KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 30, No. 3 193~201 (2024)
https://doi.org/10.20909/kopast.2024.30.3.193

재활용 소재 적용 접이식 새벽배송용기의 유통안정성 연구

김도엽[1] · 박성래[1] · 주민정[1] · 엄승민[1] · 서상욱[1]* · 김세준[2]

[1]한국건설생활환경시험연구원
[2]쓰리에스테크

Study on Distribution Stability of Fordable Containers Based on Recycled Materials for Fresh Delivery

Do Yeop Kim[1], Seonglae Park[1], Minjung Joo[1], Seung Min Um[1], Sang Uk Suh[1]*, and Sejoon Kim[2]

[1]Korea Conformity Laboratories
[2]3STECH

Abstract Delivery services in Korea are available in a number of alternatives, including one-day, next-day, and early-morning delivery. Particularly, the market for early-morning delivery is expanding due to the preference for customer convenience, the demand for contactless shopping, and the increase in single-person households. For fresh food delivery, consumers widely use early-morning delivery services, with EPS (Expanded Polystyrene) boxes commonly used. While EPS boxes are cost-effective and have excellent insulation properties, the introduction of reusable containers is being implemented to replace them due to environmental pollution issues. This paper evaluates the performance of a reusable logistics container made from recycled materials. The container carried out tests for distribution environment suitability, impact resistance, and temperature maintenance performance. The results showed that the container passed all tests successfully, confirming that it has the appropriate performance for fresh food delivery via early-morning delivery. Additionally, it demonstrated similar performance to reusable logistics containers currently in use, indicating its applicability in the market.

Keywords Distribution stability, Logistics container, Recycled material, Fresh delivery, Early-morning delivery

서 론

새벽 배송은 소비자가 밤 12시 전까지 상품을 주문하면 다음 날 새벽에 상품을 배송 받는 비대면 배송 서비스로, 2015년 마켓컬리가 최초로 '샛별배송'이라는 이름으로 서비스를 도입하였다[1,2]. 새벽 배송은 소비자들의 편의성 증대, 비대면 쇼핑 수요 증가, 그리고 1인 가구 증가 등으로 인해 시장이 더욱 확대되고 있으며, 특히 코로나19 이후 수요가 급증하고 있다[3]. 한국의 배송서비스는 당일 배송, 익일 배송, 새벽 배송 등의 다양한 형태로 진화하고 있으며 쿠팡, 마켓컬리, SSG닷컴 등이 높은 점유율을 차지하고 있다. 최근 유통 및 배송 기술의 발전으로 온라인 판매 제약이 많이 해소되었고, 신선 제품뿐만 아니라 전자제품, 가전제품 등 다양한 제품 배송과 AS 서비스가 가능해졌다. 이로 인해 제품 범위 확대와 서비스 지역도 확대되고 있다[2].

새벽 배송 시장이 활성화됨에 따라, 효율적인 배송을 위한 물류용기의 수요는 계속해서 증가하고 있다. 그러나 과대포장 문제와 일회용 포장으로 인한 환경 문제가 반복적으로 지적되고 있는 상황이다. 지금까지 새벽 배송에서 신선 식품 배송을 위해 널리 활용되고 있던 물류용기는 EPS (Expanded Polystyrene) 박스이다[4]. EPS 박스는 저렴한 비용과 우수한 단열 특성으로 신선 식품 배송에 활발하게 사용되고 있다. 그러나 EPS박스는 매립된 후 자연분해되기까지 약 500년의 시간이 걸려 심각한 환경문제를 초래한다. 이에 따라, EPS박스를 대체하기 위해 재사용 물류용기를 도입하여 환경영향성을 줄이려는 노력과 연구가 진행되고 있다[5,6].

플라스틱 폐기물 증가에 따른 문제가 심화됨에 따라 국내·외에서 플라스틱 사용 규제에 대한 정책이 도입되고 있다. 국내에서는 폐기물 발생을 줄이고 자원을 절약하며 재

*Corresponding Author: Sang Uk Suh
Korea Conformity Laboratories, 199, 1st Gasan Digital Road, Gumchun-gu, Seoul, 153-803 Korea
Tel: +82-2-6912-2332
E-mail: suh0120@kcl.re.kr

활용이 용이한 포장재 사용을 촉진하기 위해 2019년부터 ‘포장재 재질·구조 등급표시제’를 실시하고 있다[7-11]. 해외에서도 순환 경제의 중요성을 강조하며 플라스틱에 대한 규제를 강화하고 있다. 일본은 2022년부터 3R(Reduce, Reuse, Recycle)과 Renewable을 기본원칙으로 하는 플라스틱 자원순환 촉진법을 시행하고 있으며[12], 유럽 연합에서는 유럽 포장 및 포장 폐기물 규제 (European Packaging and Packaging Waste Regulation, PPWR)를 통해 효과적으로 포장폐기물을 감축하고 자원재활용을 유도하기 위한 노력을 하고 있다[13]. 이처럼 플라스틱 사용 규제는 세계적으로 관심을 받고 있으며, 순환 경제를 위해 플라스틱의 사용을 줄이고 재활용을 극대화하는 노력이 지속되고 있다.

