

원두커피 향미 성분의 폴리에틸렌과 폴리프로필렌 포장재에서의 저장 차이 분석

유하경^{1*} · 이승욱¹ · 오재영²

¹소프트팩(주)

²한국건설생활환경시험연구원

Analysis of Flavor Components of Coffee Beans in Polyethylene and Polypropylene Packaging Materials during Storage

Ha Kyoung Yu^{1*}, Seung Uk Lee¹, and Jae Young Oh²

¹Soft Pack Co Ltd.

²Korea Conformity Laboratories

Abstract Although the global coffee market is growing every year and the demand for coffee wrapping paper is increasing accordingly, research on the effect of PE material and PP material on the coffee aroma used in the sealant layer, which will directly contact the product, is lacking. In this study, we studied the change of aroma patterns and flavor materials by adding coffee to PP and PE pouches. In addition, we observed changes in aroma patterns depending on the temperature and the presence of the deoxidizer. As a result, it was found that the PP type packaging material was slightly better than the PE type packaging material, but the performance was hardly changed by the material. Rather, the change in the aroma pattern due to temperature was dominant rather than the material. It is ideal that refrigerated distribution (4°C) is the best storage temperature and sales are done within a short period of time. Among the indicators, pyridine was the most suitable material to study and there are many data about pyridine. Therefore, it is expected that the results can be derived by using pyridine.

Keywords Polyethylene, Polypropylene, Aroma pattern, Volatile material, Coffee packaging

서 론

커피는 전 세계적으로 소비되는 기호식품의 하나로, 최근 국내의 커피 시장의 규모는 급속도로 커지고 있다. 농림축산식품부 및 한국농수산식품유통공사의 자료에 따르면, 연간 1인당 국내 커피 소비량은 커피 한잔을 약 10g 기준하였을 때, 2008년 285잔에서 2016년 377잔으로 크게 증가하였으며(Fig. 1), 국내 커피 판매시장은 2016년 기준 6조 4,041억 원으로 2014년 4조 9,022억 원에 비해 30.6% 성장하였다. 이에 따른 커피 수입량(Fig. 2)과 함께 커피 포장재의 소비량

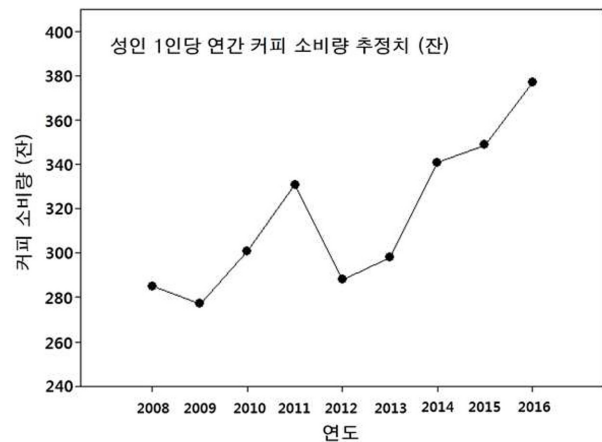


Fig. 1. Estimated annual coffee consumption per capita in Republic of Korea.

*Corresponding Author : Ha Kyoung Yu
Soft Pack Co., 420-18, Opo-ro, Munhyeong-ri, Opo-eup, Gwangju-si, Gyeonggi-do, Korea
Tel : +82-70-4348-4310, Fax : +82-31-336-4531
E-mail : softpack.yu@gmail.com

