level은 95%에서 margin of error (%)는 10%로 하였을 때 설문에 참여해야 하는 최소 인원이 97명이었으므로 100여명의 인원을 대상으로 커피 관능평가와 선호도 조사를 실시하였다.

물의 경도에 따른 커피의 향과 맛의 특징을 파악하기 위해 5점 척도법(0점: 약함, 3점: 보통, 5: 강함)으로 관능 특성을 평가하였다. 관능평가에서 사용하는 특정 용어(맛의 note)를 선정하기 위해 SCAA Cupping Form을 참조했으며, 일반 대학생을 대상으로 한 관능검사는 산미, Body 감, 쓴맛, Balance 를 선택하여 평가하였다. 관능평가를 위해 각 커피 시음 간에는 입을 따뜻한 물로 헹구게 하였다. 또한, 커피에 대한 선호도는 전체적인 커피의 맛을 평가하였을 때 3가지 커피 중 본인이 가장 선호하는 커피를 하나 고르는 방식으로 선호도 조사를 하였다.

통계 분석

실험 결과는 통계 소프트웨어인 SPSS Statistics 25 (Data solution Inc., Seoul, Korea)을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었고, 3종류 물에서 추출된 커피 성분들과 관능특성들과의 연관성을 알아보기 위해 one-way ANOVA와 Duncan의 다중검정법으로 통계적 유의성을 평가하여 $p<0.05$ 의 수준에서 각 군간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

수질

대학생들이 선호하는 커피숍과 일반 정수기에서 물을 수거하여 pH와 conductivity를 측정된 결과 Table 1에서와 같이 시중 커피

피숍에서 사용하는 물의 pH는 6.59-6.81 정도로 pH 간의 큰 차이는 없었다. 또한, 수도물의 pH는 6.58 정도를 나타냈으며 일반 정수기에서 수집한 물은 pH 6.60 정도를 나타내었다. 이는 일반 물이 갖는 pH 범위인 6.5-8.5와 부합되고 WHO에서 지정한 먹는 물의 pH 기준 6.5-8.5와도 부합되는 수준이었다(WHO, 2017).

Conductivity는 대체로 321.47-331.38 $\mu\text{S/cm}$ 를 보였지만 특정 커피매장의 물은 150.37 $\mu\text{S/cm}$ 의 값을 나타내어 가장 낮은 곳(E)과 가장 높은 곳(D)의 conductivity가 2 배 이상 차이가 났다(Table 1). 물의 경도에 따라 추출되는 커피의 성분이나 향미가 다를 수 있음을 고려할 때 물의 경도와 커피 선호도 간의 상관관계를 체계적으로 분석하면 이 결과를 바탕으로 적절한 경도의 물을 사용한 최적화된 커피를 추출할 수 있음을 의미한다.

Ca 및 Mg 함량

물에서 경도를 결정하는 가장 주된 원소인 Ca과 Mg의 농도와 물의 conductivity를 Table 1에 요약하였다. 커피숍에서 수거된 물(B-E)의 Ca-농도는 10.12-23.69 mg/L의 편차를 나타내었으며, 가장 높은 conductivity를 보이는 정수기 물(A)의 Ca-농도가 26.65 mg/L로 가장 높게 나타났다. 또한, 정수기 물의 Mg 농도도 2.11-5.38 mg/L로 Ca과 마찬가지로 상당한 편차를 보였다. 일반적으로 커피숍에서 사용하는 정수기 물의 conductivity 값은 경도 값과 비례적인 관계를 나타냈고 매장에 따라 정수기 물의 경도는 2배 이상의 차이를 보였다(Table 1).

분석 결과에서 정수기 제조 회사에 따라 WHO 수질 기준에 의한(WHO, 2017) 경도 261-312 $\mu\text{S/cm}$ 의 적당한 경수(moderately hard water)와 경도 14-22 $\mu\text{S/cm}$ 의 연수(soft water)를 만들어 낼 수 있었다(Supplementary Table 1S). 이 결과들은 커피매장의 정수기 물이나 일반 가정의 정수기 물이 정수기 제작사에 따라 경도에 큰 차이를 보일 수 있음을 의미한다.

