

신선 농산물 수출을 위한 골판지 상자 크기의 최적화 연구

김민휘¹ · 이윤석^{1*} · 이명호¹ · 이의학²

¹연세대학교 패키징 및 물류학과

²미시간주립대 패키징학

A Study on the Optimization of the Size of the Corrugated Fiberboard Cartons for Export of Agricultural Products

Minhwi Kim¹, Youn Suk Lee^{1*}, Myungho Lee¹, and Euihark Lee²

¹Department of Packaging & Logistics, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea

²School of Packaging, Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1223, USA

Abstract This study aimed to focus on the optimization of the external dimension sizes in the corrugated fiberboard cartons (CFCs) for exporting agricultural products. The commercial CFCs of current fresh produces such as paprika, Asian pear, melon, sweet potato, and oriental melon for export were used for this study. The guidelines of the minimum internal dimensions of the refrigerated reefer container, the dimensions of pallets, and the maximum load height of a stack were referred to KS T ISO 668, KS T 1372, and the Container Handbook by the German Insurance Association, respectively. These principles were selected as a ground rule for the external dimensions of CFCs. Package layout design programs of ArtiosCAD and Cape Pack software were used to confirm the box stacking patterns and revise the external dimension of CFCs. The final external dimensions of each CFC were revised from 5 to 30 mm compared to its original dimensions. The maximum load of each stacking box per pallet has been increased from 0.0 to 12.5% compared to its original load.

Keywords Corrugated fiberboard cartons, Agricultural product, Palletizing, Refrigerated containers, Cape Pack

서 론

신선 농산물은 수확 후 유통과정에서 품질 특성이 빠른 속도로 저하되기 때문에 다른 식품에 비하여 그 관리에 많은 어려움이 있음에도 불구하고 특히 수출용은 타국의 농산물과 경쟁하여 소비자의 요구를 만족시켜야 하므로 농산물과 포장재의 품질 관리가 매우 중요하다¹⁾. 골판지 상자는 신선 농산물을 포함한 대부분의 식품 유통에 필수적인 포장재 중 하나이며, 특히 2020년 코로나19가 발생하여 비대면 거래가 활성화되면서 택배 수요가 증가한 바 있다²⁾. 한국골판지포장산업협동조합(KCCA: Korea Corrugated Packaging Case Industry Association)에서 제공하는 2020

년도 자료에 따르면 골판지 상자 생산량은 전년 대비 7.1% 증가하여 65억 900만 m²이 되었으며, 시장규모도 전년 대비 3.4% 증가하여 4조1,699억 원을 달성하였다²⁾. 골판지 상자 개발은 주로 다단 적재, 적재 패턴, 진동, 그리고 상대습도 등의 유통환경에 대응하기 위한 설계와 기능성 부여 연구 등이 대부분을 차지하고 있다³⁻⁷⁾. 국내 농산물 시장은 출하량과 시기 그리고 유가 변동 등에 따라 고질적으로 가격 등락폭이 크기 때문에, 정부 정책과 수출업자는 국내 농산물의 고급 브랜드화 및 품질 유지에 많은 노력을 통해 안정적 수출을 통한 수익을 확보하고자 한다⁸⁻¹¹⁾. 이처럼 수출용 신선 농산물의 품질관리를 위해 필수적인 골판지 상자의 수요 증가, 고품질 상품화를 위한 브랜드화, 그리고 다변화되고 있는 유통 유통환경에 대응하기 위한 개선노력에도 불구하고, 실제 현장에서는 생산 농가나 수출 유통 그리고 판매 측의 임의적인 판단 및 기존 관행적으로 사용된 규격을 기준으로 골판지 상자의 치수나 품질 선정이 이루어져 유통된다. 현재의 골판지 상자 설계는 대부분

*Corresponding Author: Youn Suk Lee
Department of Packaging & Logistics, Yonsei University, 1 Yon-seidae-gil, Wonju, Gangwon-do, 26493, Republic of Korea
Tel: +82-33-760-2395
E-mail: leeyouns@yonsei.ac.kr

내수 시장을 위한 것이므로 수출용 골판지 상자의 설계 기준에 대한 전환이 필요하다. 실제로 내수 시장에서 경쟁력 있는 고품질의 신선 농산물이 새로운 수출 유통 환경에 맞는 골판지 상자의 개선없이 기존 골판지 상자를 그대로 사용하면서 유통 중 제품 손실로 인한 상품 경쟁력 저하를 직면하는 사례도 있다^{1,4,12,13}). 산업 현장에서 패키징 제품 설계를 위하여 주로 사용하는 컴퓨터 디자인 프로그램은 대표적으로 AutoCAD, Adobe Illustrator, 그리고 Autodesk Fusion 등의 제품 개발 설계 소프트웨어가 있으며, 그 중 골판지 상자의 구조 설계를 위한 전문 소프트웨어로 ArtiosCAD (ESKO, Belgium)가 많이 사용되고 있다. 이는 다양한 형태의 상자 제작 및 설계 수정과 변경, 그리고 파렛트 설계 프로그램인 Cape Pack (ESKO, Belgium)과 통합하여 포장할 제품의 크기에 맞춰 올바른 사이즈의 패키징 설계를 제공하는 강력한 구조 디자인 설계 도구이다¹⁴.¹⁵). 최근 예코 디자인 포장 설계 보고 자료로 ArtiosCAD의 포장 구조 디자인과 Cape Pack 프로그램이 파렛트의 적재 최적화를 위한 평가 방법으로 전과정 탄소 저감의 효율적인 개선 방안을 제시하는데 사용되었다¹⁶). 또한 Varžinskas 등¹⁶)은 Cape Pack의 파렛타이징 프로그램으로 제품의 손상을 최소화하는 적재와 파렛트의 적재 효율성 및 운송 비용을 최소 10% 절감하는 설계 개선을 제시하였다. 따라서 본 연구는 각각의 KS 규격 가이드를 조합하고, 포장 설계 프로그램을 통하여 수출용 신선 농산물을 위한 최적의 골판지 상자의 바깥 치수를 확보하고자 한다. 국제 규격과 문헌을 고려하여 분석한 자료가 수출 현장에 최적화된 골판지 상자의 크기를 결정할 수 있는 유효한 정보가 될 것이며, 향후 수출용 농산물 골판지 상자 제작에 표준화 가이드라인 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에 사용된 골판지 상자는 실제 수출 현장에 적용되고 있는 농산물 골판지 상자를 (사)한국농식품유통품질관리협회(수원, 대한민국)로부터 제공받아 실험에 사용하였다. 골판지 상자의 수출 농산물은 파프리카, 배, 멜론, 고구마, 참외 총 5 품목으로 파프리카 골판지 상자는 총 3종(강원 철원 1종, 경남 창원 2종)을 사용하였고, 배 골판지 상자는 총 2종(경기 안성과 경기 평택)을 사용하였다. 멜론(전북 익산), 고구마(전북 고창) 그리고 참외(경북 성주) 골판지 상자는 각각 1종씩을 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1. 골판지 상자의 치수 조건 설정

