

 <http://dx.doi.org/10.20878/cshr.2017.23.5.001>

로스팅 조건 변화에 따른 커피 추출액의 화학성분 및 관능 특성

김성혜 · 김주신[†]

서울벤처대학원대학교 융합산업학과

Chemical Composition and Sensory Attributes of Brewed Coffee as Affected by Roasting Conditions

Sung-Hye Kim · Joo-Shin Kim[†]

Dept. of Convergence Industry, Seoul Venture University

KEYWORDS

Chlorogenic acids,
Organic acids,
Free sugars,
Caffeine,
Roasting condition.

ABSTRACT

The objectives of this study were: 1) to examine the contents of chemical composition (chlorogenic acids, caffeine, free acids, and free sugars) and 2) to evaluate the sensory attributes (sourness, bitterness, and sweetness) of brewed coffee as affected by two roasting conditions such as varied in the roasting time with the same roasting temperature (RT) and with same color and yield (CY). Quantitative analysis of chemical components was performed using high-performance liquid chromatography (HPLC) system, and quantitative descriptive analysis (QDA) was conducted to analyze sensory attributes. Based on the results of chemical analysis, chlorogenic acids were significantly different ($p < 0.05$) in the short-term roasted samples (RT 240 and CY 240), but there was no significant difference in caffeine contents ($p > 0.05$). Organic acid levels were different between RT and CY coffee samples. RT 240 coffee had the most level in organic acids and the longer the roasting time of coffee, the lesser the level of organic acids in coffee was found. However, there was no significant difference in CY coffee ($p > 0.05$). The results of sensory evaluations show that the degree of roasting changed according to the roasting time despite of the roasting temperature. Long term (RT 80) coffee was relatively bitter while short term (RT 240) coffee was relatively sweeter. Also, there was no significant difference ($p > 0.05$) in the sensory characteristics (bitterness and sweetness) of CY coffee although they were roasted at different temperatures. Therefore, the current study concluded that better understanding of proper roasting time and temperature improves the quality of brewed coffee.

1. 서 론

커피는 연간 수출총액이 약 120억 달러이며, 유엔 식량농업기구의 통계에 따르면 세계에서 4번째로 중요한 농산물이라고 한다(Diaz et al., 2014). 커피는 독특한 향미로 세계적으

로 사랑을 받는 음료이고, 국내 커피시장 규모도 꾸준히 성장하고 있다. AT(2016)에 따르면, 지난해 기준 전체 커피 판매시장 규모는 6조4041억 원으로 전년 대비 11.1% 증가했고, 연간 우리나라 성인 1명이 마시는 커피는 대략 377잔인 것으로 집계됐다. 1인당 연간 커피 소비량은 2012년 288잔

[†] Corresponding author: 김주신, jskim@svu.ac.kr, 서울 강남구 봉은사로 405, 서울벤처대학원대학교 융합산업학과

을 기록한 이후 연평균 7.0%의 증가 추세를 보이고 있다. 커피류의 수출규모는 10년 동안 약 2배 증가했고, 같은 기간 수입규모는 3.8배나 늘었다. 커피에 대한 개별적 선호가 생기고, 차이를 구별하는 소비자도 점차 증가하면서 스페셜티 원두를 사용한 프리미엄 제품의 인기가 증가하고 있다(AT, 2016). 따라서 스페셜티 원두의 고급 향미를 결정하는 로스팅 방식에 대한 중요성이 더욱 커지고 있다. 국내에 등록된 2014년 커피 가공업체수는 2010년 대비 3.8배 증가했으며, 전년 대비 1.6배 증가했다. 특히 커피는 로스팅 등 가공 및 제조하는데 다른 품목에 비해 비교적 큰 비용이 들지 않으므로 5인 미만의 소규모 업체의 증가율이 다른 품목군에 비해 상대적으로 높고(AT, 2016), 실질적으로 로스터리 카페도 점차 증가하는 추세이다. 그런데 그린커피를 직접 볶아 소비자들에게 판매하는 스몰 로스터들은 기존의 유명 로스터들로부터 교육을 받아 그들의 로스팅 방법에 영향을 받는 경우가 많다. 과거 우리나라의 유명 로스터들의 로스팅 방법은 일본의 영향을 받아 로스팅 시간은 길고, 복잡하고 번거로운 방식들이 많았다(Kang & Min, 2012). 이런 로스팅 방법들은 과학적인 정보를 기반으로 한다기보다는 오랫동안 해오던 방식으로 지금까지도 본인만의 고유한 방법만을 내세워 교육하고 있는 곳이 많으므로 더욱더 과학적인 접근이 필요하다.

로스팅이란 맛과 향기가 없는 그린커피를 구체적 향미로 바꾸는 공정과정으로(Song, 2007), 커피콩의 가치를 그린커피 대비 10~300%까지 상승시킨다(Yeretzian, Jordan, Badoud, & Lindinger, 2002). 로스팅 공정은 그린커피가 커피 음료로 변화되는 과정 중 가장 중요한 단계로, 볶는 온도와 시간, 속도, 커피콩과 열풍의 균일한 혼합에 의해 물리화학적 변화를 일으켜 커피 특유의 향과 맛, 색상을 생성하는 것이다(Kim, 2013). 로스팅 과정에서 수분이 기화하고, 탄산가스가 생성되며, 또한 많은 휘발성 향기 성분이 생성된다. 커피원두의 부피는 약 2배까지 증가하고, 조직은 다공질로 바뀌면서 밀도는 반 이하로 감소한다(Chung, 2015).

커피를 볶는 가장 기본적인 기술은 볶음도(roasting degree)를 맞추는 일이다. 원두의 색상은 로스팅 정도의 기본 척도이고, 커피의 향미 형성에 근본적인 영향을 미친다. 두 번째 기술은 볶음시간(roasting time)으로 커피가 일정 색상(볶음도)이 될 때까지 걸리는 시간이다. 볶음시간은 커피콩의 체적과 내부세포의 확장에 영향을 미친다. 단시간 로스팅의 경우 체적 팽창률이 높아 커피콩 내부의 세포 확장률이 크기 때문에 커피 추출 조건이 좋아지므로, 커피의 풍미, 바다에 큰 영향을 주고, 로스팅 손실도 적게 나타난다. 로스팅 시간이 길어지면 커피의 향기성분과 커피 내부구성 성분의 손실률이 높아진다. 따라서 향미형성에 좋지 않은 영향을 끼친다(Handschin, Schenker, Frey, & Perren, 2000; Lee, 2015;

Shibamoto, 1991). 기본적으로, 볶음시간과 볶음도는 제한된 시간 동안 얼마만큼의 열 에너지를 커피콩이 흡수하였는가에 영향을 받는다. 로스팅 과정에서 커피 내의 에너지 평형, 전도, 대류, 복사는 동시에 복합적으로 일어나는데, 커피콩에 작용하는 전도열은 원자의 운동 에너지로 하나의 원자에서 다른 원자로 전달되고, 복사열과 대류열에 의해 외부에서 내부로 열이 전달된다(Lee, 2015). 로스팅 과정 중 가장 중요한 변수는 커피콩에 적용되는 열에너지의 용량이다(Song, 2007).

