

온도와 수분활성도에 따른 커피 생두의 저장기간 중 이화학적 및 항산화 활성 변화

김인용¹ · 정윤화^{1,2}

¹단국대학교 천연물식의약소재산업화연구센터

²단국대학교 식품영양학과

Physicochemical and Antioxidant Activity Changes during Storage of Green Coffee Beans according to Temperature and Relative Humidity

Inyong Kim¹ and Yoonhwa Jeong^{1,2}

¹Research Center for Industrialization of Natural Nutraceuticals and

²Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

ABSTRACT This study was conducted to compare quality characteristics of roasted coffee stored at different temperatures and relative humidities. Green coffee beans (GCB) (arabica) were imported from Mexico via air parcel service and compared to a control, which was the same variety but imported by sea. The beans were stored with LiBr, LiCl, and MgCl saturated solutions, respectively, at 20°C, 30°C, and 40°C for 2 weeks and the pH, total acidity, and moisture content were measured. Total polyphenol content (TPC) and ferric-reducing antioxidant power were measured to compare functional characteristics based on the temperature and relative humidity. TPC decreased with time ($P<0.05$), but did not differ significantly among saturated solutions ($P>0.05$). The antioxidant capacity increased as the temperature increased, but decreased as storage time increased. GCB were roasted until the first popping finished. The color of the roasted beans generated from green beans stored at high temperature and humidity showed a high L and a value.

Key words: coffee, temperature, humidity, antioxidant, storage

서 론

커피는 세계적으로 가장 많이 유통되는 농산물 중 하나이다(1). 우리나라는 세계 10대 커피 수입국 중 하나로 2011년에 13만 톤 이상을 수입하였다(2). 커피의 주된 수입처는 베트남, 브라질, 콜롬비아, 온두라스 순서이며, 대부분의 커피는 배를 이용한 해상화물로 우리나라에 수입된다. 커피 생두가 한국에 수입되기 위해서 해상 운송으로 짧게 1주일 정도 운송기간이 소요되는 동남아에서부터 길게는 한 달 내외로 소요되는 남미까지 상당기간 적도 근방 또는 적도를 통과해야 한다. 이런 과정 속에서 커피 생두는 온도와 상대습도의 변화를 겪게 되고 이에 따라 커피의 품질 저하가 예상된다. 특히 인스턴트커피로 가공하는 것이 아닌 에스프레소 형태로 추출하여 마시는 경우 커피빈 품질의 저하는 커피의 맛과 향에 중요한 영향을 미친다. 커피의 저장성에 관한

연구는 세계적으로 꾸준히 이루어지고 있다. Selmar 등(3)은 커피 생두를 22°C에서 2년 동안 보관하면서 품질 특성의 변화를 연구하여 커피 생두의 발아능력이 dry process에서는 3~4개월 사이에 급격히 감소하고 wet process의 경우 24개월간 점진적으로 감소함을 보고하였다. 또한, 포도당과 과당이 저장 기간이 늘어남에 따라 소량 감소함을 보고하였다. Pardo 등(4)은 수분활성도(a_w 0.75~0.95)와 온도 10~30°C에서 저장한 커피 생두는 *Aspergillus ochraceus*가 a_w 0.85, 20~30°C에서 발아를 시작하여 커피 음료로서 사용이 불가함을 보고하였다. Bucheli 등(5)은 로부스타 커피를 8개월간 대형 사일로에 보관하면서 커피 생두의 장기 보관 지표가 포도당이라 하고 포도당과 나무/고무 향과 관계가 있다고 하였다. 높은 저장 온도와 수분 함량에 의해 의도되지 않은 발효가 발생하게 되면서 생두 내에 ethyl 2-methylbutanoate와 ethyl 3-methylbutanoate가 생성되는데 이들 물질들은 이취를 발생한다(6) 그러나 적도를 통과해서 커피를 수입하는 우리나라의 상황에 맞추어 수분활성도 및 온도 조건에 따른 커피 생두의 품질 변화에 대한 연구는 미진하다. 따라서 본 연구에서는 커피 산지에서 커피 생두를 항공 운송하여 온도와 수분활성도를 달리하여 커피 생두의 저장성 실험을 통하여 커피 생두의 품질 변화를 분석하였다.

Received 7 January 2019; Accepted 12 February 2019

Corresponding author: Yoonhw Jeong, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Cheonan, Chungnam 31116, Korea

E-mail: yjeong@dankook.ac.kr, Phone: +82-41-550-3477

Author information: Inyong Kim (Researcher), Yoonhwa Jeong (Professor)

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 생두는 멕시코 Chiapas 지역에서 재배된 Arabica 품종(Brazil Ipanema Euro, 수입원: Koiners International Co., Ltd., Bucheon, Korea)을 사용하였다. Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, aluminum nitrate, potassium acetate, quercetin, FeCl_3 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (iron (II) sulfate heptahydrate), Trolox는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Ethanol, dimethyl sulfoxide는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서, sodium carbonate는 Showa Chemical Industry Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하였다. Lithium bromide는 Daejung Chemicals & Metal Co., Ltd. (Siheung, Korea), lithium chloride는 Duksan Pure Chemical (Ansan, Korea), magnesium chloride는 Oriental Chemical Industry (Seoul, Korea)에서 구입하였다.

