

팔레트 적재효율을 고려한 농산물 포장상자 통합규격에 관한 연구

A Study on Unified Packing Standard for Agricultural Products Based on Pallet Stacking Efficiency

서 교* · 이 정 재** · 서 병 루***

Kyo Suh · Jeong-Jae Lee · Byong-Yoon Suh

Abstract

Despite the variety in sizes and shapes of agricultural products, the unified standardization of packing has been a long time necessity. In this study the stacking efficiency of packing standards for each box using packing Monte Carlo simulation based on the standard pallet is evaluated. As a result of simulation the unified packing standard for agricultural products is suggested by 550×366 mm. With this study it is expected that the unification of the standards can help to increase the utilization of reusable packages and to improve efficiency of agricultural logistics.

Keywords : Unified standard, Stacking efficiency, Monte Carlo simulation, Standard pallet, Reusable packing

I. 서 론

농산물은 공산품과 달리 생산관리 및 생산물의 균일화가 곤란하여 표준화가 어려운 특성을 가지고 있다. 이는 동일한 종류와 품목 간에도 재배기술, 토양 및 기상조건, 출하시기 등에 따라 크기와 형태가 달라지고 출하량이 영세하여 생산자간의 균일

화가 곤란하며, 등급규격 사이에 가격편차 등으로 인하여 구체적으로 통일된 기준 마련이 어렵기 때문이다.

국내의 농산물 포장표준화는 1996년 농산물 유통시설 물류표준화 실태조사 이후 꾸준히 진행되어 왔으며 1999년 이후 품목별 물류 표준화 모델을 개발하여 보급해오고 있다. 2002년에 발표된 국립농산물품질관리원 고시 제2002-2호에 따르면 142개 품목에 대하여 689개 포장규격을 제시하고 있다. 그러나 품목별 포장규격의 경우 18가지의 과실류에 대해 200가지의 포장규격을 제시하는 등 동일한 품목에 대해서도 다양한 포장규격을 제시하고 있어 하역작업의 기계화나 ULS(Unit Load

* 서울대학교 대학원
** 서울대학교 농공학과
*** 한국팔레트폴(주)
* Corresponding author. Tel.: +82-880-4592
Fax: +82-876-4592
E-mail address: skyo@skypond.snu.ac.kr

System)에 대한 고려가 미흡하고 재활용이 가능한 상자를 만들어 사용하기가 곤란하다.

또한 정부 보조금에 의해 상품성과 브랜드 향상을 위한 포장에 주를 이루면서 골판지 상자에 의한 포장이 중심이 되고 있으며, 이러한 골판지 상자는 1회용이기 때문에 소비자의 구매 이후에는 재활용이 불가능하며 환경문제가 되는 쓰레기 발생량을 증가시키게 된다. 따라서 통합표준을 통하여 재활용이 가능한 플라스틱 상자의 사용을 확대함으로써 고비용의 골판지 상자의 사용을 억제하여 포장폐기물의 양을 감소시키고 장기적으로 포장상자 제작 비용을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 특히 재활용이 가능한 플라스틱 상자의 경우 팔레트 운송적재효율을 고려하여 결정되기 때문에 향후 물류효율 극대화를 통해 유통비용 절감에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하여 6가지 농산물을 대상으로 국립농산물품질관리원에서 개정된 농산물 표준 포장규격과 재활용이 가능한 플라스틱 포장상자 규격간의 팔레트 단위 적재효율을 비교평가 함으로서, 여러 품목의 농산물에 통합적으로 사용할 수 있는 포장상자 규격을 제안하고, 이를 이용한 재활용 플라스틱 상자의 보급 증대를 도모하고자 하였다. 특히 본 연구에서는 농산물의 특징인 동일한 종류와 품종 간에도 크기가 달라지는 점을 고려하기 위하여 품목별로 조사된 크기분포에서 추정된 표본을 팔레트 단위 적재효율 평가에 이용하였다.

II. 기존의 연구현황

농산물 표준규격화란 농산물을 전국적으로 통일된 기준, 즉 표준규격에 맞도록 품질, 크기, 쓰임새에 따라 등급을 부여하여 분류하고 규격포장재에 담아 출하함으로써 내용물과 표시사항이 일치되도록 하는 것(국립농산물품질관리원)으로 크게 농산물의 특성에 기초하여 상품을 선별, 등급화하여 일

정 포장단위로 출하하는 등급표준화와 표준거래단위를 기초로 한 포장규격화로 구분할 수 있다. 현재까지 등급규격화는 크기, 중량, 길이나 색택, 선도, 결점정도 등을 통하여 품목별로 특, 상, 중, 하로 구분하고 있다. 포장규격은 등급규격의 철저한 준수를 선결과제로 해야 한다고 볼 수 있다.