볶음도와 볶음시간은 서로 유기적으로 연관되어 있는데, 이 관계에 관한 연구는 아직 미비하다. 로스팅 조건에 관련된 선행 연구는 볶음도가 다른 커피 간에 화학적 성분의 함량이 어떤 차이를 보이는지에 관한 연구(Kim & Park, 2006; Kim et al., 2007; Jo, In, & Kim, 2016), 같은 볶음도로 볶는 도중 열량 공급에 변화를 주어 로스팅한 원두의 화학적 성분들의 차이에 관한 연구(Shin, 2012)가 있었다. 선행연구 결과를 살펴보면, Kim과 Park(2006)은 볶음도에 따른 로스팅 공정중 카페인, 트리고넨린, 클로로겐산, 총단당류 함량의 변화를 연구, Jo 등(2016)은 중볶음, 강볶음 커피에서의 고형물 함량과 폴리페놀 성분, 갈색물질의 생성의 차이를 연구하였고, 또한 Kim 등(2007)은 로스팅 단계에 따른 pH, 산도, 고형분, 카페인 함량의 차이를 연구하였다. 상기 연구들은 주로 볶음도에 따른 성분 차이에 관한 연구들로, 볶기가 진행되는 과정에서 가열환경온도에 따라 일정한 볶음도에 도달하는 시간이 달라질 경우 조성 성분도 다르고, 관능 특성도 달라지는데, 이에 대한 구체적인 연구는 미비하였다. 실질적으로 로스팅 현장에서는 로스팅 시간에 의한 품질 차이에 대한 관심이 커지고 있어, 이에 관한 구체적인 연구가 필요하다고 본다.

본 연구에서는 가열에너지의 양에 깊은 영향을 받는 볶음시간과 볶음도의 관계를 규명하기 위하여, 커피의 로스팅 조건(열량, 시간, 온도)을 달리하여 각 조건별(로스팅시 배출 온도를 일치시킨 경우와 배출온도를 달리하여 색도와 수율을 맞추는 경우)로 커피의 특성(pH, TDS, Brix 등) 및 성분함량(클로로겐산, 카페인, 유기산, 유리당)의 차이와 관능검사를 통해 신맛, 쓴맛, 단맛의 강도를 조사하여, 로스팅 조건별로 어떤 차이가 있는지를 알아보고, 볶음도와 볶음시간과의 관계에 따라 나타나는 볶음도의 특징을 규명하여, 실제 로스팅 현장에서의 기술 향상과 커피 품질 향상에 도움이 되고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 연구에서는 *Arabica* 품종 중 *Bourbon*계인 Tanzania의

Moshi 지역에서 생산되고, washed 방식으로 가공된 AAA등급의 그린커피를 사용하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 로스팅

태환 반열풍식 로스터(THCR-03 Ltd, 태환자동화산업)를 사용하여, 함수율이 11.63%인 Tanzanian Moshi AAA 그린커피를 커피의 안정화를 위하여 3.6 kg씩 투입하여 로스팅하였다.

로스팅 방식은 로스팅 도중 가스압력 조정 없이 스트레이트로 로스팅을 진행하였고, 로스팅 시간에 변화를 주기 위하여, 공급 가스압력을 각각 달리하여, 장시간은 80 Pa, 중시간은 120 Pa, 단시간은 240 Pa로 조정하여 로스팅하였다.

로스팅 온도의 조건은 2가지 경우로 정하였다. 첫 번째는 로스팅 온도를 일치[이하 RT(Roasting Temperature)로 표기]시키기 위하여 장시간(이하 RT80-214로 표기), 중시간(이하 RT120-214로 표기), 단시간(이하 RT240-214로 표기) 모두 동일하게 214℃에 배출하였다.

두 번째는 색도와 수율을 일치[이하 CY(Color and Yield)로 표기]시키기 위하여, 장시간(이하 CY80-203으로 표기)은 203℃, 중시간(이하 CY120-209로 표기)은 209℃, 단시간(이하 CY240-216으로 표기)은 216℃로 로스팅 온도를 달리하였다.

위의 로스팅 조건인 온도와 시간은 여러 차례에 걸친 예비실험을 통해 얻은 프로파일을 분석하여 기준을 정하였다.

시료별 로스팅 기록은 Table 1에 표기하였다.

2.2.2. 수율 및 색도 측정

수율은 로스팅 후 볶은 커피의 무게를 측정하여, 볶은 커피의 무게를 투입된 그린커피 무게로 나누어 구하였다. 색도 측정은 볶은 커피를 분쇄하여 Roast Analyzer(Tra-3000, Roami, Turesystems, Korea)로 측정하였다. 수율과 색도 측정(Agron color) 값은 Table 1에 표기했다.

2.2.3. 분쇄 및 추출

분쇄기(Fresh Grinder, ECS, Korea)를 사용하여, 매우 굵은 분쇄도인 날 간격 4 mm로 분쇄하면서, 바람을 이용하여 은피를 제거한 후, 날 간격 0.7 mm로 중간 분쇄한 커피를 KS No. 25 mesh체에 걸러 통과되지 못한 커피를 시료로 사용하였다.

추출은 Lee(2013)의 방법을 적용하여, 각각의 드리퍼에 원두를 20 g씩 담고 커피 사용량의 6배인 120 mL의 물(온도 93 ±1℃)을 붓고, 4분 후 추출된 커피 추출물을 처음 물을 부었던 드리퍼에 되붓기(double pour over brewing)하여 추출한 후 시료로 사용하였다.

2.2.4. 농도, 당도, pH 측정

농도는 Total Dissolved Solids(TDS) 측정기(VST, PA-202X, MOJOTOGO, USA), 당도는 굴절 당도계(PAL-COFFEE-BX-TDS, ATAGO, Japan), pH는 pH meter(PH-200, HMDigital, Korea)를 사용하여 각각 세 번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다.

2.2.5. 성분 분석

2.2.5.1. 일반성분(Proximate Analysis)

AOAC(Association of Official Analytical Chemists)법(1984)에 따라 일반성분을 분석하였다. 수분은 적외선 수분측정기로 105℃에서 120분간 가열 건조 후 질량의 감소량을 수분함량으로 측정하였다. 회분은 550℃ 회화법, 조지방은 Soxhlet 법으로 분석하였고, 조단백질은 원소분석기(Flash 2000, Thermo Quest)를 이용하여 전 질소량을 정량하고, 질소계수 6.25를 곱하여 조단백질로 하였으며, 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 값을 제한 값으로 하였다.

2.2.5.2. 카페인(Caffeine)과 클로로겐산(Chlorogenic Acids)

카페인과 클로로겐산 분석을 위하여 Trugo와 Macrae(1984)

Table 1. Roasting parameters of coffee at different roasting conditions

| | Sample name | Gas pressure (Pa) | Roasting temperature(℃) | Roasting time | Yield(%) | Agron color |
|------------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|----------|-------------|
| | RT080-214 | 80 | 214 | 28' 37" | 83.06 | 71.00 |
| RT ¹⁾ | RT120-214 | 120 | 214 | 18' 36" | 84.00 | 77.70 |
| | RT240-214 | 240 | 214 | 10' 14" | 85.33 | 89.73 |
| CY ²⁾ | CY080-203 | 80 | 203 | 25' 51" | 84.99 | 84.30 |
| | CY120-209 | 120 | 209 | 17' 32" | 84.99 | 84.33 |
| | CY240-216 | 240 | 216 | 11' 10" | 84.99 | 84.53 |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

의 방법과 Lee(2016)의 방법을 적용하여, 중합 성분을 제거하기 위해 Carrez reagents I 과 II로 처리하였다. 커피 시료 10 mL에 Carrez reagents I 과 II를 각각 0.3 mL씩을 넣고 10분간 반응시켜 0.20 μ M membrane filter에 여과한 후 HPLC (LC-10Avp Shimadzu Co., JAPAN)로 분석하였다.

