

국내 신선 농산물 포장용 골판지 상자의 이용 실태 및 물리적 특성 연구: 경북 경산 소재 지역 중심으로

김민휘 · 이명호 · Athip Boonsiriwit · 이윤석*
연세대학교 패키징학과

A Study of the usage of Corrugated Fiberboard Cartons for Domestic Fresh Produce and Their Physical Properties: Focused on a Gyeongsan City, North Gyeongsan Province

Minhwi Kim, Myungho Lee, Athip Boonsiriwit, and Youn Suk Lee*

Department of Packaging, Yonsei University

Abstract In this study, forty corrugated fiberboard (CF) boxes for fresh produce were collected from farms located in Gyeongsan city and evaluated its characterizations and physical properties according to Korean Standard (KS). The basis weight, flute, and paperboard combination were determined for the characterizations of CF boxes. The measured basis weights of all samples were within the tolerance limit referred to KS and the flutes were B/F, EB/F, and AB/F flute, respectively. The bursting strength (BS), edgewise crush resistance (ECR), and compression strength (CS) were tested to evaluate the physical properties. There are four single-walled (SW) CF boxes showed BS and ECR higher than 638 kPa and 3.30 kN/m, respectively. One SW CF boxes showed BS and ECR higher than 785 kPa and 3.43 kN/m, respectively. In case of double-walled (DW) CF boxes, sixteen CF boxes showed BS and ECR higher than 785 kPa, 4.96 kN/m (AB flute), or 4.90 (EB flute), respectively. The other nineteen CF boxes showed BS and ECR higher than 981 kPa, 5.29 kN/m (AB flute), or 5.20 (EB flute), respectively. All the CF boxes except two samples showed the acceptable compression strength in reference to the guideline of KS.

Keywords Corrugated fiberboard boxes, Water repellency, Busting strength, Edgewise crush resistance, Compression strength

서 론

신선 원예 산물은 수확 후 생리적 대사 과정을 통해 물리화학적 특성이 빠른 속도로 저하되기 때문에 저장 및 유통 시 신선도 유지에 많은 어려움이 있다. 또한, 내수 및 수출 시장에서의 경쟁에서 우위를 차지하기 위해서는 철저한 품질관리가 필요하다¹⁾. 저장 및 유통을 위해 사용되는 대표적인 포장재인 골판지 상자는 수송 중의 진동과 충격의 물리적 스트레스로부터 내용물을 보호하여 품질을 유지 할 뿐만 아니라 취급의 편의성을 제공해 주기 때문에 다양한 신

선농산물의 특성과 유통 환경에 알맞은 품질로 관리되는 것이 매우 중요하다. 한국골판지포장산업협동조합(KCCA; Korea Corrugated Packaging Case Industry Association)의 보고에 따르면 국내 2020년 골판지 포장 생산능력, 생산량, 그리고 시장규모가 각각 83억 m², 65억 900만 m², 4조1,699억 원으로 전년 대비 각각 2.5, 7.1 그리고 3.4% 증가하였다²⁾. 이는 2020년에 발생한 코로나19로 인해 비대면 거래가 더욱 활성화 되면서 택배 수요가 21% 증가됨에 일어난 현상으로 분석된다²⁾. 현재까지 신선 농산물의 품질에 직접 영향을 끼치는 기능성 골판지 상자에 대한 다양한 연구도 꾸준히 진행되어 왔다^{3,4,5,6)}. 초기에는 농산물 자체의 증산이나 유통 중 운습도 조건에 의한 골판지의 열화를 개선시키는 연구가 주로 보고되었다^{7,8,9,10,11)}. 원지나 골판지 자체의 물리적 강도를 개선하거나 수분에 취약한 특성을 보강하기 위해 내수성을 향상시키는 연구가 이에 해

*Corresponding Author: Youn Suk Lee
.Department of Packaging, Yonsei University, 1 Yonseidaegil, Wonju, Gangwon-do, 26493, Republic of Korea
Tel: +82-33-760-2395
E-mail: l.eeyouns@yonsei.ac.kr

당된다. 이처럼 과거에는 국내 농산물 포장용 골판지 상자의 품질관리는 단순히 원지의 평량을 일관되게 관리하거나, 품목에 따라 적절한 원지 배합을 구성하는 것이었다. 그러나 최근에는 유통 중 진동에 의한 농산물의 품질 저하나 골판지의 물리적 강도 열화를 개선하는 연구가 꾸준히 보고되고 있다^{1,12,13,14}. 이를 통해 현재는 수출을 목표로 장거리 유통 중 발생 가능한 문제를 예방하고, 수출국에서 요구

하는 높은 품질관리 기준에 부합하여 경쟁력을 확보하는 방향으로 연구 동향이 변화하고 있음을 알 수 있다^{15,16}. 또한 국내 농산물 시장은 전통적으로 출하량, 수확 시기, 심지어 유가 변동 등의 여러 요인에 따른 가격 등락폭이 크기 때문에 정부와 기업 모두 국내 농산물의 고품질 브랜드화 전략 등을 앞세워 수출을 통한 수익 안전성을 추구하고 있는 실정이다^{17,18,19,20}. 따라서 현재 내수 시장에서 요구하는 기

Table 1. List of corrugated fiberboards for fresh produce in Gyeongsan city

No. of Sample	Town of origin	Commodity	Types (flute)	Dimension (mm)		
				L	W	H
1	Wachon	Peach	DW (AB/F)	440	330	180
2	Yongseong			440	330	180
3	Jillyang			440	330	180
4	Hayang			500	300	175
5	Chunyang	Potato	DW (AB/F)	440	330	255
6		Chili pepper		440	330	275
7		Sweet pumpkin		395	310	200
8		Zucchini		391	317	210
9		Cabbage		490	355	290
10		Zucchini		391	317	210
11		Sweet pumpkin		475	265	220
12		Chili pepper		440	330	260
13		Cabbage		545	335	320
14		Potato		450	326	250
15	Chilgok	Korean melon	DW (AB/F)	450	305	195
16				450	305	195
17				450	305	195
18	Gyeongsan	Grape	SW (B/F)	345	250	120
19	Amnyang			345	250	120
20	Jain			345	250	125
21	Jillyang	Peach	SW (B/F)	470	314	108
22	Hayang			471	314	108
23	Gyeongsan	Grape	DW (EB/F)	545	335	130
24		Peach		471	314	108
25		Plum		510	360	125
26		Grape		412	275	125
27		Peach		500	300	175
28		Grape		440	330	125
29		Grape		545	335	130
30	Amnyang	Grape	DW (EB/F)	440	330	125
31				550	366	110
32	Wachon	Grape	DW (EB/F)	550	366	120
33		Plum		366	275	125
34	Yongseong	Grape	DW (EB/F)	550	366	110
35	Jain	Grape	DW (EB/F)	440	330	125
36		Plum		366	275	125
37	Jillyang	Grape	DW (EB/F)	545	335	130
38		Peach		471	314	108
39		Grape		440	330	125
40		Plum		510	360	125