골판지 상자 치수의 최적화를 위해 시중의 수출용 농산

물 골판지 상자의 바깥 치수와 무게를 분석하였다. 농산물 골판지 상자는 유통 시에 파렛트 위에 적재되어 컨테이너에 파렛트 단위로 적재되는 것을 가정하였다. 따라서 국제화물 컨테이너의 분류, 치수 및 최대 총 질량(KS T ISO 668) 규격에 규정된 각 국제화물컨테이너의 종류 및 최소 안쪽 치수를 분석하여 골판지 상자 치수의 최적화 조건으로 활용하였다¹⁷). 또 일관수송용 평파렛트(KS T 1372) 규격에 규정된 파렛트의 종류 및 치수도 분석하였다¹⁸). 추가로 냉장컨테이너 내부의 원활한 저온 기류 순환을 위해 독일보험협회(GDV; Gesamtverband der Versicherer; German Insurance Association)에서 발행하는 컨테이너 편람(Container Handbook - Cargo loss prevention information from German marine insurers)에 규정된 최대 적재 높이(maximum load height)를 분석하였다¹⁹). 최적화를 위해 수립한 조건을 활용하여 파렛트 당 적재량을 증가시킬 수 있는 방향으로 기존 골판지 상자의 바깥 치수를 보정하였다.

2.2. 보정된 골판지 상자 치수의 적재 효율 분석

보정된 골판지 상자의 바깥 치수를 활용해 적재 패턴 및 적재 효율을 분석하고, 최적 치수를 산출하는데 활용하였다. 이를 위해 미시간주립대의 패키징 실험실(East Lansing, MI USA)의 ArtiosCAD (ESKO, Belgium) 프로그램으로 골판지 상자 설계도를 제작하였으며, Cape Pack (ESKO, Belgium) 프로그램에 연동하여 적재 패턴 및 적재 효율 분석하였다^{14,15}). 이때 보정 골판지 상자의 종류는 국가기술표준원에서 제시한 골판지 상자의 형식(KS T 1006)을 참고하여 0209(홈판형: slotted-type)를 선택했다. 이후 보정된 골판지 상자의 바깥 치수와 Cape Pack 프로그램의 적재 패턴 결과를 기준으로 추가 보정이 가능한 치수를 검토하였는데, T11과 T12 평파렛트의 오차(-3 mm)와 GDV의 규정에 따른 냉장컨테이너의 저온 기류 순환을 위한 적재 높이 제한 공간(80 cm)을 기준으로 적재 패턴이 유지되는 범위에서 산출하였다.

$$\text{파렛트 당 골판지 상자의 최대 적재량 증가율(\%)} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (1)$$

A 는 파렛트 당 치수 보정 전 골판지 상자의 최대 적재량
 B 는 파렛트 당 치수 보정 후 골판지 상자의 최대 적재량

최적화된 골판지 상자의 바깥 치수와 Cape Pack 프로그램의 적재 패턴 결과를 활용해 보정 전후의 파렛트 당 골판지 상자 최대 적재량과 증가율을 외부 포장용 골판지 상자(KS T 1061) 규격을 참고하여 백분율로 산출하여 비교하였다²⁰).

실험 결과 및 고찰

1. 골판지 상자 치수의 최적화

시중에서 사용 중인 수출용 농산물 골판지 상자를 수집하여 바깥 치수와 무게 등을 분석하였다(Table 1). 신선 농산물의 품목은 강원, 경기, 전북, 경북, 경남 등의 생산지에서 최대한 부피와 모양이 다양한 품목들로 구성하였다. 무게는 5~10 kg 사이로 포장되었으며, 골판지 상자의 바깥 치수는 품목과 관계없이 차이가 있었다. 골판지 상자의 바깥 치수는 내용물의 부피, 바이어의 요구 사항, 국내 수출 유통업자들의 임의적인 판단 그리고 수출 유통환경에 따라 서로 달리 사용되고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 수출 품목에 따른 골판지 상자의 최적화 설계를 실시하면, 치수 규격이 일정 해지므로 골판지 상자 품질 관리가 더욱 효율적으로 이루어질 것으로 판단된다. 이는 수출 농산물 품질 유지에 영향을 줄 수 있는 골판지 상자의 내구성, 적재 효율 등을 일률적으로 관리하여, 넓게는 포장재 생산 및 운송 비용 등의 경제적 효과도 기대할 수 있는 중요한 요인

이다.