Table 1. pH, conductivity, the amount of Ca and Mg, and water-hardness in various purified waters

Water	pH	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Hardness (ppm)
Deionized Water	5.95±0.661	2.38±0.637	ND	ND	-
Distilled Water	6.39±1.015	4.06±0.395	ND	ND	-
Tap Water	6.58±0.053	313.45±0.511	18.32±0.015	4.31±0.211	63.47±0.866 ^e
A	6.59±0.079	405.54±0.435	26.65±0.204	5.38±0.171	88.68±0.867 ^a
B	6.81±0.019	321.47±4.645	17.63±0.111	4.12±0.094	60.97±0.475 ^d
C	6.76±0.030	325.49±2.375	23.69±0.271	4.52±0.257	77.76±1.253 ^b
D	6.79±0.005	331.38±0.645	22.40±1.092	4.58±0.443	74.78±3.279 ^{bc}
E	6.65±0.145	150.37±4.712	10.12±0.084	2.11±0.047	33.95±0.285 ^e

All values are mean±SD (n=2)
 A: water obtained from in-house water purifier, B-E: water obtained from coffee shop water purifier
 Values that do not share the same superscript are significantly different ($p<0.05$).
 ND: not detected

Table 2. Changes in the components of coffee extracts prepared by different water hardness

Coffee	Concentration (mM)						
	Citric acid	Malic acid	Quinic acid	Lactic acid	Chlorogenic acid	Caffeine	Eugenol
L	14.55±1.145 ^b	13.85±1.354 ^a	22.89±1.255 ^b	6.96±0.361 ^a	2.69±0.393 ^a	7.43±0.558 ^a	0.54±0.049 ^a
M	14.29±1.140 ^b	13.20±1.233 ^a	22.53±1.467 ^b	6.62±0.550 ^a	2.48±0.094 ^a	7.24±0.164 ^a	0.49±0.038 ^b
H	16.74±0.773 ^a	15.66±1.155 ^b	26.32±0.741 ^a	7.60±0.274 ^a	2.02±0.119 ^b	6.48±0.223 ^b	0.56±0.036 ^a

L: Coffee prepared by distilled water (hardness, 0 ppm)
 M: Coffee prepared by distilled water+purified water (hardness, 44.35 ppm)
 H: Coffee prepared by purified water (hardness, 88.68 ppm)
 a, b: Values that do not share the same superscript are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Sensory evaluation of coffees prepared by different water hardness

Coffee	Acidity (Intensity)	Body	Bitterness (Intensity)	Balanced
L	2.84±1.112 ^a	2.24±1.080 ^b	3.17±1.121 ^a	3.03±0.911 ^a
M	2.83±1.133 ^a	2.36±1.316 ^{ab}	3.01±1.116 ^b	2.79±1.028 ^b
H	2.86±1.164 ^a	2.48±1.235 ^a	3.08±1.202 ^{ab}	2.93±1.106 ^b

L: Coffee prepared by distilled water (hardness, 0 ppm)

M: Coffee prepared by distilled water+purified water (hardness, 44.35 ppm)

H: Coffee prepared by purified water (hardness, 88.68 ppm)

a, b: Values that do not share the same superscript are significantly different ($p < 0.05$).

커피 추출물의 풍미성분

커피 추출물 프로파일과 물의 경도와 상관을 분석한 연구에서 Hendon 등(2014)은 Ca와 Mg의 농도가 높을수록 즉 물의 경도가 높아질수록 커피 성분의 추출률이 높아진다고 예측하였다. 따라서 본 연구에서는 물 경도의 높낮이를 달리하여 추출한 커피의 성분 중 산미를 나타내는 유기산과 쓴 맛의 지표물질로 알려진 chlorogenic acid와 caffeine 그리고 향기성분 지표물질 중의 하나인 eugenol(Yeretzian 등, 2019; Hendon 등, 2014; Flament, 2002)을 분석하였다(Table 2).

