

압출성형 커피생두의 추출속도와 품질 특성

강대철 · 류기형
공주대학교 식품공학과

Extraction Rate and Quality Characteristics of Extruded Coffee Green Bean

Dae Chul Kang and Gi Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

Abstract

Extrusion process applied to coffee manufacturing process to shorten roasting and grinding in conventional process. Robusta and Arabica coffee were extruded under conditions of moisture content(20%, 30%) and temperature of die section(90, 100, 120°C) by using an experimental twin-screw extruder. pH of extruded coffee extract was higher than that of the control. It seems that organic acid was evaporated during extrusion process. In extraction rate in hot water, extruded coffee was faster than control. The more barrel temperature and moisture content were increased, the more coffee extraction rate was increased. The flavor and taste of extruded coffee were somewhat weaker than control in sensory evaluation. The change in flavor and taste seems to be caused by suffering a loss of volatile and nonvolatile compounds by heating, vapor evaporation and shearing during extrusion process. In conclusion, the loss of an aromatic substance produced during extrusion process was minimized or recovered to apply extrusion process for coffee manufacturing.

Key words: extrusion process, coffee green bean, extraction rate, quality characteristics

서 론

커피(coffee, café)는 천초과에 속하는 상록관목으로 주로 열대성 기후의 강우량이 많은 곳에서 재배되며 커피가 최초로 발견된 것은 약 6~7세기경에 에디오피아로 추정된다(문준웅, 1997; Clarke와 Macrae, 1987; Sivez와 Desrosier, 1980). 원료인 커피생두는 품종과 가공조건에 따라 차이가 있으나 일반적으로 10~13%의 수분, 37~60%의 탄수화물, 9~18%의 지방질, 11~13%의 단백질, 3.0~4.5%의 무기질, 특수성분으로 0.9~2.4%의 카페인(caffeine)과 5.5~10%의 클로르제닉산(chlorogenic acid)이 주성분으로 구성되어 있다(문준웅, 1997; Sivetz, 1963).

커피의 제조공정은 배합, 배전, 분쇄, 추출 등의 공정을 거치게 된다. 배전공정은 배전시간과 온도의존성 공정으로 배전과정 동안 복합적인 물리화학적 변화를 일으키며 커피생두의 표면온도가 상승되어 수분증발, 갈변, 조직팽창과 함께 향미가 생성된다(Clarke와 Macrae, 1987; Sivetz와 Yamaha, 1995). 배전이 완료되면 일반적으로 14~18% 중량의 감소와 약 2~3배 부피가 팽창된다(Clarke와 Macrae, 1987; Rothfos, 1986).

배전한 생두커피를 냉각하여 추출이 용이하도록 분쇄를 하여 입자크기를 작게 하는 분쇄공정은 커피표면에 약 96°C의 뜨거운 물이 접촉될 표면적을 증가시키기 위한 작업이다. 분쇄한 커피의 형태는 고운 가루에서 지름 1 mm 크기의 입자들이 일정한 비율로 구성되며 적절한 추출을 위해 적절한 분쇄는 필수적이다. 분쇄과정이 끝나면 마지막으로 추출과 농축공정을 거치게 된다. 원두커피의 추출방식에 따라 추출수율의 차이가 있으며 추출수율은

Corresponding author: Gi Hyung Ryu, Professor, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-802, Republic of Korea.
Phone: +82-41-330-1484, Fax: +82-335-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

경제성과 밀접한 관계가 있으므로 커피 고유의 향미의 손실을 방지하면서 추출수율을 높이는 것이 중요하다.