국제화물컨테이너의 분류, 치수 및 최대 총 질량(KS T ISO 668)을 참고해 정리한 국제화물컨테이너의 최소 안쪽 치수 중 길이는 각각 11,998 mm, 8,931 mm, 5,867 mm, 그리고 2,802 mm이고, 너비는 2,330 mm로 모두 동일 치수이다. 높이는 2,655 mm, 2,350 mm, 2,197 mm, 그리고 2,179 mm 미만으로 구분된다.

호칭 길이와 명칭 구분의 알파벳 종류는 국제화물컨테이너의 길이와 대응하여 구분되고, 명칭 구분의 알파벳 개수는 국제화물컨테이너의 높이와 대응하여 분류된다. KS규격에 기재된 허용 오차는 -5 mm에서 -10 mm로 국제화물컨테이너의 바깥 치수에 해당하고, 최소 안쪽 치수에 관련해 기재된 허용 오차는 별도로 기재되어 있지 않다. 이에 국제화물컨테이너의 최소 안쪽 치수를 골판지 상자의 적재 단수 및 치수(높이)를 결정하는 기준으로 활용하였다.

일관수송용 평파렛트 치수(KS T 1372)를 참고해 정리한 파렛트 T11과 T12 치수는 Table 3와 같다¹⁸⁾. 평파렛트 치

Table 1. Information of the corrugated fiberboard carton for Korean fresh produce in export

Produce	City of production	Weight (kg)	Major importing country	External size of corrugated fiberboard carton (mm)		
				Length	Width	Height
Paprika	Cheorwon	5	Japan	450	320	185
	Changwon	5		455	300	180
		5		455	300	180
Korean pear	Anseong	5	North America, Taiwan, Vietnam	500	292	135
	Pyeongtaek	5		495	295	135
Melon	Iksan	8	Hong Kong, Japan, Taiwan	440	340	170
Sweet potato	Gochang	10	Hong Kong	385	240	245
Oriental melon	Seongju	10	Japan, Hong Kong	450	305	195

Table 2. Series 1 freight containers - Classification, dimensions, and ratings (KS T ISO 668)

Container type (ft)	Freight container designation	Minimum internal size (mm)		
		Length	Width	Height
40	1AAA	11998	2330	2655
	1AA			2350
	1A			2197
	1AX			<2197
30	1BBB	8931	2330	2655
	1BB			2350
	1B			2197
	1BX			<2197
20	1CC	5867	2330	2350
	1C			2197
	1CX			<2197
10	1D	2802	2330	2197
	1DX			<2197

Table 3. Flat pallets for through transit (KS T 1372)

Type	Size (mm)		
	Length	Width	Height
T11	1100 ± 3	1100 ± 3	≤ 150
T12	1200 ± 3	1000 ± 3	≤ 150

수 중 길이와 너비는 골판지 상자 바깥 치수를 결정 조건으로 활용하고 높이는 컨테이너 내부에 골판지 상자를 적재할 수 있는 부피를 차지하게 되므로 국제화물컨테이너의 최소 안쪽 치수(높이)에서 차감하였다. 이러한 이유로 컨테이너 내부의 공간 즉, 국제화물컨테이너의 최소 안쪽 치수(높이)를 고려해야 한다. 일반적으로 저온 유통이 필요한 신선 농산물은 냉장컨테이너 내부의 저온 기류를 순환시키는 방식으로 수출하며, 이때 원활한 저온 기류 순환을 위해 컨테이너 내부의 적재 높이를 제한하는 방식으로 내부 상단에 공간을 남겨둔다¹⁹⁾. GDV에서 발행하는 컨테이너 편람에 따르면 저온 유통 제품의 경우, 내부 상단의 공간(80~200 mm)이 남도록 최대 적재 높이를 제한하고 있다¹⁹⁾. 그러나 이는 GDV의 컨테이너 편람에서 권장하는 내용으로 실제 수출 현장과는 다소 차이가 있는데, 현장에서는 수

송 컨테이너에 판매 제품을 최대한 많이 적재하기 때문이다. 본 연구에서는 내부 상단 공간을 약 100 mm 남겨두는 것을 기준으로 정하고 국제화물컨테이너의 최소 안쪽 치수(높이)에서 차감했다. 추가 보정 가능 범위를 산출할 때는 GDV의 편람에 따라 컨테이너 내부 상단 공간을 80 mm 남겨두는 것을 기준으로 하였다¹⁹⁾. 위 근거들을 기준으로 국제화물(냉장)컨테이너 내부에 적재 가능한 공간을 분석해 정리하였다(Table 4). 이후 Table 4의 적재 가능 공간에 맞추어 골판지 상자의 바깥 높이를 계산하여 Table 5과 같이 치수를 보정하였다. 치수 보정의 기준으로 컨테이너 내부의 상자 적재 가능 높이의 약수를 산출하여 적재 가능 단수를 구하고, 그에 따른 골판지 상자 바깥 높이를 보정하였다. 이후 사전에 수집한 기존 골판지 상자의 바깥 높이와 가장 근사치에 있는 바깥 높이로 보정이 가능한지를 각각 검토하였다.