물의 경도가 증가함에 따라 추출되는 대표적인 향기 지표성분 중 하나인 eugenol은 L-커피와 H-커피는 M-커피에 비해 유의적으로 높은 수준으로 추출되어 물의 경도가 증가함에 따라 추출되는 농도가 변화하는 일정한 법칙을 보이지 않았다. 쓴 맛을 나타낸다고 알려진 chlorogenic acid와 caffeine을 분석한 결과, 물의 경도가 증가할수록 chlorogenic acid와 caffeine의 추출은 감소하였다. 즉, L-커피의 chlorogenic acid와 caffeine의 함량이 각각 2.69 및 7.43 mM으로 유의적으로 가장 높았으며, H-커피에는 각각 2.02 및 6.48 mM으로 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(Table 2). Zhang 등(2017)도 Fuding 백차를 물로 추출할 때 caffeine이나 EGCG 등은 경도가 낮은 물에서 더 높은 농도로 추출됨을 보고하였다. 이 현상은 비교적 소수성인 chlorogenic acid와 caffeine이 물에 의해 추출될 때 이온 농도가 낮을수록 더 효과적으로 진행되는 reverse salting-in의 현상(Zangi 등, 2007) 해석될 수 있다.

커피의 신맛을 나타내는 유기산(Farah, 2012) 중에서 citric acid, malic acid, quinic acid는 물의 경도가 높은 H-커피에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며 L-과 M-커피 사이에서는 유의적 차이를 보이지 않았다(Table 2). 이는 물의 conductivity <205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하에서는 물에 들어 있는 이온의 농도가 낮아서 유기산 추출에 영향을 미치는 효과를 구분하기가 힘들다는 것을 의미한다. Lactic acid도 물의 경도가 높은 물로 추출한 H-커피에서 농도가 증가하였으나 통계적 유의성은 볼 수 없었다. 커피의 산도를 평가하기 위해 추출된 유기산들의 농도의 총 합을 구한 결과 L-커피는 61.70 mM, M-커피는 60.09 mM, H-커피는 70.06 mM의 유기산 농도를 나타내어 다른 커피에 비해 H-커피에 10% 이상 월등히 높은 농도의 유기산이 추출됨을 보였다. 이것은 H-커피 제조에 사용된 물에 녹아있는 2가 이온(Ca^{2+} 와 Mg^{2+})의 농도가 약 1 mM 정도임을 고려할 때 분자이온의 활동도계수(γ)가 증류수의 경우에 비해 10-20% 감소하기 때문에 L-이나 M-커피에 비해 H-커피에 유기산의 농도가 증가한 것으로 예상된다(Harris, 2015). 이것은 이미 Hendon 등(2014)에 의해 예측된 바와 같이 물의 경도가 증가함에 따라 커피의 풍미성분이 증가한 것이다. 그러나 커피 추출물 중 소수성 functional group을 포함하고 있는 chlorogenic acid나 caffeine 등과 같이 물 속의 2가 이온 농도의 증가에 따라 추출이 감소되는 성분도 있으며, eugenol과 같이 2가 이온

의 농도 변화에 상관없이 추출되는 성분도 있음을 고려할 때(Table 2) 경도를 달리한 물에 의한 커피의 추출은 Hendon 등(2014)이 예측한 것과 같이 일률적이지 않았다. 그러나 전체적으로 볼 때, 물의 경도에 따라 유기산 및 caffeine과 eugenol 그리고 기타 고형성분의 추출 농도에 차이가 난다는 것은 물의 경도를 달리해 추출한 커피의 풍미가 다를 수 있음을 의미한다. 따라서 물의 경도에 따라 추출되는 커피들에 대한 관능평가 선호도 분석을 동시에 고려한 종합적인 평가방법이 필요하였다.

관능평가

물의 경도에 따라 추출된 커피에 대한 선호도를 평가하기 위해 경북대학교에 재학 중인 대학생 103명(남자 47명, 여자 56명)을 상대로 암맹평가를 실시하였다. 관능평가는 산미, Body 감, 쓴맛, Balance에 대한 4항목의 평가에 대해 0-5점을 부여하는 방식으로 실시하였다(Table 3). 전체적으로 볼 때, 추출된 커피들의 각 항목에 대한 맛의 선호도에서 물의 경도 증가에 따른 규칙성 있는 평균값 증감을 보이는 Body감 항목은 H-커피에서 가장 높았다. 쓴맛이나 Balance 항목의 평균값은 L-커피에서 가장 높은 값을 나타냈으나 M-과 H-커피에서는 통계적 유의성을 나타내지 않았고 산미에 대한 선호도는 L-, M-, H-커피에서 차이를 보이지 않았다. 이는 일반 대학생들이 커피를 선택할 때 Balanced 항목과 같이 커피에 대한 전반적인 느낌으로 맛을 평가하는 것이 산미, Body, 쓴맛, Balance 등의 개별적 항목을 구분하는 맛의 평가가 익숙하지 않았기 때문에 관능검사의 항목에서 선호도와 산미나 쓴맛 성분의 농도와 명확한 상관관계를 볼 수 없었다고 추측한다. 이와 유사하게 Kwon 등(2013)이 수행한 대학생을 대상으로 하는 커피의 관능평가 연구에서 30명의 패널들의 선호도 평가에서 모든 항목에서 평균값의 차이를 보였지만 편차가 커서 항목 간의 유의성 있는 결과를 얻지는 못했다. 이러한 결과들은 커피 맛을 평가하는 데 전문적으로 훈련되지 않은 일반 대학생들의 맛 선호도의 평가를 위해서는 전문가 패널들의 평가 방법과는 다른 방법을 개발 할 필요가 있음을 의미한다.