본 연구에서는 재활용 소재를 사용하여 재사용 물류용기를 제작하였으며, 이를 기존 새벽 배송 시장에서 유통 중인 재사용 물류용기와 비교하여 유통 환경 적합성, 충격 시험을 통한 완충 특성, 온도 유지 성능을 평가하였다. 이 과정에서 활용된 분석 방법은 KS T 5055와 ISTA Standard 7E 시험법을 기준으로 하였다[14,15]. 또한 재활용 소재를 활용한 재사용 물류용기의 적용 가능성도 살펴보았다.

재료 및 방법

1. 재료

1.1. 물류용기 적용 소재 평가

제작용기의 내·외피 적용 소재로 재생 PET와 재생 LDPE를 활용하여 평가를 진행하였다. 재생 PET는 TK 케미칼(South Korea, Daegu)에서 제공받았으며, PET병을 물리적으로 재활용하여 제조한 섬유이다. 재생 LDPE는 세영화학(South Korea, Gyeonggi Gwangju)에서 공급받았으며, 재생 원료가 20% 적용된 시료이다. 제작용기의 단열재에는 재활용 PE-Foam을 적용하였으며, E-RU CHEMICAL CO., LTD (South Korea, Gyeonggi Anseong)에서 제공받았다.

제작용기의 내·외피에 사용된 원단은 유통 중 발생할 수 있는 물리적 충격과 마찰에 대한 시험 평가를 통해 소재의 내구성을 확인하였다. 마모 강도 실험에는 마모자 AA320을 사용하였으며, 300회마다 마모자를 교체하여 측정하였다. 인장 강도는 그래브법을 사용해 수직 및 수평 방향으로 측정하였다. 그리고 방수성 시험을 통해 원단의 흡수 속도를 측정하여 방수 및 방오 성능에 대한 소수성 평가도 수행하였으며, 평가항목과 해당 표준은 Table 1에 표기하였다.

Table 1. Durability and waterproof assessment

Evaluation	Examination	Standard
Durability	Abrasion strength	KS K 0540
	Tensile strength	KS K 0520
	Bursting strength	KS K 0350
Waterproof	Absorption rate	KS K 0642

1.2. 물류용기 설계

Fig. 1에는 제작용기의 설계도를 나타냈다. 제작용기는 회수 및 보관 시 부피를 최소화하여 적재 효율성을 높일 수 있는 접이식 구조로 설계하였다. 접이식 구조의 경우, 접힘부의 히트 브리지로 인해 열손실이 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해 접힘부를 이중 구조로 설계하여 열손실을 최소화하려 하였다. 그리고 제작용기의 규격은 배송 시 다단 적재 내구성과 T11 파렛트와의 정합성을 고려하여 설계했다. 단열재는 용기를 펼쳤을 경우를 고려하여 Fig. 1(b)와 같이 설계하였으며, Table 2에는 물류용기 제작 시 고려사항을 기재하였다. 물류용기 설계 과정에서는 내구성, 단열성, 재사용성, 재활용성에 중점을 두어 물류용기를 설계하였으며, 이러한 고려사항은 유통 환경 적합성 검증을 통해 확인하였다.

2. 물류용기의 유통 환경 적합성 검증

2.1. 유통환경 조건 처리 및 시료 전처리

시험에 사용된 물류용기는 모두 23±2°C, 50±5% R.H.의 표준 환경에서 24시간 이상 유통 환경 조건 전처리를 거친 후, 시험을 진행하였다. 물류용기의 내용물은 500 ml 물병 6개와 아이스팩 2개로 구성하였으며 총 무게는 5.35 kg으로 측정되었다. 물병은 0±5°C의 환경에서 24 시간 이상 보관하였고, 아이스팩은 −18±5°C의 환경에서 전처리 후 시험에 활용하였다.

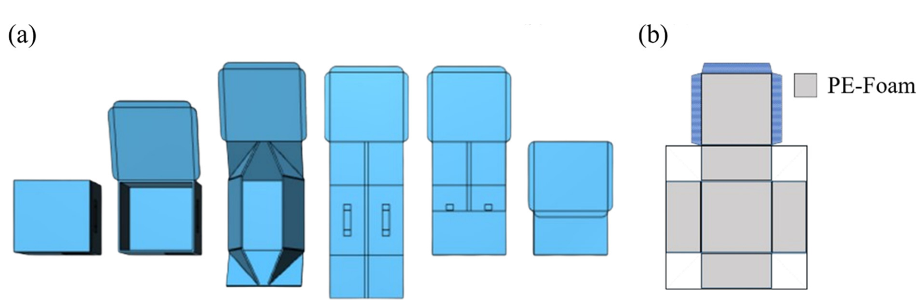

Fig. 1. Container structure diagram (a: Schematic, b: Insulation layout).

