

바이오 플라스틱을 적용한 종이 합지 커피 포장재의 제품 특성에 관한 연구

유하경^{1*} · 주민정² · 우정희¹ · 오재영² · 임효승¹

¹소프트팩(주)

²한국건설생활환경시험연구원

A Study on the Characteristics of Paper-based Packaging Materials with Bioplastics for Roasted Coffee Beans

Ha Kyoung Yu^{1*}, Minjung Joo², Jung Hee Woo¹, Jae Young Oh², and Hyo Seung Lim¹

¹Softpack Co., Ltd.

²Korea Conformity Laboratories

Abstract Recent studies on recyclable materials in the packaging have an increased attention due to the eco-friendly policies of reducing carbon dioxide emissions in worldwide. Roasted coffee beans mostly packed in multi-layered films and papers according to their expiration date. To satisfy both recyclability and barrier properties, researches have been continued on paper-based packaging materials to enhance their properties. In this study, packaging materials for coffee beans are developed by laminating bioplastic films on papers. The tests of packaging materials were performed with mechanical properties, gas and water vapor permeability, recyclability and storage quality for coffee beans. Compared to other samples, the paper/bioplastics-based coffee package composed of starch coated papers and two bioplastics showed the lowest barrier properties, comparable mechanical strength and ability to maintain the quality of roasted coffee beans. Thus, it could be a good alternative for multi-layered packages for roasted coffee beans.

Keywords Paper/bioplastics-based packaging materials, Mechanical properties, Recyclability, Barrier properties, Roasted coffee beans

서 론

식품 포장재는 제품의 생산, 유통 그리고 소비자가 섭취할 때까지 안전성의 확보가 중요한 요인인 제품이다. 다양한 식품 중 특히, 커피 포장재의 경우 커피의 산화를 방지하고 향을 유지하기 위하여 포장재의 산소차단성, 수분차단성, 열접착성, 내충격성 등이 기본적인 물성으로 요구된다¹⁾. 현재, 시장에 주로 유통되는 커피 포장재는 이러한 물성을 만족하기 위하여 polyethylene terephthalate (PET), aluminum (AL), linear low-density polyethylene (LLDPE)의 3겹의 다층 필름으로 이루어져 있고, 경우에 따라 LLDPE 대신 casted polypropylene (CPP)이 이용된다²⁾. 커피의 품질 유지(향의 유지) 및 유통기한 연장을 위해 차단성을 향상시킬

수 있는 AL이나 ethylene vinyl alcohol (EVOH) 같은 고차단성 소재를 적용하고 있으나, 이런 소재들이 쓰인 다층 구조의 포장재는 그 자체로는 분해되지 않아, 각각의 성분을 분리하여 재활용하여야 한다. 이중 일부가 회수되어 재활용되지만 여러 성분이 복합되어 있고 AL층으로 인하여 부가가치가 없는 제품으로만 사용이 가능하여 대부분 소각, 매립을 하고 있는 실정이다.

우리나라에서는 포장 폐기물 발생량은 생활 폐기물 총계에서 추정하여 파악하고 있으며, 일평균 쓰레기 발생량(사업장, 건설 현장 포함)은 22만톤(2000년)에서 41만톤(2017년)으로 17년 사이에 약 1.8배 증가했으며, 매년 증가추세를 보이고 있다³⁾. 커피 포장재와 같이 다층 구조의 포장재를 소각할 때 발생하는 온실가스, 유해가스 및 미세먼지 증가에 의한 환경 오염은 이제 사회문제로 대두되고 있으며 지구온난화로 인해 전세계적으로 탄소규제정책을 실시하고 있는 상황에서 재활용이 가능한 친환경 식품 포장재 개발은 필수 불가결하다. 종이는 친환경적이며 재활용이 가능한 가

*Corresponding Author: Ha Kyoung Yu
Softpack Co., Ltd., Gwangju 12774, Korea
Tel: +82-70-4348-4310; Fax: +82-31-8027-8727
E-mail: yuhk@softpack.co.kr



Fig. 1. Multi-layered packages for roasted coffee beans.

장 대표적인 소재이지만 제한적인 차단성, 흡습성으로 인해 제품 적용에 제한이 있다. 또한 다른 친환경 소재인 바이오 플라스틱은 생분해성 폴리머나 옥수수전분을 사용하여 토양에서 생분해가 가능해 매립 시 환경오염에서 자유롭지만 종이의 재활용 과정에서 해리되지 않는 문제점이 있다.