보통 알칼로이드인 caffeine, trigonelline, caffeic acid, chlorogenic acid, quinic acid와 페놀 복합물과 펩타이드 등이 쓴맛에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Yeretzian 등, 2019; Kraehenbuehl 등, 2017; Hendon 등, 2014). 커피의 쓴맛을 나타내는 대표적인 물질인 chlorogenic acid의 경우 H-커피에서 가장 낮았고 L-커피에서 가장 높아 유의적 차이를 보였으나 L-과 M-커피와 비교할 때 유의성은 없었다(Table 2). Caffeine도 L-커피에서 유의적으로 가장 높았다(Table 2). 관능평가 결과 L-커피에서 가장 높게 쓴맛을 느끼는 것으로 나왔는데 이는 L-커피에서 통계적으로 유의성 있게 chlorogenic acid와 caffeine의 농도가 높은 것과 연관이 있음을 시사한다(Table 2와 3).

커피의 맛 중 산미에 영향을 미치는 물질에 대한 다양한 연구 결과에 의하면 acetic acid, citric acid, malic acid, lactic acid,

chlorogenic acid가 주로 산미를 나타낸다. Table 2에서 보는 바와 같이 전체 산의 누적 농도는 H-커피에서 가장 높게 나타났지만 관능평가에서 산미에 대한 차이를 볼 수 없었다. 이는 커피의 다른 성분과 유기산과의 상호작용이 전체 산의 농도 변화를 산미의 변화로 느끼는데 방해요소로 작용해 일반 대학생들이 세부적인 산미를 구별하기 힘들 수 있다고 추정된다.

커피 맛의 전체적인 조화를 의미하는 balance는 맛의 특성상 조화로운 맛이라는 것은 사람마다 주관적 개념이 영향을 주기 쉬우므로 정확한 값을 통계로 나타내기는 힘들 수 있다. 본 연구에서는 유기산의 농도가 낮고 chlorogenic acid와 caffeine의 농도가 제일 높은 L-커피에 대해 밸런스가 가장 좋다고 평가 했는데(Table 3) 이 결과로부터 일반 대학생들은 산미가 너무 높은 커피를 선호하지 않고 오히려 쓴 맛이 높은 커피에 대해 더 좋은 balance를 느낄 수 있음을 시사한다.

선호도 조사

선호도 조사에 참여한 일반 대학생 전체 103명 중 “가장 선호하는 커피는?”이라는 항목에 중복 선택한 인원 7명, 선호도를 선택하지 않은 인원 11명을 제외한 87명 중 36명이 L-커피를 선호하여 가장 높은 42.4%를 차지했다. M-커피는 25명으로 29.4%, H-커피는 24명으로 28.2%의 선호도를 나타냈다(Fig. 1A). 또한, 일반 대학생들의 선호도 조사에서 커피를 주 4회 이상 마시는 인원(33명) 중 17 명이 L-커피를 선호하여 51.5%를 차지하여 커피를 자주 마시는 인원의 절반 이상이 L-커피를 선호했다(Fig 1B).

이 결과는 패널들이 산도와 쓴맛의 강도와 상관없이 커피 중에서 L-커피의 balance와 쓴맛(bitterness)이 가장 높은 것과 연관이 있을 가능성이 높은 것으로 판단된다(Table 3).