Table 2. Considerations for container manufacturing

Factors		Contents
Structure of container	Durability	Multi-tier stacking possibility
	Consistency (Logistics)	T11 Pallet specification compliance (1100 mm × 1100 mm)
Temperature maintenance	Insulation	10 hours temperature retention
Reusability	Replace disposable packaging	Reusable container
Recyclability	Material Ease	Application of recyclable materials

2.2. 유통 환경 적합성 평가

2.2.1. 압축 시험

압축 시험은 KS T 5055, KS T ISO 12048, 그리고 KS T ISO 2234을 참고하여 정적 하중을 이용한 적재 시험을 실시하였다 [14,16,17]. 한국의 새벽 배송에 활용되는 적재 높이가 1,600 mm~1,800 mm인 점을 고려하여 적재 높이를 1,700 mm로 설정하여 시험을 진행하였다. 그리고 식 (1)에 따라 W_t (물류용기의 무게), S (물류용기의 적재단수 = $\frac{\text{물류용기의 적재 높이}(H_{load})}{\text{물류용기의 높이}(H)}$), F (안전 계수)를 대입하여 N (압축 시험 하중)을 계산하였다.

$$N = [W_t \times (S-1) \times F] \times 9.8 \tag{1}$$

식 (1)을 통해 도출된 N값을 내용물이 포함된 물류용기에 1시간 동안 하중을 부여하여 적재 시험을 진행하였다.

2.2.2. 낙하 시험

낙하 시험은 KS T 5055와 KS T ISO 2248에 근거하여 진행하였으며[14,18], Electronic product drop tester DT200 (Labtone Test Equipment Co., Ltd., China) 장비를 활용하여 시험을 진행하였다. 물류용기의 낙하 높이는 Table 3의 조건에 따라 설정되었으며 물류용기의 모든 면, 모서리, 각 방향에서 낙하 시험을 수행하였다. 그리고 낙하 시험 수행 순서는 Table 4에 기재하였다.

2.2.3. 수직 랜덤 진동 시험

수직 랜덤 진동 실험은 KS T 5055를 참고하여 수행되었으며[14], 환경복합진동 시험기 VC-152DAMYS (EMIC, Japan)를 사용하여 진동 프로파일을 확인 후, 랜덤 진동 시험에 따른 물류용기의 내·외부를 확인하였다.

2.3. 충격 시험

충격 시험은 TP3 Software (Lansmont Corporation, CA, USA)와 낙하시험기를 활용하여 수행되었으며, 샘플 당 10회 시험하였다. 그리고 식 (2)를 활용하여 M (물류용기의 무게) 값과 TP3 Software를 통해 측정된 G (충격 가속도)값과 S (충격 지속시간)를 대입하여 I (충격량)을 계산하였다.

$$I = M \times G \times 9.81 \times S \tag{2}$$

2.4. 유통환경에서의 온도 유지 성능 평가

유통환경에서 물류용기의 온도 유지 성능을 확인하기 위해 환경 챔버 항온항습기 (JS Research Inc., South Korea)를 사용하여 두 제품의 내·외부 온도 프로파일을 ISTA 7E

Table 3. Drop height conditions by container weight

Container weight (kg)	Drop height (mm)
0 < Weight ≤ 10	760
10 < Weight ≤ 20	610
20 < Weight ≤ 30	460

Table 4. Drop test sequence of containers

Step	Dimension	Detail
1	Angle	The most vulnerable part (the vertex in contact with the box joint)
2	Edge	The shortest side based on the angle
3	Edge	The medium side based on the angle
4	Edge	The longest side based on the angle
5	Face	The surface with the smallest face
6	Face	The surface with the smallest face (the opposite face of step 5)
7	Face	The surface with the medium face
8	Face	The surface with the medium face (the opposite face of step 7)
9	Face	The surface with the largest face
10	Face	The surface with the largest face (the opposite face of step 9)

기준에 따라 측정하였다[15]. ISTA 7E는 72시간을 기준으로 측정되는 시험법이지만, 국내 택배 배송은 24시간 내로 완료되므로 24시간을 기준으로 물류용기마다 2회씩 측정하였다. 온도 유지 성능 평가 시 물류용기의 외부 및 내부 온도를 측정하기 위해 Testo 174T (TESTO, Germany)를 사용하였다. 외부 온도는 챔버 내부에 위치한 물류용기의 좌우 측면에 각각 1개씩 배치하여 측정하였고, 내부 온도는 물류용기 내부의 좌우에 위치시켜 1분 간격으로 측정하여 24시간 동안 기록하였다.