준으로 관리되던 골판지 상자의 품질을 앞으로는 국내 뿐만 아니라 해외 수출을 고려하여 표준규격에 따라 그 안전성과 품질을 검토해야 한다. 그럼에도 불구하고 실제 현장에서는 국내의 많은 농업 종사자들의 관심이 농산물의 상품성 향상에만 집중되어 상대적으로 골판지 상자의 품질관리는 외면되고 있는 실정이다. 이로 인해 수출 경쟁력을 갖춘 농산물조차 골판지 상자의 품질관리가 미흡하여 유통 경쟁력을 상실하거나 경제적 손실을 입기도 한다^{1,3,12,13}). 통계청 (KOSTAT; Statistics Korea)에서 보고한 농산물생산조사에 따르면 경북지역은 2020년에 과일과 채소 생산량(과채류)이 각각 610,536과 304,043 톤으로, 국내 전체 생산량의 약 31%와 17%를 차지하는 대표적인 농업 지역이다²¹). 이에 본 연구에서는 경북 경산 소재의 농가에서 수집한 농산물 포장용 골판지 상자를 중심으로 골판지 상자 이용 실태 조사 및 물리적 특성 연구를 실시하였다. 구체적으로는 수집한 농산물 포장용 골판지 상자가 KS 표준규격에서 요구하는 골판지 상자의 품질 기준에 부합하는지 여부를 평가하였다. 골판지 상자에 대한 객관적 품질평가 지표를 확보하기 위해서는 각각의 목적에 따라 다양하게 구분되어 있는 KS 표준규격을 종합적으로 활용해야 한다. 이에 본 연구에서는 다수의 KS 표준규격을 적절히 조합하여 농산물 포장용 골판지 상자의 품질을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

농업협동조합중앙회로부터 제공 받은 골판지 40종을 본 실험 평가에 사용하였는데 (Table 1), 이들 골판지들은 현재 경북 경산 소재 지역의 농가(와촌, 용성, 진량, 하양, 춘양, 칠곡, 경산, 압양, 자인)에서 사용 중인 양면 골판지 (SW-CF; single-walled corrugated fiberboard) 5종과 이중 양면 골판지(DW-CF; double-walled corrugated fiberboard) 35종이었고, 주로 감자, 고추, 단감, 단호박, 복숭아, 양채류, 자두, 유키니, 참외 그리고 포도 품목들을 대상으로 사용되고 있는 골판지 상자의 원단이었다.

2. 실험 방법

2.1. 골판지 원지의 평가

골판지를 구성하는 원지의 평량 측정은 표준규격 (KS M ISO 3039)에 따라 100 ± 0.5 mm의 정사각형 모양으로 골판지 시험편을 재단하고, $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 물이 준비된 수조에 채취한 시험편을 침지 시키는 방법으로 실시했다. 원지가 분리되면, 각 구성 층을 건조기 (II-11, JEIO TECH, Korea)에서 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 건조하였다. 건조된 시험편 중 골심지는 평평하게 하여 100 ± 0.5 mm의 정사각형 모양으로 다시 재단하였다. 이후 실제 측정 간격이 0.001 g으로 유효숫자 3

자리까지 측정할 수 있는 전자저울(Entris323i-1S, Sartorius, Germany)을 이용해 분리된 각 원지의 단위 면적당 무게를 측정하였다. 각 시험편의 평량은 g/m^2 단위로 5회 측정값을 유효숫자 3자리까지 측정하였고 표준편차는 유효 숫자 2자리까지 계산하였으며, 식은 아래와 같다.

$$g = m/A \times 10^6 \quad (1)$$

m : 절단 후 시험편의 무게(g), A : 절단 후 시험편의 면적(mm^2)

2.2. 골판지의 발수도 평가

골판지 표면의 발수도 측정은 표준 시험(KS M 7057)에 따라 육안으로 확인 가능한 손상, 주름, 얼룩 등이 없는 골판지 상자로부터 $35 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 의 크기의 골판지 시험편을 각 5매씩 준비하였다. 시험편은 수평과 45° 를 이루는 경사면에 고정대를 사용하여 평평하게 고정하였으며, 뷰렛은 한 방울이 0.1 mL가 되도록 조정된 것을 사용하였다 (Fig. 1).

$20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 증류수를 투입한 뷰렛 끝을 시험편으로부터 수직으로 1 cm 거리로 두고, 물방울이 시험편 위에 흘러 내릴 수 있도록 하였다. 뷰렛에서 떨어진 증류수 한 방울이 골판지 표면에서 흘러내린 흔적을 관찰하여 Table 2과 같이 KS M 7057에서 제공하는 결과표를 참고하여 발수도를 결정하였다²²).

골판지의 표면과 이면라이너 시험면에 대해 각각 5회 씩 반복 시험하였고, 원지의 MD (machine direction)와 CD (cross-machine direction)의 각 방향에 대해 5회 씩 반복하였다.

2.3. 골판지 원단의 물성 평가

골판지 원단의 파열 강도(busting strength) 평가는 표준 시험(KS M ISO 2759)에 따라 육안으로 확인 가능한 손

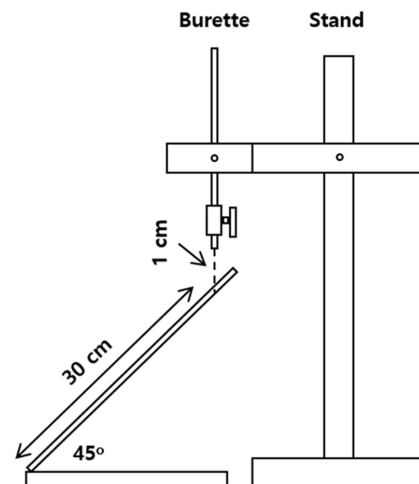


Fig. 1. Apparatus for measuring water repellency.