커피 제조공정에서 추출율을 증가시키기 위하여 배전(열처리)공정과 분쇄공정이 중요한 단위공정이므로 가열처리, 혼합, 분쇄 등의 단위공정이 연속적으로 단시간에 원료를 가공할 수 있는 압출성형공정을 이용하여 커피제조공정을 단순화할 수 가능성이 있다. 압출성형 공정은 고온단시간 공정(HTST Process)으로 120°C 이상에서 곡류의 팽화, 식물성 단백질의 조직화 등 식품가공에 널리 이용되고 있다(류기형, 2003). 최근 압출성형공정으로 식물성 원료를 처리하여 추출수율을 향상시키기 위한 연구로서 압출성형 공정을 이용한 수삼의 추출수율의 향상 및 구형과립화(류기형과 Remon, 2004), 두부제조공정의 부산물인 비지의 압출성형 전처리를 통한 수용성 섬유소의 변화(류기형, 1995) 등에 관한 연구가 수행되었다.

압출성형은 수분함량, 배럴온도, 압출성형기 스크류와 사출구 구조와 같은 압출성형 공정변수의 조절에 의해 다양한 성질을 가지는 압출성형물의 제조가 가능하므로 새로운 제품의 개발과 기존의 생산공정을 대체하기 위한 연구가 수행되었으나 압출성형공정을 커피가공공정에 적용하기 위한 연구는 수행되지 않았다.

그러므로 본 연구는 커피의 원료인 커피생두(로부스타종, 아라비카종)를 압출성형 공정변수(수분함량, 사출구 부위온도)를 달리하여 제조한 압출성형 커피생두의 추출속도, 부피밀도, 추출속도 및 추출액의 품질특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재 료

주원료가 로부스타종(Robusta) 커피품종인 Vietnam G2(92.5%)와 Brazil NY-4(7.5%)를 혼합한 시료군과 주원료가 아라비카종(Arabica) 커피품종인 Brazil NY-2(20%), Indonesia WIB-1(20%), Colombia Excelso(25%), Mexico P.W.(20%), Ethiopia Sidamo G4(15%)를 배합한 시료군으로 나누었다. 두 가지 시료군을 각각 압출성형하여 제조한 커피생두를 실험 시료로 하였다.

압출성형공정

압출성형 생두커피원료는 커피생두를 편밀(경창기계, 서울)을 사용하여 분쇄한 커피생두를 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용한 압출성형기는 실험용 쌍축 동방향 압출성형기(THK31T, 인천기계)로서 스크류 길이와 직경비(L/D ratio)는 25:1, 사출구 직경 3 mm였으며 스크류 배열은 Fig. 1과 같다. 수분을 원료사입구로 주입하여 수분함량을 20%와 25%로 조절하였고 바렐온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 바렐을 가열 냉각하여 사출구부위의 바렐온도를 90-120°C로 조절하였다. 스크류 회전속도와 원료사입량은 200 rpm과 70 g/min으로 고정하여 압출성형 커피생두 시료를 제조하였다.

배 전

배전은 소형 시료배전기(Probat Brz 4, Germany)로 배전을 하였고 압출성형 커피생두의 1회 투입량은 65~70 g으로 동일하게 적용하였다. 먼저 20~30 분 정도 배전기를 예열시킨 후 200°C에 도달하면

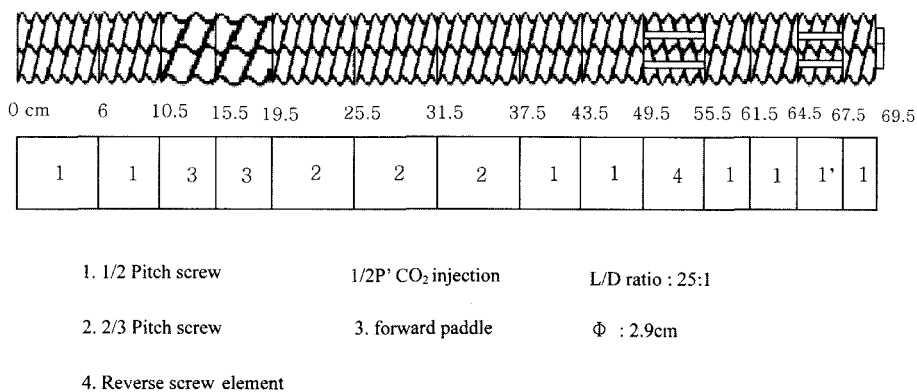


Fig. 1. Screw configuration for extruding coffee green bean.

