Korean J. Food & Nutr. Vol. 20. No. 1, 14~19 (2007)

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

종류별 커피의 볶음 및 추출조건에 따른 품질 특성에 관한 연구

김하경 · 황성연[*] · 윤수봉[**] · 천덕상[***] · 공석길[***] · [†] 강근옥[***]

(주)쟈뎅 커피연구소, [*]한경대학교 식품생물공학과
[**]영동대학교 호텔외식조리학과, [***]한경대학교 영양조리과학과

A Study of the Characteristics of Different Coffee Beans by Roasting and Extracting Condition

Ha-Kyung Kim, Seong-Yun Hwang[*], Soo-Bong Yoon[**], Dug-Sang Chun[***]
Suk-Kil Kong[***] and [†] Kun-Og Kang[***]

Jardin Co. Coffee Lab.
[*]Dept. of Food Biotechnology, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea
[**]Dept. of Food Service, Youngdong University, Youngdong 370-701 Korea
[***]Dept. of Food Nutrition & Culinary Science, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea

Abstract

Caffeine is one of the most well known stimulants which can potentially increase mental performance, release fatigue and decrease depression. Green beans from different soils and climates contain different levels of caffeine, and as well as extracted coffee with different roasting and extracting methods. An investigation looking at pH, acidity, extractable solid and caffeine contents was assessed according to roasting and extracting conditions of various coffee beans. Brazilian coffee beans did not show much variation in pH with respect to roasting and extracting temperature, however, acidity increased in low roasting and extracting temperatures. This was however most prominently observed in Ethiopian and Indonesian coffee beans. The large expansion of coffee bean cells renders them highly porous to the passage of water, consequently extracted solids were found to increase with increasing temperature. This was especially apparent in Columbian coffee which had the highest extracted solids. The amount of caffeine extracted from coffee beans also increased with the higher temperature extraction. The Indonesian and Vietnam robusta coffee varieties showed the highest caffeine content.

Key words: coffee, green bean, roasted bean, extracting condition, caffeine.

서 론

커피는 쓴맛, 신맛, 떫은맛 및 구수한 맛 등이 조화된 기호식품이다. 커피나무는 아프리카의 에티오피아가 원산지이며, 현재는 아프리카, 남아메리카, 인도네시아, 베트남 등지에서 널리 재배되고 있다[1]. 커피는 *Caffea arabica* L., *Caffea canephora* L. 그리고 *Coffeae libericae* 세 품종으로 나눌 수 있는데, *Caffea arabica*(Arabica 종)가 총재배량의 75%를 차지하고 있으며, Colombia, Ethiopia, Tanzania, Kenya, Brazil mild 커피 등이 여기에 속한다. *Caffea canephora*(Robusta 종)는 25% 정도를 차지하고 있으며 Ivory Coast, Cameroon, Uganda, Indonesia, Vietnam, India, Thailand 커피 등이 있다[2,3]. 일반적으로 생산지별로 품질이 비슷하기 때문에 지역 이름 혹은 선적된 항구 등을 마치 상품명처럼 사용하는데, 브라질의 마르고지프

[†] Corresponding author: Kun-Og Kang, Dept. of Food Nutrition & Culinary Science, Hankyong National University, 67 Seokjung dong, Ansung 456-749, Kyonggi-Do, Korea.
Tel: +82-31-670-5181, Fax: +82-31-673-2704, E-mail: cocco-9522@hanmail.net

커피, 콜롬비아의 콜롬비아 마일드, 에티오피아의 에티오피아 하라, 자마이카의 블루마운틴, 예멘의 모카 커피 등이 그 예이다.

커피 생두는 볶는 과정에서 급격하게 화학적인 조성이 변하면서 커피 특유의 향을 생성한다. 볶는 공정은 4단계로 나누어지는데[4], 제 1단계에서는 열에 의해서 커피 생두의 표면 온도가 상승되면서 100℃가 될 때까지 수분이 서서히 증발하고, 제 2단계에서는 가열이 더욱 진행되어 130℃가 되면 커피가 황색으로 서서히 변하기 시작하면서 팽창하기 시작하여 140℃에서 탄산가스 및 향기 성분이 발생한다. 제 3단계에서는 온도가 150℃로 상승하면 커피 생두의 중심부분에서 팽창음이 나기 시작하고 흡열반응은 최고에 도달한다. 제 4단계에서는 발열반응으로 전환되면서 향기 성분이 본격적으로 생성되기 시작한다. 온도가 190℃가 되면 조직에 미세한 균열이 생기기 시작하는데 200℃부터는 향기 성분 생성과 갈변이 더욱 활발하게 진행되며, 210~230℃가 되면 배전을 중단하고 신속히 냉각시켜 볶는 과정을 끝낸다. 이 단계에서 향기 성분의 생성이 최고에 도달하며 더 진행되면 탄화작용으로 향기 성분이 감소한다. 일반적으로 배전공정이 완료되면 중량의 14~20%가 감소하고, 부피는 약 200~300% 팽창하며, 부피의 약 300~400%에 해당하는 탄산가스를 방출하게 된다[3].