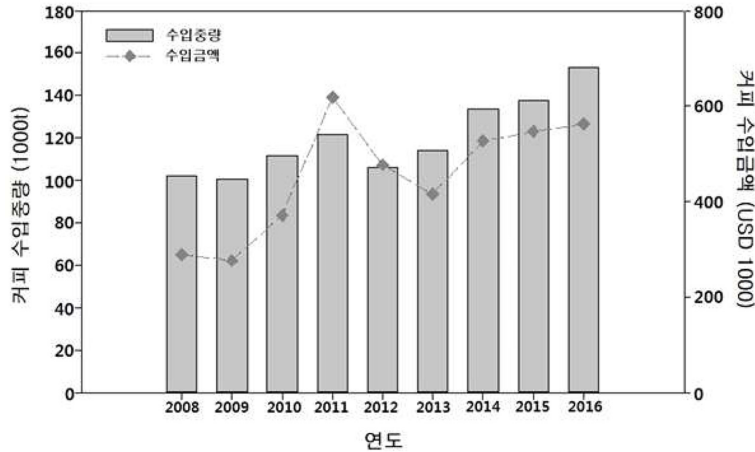


Fig. 2. Annual coffee imports in Republic of Korea.

또한 자연스럽게 증가하는 추세이다^{1,2)}.

커피의 향미성분은 커피의 맛과 품질을 결정하는 중요한 요인으로, 커피에는 furan, pyrazine, pyrrole, ketone, hydrocarbon, aldehyde, alcohol, esters, oxarole, thiopene, thiazole, phenol, acids, sulfide 등 800여 가지의 다양한 성분들을 포함하고 있다^{2,3)}. 이러한 커피의 향미성분들은 로스팅 후 발생한 커피빈 내부의 이산화탄소에 의해 산화가 지연되지만⁴⁾, 강한 휘발성을 갖고 있어 커피의 저장 및 유통 조건에 따라 내부의 이산화탄소 방출과 함께 향미성분도 쉽게 소실되어 최종 제품의 맛과 품질에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 커피 품종 및 로스팅, 추출 조건뿐만 아니라, 커피빈의 로스팅 후 포장 및 저장 유통 조건 또한 최종 커피제품의 품질 및 향미성분에 중요한 요인이 될 수 있다.

시중에 주로 유통되는 커피빈의 포장지로는 polyethylene terephthalate (PET), aluminum (AL), linear low-density polyethylene (LLDPE)의 3겹 라미네이션(lamination) 필름으로 이루어져 있고, 경우에 따라 LLDPE 대신 casted polypropylene (CPP)가 사용되기도 한다. LLDPE와 CPP는 제품에 직접적으로 접촉하게 되는 셀란트 층에 사용되고 커피의 향 유지에 직접적인 연관성이 있는 부분이지만 이와 같은 셀란트 층의 재질에 따른 커피 향미의 변화에 대한 연구는 미흡한 실태이다.

따라서 본 연구에서는 PE 계열과 PP 계열의 커피포장재의 재질에 따른 커피 원두의 향미성분 유지 성능 차이를 비교분석하기 위해 기존의 PET와 AL 두 층에 LLDPE와 CPP를 코팅하여 4°C, 25°C와 40°C 보관 중 커피의 향미성분 변화패턴을 전자코 (electronic nose)와 기체 크로마토그래피와 질량분석기(gas chromatography/mass spectrometry: GC/MS)를 이용하여 분석하였다. 추가적으로 커피빈의 산화방지를 위해 커피 포장재에 사용될 수 있는 탈산소제가 커피

의 향미성분에 끼치는 영향 또한 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

실험은 기존에 유통되는 커피와 동일한 조건을 유지하기 위하여 두 가지 재질의 포장재에 신선한 원두를 넣어 보관하는 방법으로 진행하였다. 본 실험에 사용된 생두는 Coffee Tucan에서 수입한 아라비카(Arabica) 품종인 콘도르 우일라 수프레모 콜롬비아(Condor Huila Supremo Colombia)를 사용하였다(Table 1). 아라비카 생두는 로부스타(Robusta) 품종에 비해 신선도에 민감하며 유기산과 각종 미향이 많아 향미성분의 측정 시 더 많은 정보를 얻을 수 있으며, 단일 농장에서 단일 시기에 생산, 수입되어 신뢰성 높은 측정이 진