박형우(1989) 등은 유통의 현대화를 통한 문제점의 해결방안으로 규격포장화가 선행되어야 한다고 하였다. 박 등은 이 연구에서 국내의 과실을 제외한 농산물의 포장률이 저조한 이유를 농수산물의 단위상자 당 가격이 공산품에 비해 현저히 싸기 때문이며 국내 유통중인 골판지 상자의 65%가 이중양면골판지 상자로 유통되기 때문이라고 하였다. 이 연구에서는 국내 골판지 상자 총 생산액은 4,500억원이며 그 중 65%인 2,925억원이 이중양면골판지 생산액에 해당되며 이중양면골판지를 양면골판지로 대체할 경우 405억원의 자원절약효과가 있음을 보였다.

이규정(1996)은 배추 포장화사업에 대한 분석을 통하여 농산물 포장화사업에 대한 경제분석과 추진방안에 대해 연구한 바가 있으며 도매시장 등에서 발생하는 쓰레기처리비용의 절감과 신선 농산물의 공급을 위해 냉장탑차를 통한 운송시스템의 도입 등을 제안하면서 신문지 포장, 그물망, 골판지 상자, 플라스틱 상자에 대해 포장재별 가격비교를 통하여 재활용이 가능한 플라스틱 상자의 이용을 통한 유통비용과 포장비용 절감을 경제성의 관점에서 분석하였으며 이 연구에서 플라스틱 상자규격으로 550×366×350~400 mm를 제안한 바 있다.

이기우(2000) 등은 복숭아의 유통개선을 위한 단계별 등급화 체계 연구에서 복숭아 포장상자 거래단위를 소비자를 위한 1~2 kg의 소포장과 도매단계에서 거래 및 운반이 편리하도록 하기 위한 외포장을 합성한 포장용기를 제안한 바 있으며 이러한 용기로 투명재질의 플라스틱이 바람직하다고 하였다.

기존의 농산물 포장과 관련된 연구는 주로 포장

재의 강도개선이나 품질유지 등을 목적으로 한 연구가 주를 이루고 있으며 포장규격에 대한 연구는 거의 수행된 바 없다.

Ⅲ. 기존 규격분석을 통한 통합표준규격 제안과 적용대상 품목 선정

1. 재활용 포장상자 사용을 위한 농산물 통합포장규격 제안

가. 골판지 상자의 농산물 표준규격

농산물품질관리법 제4조 및 동법시행규칙 제3조의 규정에 의하여 사과, 수박, 딸기, 시금치, 무, 배추의 농산물표준규격의 상자의 길이와 너비는 Table 1과 같으며 적재효율은 단면에 대해서만 평

Table 1 Standard of each species

| Packing standard (mm) | | Species and transaction unit |
|-----------------------|-------|---|
| Length | Width | |
| 275 | 275 | Watermelon (8~12 kg) |
| 300 | 250 | Watermelon (8~12 kg) |
| 314 | 235 | Apple (5 kg) |
| 350 | 350 | Watermelon (8~12 kg) |
| 366 | 244 | Strawberry (1 kg, 1.5 kg, 2 kg) |
| 366 | 275 | Apple (3 kg), Watermelon (5~6 kg, 8~12 kg) |
| 412 | 275 | Spinach (4 kg), Chinese cabbage (4 kg) |
| 412 | 343 | Spinach (10 kg) |
| 440 | 330 | Apple (15 kg) |
| 450 | 305 | Watermelon (12~18 kg) |
| 488 | 305 | Strawberry (4 kg) |
| 510 | 360 | Apple (10 kg, 15 kg) |
| 550 | 275 | Watermelon (10~22 kg) |
| 550 | 366 | Apple (5 kg), Strawberry (8 kg), Radish (8~12 kg), Spinach (10 kg), Chinese cabbage (3~4 heads) |

가하므로 높이는 제외하였다. 또한 비교대상을 골판지 상자로 한정하였으므로 PP대, PE대, 그물망의 규격은 제외하였다.

나. 재활용이 가능한 상자의 표준규격

정부에서 제시하고 있는 재활용가능 포장상자(플라스틱, 목재, 금속재)의 표준규격은 Table 2와 같이 품목별로 따로 지정되어 있지는 않으며 품목에 따라 크기를 선택하여 사용하도록 하고 있다.