그리고 기존 골판지 상자의 바깥 치수 길이와 너비는 Table 4의 적재 가능 공간(길이와 너비)에 따라 보정이 가능한지 각각 검토하였다. 국제화물(냉장)컨테이너의 최소 안쪽 치수와 골판지 상자의 바깥 치수 중 높이는 평파렛트의 종류와 적재 패턴과 상관없이 적재 가능 높이 및 단수를

Table 4. Loadable interior dimensions for corrugated fiberboard cartons with flat pallets in a freight container

Type*	Freight container designation**				Loadable interior dimensions for corrugated fiberboard cartons (mm)		
					Length	Width	Height***
T11	1AAA	1BBB	-	-	1100 ± 3	1100 ± 3	2405
	1AA	1BB	1CC	-			2100
	1A	1B	1C	1D			1947
T12	1AAA	1BBB	-	-	1200 ± 3	1000 ± 3	2405
	1AA	1BB	1CC	-			2100
	1A	1B	1C	1D			1947

*The size (length × width × length) of flat pallets is T11 (1100 mm × 1100 mm × ≤ 150 mm) and T12 (1200 mm × 1000 mm × ≤ 150 mm), respectively.

**The freight container designation with an alphabet A, B, C, or D is referred to 40, 30, 20, and 10 ft of the container's length, respectively.

***The height of loadable interior space is the remainder of the minimum interior height of each container after taking both flat pallet's height (150 mm) and room for the air circulation (100 mm) away.

Table 5. Layers and external height of corrugated fiberboard cartons loadable in a freight container

Freight container	Corrugated fiberboard cartons**	
Loadable interior height (mm)*	Loadable layers	External height (mm)
2400	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 24, 25, 30, 32, 40, 48, 50, 60, 75, 80	800, 600, 480, 400, 300, 240, 200, 160, 150, 120, 100, 96, 80, 75, 60, 50, 48, 40, 32, 30
2100	3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15, 20, 21, 25, 28, 30, 35, 42, 50, 60, 70, 75, 84	700, 525, 420, 350, 300, 210, 175, 150, 140, 105, 100, 84, 75, 70, 60, 50, 42, 35, 30, 28, 25
1950	3, 5, 6, 10, 13, 15, 25, 26, 30, 39, 50, 65, 75, 78	650, 390, 325, 195, 150, 130, 78, 75, 65, 50, 39, 30, 26, 25

*Both 2,405 mm and 1,947 mm of loadable interior height are modified to 2,400 mm and 1,950 mm to compute its submultiple, respectively.

**Each loadable layer is the submultiple of the loadable interior height for a stack of corrugated fiberboard cartons in the freight container and each external height is the height of a corrugated fiberboard carton in accordance with each loadable layer.

고려해 보정 후 그 치수를 고정할 수 있다. 골판지 상자의 바깥 치수 중 길이와 너비는 평파렛트의 종류와 적재 패턴에 크게 영향을 받는데, 특히 신선 농산물은 종류에 따라 모양새가 다양하고, 동일한 품목과 품종의 농산물도 부피가 일률적이지 않기 때문에 골판지 상자의 길이와 너비 치수를 고정하기 어렵다. 반면, KS 외부 포장용 골판지 상자(KS T 1061)는 평파렛트의 종류(T11과 T12)에 따른 포장 모듈 치수 일람표를 제공하고 있으며, 구체적으로 평파렛트 종류에 알맞은 골판지 상자의 바깥 길이와 너비, 적재 단수, 적재 효율 등의 자료를 포함하고 있다²⁰⁾.

그러나 해당 포장모듈 치수 일람표를 농산물 골판지 상자에 적용하면 파렛트 오버행(Pallet overhang) 등이 발생할 수 있다. 포장 모듈 치수 일람표는 평파렛트 치수를 기준으로 수치적으로 정확히 떨어지는 골판지 상자 치수를 제안하지만, 수출 현장에서는 농산물의 불규칙한 모양과 부피 때문에 무리한 포장을 시도하는 경우가 많아서 적재 안정성이 저하되는 사례가 빈번하기 때문이다. 이처럼 실제 수출 현장의 적재 작업은 유통 중 골판지 상자의 열화를 발생시키는 요소가 되므로, 수치적으로 정확히 떨어지는 골판지 상자 바깥 치수는 농산물 수출용으로는 적합하지 않다. 오버행 등의 이러한 여러 원인들은 골판지 상자 적재 안정성과 직결되는 안전 요소(safety factor)로 ASTM D4169 규격이나 Fibre Box Association (FBA)에도 중요하게 다루고 있다^{21,22)}. 따라서 수출용 국내 농산물 골판지 상자도 바깥 치수 중 길이와 너비는 파렛트 종류와 적재 패턴을 고려함과 동시에 파렛트 오버행 등이 발생하지 않도록 설계하는 것이 중요하다. 일관수송용 평파렛트 치수(KS T 1372)에 따르면 평파렛트의 길이와 너비의 오차는 파렛트의 종류와 상관없이 ± 3 mm이다¹⁸⁾. 본 연구에서는 파렛트 오버행 등으로 인한 유통 안정성 저하를 고려하여, 오차 -3 mm를 허용한 평파렛트로 기존 골판지 상자의 치수(길이와 너비)를 보정하였다. 즉, 평파렛트 치수 1,200 mm, 1,100 mm, 그리고 1,000 mm를 각각 1,197 mm, 1,097 mm, 그리고 997 mm로 수정하여 기준으로 정하고, 각 골판지 상자의 바

깎 치수(길이와 너비)를 보정하였다(Table 6). 기존 파프리카 골판지 상자의 길이(450 mm와 455 mm)는 T11과 T12의 평파렛트에 모두에 보정이 필요치 않으므로 450 mm로 고정하였다. 너비(300 mm와 320 mm)는 300 mm로 설계하면 상자 4개를 T12 파렛트의 1,200 mm에 적재할 수 있지만, 평파렛트 오차를 고려하면 파렛트 오버행이 우려되므로 320 mm로 고정하였다. 높이(180 mm와 185 mm)는 175 mm로 보정하면 1AA와 1A 컨테이너의 적재 가능 높이에 맞추어 기존보다 1단 추가 적재가 가능하다.