결과 및 고찰

1. 물류용기 적용 소재 평가 및 설계

Table 5에는 내구성과 방수성에 대한 실험 결과를 기재하였다. 모든 내구성 평가에서 재생 PET 원단이 재생 PE보다 마모 강도, 인장 강도, 파열 강도에서 높은 수치를 보여, 재생 PET 원단이 더 내구성이 강한 소재임을 확인할 수 있었다. 한편, 재생 PE의 수평 방향에서는 가동 범위를 초과하여 시험 데이터 측정이 불가했다. 방수성 실험에서는 모든 원단에서 물의 흡수율이 나타나지 않아 두 소재 모두 우수한 방수 성능을 가진 것을 확인할 수 있었다. 내구성과 방수성 시험 결과, 재생 PET원단은 유통 과정에서 발생할 수 있는 진동, 충격, 낙하 등에 의한 손상이 적어 내구성이 강한 소재임이 확인되어, 물류용기 내·외피 소재로 적용하기에 적합함을 확인하였다. 제작용기의 단열재에 PET-Foam을 적용하면 단일 소재로 물류용기를 제작할 수 있지만, PET-Foam은 연신율이 낮아 단열재의 파손 우려가 있다. 반면, PE-Foam은 연신율이 높고 뛰어난 완충력과 복원력을 가지며 우수한 단열 특성으로 실생활에서 단열재로 많이 활용되고 있다. 이에 따라 물류용기의 단열재로 PE-Foam을

Table 5. Results of durability and waterproof assessment

Evaluation	Examination	Sample	Result
Durability	Abrasion strength	Recycled PET	1170 times
		Recycled PE	440 times
	Tensile strength	Recycled PET	1800 N (verticality) 1200 N (horizontality)
		Recycled PE	150 N (verticality) - (horizontality)
	Bursting strength	Recycled PET	2059 N
		Recycled PE	158 N
Waterproof	Absorption rate	Recycled PET	0 mm
		Recycled PE	0 mm

Fig. 2. Manufactured container.

Table 6. Specifications of containers

Sample	Width (mm)	Depth (mm)	Height (mm)	Container Weight (kg)	Single-tier loading capacity at T11 Pallet
A	360	360	180	1.00	3 × 3 = 9 EA
B	440	350	200	0.90	2 × 3 = 6 EA

제작용기의 완성 제품은 Fig. 2에 나타냈으며 Table 6에 제작용기 (Sample-A)와 유통 중인 재사용 물류용기 (Sample-B)의 규격 정보를 표기하였다. 제작용기는 T11 파레트 1단에 총 9개 적재가 가능하며, T11 파레트의 약 98%의 정합성 확보가 가능하여 현재 유통 중인 재사용 용기보다 적재 효율성이 용이하다.

2. 유통 환경 적합성 평가

2.1. 압축 시험

압축 시험은 KS T ISO 12048과 KS T ISO 2234를 참고하여 적재 시험으로 수행하였다[16,17]. 적재 하중 계산식에서 F(안전 계수) 값은 1.5와 1.0을 활용하여 계산하였다. 이는 각각 일반 배송 시험과 신선 식품 배송 및 새벽 배송에 사용되는 계수이다. Kim 등은 유통단계에 있어 Dynamic Load Factor는 1.5가 적합하다고 제시하였다[19]. 신선 식품과 새벽 배송의 경우, 대부분 10 kg 이하의 소화물이기 때문에 적재 변수에 대한 영향이 적어 일반 배송 보다 작은 계수를 적용한다. 또한, 새벽 배송은 일반 배송과 달리 상품이 포장되고 바로 출고되기 때문에 적재되는 과정을 거치지 않아 안전 계수를 1.0으로 설정하였다. 적재 시험은 Fig. 3과 같이 하중 지지대와 가압 하중 무게 추를 사용하여 1시간 적재 후 제품의 손상 및 파손 여부를 확인하였다.

압축 시험 하중은 일반 배송과 신선 식품 및 새벽 배송에 활용되는 안전 계수를 각각 적용하고 식 (1)에 대입하여 계산하였다. 그리고 계산된 수치를 반영하여 적재 시험을 수행하였으며, 시험 결과는 Table 7에 표기했다. 적재 시험 결과, 일반 배송의 안전 계수를 적용했을 때 두 종류의 물류용기 모두 하중을 견디지 못하고 물병이 터져 내용물이 파손되었다. 반면, 신선 식품 및 새벽 배송의 안전 계수를 적용했을 경우, 모든 물류용기에서 내용물의 손상과 파손이 발생하지 않았다. 이를 통해 제작용기는 새벽 배송에 적합한 적재 성능을 구현했음을 확인하였다.

2.2 낙하 시험

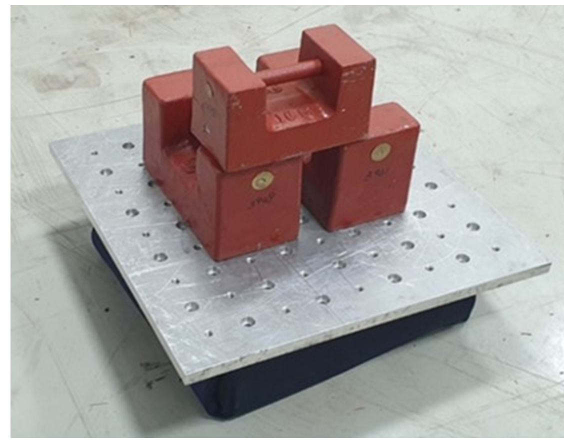

Fig. 3. Container loading method.