커피 성분 중 가장 중요한 것은 카페인이다. 카페인은 부신피질 호르몬 분비를 활성화시켜 순환기 계통의 운동을 늘리고 이뇨작용을 유발하며 기관지 확장, 담낭 수축, 위장관 운동성을 증가시키는 등의 효과를 나타낸다. 또한 카페인은 중추신경을 활성화 시켜 중추신경 흥분제로 작용하는데, 두 잔 정도의 커피를 마시면 수행능력이 향상되고, 피로가 줄어들며, 각성 정도가 향상되고, 공격 성향을 줄인다고 한다[6].

우리가 마시는 커피 한 잔에는 약 40~108 ㎎의 카페인이 들어 있고, 카페인을 제거한 커피에는 2~4 ㎎의 카페인이 들어있다. 인스탄트 커피에는 레귤러 커피보다 두 배 이상의 카페인이 들어있는데, 이는 인스탄트 커피를 제조할 때 일반적으로 robusta 종을 사용하고, 고온 고압에서 커피를 추출하기 때문이다[6]. Arabica 종의 카페인 함량은 1~1.7% 정도이고 robusta 종은 2~4.5% 정도이다. 또한 robusta 종에 많이 함유되어 있는 chlorogenic acid를 지나치게 섭취할 경우 소화 장애를 일으킬 수 있다.

커피의 특성 및 건강에 미치는 영향 등 커피와 관련한 논문이 국내외적으로 많이 발표되어 있고 이들 가운데에는 커피의 배전 정도에 따른 분석[7], 커피의 종류에 따른 이화학 성분 및 Gas chromatography(GC)에 의한 향기 성분 분석[8], 추출수율에 관한 분석[9], 가용성 커피에 관한 분석[4], 커피 보관 시 산패에 따른 향미 변화 분석[10] 등도 보고된 바 있다. 그러나 산지별 커피의 추출조건에 따른 카페인 함량 및 신맛 등의 향미 특성에 대해서는 아직 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 날로 성장하고 있는 커피산업의 기초 자료가 될 나라별 커피의 품종별, 볶음 및 추출조건에 따른 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

1) 커피 생두(Green Beans)

본 실험에 사용된 5종류의 커피 생두로 arabica 종은 콜롬비아(슈프리모), 브라질(NY-2), 에티오피아(시나모)를 선정하였으며, robusta 종은 인도네시아(WIB-1), 베트남(washed) 품종을 선정하였다.

2) 커피 원두(Roasted Beans)

커피 생두 5종에 대한 roasting은 실험용 coffee roaster(Tae Hwan Automatic Ind., Co., Korea)를 사용하여 3단계(light roasting, medium roasting, dark roasting)로 하였으며, 볶는 조건은 Table 1과 같이 하였다. 커피 생두 및 볶은 커피는 분쇄기(Brevettato, Italy)를 사용하여 중간 정도의 입자 크기로 분쇄하고, 체(16 mesh)에 통과시킨 후 최종 분석 시료로 사용하였다.

3) 액상 커피

커피 원두 1 g을 정확히 칭량하여 100 ㎖ 정용플라스크에 넣고, 뜨거운 증류수(60℃, 89℃, 98℃) 100 ㎖를 더한 후 20분 동안 추출하여 만들었다.

2. 방 법

1) 생두(Green Beans)의 수분측정

각 나라별 생두 300 g을 채취하여 grain moisture tester(Hb-43, Mettler Toledo, Swiss)를 이용하여 수분을 측정하였다.