Table 1. Technical description of green coffee beans used in this study

TECHNICAL DESCRIPTION	
Coffee	CONDOR HUILA SUPREMO 500 BAGS
Availability	12.000 Bags/Year
Origin	South of Huila
Altitude	1700 ~ 1950 Meters a.s.l
Variety	Arábica Típica-Caturra
Shade	Guamo and other native species
Harvest	Main: Sept-January Flycrop: March-june
Fertilization	Normal
Preparation	Screen 17 up.
Cup	High Acidity Medium body Dark Chocolate Notes., Citric Flavor

Table 2. Gas and vapor permeability of casted polypropylene (CPP) and Linear low-density polyethylene (LLDPE) films

Films	Gas permeability (cc/m ² ·24h·atm/25°C)			Wapor permeability (g/m ² ·day/25°C) 40°C, 90%RH
	O ₂	N ₂	CO ₂	
CPP	3,800	760	12,600	23
LLDPE	7,900	2,800	42,500	36

Table 3. Packaging condition of roasted coffee beans for coffee aroma analysis during storage

Sample name	Packaging material	Internal condition		Temperature (°C)	Sampling days
		Aroma valve	Free oxygen absorber		
PP_A	PP (Polypropylen)	O	X	4, 25, 40	0, 5, 30, 120
PP_AO		O	O	4, 25, 40	0, 5, 30, 120
PE_A	PE (Polyethylene)	O	X	4, 25, 40	0, 5, 30, 120
PE_AO		O	O	4, 25, 40	0, 5, 30, 120

행될 수 있다. 로스팅한 커피빈의 포장에 사용된 파우치는 원-웨이 밸브(one-way valve)를 부착한 다층의 PET 12 μm / AL 7 μm / LLDPE 60 μm과 PET 12 μm / AL 7 μm / CPP 60 μm을 각각 사용하였다. 커피 포장재의 LLDPE와 CPP의 합지(lamination)는 각각 드라이 라미네이션 방법을 사용하였으며, 접착제로는 Loctite Liofol LA 6159(Henkel, Dusseldorf, Germany)를 사용하고 45°C에서 24시간 경화시켰다. 파우치에 사용된 PE와 PP의 기체 투과도는 Table 2와 같다⁵⁾. 또한 기존의 유통방법으로 사용되고 있는 질소치환과 유사한 조건으로 비교 시험을 하기 위해 탈산소제를 사용하였으며, 탈산소제는 립멘의 자체반응형 산소흡수제(H-TYPE) 150 cc용을 사용하였다.

2. 커피빈 로스팅

커피빈의 볶음 공정은 로스터기(Probat 12K 2009 model, Probat, Germany)를 사용하였으며, 열전도 30%, 열풍 70%으로 충분한 예열 후 시료를 볶기 전 2회 시운전 후 로스팅을 실시하였다. 생두는 10 kg을 210°C에 투입하였으며, 터닝 포인트는 1분 40초, 100°C였다. 1차 크랙은 8분 30초, 200°C였으며 배출은 12분 30초, 225°C였다. 2차 크랙에 진입하면 커피 오일이 발생해 산패 변수가 발생할 수 있기 때문에 2차 크랙 직전에 배출하였으며 배출 시간 오차는 ±10초로 하였다. 배출 온도는 225°C로 일정하게 유지하였다.

3. 저장 방법

로스팅이 끝난 커피빈은 로스팅 직후 3분간 냉각하였고, 포장은 향기 손실을 줄이기 위해 로스팅 후 각각의 200 g 파우치에 정량을 담고 밀봉하여 포장하였다. 포장이 끝난 시료는 각각 4°C, 25°C, 및 40°C의 항온조에 저장하면서 0일, 5일, 30일, 및 120일의 기간별로 휘발성 성분 분석을 실시하였다(Table 3).

4. 지표물질 선정

커피의 향미성분 분석은 포장된 원두로부터 포장재 Head-space로 이행되는 성분 분석을 위해 gas tight syringe를 사용하였으며, 원두의 신선도 확인을 위한 지표물질을 선정하여 포장재별 보관온도 및 보관기간에 따른 신선도를 확인하였다(Table 4).