기존 배 골판지 상자의 길이(495 mm와 500 mm)는 500 mm로 설계하면 상자 2개를 T12 파렛트의 1,000 mm에 적재할 수 있지만, 평파렛트 오차를 고려하면 파렛트 오버행이 우려되므로 495 mm로 고정하였다. 너비(292 mm와 295 mm)는 모든 평파렛트에 사용하더라도 보정이 필요하지 않으므로 295 mm로 고정하였다. 높이는 135 mm에서 130 mm로 보정하면 1AAA, 1AA, 1A 컨테이너의 적재 가능 높이에 맞추어 기존보다 1단 추가 적재가 가능하다. 기존 멜론 골판지 상자의 길이와 너비는 모든 평파렛트에 사용하더라도 보정이 필요하지 않으므로 기존 치수를 유지해 고정하였다. 높이는 170 mm에서 160 mm로 보정하면 1AAA, 1AA, 1A 컨테이너의 적재 가능 높이에 맞추어 기존보다 1단 추가 적재가 가능하다. 기존 고구마 골판지 상자의 길이와 너비도 모든 평파렛트에 사용하더라도 보정이 필요하지 않으므로 기존 치수를 유지해 고정하였다. 높이는 245 mm에서 240 mm로 보정하면 1AAA와 1A 컨테이너의 적재 가능 높이에 맞추어 계산하면 1단의 골판지 상자 적재가 추가로 가능하다. 기존 참외 골판지 상자의 길이는 450 mm에서 480 mm로, 너비는 305 mm에서 290 mm로 보정하였다. 참외는 배나 멜론보다 상대적으로 비교적 부피가 작은 제품이므로 치수 보정의 제약이 크지 않아, 기존 참외 골판지 상자의 길이를 450 mm에서 480 mm로, 너비를 305 mm에서 290 mm로 보정하여, 골판지 상자 4개를 T12 파렛트의 1,200 mm 크기에 파렛트 행오버 문제없이 적재할 수 있게 설계했다. 참외 골판지 상자는 다른 품목들

Table 6. The external size of a modified corrugated fiberboard carton for Korean fresh produce in export

Produce	External size of an existing corrugated fiberboard carton (mm)			External size of a modified corrugated fiberboard carton (mm)*		
	Length	Width	Height	Length	Width	Height
Paprika	450	320	185	450 (-5)	320	175 (-5)
	455	300	180			
	455	300	180			
Korean pear	500	292	135	495 (-5)	295 (+3)	130 (-5)
	495	295	135			
Melon	440	340	170	440	340	160 (-10)
Sweet potato	385	240	245	385	240	240 (+5)
Oriental melon	450	305	195	480 (+30)	290 (-15)	195

*The numbers in the brackets are an increase (+) or decrease (-) in external size of a modified corrugated fiberboard carton.

의 상자와 다르게 높이가 아닌 길이와 너비를 보정하여, T12 파렛트에서 각 단에 적재할 수 있는 상자 수가 7개에서 8개로 증가되었다. 높이는 기존의 195 mm를 유지하므로 별도 추가 적재 단수는 고려되지 않았다.

2. 보정된 골판지 상자 치수를 활용한 최적 적재 효율

보정된 바깥 치수의 골판지 상자를 기준으로 Cape Pack 프로그램을 통해 적재 패턴을 검토하고, 분석하였다(Fig. 1). 각각의 골판지 상자를 T11과 T12 파렛트에 적재하였을 때, 각 단에 파프리카 골판지 상자는 각각 6개와 7개를 적재할 수 있다. 적재 패턴은 홀수단과 짝수단을 동일하게 적재하는 블록(Block)적재나 홀수열과 짝수열을 교대하며 적재하

는 교대배열적재 모두 적용 가능하다. 그러나 적재 안정성을 위해 교대배열적재가 권장되며 블록적재보다는 핀휠(Pinwheel)적재가 적합할 것으로 판단된다. 배 골판지 상자도 두 파렛트에 각각 6개와 7개를 적재할 수 있다. 그러나 T11 파렛트에는 핀휠적재가 가능하지만 T12 파렛트에는 교대배열이 불가능하여 블록적재만 적용 가능하므로 주의가 필요하다. 멜론 골판지 상자는 두 파렛트 모두에 6개를 적재할 수 있다. 그러나 T11 파렛트에는 핀휠적재가 가능하지만 T12 파렛트에는 교대배열이 불가능하여 블록적재만 적용 가능하므로 주의가 필요하다.

고구마 골판지 상자는 두 파렛트에 각각 10개와 13개를 적재할 수 있다. 적재 패턴은 두 파렛트 모두 스플릿(Split)