분석 조건은, Column은 Phenomenex Bondclone 10 μ m C 18, 300 \times 3.9 mm을 사용하였고, Column oven 온도는 35 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 카페인 분석을 위하여 이동상은 Methanol과 Water 2종류로 용출비율은 30:70%로 하였다. 유속은 1.0 mL/min, Detector는 UV-VIS Detector를 사용하여 260 nm에서 분석하였다. Injection volume은 20 μ L이었다.

클로로겐산의 분석은 카페인 분석의 전처리 과정과 동일하였으나, 이동상은 0.5%의 formic acid와 Acetonitrile 2종류로 용출비율은 85:15%로 하였다. 유속은 0.8 mL/min, Detector는 UV-VIS Detector를 사용하여 325 nm에서 분석하였다. Injection volume은 20 μ L이었다.

2.2.5.3. 유기산(Organic Acids)

Richmond, Brandao, Gray, Markakis와 Stine(1981)의 방법을 응용하여, 시료 1 mL를 증류수에 10배 희석하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 0.20 μ M membrane filter로 여과한 후, HPLC(Prominence HPLC, Shimadzu Co., JAPAN)로 분석하였다.

분석조건은, Column은 Two Shim-pack SCR-102H(300 \times 8.0 mm)를 사용하였고, Guard column은 Shim-pack Guard Column SCR-102H(50 \times 6.0 mm)를 사용하였다. Column oven 온도는 40 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 유기산 분석을 위하여 이동상은 4 mM *p*-toluenesulfonic acid를 사용하였고, 유속은 0.7 mL/min, Detector는 Electroconductivity를 사용하였다. Reaction reagent는 16 mM Bis-Tris aqueous solution containing 4 mM *p*-toluenesulfonic acid and 100 μ M EDTA를 사용하였고, Injection volume은 20 μ L이었다.

2.2.5.4. 유리당(Free Sugars)

Richmond 등(1981)의 방법과 Park(2014)의 방법을 응용하여, 시료 1 mL를 증류수에 10배 희석하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후, 상등액을 취하여 0.20 μ M membrane filter로 여과한 후 High-performance liquid chromatography (HPLC) (Prominence HPLC, Shimadzu Co., JAPAN)로 분석하였다.

분석 조건은, Column은 Shim-pack ISA-07/S2504(250 \times 4.0 mm)를 사용하였고, Guard column은 Shim-pack Guard Column ISA(50 \times 4.0 mm)를 사용하였다. Column oven 온도는 65 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 유리당 분석을 위하여 이동상은 A: Potassium borate(pH 8) B: Potassium borate(pH 9) 2가지를 사용하였고,

유속은 0.5 mL/min, Detector는 Fluorescence detector(Ex=320 nm, Em=430 nm)를 사용하였다. Reaction reagent는 1% arginine in 3% boric acid(0.5 mL/min)를 사용하였고, Reaction 온도는 150 $^{\circ}$ C를 유지하였다. Injection volume은 20 μ L이었다.

2.2.6. 관능검사

관능검사는 정량적 묘사분석(QDA)으로 이루어졌다. 커피관련업종 경력 7년 이상인 전문가 15명을 패널로 선정하여, Lee, Hwang, Park과 Seo(2007), Shin(2011), Lee(2015)의 연구 등을 바탕으로 관능검사를 진행하였다. 기준 척도표를 작성하여 패널들이 단맛, 신맛, 쓴맛의 용어를 혼동하지 않도록 제공하였다.

본 관능검사 전, 예비 묘사분석 실험을 본 실험과 같은 환경에서 실시하였으며, 예비 실험으로 문제점을 보완한 후, 최종 평가 항목을 선정하였다. 최종 평가 항목은 신맛, 쓴맛, 단맛 항목으로 나누었으며, 강도의 순위를 평가하도록 하였다.

평가는 3점 척도법으로 1점이 가장 강도가 강함으로 순위를 표시하도록 하였다. 시료별로 추출한 커피를 랜덤하게 각각 한잔씩 제공하여, 각각 평가항목 별로 강하게 느껴지는 순위를 표시하도록 하였다.

시료는 Lee(2013)의 방법을 적용하여 Double pour over brewing방법으로 추출된 커피액을 커피사용량의 12배로 희석하여 평가하였다.

2.2.7. 통계 분석

본 연구에서는 SPSS 통계 프로그램(version 22)을 사용하여 일원변량 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 유의수준 $p < 0.05$ 수준에서 유의검정을 실시하였다. 화학성분 분석 결과와 관능검사 결과의 유의성 검증 결과에 따라, 시료 간 유의적 차이를 검토하기 위하여 사후검정인 쉐페검사(Scheffe test)을 실시하였다($\alpha = 0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. pH, 고형분 함량, 당도 측정 결과

고형분 함량(TDS)과 당도의 수치는 로스팅 시간이 짧을수록 높게 나타났고, pH는 로스팅 시간이 길수록 수치가 높게 나타남을 Table 2에서 확인할 수 있다.

3.2. 화학성분 분석 결과

3.2.1. 일반성분

본 연구에 사용된 그린커피의 일반성분을 분석한 결과, 탄수화물은 67.68%, 조지방은 5.89%, 조단백질은 12.51%, 조회분은 3.42%, 수분은 10.51%인 것으로 나타났다.

Table 2. TDS³⁾, Brix and pH of samples by different roasting conditions

| | RT ¹⁾ | | | | | CY ²⁾ | | | | |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|
| | RT080-214 | RT120-214 | RT240-214 | F-value | P-value | CY080-203 | CY120-209 | CY240-216 | F-value | P-value |
| Roasting time | 28'37" | 18'36" | 10'14" | | | 25'51" | 17'32" | 11'10" | | |
| TDS (%) | 2.21±0.00 ^a | 2.32±0.01 ^b | 2.51±0.01 ^c | 3,196.500 | 0.000* | 2.21±0.01 ^a | 2.39±0.01 ^c | 2.34±0.01 ^b | 777.000 | 0.000* |
| Brix (%) | 2.80±0.02 ^a | 2.99±0.05 ^b | 3.15±0.01 ^c | 75.009 | 0.000* | 2.73±0.01 ^a | 3.01±0.02 ^b | 2.96±0.02 ^b | 149.293 | 0.000* |
| pH | 5.16±0.01 ^c | 4.95±0.01 ^b | 4.78±0.01 ^a | 751.692 | 0.000* | 4.91±0.01 ^c | 4.85±0.01 ^b | 4.79±0.01 ^a | 324.000 | 0.000* |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

³⁾ TDS: Total dissolved solids.

Each value indicates mean of replication (n=3) with duplicates of each sample.

Different letters in each row are significantly different ($p < 0.05$). * $p < 0.05$.