기존 커피포장재는 다층 필름으로 난분해성 폐기물이기 때문에 생분해 혹은 해리가 가능한 친환경 포장재 소재에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 그 일환으로 바이오 플라스틱을 활용한 연구가 진행되고 있고, 대표적으로 소수성 고분자를 활용한 발수 에멀전, 식물성 오일을 활용한 친환경 왁스, 전분을 활용한 바이오 플라스틱 개발이 시도되고 있다⁴⁻⁵⁾. 하지만 에멀전이나 왁스는 기계적 물성과 수분 차단성이 낮고, PLA, PBT 등의 바이오 플라스틱은 기계적 물성, 차단성을 향상시켰지만 기존 다층 필름과 비교하여 부족한 상황이다.

따라서, 이 연구에서는 친환경 종이 합지 커피포장재를 개발하기 위해 종지와 바이오 플라스틱을 적용하여 커피 포장재에 적합한 차단성, 기계적 특성, 재활용성의 최적의 조합을 연구하고자 한다. 또한, 커피 원두를 포장, 저장 실험하여 개발된 친환경 포장재의 제품 품질에 대한 영향성을 함께 연구하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

크라프트지(㈜한솔제지, 서울, 대한민국), 변성 전분계 코팅 종이(㈜한솔제지, 서울, 대한민국), 전분계 바이오 플라

스틱 필름(쿠라레이코리아(유), 서울, 대한민국), 폴리 유산 (Poly(lactic acid)), PLA과 에스터 계열의 플라스틱이 혼합된 바이오 플라스틱 필름(F2332, 한국바스프(유), 서울, 대한민국), 폴리우레탄 접착제(LA 7795, 헨켈코리아(유), 서울, 대한민국)를 구입하였다.

커피 생두는 아라비카(Arabica) 품종으로 콜롬비아 후일라 지역에서 생산된 콘도르 후일라 수프레모(Condor Huila Supermo Colombia)를 사용하였다. 지역 로스터리에서 이 수프레모 생두를 로스팅한 원두를 구입하였다. 생두는 로스터기(Probat 12K 2009 model, Probat, Germany)를 예열 후 230°C에서 투입하였다. 1차 크랙은 190°C였으며, 2차 크랙이 시작된 228°C에서 배출한 강배전 원두를 실험에 사용하였다.

2. 종이 합지 포장 봉투 제조

종이 원단과 바이오 플라스틱 필름은 각각의 와인더롤에 감겨 합지기로 들어가고 호퍼를 통해 접착제를 투입하여 그 립롤에 의해 도포된다. 접착제가 도포된 필름은 910 mm 압착롤러를 통해 합지가 이루어진다. 합지가 완료된 필름은 경화실에서 39시간의 경화를 하여 완성한다. 이 합지는 M방 실링을 통하여 포장재로 제작되고 가스분출을 위한 아로마 밸브를 부착하여 커피포장봉투를 제조하였다. 본 실험을 위하여 제작된 5가지 종이 합지 커피 포장봉투의 조성은 Table 1에 나타내었다.

3. 종이 합지 포장재의 기계적 물성 및 차단성 평가

시편은 샘플당 기계방향(MD, Machine Direction)과 폭방향(TD, Transverse Direction)으로 각각 5개의 시편을 절단하여 준비하였다⁶⁾. 항온항습기(JSRH-150CPL, JS리서치(유), 대한민국)에서 23°C, 50% RH 조건으로 12시간 이상 전처리한 후 Universal Testing Machine (3367, 인스트론코리아(유), 대한민국)을 이용하여 인장강도, 연신율, 접착강도를 측정하였다⁷⁾. 산소투과도(oxygen transmission rate)와 투습도(moisture vapor transmission rate)는 각각 OX-TRAN® (Model-2/61, Moncon, USA)과 PERMATRAN(Model-3/33, Mocon, USA)을 이용하여 측정하였다⁸⁻⁹⁾.

4. 종이 합지 포장재의 단면 분석

포장재 2~3중지들의 두께와 접착상태를 확인하기 위하여

Table 1. Explanation of packaging material samples

Sample	Composition	Characteristics
KL	Kraft paper + LLDPE	Petroleum-based
KP	Kraft paper + modified starch coated paper	Eco-friendly
KPE	Kraft paper + modified starch coated paper + PLA	Eco-friendly
PP	Corn starch coated paper + modified starch coated paper	Eco-friendly
PPE	Corn starch coated paper + modified starch coated paper + PLA	Eco-friendly

FESEM(Field emission scanning electron microscopy, Quanta FEG 250, FEI, Hillsboro, Oregon, USA)을 통해 관찰하였으며, 시편을 50 mA에서 30초간 Pd sputtering으로 전처리 후 가속전압 30 kV 및 배율 4~500배의 조건으로 측정하였다.