시료를 투입하여 damper를 조절하면서 배전을 하였다.

시료분석

수분함량은 적외선 수분측정기(Mettler CP-16M, USA)를 사용하였으며 작동조건은 130°C에서 20분 동안으로 설정하여 분석하였다. 겉보기 밀도(bulk density)는 200 mL메스실린더에 40 g의 압출성형물을 채운 다음 40회 바닥을 두드린 다음 측정된 부피로 나누어 계산하였으며 3회 측정된 평균값으로 나타내었다.

당도 및 pH는 압출성형 분쇄커피 10 g에 끓인 시판생수 180 mL을 혼합하여 추출한 추출액의 당도와 pH를 측정하였다. 브릭스(brix) 측정은 디지털 굴절계(Atago RX-500, Japan)를 사용하였으며 pH는 pH Meter(Metrohm605, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

추출속도

추출시간에 따른 대조구와 압출성형커피의 추출 경향을 알아보기 위하여 각 시료들은 업소용 분쇄기(Ditting KF804, Switzerland)로 중분쇄한 후 커피 3 g에 60°C 시판생수 200 mL을 가하여 항온 교반하면서 30초, 60초, 120초, 180초, 240초에 추출한 시료를 채취하여 시판 커피용 종이여과지(Gustin Kramer, Canada)를 사용하여 여과하였다. 여과를 거친 커피시료 추출액은 Spectrophotometer(CECIL CE1020, USA)를 이용하여 480 nm에서 흡광도를 측정하였다. 또한 추출속도는 각 시료들의 추출시간에 따른 흡광도의 1차 관계식에서 기울기를 추출속도의 지표로 나타내었다.

관능평가

일반적으로 커피산업에 시행하는 국제적인 컵시험(cup test) 기준으로 중분쇄커피 7.25 g에 95°C의 시판생수 150 mL를 가하여 3분간 침지 후 교반하여 침전시킨 65°C의 상징액 5 mL를 입안으로 강하게 빨아 혀와 입안 전체에 분사하고, 일부 증기를 코로 내보내 향기를 평가하였다. 평가의 신뢰를 높이기 위해서 각 시료당 5 컵을 준비하여 평가하였고 관능평가 패널은 3년 이상 커피의 관능검사를 해오던 5명의 패널을 선발하여 관능평가의 내용을 이해시키고 훈련을 한 다음 관능검사를 행하였다. 또한 보정 관능검사를 위해 일반 가정에서 널리 사용하는 drip식으로도 추출하여 보다 정확한 관능검

사를 하였다(Stepanuchi, 1973).

커피의 맛과 향을 표현하는 용어와 방법은 커피의 맛과 향(aroma/flavor), 풍미의 농후함(body), 후미(aftertaste)로 나누어 종합적으로 평가를 하였다. 관능평가에는 강도(intensity)와 선호/특성(preference/characteristics)을 함께 평가하고 관능지수(sensory scale)는 0~5 점의 평가기준을 사용하였다(Lingle, 1986).

결과 및 고찰

원료인 커피생두 품종과 배합비, 수분함량, 사출구 부위온도에 따른 배전특성, 압출성형 커피생두의 밀도와 추출액의 당도와 pH, 추출시간에 추출속도와 관능적 품질특성을 분석하여 압출성형공정을 기존의 커피제조공정에 적용하기 위하여 압출성형생두커피와 기존의 공정으로 제조한 커피의 특성을 비교 분석하였다.

압출성형 커피생두의 겉보기 밀도와 입도분포

Table 1은 로부스타 커피와 아라비카 커피의 압출성형 공정변수의 변화에 따른 부피밀도를 측정한다. 커피생두를 배전을 하면 부피는 일반적으로 200~300% 팽창을 하지만(Rothfos, 1986; Kino와 Takagi, 1995), 압출성형한 커피생두는 1차적으로 팽화가 이루어졌기 때문에 2차 가공인 배전과정 동안 뚜렷한 부피팽창이 일어나지 않아 용적밀도의 큰 변화가 없이 455-513 g/L를 나타내었다. 또한 압출성형한 커피생두의 경우 배전기에 투입하자 미분의 커피생두는 damper로 통해 많은 양이 배출되어 배전수율도 압출성형하지 않은 커피생두에 비하여 낮았다.