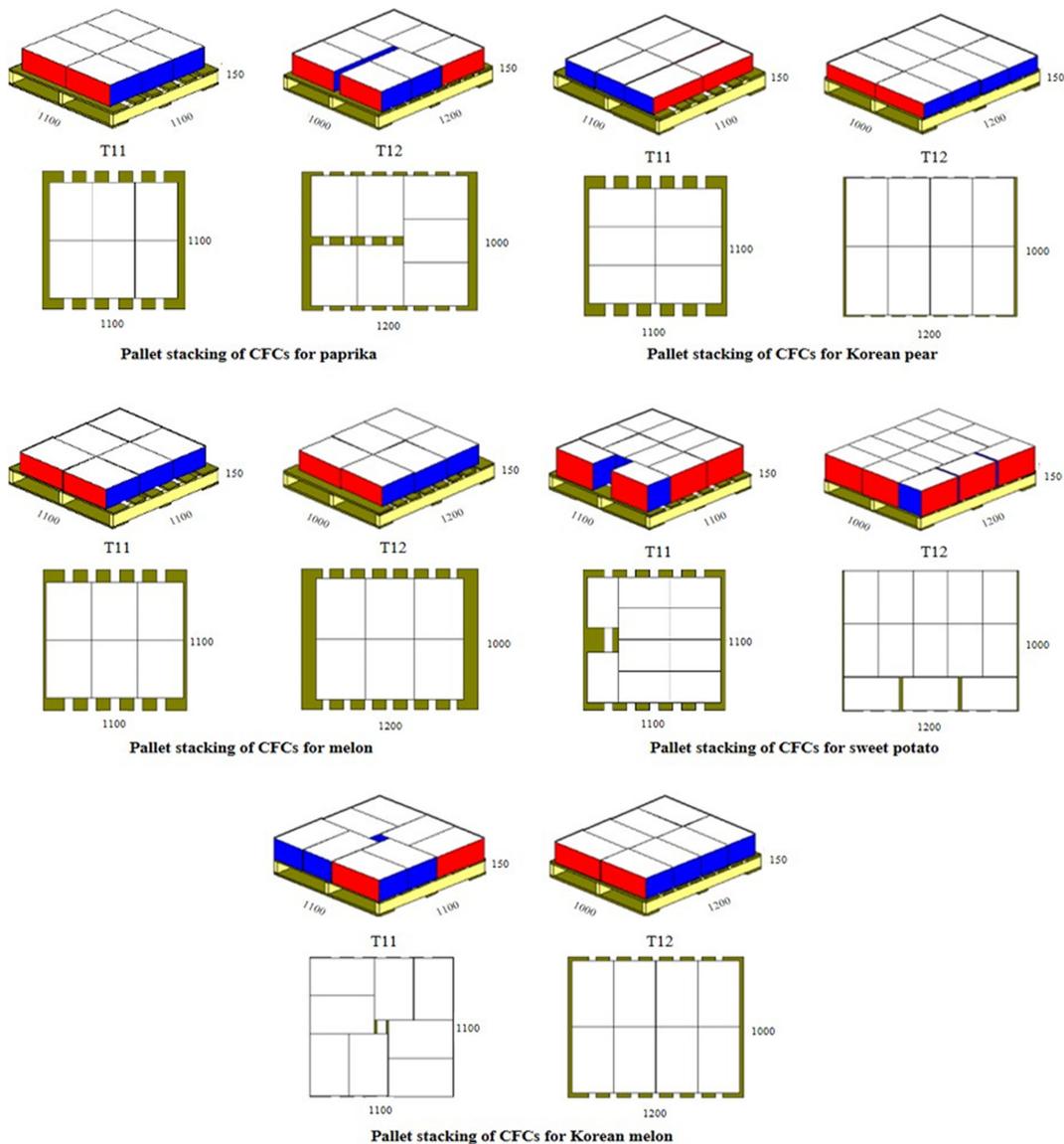


Fig. 1. The pallet stacking patterns of corrugated fiberboard cartons provided from Cape Pack program for Korean fresh produce in export (T11, T12: names of flat pallets, CFCs: corrugated fiberboard cartons, unit: mm)

Table 7. The additional modifiable external size of a corrugated fiberboard carton for Korean produce in export

Produce	Additional modifiable external size of a corrugated fiberboard carton (mm)		
	Length	Width	Height
Paprika*	+93.5	+40.0	+1.5
Korean pear	+3.5	+4.2	+1.2
Melon	+58.5	+25.6	+1.4
Sweet potato	+0.0	+0.0	+2.0
Oriental melon	+18.5	+9.2	+1.6

*The sum of both length and width of a corrugated fiberboard carton for paprika must be under 107 mm.

적재가 적합할 것으로 판단된다. 참외 골판지 상자는 두 파렛트 모두에 8개를 적재할 수 있다. 그러나 T11에는 편철 적재가 가능하지만 T12 파렛트에는 교대배열이 불가능하여 블록적재만 적용 가능하므로 주의가 필요하다.

Cape Pack 프로그램을 통해 검토한 적재 패턴을 기준으로 추가 보정 가능한 바깥 치수를 산출한 결과는 Table 7과 같다. 농산물은 품목에 따라 부피가 다양하고 모양이 일률적이지 않기 때문에, 수출용 골판지 상자는 내용물 적입 시험 등을 통해 추가 보정이 필요하다. 따라서 Table 6의 보정 골판지 상자 바깥 치수에서 어느 정도의 추가 보정이 가능한지 구체적으로 산출되어야만 한다. 추가 보정 가능한 바깥 치수의 길이와 너비는 두 파렛트 모두에 적용 가능하며 현재의 적재 패턴을 유지한다는 가정하여 치수를 산출하였다(Table 7). 추가 보정 가능한 바깥 치수의 높이는 GDV의 규정에 따라 컨테이너 내부의 적재 높이 제한 공간 80 mm를 기준으로 산출하였다. 최초의 바깥 치수 보정을 위한 기준으로 GDV의 규정에 따라 컨테이너 내부의 적재 높이 제한 공간 100 mm를 기준으로 산출하였으나, 해당 규정은 적재 높이 제한 공간을 80~200 mm로 제안하고 있으므로 추가 보정을 위해서는 80 mm를 기준으로 정하였다. 이에 추가 보정 가능한 높이 치수의 여유 공간이 20 mm 추가되었음을 가정하였을 때, 각 골판지 상자의 추가 보정 가능한 바깥 치수는 다음과 같다. 파프리카 골판지 상자의 바깥 치수 중 길이와 너비의 합이 107 mm 미만이라면, 길이는 93.5 mm, 너비는 40.0 mm까지 보정하여도 현재의 적재패턴으로 두 파렛트에 파렛트 오버행 우려없이 적재 가능하다. 파프리카 골판지 상자는 1AAA 컨테이너에 13단 적재가 가장 많은 적재 단수이므로, 여유 공간 20 mm를 넘지 않는 추가 보정 가능한 높이는 1.5 mm이다. 배 골판지 상자의 추가 보정 가능한 길이와 너비는 각각 3.5 mm와 4.2 mm이다. 배 골판지 상자는 1AAA 컨테이너에 18단 적재가 가장 많은 적재 단수이므로, 추가 보정 가능한 높이는 1.2 mm이다. 멜론 골판지 상자의 추가 보정 가능한 길이와 너비는 각각 58.5 mm와 25.6 mm이다. 멜론 골판지 상자는 1AAA 컨테이너에 15단 적재가 가장 많은 적재 단수이므로, 추가 보정 가능한 높이는 1.4 mm이다. 고구마 골