5. 종이 합지 포장재의 재활용성 평가

재활용성을 확인하기 위하여 본 연구에서는 생분해도와 알칼리 해리성 시험을 진행하였다. KS M 14885-1¹⁰⁾에 따라 포장재의 생분해도를 실험하였으며, 포장재 인증 시험법(EL 606)의 알칼리 해리성¹¹⁾ 시험법을 일부 수정하여 적용하였다. 생분해도 실험은 2 L의 퇴비화 용기에 각각 퇴비 240 g, 표준물질(셀룰로오스) 및 샘플 20 g을 혼합하여 58°C의 향온이 유지되고 미생물 활동을 저해하는 가스가 없으면서 어둡거나 확산광이 있는 밀폐된 곳에서 45일간 배양하여 이산화탄소 방출량에 의해 계산된 생분해도를 평가하였다. 알칼리 해리성 실험은 기존의 방법의 경우 샘플을 조각내지만, 본 연구에서는 종이 재질에 바이오 플라스틱 필름을 합지하기 때문에 종이와 바이오 플라스틱 필름이 분리가 되는지 육안으로 확인하기 위해 샘플을 10 cm × 10 cm의 크기로 절단한 뒤 그대로 알칼리 용액에 해리하여 결과를 확인하였다.

6. 종이 합지 포장재의 제품 품질 평가

개발된 종이 합지 포장재의 품질 평가를 위해 식약처 식품의 유통기한 설정 실험 가이드¹²⁾ 라인에 따라 커피 원두의 저장 품질과 KS T 5055¹³⁾를 기준으로 제품이 포장된 포장재의 유통 성능을 시험하였다. 포장재질에 따른 저장기간별 포장 내부 기체 조성 변화를 알아보기 위해 5종의 100 g 종이합지 포장봉투(아로마밸브 부착)에 커피 원두 100 g을 투입한 뒤 질소 충전 및 열접착한 밀폐 상태에서 실온에서 저장하며 내부 기체 조성을 측정하였다. 1일 간격으로 총 4일간 5종의 포장봉투에서 O₂와 CO₂ 함량을 측정하였다. 포장재 내부의 기체 조성은 가스분석기(CheckMate 9900, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

7. 통계처리

본 연구 결과는 SPSS(IBM SPSS Statistics Subscription Trail, IBM, USA)를 사용하여 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 유의수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 종이 합지 포장재의 기계적 물성

이 연구에서는 기존의 제품과 비교평가를 위하여 LLDPE가 종이에 합지된 제품을 선정하고 종이의 물성 개선을 위

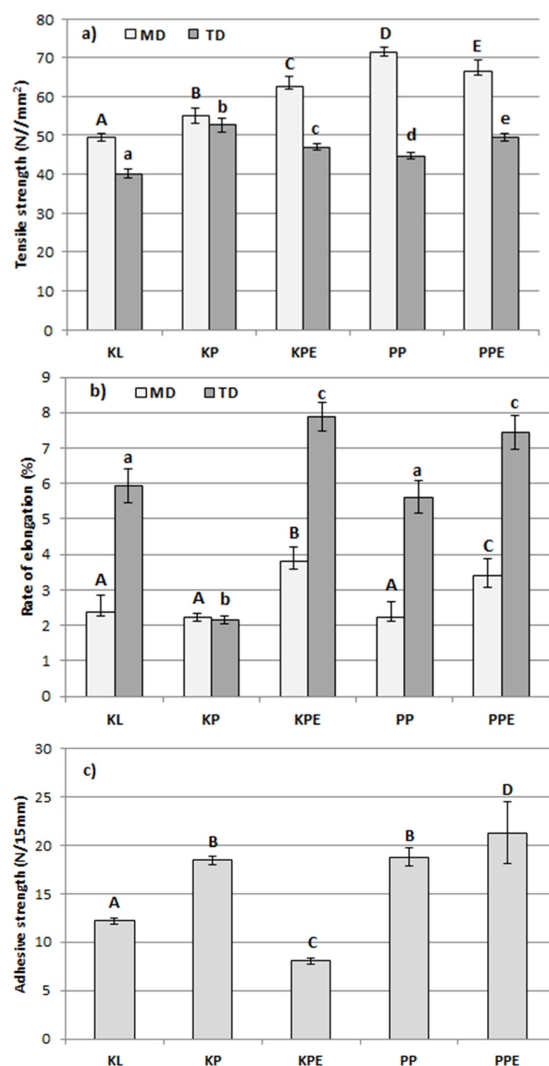


Fig. 2. Mechanical properties of paper-based packaging materials with bio-plastics: a) tensile strength, b) rate of elongation, c) adhesive strength.