3.2.2. 클로로겐산

클로로겐산 함량은 Table 3에서 보여지는 바와 같이, 단시간에 로스팅한 RT240-214와 CY240-216 시료에서 가장 많이 나타났으며, 장시간에 로스팅한 RT080-214와 CY80-203 시료에서 가장 적은 함량을 보이고 있다. 클로로겐산 함량은 RT커피, CY커피 모두 시료 간에 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). RT커피와 CY커피 모두 로스팅 시간이 길어질수록 클로로겐산 함량이 감소됨을 알 수 있다. 그러나 RT커피에 비해 CY커피에서는 많은 차이를 보이지 않았다. 이는 로스팅 시간이 길어질수록 클로로겐산 함량이 감소된다는 Shin(2012)의 연구결과와 일치한다.

클로로겐산은 로스팅이 진행되면서 카페산과 퀘산으로 분해되는데, 이때 클로로겐산은 자극효과와 쓴맛에 기여하는 것으로 알려져 있다(Russwurm, 2005). 카페산은 원두의 떫은 맛을 나타내는 요인으로, 지속적인 열이 가해지면 비닐카테롤 중합체로 되면서 기분 나쁜 쓴맛이 나온다. 클로로겐산은 양에 비해 신맛에 대한 영향은 적고, 분해된 물질인 카페산과 퀘산이 맛과 향에 영향을 끼친다(Wang, 2012).

클로로겐산은 착색원인 물질로 로스팅 시 색상의 변화에도 관여를 하는 것으로 알려져 있다(Farah, Monteiro, Calado, Franca, & Trugo, 2006). 그러므로 클로로겐산의 함량과 색도

의 변화는 상관관계가 있는 것으로 판단된다. 클로로겐산은 볶는 시간이 길어지면 현저하게 감소하는 결과를 보였다.

3.2.3. 카페인

카페인 함량은 Table 4에서 보여지는 바와 같이, 장시간에 로스팅한 RT240-214와 CY240-216 시료에서 가장 많이 나타났으며, 단시간에 로스팅한 RT-080-214와 CY80-203 시료에서 가장 적은 함량을 보이고 있다. 로스팅 시간이 짧을수록 카페인 함량이 적어짐을 알 수 있다. 그러나 시료 간에는 유의적 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 이는 로스팅 과정은 카페인의 함량 변화에 영향을 거의 미치지 않는다고 한 Farah, Monteiro, Calado, Franca와 Trugo(2006)의 연구 결과와 일치한다.

카페인을 쓴맛을 가지고 있는 성분이나 커피의 쓴맛 인식에 10% 정도만 관여한다고 알려져 있다. 카페인은 열에 안정적이므로(Trugo, Clarke, & Macrae, 1985), 볶는 과정으로 인한 큰 변화는 없는 것으로 보인다.

3.2.4. 유기산

Table 5에서 보여지는 바와 같이, 유기산 총량을 보면, RT커피와 CY커피의 결과가 다르게 나타나고 있다. RT커피에

Table 3. Chlorogenic acid contents of samples by different roasting conditions

(unit: mg/100 g)

| | RT ¹⁾ | | | | | CY ²⁾ | | | | |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|
| | RT080-214 | RT120-214 | RT240-214 | F-value | P-value | CY080-203 | CY120-209 | CY240-216 | F-value | P-value |
| Chlorogenic acid | 95.24±1.36 ^a | 123.49±3.30 ^b | 161.09±5.76 ^c | 214.032 | 0.000* | 136.42±3.57 ^a | 138.43±3.65 ^a | 153.66±6.10 ^b | 12.030 | 0.008* |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

Each value indicates mean of replication (n=3) with duplicates of each sample.

Different letters in each row are significantly different ($p < 0.05$). * $p < 0.05$.

Table 4. Caffeine contents of samples by different roasting conditions (unit: mg/100 g)

| | RT ¹⁾ | | | | | CY ²⁾ | | | | |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|
| | RT080-214 | RT120-214 | RT240-214 | F-value | P-value | CY080-203 | CY120-209 | CY240-216 | F-value | P-value |
| Caffeine | 129.87±1.76 ^a | 125.00±4.06 ^a | 122.71±4.54 ^a | 2.966 | 0.127 | 130.66±1.89 ^a | 125.96±4.12 ^a | 122.63±3.41 ^a | 4.531 | 0.063 |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

Each value indicates mean of replication (n=3) with duplicates of each sample.

Different letters in each row are significantly different ($p < 0.05$). * $p < 0.05$.

Table 5. Organic acid contents of samples by different conditions (unit: mg/100 g)

| | RT ¹⁾ | | | | | CY ²⁾ | | | | |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|
| | RT080-214 | RT120-214 | RT240-214 | F-value | P-value | CY080-203 | CY120-209 | CY240-216 | F-value | P-value |
| Citric acid | 77.48±0.68 ^a | 84.84±2.16 ^b | 89.85±2.34 ^c | 32.843 | 0.001* | 92.30±2.07 ^b | 87.04±1.17 ^a | 85.90±0.93 ^a | 15.990 | 0.004* |
| Malic acid | 17.61±1.15 ^a | 21.51±1.48 ^b | 23.91±0.33 ^b | 25.106 | 0.001* | 23.43±0.91 ^a | 21.42±2.10 ^a | 22.91±0.97 ^a | 0.925 | 0.446 |
| Succinic acid | 13.04±0.62 ^b | 12.37±0.31 ^{ab} | 11.68±0.35 ^a | 6.874 | 0.028 | 12.66±0.40 ^a | 12.32±0.62 ^a | 12.06±0.64 ^a | 1.034 | 0.411 |
| Lactic acid | 18.75±1.48 ^b | 16.46±0.55 ^{ab} | 14.63±0.40 ^a | 14.422 | 0.005* | 15.27±0.88 ^a | 13.80±1.61 ^a | 14.79±1.07 ^a | 0.543 | 0.607 |
| Formic acid | 29.97±0.82 ^a | 33.85±0.70 ^b | 37.98±0.58 ^c | 95.863 | 0.000* | 32.20±0.45 ^a | 33.40±0.32 ^a | 37.10±1.39 ^b | 26.462 | 0.001* |
| Acetic acid | 59.81±0.86 ^a | 60.28±0.76 ^a | 58.34±0.60 ^a | 2.569 | 0.156 | 58.45±1.07 ^a | 57.23±0.84 ^a | 59.11±2.19 ^a | 1.007 | 0.420 |
| Total | 216.65±5.01 ^a | 229.31±5.76 ^{ab} | 236.40±4.70 ^b | 11.200 | 0.009* | 234.32±5.08 ^a | 225.21±5.01 ^a | 231.86±5.02 ^a | 2.123 | 0.201 |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

Each value indicates mean of replication (n=3) with duplicates of each sample.

Different letters in each row are significantly different ($p < 0.05$). * $p < 0.05$.