Table 2. The description of water repellency test results (KS M 7057)

Results	Water repellency
The track like water drop stain is continuous with the constant width	R ₀
The track like water drop stain is continuous but shows slightly narrow width than water drop	R ₂
The track like water drop stain is continuous but shows clearly narrow width than water drop and disconnected in places	R ₄
Half of the track like water drop stain is wet	R ₆
A quarter of the track like water drop stain is wet with the stretched water drop stain	R ₇
More than a quarter of the track like water drop stain is dotted with the tiny globular water drops	R ₈
The track like water drop stain is dotted with the tiny globular water drops in places	R ₉
The water drop completely rolls down	R ₁₀

상 혹은 흠이 없는 부분으로부터 디지털 파열강도 측정기 (SJTM-003, Sejin Technology Co., Ltd., Korea)에 측정 가능한 치수로 재단하여 시험편을 준비하였다. 유압장치 시스템을 가동하여 조임판(클램프)의 조임 압력을 400 kPa으로 고정하고, 시험편을 파열하는 고무 격막의 유체 펌핑 속도를 170 ± 15 mL/min로 설정하여 측정하였다. 시험편은 골판지 상자 외부에서 발생하는 외력에 의한 파열을 가정하여, 표면라이너에서 이면 라이너 방향으로 파열되도록 시험을 진행하였다. 각 시험편에 대해 20회 유효한 시험을 실시하였고, 평균 파열강도 p 를 kPa 단위로 1 kPa까지 계산하였다. 표준규격에 따라 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 단위로 표시되는 파열지수 x 를 아래의 식을 이용해 유효 숫자 3자리로 계산하였다. 본 실험에서는 표준규격 KS 외부 포장용 골판지(KS T 1034)에 의거하여 골판지의 품질 기준 파악을 고려하므로 해당 표준규격에 따라 파열지수($\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$) 대신 파열강도(kPa)를 적용하였다.

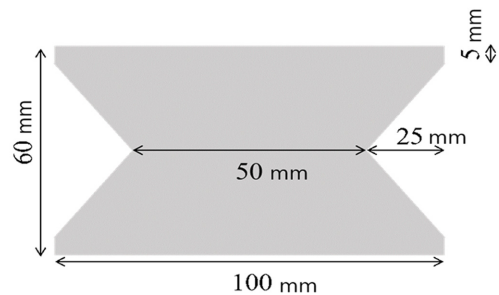
$$x = p/g \quad (2)$$

p : 평균 파열강도(kPa), g : KS M ISO 536에 따라 측정된 판지의 평량(g/m^2)

골판지의 수직 압축강도(edgewise crush resistance) 평가는 표준 시험(KS M 7063-1)에 따라 육안으로 확인 가능한 손상 혹은 흠이 없는 골판지 상자를 선별하여 골판지의 CD로 압축되도록 Fig. 2와 같은 형태로 시험편을 재단하였다.

재단 중 골 모양이 훼손되지 않은 시험편을 선별하여 만능재료시험기(Universal testing machine, QM100TC, QMESYS, Korea)를 사용하여 수직 압축강도를 측정하였다. 로드셀은 100 kgf 로드셀을 사용하여 압축 시험기의 상하 압축판 사이에 시험편을 투입하고 하중재하속도 12.5 ± 2.5 mm/min로 시험편이 구부러질 때까지 하중을 증가시켜 그때의 최대값을 측정하였다. 각 시험편에 대해 10회 유효한 시험을 실시하였으며, 수직 압축강도 결과값은 아래의 식으로 계산하였다.

$$R = 0.02 F \quad (3)$$

**Fig. 2.** Dimension of sampling for edgewise crush resistance.

R : 수직 압축강도(kN/m), F : 최대 하중(N)

골판지 상자의 압축강도 실험은 현장에서 사용되고 있는 골판지 상자 샘플을 3000 kgf 로드셀을 사용하여 만능재료시험기(Universal testing machine, DTU-801, DT&T Co., Ltd., Korea)로 시험하였다. 샘플을 만능재료시험기의 상하 압축판의 중앙부에 위치시키고, 하중재하속도 10 ± 3 mm/min로 샘플의 각 종류별로 10회 압축하여 얻은 하중-변위 곡선들을 분석하는 방식이었다(KS T ISO 12048).

2.4. 농산물 포장용 골판지 상자의 품질 평가 기준

2.4.1. KS 외부 포장용 골판지(상자) 표준규격

파열강도 및 수직압축강도와 같은 물리적 특성에 따라 골판지의 등급과 포장제한 기준을 제시한 KS 표준규격을 활용하여 실험에 사용된 골판지를 평가하였다(Table 3).

2.4.2. 농산물의 저온 유통용 포장 상자 및 용기

KS T 1021의 농산물의 저온 유통용 포장 상자 및 용기에 의거하여 골판지 상자의 필요 압축 강도를 아래의 식을 통해 산출하였다²³⁾.

$$P = k(n-1)(W+w) \leq P_l \quad (4)$$

P : 필요 압축 강도(kgf), k : 안전계수(통상 3-5), n : 냉장차의 냉풍구가 막히지 않는 범위에서 상자의 최대 적재 단수,

Table 3. Standard quality criteria of corrugated fiberboards for shipping container (KS T 1061, KS T 1034)

Type	Symbol	Busting strength (kPa)	Edgewise crush resistance (kN/m)			Restrictions on packaging ^c	
			A flute	B flute	C flute	Maximum total weight (kg)	Maximum internal dimension (mm) ^d
SW-CF box	S-1	638≤	3.41≤	3.30≤	3.35≤	10	1200
	S-2	785≤	3.53≤	3.43≤	3.47≤	20	1500
	S-3	1177≤	5.12≤	4.98≤	5.04≤	30	1750
	S-4	1570≤	7.14≤	6.98≤	7.06≤	40	2000
DW-CF box			AB flute ^a		BC flute ^b		
	D-1	785≤	4.96≤		4.90≤	20	1500
	D-2	981≤	5.29≤		5.20≤	30	1750
	D-3	1373≤	6.39≤		6.35≤	40	2000
	D-4	1766≤	8.53≤		8.47≤	50	2500
	D-5	2159≤	10.02≤		9.94≤	60	2750

^aBoth AA and AC flute are considered as AB flute

^bThe other DW-CF such as EB or BB flute are considered as BC flute

^c0201 type (KS T 1006) of CF is considered as a representative CF for the restrictions on packaging

^dThe sum of internal dimension of length, width, and height

W: 내용물 중량(kg), *w*: 상자 중량(kg), *P_i*: 실제 측정된 압축 강도(kgf)