5. 향미성분 분석

시료의 향미성분 분석은 전자코(Electronic nose system)과 기체크로마토그래피와 질량분석기(Gas Chromatography/Mass Spectrometry, GC/MS)를 사용하였다. 분석을 위한 샘플링은 20 mL vial에 시료를 2 g씩 넣어 밀봉(clamping) 후 사용하였다.

전자코를 이용한 향미성분 분석은 시료를 vial에서 500 rpm으로 교반하면서 40°C를 유지하였고 주입구 온도는 200°C 인 상태에서 주입했다. 이 때 사용한 가스는 수소를 사용하였으며, 유속은 10 mL/min 이었다. Syringe purge는 3초간 유지한 후 thermostated tray holder에 놓은 후 head space syringe를 사용하여 5 mL을 취하였다. 분석에 사용된

Table 4. Odor description of index material in roasted coffee

Index material of off flavor		
	Substance	Definition
1	2,4,6-trichloroansole	musty, moldy
2	geosmin	woody, green
3	2-methylisoborneol	musty, potato-bin
Index material of freshness		
1	2-methylpropanal	spicy
2	3-methylbutanal	malty
3	2,3-butadione	butter, cheese
4	2-methylbutanal	malty
5	2-furfurylthiol	cabbage like

전자코(Heracles II, Alpha MOS)는 dual column (DB-5, DB-1701)이 FID (flame ionization detectors)에 연결되어 있으며 시료 당 7회 반복 실시하였다(Table 5).

GC/MS (7890b, Agilent technologies, USA) 분석은 시료의 휘발성 향기성분을 추출하기 위한 방법으로 DHS (dynamic head space) 방법을 사용하였다⁶⁾. 고정상은 DB-5MSUI column을 사용하였으며, oven온도는 40°C에서 250°C까지 분당 5°C씩 상승하여 2분간 유지하였다. 주입구(Injector) 온도는 250°C, 이온화 검출기(Flame ionization detector)의 온도는 230°C로 하였다. 이동상 가스로 Helium을 사용하였고 1 mL/min의 속도로 공급하였다. 이온화 에너지는 70 eV이였으며, 모든 분석은 3회 반복 진행하였다(Table 6).

결과 및 고찰

1. 포장조건에 따른 커피 아로마 패턴 분석

저장기간이 0일(흰색), 5일(파란색), 120일(빨간색) 지남에 따른 향기 패턴 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 분석결과 신선한 저장 0일째 원두가 양의 방향에 위치하는 반면, 저장 기간이 증가할수록 음의 방향으로 이동하는 경향을 보이며 원두의 산패가 진행되는 양상을 보였다. 축에서 나타난 %수치는 축의 이동에 대한 기여도와 같다. 즉, X축과 Y축 위에서

Table 5. Test conditions of coffee aroma analysis using Electronic nose

Pretreatment condition	
Incubation temp.	40°C
Incubation time	40 min
Analytic condition	
Injector temp.	200°C
Syringe purge	3 sec
Injection volumn	5 mL
Oven temp.	50°C(2s)-1°C/s-80°C-3°C/s-250°C(21s)

Table 6. Test conditions of coffee aroma analysis using GC/MS

Pretreatment condition	
Incubation temp.	30°C
Incubation time	15 min
Purging time	15 min
Trapping time	15 min
Drying	5 min
Analytic condition	
Injector temp.	250°C
Ion source temp.	230°C
Oven temp.	40°C(2min)-4°C/min-250°C(2min)