일반적으로 커피의 aroma를 나타내는 지표물질 중의 하나인 eugenol의 경우 M-커피에 유의적으로 가장 낮고 H-와 L-커피에서 높은 것으로 나왔지만(Table 2) 일반 대학생들이 L-커피를 가장 선호하고 H-와 M-커피 간에는 선호도의 차이가 높지 않다는 결과를 통해서 볼 때, 커피의 선호는 단순히 aroma 성분만으로 결정되기 보다는 산미, 쓴맛, aroma, balance 등이 종합적으로 작용한 결과라고 해석할 수 있다. 본 연구에서는 Hendon 등(2014)이 예측하듯 물의 경도가 증가할수록, 또는 SCAA에서 권고하는 연수의 범위 내에서 높은 경도의 물이 커피 맛을 높인다는 것과는 반대의 결과를 보였다(Fig. 1). 이 결과는 L-커피에서 증류수에 추출되어 나온 커피성분들의 비율과 물이 주는 감각이 함께 작용하여 M-이나 H-커피에 비해 일반 대학생들이 더 선호하는 커피 맛을 구성했을 가능성이 있다. 대다수의 커피 소비자는 커피 맛에 전문화된 미각이 개발되어 있지 않기 때문에 일반인들이 선호하는 커피 맛 항목의 구성을 개발하는데 있어 SCAA에서 설정한 산미, 쓴맛, balance, 풍미, 청량감, 후미 등으로 구분하여 접근하는 방식 외에도 입 안에서 느껴지는 촉감(커피에 녹아있는 고형물질의 감촉, 아직 알려지지 않은 맛 성분 등)도 맛에 미치는 영향이 있을 수 있다. 물론 제한된 종류의 커피 성분 분석을 통해 커피 선호도를 규정하는 데 한계는 있으나 본 연구의 결과는 기존의 커피 전문가에 의한 커피 맛을 평가하는 관념이 일반인들에게는 다르게 느껴질 수 있다는 가능성을 제시한다.

물의 경도와 커피 맛의 상관관계에 대해 평가한 연구의 결과를 보면, 증류수와 다양한 경도의 물을 가지고 추출한 커피와 차에 대한 21명의 패널들의 관능실험결과에서도 물 속의 이온의 양이 증가할수록 커피와 차의 맛의 선호가 낮아진다는 결론을 내렸고 증류수로 제조된 커피와 차에 대해 높은 선호도를 보였음을 보고하였다(Pangeoron 등, 1971). 이 연구에서 특기할 점은 증

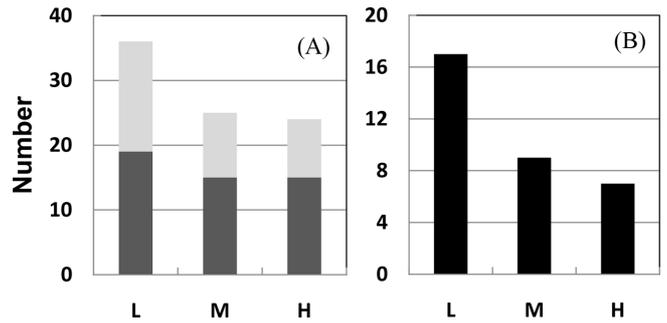


Fig 1. Preference of coffee from a sensory evaluation test. Coffees extracted with distilled water (L), medium-hardness water (M) and high-hardness water (H) were evaluated for preference by female (pale gray) and male (dark gray) student groups (A), and by students who drink coffee at least 4-times in a week (B).

류수나 경도가 낮은 물에는 커피 표면에 추출된 기름막의 형성이 두드러진 것이었는데 이는 chlorogenic acid나 caffeine과 같이 소수성 functional group을 갖고 있는 물질이 이온농도가 낮은 수용액에 더 잘 추출되는 것과 같은 원리로 지방들이 증류수에 더 잘 추출 되었을 것으로 생각된다. 일반적으로 동물이나 사람은 식품에 존재하는 지방의 함량이 높을수록 그 식품을 선호한다고 알려져 있다(Besnard 등, 2016; Drewnowski, 1997). 커피의 지방은 크레마 형성에도 영향을 미친다고 알려져 있기 때문에 커피에서 추출된 지방의 함량이나 조성에 따른 커피 선호도의 상관관계에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

또한, 증류수와 경도가 낮은 물 및 경도가 높은 물로 추출한 Fuding 백차를 가지고 실험한 관능실험에서도 추출된 다양한 성분들을 분석하였으나 관능평가에서 맛의 선호도와 추출된 성분들의 농도와 상관관계를 규명하는 데는 한계가 있었다. 그러나 증류수로 추출한 차가 맛과 향에서는 가장 높은 관능평가 점수를 받았다(Zhang 등, 2007).