하여 코팅이 안된 일반 종이, 물성 개선을 위해 전분 코팅된 종이, 생분해성 바이오 플라스틱 필름을 적용하여 Table 1에 나타난 바와 같이 다양한 조합으로 이루어진 다층 종이 합지 포장재를 제작하였다. 제작된 종이 합지 포장재의 기계적 물성을 평가하기 위하여 인장강도, 연신율, 접착강도를 측정하여, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

포장재 샘플의 인장강도는 MD 방향으로서는 2종의 전분이 코팅된 종이와 적용된 PP가 71.25 N/mm², TD 방향으로서는 KP 재질이 52.66 N/mm²로 각각 가장 높은 수치를 나타내었다. 바이오 플라스틱이 적용된 KPE, PPE이 더 높은 인장강도를 보일 것으로 예상하였으나 2종의 코팅 종이와 적용된 PP가 통계적으로 유의미하게 높은 강도를 보임에 따라 종이 합지 포장재의 단면을 추가로 분석하였다. 연신율은 MD 방향과 TD 방향 모두 KPE 재질이 각각 3.8%과

7.88%로 가장 높은 수치를 나타내었다. 연신율에서는 통계적으로 바이오 필름을 2종을 사용한 3중지와 바이오 필름 1종을 사용한 2중지가 유의미한 차이를 보였다. 접착 강도는 PPE가 21.27 N/15mm로 가장 높은 수치를 보였다. PPE는 통계적으로도 다른 4종의 샘플보다 유의미하게 차이가 있는 것을 확인하였다.

2. 종이 합지 포장재의 차단성

5종의 포장재 샘플에 대한 산소 투과도와 투습도 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 이러한 결과로 미루어 보아 일반 크래프트지 대비 종이에 전분 코팅이 적용된 PPE 재질이 가장 뛰어난 산소와 수증기에 대한 차단성을 가지고 있다고 판단할 수 있다. PPE의 산소 투과도와 투습도는 다른 4종의 샘플보다 낮은 수치인 $2.40 \text{ cc/m}^2\cdot 24\text{h}\cdot\text{atm}/25^\circ\text{C}$ 와 $1.91 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}/25^\circ\text{C}$ 였다. 산소투과도에서는 PPE, PP 그리고 KPE 재질, 그리고 투습도에서는 PPE, PP 그리고 KL 재질이 통계적으로는 차이가 없는 것이 확인됐다. 이러한 결과로 미루어 보아 코팅 종지와 PLA 계열의 바이오 플라스틱의 종이 합지 포장재에 적용이 산소와 수분 차단성 향상에 긍정적인 영향을 주는 요인인 것으로 추정되며, 이는

기준에 적용되고 있는 LLDPE가 적용된 KL보다 향상된 결과이다.

3. 종이 합지 포장재의 단면 분석

Fig. 3과 같이 종이 합지 포장재의 단면을 SEM으로 분석하였으며, 5종의 샘플(KL, KP, KPE, PP, PPE)들의 두께는 각각 0.11, 0.1, 0.14, 0.1, 0.15 mm로 측정되었다. PPE와 KPE는 종지와 바이오 플라스틱 필름이 2종이 들어간 3중지로 구성되어 다른 샘플들보다 두꺼운 것을 확인하였고, 이중 재질인 종지와 바이오 플라스틱 필름층 사이의 접착 정도를 확인하였다. LLDPE가 적용된 a)와 전분 코팅 2중지인 d)를 제외한 모든 샘플의 접착층에는 사진 상에서 흰 박스 표시로 나타낸 부분에서 일부 빈 공간이 확인되었다. KPE, PPE는 라미네이션 과정에서 종지와 종이, 종지와 필름 사이 사이에 접착력이 부족한 것으로 나타났으며, 이것이 바이오 플라스틱을 적용하였음에도 불구하고 상대적으로 인장강도가 감소했던 원인인 것으로 판단된다.