각각 같은 거리만큼 이동했다라도 %수치가 큰 축으로의 이동이 더 큰 변화를 나타낸다고 할 수 있다. PE와 PP재질을 비교한 결과 재질에 따른 향기패턴 변화는 크지 않았다. 아로마밸브만 부착한 봉투의 경우 PE가 PP보다 x축으로 조금 더 많이 이동해 미미하지만 PP계열의 커피포장재의 보향성이 우수했다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 본 실험에 사용된 PE와 PP 재질 필름의 기체 차단성에 의한 영향으로 사료된다(Table 2). PE와 PP재질은 우수한 열접착성(heat sealability)과 수분에 대한 저항성(moisture resistance)를 보유하여, 식품 포장 분야에 있어서 가장 널리 사용되고 있는 플라스틱 필름 소재이다. R.Van Willige 등⁷⁾은 플라스틱의 소재별 저장기간과 온도에 따른 향기성분의 흡착정도를 비교하였다. PE와 PP는 모두 polyolefin 계열의 플라스틱 필름으로 무극성한 성질을 갖고 있어 상대적으로 극성을 띠는 polycarbonate(PC)나 polyethylene terephthalate(PET)에 비해 향기성분의 흡착정도가 크다고 보고되었으며, PE와 PP 재질간의 차이에서는 20°C에서 필름의 단위면적당 향기성분의 흡착정도가 PE가 5.9 mg/m², PP가 4.6 mg/m²이라고 보고되었다. 이는 PE에 비해 PP의 용융점이 높고, 두 재질간의 구조적 차이로 인한 것으로 사료되며, 본 연구에서 PP 재질의 필름이 PE 재질의 필름보다 보향성이 우수하다는 것과 일맥상통하는 결과이다.

탈산소제의 유무에 대한 결과를 비교해보면 초기에는 탈산소제의 유무가 향기패턴에 크게 영향을 미치지 않았다. 오히려 시간이 경과할수록 탈산소제를 사용한 샘플에서 많은 변화가 발생하였고 탈산소제를 이용해 질소 치환의 효과를 얻을 수 없는 것으로 나타났다. 이는 탈산소제 내부의 철이 오히려 커피의 산화를 촉진시키는 촉매 역할을 하여 부정적인 영향을 미친 것으로 추정된다. 철이 아닌 유기물 계열의 탈산소제를 사용하여 이에 따른 향기 패턴 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

저장 온도에 따른 구분에서 저장온도가 낮을수록 향기패턴이 변화하지 않았으며 온도가 증가할수록 산패가 빠르게 진행되었다. 특히 4°C에서 보관할 경우 향기 패턴이 가장 적게 변하는 것으로 나타났다. Lee 등⁸⁾은 Arrhenius model을 백리향 정유의 향기성분 휘발에 적용하여, 휘발성분의 방출 속도는 온도에 가장 크게 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서, 유통 중 커피의 향기성분을 장시간 보존하기 위해서는 저장 및 유통 온도가 중요 인자로 작용할 수 있으며, 저온의 냉장온도 (4°C) 에서의 유통이 적합한 것으로 판단된다.

2. 저장기간에 따른 휘발성분 변화

커피의 저장기간에 따른 휘발성분의 변화를 관찰한 결과 Table 7에 나타난 11종의 물질이 증가 또는 감소함은 확인하였다. 커피 원두의 지방 함량은 30% (USDA)로 지방이 산패됨에 따라 과산화물이 생성되며 최종 산물로서 분자량