서는 단시간에 로스팅한 RT240-214 시료에 가장 많은 유기산이 남아있고, 장시간 로스팅한 RT080-214 시료에 가장 적은 양이 남아있음을 알 수 있다. 그러나 CY커피에서는 장시간에 로스팅한 CY080-203 시료에 가장 많이 함유하고 있고, 단시간 로스팅한 CY240-216 시료, 중시간 로스팅한 CY120-209 시료 순으로 함유량이 적어짐을 알 수 있다. 유기산 종류별로 보면 RT커피에서는 Citric acid와 Malic acid, Formic acid는 로스팅 시간이 길어질수록 함량이 감소됨을 알 수 있고, Succinic acid와 Lactic acid는 반대로 로스팅 시간이 길어질수록 함량이 많음을 알 수 있다. Acetic acid는 시료 간에 유의적 차이를 보이지 않는 것으로 나타났고($p > 0.05$), 나머지 유기산 종류들과 유기산 총량은 유의한 것으로 나타났($p < 0.05$). 이는 로스팅이 진행될수록 대부분의 유기산들은 점차적으로 감소되는데, Succinic acid와 Lactic acid는 증가한다고 한 Chung(2015)의 연구결과와 일치한다.

CY커피에서는 Citric acid와 Formic acid는 로스팅 시간이 길어질수록 함량이 많음을 나타내고 있는데, 이는 RT커피와는 반대되는 결과이다. Succinic acid는 RT커피와 같이 장시간 로스팅한 CY080-203 시료에서 가장 많은 함유량을 나

타내고 있고, 단시간 로스팅한 CY240-216 시료에서 가장 적은 함유량을 나타내고 있다. 그러나 RT커피와는 다르게 Citric acid와 Formic acid만 유의적인 것으로 나타났고($p < 0.05$), 유기산 총량과 나머지 유기산 종류들은 유의적 차이를 보이지 않는 것으로 나타났($p > 0.05$).

유기산은 커피의 품질을 평가 받는데 있어서 가장 중요한 특성 중의 하나이다. 유기산은 신맛뿐만 아니라, 쓴맛에도 영향을 준다고 알려져 있다(Trugo, Clarke, & Macrae, 1985). 유기산은 로스팅 시 열분해에 의해 감소한다. 그러므로 강하게 볶을수록 함량은 줄어든다.

3.2.5. 유리당

Table 6에서 보여지는 바와 같이, 유리당 총량을 분석한 결과, RT커피는 단시간에 로스팅한 RT240-214 시료에 유리당을 가장 많이 함유하고 있으며, 장시간 로스팅한 RT080-214 시료가 가장 적게 함유하고 있음을 알 수 있다. 그러나 CY커피에서는 장시간 동안 로스팅한 CY080-203 시료에서 가장 많은 함유량을 나타내고 있고, 단시간 로스팅한 CY240-216 시료, 중시간 로스팅한 CY120-219 시료 순으로 함량이

Table 6. Free sugar contents of samples by different conditions

(unit: mg/100 g)

| | RT ¹⁾ | | | | | CY ²⁾ | | | | |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------|
| | RT080-214 | RT120-214 | RT240-214 | F-value | P-value | CY080-203 | CY120-209 | CY240-216 | F-value | P-value |
| Sucrose | 18.92±0.02 ^a | 20.44±0.40 ^b | 27.17±0.72 ^c | 252.833 | 0.000* | 29.82±0.64 ^b | 25.80±0.36 ^a | 25.36±0.55 ^a | 63.178 | 0.000* |
| Rhamnose | 0.34±0.02 ^b | 0.32±0.03 ^b | 0.23±0.02 ^a | 21.622 | 0.002* | 0.30±0.01 ^b | 0.39±0.03 ^c | 0.22±0.02 ^a | 66.031 | 0.000* |
| Ribose | 0.05±0.01 ^a | 0.09±0.01 ^b | 0.16±0.01 ^c | 125.167 | 0.000* | 0.11±0.01 ^a | 0.10±0.01 ^a | 0.16±0.01 ^b | 34.125 | 0.001* |
| Mannose | 0.14±0.01 ^a | 0.17±0.03 ^a | 0.57±0.03 ^b | 335.304 | 0.000* | 0.24±0.03 ^a | 0.27±0.01 ^a | 0.48±0.02 ^b | 139.909 | 0.000* |
| Fructose | 0.03±0.00 ^a | 0.11±0.00 ^b | 0.47±0.02 ^c | 733.850 | 0.000* | 0.16±0.00 ^a | 0.17±0.01 ^a | 0.32±0.02 ^b | 207.700 | 0.000* |
| Galactose | 1.67±0.01 ^a | 3.25±0.17 ^b | 7.11±0.22 ^c | 955.693 | 0.000* | 3.82±0.08 ^a | 4.65±0.37 ^b | 6.30±0.25 ^c | 71.495 | 0.000* |
| Xylose | 0.49±0.01 ^a | 0.80±0.10 ^b | 0.84±0.03 ^b | 32.757 | 0.001* | 0.44±0.02 ^a | 0.66±0.13 ^b | 1.17±0.05 ^c | 66.365 | 0.000* |
| Glucose | 0.07±0.00 ^a | 0.15±0.01 ^b | 0.27±0.03 ^c | 120.045 | 0.000* | 0.17±0.01 ^a | 0.20±0.01 ^a | 0.34±0.03 ^b | 98.130 | 0.000* |
| Total | 21.72±0.02 ^a | 25.32±0.68 ^b | 36.81±0.92 ^c | 425.809 | 0.000* | 35.05±0.62 ^b | 32.15±0.68 ^a | 34.35±0.89 ^b | 10.387 | 0.011* |

¹⁾ RT: same roasting temperature coffee.

²⁾ CY: same color and yield coffee.

Each value indicates mean of replication (n=3) with duplicates of each sample.

Different letters in each row are significantly different ($p < 0.05$). * $p < 0.05$.

감소되고 있음을 보여주고 있다.

유리당 종류별로 보면 Sucrose, Ribose, Mannose, Fructose, Galactose, Xylose, Glucose는 단시간에 로스팅한 시료가 가장 많이 함유하고 있으며, 장시간 로스팅한 시료가 가장 적게 함유하고 있음을 나타내고 있다. 다만, Sucroses는 RT커피와는 다르게 CY커피에서는 로스팅 시간이 짧을수록 함량이 감소하고 있음을 보여주고 있다. 또한 Rhamnose도 로스팅 시간이 짧을수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

유리당은 RT커피와 CY커피 모두 시료 간 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났으나($p < 0.05$), CY커피는 RT커피에 비해 시료 간 총량 차가 크지 않음을 알 수 있다. 로스팅이 진행되면서 유리당은 감소한다는 Lee(2013)의 연구결과와 일치한다.

유리당은 로스팅된 커피의 향 형성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그린커피가 가지고 있는 대부분의 단당류, 이당류는 로스팅이 진행되면서 줄어들는다(Trugo, Clarke, & Macrae, 1985).

3.3. 관능검사

관능검사는 RT커피와 CY커피 각각 신맛, 단맛, 쓴맛에 대한 강도의 순위를 평가하였다. Fig. 1에서 보여지는 바와 같이, RT커피와 CY커피의 관능검사 결과는 다르게 나타났다. 신맛의 강도는 RT커피와 CY커피 모두 로스팅 시간이 짧을수록 강하게 느낀 것으로 나타났으며, RT커피와 CY커피 모두 시료 간 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). 단맛의 강도는 RT커피는 로스팅 시간이 짧을수록 강하게 느낀 것으로 나타

났으나, CY커피는 시료 간 강도의 차이가 뚜렷하지 않아, 시료 간에 단맛에 대한 변별력이 없는 것으로 나타났다. 단맛에서는 RT커피는 시료 간 유의적 차이를 보였으나($p < 0.05$), CY커피는 시료 간 유의적 차이가 없었다($p > 0.05$). 쓴맛의 강도는 RT커피는 로스팅 시간이 길수록 높게 느낀 것으로 나타났다. 반면, CY커피는 시료 간 강도의 차이가 뚜렷하지 않아, 시료 간에 쓴맛에 대한 변별력이 없는 것으로 나타났다. 쓴맛에서는 RT커피는 시료 간 유의적 차이를 보였으나($p < 0.05$), CY커피는 시료 간 유의적 차이가 없었다($p > 0.05$).