4. 종이 합지 포장재의 재활용성 평가

알칼리 해리성 실험은 종이 합지 포장재의 재활용성을 판

Table 2. Oxygen and water permeability of paper-based packaging materials

Sample	O ₂ permeability (cc/m ² ·24h·atm/25°C)	H ₂ O permeability (g/m ² ·day/25°C)	Number of layers
KL	242.10 ± 2.55 a	5.65 ± 0.01 a	2
KP	430.05 ± 16.19 b	194.30 ± 4.24 b	2
KPE	3.25 ± 0.21 c	442.10 ± 26.87 c	3
PP	3.20 ± 0.57 c	2.23 ± 0.49 a	2
PPE	2.40 ± 0.99 c	1.91 ± 0.07 a	3

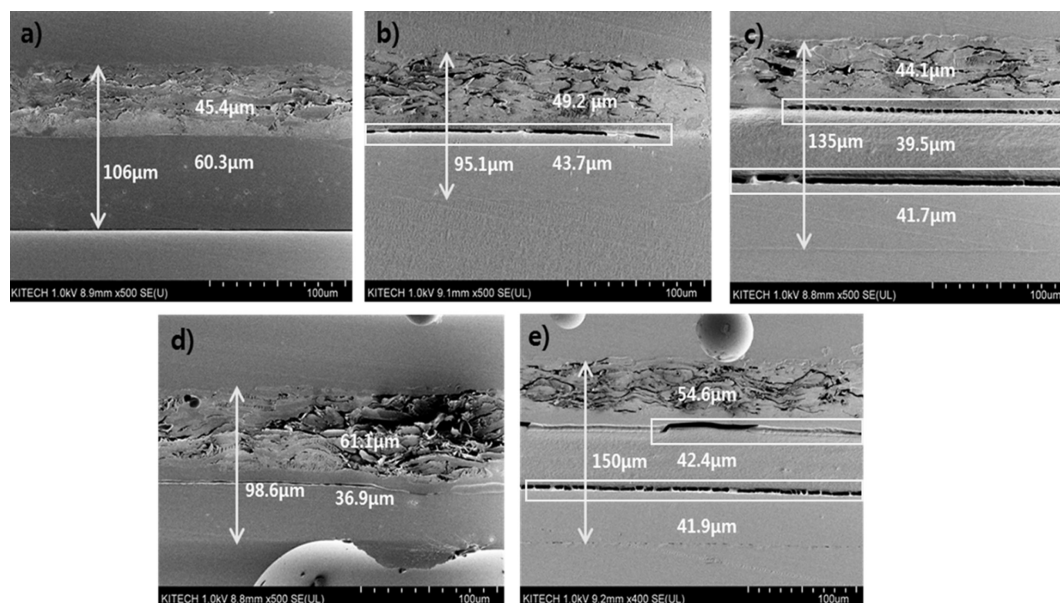


Fig. 3. SEM images for paper-based packaging materials with bio-plastics: a) KL, b) KP, c) KPE, d) PP, e)PPE.

단하기 위한 하나의 방법으로 Fig. 4에서 확인할 수 있듯이 샘플을 잘게 조각내어 알칼리 해리를 시킨 후 채에 걸러 건조하여 육안으로 해리성을 확인하였다. 5종의 포장재 샘플이 전부 알칼리 용액으로 인해 코팅 종이는 해리가 되고 바이오 플라스틱 필름만 남아있는 결과를 확인할 수 있었다. 이는 코팅액과 적용된 LLDPE, PLA가 알칼리에 해리되지 않음에 따라 예측된 결과이나 Fig. 5의 a-c에서 LLDPE와 코팅액, 필름이 해리되지 않아 분리된 것을 확인할 수 있다. Fig. 5의 d-e에서는 전분계 코팅액을 적용한 종지와 바이오 플라스틱 필름을 적용한 종이 포장재의 차이를 확인하기 위하여 기존의 시험방법대비 시료를 조금 더 크게 준비하여 해리성 시험을 진행하였다. 사진과 같이 상대적으로 종지와 플라스틱 코팅, 필름 등의 분리가 용이하여 제일 오른쪽 사진을 확인하며 종지의 잔여물이 적음을 확인할 수 있다. 이는 종지의 재활용 과정에서 종지의 해리 이후 여과시에 좀더 용이하게 플라스틱 재질 부분의 여과가 가능할 것으로 보인다. 이에 여과된 바이오 플라스틱은 열에너지의

원료로 사용하거나 토양에 매립하여 생분해가 가능할 것으로 사료된다¹⁴⁾.

따라서, 알칼리 해리성 실험 외 종이 합지 포장재의 재활용성을 추가 확인하기 위하여 샘플 중에서 기계적 물성과 차단성이 높은 PPE에 대해 생분해도 실험을 진행하였다. Table 3에 나타내었듯이 PPE 재질은 퇴비의 함수율, 색상, 냄새 등의 특이사항이 없었으며, 이산화탄소 방출량에 의해 계산한 평균 생분해도가 76.37%로 확인되었다. 표준물질인 셀룰로오스와 대비하여 PPE 재질의 생분해도는 96.60%로 이 재질은 생분해가 되는 친환경 재질로 확인되었다.