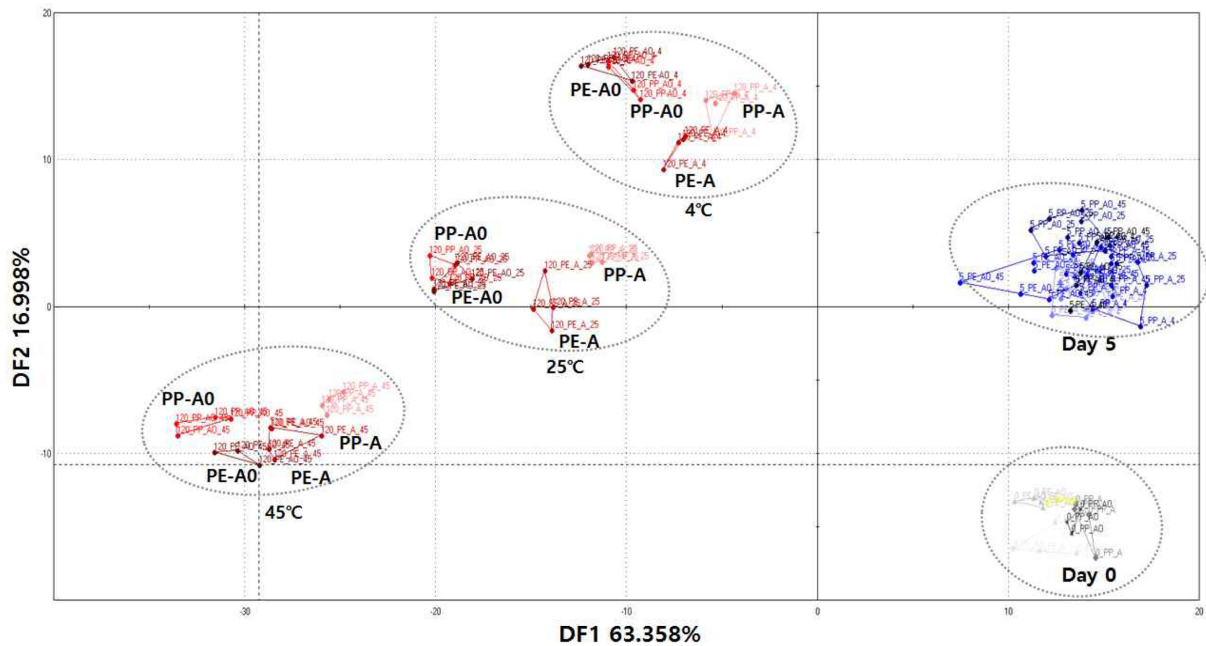


Fig. 3. Discriminant function analysis of different coffee packaging method (PP_A, PP_AO, PE_A, and PE_AO) and the storage date (Day 0, 5, and 30) obtained by Electronic nose system.

Table 7. Volatile compound area of roasted coffee in various coffee packaging methods at 25°C (TIC area: 10⁸)

	Substance	0 Day				5 Day				30 Day				
		PPA	PPAO	PEA	PEAO	PPA	PPAO	PEA	PEAO	PPA	PPAO	PEA	PEAO	
1	Hexanal	-	-	-	-	-	-	-	-	1.40	1.30	0.35	-	↑
2	Phenol	-	-	-	-	0.15	-	0.09	-	6.90	2.10	1.80	1.00	↑
3	1-Methylpyrrole	-	-	-	-	0.02	0.07	0.07	0.04	0.25	0.28	1.1	0.39	↑
4	3-Methylthiophene	-	-	-	-	0.05	0.03	0.03	0.07	0.11	0.21	1.00	0.20	↑
5	Pyridine	1.90	1.90	1.90	1.90	1.96	2.00	2.00	2.00	0.50	1.50	1.70	1.8	↓
6	2-Furanmethanol	2.60	2.60	2.30	2.30	5.03	6.00	5.17	2.20	0.60	1.90	1.80	2.00	↓
7	2,3-Pentadienoic acid, ethyl ester	1.30	11.1	2.00	6.00	0.20	0.30	0.15	0.10	-	-	-	-	↓
8	Ethyl bromide	1.30	11.8	2.00	6.30	1.25	2.00	0.83	1.2	0.52	0.48	0.45	0.44	↓
9	Furfuryl acetate	2.40	2.20	2.30	2.50	3.56	4.59	3.65	2.89	1.00	2.00	1.95	1.80	↓
10	2-Ethyl-5-methyl pyrazine	1.20	1.20	1.40	1.40	0.50	0.50	0.40	0.30	0.05	0.23	0.12	0.10	↓
11	2,6-Dimethyl-3-pyridinamine	0.58	-	0.28	-	1.09	1.00	0.89	0.23	0.37	0.39	0.20	1.00	↓