Table 2 Packing standard of each material

| Standard number | Packing material | Packing standard (mm) | |
|------------------|------------------|-----------------------|---------------|
| | | Length×Width | Height |
| 9011, 9012, 9013 | Plastic | 550 × 366 | 350, 180, 230 |
| 9014 | Plastic | 660 × 440 | 245 |
| 9015 | Wood, Metal | 1100 × 1100 | 200 |
| 9016 | Plastic | 560 × 510 | 230 |

골판지 상자의 경우 품목별로 다양한 규격을 제시하고 있으나 플라스틱 상자의 경우 품목에 관계없이 550×366 mm, 560×510 mm, 660×440 mm에 다른 높이의 규격과 팔레트 단위의 목재나 금속재 상자를 제시하고 있다.

다. 농산물 표준 팔레트 기반의 물류시스템을 고려한 통합포장규격 제안

통합규격의 제안을 위한 전제조건으로 산지에서 예냉, 선별, 운송에 이르는 일관된 팔레트기반의 상하차 작업을 통한 기계화와 ULS를 전제로 하였다. 따라서, 현재 농산물 유통에 표준규격으로 사용되는 팔레트 크기인 1100×1100 mm 기본 조건으로 90% 이상의 적재율을 만족하는 규격으로 제한하였다. 이 경우 대표적으로 4분할, 6분할, 8분할이 있으나 추가적으로 세부 분할이 가능하다. 본 연구에서는 정부의 플라스틱 상자 표준규격인 550×366 mm, 560×510 mm, 660×440 mm에 대

해서 기존의 품목별 표준규격과 팔레트 단위 적재 효율을 비교하여 가장 효율이 높은 규격을 통합표준규격으로 제안하고자 하였다.

2. 적용대상 품목의 선정과 크기분포 분석

가. 적용대상품목의 선정

농산물은 종류가 곡류, 과실류, 과채류, 엽채류, 서류, 특작류, 버섯류, 화훼류, 임산물로 그 종류가 매우 다양하며 각 종류별로 품목도 매우 다양하다. 또한 품목에 따른 품종도 여러 가지가 존재한다. 이러한 농산물에서 대표 품목을 선정하기는 매우 어렵지만 농산물 종류에 따른 대표적 유통 품목으로 농산물 유통 특성을 반영할 수 있는 품목으로 선정하고자 하였다.

이런 점들을 고려하여 과실류, 과채류, 엽채류에서 대표적인 품목 6가지를 선정하였다. 곡류는 운송단위나 처리과정이 다르고 저장성이나 운송 중 품질저하가 매우 적어 농산물 통합포장표준결정 품목에서 제외하였으며 임산물, 화훼류, 특작류, 버섯류 등 특화된 종류도 상품화나 유통상의 차이점을 고려하여 이번 연구의 품목선정에서 제외하였다.

따라서 본 연구에서는 팔레트 단위 적재효율 평가를 위하여 과실류인 사과, 과채류인 딸기, 수박, 엽채류인 배추, 무, 시금치를 대상 품목으로 선정하였다. 물론 전반적인 농산물에 통합적으로 사용하기 위한 재활용 포장상자의 규격을 제안하기 위해서는 모든 품목을 다 고려할 필요가 있겠지만 과실류, 과채류, 엽채류의 6품목에 대한 적재효율 평가를 통해서 여러 품목에 대한 통합포장규격의 적용 가능성에 대한 평가는 가능할 것으로 판단하였다.

나. 선정된 품목에 대한 품목별 크기 분포

농산물의 크기는 공산품과 같이 일정한 포장을 가지는 일정한 크기로 나타나지 않기 때문에 한 품목별로 정규분포의 조건을 만족시키기 위해서 30개가 넘는 sample을 추출하여 크기에 대한 품목별

분포를 결정하고 이러한 분포를 갖는 확률변수로 표본 값을 추정하는 방법을 사용하였다. 기존의 농산물의 등급구분은 주로 무게에 따라 이루어지고 있기 때문에 이러한 조사를 통해 품목별로 크기 분포의 구성이 필요하였다.

1) 품목별 적재형태

품목별 농산물의 크기는 대형할인마트와 물류센터에서 6~7월 중에 유통되는 상품 중에서 품목별로 35개 이상을 표본 추출하여 분포를 구성하였다. 품목별 형태에 따라 적재형태가 달라지는 점을 고

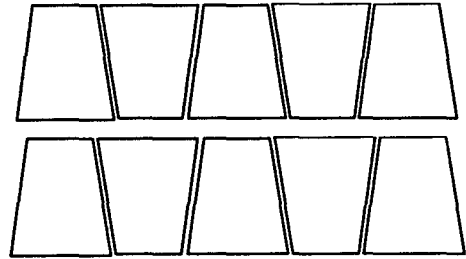


Fig. 1 Stacking type of chinese cabbage, spinach, radish (Type 1)