판지 상자는 기존 길이와 너비 치수를 유지하였고, 현재 적재 패턴에서 추가 보정을 하면 파렛트 오버행이 발생하기 때문에 추가 보정이 불가능하였다. 반면 높이 치수는 추가 보정이 가능한데, 고구마 골판지 상자는 1AAA 컨테이너에 10단 적재가 가장 많은 적재 단수이므로, 추가 보정 가능한 높이는 2.0 mm이다. 참외 골판지 상자의 추가 보정 가능한 길이와 너비는 각각 18.5 mm와 9.2 mm이다. 참외 골판지 상자는 1AAA 컨테이너에 12단 적재가 가장 많은 적재 단수이므로, 추가 보정 가능한 높이는 1.6 mm이다. 최적화 과정에서 얻은 분석 결과들을 기준으로 골판지 상자의 바깥 치수 최적화에 따른 파렛트 당 골판지 상자 최대 적재량 및 보정 전후의 증가율을 분석하였다(Table 8).

파프리카 골판지 상자는 파렛트 T11에 상자 6개, T12에 상자 7개가 1AAA, 1AA, 그리고 1A 컨테이너에 각각 13단, 12단, 그리고 11단으로 적재 가능하다. 보정 전후의 파렛트 당 적재량 증가율은 각각 0.0%, 8.3%, 그리고 9.1%이고, 파렛트 T11과 T12의 적재 효율은 각각 75.9% 그리고 81.4%이었다. 배 골판지 상자는 파렛트 T11로 상자 6개, T12로 8개가 1AAA, 1AA, 그리고 1A 컨테이너에 각각 18단, 16단, 그리고 15단으로 적재 가능하다. 보정 전후의 파렛트 당 적재량 증가율은 각각 5.6%, 6.3%, 그리고 6.7%이고, 파렛트 T11과 T12의 적재 효율은 각각 77.7% 그리고 95.2%이었다. 멜론 골판지 상자는 파렛트 T11와 T12 모두 상자 6개가 1AAA, 1AA, 그리고 1A 컨테이너에 각각 15단, 13단, 그리고 12단으로 적재 가능하다. 보정 전후의 파렛트 당 적재량 증가율은 각각 6.7%, 7.7%, 그리고 8.3%이고, 파렛트 T11과 T12의 적재 효율은 각각 78.9% 그리고 72.4%이었다. 고구마 골판지 상자는 파렛트 T11로 상자 10개, T12로 13개가 1AAA, 1AA, 그리고 1A 컨테이너에 각각 10단, 8단, 그리고 8단으로 적재 가능하다. 보정 전후의 파렛트 당 적재량 증가율은 각각 10.0%, 0.0%, 그리고 12.5%이고, 파렛트 T11과 T12의 적재 효율은 각각 81.2% 그리고 97.0%이었다. 참외 골판지 상자는 파렛트 T11로 상자 8개, T12로 8개가 1AAA, 1AA, 그리고 1A 컨테이너에 각각 12단, 10단, 그리고 10단으로 적재 가능하다. 참외 골판지의 경우는 바깥 치수 중

Table 8. The maximum number of modified corrugated fiberboard cartons in a stack per pallet and its rate of increase in accordance with its external size optimization for Korean produce in export

Produce	Container designation*	Maximum number of modified corrugated fiberboard cartons in a stack per pallet and its rate of increase**					
		T11			T12		
		Original carton	Modified carton	Difference (%)	Original carton	Modified carton	Difference (%)
Paprika	1AAA	78	78	0.0	91	91	0.0
	1AA	66	72	8.3	77	84	8.3
	1A	60	66	9.1	70	77	10.0
Korean pear	1AAA	102	108	5.6	136	144	5.6
	1AA	90	96	6.3	120	128	6.2
	1A	84	90	6.7	112	120	6.7
Melon	1AAA	84	90	6.7	84	90	6.7
	1AA	72	78	7.7	72	78	7.7
	1A	66	72	8.3	66	72	8.3
Sweet potato	1AAA	90	100	10.0	117	130	10.0
	1AA	80	80	0.0	104	104	0.0
	1A	70	80	12.5	91	104	12.5
Oriental melon	1AAA	96	96	0.0	84	96	12.5
	1AA	80	80	0.0	70	80	12.5
	1A	80	80	0.0	70	80	12.5

*1AAA, 1AA, and 1A are the designation of a 40 ft freight container with 2,655 mm, 2,350 mm, and 2,197 mm of minimum internal height, respectively.

**T11 and T12 are the types of flat pallets with a size (length × width) of 1,100 mm × 1,100 mm and 1,200 mm × 1,000 mm, respectively.