이 작은 휘발성분이 생성된다^{9,10}. 이와 같은 산화 기작에 따라서 산패가 가속화 되면 생성되는 대표적인 물질로 hexanal이 있으며, 이 성분은 역치 값이 낮고 풀 냄새(Grassy 향)를 내는 것으로 알려져 있다¹¹. 커피 원두에서 이취로 작용하지는 않지만 휘발성 2차 산화물로서 커피향미를 이취로 산화 촉진하는 역할을 한다. 이 외에도 원두를 저장함에 따라 phenol과 1-methylpyrrole이 생성되었는데 PP로 포장하였을 때 phenol이 두드러진 증가를 보였고 그와 반대로 PE에서는 1-methylpyrrole이 증가하는 추세를 보였다. 공기로 포장 시

phenol과 1-methylpyrrole이 증가함은 발표된 바가 있다¹².

3. 지표물질 분석

실험 결과 두드러진 변화를 보인 성분은 pyridine이었고 pyridine은 이미 여러 논문이나 자료로도 많이 알려져 있는 커피의 대표적인 향기 성분이다^{13,14}. 포장 조건 별 25°C 온도에서, 저장기간에 따른 pyridine 함량변화는 저장 5일까지는 포장 조건에 따른 차이가 없었으나, 탈산소제 없이 PP 포장재에 보관하였을 때에는 저장 30일째에 pyridine 함량이

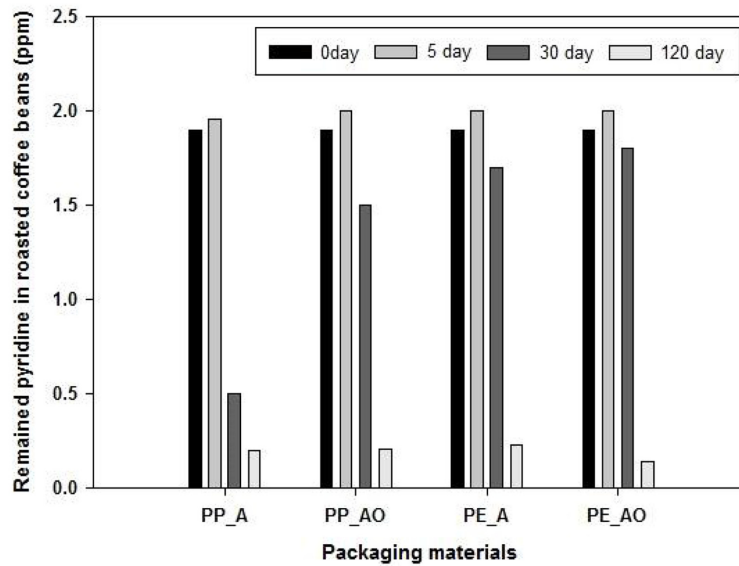


Fig. 4. Changes of pyridine in roasted coffee packaged by different materials at 25°C during storage.

크게 감소하였다. 저장 120일째에는 모든 시료에서 pyridine 함량이 크게 감소한 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4). Pyridine은 저 비점 휘발성 성분(light volatile compound)로 산소와 반응하여 감소하는 것으로 알려져 있으며⁴⁾ sour, putrid의 향을 가지고 역치 값은 0.063 ppm으로 알려져 있다. 추가적인 연구 시 pyridine을 이용하여 패키지별 산패의 변화를 측정하여 패키지 성능 분석에 활용할 수 있을 것으로 보인다.