3.3.1. 신맛

Fig. 2에서 보는 바와 같이, RT커피와 CY커피 모두 로스팅 시간이 짧을수록 신맛이 강한 것으로 나타났다. 이는 길게 볶을수록 유기산 함량은 감소하고, pH는 높게 나타났기 때문이다. 그러나 CY커피에서는 장시간으로 볶은 시료에서 유기산이 가장 높게 나타났고, 시료 간 신맛을 느끼는 강도의 차이가 RT커피에 비해 작은 것으로 나타났다. 이는 RT커피와 동일하지 않는 유기산의 분포가 영향을 미친 것으로 보인다.

3.3.2. 단맛

Fig. 3에서 보는 바와 같이, RT커피에서는 로스팅 시간이 짧을수록 단맛이 강한 것으로 나타났다. 길게 볶을수록 유리당 함량이 감소하기 때문에, 짧게 볶은 시료에서 단맛을 더 강하게 느낀 것으로 보인다. 이는 당도측정을 통해서도 확인할 수 있었다. 단맛의 강도에서는 유리당 함량과 당도

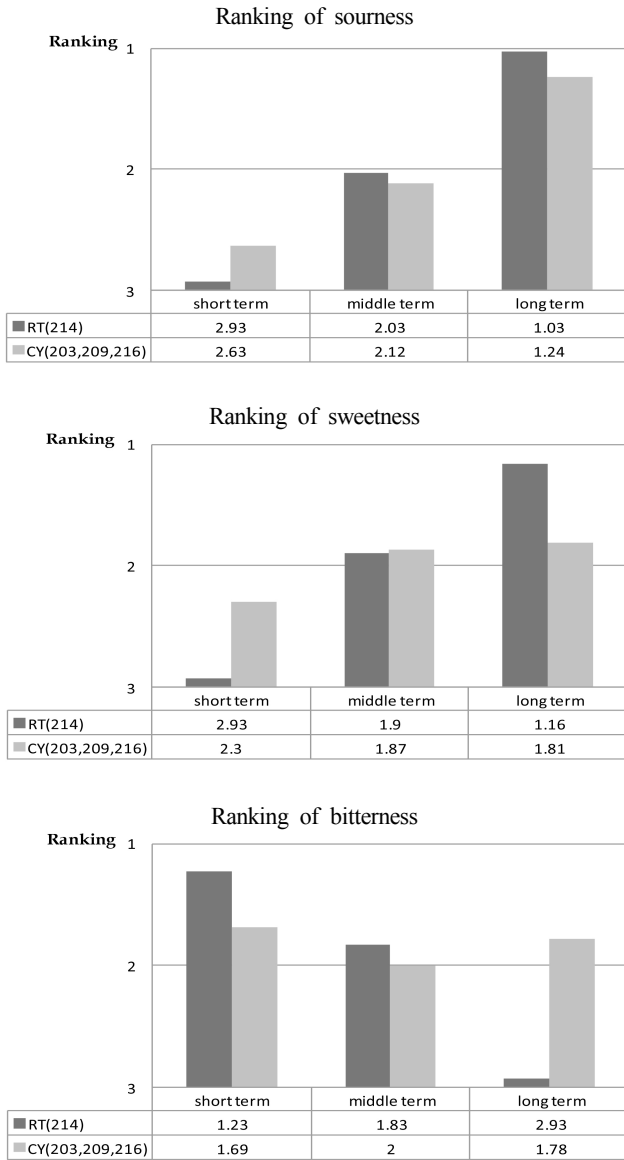


Fig. 1. Rank order according to sourness, sweetness, and bitterness from sensory tests.

는 비례관계를 알 수 있다. RT커피의 결과와는 다르게, CY 커피에서는 유리당 함량과 당도는 비례관계가 아닌 것으로 나타났다. 유리당이 가장 많은 시료와 당도가 가장 높은 시료에서 단맛을 가장 강하게 느끼지 않았다. 또한 시료 간 단맛의 강도 차이도, RT커피의 결과와는 다르게 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 로스팅 시간은 달리하였지만, 볶은 콩의 색도와 수율을 일치시키는 조건으로 배출온도를 결정하여, 볶음을 유사하게 맞추어 시료 간 변별력이 없었기 때문으로 보인다.

3.3.3. 쓴맛

Fig. 4에서 보는 바와 같이, RT커피에서는 길게 볶은 시료

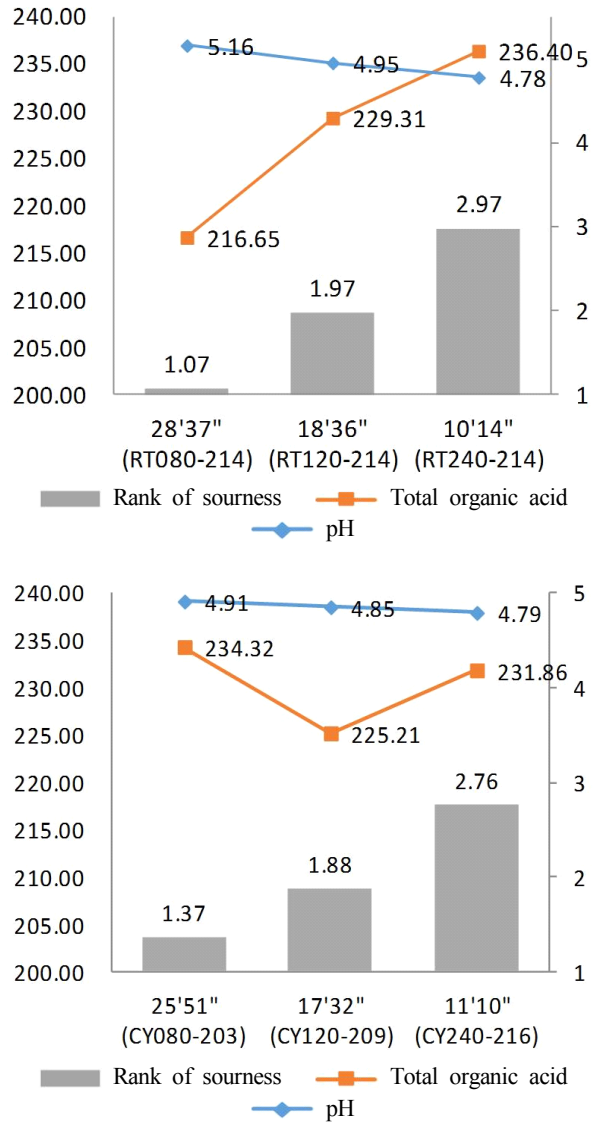


Fig. 2. Relationship among sourness, total organic acids, and pH.