본 연구에서는 안전계수를 5로 설정하여 식(4)에 대입하였다. 또한 냉장차의 냉풍구가 막히지 않는 범위에서 상자의 최대 적재 단수(*n*)의 변수를 고정하기 위해 농산물 수출에 가장 보편적으로 사용되는 1AAA 및 1BBB 화물 컨테이너를 적용하였다. KS T ISO 668과 KS T ISO 1496에 따르면 1AAA 및 1BBB의 컨테이너 최소 안쪽 높이 치수는 2551 mm이다^{24,25}). 또한 KS T 1372에 따르면 KS 일관수송용 평판트트의 최소 높이가 150 mm이므로 최종적으로 적재 가능한 높이는 2401 mm가 된다²⁶). 이를 기준으로 적재 가능한 높이와 각 골판지 상자의 높이를 계산하여 식(4)의 냉장차의 냉풍구가 막히지 않는 범위에서 상자의 최대 적재 단수(*n*)에 대입하였다.

결과 및 고찰

1. 농산물 포장용 골판지 상자의 이용 실태

경북 경산 소재의 9개 지역에서 실제 농가에서 사용하는 골판지 상자를 수집하여 실태조사를 실시하였다. Fig. 1에 서와 같이 본 연구에서 수집된 40종의 골판지 상자 중 밀폐형(홈판형, slotted-type)이 42%를 차지했고, 오픈형(접는형, folder-type)은 나머지 58%를 차지하였다.

밀폐형 골판지 상자의 골(flute) 종류는 모두 AB 골이었으며, 오픈형 골판지 상자의 골 종류는 EB 골이 78%, B 골이 22%를 차지하였다. Table 4와 같이 밀폐형 골판지 상자에 포장되는 품목은 주로 감자, 고추, 단호박, 주키니, 양상추, 참외 등의 과채류였고, 오픈형 골판지에 포장되는 품목은 주로 포도, 복숭아, 자두와 같은 과일류였다. 반면, 복숭아의 경우는 밀폐형과 오픈형 골판지 상자 모두를 사용하였는데, 다만 오픈형의 경우는 포장 단위가 대부분

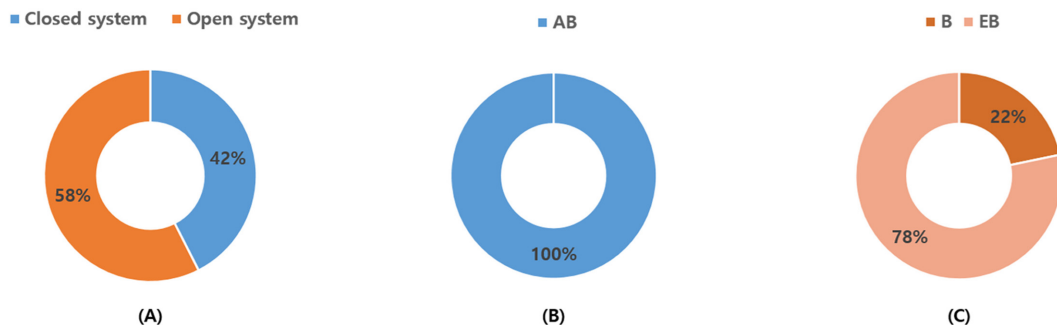


Fig. 3. The proportion of systems and flutes of CFCs. (A: box systems, B: flute types among closed system, C: flute types among open system)

Table 4. The characterizations of corrugated fiberboard boxes

No. of sample	Systems (flute)	Commodity	Paperboard combination (outer to inner paperboard) ^a	Calculated basis weight (g/m ²)	Measured basis weight (g/m ²) ^b	Error (%)
1	Closed (AB/F)	Peach	SC220/R300/K200/R300/KA240	1260	1274.5 ± 9.4	1.1
2			SC220/R300/K200/R300/KA240	1260	1287.5 ± 9.1	2.1
3			SC220/R300/K200/R300/KA240	1260	1247.9 ± 7.8	-1.0
4			SC220/R250/K180/K180/KA240	1070	1094.6 ± 9.3	2.2
5		Potato	SC220/R240/K180/R240/SK180	1060	1033.1 ± 9.8	-2.6
6		Chili pepper	SC220/R240/S120/R240/K180	1000	973.3 ± 12.5	-2.7
7		Sweet pumpkin	SC220/K180/K180/SK180	760	785.2 ± 18.5	3.2
8		Zucchini	SK180/R240/S120/R240/K180	960	978.5 ± 16.5	1.9
9		Cabbage	SK180/R240/S120/R240/K180	960	983.2 ± 9.9	2.4
10		Zucchini	K180/K180/K180/K180/KA180	900	927.5 ± 7.5	3.0
11		Sweet pumpkin	SC220/K180/K180/K180/KA180	940	955.4 ± 12.2	1.6
12		Chili pepper	SC220/K180/K180/K180/KA180	940	955.3 ± 11.1	1.6
13		Cabbage	SC220/K180/K180/K180/K180	940	962.7 ± 8.4	2.4
14		Potato	SC220/KA200/K180/KA200/KA180	980	994.7 ± 13.3	1.5
15		Korean melon	SC220/R300/K180/R300/KA240	1240	1258.8 ± 9.5	1.5
16			SC220/R300/K180/R300/KA240	1240	1263.9 ± 9.6	1.9
17			SC220/R300/K180/R300/KA240	1240	1212.1 ± 9.6	-2.3
18	Open (B/F)	Grape	SC220/S120/R300/K180	820	831.8 ± 11.1	1.4
19			SC220/S120/R300/K180	820	833.4 ± 12.1	1.6
20			SC220/S120/R300/K180	820	834.6 ± 10.8	1.7
21		Peach	SC240/R300/KA210	750	726.4 ± 15.1	-3.2
22			SC240/R300/KA210	750	775.9 ± 12.1	3.3
23	Open (EB/F)	Grape	SC220/K180/K200/K200/K200/K180	1180	1196.2 ± 7.9	1.4
24		Peach	SC220/K180/K180/K180/K180/K180	1120	1144.4 ± 9.9	2.1
25		Plum	SC220/K180/K180/K180/K180/KA240	1180	1152.5 ± 8.1	-2.4
26		Grape	SC220/B150/R300/K180	850	868.4 ± 10.1	2.1
27		Peach	SC220/R250/K180/K180/KA240	1070	1094.5 ± 7.7	2.2
28		Grape	SC220/K180/K200/K200/K200/K180	1180	1155.6 ± 8.2	-2.1
29			SC220/K180/K200/K200/K200/K180	1180	1164.4 ± 9.3	-1.3
30			SC220/K180/K180/K200/K180	960	934.5 ± 7.2	-2.7
31			SC220/K180/K200/K200/K200/K180	1180	1154.4 ± 8.2	-2.2
32		SC220/K180/K200/K200/K180	980	956.5 ± 10.3	-2.5	
33		Plum	SC220/K180/R300/K180	880	908.3 ± 9.9	3.1
34		Grape	SC220/K180/K200/K200/K200/K180	1180	1154.4 ± 8.6	-2.2
35			SC220/K180/K180/K200/K180	960	986.4 ± 11.2	2.7
36		Plum	SC220/K180/R300/KA210	910	937.6 ± 13.4	2.9
37		Grape	SC220/K180/K180/K180/K180	940	945.1 ± 11.5	0.5
38		Peach	SC220/K180/K180/K180/K180/K180	1120	1146.1 ± 9.9	2.3
39		Grape	SC220/K180/K180/K180/K180	940	965.2 ± 14.3	2.6
40		Plum	SC220/K180/K180/K180/K180/KA240	1180	1196.5 ± 8.8	1.4