낙하 시험은 Fig. 4와 같이 수행되었으며, 물류용기의 중량이 6.25 kg (Sample A), 6.35 kg (Sample B)인 점을 고려하여 760 mm의 낙하 높이로 시험을 진행했다 [3]. 낙하 시험 후 물류용기의 내·외부와 내용물을 확인한 결과, 두 제품 모두 내부 및 외부에서 손상이나 특이 사항이 없음을 확인하였다.

2.3. 수직 랜덤 진동 시험

제작용기와 재사용 물류용기를 동일한 조건 하에서 진동 시험을 수행하였다. 수직 랜덤 진동 시험은 Fig. 5와 같이 진행되었으며, KS T 5055의 진동 프로파일 (PSD, Power Spectral Density)을 적용하여 결과를 도출하였다[3,14,20]. 수직 랜덤 진동 시험에 적용된 진동 시험 조건은 Table 8과 같다.

Fig. 6에서 두 종류의 물류용기 모두 측정된 수직 랜덤 진동 프로파일이 노란색 그래프의 Alarm 라인을 이탈하지 않고, 초록색의 Demand 기준선에 매칭되어 시험이 진행된 것을 알 수 있다. 또한 G_{rms}가 각각 0.7895와 0.8056로 측정되었으며, 이는 평균 가속도 설정 값인 0.80 G_{rms}와 유사한 수치로 확인되었다. 결과적으로 시험 종료 후 물류용

Table 7. Drop height conditions by container weight

Sample	H_{load} (mm)	H (mm)	W_t (kg)	F	N (N)	Result
A	1,700	180	6.35	1.5	746.76	Fail
A	1,700	180	6.35	1.0	497.84	Success
B	1,700	200	6.25	1.5	653.42	Fail
B	1,700	200	6.25	1.0	435.61	Success

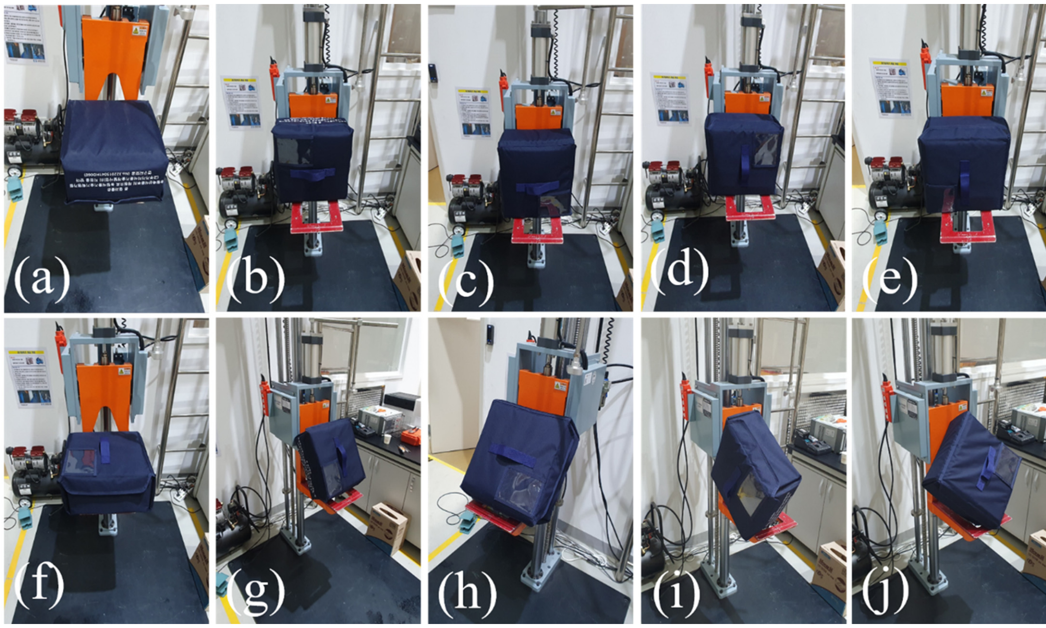

Fig. 4. Drop test sequence image (a: step-1, b: step-2, c: step-3, d: step-4, e: step-5, f: step-6, g: step-7, h: step-8, i: step-9, j: step-10).

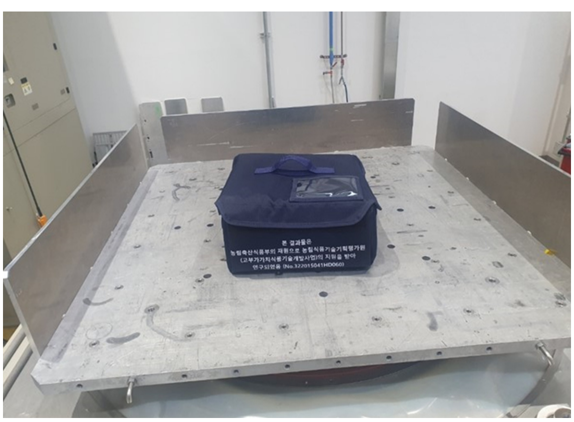

Fig. 5. Container vibration test image.