2) 명도(Lightness)의 변화

Roasting하여 분쇄한 커피 원두의 배전 정도에 따른 명도를 Color Difference Meter(TC-8600A, Minolta, Japan)를 이용하

Table 1. Roasting conditions for green beans

	Time(min : sec)	Final temperature(℃)
Light roasting	4:30~5:05	185
Medium roasting	5:30~5:50	192
Dark roasting	6:05~6:30	200

여 측정하였다.

3) pH 측정

볶은 커피 1 g을 정확히 칭량하여 100 ㎖ 정용플라스크에 넣고, 온도별(60℃, 89℃, 98℃)로 가열한 증류수 100 ㎖를 넣고 20분 동안 추출한 액을 pH meter(Horiba, Model F-12, Japan)를 이용해서 측정하였다.

4) 산도 측정

시료 10 ㎖에 증류수 100 ㎖를 가하고, 페놀프탈레인을 지시약으로 사용하여 0.1 N-NaOH로 적정하여 산도(%)를 측정하였다.

5) 고형분의 측정

총 고형분 함량의 측정은 가열건조법을 이용하였는데 1 g의 시료를 취하여 90~95℃의 dry oven에 넣고 24시간 경과 후 무게를 측정하여 총고형분 함량(%)으로 하였다.

6) 커피 생두, 원두 및 액상 커피의 카페인 함량 분석

카페인 함량은 역상 HPLC법으로 분석하였다. 먼저 caffeine(Sigma, USA)을 1,000 ppm으로 만들어 stock solution을 제조하였고, 만들어진 stock solution을 각각 50, 100, 150 및 200 ppm으로 만들어 working solution으로 사용하여 검량선을 작성한 다음 시료의 농도를 측정하였다. 시료인 커피 원두는 1g을 정확히 칭량하여 100 ㎖ 정용플라스크에 넣고, 뜨거운 증류수(60℃, 89℃, 98℃) 100 ㎖를 가하여 20분 동안 추출한 다음 0.45 ㎛ membrane filter(Waters, U.S.A)로 여과하여 최종 검체로 선택하였다. HPLC(HPLC System, Young lin Co., Ltd., Korea)의 분석조건은 Table 2와 같다.

결과 및 고찰

1. 생두(Green Beans)의 수분함량

생두의 종류별 수분함량은 Table 3과 같이 콜롬비아 생두의 수분 함량이 10.3%로 가장 높았으며 그 외의 생두는 수분함량이 8.5~9.5% 범위로 비슷하였다. 이는 수확한 생두를 처리하는 방식에서 물을 다량 사용하는 습식법과 태양 빛에 바로 건조하는 건식법이 있는데, 이 가운데 습식법으로 처리한 원두가 건식법으로 처리한 원두보다 수분함량이 높은 경향이 있기 때문이다.

Table 2. HPLC condition for determination of caffeine

Instrument	HPLC
Column	μ-Bondapak C18(3.9 ㎜×150 ㎜)
Mobile phase	Methanol : Acetic acid : Water (20 : 1 : 79)
Flow rate	1.2 ㎖/min
Column temp.	20℃
Detector	280 ㎚
Injection vol.	20 ㎕

Table 3. Moisture content of green beans

Coffee beans	Moisture(%)
Colombia	10.3
Ethiopia	8.5
Brazil	9.5
Indonesia	8.5
Vietnam	8.8

2. 볶음 정도에 따른 명도(Lightness)의 변화

커피 생두는 열의 전달방식이 다른 설비에서 볶을 경우 같은 시간대에 동일한 볶음 정도를 얻었다 하더라도 커피의 품질에는 커다란 차이가 있다. 볶아 놓은 커피도 배전기에서 배출된 직후의 명도와 보관기일이 경과하였을 때의 명도에 차이가 있으며 저장기간이 지나면서 좀 더 검게 변한다[11].

산지별 커피의 볶음 정도에 따른 명도 변화는 Table 4와 같았는데, 콜롬비아 종이 light 및 medium roasting 시 명도가 27.2, 21.0으로 가장 낮았으며 light roasting 시 명도가 가장 높은 것은 29.5의 에티오피아 종이었고, medium roasting 에서는 24.1의 인도네시아 종이었다. Dark roasting 시에는 콜롬비아 종이 16.5로 가장 밝은 것으로 나타났다.