온도와 수분활성도에 따른 커피 생두의 저장

온도와 습도를 조절하여 커피 생두를 저장하기 위해 lithium bromide (LiBr), lithium chloride (LiCl), magnesium chloride (MgCl)의 포화수용액을 제조한 후 밀폐용기의 하단부에 담은 다음 그 위에 통기가 가능한 용기를 놓고 커피 생두를 저장하였다. 각 온도별 포화용액의 수분활성도는 Table 1과 같다. 저장시간은 저장일을 포함하여 1일, 2일, 4일, 6일, 8일, 10일로 동일시간에 시료를 채취하였고, 생두의 수분 함량은 적외선 수분측정기 (FD-720, Kett Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

커피 생두 추출

저장이 완료된 커피 생두를 추출하기 위해 solid-liquid extraction 방법으로 Mendes 등(7)의 방법을 변형하여 추출을 진행하였다. 우선 커피 생두를 냉동하여 (-30°C) 생두를 물리적으로 파쇄한 후 $710 \times 710 \mu\text{m}$ 표준체를 통과한 분쇄 커피 원두를 추출에 사용하였다. 분쇄된 커피 30 g에 증류수 300 mL를 넣은 후 95°C 로 1시간 동안 항온수조에 100 rpm 속도로 교반하여 추출을 진행하였다. 추출된 후 여과지 (No 2, Advantec, Tokyo, Japan)로 감압여과 하여 분석에 이용하였다.

Table 1. Water activity of saturated salt solutions

Solution	LiBr	LiCl	MgCl
20°C	0.066±0.006 ^{a1)2)}	0.113±0.003 ^b	0.331±0.002 ^c
30°C	0.062±0.005 ^a	0.113±0.002 ^b	0.324±0.001 ^c
40°C	0.058±0.004 ^a	0.112±0.002 ^b	0.316±0.001 ^c

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).

²⁾Different letters within a row meant significant differences at $P < 0.05$ by Fisher's least significant test.

pH 및 총산 측정

여과된 추출액을 pH meter (Orion 3 star, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 각 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 총산 함량은 추출액 10 mL에 0.1 N NaOH 용액을 떨어뜨려 최종 pH 8.30 ± 0.05 가 되는 시점까지 적정하였다. 이때 소비된 NaOH의 mL 수를 acetic acid (%) 기준으로 환산하여 표기하였다.

총 페놀성 화합물 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량 (total polyphenol content, TPC)은 Folin-Dennis 방법(8)을 변형하여 측정하였다. 시료 2 μL 에 증류수를 넣어 160 μL 로 희석하여 만든 후 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 10 μL 를 넣고 8분간 암실에서 반응시킨다. 반응시킨 용액에 20% Na_2CO_3 수용액을 30 μL 가한 후 암실에서 2시간 정치한 다음 microplate reader (Spectra max M2, Molecular Devices, San Jose, CA, USA)로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과값은 gallic acid를 0~1,000 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 얻어진 검량곡선 ($R^2 = 0.998$)을 통해 시료의 총 페놀성 화합물 함량을 mg GAE (gallic acid equivalents)/g으로 나타내었다.

Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) 측정

FRAP 측정 방법은 커피 추출물에 의해 ferric 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (Fe(III)-TPIZ)을 ferrous 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (Fe(II)-TPIZ) 혼합물로 환원되는 원리를 통하여 항산화 능력을 측정하는 방법으로 Benzie와 Strain(9)의 방법을 수정하여 측정하였다. 실험에 사용하기 위한 FRAP reagent를 만들기 위해 아래와 같이 A, B, C 용액을 제조하였다. A: 300 mM sodium acetate buffer (pH 3.6), B: 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyls-triazine)/40 mM HCl, C: 20 mM FeCl_3 용액을 실험 직전에 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합한 후 37°C 에서 반응시켜 FRAP reagent로 사용하였다. FRAP reagent 290 μL 와 커피 추출물 10 μL 를 넣은 후 37°C 에서 15분간 반응시킨 다음 593 nm에서 분광광도계를 사용하여 흡광도를 측정하였다. FRAP 활성은 커피 1 g당 해당되는 환원력을 표준물질인 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 표준곡선 ($R^2 = 0.997$)을 작성하여 1 g 커피의 환원력 (mM FeSO_4 /g)으로 나타내었다.

커피 로스팅 및 추출

저장된 생두를 소형 로스터 (Behmor1600, Behmor Inc., Incline Village, NV, USA)를 사용하여 로스팅을 진행하였다. 균일한 정도의 로스팅을 진행하기 각 저장조건의 생두를 100 g씩 로스팅을 진행하였다. 커피분쇄기 (KG79, Motor-Millions Electric Industries Co., Ltd., Guangdong, China)를 이용하여 medium 조건에서 분쇄하여 시료로 사용하였고, 원두커피의 추출은 커피메이커 (HD7564, Biazet S.A.,

Bialystok, Poland)를 이용하여 추출하며 분쇄시료 10 g을 취해 증류수 100 mL로 추출하여 실험에 사용하였다.

색도 측정

저장기간 중 생두의 품질 특성 변화로 인한 커피의 이화학적 변화를 확인하기 위하여 색도를 측정하였다. 색도 측정은 로스팅 된 커피 추출액을 Hunter 체계를 이용한 색도계(JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

통계 분석

모든 이화학 분석은 3회 반복하였으며, 통계 분석은 Minitab 16(Minitab Inc., College Station, TA, USA)을 사용하였다. 저장 조건을 독립변수로 하여 일원분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)을 실시하였다. 시료 간의 유의차($P<0.05$)가 나타날 경우 Fisher's least significant different(LSD) test를 실시하여 어떠한 시료 사이에 유의차가 있는지를 분석하였다. 또한, 각각의 수분활성도에 따라 저장 기간을 독립변수로 하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하고 시료 간의 유의차($P<0.05$)가 나타날 경우 Fisher's LSD test를 진행하였다.