압출성형 로부스타는 상대적으로 미세분말이 많아 배전 후 부피밀도가 압출성형 아라비카보다 낮았다. 압출성형 로부스타의 배전 중 배전기 드럼 내의 baffle에 의하여 초기 성형된 커피생두가 부서져 상대적으로 가볍거나 크기가 작은 것은 damper로 배출되어 전체적으로 배전수율은 낮은 것으로 판단되었다.

사출구부위 온도 90°C와 수분함량이 20%와 25%에서 압출성형한 아라비카 커피 시료의 배전 전 부피밀도는 각각 541 g/L과 541 g/L이었으나 배전 후에는 482 g/L과 489 g/L로 다른 시료와 비교하여 사출구부위 온도가 높은 압출성형 아라비카 시료보다 변화의 폭이 크게 나타났다.

추출액의 브릭스와 pH

압출성형한 커피 추출액의 브릭스와 pH는 Table 1에 나타내었다. 로부스타 커피가 아라비카 커피보다 브릭스가 다소 높게 나타났고 압출성형시 바렐의 온도가 높고 수분 투입량이 증가할수록 브릭스가 증가하는 경향을 보였다. 또한 로부스타 커피 대조구 1.52%보다 압출성형 시료 수분함량 25%와 사출구부위 온도 100°C에서 압출성형한 로부스타 시료의 브릭스가 1.70%로 높았다. 이는 압출성형시 바렐의 온도와 수분투입량이 증가하면 커피세포조직에 물리 화학적 변화가 수반되어 열수가 쉽게 입자에 침투하여 당질 및 기타 가용성 성분의 용출이 증가하는 것으로 판단되었다.

pH는 각 시료 군 내에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 아라비카 커피가 로부스타 커피보다 pH가 낮았다. 이는 아라비카 특유의 신맛을 내는 산 성분이 로부스타 보다 다량 함유하기 때문이며(Sivez와 Desrosier, 1980). 로부스타 커피와 아라비카 커피의 대조구는 각각 pH 5.8, pH 5.29 인데 비해 압출성형 시료 군의 평균 pH 6.16(로부스타군), pH 5.68(아라비카군) 이었다(Table 1). 이는 압출성형과정 동안 가해지는 열과 압력에 의해 커피생두 성분인 유기산들이 유리되어 휘발되었거나 분해된 것으로 판단되었다.

추출속도

압출성형한 커피의 추출시간에 따른 추출액의 흡광도를 파장 420 nm에서 측정 한 결과는 Figs. 2-5

Table 1. Bulk density and Brix and pH of extruded coffee bean extract at different moisture content and die section temperature

	Moisture content (%)	Die section temp. (°C)	Bulk density (g/L)	Brix (%)	pH
Robusta coffee	20	90	494	1.48	6.29
	20	110	455	1.46	6.06
	20	120	482	1.60	6.15
	25	100	481	1.70	6.13
	25	110	455	1.69	6.20
	25	120	506	1.46	6.12
Arabica coffee	20	90	482	1.36	5.69
	20	100	513	1.37	5.76
	20	110	513	1.49	5.68
	25	90	489	1.56	5.70
	25	100	500	1.52	5.60
	25	110	508	1.32	5.64