5. 종이 합지 포장재의 제품 품질 평가

커피 원두가 포장된 5종의 포장재 내부의 O_2 와 CO_2 함량을 Fig. 6에 나타내었다. 커피 원두는 로스팅 과정에서 이산화탄소가 발생되며 원두 내부 공간에 저장되었던 이산화탄소가 시간이 경과하면서 배출된다¹⁵⁾. 포장 1일차에서 커피 원두의 내부에 있던 이산화탄소가 배출되면서 모든 5종

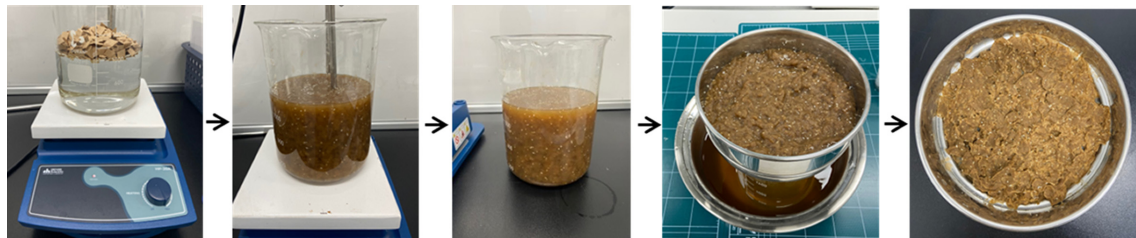


Fig. 4. Steps of alkali dissociation.

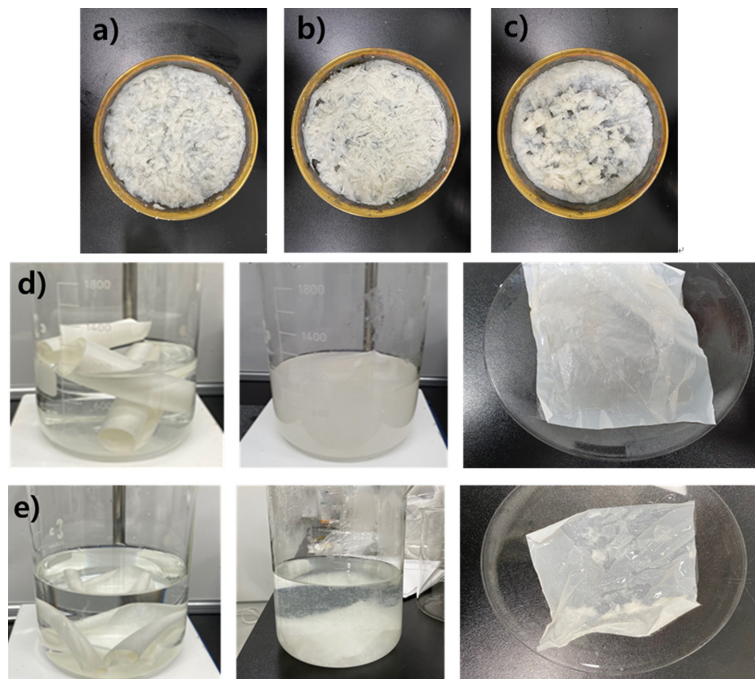
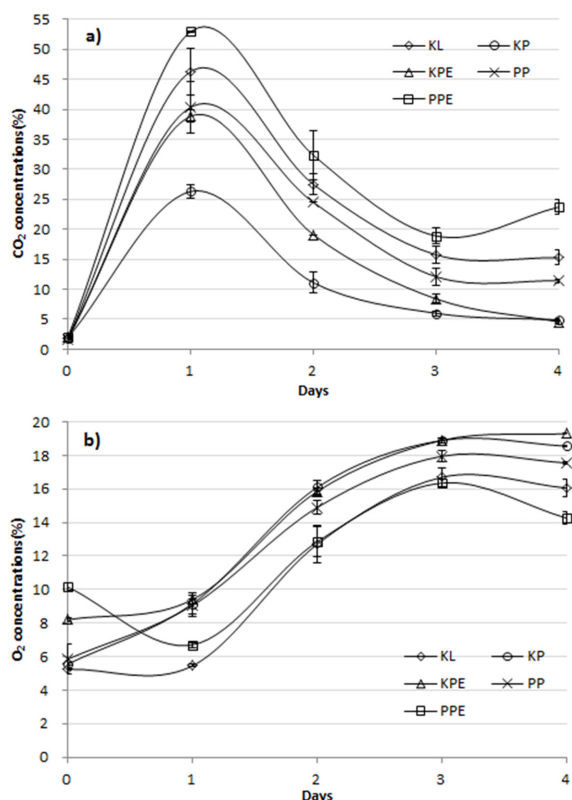


Fig. 5. Images for alkali dissociation of samples: a) KL, b) KP, c) KPE, d) PP, e) PPE

Table 3. Biodegradability of paper-based packaging material

Name of sample	Average of biodegradability (%)	Experimental date (day)	Observation
Standard (Cellulose)	79.06	45	Nothing significant to report
Sample (PPE)	76.37	45	Nothing significant to report
Biodegradability compared to standard (%)	96.60		

**Fig. 6.** Head space gas percentages inside paper/bioplastics packages for roasted coffee beans during storage at 40°C for 4 days.