결과 및 고찰

이화학 분석

저장기간의 변화에 따라 수분, 온도 조건이 다른 생두의 수분량은 Table 2와 같다. LiBr 포화수용액과 LiCl 포화수용액을 사용하여 저장한 생두의 경우 시간이 경과함에 따라 수분량이 감소함을 보였으며, 동일한 포화수용액 상에서는 고온에서 더 빠르게 수분이 감소하는 경향을 보였다. 이는 수분활성도가 낮은 포화수용액 상에서 생두 내의 수분이 탈

습되기 때문으로 보인다. 저장 1일 차부터 저장에 사용한 포화수용액 종류에 따라 수분 함량은 유의적인 차이를 보이는데 생두의 경우 수분활성도에 따라 수분 함량의 큰 영향을 받으며, 특히 고온에서 수분량의 변화가 크게 나타났다. 로부스타 생두의 산업적 저장조건을 달리하여 보관한 연구(5)에서 수분 함량은 온도와 습도가 다소 높은 조건임에도 불구하고 저장기간이 증가함에 따라 수분 함량이 감소함을 보였다.

저장기간에 따른 커피 생두 추출물의 pH와 산도는 Table 3, Table 4와 같다. pH와 산도는 서로 반대되는 경향을 보였는데, 저장기간이 증가함에 따라 pH는 감소하는 경향을 보였고, 온도에는 유의적 차이를 나타내지 않았다. 저장 초기인 1일 차에는 pH가 수분활성도가 낮은 LiBr에서 유의적 차이를 보였으나 저장기간이 경과함에 따라 유의성이 없었다. 이와 반대로 산도의 경우 저장기간의 증가에 따라 산도가 유의적으로 증가함을 보이는데 저장 초기인 1일차를 제외하고 저장온도와 수분활성도를 달리한 조건 하에서는 전 반적인 유의차가 나타나지 않았다. 생두 생산과정에서 건조 조건을 설정한 연구에서 생두의 수분이 낮은 생두에서 높은 총산도를 나타내었다. 생두는 저장기간 동안 포도당을 소모하고 지방을 산화시키게 되며, pH 감소와 총산 함량 증가를 보인다. 생두 저장을 위해 처리한 저장조건 중 균일한 수분활성도를 부여하기 위해 생두를 펄서 한 층으로 저장하였기 때문에 일반적으로 보관하는 방식과 달리 생두의 산화가 빨리 진행되었다. Arabica 생두의 저장에 따른 생존력 감소와 관련한 연구(3)에서 저장기간에 따라 생두의 생존력이 감소하며 생두에 포함된 glucose와 fructose 함량이 감소하였다. 또한 지방산 조성의 변화(10)로는 lipase에 의해 생두 내 지방산의 분해가 일어나 유리지방산 함량이 증가하게 된다. 특히 3가지 온도조건(12°C, 25°C, 40°C) 중 고온조건에서 유리지방산 생성이 빠르게 증가하였는데, lipase 활성이 고온인 40°C에서 활성이 가장 높기 때문이다.

Table 2. Water content of green coffee beans during storage

Storage condition		Water content (%)						
Saturated solution	Temperature (°C)	0 day	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
LiBr	20	12.76±0.03 ^{A1)2)}	10.13±0.08 ^{dB}	8.39±0.10 ^{cC}	7.28±0.04 ^{dD}	6.15±0.12 ^{eE}	5.86±0.12 ^{eE}	5.43±0.61 ^{eF}
	30	12.76±0.03 ^A	8.99±0.03 ^{fB}	7.59±0.00 ^{fC}	6.52±0.05 ^{fD}	5.82±0.17 ^{fgE}	5.82±0.05 ^{eE}	5.32±0.07 ^{eF}
	40	12.76±0.03 ^A	8.30±0.14 ^{gB}	7.09±0.01 ^{gC}	6.08±0.05 ^{gD}	5.57±0.09 ^{gE}	5.39±0.16 ^{gE}	5.27±0.23 ^{eF}
LiCl	20	12.76±0.03 ^A	9.95±0.03 ^{eB}	9.06±0.12 ^{dC}	7.79±0.07 ^{dD}	7.49±0.19 ^{dE}	7.02±0.05 ^{dF}	6.80±0.02 ^{dG}
	30	12.76±0.03 ^A	8.99±0.13 ^{fB}	7.58±0.03 ^{fC}	6.54±0.05 ^{fD}	6.18±0.12 ^{eE}	5.79±0.05 ^{eF}	5.44±0.12 ^{eG}
	40	12.76±0.03 ^A	7.98±0.04 ^{hB}	6.89±0.10 ^{gC}	5.73±0.04 ^{hD}	5.63±0.02 ^{gD}	5.43±0.13 ^{gE}	5.15±0.04 ^{eF}
MgCl	20	12.76±0.03 ^D	14.43±0.09 ^{cC}	14.91±0.22 ^{cC}	16.13±0.20 ^{cB}	16.49±0.3 ^{cAB}	16.69±0.11 ^{cAB}	16.91±0.97 ^{cA}
	30	12.76±0.03 ^D	15.28±0.11 ^{bC}	16.55±0.18 ^{bB}	16.75±0.18 ^{bB}	17.86±0.07 ^{bA}	17.96±0.32 ^{bA}	17.68±0.18 ^{bA}
	40	12.76±0.03 ^E	17.42±0.11 ^{aD}	19.62±0.12 ^{aC}	20.32±0.39 ^{aB}	20.82±0.44 ^{aB}	21.87±0.64 ^{aA}	22.03±0.37 ^{aA}

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).

²⁾Different capital letters (A-G) within a row and different small letters (a-h) within a column meant significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.