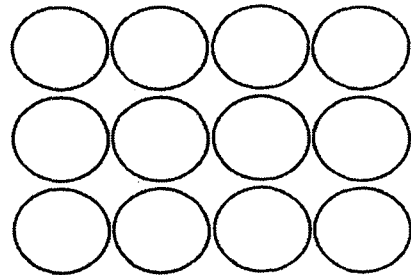


Fig. 2 Stacking type of apple, watermelon (Type 2)

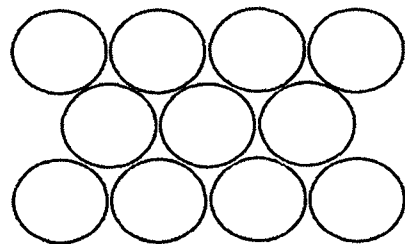


Fig. 3 Stacking type of apple (Type 3)

Table 3 Distribution of sample size and weight

| Species | | Chinese cabbage | Spinach | Radish | | Apple | Watermelon |
|------------------------|------------------------------|-----------------|---------|--------|-----------------|--------|------------|
| Type | | 1 | 1 | 1 | | 2, 3 | 2, 3 |
| Mean (mm) | W ₁ ¹⁾ | 160.57 | 125.71 | 114.86 | R ³⁾ | 88.06 | 229.71 |
| | W ₂ | 181.71 | 166.57 | 80.00 | H ⁴⁾ | 80.69 | 285.00 |
| | L ²⁾ | 280.57 | 196.86 | 326.29 | | | |
| Std. deviation (mm) | W ₁ | 16.078 | 11.891 | 10.396 | R | 3.749 | 14.448 |
| | W ₂ | 26.842 | 13.382 | 8.044 | H | 4.310 | 20.544 |
| | L | 20.996 | 23.920 | 27.980 | | | |
| Skewness | W ₁ | -0.639 | 0.363 | -0.293 | R | 0.077 | 0.239 |
| | W ₂ | 1.055 | -0.318 | 0.000 | H | 0.462 | -0.664 |
| | L | 0.304 | 0.341 | -0.166 | | | |
| Kurtosis | W ₁ | 0.801 | -0.286 | -0.413 | R | -0.701 | 0.532 |
| | W ₂ | 0.971 | 0.845 | 0.572 | H | -0.433 | -0.348 |
| | L | 0.260 | -1.005 | -0.146 | | | |
| Weight (g) | | 3,247 | 387 | 710 | | 267 | 8,483 |

¹⁾ W denotes weight, ²⁾ L denotes length, ³⁾ R denotes radius, ⁴⁾ H denotes height.

⁵⁾ Weight is the average weight of each species.

려하여 적재시 차지하는 형태별 넓이를 결정하였으며 대상 품목을 크게 3가지 형태로 나타내었다. 단순화된 3가지 적재형태는 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3과 같다.

2) 품목별 크기 분포와 평균 중량

6가지 품목에 대해 농협물류센터(수원, 양재)에 유통되는 상품의 크기를 35개 이상씩 크기와 무게를 측정하였으며, 측정된 상품의 크기를 SPSS를 사용하여 분포를 분석하였다. 얻어진 품목별 크기의 범위는 Table 3과 같고, 품목별 중량은 품목별 표본의 중량을 평균하여 계산하였다.

딸기의 경우 169 × 124 × 120 mm ± 5% 규격의 소포장 이용이 보편화 되어 있으므로 보편적인 플라스틱 소포장(1 kg) 크기를 기준으로 하는 경우 550 × 366 mm 크기에 8개씩 적재가 가능하므로 골판지 표준규격과의 적재효율 비교항목에서 제외하였다.

IV. 포장규격별 팔레트 단위 적재효율 평가 방법

기존에 재활용이 가능한 플라스틱 상자에서와 같이 상자의 높이는 품목에 따라 달리할 수 있으므로 평면의 적재효율만으로 평가 하였다. 적재효율을 비교하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)을 적용하여 선정된 품목에 대해 기존의 표준규격에 대한 적재효율과 통합포장규격에 대한 적재효율을 비교하여 분석하였다. 본 연구에서 적재효율 비교분석을 위해 사용한 몬테카를로 시뮬레이션은 하나 혹은 여러 개의 특정한 확률분포를 근거로 하여 무작위 변수를 산출해내는 방법으로 특정 확률분포로부터 임의의 숫자를 산출하는 표본추출과정을 통하여 특정사건이 발생할 확률들의 근사치를 구하는데 주로 이용된다. 본 연구에서는 품목별 표본을 확률변수로 하여 주어진 분포에서 표본을 추정하는데 몬테카를로 시뮬레이션을 사

용하였으며 적재실험을 반복하여 각각의 포장규격에 대한 적재효율을 평가하였다.