^aSC, super coated Manila paperboard; outer paperboard is BKP, inner paperboard is Manila recycled paperboard. R, reinforced paperboard; the combination of multiple KOCC, or KOCC and Kraft recycled paperboard, or KOCC and AOCC. K, the combination of KOCC (50%) and AOCC (50%). KA, outer paperboard is UKP (30%), inner paperboard is KOCC (30%) and AOCC (40%). S, both outer and inner paperboard are KOCC. SK, outer paperboard is UKP (30%), inner paperboard is KOCC (50%) and AOCC (20%). B, outer paperboard is Kraft recycled paperboard (10%), inner paperboard is KOCC (90%). Where BKP: bleached Kraft pulp, UKP: unbleached Kraft pulp, KOCC: Korean old corrugated container, and AOCC: American old corrugated container.

^bValues are mean ± SD (n = 5)

4.5 kg였고, 밀폐형은 포장 단위가 10 kg가 대부분인 것으로 분석되었다. 오픈형 골판지 상자의 경우는 보통 소비자 포장(consumer packaging) 형태로 주로 선물용으로 많이 소비되고 있으므로, 이에 소비자가 육안으로 쉽게 품질을 파악 할 수 있는 장점이 있는 것으로 파악된다²⁷⁾. 반면, 밀폐형 골판지 상자는 보통 수송 포장(transport packaging) 용도로 제품의 수송, 보관 및 취급의 용이성을 제공하며 최종 판매처에서 날개 단위로 판매되는 경우가 많은 품목들에 사용되고 있다.

경북 경상지역에서 수집된 40종의 농산물 포장용 골판지 상자에 대해 이들 골판지의 원지 배합의 특성과 평량을 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. KS M ISO 3039에 따라 측정된 골판지의 평량과 이론적 계산에 의한 평량 사이의 오차(error)는 백분율로 나타내었으며, 모든 샘플이 KS M 7502와 KS M 7076에서 규정하는 평량허용차 $\pm 4\%$ 를 넘지 않았다^{28,29)}.

원지 배합은 골판지 상자별로 상이하였으나, SC마닐라판지가 표면라이너로 가장 많이 사용되었다는 점은 유사하였다. 이는 표면 라이너에 우수한 인쇄성을 부여하기 위해서 적용된 것으로 판단된다³⁰⁾. 골심지는 적절한 중량의 K원지를 다중으로 사용하거나 R(강화골심지)을 240~300 g/m²으로 다양하게 배합하여 사용하고 있었다⁴⁾. 이면 라이너 또한 가격이나 품목에 따라 다양하게 사용되었으나 주로 K180원지를 사용하였다.

2. 농산물 골판지 상자의 물성 평가

KS 규격에 따라 골판지 발수도, 파열강도 및 수직 압축 강도를 측정하였고, Table 3의 KS 표준규격에 따라 각 골판지의 품질 등급을 분석하였다.

표면 라이너의 발수도는 Fig. 4A에 나타난 바와 같이 R10이 33%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 그 다음 R9가 23%를 차지하였다. R10과 R9처럼 높은 발수도 특성을

보인 골판지 상자는 대부분 오픈형으로 주로 소비자를 위해 사용되는 것으로써 제품의 상품성 증대를 위한 인쇄와 필름 코팅 처리 때문에 발수도가 높게 나타났다. 발수도가 가장 낮은 R0는 약 20%를 차지하였는데, 이는 모두 밀폐형 골판지 상자였다 (Table 5). 이는 소비자를 위한 제품의 홍보와 판매촉진 보다는 제품의 수송과 보관을 목적으로 하기 때문에 코팅과 같은 표면처리가 적용되지 않아 낮은 발수도를 보였다고 분석되었다. 이면 라이너의 발수도는 Fig. 4B에 나타난 바와 같이 발수도 낮은 R4, R2 그리고 R0를 보인 골판지 상자가 각각 63%, 14% 및 21%를 차지하였다. 앞서 언급한 바와 같이 코팅 처리 등이 없는 높은 발수도를 보일 수 없는데 본 연구의 샘플 대부분이 코팅 등의 처리가 없는 이면 라이너를 사용하였으므로 낮은 발수도 등급으로 나타났다.

저장 및 유통 과정 중에 농산물의 증산 활동 또는 운습도 조건에 따라 골판지 상자의 물리적인 특성이 저하될 수 있기 때문에 골판지의 발수도는 매우 중요하다. 실험에서 평가한 40종의 골판지 상자 중 코팅처리가 된 외부 라이너를 제외하고는 표면과 이면 라이너 구분없이 대부분 낮은 발수도를 보이기 때문에 발수도에 대한 개선이 필요할 것으로 사료된다. 또한 오픈형 골판지는 조립형이기 때문에 결과적으로 내부 바닥면을 제외한 안쪽의 모든 면이 표면 라이너로 구성되게 된다. 따라서 사용자가 이 점을 참고하여 밀폐형 골판지의 이면 라이너 발수도 평가 결과와 구분하여 오픈형 골판지의 이면 라이너의 발수도를 참고할 필요가 있다.