Table 3. pH of green coffee bean extracts during storage

Storage condition		pH						
Saturated solution	Temperature (°C)	0 day	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
LiBr	20	5.80±0.01 ^{A1)2)}	5.81±0.01 ^{Abc}	5.77±0.01 ^B	5.74±0.02 ^C	5.72±0.03 ^{Cab}	5.67±0.01 ^{Dc}	5.67±0.01 ^{Dcd}
	30	5.80±0.01 ^B	5.86±0.01 ^{Aa}	5.76±0.02 ^C	5.75±0.02 ^{CD}	5.73±0.01 ^{DEab}	5.71±0.01 ^{EFb}	5.70±0.01 ^{Fab}
	40	5.80±0.01 ^B	5.85±0.03 ^{Aa}	5.77±0.02 ^{BC}	5.75±0.02 ^{CD}	5.72±0.01 ^{DEab}	5.70±0.01 ^{Ebc}	5.70±0.01 ^{Eab}
LiCl	20	5.80±0.01 ^{AB}	5.81±0.01 ^{Abc}	5.78±0.01 ^B	5.75±0.02 ^C	5.71±0.01 ^{Db}	5.67±0.02 ^{Ec}	5.69±0.01 ^{DEbc}
	30	5.80±0.01 ^A	5.80±0.01 ^{Abc}	5.76±0.01 ^B	5.74±0.01 ^{BC}	5.72±0.02 ^{Cab}	5.73±0.01 ^{Cab}	5.69±0.02 ^{Dbc}
	40	5.80±0.01 ^A	5.79±0.01 ^{Ac}	5.76±0.01 ^B	5.74±0.01 ^{BC}	5.72±0.03 ^{BCab}	5.73±0.04 ^{BCab}	5.65±0.02 ^{Cd}
MgCl	20	5.80±0.01 ^A	5.80±0.01 ^{Abc}	5.75±0.01 ^B	5.75±0.02 ^B	5.74±0.01 ^{Bab}	5.70±0.01 ^{Cbc}	5.72±0.02 ^{BCa}
	30	5.80±0.01 ^A	5.82±0.01 ^{Ab}	5.76±0.02 ^B	5.75±0.02 ^{BC}	5.75±0.03 ^{BCa}	5.75±0.01 ^{BCa}	5.72±0.01 ^{Ca}
	40	5.80±0.01 ^A	5.79±0.01 ^{Ac}	5.76±0.02 ^B	5.75±0.01 ^{BC}	5.73±0.02 ^{BCDab}	5.72±0.03 ^{CDab}	5.72±0.02 ^{Da}

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).

²⁾Different capital letters (A-F) within a row and different small letters (a-d) within a column meant significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.

총 페놀성 화합물 함량

저장조건에 따른 생두 추출물의 총 페놀성 화합물 함량은 Table 5와 같다. 저장기간 6일까지 같은 온도에서 수분활성도가 높은 생두 추출물이 높은 폴리페놀 함량을 보였다. 또한 동일한 포화수용액을 사용한 경우 저온에서 높은 폴리페놀 함량을 보였다.

저장기간이 증가함에 따라 폴리페놀이 감소하기는 하지만 유의적 차이를 보이지 않았는데 이는 단기저장기간 중 커피의 항산화 활성을 연구한 결과와 동일한 결과로 판단되며(11), 저장 0일차에 비해 저장기간이 경과하였을 때 페놀 함량이 증가한 원인으로 수분 함량이 감소함에 따라 동일 중량에서 페놀 함량이 증가한 것으로 보이며 동일한 요인으로 차이를 보이는 것은 아닌 것으로 판단된다. 항산화 활성에 주요 요인으로 알려진 chlorogenic acid나 caffeine, melanoidin 등이 있으며(12,13), 그 중 chlorogenic acid를 포함한 많은 페놀성 화합물이 항산화 활성을 나타내어(14) 항산화 활성과의 상관관계가 있음을 보고하였다. Arabica와 robusta의 가공 중 페놀성 화합물 변화를 확인한 연구에서 커피는 가공과정을 거치며 총 페놀성 화합물이 감소하는데, 특히 생두의 상태가 정상적일 때 더 높은 페놀 함량을 보인다(15). 이와 같은 결과는 산도와 유사한 경향을 보이는데, 그 이유로는 저장기간 동안 pH 감소로 인해 페놀성 화합물의 안정성이 감소하고 Folin-Dennis와의 반응성이 감소하여 폴리페놀 함량의 측정값이 감소한 것으로 보인다(16).

FRAP 활성 측정

저장조건에 따른 커피 생두 추출물의 FRAP 활성 측정 결과는 Table 6과 같다. 저장조건에 따라 FRAP 값은 저장기간별, 저장온도, 저장 습도에 따라 특별한 경향을 보이지 않았다. 저장기간에 따라 수분량의 변화가 유의적으로 큰 차이를 보였으나, 항산화 지표 중 하나인 FRAP의 유의적 경향을 보이지 않는 것으로 보아 저장 기간 중 온도와 습도는 항산화 활성 감소에 주요 요인은 아닌 것으로 판단된다.

저장기간에 따라 커피 생두의 건조과정에서 GABA가 생성되어(17) 항산화 활성이 발생한다는 연구가 있으나 생두의 수분 함량에 따른 영향과의 연관성은 없었다.