길이와 너비 보정만으로 적재량을 증가시킨 사례이기 때문에 파렛트 T12에서만 보정 전후의 파렛트 당 적재량이 증가하였고, 증가율은 전부 12.5%이며 파렛트 T11과 T12의 적재 효율은 각각 97.8% 그리고 89.9%이었다. 이로써 바깥 치수 최적화 정립을 통하여 모든 수출용 농산물 골판지 상자는 치수의 산출 근거를 제시할 수 있게 되었고, 안전성이 고려된 치수이므로 유통 현장에서 골판지 상자로 인해 발생하는 이슈에 대해 적절한 대응이 가능하게 되었다고 판단한다. 더불어 이와 함께 수출 적재량이 증가하여 상품 경쟁력 향상에 도움이 될 것으로 예상된다.

결론

본 연구의 목적은 시중의 수출용 농산물 골판지 상자를 수집하고 분석하여 바깥 치수를 최적화하는 것이다. 최적화를 위하여 각각의 목적에 따라 구분되어 있는 표준규격 등을 활용하여 기존 골판지 상자의 바깥 치수를 보정하는 기준으로 활용하였다. 이후 AritiosCAD와 Cape Pack 프로그램을 통해 보정한 골판지 상자의 바깥 치수를 최적화하였다. 수출용 농산물 골판지 상자의 바깥 치수를 결정하는 가이드라인을 제시하여, 국내외 시장에 유통되는 기존 골판지 상자에 대하여 충분히 경쟁력 있고 상품성 부여에 기여하는 유용한 설계 자료로 활용될 것이라 판단된다. 더불어 본

연구가 농산물 품질관리원의 포장재 지원사업과 같이 기존 규격을 근거로 시행되는 정부 정책에 도움이 되는 방향으로 나아가기 위해서는 파렛트 오버행 등의 유통 문제를 최소화하면서도 평면 적재 효율을 90% 이상으로 높이는 등의 노력이 필요하다. 또한 농산물 골판지 상자는 품종과 품목에 따라 다양한 치수와 강도가 요구되는데, 국내보다 수출용 제품이 수송 거리와 환경 여건이 더욱 까다롭기 때문에 품질관리에 많은 어려움이 발생한다. 이에 향후 연구는 수출용 농산물 골판지 상자의 바깥 치수 가이드라인과 더불어 유통 안정성을 높이기 위해 골판지 상자에 요구되는 기계적 강도와 품질 등을 보다 간단하고 정확하게 현장에서 검토할 수 있는 골판지 상자 품질 평가 시험 및 가이드라인을 제시하고자 한다.

감사의 글

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: RS-2023-00231209)의 지원에 의해 이루어진 것임

참고문헌

- Jung, H.M. and S.I. Kim. 2015. Random Vibration Characteristics of Fruits in Packaging System for Parcel Delivery Service. J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech. 21(2):

- 67-71.
1. 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>.
 3. 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. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 27(2): 91-100.
 4. 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. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 11(1): 11-16.
 5. Jo, J.Y., et al. 2006. Effect of Relative Humidity and Box Structure on Box Compression Strength. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 12(2): 103-108.
 6. 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. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 11(2): 91-96.
 7. Kim, S.I., J.K. Kim. and I.S. Park. 2002. Load Efficiency of Corrugatedboard Boxes for Agricultural Products on Trucks. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.*8(2): 1-5.
 8. Meng, X. 2018. Does agricultural commodity price co-move with oil price in the time-frequency space? Evidence from the Republic of Korea. *International J. of Energy Economics & Policy.* 8(4): 125.
 9. Kim, P.J., et al. 2014. Effects on the consumer buying behavior of an agricultural brand in South Korea. *The J. of Industrial Distribution & Business.* 5(2): 21-28.
 10. Ailawadi, K.L., S.A. Neslin, and K. Gedenk. 2001. Pursuing the value-conscious consumer: store brands versus national brand promotions. *J. of marketing.* 65(1): 71-89.
 11. Baltas, G and P.C. Argouslidis. 2007. Consumer characteristics and demand for store brands. *International J. of Retail & Distribution Management.*
 12. Park, H.W., et al. 2001. Corrugated paperboard box laminated functional MA film for freshness extension of tomato. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 7(2): 1-5.
 13. Choi, S.J. and J.M. Shin. 2006. The Analysis of Cushioning Properties of Corrugated Cushion. *J. Korea Soc. Packag. Sci. & Tech.* 12(1): 35-40.
 14. Grzelak, M. 2019. Support for optimization of palletization and loading with use of cape pack software. *Systemy Logistyczne Wojsk.* 50(1).
 15. Lin, J., et al. 2015. Research of Optimization Design for Transport Packaging Based on Cape Pack. *Applied Mechanics and Materials.* 731: 327-330.
 16. Varžinskas, V., et al. 2020. Eco-design methods and tools: An overview and applicability to packaging. *Environmental Research, Engineering and Management.* 76(4): 32-45.
 17. KS T ISO 668. 2020. Series 1 freight containers – Classification, dimensions, and ratings, Korean Standards.
 18. KS T 1372. 2019. Flat pallets for through transit, Korean Standards.
 19. Strauch, W. 2005. Container Handbook, Cargo loss prevention information from German marine insurers.
 20. KS T 1061. 2019. Corrugated fiberboard shipping containers, Korean Standards.
 21. ASTM D4169. 2014. Standard practice for performance testing of shipping containers and systems, American Society for Testing Materials.
 22. Twede, D., et al. 2014. Cartons, crates and corrugated board: handbook of paper and wood packaging technology. DEStech Publications, Inc., USA, pp. 478-482.

투고: 2024.04.25 / 심사완료: 2024.05.20 / 게재확정: 2024.06.03