Fig. 4C와 Table 6에는 분석한 골판지 상자의 품질 등급을 나타내었다. 가장 많은 비율인 48%를 차지한 골판지 상자 등급은 D-2였다. D-2 등급은 981 kPa 이상의 파열강도를 보여야 한다. 또 AB골은 5.29 kN/m, EB골은 5.20 kN/m 이상의 수직 압축강도를 보여야 한다. D-1 등급은 약 40%의 비율을 보였다. D-1 등급은 785 kPa 이상의 파열강도를

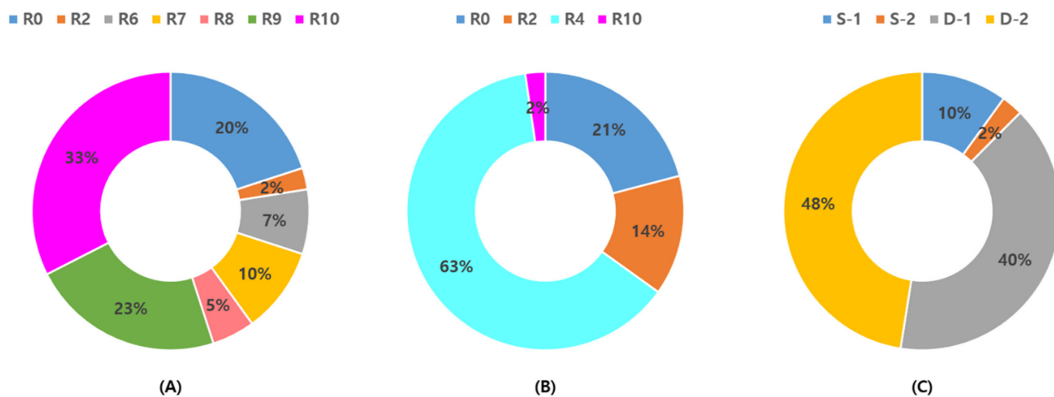


Fig. 4. The results of the water repellency analysis and standard quality evaluation. (A: water repellency of outer linerboard, B: water repellency of inner linerboard, C: standard quality grade)

Table 5. The evaluation results of water repellency analysis

No. of sample	Water repellency		Commodity	Systems (flute)	
	Outer linerboard ^a	Inner linerboard ^a			
1	R10	R4	Peach	Closed (AB/F)	
2	R6	R4			
3	R6	R4			
4	R6	R4			
5	R0	R4	Potato		
6	R0	R4	Chili pepper		
7	R0	R4	Sweet pumpkin		
8	R2	R2	Zucchini		
9	R0	R4	Cabbage		
10	R7	R2	Zucchini		
11	R0	R0	Sweet pumpkin		
12	R0	R0	Chili pepper		
13	R0	R0	Cabbage		
14	R10	R2	Potato		
15	R9	R4	Korean melon	Open (B/F)	
16	R10	R4			
17	R0	R4			
18	R8	R4	Grape		
19	R10	R4			
20	R9	R0			
21	R8	R0	Peach		
22	R9	R10			
23	R7	R2	Grape		Open (EB/F)
24	R7	R4	Peach		
25	R9	R4	Plum		
26	R9	R4	Grape		
27	R9	R4	Peach		
28	R9	R4	Grape		
29	R7	R2			
30	R10	R2			
31	R10	R4			
32	R10	R4	Plum		
33	R10	R4	Grape		
34	R10	R0			
35	R10	R0	Plum		
36	R10	R0	Grape		
37	R9	R0	Peach		
38	R9	R4	Grape		
39	R10	R4	Plum		
40	R10	R4			

^aValues are mean \pm SD (n = 5)

보여야하고, AB골은 4.96 kN/m, EB골은 4.90 kN/m 이상의 수직 압축강도를 보여야 한다. 약 10%의 비율을 차지한 S-1 등급은 파열강도 638 kPa 이상, 수직 압축강도 3.30 kN/m

이상을 보여야 한다. 마지막으로 약 2%의 비율을 차지한 S-2 등급은 파열강도 785 kPa 이상, 수직 압축강도 3.43 kN/m 이상을 보여야 한다.

Table 6. The evaluation results of busting strength (BS) and edgewise crush resistance (ECR)

No. of sample	Standard BS (kPa)	Measured BS (kPa) ^a	Standard ECR (kN/m)	Measured ECR (kN/m) ^b	Flute	Standard quality grade
1	981≤	993.9 ± 64.5	5.29 ≤	13.2 ± 0.6	AB/F	D-2
2		1094.0 ± 98.1		15.4 ± 0.6		
3		1038.4 ± 48.2		12.8 ± 1.2		
4	785≤	854.3 ± 23.6	4.96 ≤	14.3 ± 0.5	AB/F	D-1
5	981≤	1052.0 ± 68.5	5.29 ≤	12.1 ± 0.4	AB/F	D-2
6	785≤	787.7 ± 44.7	4.96 ≤	11.5 ± 0.2	AB/F	D-1
7		667.3 ± 49.0		8.4 ± 0.2		
8	981≤	1002.6 ± 96.8	5.29 ≤	10.0 ± 1.03	AB/F	D-2
9	785≤	762.9 ± 39.5	4.96 ≤	11.0 ± 0.7	AB/F	D-1
10		941.1 ± 60.8		8.1 ± 0.5		
11		751.1 ± 34.6		9.7 ± 0.2		
12	981≤	981.1 ± 55.2	4.96 ≤	11.0 ± 0.4	AB/F	D-2
13		986.1 ± 33.9		9.1 ± 0.5		
14		1044.9 ± 30.2		11.3 ± 0.2		
15		1230.1 ± 95.4		15.4 ± 0.5		
16		1182.9 ± 59.7		14.9 ± 1.0		
17		1132.3 ± 98.6		13.3 ± 0.6		
18	638≤	744.4 ± 72.3	3.30 ≤	8.6 ± 0.3	B/F	S-1
19		675.9 ± 13.8		8.9 ± 0.3		
20		734.8 ± 33.4		8.5 ± 0.6		
21		553.5 ± 16.3		11.4 ± 0.4		
22	785≤	910.5 ± 32.6	3.43 ≤	10.9 ± 0.3	B/F	S-2
23	785≤	961.0 ± 21.2	4.90 ≤	7.4 ± 1.6	EB/F	D-1
24		863.5 ± 41.6		11.2 ± 0.4		
25	981≤	1210.0 ± 36.3	5.20 ≤	11.0 ± 0.9	EB/F	D-2
26	785≤	692.3 ± 19.5	4.90 ≤	8.0 ± 1.0	EB/F	D-1
27	981≤	1153.2 ± 19.2	5.20 ≤	11.7 ± 0.6	EB/F	D-2
28		1061.6 ± 40.0		11.1 ± 1.7		
29	785≤	893.0 ± 36.7	4.90 ≤	11.2 ± 0.5	EB/F	D-1
30		724.5 ± 29.6		12.1 ± 0.1		
31	981≤	1025.3 ± 68.1	5.20 ≤	13.1 ± 0.6	EB/F	D-2
32	785≤	762.9 ± 39.5	4.90 ≤	11.0 ± 0.7	EB/F	D-1
33		941.1 ± 60.8		8.1 ± 0.5		
34		751.1 ± 34.6		9.7 ± 0.2		
35	981≤	981.1 ± 55.2	5.20 ≤	11.0 ± 0.4	EB/F	D-2
36		986.1 ± 33.9		9.1 ± 0.5		
37		1044.9 ± 30.2		11.3 ± 0.2		
38		1230.1 ± 95.4		15.4 ± 0.5		
39		1182.9 ± 59.7		14.9 ± 1.0		
40		1132.3 ± 98.6		13.3 ± 0.6		