색도 측정

저장 조건 중 온도와 습도를 달리하여 보관한 생두를 배전하여 생성된 원두 추출물의 색도는 Table 7과 같다. 저장 초기 큰 차이를 보이지 않으나 저장기간이 증가함에 따라 수분 활성도가 높았던 MgCl의 경우 L값과 a값은 증가하였고 b값은 감소함을 보였다. L값과 a값의 증가는 배전조건과 비교하였을 때 배전시간이 짧은 약배전 상태에서 나타나는 특징으로 본 실험에서는 수분 함량이 증가함에 따라 로스팅 과정 중 크랙이 늦게 일어나거나 일어나지 않게 되면서 다른 수분 함량을 갖는 LiBr, LiCl 저장군과 비교하였을 때 Maillard reaction이 저해되었기 때문이다. 그러나 LiBr, LiCl의 경우 저장기간이 증가함에 따라 수분 함량이 크게 감소하였음에도 불구하고 L 값에는 큰 차이를 보이지 않았고 a값의 경우 다소 증가하는 경향을 보였다. 이는 로스팅 과정에서 생기는 크랙이 저습 조건에서는 다소 이르게 진행되었고 browning reaction 또한 빠르게 진행되었기 때문으로 보인다. Robusta의 로스팅 최적조건 설정에 대한 연구(7)에서 로스팅의 설정으로 로스터 내부온도의 설정과 로스팅 시간으로 원두의 색을 재연하는 것은 어렵기 때문에 원두의 crack이 생기는 시간으로 기준을 설정하거나 FTIR과 같은 기기를 사용하여(18) 원두의 품질을 확인하는 방법 등으로 로스팅이 진행됨에 따라 전해지게 되는데, MgCl에 저장한 생두를 로스팅하였을 때 내부의 수분이 더 많은 양이 배출됨에 따라 로스팅에서 진행되는 caramelization과 Maillard reaction이 저해된 것으로 파악된다.

상관관계 분석

커피 생두의 저장조건을 달리하여 저장하였을 때 이화학적 특성과 항산화 활성의 상관관계를 확인하기 위해 수분

Table 4. Total acidity of green coffee bean extracts during storage

Storage condition		Total acidity (%)						
Saturated solution	Temperature (°C)	0 day	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
LiBr	20	0.054±0.001 ^{C(1)2}	0.054±0.001 ^{Ca}	0.054±0.001 ^C	0.056±0.000 ^{BC}	0.057±0.001 ^B	0.060±0.002 ^A	0.061±0.000 ^{Ab}
	30	0.054±0.001 ^C	0.052±0.000 ^{Db}	0.050±0.000 ^E	0.057±0.001 ^B	0.057±0.000 ^B	0.059±0.000 ^A	0.060±0.001 ^{Abc}
	40	0.054±0.001 ^C	0.054±0.000 ^{Ca}	0.054±0.000 ^B	0.057±0.001 ^B	0.057±0.000 ^B	0.059±0.001 ^A	0.060±0.000 ^{Abc}
LiCl	20	0.054±0.001 ^C	0.054±0.002 ^{Ca}	0.054±0.001 ^C	0.057±0.000 ^B	0.057±0.000 ^B	0.060±0.002 ^A	0.060±0.002 ^{Abc}
	30	0.054±0.001 ^D	0.055±0.001 ^{Da}	0.055±0.001 ^D	0.057±0.000 ^C	0.057±0.000 ^C	0.058±0.000 ^B	0.063±0.001 ^{Aa}
	40	0.054±0.001 ^C	0.054±0.001 ^{Ca}	0.054±0.001 ^C	0.057±0.001 ^B	0.057±0.000 ^B	0.058±0.000 ^B	0.061±0.001 ^{Ab}
MgCl	20	0.054±0.001 ^D	0.055±0.001 ^{CDa}	0.055±0.001 ^{BCD}	0.056±0.001 ^{BC}	0.057±0.000 ^B	0.060±0.001 ^A	0.059±0.002 ^{Ac}
	30	0.054±0.001 ^E	0.055±0.001 ^{DEa}	0.055±0.001 ^{CDE}	0.056±0.001 ^{CD}	0.057±0.000 ^{BC}	0.058±0.001 ^B	0.060±0.000 ^{Abc}
	40	0.054±0.001 ^D	0.055±0.000 ^{CDa}	0.055±0.001 ^{BCD}	0.056±0.000 ^{BCD}	0.057±0.000 ^{BC}	0.058±0.002 ^B	0.060±0.001 ^{Abc}

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).²⁾Different capital letters (A-E) within a row and different small letters (a-d) within a column mean significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.**Table 5.** Total phenolic contents of green coffee bean extracts during storage

Storage condition		Total polyphenol contents (GAE/g)						
Saturated solution	Temperature (°C)	0 day	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
LiBr	20	1.81±0.32 ^{C(1)2}	2.04±0.45 ^{ABC}	2.57±0.23 ^{Aabc}	2.29±0.17 ^{ABC}	2.51±0.37 ^{ABab}	1.93±0.53 ^{BC}	2.38±0.17 ^{ABCab}
	30	1.81±0.32	1.84±0.42	2.23±0.13 ^{bcd}	2.49±0.63	2.59±0.83 ^{ab}	1.70±0.45 ^{AB}	2.46±0.58 ^{Bb}
	40	1.81±0.32 ^{AB}	1.89±0.40 ^{AB}	2.09±0.01 ^{ABcd}	2.40±0.42 ^{AB}	2.69±1.10 ^{Aa}	2.08±0.54 ^{AB}	1.47±0.29 ^{Bb}
LiCl	20	1.81±0.32	1.88±0.34	2.49±1.00 ^{bc}	2.49±0.24	2.26±0.23 ^{ab}	1.92±0.49 ^{AB}	2.24±0.83 ^{ab}
	30	1.81±0.32 ^B	2.01±0.34 ^B	2.18±0.17 ^{ABcd}	2.77±0.17 ^A	2.38±0.13 ^{ABab}	2.20±0.46 ^{AB}	2.21±0.69 ^{ABab}
	40	1.81±0.32 ^B	1.96±0.36 ^B	3.13±0.17 ^{Aa}	2.18±0.29 ^B	2.89±0.14 ^{Aa}	2.09±0.53 ^B	2.44±0.67 ^{ABab}
MgCl	20	1.81±0.32 ^B	1.80±0.17 ^B	2.76±0.17 ^{Aab}	2.38±0.48 ^{AB}	2.26±0.20 ^{ABab}	2.02±0.66 ^{AB}	2.45±0.73 ^{ABa}
	30	1.81±0.32 ^B	2.09±0.39 ^{AB}	2.57±0.14 ^{Aabc}	2.25±0.32 ^{AB}	2.37±0.31 ^{ABab}	1.96±0.55 ^{ABC}	2.48±0.71 ^{ABC}
	40	1.81±0.32 ^C	1.99±0.38 ^{BC}	2.62±0.19 ^{ABc}	2.50±0.27 ^{AB}	1.76±0.25 ^{Cb}	2.23±0.42 ^{ABC}	2.20±0.10 ^{ABCab}