기의 내·외부 및 내용물에 특이사항이 없음을 확인하였다.

3. 물류용기 충격 시험

제작용기와 재사용 물류용기의 완충 특성을 비교하기 위해 충격 시험을 실시하였다. 유통 환경 적합성 평가에서 활용한 내용물 (아이스팩 2개, 물병 6개)과 유사한 무게 (5.35 kg)를 구현하기 위해 빈 상자에 모래주머니를 채워 5.39 kg의 상자를 제작하고, 이를 시료로 활용하였다. 충격 시험은 Fig. 7과 같이 수행되었으며, 시료의 중앙 상단부에 센서를 부착하여 수직 방향에 대한 충격 시험을 실시하였다.

Table 9에 수직 방향 충격 시험 결과를 나타냈다. 물류용기없이 상자 단독으로 진행한 충격 시험에서는 평균 충격 가속도가 134.98 G, 평균 충격량이 55.30 kg·m/s로 도출되었으며, 이를 기준 값으로 설정하고 물류용기의 충격 가속도와 충격량을 비교하여 완충 특성을 평가하였다. 제작용기의 경우 평균 충격 가속도는 95.94 G, 평균 충격량은 43.82 kg·m/s로 나타났으며 재사용 물류용기는 평균 충격 가속도가 62.97 G, 평균 충격량은 35.98 kg·m/s로 확인되었다. 재사용 물류용기는 제작용기보다 평균 충격량이 낮아 상대적으로 우수한 완충 특성이 확인되었다. 그 이유는 제작용기의 바닥 단열재는 1겹으로 구성된 반면, 재사용 물류용기의 바닥 단열재는 2겹으로 구성되어 있기 때문이다. 낙하 시험 시 상대적으로 두꺼운 재사용 물류용기의 단열재가 충격량 감소에 영향을 미쳐 완충 특성이 향상된 것으로 판단된다. 그러나 제작용기에서도 효과적인 충격 완화 특성을 보였으며, 설계 개선을 통해 완충 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 유통환경에서의 온도 유지 평가

Table 8. Vibration random test conditions

Frequency (Hz)	Power Spectral Density (PSD, G^2/Hz)	Average Acceleration (G_{rms})	Test time (h)
1.0	0.001 11	0.80	1
4.0	0.025 97		
18.0	0.025 97		
200.0	0.000 10		

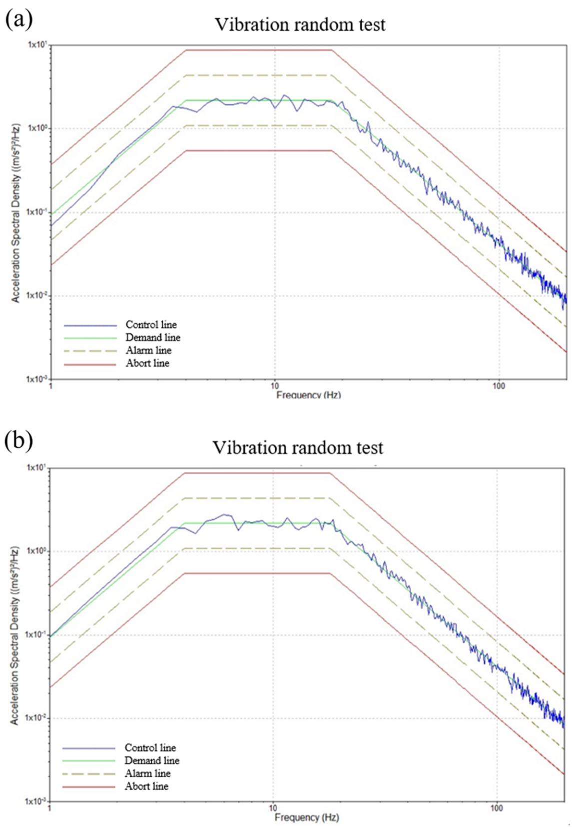

Fig. 6. Vibration random test profile (a: Sample-A, b: Sample-B).

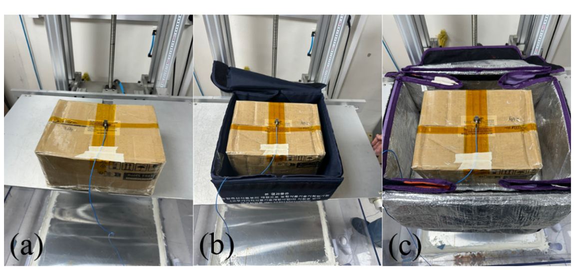

Fig. 7. Container impact test image (a: Component, b: Sample-A, c: Sample-B).