^aValues are mean ± SD (n=20)

^bValues are mean ± SD (n=10)

Table 7은 실측한 골판지 상자의 압축강도를 식(4)에 적용하여 필요 압축강도와 상자 압축강도의 관계를 분석한 결과이다. 수집된 40여 종의 골판지 상자 중 38 종에 해당하는 약 95%의 골판지 상자가 필요 압축강도를 상회하는 실

제 압축강도를 보였다. 필요 압축강도 보다 낮은 압축강도 결과를 보인 골판지 상자는 샘플 7과 14였다. 샘플 7과 14의 압축강도가 필요 압축강도보다 각각 약 6.9%와 24.5% 낮게 측정되었다. 두 골판지 상자 모두 밀폐형이며, AB골 골

Table 7. The results of the compression strength for corrugated box samples

No. of sample	Box systems (flute)	Safety factor (K)	Stacking height (box)	Total weight (kg) ^a	Necessary compression strength (kgf)	Measured compression strength (kgf) ^b	Acceptance
1	Closed (AB/F)	5	12	11	660	1151.5 ± 17.3	Acceptable
2			12	11	660	682.9 ± 33.7	
3			12	11	660	970.1 ± 10.3	
4			12	11	660	972.8 ± 93.7	
5			8	21	840	888.7 ± 52.7	
6			7	11	385	683.2 ± 87.5	
7	Closed (AB/F)	5	11	9	495	461.0 ± 48.9	Unacceptable
8	Closed (AB/F)	5	10	11	550	577.2 ± 87.4	Acceptable
9			7	17	595	711.7 ± 83.1	
10			10	11	550	747.8 ± 79.3	
11			9	9	405	607.8 ± 102.4	
12			8	11	440	645.1 ± 26.2	
13			6	17	510	624.7 ± 50.0	
14	Closed (AB/F)	5	8	21	840	663.9 ± 15.0	Unacceptable
15	Closed (AB/F)	5	11	11	605	1226.7 ± 105.6	Acceptable
16			11	11	605	1211.1 ± 23.0	
17			11	11	605	1109.2 ± 58.3	
18	Open (B/F)	5	19	3	285	606.6 ± 98.4	Acceptable
19			19	3	285	614.5 ± 22.5	
20			18	3	270	764.3 ± 11.1	
21			21	5.5	577.5	894.0 ± 45.8	
22			21	5.5	577.5	1097.5 ± 11.1	
23			Open (EB/F)	5	17	6	
24	21	5.5			577.5	1188.0 ± 88.3	
25	18	11			990	1359.5 ± 58.2	
26	18	4			360	686.4 ± 57.7	
27	12	11			660	1122.1 ± 77.9	
28	18	5			450	1048.4 ± 42.9	
29	17	6			510	1418.4 ± 71.1	
30	18	5			450	1031.3 ± 92.6	
31	20	6			600	1147.0 ± 53.6	
32	19	6			570	1570.6 ± 38.2	
33	18	6			540	700.8 ± 4.5	
34	20	6			600	1546.6 ± 60.7	
35	18	5			450	1318.9 ± 13.1	
36	18	6			540	768.3 ± 39.7	
37	17	6			510	1206.4 ± 87.7	
38	21	5.5			577.5	975.5 ± 76.9	
39	18	5			450	1090.7 ± 123.6	
40	18	11			990	1588.7 ± 66.0	

^aWeight of both carton and commodity^bValues are mean ± SD (n = 10)

판지로 제작되었다. 반면, 오픈형 골판지 상자는 모두 필요 압축강도를 상회하는 압축강도를 보였다. 특히, 양면 골판지 샘플들도 모두 필요 압축강도를 상회하였다. 이를 같이 오픈형 골판지 상자는 조립형이기 때문에 상자 압축강도 평가에서 밀폐형보다 안전성이 더 높게 측정된 것으로 보인다. 따라서 원지나 골판지 자체의 물리적 특성도 중요하지만, 골판지 상자의 형태나 치수에 따라 최종적인 필요 압축강도가 달라지므로 종합적인 물리적 특성 평가가 필요하다.