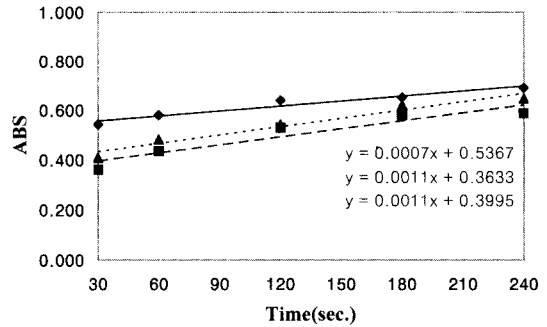


Fig. 2. Changes in extract absorbance of Robusta coffee during brewing. ◆ Robusta control, ■ Moisture content 20% and barrel temperature 90°C, ▲ Moisture content 20% and barrel temperature 120°C

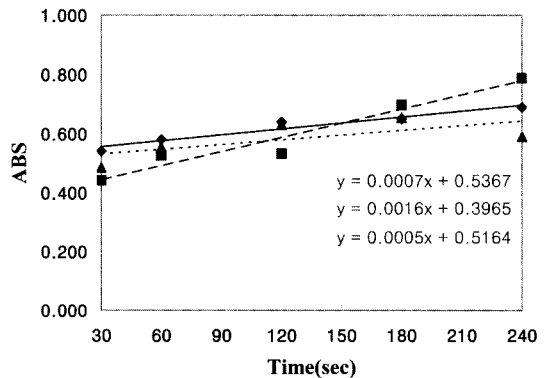


Fig. 3. Changes in extract absorbance of Robusta coffee during brewing. ◆ Robusta control, ■ Moisture content 25% and barrel temperature 90°C, ▲ Moisture content 25% and barrel temperature 120°C

와 같다. 로부스타 대조구와 사출구 부위온도 90°C와 120°C에서 수분함량을 각각 20%(Fig. 2)와 25%(Fig. 3)로 달리하여 압출성형한 로부스타 커피와 아라비카 대조구와 사출구 부위온도 90°C와 120°C에서 수분함량 20%(Fig. 4)와 수분함량 25%(Fig. 5)에서 압출성형한 로부스타 커피의 추출시간에 따른 흡광도를 측정하였다. 이러한 조건은 추출액의 Brix가 최소와 최대인 시료를 선별하여 추출속도를 결정하였다.

각 시료들은 대조구에 비해 추출시간 3초에서 추출액의 흡광도는 낮았으나 각 시료들의 추출시간에 따른 흡광도의 1차 관계식에서 추출속도의 지표인 기울기는 추출시간이 경과함에 따라 대조구보다 증가하는 경향을 보였다. 이는 압출성형으로 커피 조

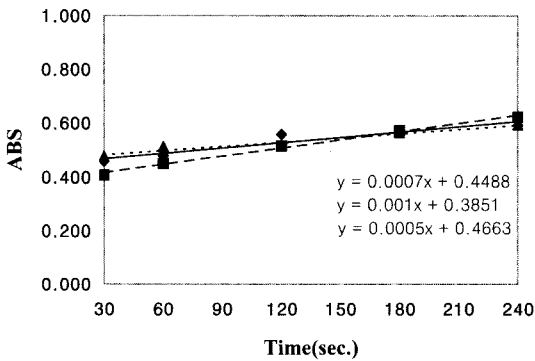


Fig. 4. Changes in extract absorbance of Arabica coffee during brewing.

◆ Arabica control, ■ Moisture content 20% and barrel temperature 100°C, ▲ Moisture content 20% and barrel temperature 120°C

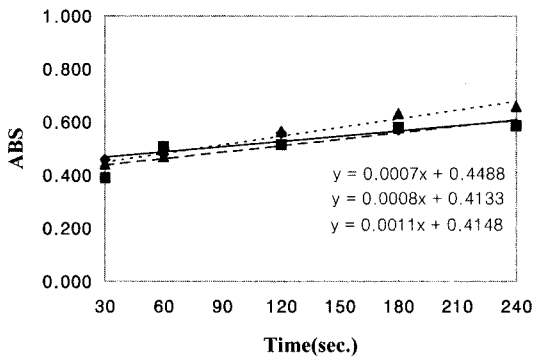


Fig. 5. Changes in extract absorbance of Arabica coffee during brewing.