온도 유지 평가 시험은 ISTA 7E를 참고하였으며, 물류용기의 단열 특성을 검증하기 위해 수행되었다[15]. 24시간 이내에 소비자에게 배송되는 일반 배송과는 달리, 새벽 배송은 최대 10시간 내외로 배송이 완료되므로[21,22], 이를 고려하여 적정 온도 유지 시간을 10시간으로 설정하여 온도 유지 성능을 평가하였다. 또한 냉장 유통 제품의 특성상

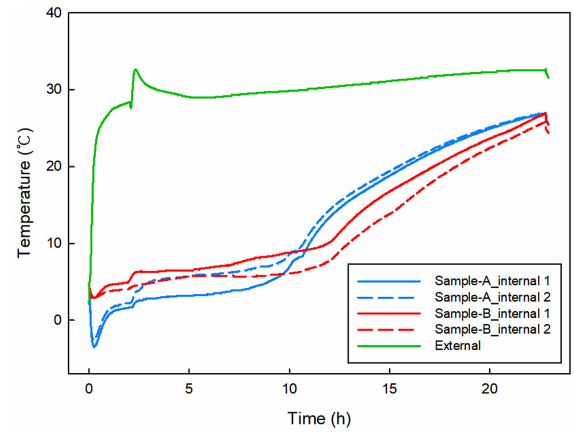

Fig. 8. Temperature maintenance diagram.

Table 10. Temperature maintenance test

Sample	Number of Tests	Time maintained below 10°C
A	1	10 h 42 mins
A	2	11 h
B	1	11 h 43 mins
B	2	12 h 45 mins

10°C 이하의 온도가 유지되어야 하므로[23], 시험 기준 온도를 10°C로 설정하였다.

온도 유지 평가 결과는 Fig. 8과 Table 10에 나타내었다. 모든 물류용기에서 온도 유지 시간은 10°C 이하의 온도에서 10시간 이상 유지된 것으로 확인되어, 신선 식품 및 새벽 배송을 위한 단열성이 확보되었음을 확인했다. 재사용 물류용기는 제작용기보다 온도 유지 시간이 한 시간 더 긴 것으로 확인되었다. 재사용 물류용기에는 덮개가 한 겹 더 추가되어 있어, 단열성에 영향을 미친 것으로 보인다. 그러나 국내 새벽 배송 시간이 10시간인 점을 고려할 때, 제작용기도 충분한 단열성을 유지한다고 판단된다.

5. 재활용 소재의 물류용기 적용 가능성

앞서 진행된 유통 환경 적합성 평가, 충격 시험을 통한 완충 특성 분석, 그리고 온도 유지 시험에서 모두 성공적인 시험 결과를 보임에 따라, 제작용기가 새벽 배송을 통한 신선 식품 배송에 적합한 성능을 갖추고 있음을 확인하였다. 기존에 신선 식품 및 새벽 배송에 활용되는 물류용기는 일반적으로 타포린 외피와 PE-Foam 단열재로 구성되어 있다.

Table 9. Vertical impact test data

Sample	Content mass (kg)	G's (G)	msec (s)	Impulse (kg·m/s)
Component	5.39	134.98 ± 19.63	7.75 ± 1.73	55.30
A	6.30	95.94 ± 7.39	7.39 ± 3.34	43.82
B	6.39	62.97 ± 14.75	9.12 ± 2.43	35.98

타포린은 내구성이 좋고 방수성이 뛰어나 일상생활에서 널리 사용되는 소재이나, 재활용이 어려운 재질로 현재 재활용 시스템이 구축되어 있지 않아 대부분 폐기물로 분류되고 소각되어 환경에 부정적인 영향을 끼친다. 이로 인해 타포린을 사용하는 제조업체는 폐기물 분담금을 납부하고 있다. 반면, 제작용기는 내·외피에 재사용 PET, 단열재에 재활용 PE-Foam를 적용하여 폐기 시 분리 배출이 용이하게 제작되었다. 재활용이 용이한 소재를 물류용기에 적용함으로써 재활용성이 증가하고 폐기물량이 감소하는 등 환경에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 논문에서는 물류용기의 유통 환경 적합성, 충격 시험을 통한 완충 특성, 온도 유지 성능 평가를 통해 재활용 소재의 물류용기 적용 가능성을 검토하였다. 또한, 새벽 배송 시장에서 유통 중인 재사용 물류용기와 비교 시험을 수행하였다.

유통환경 적합성 평가는 KS T 5055에 근거하여 압축, 낙하, 수직 랜덤 진동 시험을 수행하였으며, 압축 시험의 경우 KS T ISO 12048 및 KS T ISO 2234를 참고하여 적재 시험으로 수행하였다. 1.5의 적재 계수를 적용해 도출된 하중으로 압축 시험을 수행한 결과, 두 종류의 물류용기 모두 하중을 견디지 못하고 구조가 무너져 내용물인 물과 아이스팩이 파손되었다. 반면, 1.0의 안전 계수를 적용해 계산된 하중을 물류용기에 가했을 때는 물류용기의 형태가 변형되지 않고 그대로 유지되어, 두 물류용기 모두 새벽 배송에 적합한 하중을 견딜 수 있음을 적재 실험을 통해 확인하였다. 낙하 시험과 수직 랜덤 진동 시험에서는 시험 후 두 물류용기 모두 내·외부 및 내용물에 특이사항이 없었기 때문에, 유통 적합성에 문제가 없음을 알 수 있었다.