1. Monte Carlo Simulation을 이용한 2차원 평면구역내의 적재효율 평가

확률변수인 품목별 농산물 크기에 대해 포장상자 단면의 최대 적재율을 산정하기 위해서 일정한 경계를 갖는 구역 내에서 표본이 차지하는 면적을 통해 적재되는 표본 수를 결정할 수 있는 기법을 이용하였으며, 이 때 골판지 표준규격과 재활용이 가능한 포장상자 규격의 단면적이 추정된 표본을 적재하는 구역이 된다. 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 95% 신뢰구간에서의 품목별 표본을 적재유형별로 적재시 추정된 표본에 대해 포장규격 단면적 즉 구역을 기준으로 차지하는 표본의 개수를 산정하고, 산정된 상자 당 적재개수와 표준 팔레트에 적재되

는 상자수를 통해 팔레트 단위 적재개수와 효율을 결정하였다.

시뮬레이션 과정에서 상자 단위의 적재 표본 수의 총 중량이 20 kg을 넘지 않도록 하였다. 한 상자에 적재되는 총 표본 수에 평균 중량을 곱하여 총 중량을 산정하였으며, 상자단위 총 중량은 유통과정에서의 상자단위 작업효율을 고려한 것으로 최근 농협중앙회 등에서 일관팔레트화를 진행한 자료를 살펴본 결과 94년 5월 비료 포대 중량을 25 kg에서 20 kg으로 변경하였는데 이는 운송과정에서 작업효율 때문인 것으로 나타났다. 특히, 농촌지역의 노령화로 인해 포장단위의 경량화에 대한 요구가 높아진 것으로 농산물 운송과정도 이러한 전반적인 문제를 고려해야 하므로 상자단위의 총 중량이 20 kg을 넘지 않도록 하였다.

2. 표본재현을 위한 분포함수

확률변수는 발생할 수 있는 개별 시험결과에 대해 지정하는 함수를 말하며 발생된 수치를 확률변수의 값으로 하고 이 값은 중복되어 발생할 수 있다. 이러한 확률변수의 각 값을 여러 확률변수에 대해 값이 발생할 확률을 표현한 것이 확률분포이다.

본 연구에서는 품목별로 35개의 표본을 조사하여 구성된 정규분포를 임의로 재현하기 위해서 Java API에서 제공하는 정규분포함수(Gaussian 분포)를 이용하였다. 이 함수는 임의로 선정된 값에 발생하는 편차를 제공하여 합한 것을 최소로 하기 위한 값을 선정하는 최소자승법(least square method)을 이용하여 변수를 추정하였다.

3. 표준 팔레트 적재방법

포장상자를 팔레트에 적재하는 방법에는 Fig. 5와 같이 크게 4가지 기본 형태가 포함된다. 물론 상자간의 결합을 통한 연결 적재형태인 inter-locking pattern도 적재의 견고함 측면에서 유리하

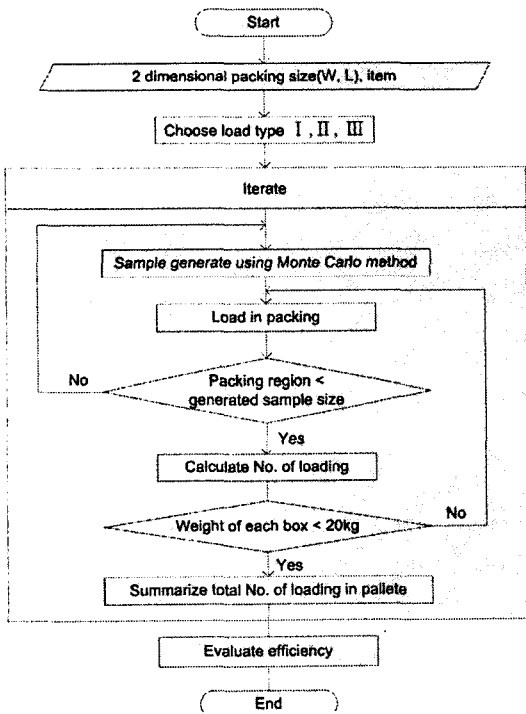
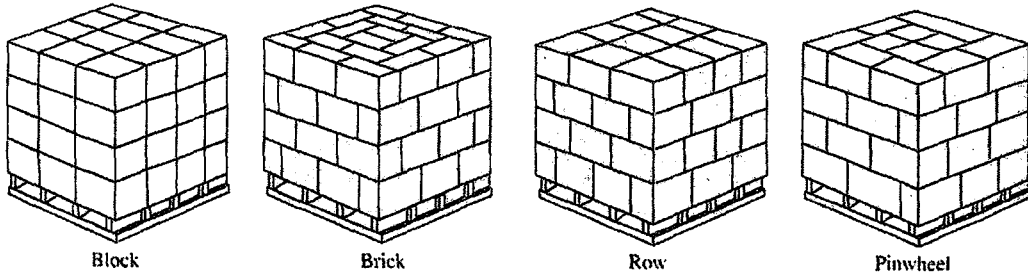