3. pH

통상적으로 원두커피의 pH가 인스탄트 커피의 pH보다 수치가 약간 높게 나타나는데 이것은 원두커피가 뜨거운 상태로 공기 중에 노출되면서 다결정 구조의 산이 단결정 구조의 산으로 변화되었기 때문이라고 한다[4]. 그리고 Pictet[12]는 추출

Table 4. Color difference(L value) depended on the roasting condition

Coffee beans	Degree of roast		
	Light roasting	Medium roasting	Dark roasting
Colombia	27.2	21.0	16.5
Ethiopia	29.5	23.5	15.5
Brazil	27.5	22.0	16.1
Indonesia	29.1	24.1	15.4
Vietnam	28.5	24.0	15.6

Table 5. Difference in pH by different water temperature

Coffee beans	Degree of extraction(medium roasting)		
	60℃	89℃	98℃
Colombia	5.95	5.94	5.94
Ethiopia	6.08	6.12	6.22
Brazil	6.15	6.09	5.66
Indonesia	6.02	5.99	5.98
Vietnam	6.26	6.14	6.08

액 중 수용성 성분이 많으면 pH가 높으며, 실제로 동일한 조건을 가진 추출물의 pH를 측정할 경우 추출률이 pH에 직접적인 영향을 주지 않는다고 하였다.

본 연구에서 산지별 커피를 중간 배전한 후 추출온도를 달리하여 추출하였을 때 추출액의 pH 차이를 살펴본 결과 Table 5와 같았다. 60℃에서 추출하였을 때 콜롬비아 커피의 pH가 5.95로 가장 낮았고 베트남 커피가 6.26로 가장 높았다. 89℃ 추출 시 콜롬비아 커피가 5.94로 동일 온도에서 pH가 가장 낮게 나타났으며 베트남 커피가 6.14로 가장 높게 나와 60℃에서 추출할 때와 동일한 결과를 보였다. 98℃에서 추출할 때에는 앞의 결과와는 약간 달라졌는데 브라질 커피가 5.66으로 가장 낮았으며 에티오피아 커피가 6.22로 가장 높게 나타났다.

커피의 pH는 신맛과 연관되는데, 커피의 신맛은 쓴맛, 단맛, 구수한 맛과 함께 커피의 향미를 결정짓는 중요한 맛이다. 그러나 신맛은 소실되기 쉬워 고온과 장시간 추출공정을 거치는 인스탄트 커피에서는 찾기 힘들며 robusta 종에서도 상쾌한 신맛을 내기 힘들다. 본 실험의 결과 추출온도가 가장 높은 조건(98℃)에서는 브라질 커피의 pH가 5.66으로 가장 낮았지만 전체적으로는 콜럼비아 커피의 pH가 낮아 좋은 커피 신맛을 보여주는 것으로 사료된다.

4. 산 도

산지별 커피를 중간 배전한 후 추출온도를 달리하여 추출하였을 때 추출액의 산도는 Table 6과 같이 추출온도에 따라서 달라졌는데, 콜롬비아 커피의 경우 60℃에서 0.027%, 89℃에서 0.025%, 98℃에서 0.026%로 낮은 온도로 추출할 때 산도가 약간 높게 나왔다. 60℃에서 추출할 때 브라질과 인도네시아 산 커피의 산도가 0.032로 가장 높았으며 베트남 커피가 0.025로 가장 낮았다.

베트남 커피의 산도가 가장 낮은 것은 커피 품종이 robusta 종으로 신맛이 적고 쓴맛이 강한 품종이기 때문인 것으로 사료된다. 기타 arabica 종 커피의 산도는 생산지는 다르지만 서로 간에 산도의 차이가 거의 나지 않아 arabica 종을 동일 조

Table 6. Difference in acidity by different water temperature

Coffee beans	Degree of extraction(medium roasting)		
	60℃	89℃	98℃
Colombia	0.027	0.025	0.026
Ethiopia	0.028	0.030	0.030
Brazil	0.032	0.026	0.027
Indonesia	0.032	0.034	0.030
Vietnam	0.025	0.023	0.022

건하에서 추출할 경우, 신맛의 차이는 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있었다. 98℃의 높은 온도에서 추출할 경우 전반적으로 산도가 약간 떨어지는 경향을 볼 수 있었는데, 이는 커피에 함유된 유기산 가운데 휘발성 유기산은 높은 추출온도에서 휘발하였기 때문으로 추정된다. 인스탄트 커피의 경우, 많은 부분을 robusta 종으로 대체하고 또한 추출공정에 많은 시간이 소요되며 높은 온도에서 이루어지기 때문에 인스탄트 커피에는 휘발성 유기산이 잔존하기 힘들어 산도가 낮게 나온다. 일반적으로 잘 roasting 된 원두커피를 최적의 조건하에서 추출하면 상쾌한 신맛을 갖게 되는데, 이는 커피의 관능적 미각에 매우 중요한 요소이다.