◆ Arabica control, ■ Moisture content 25% and barrel temperature 110°C, ▲ Moisture content 20% and barrel temperature 90°C

직의 팽화로 인하여 미세한 다공질이 형성되어 수분의 침투속도가 증가하여 가용성 성분이 추출이 향상되는 것으로 생각되었다. 로부스타 커피의 경우 시료(사출구 부위온도 100°C, 수분함량 25%)는 추출속도는 0.0016 s^{-1} 로 대조구의 추출속도 0.0007 s^{-1} 와 비교하여 추출속도는 크게 증가하였다. 또한 추출종료 후 흡광도(0.788)도 가장 높았지만 추출종료 240초에서 흡광도는 대조구(0.690)와 비교하여 사출구부위 바렐온도 90°C, 수분함량 20%(0.588), 사출구 부위온도 120°C, 수분함량 20%(0.647), 사출구 부위온도 100°C, 수분함량 25%(0.590)에서 압출성형한 시료는 낮았다(Figs. 2,3).

한편 아라비카 커피시료의 추출속도는 사출구 부위온도 101°C, 수분함량 20%(0.001 s^{-1}), 사출구 부위

온도 100°C, 수분함량 25%(0.0008 s^{-1}), 사출구 부위온도 90°C, 수분함량 25%(0.0011 s^{-1})보다 대조구 (0.0007 s^{-1})가 보다 빠르게 추출되었고 추출종료 흡광도 또한 대조구 0.592에 비해 압출성형 시료의 흡광도는 0.623, 0.593, 0.659로 높았다(Figs. 4,5). 로부스타 커피시료가 대조구에 비해 낮은 것과 비교하여 아라비카 커피시료는 상반된 경향을 보였다. 아라비카시료 중에서는 사출구 부위온도 110°C, 수분투입량 25%인 시료가 추출속도 및 추출종료 흡광도에서 가장 높은 값을 나타내었다. 즉 사출구 부위온도와 수분투입량이 증가할수록 커피추출에 향상되는 것을 알 수 있었다.

관능평가

각 배전된 시료는 커피산업에서 널리 통용되는 컵시험을 통해 패널 5명이 관능평가를 하였다. 대조구로는 동일 원두사양의 압출성형 하지 않은 커피를 사용하였다. 추출 후 성상면에서 대조구의 추출액은 일반적으로 갈색의 색상을 가지지만 압출성형커피 추출액은 보다 진한 갈색을 띠었다. 관능평가에서 압출성형한 커피가 대조구보다 맛과 향에서 다소 약한 풍미를 가진 것으로 나타났다. 이는 압출성형성형을 통해 수분, 가열, 전단력이 생두커피 조직에 물리 화학적인 변화를 주어 휘발성 향미성분과 용해성 물질이 손실되었기 때문으로 판단되었다(Cale과 Imura, 1993; Petersen et al., 1973). 또한 커피의 단백질 성분의 아미노기와 당질 성분의 카르복실기의 반응으로 인한 갈변반응이 초기단계로 일어나서 압출성형한 커피생두가 약간의 갈색을 띠는 것도 이를 뒷받침해준다.

Fig. 6은 신선한 분쇄커피에 고온의 물을 접촉시켰을 때 일반적으로 느껴지는 커피의 특징적인 향을 가진 휘발성 향기성분에 의해 결정되는 커피의 맛과 향(aroma/flavor)을 나타낸 것으로 대조구 로부스타와 아라비카 커피는 3.0와 4.0 으로 각각 평가되었다. 또한 압출성형 로부스타 커피는 1.5로 나타났으며, 압출성형된 아라비카 커피는 2.1로 대조구보다 전체적으로 맛과 향이 낮게 평가되었다. 특히 향에서는 대조구의 경우 열수를 부었을 때 커피고유의 향이 포함된 증기가 코를 자극했으나 압출성형된 커피는 상대적으로 매우 약하게 감지되었다.