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).²⁾Different capital letters (A-C) within a row and different small letters (a-d) within a column mean significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.**Table 6.** Ferric reducing antioxidant power of green coffee bean extracts during storage

Storage condition		FRAP value (FeSO ₄ mmol/g)						
Saturated solution	Temperature (°C)	0 day	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
LiBr	20	0.76±0.03 ^{C(1)2}	0.80±0.06 ^{BCa}	0.77±0.06 ^{Cf}	0.85±0.03 ^{ABa}	0.86±0.03 ^{ABa}	0.89±0.07 ^{Aa}	0.84±0.09 ^{ABabc}
	30	0.76±0.03 ^D	0.80±0.06 ^{CDa}	0.90±0.07 ^{Aa}	0.82±0.08 ^{BCDab}	0.84±0.02 ^{BCab}	0.88±0.08 ^{ABa}	0.89±0.11 ^{Aab}
	40	0.76±0.03 ^{BC}	0.78±0.06 ^{ABCa}	0.77±0.09 ^{BCef}	0.83±0.07 ^{ABab}	0.86±0.11 ^{ABa}	0.89±0.11 ^{Aa}	0.69±0.17 ^{Cd}
LiCl	20	0.76±0.03 ^C	0.80±0.07 ^{BCa}	0.83±0.05 ^{Bcd}	0.77±0.17 ^{Cc}	0.77±0.09 ^{Ccd}	0.79±0.07 ^{BCab}	0.90±0.04 ^{Aa}
	30	0.76±0.03 ^C	0.77±0.06 ^{BCab}	0.84±0.07 ^{ABc}	0.79±0.15 ^{ABcbe}	0.78±0.08 ^{BCcd}	0.83±0.05 ^{ABa}	0.78±0.03 ^{BCbcd}
	40	0.76±0.03 ^{CD}	0.71±0.07 ^{Dbc}	0.88±0.02 ^{Aab}	0.85±0.08 ^{ABa}	0.85±0.03 ^{ABa}	0.86±0.08 ^{ABa}	0.81±0.04 ^{BCabc}
MgCl	20	0.76±0.03 ^C	0.70±0.04 ^{BCc}	0.84±0.05 ^{ABbc}	0.76±0.07 ^{BCc}	0.76±0.09 ^{BCd}	0.79±0.11 ^{ABcab}	0.87±0.11 ^{Aab}
	30	0.76±0.03 ^B	0.76±0.08 ^{Babc}	0.79±0.07 ^{ABdef}	0.83±0.07 ^{Aab}	0.81±0.07 ^{ABc}	0.79±0.02 ^{ABab}	0.83±0.14 ^{ABbc}
	40	0.76±0.03 ^{BC}	0.76±0.07 ^{BCab}	0.81±0.05 ^{ABde}	0.83±0.06 ^{Aa}	0.81±0.05 ^{ABbc}	0.70±0.04 ^{Cb}	0.76±0.05 ^{BCcd}

¹⁾Value were reported as mean±SD values (n=3).²⁾Different capital letters (A-D) within a row and different small letters (a-f) within a column mean significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.

Table 7. Color of roasted coffee bean extracts after controlled with water activity and temperature