일수록 쓴맛이 강한 것으로 나타났는데, 이는 클로로겐산이 로스팅이 진행될수록 열분해를 일으켜 쓴맛을 가지고 있는 퀴산(quinic acid)이라는 새로운 화합물을 만들기 때문이다 (Tanaka & Mori, 1995). 로스팅 시간이 길어질수록 클로로겐산의 함량이 감소하는 것은 이에 기인한다고 볼 수 있다. 카페인은 쓴맛을 가지고 있는 성분이나, 커피 쓴맛 인식에 10% 정도만 관여한다고 알려져 있다 (McCamey, Thorpe, Thorpe, McCarthy, & Rousiff, 1990). 쓴맛의 강도에서는 클로로겐산 함량과 카페인 함량은 반비례 관계를 알 수 있다. 다만, CY커피에서는 시료 간 쓴맛의 강도 차이도 RT커피의 결과와는 다르게 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 로스팅 시간은 달리하였지만, 볶은 콩의 색도와 수율을 일치시키는 조건으로 배출온도를 결정하여, 볶음을 유사하게 맞

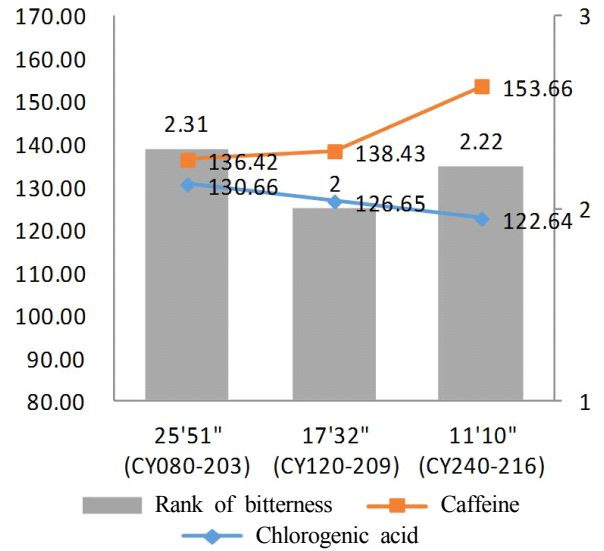
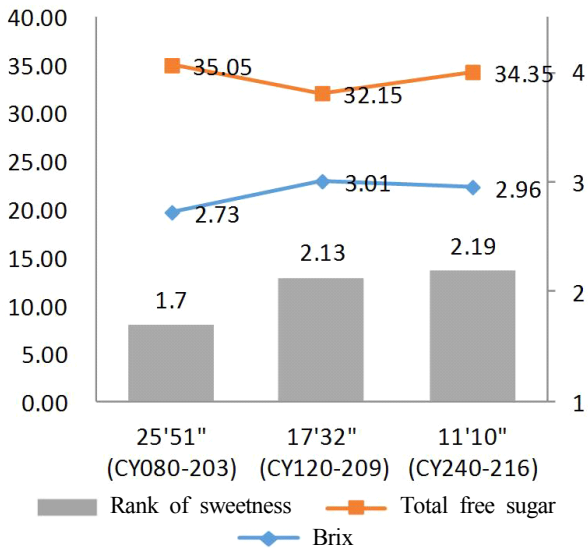
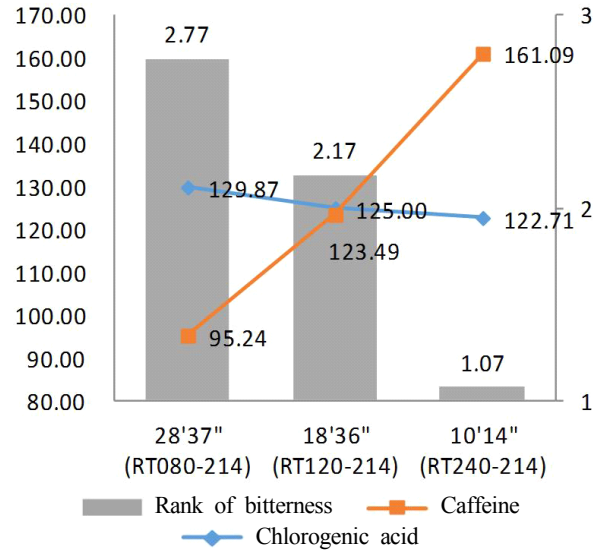
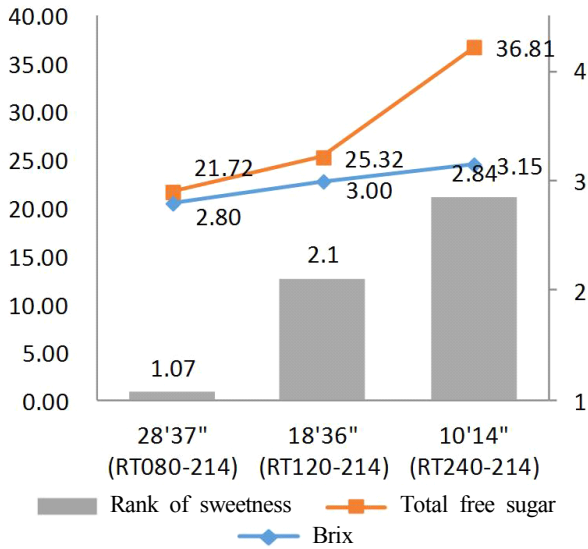


Fig. 3. Relationship among sweetness, total free sugars, and Brix.

Fig. 4. Relationship among bitterness, caffeine, and chlorogenic acids.

추여 시료 간 변별력이 없었기 때문으로 보인다.

4. 요약 및 결론

클로로겐산은 RT와 CY커피 모두, 로스팅 시간이 짧을수록 많이 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 로스팅 시간이 길어질수록 클로로겐산이 분해되어 감소된다는 것을 나타낸다. 그러나 RT커피에서는 시료 간 함량이 현격한 차이를 보인 반면, CY커피에서는 시료 간 함량 차이가 크지 않음을 알 수 있었고, 시료 간에 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

카페인은 RT와 CY 커피 모두, 로스팅 시간이 길수록 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 시료 간 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 유기산은 RT커피에서는

로스팅 시간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타났다. RT커피는 시료 간 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), CY커피에서는 시료 간 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 유리당은 RT커피에서는 로스팅 시간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타났다. CY커피에서는 장시간 로스팅한 시료에서 가장 많은 함량을 나타냈고, 단시간, 중시간 로스팅한 커피 순으로 함유량이 줄어들고 있음을 알 수 있었다. 또한 CY커피는 RT커피에 비해 시료간의 함량 차이가 크지 않음을 알 수 있다. RT커피와 CY커피 모두 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$).

관능검사 결과는 RT커피에서는 신맛과 단맛의 강도는 짧은 시간에 볶을수록 강하게 나타났고, 쓴맛은 길게 볶을수록 강하게 나타났다. 시료 간 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$).

CY커피에서는 신맛의 강도는 짧은 시간에 볶을수록 강하게 나타났고, 단맛과 쓴맛의 강도는 시료 간 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 시료 간 유의적 차이는 없었다($p>0.05$).