이와 같이 낮은 경도의 물로 추출한 커피나 차에 대한 선호도가 높다는 연구 결과들과 본 연구의 결과들을 종합할 때, 어느 정도 경도를 갖는 물로 추출하여야 맛있는 커피를 제조할 수 있다는 기존의 관념과는 다르게 낮은 경도의 물로 추출한 커피를 일반 대학생들이 선호한 결과는 물의 경도 변화에 따른 최적화된 커피 추출을 통해 대학생들이 선호하는 커피를 제조하는 방법을 개발하는 데 활용될 수 있다.

요 약

커피의 98% 이상을 차지하는 물이 경도에 따라 커피의 풍미에 미치는 영향을 평가하는 것은 매우 실용적이고 중요하다. 본 연구에서는 증류수(L) 및 중간 경도(M), 높은 경도의 물(H)로 커피를 제조하고 추출된 커피 성분 중 유기산, caffeine, eugenol 등을 분석하고 커피 맛에 대한 선호도 분석을 위해 관능평가를 진행하였다. 유기산은 H-커피에서 유의적으로 가장 높은 농도로 추출되었고 쓴맛의 대표 물질인 chlorogenic acid와 caffeine은 L-커피에서 유의적으로 가장 높은 농도로 추출되었으며 커피의 대표적 향기 성분 중의 하나로 알려진 eugenol은 물의 경도에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 여성 56명 남성 47명으로 구성된 일반 대학생을 대상으로 진행한 관능평가에서 쓴맛, 신맛, body 감, balance의 항목에서 평균값들의 차이를 보이지 않았으나 42.4%를 차지하는 36명이 L-커피를 선호하였고 M- 과 H-커피에 대해

서는 각각 29.4% 및 28.2%의 선호도를 나타냈다. 본 연구의 결과는 일반 대학생들이 선호하는 커피는 낮은 경도의 물로 추출한 것으로 높은 경도의 물로 추출된 낮은 쓴맛의 커피를 선호하는 커피 전문가들의 기존의 평가 지표와는 다를 수 있음을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 경북대학교 2018년도 연구비 지원으로 이루어졌음.