Color	Storage condition		Storage					
	Saturated solution	Temperature (°C)	1 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
L value	LiBr	20	19.19±0.42 ^{ABa1)2)}	17.79±0.27 ^{Db}	18.59±0.19 ^{Cbc}	19.31±0.08 ^{ABef}	19.04±0.16 ^{Bc}	19.47±0.23 ^{Ac}
		30	19.02±0.16 ^{BCa}	17.60±0.24 ^{Dbc}	18.72±0.20 ^{Cb}	19.90±0.08 ^{ACd}	18.88±0.47 ^{BCc}	19.28±0.47 ^{Bc}
		40	18.25±0.16 ^{Cb}	17.45±0.13 ^{Dbc}	18.37±0.10 ^{Cd}	20.17±0.08 ^{ABc}	19.50±0.48 ^{Bb}	20.20±0.40 ^{Ab}
	LiCl	20	17.78±0.09 ^{De}	17.58±0.34 ^{Dbc}	18.45±0.18 ^{Ccd}	20.61±0.08 ^{Ab}	19.25±0.57 ^{Bbc}	19.37±0.47 ^{Bc}
		30	17.90±0.20 ^{De}	17.39±0.14 ^{Ec}	18.33±0.12 ^{Cd}	19.60±0.15 ^{Ade}	19.24±0.03 ^{Bbc}	19.16±0.10 ^{Bc}
		40	16.15±0.13 ^{Ce}	16.46±0.26 ^{Cd}	17.70±0.13 ^{Be}	18.87±0.57 ^{Af}	19.11±0.28 ^{ABc}	19.21±0.18 ^{Ac}
	MgCl	20	15.93±0.14 ^{Ec}	17.39±0.14 ^{De}	18.60±0.24 ^{Cbc}	20.21±0.60 ^{Bbc}	20.36±0.17 ^{ABa}	20.61±0.13 ^{Aa}
		30	17.08±0.10 ^{Dd}	17.56±0.20 ^{Cbc}	19.95±0.00 ^{Ba}	19.94±0.47 ^{Bcd}	20.33±0.24 ^{Aa}	19.99±0.08 ^{Bb}
		40	18.42±0.19 ^{Cb}	18.37±0.10 ^{Ca}	18.49±0.10 ^{Ccd}	21.27±0.67 ^{Aa}	20.70±0.12 ^{Ba}	20.71±0.17 ^{Ba}
a value	LiBr	20	3.05±0.32 ^{ABabc}	1.74±0.41 ^{De}	2.27±0.09 ^{Cd}	3.66±0.21 ^{Aa}	3.54±0.36 ^{Acde}	3.29±0.42 ^{ABd}
		30	2.47±0.47 ^{Ccd}	2.72±0.43 ^{BCb}	2.71±0.50 ^{BCcd}	3.38±0.38 ^{ABa}	3.20±0.69 ^{ABdef}	3.47±0.64 ^{Ad}
		40	2.34±0.32 ^{Bd}	2.58±0.40 ^{Bb}	3.42±0.38 ^{Ab}	3.46±0.39 ^{Aa}	2.93±0.52 ^{ABef}	3.65±0.63 ^{ACd}
	LiCl	20	2.64±0.47 ^{Bbcd}	2.55±0.66 ^{Bb}	3.14±0.49 ^{ABbc}	3.13±0.39 ^{ABa}	2.81±1.10 ^{Bf}	3.81±0.57 ^{ABcd}
		30	2.84±0.53 ^{Dabcd}	2.71±0.31 ^{Db}	3.06±0.45 ^{CDbc}	3.49±0.48 ^{BCa}	4.06±0.33 ^{ABbc}	4.23±0.48 ^{ABbc}
		40	3.21±0.48 ^{BCab}	2.83±0.23 ^{CDb}	3.27±0.50 ^{BCb}	2.23±0.84 ^{Db}	3.73±0.64 ^{Bcd}	4.72±0.30 ^{Aa}
	MgCl	20	3.26±0.44 ^{Ba}	2.76±0.68 ^{BCb}	3.00±0.35 ^{Bbc}	2.21±1.03 ^{Cb}	4.04±0.31 ^{ABc}	4.37±0.17 ^{ABb}
		30	3.18±0.66 ^{Cab}	3.68±0.46 ^{BCa}	3.96±0.31 ^{Ba}	3.65±0.69 ^{BCa}	4.99±0.46 ^{Aa}	4.64±0.31 ^{Aa}
		40	3.16±0.35 ^{Bab}	3.12±0.21 ^{Bab}	4.17±0.25 ^{Aa}	3.38±0.78 ^{Ba}	4.56±0.14 ^{ABab}	4.39±0.49 ^{ABab}
b value	LiBr	20	12.75±0.49 ^{Ba}	11.05±0.46 ^{De}	11.91±0.33 ^{Cc}	13.31±0.11 ^{Aab}	12.90±0.39 ^{ABde}	13.03±0.42 ^{ABb}
		30	12.14±0.27 ^{Ccd}	11.33±0.37 ^{Dbc}	12.13±0.34 ^{Cbc}	13.58±0.14 ^{Aa}	12.39±0.82 ^{BCc}	12.87±0.55 ^{Bb}
		40	11.96±0.16 ^{CDcd}	11.63±0.39 ^{Dab}	12.40±0.17 ^{BCb}	13.37±0.14 ^{Aab}	12.50±0.66 ^{Bde}	12.79±0.56 ^{Bb}
	LiCl	20	11.93±0.15 ^{CDd}	11.58±0.59 ^{Dab}	12.40±0.35 ^{BCb}	13.26±0.11 ^{ABc}	12.57±0.67 ^{Bde}	12.82±0.54 ^{ABb}
		30	12.33±0.29 ^{Bbc}	11.07±0.24 ^{Cc}	12.16±0.21 ^{Bbc}	12.79±0.26 ^{ABcd}	13.11±0.31 ^{ABcd}	12.94±0.25 ^{Ab}
		40	10.73±0.29 ^{Ce}	10.98±0.44 ^{Cc}	11.06±0.23 ^{Cd}	11.98±0.76 ^{Be}	13.20±0.52 ^{ABc}	12.68±0.31 ^{Ab}
	MgCl	20	10.30±0.27 ^{Df}	11.66±0.23 ^{Cab}	12.49±0.48 ^{Bb}	12.56±0.75 ^{Bde}	13.17±0.30 ^{ABc}	13.60±0.23 ^{Aa}
		30	12.05±0.17 ^{Ccd}	11.93±0.34 ^{Ca}	13.41±0.00 ^{ABa}	13.13±0.82 ^{Babcd}	13.76±0.42 ^{ABab}	13.86±0.13 ^{Aa}
		40	12.68±0.34 ^{Bab}	11.86±0.17 ^{Ca}	12.43±0.17 ^{Bb}	12.64±0.69 ^{Bcd}	13.91±0.22 ^{Aa}	13.76±0.30 ^{Aa}

1) Value were reported as mean±SD values (n=3).

2) Different capital letters (A-E) within a row and different small letters (a-f) within a column meant significant differences at $P<0.05$ by Fisher's least significant test.