5. 고형분 함량

커피를 추출하였을 때 고형분 함량은 커피 품종, roasting 정도, 추출방식 및 추출온도 등에 따라 다르게 된다. 커피 고형분 함량은 맛과 색 등에 큰 영향을 미치며 특히 인스탄트 커피 제조 시 수율에 중요한 요인이 된다.

본 연구에서 산지별 커피를 중간 배전 후 추출온도를 달리하여 추출하였을 때 추출액의 고형분 차이를 살펴 본 결과 (Table 7) arabica 종 커피를 주로 생산하는 콜롬비아, 에티오피아, 브라질 커피의 고형분 함량이 각각 0.200%, 0.171%, 0.249%로 robusta 종이 대부분인 인도네시아, 베트남의 0.126%, 0.159% 에 비하여 높게 나와 arabica 종이 robusta 종보다 고형분 함량 수율이 높음을 알 수 있었다. 이 같은 차이는 커피

Table 7. Difference in extractable solid by different water temperature (%)

Coffee beans	Degree of extraction(medium roasting)		
	60℃	89℃	98℃
Colombia	0.200	0.191	0.235
Ethiopia	0.171	0.185	0.188
Brazil	0.249	0.174	0.209
Indonesia	0.126	0.163	0.174
Vietnam	0.159	0.155	0.198

가 팽창되어 있는 상태에서 추출액의 통과가 수월하기 때문에 추출온도가 높아지면 고형분의 함량이 증가하는 경향을 보인다는 결과와 일치함을 보였다[13]. 즉 arabica 종을 roasting 하면 robusta 종보다 팽화도가 크고 그 결과물과의 접촉이 잘 되기 때문으로 여겨진다.

6. 커피 생두, 원두 및 액상커피의 카페인 함량

커피 생두와 원두의 카페인 함량을 분석한 결과 Table 8과 같이 robusta종이 arabica종보다 함량이 2배 정도 높은 것으로 나타났으며, 볶은 원두가 커피 생두에 비해 조금 높게 나타났다.

즉, 생두의 카페인 함량은 콜롬비아, 에티오피아, 브라질 커피가 각각 11.19, 12.08, 12.56 ㎎/g으로 나타났으며 인도네시아, 베트남 커피는 23.15, 22.36 ㎎/g이었는데 이러한 결과는 arabica종과 robusta종의 차이에서 기인하는 것으로 사료되며 일반적으로 arabica종이 robusta종보다 카페인 함량은 적은 반면 향미는 풍부함을 보여 콜롬비아 종이 인도네시아, 베트남 커피보다 맛이 더 훌륭한 것으로 알려져 있다[14].

생두에 비하여 볶은 커피 원두의 카페인 함량이 전체적으로 높게 나타났는데, 이는 볶는 과정에 수분이 증발하여 상대적으로 카페인 함량이 높아졌기 때문이며, 볶는 온도에 따라서는 온도가 높을수록 카페인 함량이 약간 줄어드는 경향을 보여 주었다. 이는 높은 온도에서 볶으면 카페인이 비산하므로 원두에 함유된 카페인 함량이 감소되기 때문이다.

추출온도에 따른 카페인 함량 차이를 보면(Table 9) 추출온도 60℃에서 콜롬비아 커피는 9.2 ㎎/g인데 비하여 베트남 커피는 17.11 ㎎/g으로 2배 가까운 차이가 났다. 에티오피아와 브라질 커피도 콜롬비아 커피와 비슷한 경향을 보였는데, 이는 arabica와 robusta종의 차이이며 더 높은 추출온도에서도 유사한 경향을 나타내었다. 이는 카페인이 물에 잘 용출되며 냉수보다는 열수에 더 잘 용해된다는 것을 보여주며 높은 온도인 89℃와 98℃에서의 온도에 따른 카페인 추출의 정도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 8. Difference in caffeine content in green and roasted coffee beans (㎎/g)