Fig. 4 Evaluation flow of stacking efficiency using Monte Carlo Simulation



Source: Adapted from palletization guides of the National Wooden Pallet & Container Association, Arlington, VA.

Fig. 5 Basic pallet master carton stacking patterns

기 때문에 많이 사용되지만 농산물 상자 적재 시에는 사용되지 않으므로 적재형태에서 제외시켰다.

상자의 크기가 다양할 경우 적재하는 방안도 최적화해야 하지만 본 연구에서는 동일한 크기의 상자로 적재가 이루어지는 경우 각각의 상자규격에 대한 팔레트 단위 적재효율을 비교하게 되므로 이러한 상자적재 최적화는 별도로 수행하지 않았다. 또한 농산물 표준규격을 사용하기 때문에 상자크기의 범위가 제한적이므로 적재는 Block(Row)이나 Pinwheel 형태로 이루어지며 팔레트 단위로 적재되는 상자의 개수는 상자와 팔레트의 면적비를 통해서 산정할 수 있었으며, 각각의 적재형태별로 세부상자적재시험으로 결과를 검증하였다.

4. 표준 팔레트 기반의 적재효율 산정

포장상자별로 산정된 상품적재 개수와 팔레트에 적재되는 포장상자 수를 통해 표준 팔레트 당 상품적재개수와 적재효율을 산정하여 비교하였다. 즉, 단위 팔레트에 대한 적재량을 최대화 하는 포장규격을 결정하는 최적화문제와 관련되며 표시하면 다음과 같다.

$$\text{Maximize } m \times n \times k$$

$$W = mx + a, L = ny + b,$$

$$1100 \times 1100 = k \times (W \times L) + c$$

subject to:

$$m, n, k \in I (0 \leq I)$$

$$275 < W < 660, 235 < L < 440$$

$$0 < x < W, 0 < y < L$$

$$0 \leq a < 1, 0 \leq b < 1, 0 \leq c < (W \times L)$$

$$m \times n \times w_a \leq 20 \text{ kg}$$

여기서, m은 상자 너비방향 적재개수, n은 상자 길이방향 적재개수를 나타내며, k는 포장상자 규격에 따른 표준 팔레트에 대한 적재개수를 나타내므로 최종적으로는 m, n, k를 곱한 값으로 포장상자의 적재효율을 결정한다. m, n, k는 항상 정수(I) 값을 갖게 되며, W은 포장상자의 너비, L은 포장상자의 길이, x는 상품의 너비, y는 상품의 길이를 각각 나타낸다. a, b는 m, n개의 적재 후 남는 너비와 길이이고 c는 포장상자를 팔레트에 k개 적재 후 남는 면적이며, w_a는 품목별 평균 중량을 나타낸다.

V. 포장규격별 팔레트 단위 적재효율 평가 결과 및 고찰

딸기를 제외한 5가지 품목에 대하여 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하여 적재효율을 분석한 결과, 평가대상인 5가지 품목 중에서 시금치를 제외하고는 550 × 366 mm이 전체적으로 가장 높은 팔레트 단위 적재효율을 갖는 것으로 평가되었으며

표준 팔레트에 대한 상자의 적재효율도 99% 이상으로 매우 높게 나타났다. Table 4, Table 5, Table 6, Table 7, Table 8은 각각의 평가결과를 표로 나타낸 것이다. 표에서 강조한 부분은 팔레트 당 적재개수이며 그림은 적재효율을 비교한 것으로 550×366 mm은 bar의 색깔을 달리 표시하였다.