강한 커피향으로 인한 입안 가득히 꽉 찬 느낌 또는 커피의 점성에 대한 풍미의 농후함을 나타내는 body는 맛과 더불어 커피의 품질에 영향을 미치는 중요한 커피 평가지표가 되는 것으로 대조구 로

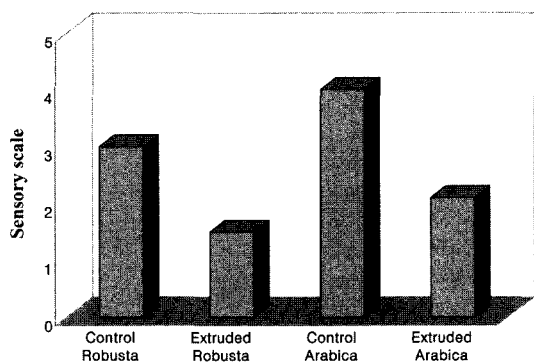


Fig. 6. Sensory scale of aroma and flavor of control and extruded coffee.

Sensory scale: 0, imperceptible; 1, slightly perceptible; 2, moderately perceptible; 3, slightly pronounced; 4, moderately pronounced; 5, highly pronounced

부스타 커피와 아라비카 커피는 3.6과 3.8로 각각 평가되었으나 압출성형된 로부스타 커피는 2.0으로 평가 되었으며, 압출성형된 아라비카 커피는 2.4로 평가되었다(Fig. 7). 대조구의 경우는 body가 좋고 풍부한 반면 압출성형한 커피는 body가 약하고 가벼워서 입안에서 느껴지는 풍부한 맛과 향은 부족하였다.

후미(aftertaste)는 커피를 마신 후 혀와 입안전체 그리고 커피를 넘기는 목에서 느껴지는 커피의 마지막 맛과 향이며 커피의 여운을 은은히 남기게 된다. 대조구 로부스타 커피와 아라비카 커피는 3.1과 3.8로 각각 평가되었으나 압출성형된 로부스타 커피는 2.0으로 나타났으며, 압출성형된 아라비카 커피는 3.3으로 평가되었다(Fig. 8).

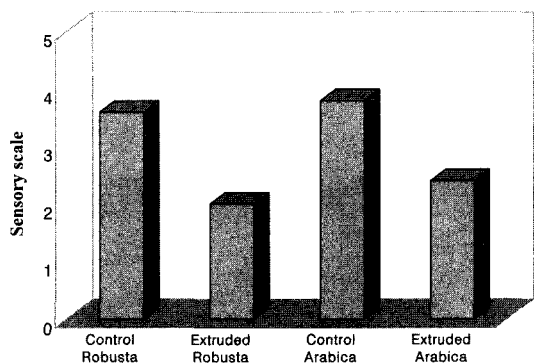


Fig. 7. Sensory scale of body of control and extruded coffee.

Sensory scale: 0, very weak; 1, weak; 2, fair; 3, strong; 4, very strong; 5, extremely strong

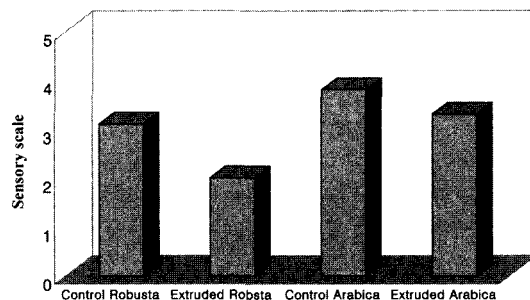


Fig. 8. Sensory scale of aftertaste of control and extruded coffee.

Sensory scale: 0, very poor; 1, poor; 2, fair; 3, good; 4, very good; 5, excellent

압출성형 로부스타 커피와 비교하여 압출성형 아라비카 커피는 짙은 탄닌 맛이 없고 깨끗한 맛이 있어 상대적으로 후미가 좋게 평가되었다. 대조구의 커피가 압출성형된 커피보다 모든 관능적인 측면에서 높은 점수를 받았으며 기존의 원두커피 맛에서도 약간의 다른 성격을 띄는 것으로 평가되었다. 패널들의 기타 의견으로는 기존의 커피에 비해 압출성형한 커피가 음용하기에 부담이 없어 좋다는 평가도 나왔다.