Coffee beans	Green beans and degree of roasting			
	Green beans	Light roasting	Medium roasting	Dark roasting
Colombia	11.19	14.31	14.21	14.06
Ethiopia	12.08	13.55	13.95	12.97
Brazil	12.56	14.89	14.89	14.69
Indonesia	23.15	24.24	25.34	24.76
Vietnam	22.36	25.86	26.13	27.0

Table 9. Difference in caffeine content in degree of extraction (㎎/g)

Coffee beans	Degree of extraction(medium roasting)		
	60℃	89℃	98℃
Colombia	9.2	9.57	9.47
Ethiopia	8.8	9.24	9.22
Brazil	9.84	10.26	10.2
Indonesia	16.14	16.71	16.7
Vietnam	17.11	18.04	18.0

요 약

본 연구는 커피의 품질에 큰 영향을 미치는 카페인, 산도 등을 알아보기 위하여 생산지별 커피 생두를 로스팅 단계에 따른 명도 차이 및 추출 온도 조건에 따른 pH, 산도, 고형분, 카페인 함량 등에 대하여 조사하였는데 그 결과는 다음과 같았다. 추출온도에 따른 pH는 원산지별, 종류별로 큰 차이를 보이지 않았으며, 산도의 경우 추출온도가 낮을수록 수치가 높게 나타나는 경향을 보였는데, 특히 에티오피아 커피와 인도네시아 커피의 산도가 높게 나타났다. 고형분 함량 변화의 경우 원두 내부의 세포구조가 완전히 팽창되어 있는 상태에서는 추출액이 쉽게 통과하므로 추출온도가 빠르게 떨어지지 않아 고형분의 함량이 증가하는 경향을 보였는데, 커피 중 콜롬비아 커피의 고형분 함량이 전체 추출온도에서 모두 가장 높게 나타났다. 또한 볶은 원두의 카페인 함량에서는 콜롬비아, 에티오피아, 브라질 커피의 함량이 각각 11.19, 12.08, 12.56 ㎎/g으로 나타났으며, 이는 인도네시아, 베트남 커피의 23.15, 22.36 ㎎/g보다 2배 정도 낮은 것으로 나타났다. 그리고 추출온도별 카페인 함량을 분석한 결과 낮은 온도에 비해 높은 온도에서 추출할 경우, 카페인 함량이 증가하는 추세를 보였다. 이상의 결과에서 arabica 종인 콜럼비아 커피가 카페인 함량은 적은 반면 향미는 더 풍부하여 다른 품종의 커피보다 맛이 더 좋은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Clarke, R. Packaging of Roast and Instant Coffee, pp. 201-211. In Coffee Technology. 1987
2. Sievetz, M. In Search of Coffee Aroma, pp.1-7. *Tea & Coffee Trade J.* 1985
3. Ukers, WH. All about Coffee, 2nd. ed, p.51. Gale Research Co. 1976
4. Sievetz, M and Desorsier, NW. Coffee Technology, pp.415-565. AVI Publishing Co. 1979

5. Chou, T. Wake up and smell the coffee, caffeine and the medical consequences. *West J. Med.* 157:544-53. 1992
6. Nehlig, A and Debry, G. Potential effects of coffee : a review. *Mutat. Res.* 317:145-62. 1994
7. GI, KH. Analysis of the aroma compounds and compare the result with sensory evaluation score by roasting time. MS. Thesis, Hanyang University, Seoul. 1987
8. Baik, HJ. Headspace gas chromatographic analysis and sensory evaluation of various domestic and foreign-made commercial roasted and ground coffee. MS. Thesis, Hanyang University, Seoul. 1986
9. Clark, RJ. Coffee, Vol. 1, Chemistry, pp. 115-143. Elsevier Allied Science Publishers, London, UK. 1985
10. Moon, JW. Changes in flavor characteristics and shelf-life of roasted coffee in different packaging conditions during storage. Ph. D. Thesis, Kyunghee University, Seoul. 1998
11. Clark, RJ. Coffee, Vol. 1, Chemistry, pp.87-97. Elsevier Allied Science Publishers, London, UK. 1985
12. Pictet, G. Coffee, Vol. 1, Chemistry, pp.232-240. Elsevier Allied Science Publishers, London, UK. 1985
13. U.C.C. 上島珈琲. Coffee 續本, pp.75-80. 東洋經濟新聞社. 1993
14. 윤영노, 황성연. The book of coffee, pp.100-109. 도서출판 윤문. 1993

(2007년 1월 5일 접수; 2007년 2월 19일 채택)