시금치의 경우 660×440 mm이 팔레트 당 적재효율이 가장 높은 결과를 나타내었지만, 기존의 골판지 상자의 다른 크기보다는 550×366 mm의 적재효율이 우수한 것으로 나타났다. 시금치의 경우 단층적재시라도 일부분이 포개어지는 형태로 적재

되며 어떤 크기로 단을 묶는가에 따라 크기가 크게 달라지는 점을 고려한다면 실질적인 상자의 적재효율을 비교하기 위해 좀더 정확한 분석과 적재구성이 필요할 것으로 생각되었다. 실제 2004년 2월 현지조사를 통한 설문결과에 따르면 시금치의 경우에는 박스의 폭과 길이는 특별히 문제가 되지 않으며 유통과정 중에 발생하는 열을 방지할 수 있도록 2단 적재보다는 약간의 여유를 갖는 1단 적재가 좋을 것이라는 응답이었다. 현지에서는 분석결과에서처럼 플라스틱 상자로는 20단이 적재되는 650×430×250 mm을 사용하고 골판지는 15 kg

Table 4 Evaluated results of chinese cabbage

| Box size (mm) | Stacking No. per box | Stacking No. per pallet | Stacking efficiency per box (%) | Stacking efficiency per pallet (%) | Pallet efficiency (%) |
|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 550×366 | 2.71 | 16.25 | 63.49 | 63.38 | 99.82 |
| 660×440 | 4.00 | 15.98 | 65.69 | 63.06 | 96.00 |
| 560×510 | 2.94 | 11.74 | 49.65 | 46.88 | 94.41 |
| 412×275 | 1.06 | 10.64 | 44.45 | 41.62 | 93.64 |

Table 5 Evaluated results of radish

| Box size (mm) | Stacking No. per box | Stacking No. per pallet | Stacking efficiency per box (%) | Stacking efficiency per pallet (%) | Pallet efficiency (%) |
|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 550×366 | 4.44 | 26.64 | 68.43 | 68.30 | 99.82 |
| 660×440 | 6.10 | 24.42 | 65.57 | 62.94 | 96.00 |
| 560×510 | 5.03 | 20.13 | 54.52 | 51.48 | 94.41 |

Table 6 Evaluated results of apple

| Box size (mm) | Stacking No. per box | Stacking No. per pallet | Stacking efficiency per box (%) | Stacking efficiency per pallet (%) | Pallet efficiency (%) |
|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 550×366 | 24.00 | 143.98 | 67.34 | 67.21 | 99.82 |
| 366×275 | 11.99 | 143.85 | 67.20 | 67.08 | 99.82 |
| 660×440 | 34.69 | 138.77 | 67.50 | 64.80 | 96.00 |
| 510×360 | 21.87 | 131.20 | 67.67 | 61.61 | 91.04 |
| 560×510 | 31.47 | 125.88 | 62.22 | 58.74 | 94.41 |
| 314×235 | 6.01 | 96.24 | 46.38 | 45.26 | 97.57 |
| 440×330 | 15.11 | 90.64 | 58.81 | 42.35 | 72.00 |

Table 7 Evaluated results of watermelon

| Box size (mm) | Stacking No. per box | Stacking No. per pallet | Stacking efficiency per box (%) | Stacking efficiency per pallet (%) | Pallet efficiency (%) |
|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 366×275 | 1.00 | 12.00 | 54.15 | 54.06 | 99.82 |
| 550×366 | 2.00 | 12.00 | 53.66 | 53.56 | 99.82 |
| 660×440 | 2.44 | 9.76 | 45.12 | 43.32 | 96.00 |
| 450×305 | 1.17 | 9.38 | 45.61 | 41.39 | 90.74 |
| 550×275 | 1.13 | 9.02 | 44.02 | 44.02 | 100.00 |
| 350×350 | 1.00 | 9.00 | 44.48 | 40.53 | 91.12 |
| 300×250 | 0.54 | 8.62 | 49.89 | 49.48 | 99.17 |
| 560×510 | 2.07 | 8.27 | 42.43 | 40.06 | 94.41 |
| 275×275 | 0.17 | 2.73 | 23.45 | 23.45 | 100.00 |

Table 8 Evaluated results of spinage

| Box size (mm) | Stacking No. per box | Stacking No. per pallet | Stacking efficiency per box (%) | Stacking efficiency per pallet (%) | Pallet efficiency (%) |
|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 660×440 | 6.75 | 26.98 | 66.41 | 63.76 | 96.00 |
| 560×510 | 6.08 | 24.32 | 60.76 | 57.37 | 94.41 |
| 550×366 | 4.01 | 24.05 | 57.29 | 57.19 | 99.82 |
| 412×343 | 2.57 | 20.60 | 58.29 | 54.46 | 93.43 |
| 412×275 | 2.04 | 20.38 | 49.98 | 46.80 | 93.64 |

단위의 30단 적재용인 550 × 366 × 320 mm을 주로 사용하는 것으로 나타났다. 종합적으로 결과를 분석해 보면 550 × 366 mm기반의 포장상자로 대부분의 농산물 품목에서 기존 포장의 표준규격을 대체하는데 문제가 없을 것으로 판단되며 세부적으로 추가적인 조사 등을 통한 소비자의 구매선호도에 따른 2분할이나 4분할의 소포장을 구성할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 수박의 경우 가장 효율이 높게 나타난 366 × 275 mm는 550 × 366 mm의 2분할 크기로 향후 소비자 구매성향에 따른 소포장 규격으로 적극 활용이 가능할 것으로 판단된다.