압출성형기술의 커피가공에 적용 및 커피 가공기술의 다양화 등 산업적으로 큰 의미가 있었다고 생각되며, 커피의 맛과 향은 커피의 등급과 품질을 결정짓는 가장 중요한 평가요소로서 압출성형을 통해 발생하는 향미성분을 최소화하거나 손실되는 향미성분을 효율적으로 회수하여 재사용하는 문제가 앞으로 연구되어야 할 것으로 판단되었다

요 약

압출성형공정을 배전과 분쇄 등과 같은 커피제조공정에 적용하기 위하여 로부스타종 커피와 아라비카종 생두커피를 압출성형조건(수분함량, 사출구 부위온도)을 달리하여 제조한 압출성형 커피의 특성을 분석하였다. 압출성형한 커피 추출액이 대조구보다 pH가 높았으며 원인은 커피가 압출성형과정에서 커피 성분인 유기산들이 유리되어 휘발되었거나 손상을 입었기 때문인 것으로 사료되었다. 열수 추출하는 시간의 경과에 따라 추출속도는 압출성형 커피가 대조구보다 증가하였다. 이는 압출성형으로 인한 커피 조직의 팽화 때문에 다공질이 많아 열수가 보다 빨리 커피조직에 침투되어 가용성 성분의 추출속도가 향상되는 것으로 생각되었으며 사출구

부위온도와 수분함량이 증가할수록 커피추출속도는 증가하는 경향을 보였다. 관능평가에서 압출성형한 커피가 대조구보다 맛과 향에서 다소 약한 풍미를 가진 것으로 나타났다. 이는 압출성형공정을 통한 가열, 가압, 전단력이 커피 세포조직에 물리 화학적으로 변화를 주어 다량의 휘발성 및 비휘발성 향미 성분의 손실과 함께 다른 용해성 물질의 소실에 기인한 것으로 판단되었다.

문 헌

- 문준용. 1997. 포장조건에 따른 저장 중 커피의 향미특성의 변화와 보존기간. 경희대학교 대학원 박사학위 논문.
- 류기형. 1995. 압출성형공법을 이용한 비지의 처리 및 중간소재식품화. 한국콩연구회지 **12(2)**: 43-48.
- 류기형. 2003. 압출성형공정을 이용한 식물성 단백질 조직화. 산업식품공학 **7(2)**: 73-79.
- 류기형, Remon, J.P. 2004. 압출성형 수삼의 추출수율과 추출물의 저온압출 구형 과립화. 한국식품영양과학회지 **33(6)**: 899-904.
- Cale, K and Imura, N. 1993. Recovery of beneficial coffee aromas from thermal hydrolyzate. *ASIC* **15**: 685.
- Clarke, R. and Macrae, K. 1987. *Coffee Chemistry*. Elsevier Applied Science Publishers, Ltd. UK
- Kino, T and Takagi, T. 1995. Effect of fan-infrared heating on coffee beans roasting. *ASIC* **16**: 397.
- Lingle, T. 1986. *The Coffee Cupper's Handbook-Systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor coffee development*. USA
- Maier, H. 1985. The composition of fast roasted coffees. *ASIC* **11**: 291.
- Petersen, E. Lorentzen, J. and Flink, J. 1973. Influence of freeze-drying parameters on retention of flavor compounds of coffee. *J. Food Sci.* **38**: 119.
- Rothfos, B. 1986. *Coffee Consumption*. Gordan-Max Rieck Gmbu
- Sivetz, M. 1963. *Coffee Processing Technology*. AVI Publishing Co.
- Sivez, M. and Desrosier, N. 1980. *Coffee Technology*. AVI Publishing Co.
- Sivetz, M. and Yamaha, H. 1995. Status of international coffee market. *Food Industry* **4(15)**: 270
- Stepanuchi, A. 1973. Balanced coffee flavors. USP 3780197