References

- Bae JH, Park JH, Im SS, Song DK. Coffee and health. *Integr. Med. Res.* 3: 189-191 (2014)
- Beeman D, Songer P, Lingle T. *Water Quality Handbook*. 2nd ed. Specialty Coffee Association of America, Long Beach, CA, USA (2011)
- Besnard P, Passilly-Degrace P, Khan NA. Taste of fat: A sixth taste modality? *Physiol. Rev.* 96: 151-176 (2016)
- Cameron MI, Morisco D, Hofstetter D, Uman E, Wilkinson J, Kennedy ZC, Fontenot SA, Lee WT, Hendon CH, Foster JM. Systematically improving Espresso: Insights from mathematical modeling and experiment. *Matter* 2: 631-648 (2020)
- Czerny M, Grosch W. Potent odorants of raw Arabica coffee. Their changes during roasting. *J. Agric. Food Chem.* 48: 868-872 (2000)
- Drewnowski A. Why do we like fat? *J. Am. Diet Assoc.* 97: S58-62 (1997)
- El-Sohemy A. Coffee and health: what we still don't know. *Am. J. Clin. Nutr.* 109: 489-490 (2019)
- Farah A, de Paulis T, Trugo LC, Martin PR. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1505-1513 (2005)
- Farah A. Chapter 2. Coffee Constituents. pp. 21-58. In: *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. Chu YF (ed). Wiley, NY, USA (2012)
- Flament I. *Coffee flavor chemistry*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK (2002)
- Harris DC. *Quantitative Chemical Analysis*. 9th ed. Freeman, New York, USA. pp. 142-150 (2015)
- Hendon CH, Colonna-Dashwood L, Colonna-Dashwood M. The role of dissolved cations in coffee extraction. *J. Agric. Food Chem.* 62: 4947-4950 (2014)
- Kim TH. KB Self-employment analysis report: Current status and characteristics of coffee shops. KB Financial Holdings Management Research Institute, KB Financial Group Inc., Seoul, Korea (2019)
- Kraehenbuehl K, Page-Zoerkler N, Mauroux O, Gartenmann K, Blank I, Bel-Rhliid R. Selective enzymatic hydrolysis of chlorogenic acid lactones in a model system and in a coffee extract. Application to reduction of coffee bitterness. *Food Chem.* 218: 9-14 (2017)
- Kucera L, Papoušek R, Kurka O, Barták P, Bednár P. Study of composition of espresso coffee prepared from various roast degrees of *Coffea arabica* L. coffee beans. *Food Chem.* 199: 727-735 (2016)
- Kwon DJ, Lee MJ, Park OJ. Consumer's sensory evaluation in relation to the coffee grade among college students. *Korean J. Food Nutr.* 26: 51-59 (2013)
- Kwon SH, Lee HK, Kim JA, Hong SI, Kim HC, Jo TH, Park YI, Lee CK, Kim YB, Lee SY, Jang CG. Neuroprotective effects of chlorogenic acid on scopolamine-induced amnesia via anti-acetylcholinesterase and anti-oxidative activities in mice. *Eur. J. Pharmacol.* 649: 210-217 (2010)
- Maeztu L, Sanz C, Andueza S, De Peña MP, Bello J, Cid C. Characterization of Espresso coffee aroma by static headspace GCMS and sensory flavor profile. *J. Agric. Food Chem.* 49: 5437-5444 (2001)
- 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)
- Münchow M, Alstrup J, Steen I, Giacalone D. Roasting conditions and coffee flavor: a multi-study empirical investigation. *Beverages* 6: 29 (2020)
- Nieber K. The impact of coffee on health. *Planta Med.* 83: 1256-1263 (2017)
- Noh YJ, Ku CH, Kim HB. A Study on the importance and satisfaction factors of customer's choice to coffee stores. *Food Ser. Ind. J.* 2: 31-45 (2006)
- Pangeoron RM, Traeue IM, Little AC. Analysis of coffee, tea and artificially flavored drinks prepared from mineralized waters. *J. Food Sci.* 36: 355-362 (1971)
- Specialty Coffee Association of America. SCAA Protocol. Cupping Specialty Coffee. SCAA, Santa Ana, CA, USA (2015)
- SurveyMonkey. Margin of error calculator. Available from: <https://surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator>. Accessed Mar. 2020.
- Toci AT, Neto V, Torres AG, Farah A. Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *Food Sci. Technol.* 50: 581-590 (2013)
- Wang Y, Ho CT. Polyphenolic chemistry of tea and coffee: A century of progress. *J. Agric. Food Chem.* 57: 8109-8114 (2009)
- Wellinger M, Smrke S, Yeretian C. Water for extraction-composition, recommendations, and treatment. In: *The Craft and Science of Coffee*. Folmer B (ed). Elsevier, Frisco, CO, USA. pp. 381-398 (2017)
- Whelton AJ, Dietrich AM, Burlingame GA, Schechs M, Duncan SE. Minerals in drinking water: impacts on taste and importance to consumer health. *Water Sci. Technol.* 55: 283-291 (2007)
- WHO. *Guide lines for drinking-water quality*. 4th ed, World Health Organization, Geneva, Switzerland (2017)
- Yeretian C, Opitz S, Smrke S, Wellinger M. Coffee: Production, Quality and Chemistry. In: *Coffee volatile and aroma compounds—From the green bean to the cup*. Farah A (ed). The Royal Society of Chemistry, London, UK. pp. 729-769 (2019)
- Zangi R, Hagen M, Berne BJ. Effect of ions on the hydrophobic interaction between two plates. *J. Am. Chem. Soc.* 129: 4678-4686 (2007)
- Zhang H, Jiang Y, Lv Y, Pan J, Duan Y, Huang Y, Zhu Y, Zhang S, Geng K. Effect of water quality on the main components in Fuding white tea infusions. *J. Food Sci. Technol.* 54: 1206-1211 (2017)