VI. 결 론

본 연구에서는 기존의 품목별로 진행되던 표준포

장규격 연구로 인해 재활용 포장상자의 사용에 발생하는 한계를 극복하기 위해 표준팔레트를 이용한 농산물 물류시스템을 기반으로 다양한 품목에 통합적으로 적용이 가능한 통합포장규격을 제안하고자 하였다. 포장상자의 규격은 국내 농산물 유통에 사용되는 표준팔레트를 기준으로 정부에서 제시하는 플라스틱 상자의 규격을 통합표준규격으로 사용할 경우 기존의 품목별 표준규격과 팔레트 단위 적재 효율 측면에서 기존의 다양한 골판지 상자규격에 대한 대체 가능성을 살펴보았다. 적재효율의 비교를 위해서 과실류, 과채류, 엽채류에 대한 6품목을 선정하여 적재효율을 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 비교하였으며 550 × 366 mm이 비교된 포장규격 가운데 시금치를 제외하고는 전체적으로 가장 높은 적재효율을 나타내었다. 단, 포장상자의 높

이는 품목별로 상품의 높이에 따라 결정할 수 있고 실제정부 고시 표준규격에서도 높이를 달리하는 점을 고려하여 적재효율비교를 평균크기로 한정하였다. 본 연구는 6~7월의 상품에 대한 규격을 사용하였고 종류별로 품목이 많이 한정된 한계가 존재하므로 다양한 품목과 시기에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

재활용이 가능한 플라스틱 포장상자의 사용을 증대시키기 위해서는 다양한 품목에 적용이 가능한 통합포장규격 이외에도 1회 포장이후 세척 등을 통해 항상 새로운 포장처럼 깨끗하게 유지하는 것과 골판지 상자에 뒤지지 않는 상품성을 갖도록 고급화 하는 등의 노력이 병행되어야 하며 사용된 상자의 회수를 위해 기존의 음료상자에서 시행하는 것처럼 상자 보증금제 등으로 포장의 회수효율도 증대시켜야 할 것이다. 이러한 플라스틱 상자의 활용 증대는 단기적으로는 고비용의 골판지 상자의 사용 억제와 포장상자 재활용으로 연간 4,500억원 이상의 골판지상자 제작에 필요한 포장비용에 대한 절감효과를 기대할 수 있으며 장기적으로는 쓰레기발생 등의 억제로 환경문제 해결에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 한국팔레트폴(주)의 지원에 의한 “농산물 물류개선을 위한 포장규격 통합 표준화 및 적재방안에 관한 연구”와 농림기술관리센터의 연구지원과제(203103-03-2)로 수행된 결과의 일부임.

References

1. Kim, K., 1999, Promotions and Successful cases for Packaging Standardization, Journal of the Korean Society of Packaging Science and Technology, 47-53. (in Korean)
2. Krzysztof Fleszar, Khalil S. Hindi, 2002, New heuristics for one-dimensional bin-packing, Computer & Operations Research 29, 821-839
3. Lee, G. W., J. H. Park, and H. C. Lee, 2000, A Study on the New Peach Graching System in Stages for Efficient Marketing, Journal of the Korean Society of Postharvest Science and Technology 7(4) : 349-356. (in Korean)
4. Lee, K. J., 1996, Changes in Marketing Environment and Improvement of Agricultural Marketing System ; An Economic Analysis of Agricultural Packaging, Korean Food Marketing Association 13(1) : 311-326. (in Korean)
5. M.A. Stijnman, R.H. Bisseling, G.T. Barkema, 2000, Partitioning 3D space for parallel many-particle simulations, Computer Physics Communications 149, pp 121-134
6. Park, H. W., Y. S. Ha, and S. I. Kim, 1989, Development of Corrugated Paperboard Box for Agricultural and Fishery Products, Journal of the Korean Society of Food Science and Technology 21(2) : 238-241. (in Korean)
7. Reinaldo Morabito, Silvia Regina Morales, Joao Alexandre Widmer, 2000, Loading optimization of palletized products on trucks, Transporation Research Part E 36, pp.285-296