의 샘플에서 CO_2 의 함량이 급격하게 증가하였다. 특히 산소 및 수분 차단성이 가장 높았던 PPE 재질의 O_2 와 CO_2 함량은 각각 6.7%와 52.95%로 나타났다. 포장 기간이 경과되면서 O_2 대비 CO_2 의 함량은 점차 감소되었다. 포장 4일차에는 PPE 재질을 제외한 모든 포장재의 기체 조성은 O_2 의 함량이 CO_2 의 함량보다 높았다. 4일차의 PPE 재질의

O_2 와 CO_2 함량은 각각 14.25%와 23.75%로 측정되었다.

커피 원두는 포장 온도, 산소 함량, 포장 기간이 증가할수록 산패가 더 빠르게 진행되어 품질 유지에 악영향을 미친다¹⁶⁾. 이 중 포장재 내부의 산소는 커피 원두 산패의 주요 원인이기에 내부 기체 조성을 통하여 포장재에 포장된 커피 원두의 품질유지 여부를 확인하였다. 포장 초기인 1일차와 2일차에는 거의 모든 포장재에서 CO_2 함량이 O_2 함량보다 높았다. 하지만 시간이 경과하면서 포장재 내부의 기체가 아로마 밸브를 통해 배출되며, 4일차에는 PPE 재질을 제외한 모든 포장 재질이 O_2 함량이 CO_2 함량보다 다시 높아졌다. 이를 통해 PPE 재질은 다른 재질과 비교해 산패의 원인이 되는 산소 유입을 잘 제어하여 커피 원두의 품질을 잘 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

샘플로 제작된 5가지 종이 합지 포장재 중 커피 포장재로써 중요한 특성인 차단성이 가장 높은 재질이 PPE인 것으로 판단되어, 이 재질의 커피 포장 봉투에 대한 실증 실험을 하였다. 실제품과 동일하게 커피 원두를 저장한 커피 포장 봉투를 종이박스에 포장하여 유통 실험 샘플을 제작하였다. KS T 5055의 시험방법에 따라 제품의 유통 과정에서의 제품 품질 실험을 진행하였다. Table 4의 사진과 같은 제품을 압축, 낙하, 수직 랜덤 진동 시험을 진행하였으며, 육안검사 시 포장재 및 내부 시료의 변형, 파손 등 외관에 이상이 없었음에 따라 제품 적용에 문제가 없을 것으로 판단된다.

6. 고찰

본 연구의 모든 실험결과를 종합하면 PPE 재질의 포장재가 커피원두에 가장 적합한 포장재로 판단된다. 기계적 물성 측면에서 인장강도, 연신을 그리고 접착강도가 가장 높은 재질이 각각 달랐으나, 포장재의 여러 특성 중에 접착력은 구조적 안정성에 중요한 변수¹⁷⁾이기 때문에 접착강도

Table 4. Evaluation test for distribution

Volume of sample	Outside of package	Inside of package
100g		

가 가장 뛰어나고 인장강도와 연신율도 비교적 높은 재질은 PPE로써 가장 적합하다고 판단되었다. 접착 강도가 일정 수준 이상으로 나오지 않는다면 유통 중에 포장재의 불량 발생 가능성이 크다. 두께가 일반 포장재보다 조금 두꺼운 수준이지만 21.3 N/15mm의 접착강도는 100 ~ 200 g 정도의 커피원두 포장재로는 활용 가능성이 충분하다고 판단된다. 또한, PPE 재질의 포장재는 알칼리 해리 실험을 통해 종이는 해리가 되고 바이오 플라스틱은 쉽게 분리되어 재활용성이 검증되었고, 생분해도 실험을 통해 친환경 소재라는 것이 증명되었다. 게다가 PPE 재질의 내부 기체 조성 실험에서도 다른 포장재질에 비해 저장기간 동안 O_2 대비 높은 CO_2 함량을 나타내었다. PPE 재질의 커피 포장재는 난분해성인 알루미늄이나 EVOH를 사용한 기존 커피 포장재와 비교할 때 종이를 사용해 재활용성이 뛰어나고 생분해 시험을 통과한 친환경적인 소재이다. 요즘 세계적으로 환경 보호를 위해 포장재의 친환경성을 강조하고 있는 상황에서 이번 연구에서 개발한 포장재는 커피만이 아닌 다른 식품에도 적용 및 사용이 가능할 것으로 보이며 추가적으로 단순히 친환경 재질로 구성된 포장재만이 아닌 종이 재활용에 있어 큰 이점을 가지는 해리성이 향상된 종이 합지 포장재의 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