화학성분과 관능검사를 분석한 결과, RT커피는 로스팅 시간을 달리하고 같은 온도에서 배출하였지만, 로스팅 결과물이 동일하지 않았고, 로스팅 시간에 따라 시료별 특징이 다르게 나타났다. 짧은 시간에 로스팅한 RT240-216 시료는 클로겐산과 유기산, 유리당의 함량이 가장 많았으며, 카페인 함량은 가장 적었다. 또한 신맛과 단맛은 가장 강한 반면, 쓴맛은 가장 약했다. 긴 시간에 걸쳐 로스팅한 RT080-203 시료는 반대로 클로겐산과 유기산, 유리당의 함량이 가장 낮았으며, 카페인 함량은 가장 많았다. 또한 쓴맛은 가장 강한 반면, 단맛과 신맛은 가장 약했다. 이 시료별 특징을 서로 간에 비교하여 볶음을 구분 짓는다면, 흡사 약, 중, 강 볶음의 특징과 유사한 흐름을 보인다고 할 수 있다(Lee, 2013). 단시간 시료인 RT240-214는 약볶음의 특징을, 중시간 시료인 RT120-209는 중볶음의 특징을, 장시간 시료인 RT080-203은 강볶음의 특징을 보인다고 할 수 있다. CY커피는 시료 간 로스팅 온도는 달랐지만, 색도와 수율을 일치시키므로 인해 시료 간 유의적 차이가 없는 경우가 많았다. 특히 관능검사에서는 시료 간에 변별력이 없는 것으로 나타났다. 이는 시료 간에 유사한 볶음도의 특징을 가졌기 때문이다.

커피의 볶음도는 로스팅 시간에 영향을 받아, 같은 로스팅 온도라도 다른 결과물이 나올 수 있고, 반대로 다른 로스팅 온도라도 유사한 결과물이 나올 수 있다. 그러므로 볶음도와 볶음시간과의 관계에 따라 나타나는, 볶음도의 특징을 파악하여 로스팅을 한다면, 실제 로스팅 현장에서 기술 향상과 커피 품질의 향상에 도움이 될 것이다.

이 논문에서는 약한 중볶음에 대한 실험만 진행하였으나, 향후 Agron 수치가 낮아졌을 경우, 성분비, 관능특성의 차이와 로스팅 조건에 따른 콩의 팽창상태에 따라 나타나는 추출 결과물의 차이에 대한 실험을 통해, 커피추출과 밀접한 관계가 있는 볶음도와 로스팅시간, 콩의 팽창도와의 관계를 규명하여 커피 추출 시 팽창정도와 볶음도에 따라 추출방법을 결정하는데 도움이 되는 연구 진행이 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- AT. (2016). *Food processing market segmentation report-coffee*. Seoul, Korea: Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation.
- Chung, J. E. (2015). *The comparative analysis of major chemical constituents in green coffee differentiated by harvesting time and roasting temperatures that affect coffee quality* (Doctoral dissertation). Seoul Venture University.
- Diaz, M., Bock, S. H., Choi, S. Y., Jung, H. Y., Song, H. S., & Bock, J. H. (2014). *Coffee quality part1*. Seoul, Korea: Coffeeplant Academy.
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98, 373-380.
- Farah, A., Paulis, T. D., Moreira, D. P., Trugo, L. C., & Martine, P. (2006). Chlorogenic acids and lactones in regular and water-decaffeinate arabica coffees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 374-381.
- Jo, S. J., In, M. J., & Kim, D. C. (2016). Effect of the roasting intensity and extraction time of coffee bean on the antioxidant activity of coffee extract. *Food Engineering Progress*, 20(2), 165-169.
- Kang, D. Y., & Min, S. G. (2012). *Korean coffee roaster*. Seoul, Korea: Seoul Commune.
- Kim, H. K., Hwang, S. Y., Yoon, S. B., Chun, D. S., Kong, S. K., & Kang, K. O. (2007). A study of the characteristics of different coffee beans by roasting and extracting condition. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 20(1), 14-19.
- Kim, J. N. (2013). *Composition profile of two alkaloids (caffeine and trigonelline) in the extraction solution and SEM characterization of pore structure in coffee beans (Coffea arabica and Coffea canephora) by roasting intensity* (Master's thesis). Seoul Venture University.
- Kim, K. J., & Park, S. K. (2006). Changes in major chemical constituents of green coffee beans during the roasting. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 38(2), 153-158.
- Lee, H. S. (Ed.) (2015). *Coffee roasting technique*. Seoul, Korea: Seoul Commune.
- Lee, J. A. (2015). Quality characteristics of cookies added with kale powder. *Culinary Science & Hospitality Research*, 21(3), 40-52.
- Lee, J. C. (2016). A study of compound changes in coffee beans by different roasting condition. *Culinary Science & Hospitality Research*, 22(6), 114-119.
- Lee, J. K. (2013). *Coffee roasting conditions and extraction conditions for the study of the organic relationship* (Doctoral dissertation). Seoul Venture University.
- Lee, S. Y., Hwang, I., Park, M., & Seo, H. S. (2007). Sensory characteristics of diluted espresso(Americano) in relation to dilution rates. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 23(6), 839-847.

- Lingle, T. R. (2001). *The coffee cupper's handbook*. California, US: Specialty Coffee Association of America.
- McCamey, D. A., Thorpe, T. M., McCarthy, J., & Rousiff, R. L. (1990). *Bitterness in foods and beverage*. New York, US: Elsevier.
- Park, E. A. (2014). Physicochemical characteristics and anti-oxidant activities of *Codonopsis lanceolata* leaves. *Culinary Science & Hospitality Research*, 20(4), 183-192.
- Richmond, M. L., Brandao, S., Gray, J. I., Markakis, P., & Stine, C. M. (1981). Analysis of simple sugar and sorbitol in fruit by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29(1), 4-7.
- Russwurm, H. J. (2006). Fractionation and analysis of aroma precursors in green coffee. In *Fourth International Colloquium on the Chemistry of Coffee*, 103-107.
- Handschin, S., Schenker, S., Frey, B., & Perren, R. (2000). Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. *Journal of Food Science*, 65(3), 452-457.
- Shibamoto, T. (1991). *An overview of coffee aroma and flavor chemistry*. San Francisco, USA: In 14 International Scientific Colloquium on Coffee.
- Shin, M. G. (2012). *A study on the difference of chemical components depending on the gas supply pressure changes and roasting time variations* (Master's thesis). Seoul Venture University.
- Shin, W. R. (2011). The sensory characteristics of espresso according to grinding grades of coffee beans. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 27(1), 85-99.
- Song, J. B. (Ed.) (2007). *Coffee roasting : magic, art, science : physical changes and chemical reactions*. Seoul, Korea: Ju Bean Coffee.
- Tanaka, T., & Mori, M. (1995). *Prevention of experimental tumorigenesis in colon, liver, and oral cavity by dietary chlorogenic and caffeic acids*. Kyoto, Japan: ASIC.
- Trugo, L. C., & Macrae, R. (1984). A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chemistry*, 15(3), 219-227.
- Trugo, L. C., Macrae, R., & Clarke, R. J. (1985). *Coffee, vol. 1. chemistry*. London and New York: Elsevier applied science Publishers.
- Wang, N. (2012). *Physicochemical changes of coffee beans during roasting*. Canada: University of Guelph.
- Yeretzian, C., Jordan, A. Badoud, R., & Lindinger, W. (2002). From the green bean to the cup of coffee: Investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*, 214(2), 92-104.

2017년 5월 29일 접수
 2017년 6월 04일 1차 논문수정
 2017년 6월 09일 논문 게재확정