충격 시험은 수직 방향으로 수행되어 물류용기의 완충 특성을 평가하였다. 제작용기는 상자 단독으로 진행한 충격 시험에 비해 충격 가속도와 충격량이 감소되어 완충 특성이 향상된 것으로 확인되었다. 그러나 유통 중인 재사용 물류용기는 충격 가속도와 충격량이 가장 낮게 측정되어 제작용기보다 우수한 완충 특성을 보였다. 이는 재사용 물류용기의 내장재 두께가 완충 성능에 영향을 미친 것으로 판단된다.

새벽 배송의 주요 제품군은 신선 식품으로, 온도 유지 특성이 매우 중요하다. 온도 유지 평가는 ISTA 7E를 활용하여 수행했으며, 모든 물류용기에서 10시간 이상 10°C 이하의 내부 온도가 유지되었기 때문에 신선 식품의 새벽 배송을 위한 단열성이 확보된 것을 확인했다. 이처럼 재활용 소재를 적용한 물류용기가 모든 시험에서 성공적인 시험 결과를 보였으며, 기존에 유통 중인 재사용 물류용기와 유사한 성능을 보였기 때문에 새벽 배송 용기로 적용이 가능한 것으로 판단된다. 기존의 새벽 배송 물류용기는 재활용이 어려운 소재로 구성되어 있지만, 재활용 소재를 적용한다면 재활용 소재의 활용과 플라스틱 폐기물량 감소로 환경에 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 : 322015-4)의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. 온라인 쇼핑몰 새벽배송 서비스 실태조사. 2020. 한국소비자원.
2. Lee, S.O. and Kim, J.Y. 2021. Effects of the dietary behavior-related consumer competency on the purchase satisfaction of fresh food via early-morning delivery service. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 50(6): 612-624.
3. Oh, J.Y. and Suh, S.U. 2022. A Study on Field-to-lab Test Method for the Safe Transport and Optimum Packaging Design of the Parcel Delivery in Korea. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 28(2): 127-132.
4. Lee, M.H. 2014. Resource-cycling System and Logistics Packaging. The monthly packaging world. 45-56.
5. Charoensri, K. and Shin, Y.J. 2022. Environmental Impact Assessment of EPS Box for Fresh Food in Korea and Europe. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 28(3): 201-210.
6. Oh, J.Y. and Lim, M. 2020. A Study on Adaptability of Returnable Transport Packagings in the Parcel Delivery Service by e-commerce. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 26(2): 99-103.
7. 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 “제9조의 3”. 2021. 환경부.
8. 포장재 재활용 용이성 등급평가 기준. 2021. 환경부.
9. 포장재 재질·구조 등급표시 기준. 2023. 환경부.
10. Ryu, S.K. and Kang, H.S. 2022. Development of Metal-free Pump and Uni-material Packaging for Cosmetics to Improve Recycling. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 28(3): 171-174.
11. Ryu, S.K. and Kang, H.S. 2023. Development of Cosmetic Packaging for Cream Formulation with Easy Separation and Discharge. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 29(2): 73-78.
12. 플라스틱에 자원 순환 촉진법. 2022. 일본환경성.
13. European Packaging and Packaging Waste Regulation. 2024. European Union.
14. KS T 5055: 2020, Packaging-Complete, filled transport packages-Test methods for packaged product for parcel delivery. Korean Standards Association.
15. ISTA Standard 7E Testing Standard for Thermal Transport

Packaging Used in Parcel Delivery System Shipment.
16. KS T ISO 12048: 2020, Packaging-Complete, filled transport packages-Compression and stacking test using a compression tester. Korean Standards Association.
17. KS T ISO 2234: 2020, Packaging-Complete, filled transport packages and unit loads-Stacking tests using a static load. Korean Standards Association.
18. KS T ISO 2248: 2020, Packaging-Complete, filled transport packages-Vertical impact test by dropping. Korean Standards Association.
19. Kim, M.S. and Jung, H.M. 1997. Development of the computer program for estimation of the corrugated fiberboard container staking tiers for the fruit and vegetables. Korean Society for Agricultural Machinery. 06(c): 99-105.
20. Joo, M. and Suh, S.U. 2022. Theoretical Heat Flow Analysis and Vibration Characteristics During Transportation of PCS (Power Conversion System) for Reliability. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 28(2): 143-149.
21. Kang, Y.K. 2019. Early morning delivery, gunless battlefield: Maiders.
22. Jung, J.H. and Shin, J.I. 2020. The Effect of Early Morning Delivery's Logistics Service Quality on Customer Satisfaction: The Moderating Effect of Eco-Friendly Attitude. Journal of The Korea Society of Computer and Information. 25(10): 241-248.
23. 식품, 식품첨가물, 축산물 및 건강기능식품의 소비기한 설정 기준. 2023. 식품의약품안전처.

투고: 2024.09.25 / 심사완료: 2024.11.08 / 게재확정: 2024.11.14