결 론

최근 전세계적으로 이산화탄소 배출량 저감 정책을 추진하는 국내외 정부 정책에 따라 포장분야에서도 재활용성이 뛰어난 소재 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 본 연구에서는 종이 재질에 바이오 플라스틱 필름을 합지한 형태의 커피 포장재를 개발하고, UTM, 산소 및 수분 투과도 측정기, SEM과 가스분석기를 통하여 물성과 산소 및 수분 투과성 그리고 포장재에 커피 원두 투입 후 내부 기체 조성을 확인하였다. 총 5종의 샘플 중에서 PPE로 구성된 종이합지 재질이 다른 대조군과 비교하여 높은 기계적 물성과 차단성이 있고, 재활용성, 생분해성 그리고 커피 원두 품질 유지 기능이 확인되어, 커피 원두의 신선한 보관에 가장 적합한 소재로 판단된다. PPE 포장 재질은 환경친화적인 종이와 생분해성 바이오 플라스틱을 사용함으로써 탄소 저감형 포장 재료로도 가치가 높다 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농축산자재산업화기술개발사업의 지원을 받아 (과제번호: 320024-01) 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, H.W. 2012. Trends of Food packaging to reduce greenhouse gas emissions using recyclable polyolefin UNI-materials. *Bulletin of Food Technology*. 25(3): 230-256.
2. Yu, H.K., Lee, S.U. and Oh, J.Y. 2017. Analysis of flavor components of coffee beans in polyethylene and polypropylene packaging materials during storage. *Korean Journal of Packaging & Technology*. 23(2): 89-95.
3. Hong, H.J., Cho, H.M. and Choi, S.H. 2020. Environmental degradation index for the reduction of packing wastes. *J. Soc. Korea Ind. Syst.* 43(1): 26-33.
4. Kuchaiyaphum, P., Punyodom, W., Watanesk, S. and Watanesk, R. 2013. Composition optimization of polyvinyl alcohol/rice starch/silk fibroin-blended films for improving its eco-friendly packaging properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 129(5): 2614-2620.
5. Back, S.R., Youe, W.J., Lee, T.J. and Kim, H.J. 2018. Development of Packaging Material by Surface coating Treatment of Eco-friendly Composite Resins. *Journal of Korea TAPPI*. 50(5): 55-63.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM) D412, Tension Testing for Rubber and Elastomers.
7. 한국산업표준규격 (KS M) 3001, 폴리에틸렌 필름의 기계적 성질 시험방법.
8. American Society for Testing and Materials (ASTM) D3985, Standard Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheet Using a Coulometric Sensor. 2017.
9. American Society for Testing and Materials (ASTM) F1249, Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate Through Plastic Film and Sheet Using a Modulated Infrared Sensor. 2020.
10. 한국산업표준 규격 (KS M) ISO14855-1, 퇴비화 조건에서 플라스틱 재료의 호기성 생분해도의 측정-방출된 이산화탄소의 분석에 의한 방법-제1부: 일반적 방법.
11. 환경산업기술원, 2012, EL606-2002/4/2012-36.
12. 식품의약품안전처, 2011, 식품의 유통기한 설정 실험 가이드라인.
13. 한국산업표준규격 (KS M) 5055, 포장-수송포장-택배 유통 포장화물의 시험방법.
14. Jeon, H.S., Baek, S.H. and Park, C.H. 2007. PVC, PET, ABS 혼합플라스틱으로부터 PVC 제거를 위한 Scale-up 정전선별 기술개발. *한국환경과학회*. 16(1): 351-353.
15. Wang, X., Lim, L. 2017. Investigation of CO_2 precursors in roasted coffee. *Food chem.* 219: 185-192.
16. Kallio, H., Leino, M., Koullias, K., Kallio, S. and Kaitaranta, J. 1990. Headspace of roasted ground coffee as an indicator of storage time. *Food Chemistry*. 36(2): 135-148.
17. Jung, C.H., Park, J.M. and Lee, J.H. 2012. Analysis of starch properties and application of cross-linking agent for improving adhesive strength of corrugated board. *Journal of Korea TAPPI*. 44(2): 67-73.