결 론

경북 경산 소재의 농가에서 수집된 농산물 포장용 골판지 상자의 이용 실태와 물리적 특성을 평가한 결과, 골판지의 발수도와 물리적 강도 그리고 상자의 압축강도 결과값들이 KS 표준규격에 의거하여 비교적 적합한 범위 내에서 제조되는 것으로 확인되었다. 그러나 골판지 상자의 품질 기준은 제품의 특성 및 유통 환경 조건에 따라 요구되는 기준이 크게 변동 될 수 있으므로 정확한 기준에 따라 지속적인 품질관리가 필요하다. 따라서 본 연구와 같이 표준규격에 의거한 품질기준 제시하고 품질관리를 실시한다면 향후 다양한 품목과 유통 환경 조건에 알맞은 골판지 상자의 객관적인 품질 지표도 확보될 것으로 판단된다. 이를 통해 품질 지표를 누적한다면 포장재의 품질 관리를 표준화하는데 합리적인 근거 자료로 제시될 수 있을 것이라 사료된다. 또한 품질관리 기준으로써 운송 중 발생하는 충격이나 진동에 대한 연구와 완충 포장 연구도 활용 되어야 할 것이다. 그러므로 본 연구와 같이 다수의 KS 표준규격에 의거한 종합적인 품질관리가 지속적으로 실시되어야 하고, 이는 향후에 국내 농산물의 수출경쟁력 향상에 큰 기여를 하게 될 것이다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농식품수출비즈니스전략모델구축사업 (과제번호: 319088-3)의 지원을 받아 연구되어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Jung, H.M. and S.I. Kim, 2015. Random Vibration Characteristics of Fruits in Packaging System for Parcel Delivery Service. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 21(2): pp. 67-71.
- KCCA. Production Status and Corporate Environment of Corrugated Cardboard Packaging Industry in 2020. The monthly packaging world 2021; Available from: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO202163758855923.pdf>.
- Park, H.W., J.K. Kang, J.D. Park, D.M. Kim and K.J. Kim, 2001. Corrugated paperboard box laminated functional MA film for freshness extension of tomato. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 7(2): pp. 1-5.
- Lee, S.K. and J.N. Kim, 2004. A Study of the Physical Properties of Single Wall Dual-layer Medium Corrugated Board. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 10(1): pp. 47-54.
- Kim, S.I., J.K. Kim and I.S. Park, 2002. Load Efficiency of Corrugatedboard Boxes for Agricultural Products on Trucks. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 8(2): pp. 1-5.
- Kim, J.K., W.H. Ryu, S.M. Joo and H. Lee, 2005. Improvement of Physical Properties of Low Quality Recycled Corrugated Fiberboard Liners. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 11(1): pp. 41-46.
- Shin, J.S., 2001. A new Insolubilizer Development to Enhance the Water Resistency of Corrugated Paper and its Apply Methods Evaluation. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 7(1): pp. 1-8.
- Kim, S.I., 2001. Prediction Modelings of Ring Crush Strength in Corrugated Base Paper by Humidity Variations. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 7(1): pp. 16-20.
- Jo, J.Y., C.K. Min, J.S. Shin, M.H. Lee and K.Z. Sohn, 2001. Strength Changes of Corrugated Fiberboard Boxes for Fruits Packaging by Relative Humidity Temperature. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 7(2): pp. 43-51.
- Jo, J.Y., J.S. Shin and J.K. Kim, 2005. Physical Properties of Corrugated Fiberboard and Estimation of Box Compression Strength with Changes of Relative Humidity. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 11(2): pp. 91-96.
- Jo, J.Y., J.S. Shin, J.K. Kim, Y.B. Seo and K.j. Son, 2006. Effect of Relative Humidity and Box Structure on Box Compression Strength. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 12(2): pp. 103-108.
- Jung, H.M., I.S. Park and M.S. Kim, 2005. Vibration Characteristics of the Pears in Corrugated Fiberboard Container for Packaging be stacked at Simulated Transportation Environment. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 11(1): pp. 11-16.
- Choi, S.J. and J.M. Shin, 2006. The Analysis of Cushioning Properties of Corrugated Cushion. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 12(1): pp. 35-40.
- Shin, J.S. and J.K. Kim, 2021. Effect of Vibration during Distribution Process on Compression Strength of Corrugated Fiberboard Boxes for Agricultural Products Packaging. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 27(2): pp. 91-100.
- Jung, H.M., G.S. Kim, M.S. Kim and D.Y. Kim, 2007. Vibration Characteristics of Packaged Freight and Packaged Apples by Random Vibration Input During Distribution. *Korean Journal of Packaging Science & Technology*, 13(1): pp. 19-23.

16. Kim, G.S., H.M. Jung, K.B. Kim and M.S. Kim, 2008. Vibration Characteristics of Packaged Freight and Packaged Apples by Random Vibration Input. *Journal of Biosystems Engineering*, 33(1): pp. 45-50.
17. Meng, X., 2018. Does agricultural commodity price co-move with oil price in the time-frequency space? Evidence from the Republic of Korea. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(4): pp. 125.
18. Kim, P.J., M.S. Kim, W. Kim, O. Mehyaoui and M.K. Youn, 2014. Effects on the consumer buying behavior of an agricultural brand in south Korea. *The Journal of Industrial Distribution & Business*, 5(2): pp. 21-28.
19. Ailawadi, K.L., S.A. Neslin and K. Gedenk, 2001. Pursuing the value-conscious consumer: store brands versus national brand promotions. *Journal of marketing*, 65(1): pp. 71-89.
20. Baltas, G. and P.C. Argouslidis, 2007. Consumer characteristics and demand for store brands. *International Journal of Retail & Distribution Management*.
21. KOSTAT. Statistical Research on Agricultural Production 2020; Available from: <http://meta.narastat.kr/metavsc/svc/SvcMetaDcDtaPopup.do?orgId=101&confmNo=114004&kosisYn=Y>.
22. KS M 7057. 2018. Testing method for water repellency of paper and paperboard. Korean Standards.
23. KS T 1021. 2018. Standard boxes and containers for cold chain logistics of agricultural products. Korean Standards.
24. KS T ISO 1496-2. 2017. Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 2: Thermal containers. Korean Standards.
25. KS T ISO 668. 2020. Series 1 freight containers - Classification, dimensions, and ratings. Korean Standards.
26. KS T 1372. 2019. Flat pallets for through transit. Korean Standards.
27. Lee, S.Y., 2016. A Study on the Points of Improvement through the Survey Analysis of Strawberry Package Elements (Shape, Material, Design) and IPA MAP Analysis. *The Journal of the Korea Contents Association*, 16(1): pp. 42-51.
28. KS M 7502. 2020. Liner for corrugated fiberboards. Korean Standards.
29. KS M 7076. 2020. Corrugating medium paper.
30. Kim, S.I. and D.S. Kim, 2012. Improving Agricultural Hype Packaging. *The monthly packaging world*: pp. 42-53.
31. KS M ISO 3039. 2017. Corrugated fiberboard - Determination of grammage of the component papers after separation. Korean Standards.
32. KS M ISO 2759. 2021. Board - Determination of bursting strength. Korean Standards.
33. KS M 7063-1. 2021. Determination of edgewise crush resistance of corrugated fiberboard. Korean Standards.
34. KS T ISO 12048. 2020. Packaging - Complete, filled transport packages - compression and stacking test using a compression tester. Korean Standards.
35. KS T 1061. 2019. Corrugated fiberboard shipping containers. Korean Standards.
36. KS T 1034. 2020. Corrugated fiberboards for shipping containers. Korean Standards.

투고: 2021.12.09 / 심사완료: 2021.12.19 / 게재확정: 2021.12.26