요 약

전 세계적으로 커피 시장이 매년 커지고 있고 이에 따라 커피 포장지의 수요 역시 증가하고 있지만 제품에 직접적으로 접촉하게 될 실패트 층에 사용되는 PE 재질과 PP 재질이 커피 향에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 상태이다. 본 연구에서는 전자코(Electronic nose)와 기체크로마토그래피와 질량분석기(GC/MS)를 이용하여, PP와 PE 재질의 파우치에 커피를 담아 향기 패턴과 향 물질의 변화를 연구해 보았다. 저장기간에 따른 휘발성분 분석 결과, 커피의 향기 성분 분석에 적합한 지표 물질은 pyridine이었다. 추가적으로 온도(4°C, 25°C and 40°C)와 탈산소제의 유무에 따른 향기 패턴 변화 역시 관찰하였다. 그 결과, 미미하게나마 PP계열 포장재가 PE계열 포장재보다 보향성이 좋았으나 재질에 의한 성능의 변화는 거의 없다는 결과를 얻었다. 오히려 재질보다는 온도에 의한 향기 패턴 변화가 지배적이었다. 냉장 유통(4°C)이 가장 좋은 보관 온도였고 짧은 기간 내에 판매가 이루어지는 것이 이상적이다.

참고문헌

1. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs (MAFRA) and aT Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corp. 2016. 가공식품 세분시장 현황 (커피류 시장), p.2.
2. Statics Korea. 2017. Statics of coffee products. Statics Korea, Daejeon-Si.
3. Grosch, W. 1995. Instrumental and sensory analysis of coffee volatiles. ASIC. 16: 147-156.
4. Moon, J. W. and Cho, J. S. 1999. Changes in Flavor Characteristics and Shelf-life of Roasted Coffee in Different Packaging Conditions during Storage. Korean J. Food sci. Technol. 31: 441-447.
5. Yun, J., Lee, J. K., and Kim, J. S. 2015. Effect of Storage Periods on the Extraction Characteristics and Preferences of Espresso Coffee. Journal of The Korea Society for Coffee Industry 4: 16-22.
6. J. Stephen Elmore, Mehmet Ali Erbahadir, and Donald S. Mottram. 1997. Comparison of Dynamic Headspace Concentration on Tenax with Solid Phase Microextraction for the Analysis of Aroma Volatiles. J. Agric. Food Chem. 45: 2638-2641.
7. R. Van Willige, D. Schoolmeester, A. Van Ooij, J. Linssen, and A. Voragen. 2001. Influence of Storage Time and Temperature on Absorption of Flavor Compounds from Solutions by Plastic Packaging Materials. Journal of Food Science. 67: 2023-2031.
8. Lee, M. H., Seo, H. S., and Park, H. J. 2017. Thyme Oil Encapsulated in Halloysite Nanotubes for Antimicrobial Packaging System. Journal of Food Science. 82: 922-932.
9. Hirose Y., Maruo S., and Hosida H. 2014. Introduction of Coffee Studies. Kwangmoonkag. Japan: 262.

10. Nishizawa, C. and Van, C. N. 2011. Coffee Science & Function. Kwangmoonkag. Japan: 23-52.
11. Daniel Carrizo, Gonzalo Taborda, Cristina Nerina, and Osvaldo Bosetti. 2016. Extension of shelf life of two fatty foods using a new antioxidant multilayer packaging containing green tea extract. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 33: 534-541.
12. Krešimir Marin, Tomaž Požrl, Emil Zlatić, and Andrej Plestenjak. 2008. A new aroma index to determine the aroma quality of roasted and ground coffee during storage. Food Technology and Biotechnology, 46: 442-447.
13. Moon, J. K. and Shibamoto T. 2009. Role of Roasting Conditions in the Profile of Volatile Flavor Chemicals Formed from Coffee Beans. J. Agric. Food Chem. 57: 5823-5831.
14. Silvia Rocha, Laura Maeztu, António Barros, Concepción Cid, and Manuel A Coimbra. 2004. Screening and distinction of coffee brews based on headspace solid phase microextraction/gas chromatography/principal component analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 43-51.

투고: 2017.07.10 / 심사완료: 2017.07.27 / 게재확정: 2017.08.22