Table 8. Correlation analysis between the physicochemical and antioxidant activities of green coffee bean extracts

	Moisture contents	pH	Total acidity	Total phenol contents	FRAP	L value	a value	b value
Moisture contents	1 ¹⁾	0.182*	-0.121	-0.029	-0.289**	0.218**	0.280**	0.192*
pH		1	-0.867**	-0.135	-0.232**	-0.501**	-0.403**	-0.440**
Total acidity			1	0.065	0.198*	0.515**	0.487**	0.490**
Total phenol contents				1	0.256**	-0.102	-0.094	-0.065
FRAP					1	0.033	-0.008	0.035
L value						1	0.512**	0.872**
a value							1	0.638**
b value								1

¹⁾Coefficient of correlation was -1 (negative relationship)~1 (positive relationship) (n=3). Correlation is significantly different * $P<0.05$, ** $P<0.01$ (Fisher's LSD).

함량, pH, 총산, 총페놀 함량, FRAP, 색도를 측정된 뒤 각 결과의 상관관계를 Table 8과 같이 확인하였다. 유의적인 결과로는 색도 내 L, a, b 값 간 양의 상관관계를 보였으며, 항산화 활성이 수분 활성과 pH와 음의 상관관계를 보임을 확인하였다. 수분 함량의 감소로 인해 생두 내 영양성분이 동일 중량 대비 증가하는 효과를 보이기 때문으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 생두가 국내로 배송되는 중 겪게 되는 온도, 습도의 조건에 의한 변화를 확인하기 위해 저장온도, 저장습도를 조절하여 저장기간별로 이화학적 변화와 항산화 활성의 변화를 측정하였다. 저장기간이 증가함에 따라 저장한 포화수용액의 특성에 따라 LiBr, LiCl은 수분 함량이 감소함을 보였고 MgCl은 증가함을 보였다. 저장기간이 증가함에 따라 pH가 감소하고 산도가 증가하는 경향을 보였는데, 이는 저장기간이 증가함에 따라 생두의 산화가 진행되기 때문으로 보인다. 총 페놀성 화합물 함량의 경우 저장일자가 6일인 구간까지는 수분활성도가 높은 군에서 다소 높은 값을 보였으나 그 이후에는 큰 경향을 보이지 않았다. 로스팅 시간과 색도 또한 수분 함량의 영향으로 수분 함량이 증가함에 따라 로스팅에서 크랙이 발생하는 시간이 증가하였으며, 색도 또한 L값과 a값이 증가하였다. 이를 통해 단기간의 저장 조건에서는 생두의 수분 함량에 따라 기능적 활성은 크게 변화하지 않으나 생두의 물성과 로스팅 조건에서 큰 영향을 받는 것을 확인하였다. 위 연구 결과를 통해 균일한 품질의 커피를 제조함에 있어 저장 시의 수분 함량이 커피의 품질 특성에 큰 요인이 될 것으로 예측된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가 식품 전문인력 양성사업(과제번호 14001-07-5-SB110)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCES

- Mussatto SI, Machado EMS, Martins S, Teixeira JA. 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Tech* 4: 661.
- Korea Customs Service. 2014. Statistics of import and export of coffee. http://www.customs.go.kr/kcsweb/user.tdf?a=user.newTradestatistics.NewTradestatisticsApp&c=1003&m=c=STATS_INQU_TRADE_020 (accessed Oct 2014).
- Selmar D, Bytof G, Knopp SE. 2008. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. *Ann Bot* 101: 31-38.
- Pardo E, Ramos AJ, Sanchis V, Marin S. 2005. Modelling of effects of water activity and temperature on germination and growth of ochratoxigenic isolates of *Aspergillus ochraceus* on a green coffee-based medium. *Int J Food Microbiol* 98: 1-9.
- Bucheli P, Meyer I, Pittet A, Vuataz G, Viani R. 1998. Industrial storage of green robusta coffee under tropical conditions and its impact on raw material quality and ochratoxin A content. *J Agric Food Chem* 46: 4507-4511.
- Scheidig C, Czerny M, Schieberle P. 2007. Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. *J Agric Food Chem* 55: 5768-5775.
- 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.
- Sun T, Ho CT. 2005. Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chem* 90: 743-749.
- Benzie IF, Strain JJ. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Method Enzymol* 299: 15-27.
- Speer K, Kölling-Speer I. 2006. The lipid fraction of the coffee bean. *Braz J Plant Physiol* 18: 201-216.
- Lim J, Kim MY, Kim, SH, Ma JS, Oh J, Kim JS. 2017. Changes of acid value of lipid, chlorogenic acid content and anti-oxidative activities in roasted coffee for short term storage. *J Appl Biol Chem* 60: 383-390.
- Moreira DP, Monteiro MC, Ribeiro-Alves M, Donangelo CM, Trugo LC. 2005. Contribution of chlorogenic acids to the iron-reducing activity of coffee beverages. *J Agric Food Chem* 53: 1399-1402.
- Delgado-Andrade C, Morales FJ. 2005. Unraveling the contribution of melanoidins to the antioxidant activity of coffee

- brews. *J Agric Food Chem* 53: 1403-1407.
14. Kim MJ, Park JE, Lee JH, Choi NR, Hong MH, Pyo YH. 2013. Antioxidant capacity and bioactive composition of a single serving size of regular coffee varieties commercially available in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 45: 299-304
 15. Ramalakshmi K, Kubra IR, Rao LJ. 2007. Physicochemical characteristics of green coffee: comparison of graded and defective beans. *J Food Sci* 72: S333-337.
 16. Hong J, Kim HJ, Kim JY. 2011. Factors affecting reactivity of various phenolic compounds with the Folin-Ciocalteu reagent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 205-213.
 17. Bytof G, Knopp SE, Schieberle P, Teutsch I, Selmar D. 2005. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. *Eur Food Res Technol* 220: 245-250.
 18. Wang N, Fu Y, Lim LT. 2011. Feasibility study on chemometric discrimination of roasted arabica coffees by solvent extraction and fourier transform infrared spectroscopy. *J Agric Food Chem* 59: 3220-3226.