

# 딸기의 저온유통용 골판지 포장상자 개발

## Development of a Carton box for Cold-chain Distribution of Strawberry

이원옥*	윤홍선*	정 훈*	조광환*	홍윤표**	김만수***
정회원	정회원	정회원	정회원		정회원
W.O.Lee	H.S.Yun	H.Chung	K.H.Cho	Y.P.Hong	M.S.Kim

### 1. 서론

원예작물은 수확후 여러 가지 요인에 의해 품질이 저하되어 상품성을 잃게되는데, 특히 딸기는 수확후에도 호흡을 많이하는 작물중의 하나로 수확 후 품온을 빨리 낮추지 않을 경우 품질변화가 심하여 수확 후 품질관리가 어렵다. 따라서 수확후 빨리 품온을 낮추고 유통과정도 저온유통시스템을 활용하는 것이 매우 중요하다. 저온유통시스템을 효과적으로 활용하기 위해서는 냉기의 순환이 원활하여 냉각효율이 좋고 파손의 위험과 물류비용을 줄일 수 있는 포장상자의 구조에 대한 연구가 필요하다.

딸기는 대부분 수확후 선별 포장되어 골판지 상자와 스티로폼 상자로 출하되고 있다. 이 중에서 스티로폼 상자에 출하 할 경우 통풍성이 고려되지 않아 예냉, 저온저장 등에는 부적합하여 입고 후 박스내 산물의 온도가 급속히 높아져 쉽게 상품성을 잃게된다. 또한 골판지 상자의 경우 포장규격이 다양하여 표준팔레트 적재율이 낮고 예냉시 냉기의 손실이 많으며, 통기공의 형태가 다양하여 예냉 및 저온유통 시스템의 적응성이 낮다. 따라서 예냉의 효율 및 저온유통시스템의 적응성이 높은 저온유통용 골판지상자의 개선이 필요하다. 본 연구에서는 딸기의 예냉 및 저온유통 시스템에 적합한 포장상자의 구조를 개선하고자 통기공 형태, 개공율, 박스형태에 따른 예냉효과 시험을 실시하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 골판지포장상자 제작

시험에 사용한 포장상자는 기존에 사용되고 있는 SC240, B120, K180, KA180의 원지를 조합하여 SW와 DW의 골판지를 제작 상자형태를 04형(접는형)으로 6kg용과 8kg용의 외포장상자와 1kg용과 2kg용의 내포장상자를 제작하였다. 상자크기는 표준팔레트에 적재율이 92%이상 되도록 하였다. 통기공 형태는 장원형과 원형 두가지형태로 제작하고, 개공율은 외포장상자의 경우 통기성 및 압축강도를 고려 5%전후로 하고, 내포장상자는 냉기의 유통성을 측정하기 위하여 5%, 10.5%로 제작하여 시험하였다. 포장상자의 규격 및 구조는 표1 및 그림1과 같다.

---

\* 농업기계화연구소 농산가공기계과

\*\* 원예연구소 품질보전과

\*\*\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

표 1. 포장상자 규격

구 분		6kg 골판지상자	8kg 골판지상자	기존상자 (8kg 스티로폼)
크 기	외포장	540×360×90mm	540×360×125mm	550×440×150mm
	내포장	170×160×90mm(1kg)	250×170×125mm(2kg)	
개공율	외포장	5.0 %	5.4 %	3%
	내포장	5 %, 10.5 %	5 %	
통기공 형 태 및 크 기	외포장	장원형 (6개, 15×30mm), 원 형 (9개, Ø15mm)	장원형 (4개, 20×50mm)	직사각형 (3개, 10×30mm)
	내포장	장원형 (2개, 15×30mm), 원 형 (6개, Ø15mm)	장원형 (2개, 20×50mm)	

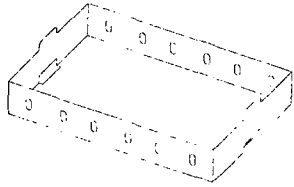
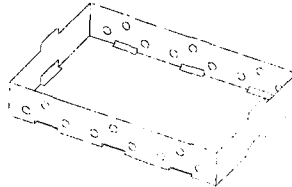
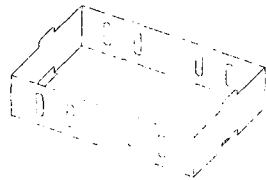
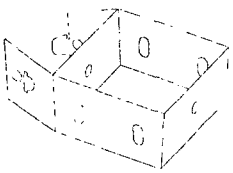
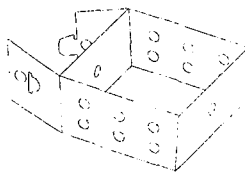

	6kg 골판지상자		8kg 골판지상자
외포장	 개공율 5%(원형)	 개공율 5%(원형)	 개공율 5.4%(장원형)
내포장	 개공율 5%(장원형)	 개공율 5%(원형)	 개공율 5.4%(장원형)

그림 1. 포장상자 구조

나. 수직압축강도 시험

저온 고습조건에서도 안전하게 농산물을 보호할 수 있는 골판지상자의 수직압축강도를 확보하기 위하여 공시골판지 상자에 대하여 상대습도 45%, 95%에서 24시간 전처리하여 인장압축시험기(DYM-101, 2000kgf용)를 이용하고 시험방법은 KS A1012에 의거 수직 압축강도 시험을 실시하고, 포장상자의 안전압축강도를 표2와 같이 계산하여 비교하였다.

표 2. 딸기포장상자의 안전압축강도

구 분	무게	4.5ton 트럭적재			창고적재	이 론 압축강도	안 전 압축강도
		1단 적재 상 자 수	1단 적재시 총 무 게	허용적재 단 수	허용적재 단 수		
딸 기	6kg	48개	288kg	15단	22	420	480
	8kg	48개	384kg	11단	16	400	460

※ - 4.5ton 트럭적재함 크기: 2,280×4,400mm

- 창고적재단수는 보통사람이 손으로 상자를 적재할 때 허용높이 2m

$$P = \frac{X}{(1-a)(1-b)(1-c)(1-d)(1-e)(1-f)}$$

P = 골판지상자의 이론계산압축강도 X : 최하단의 골판지상자가 받는 하중

a : 저장기간에 의한 저하율(10일간 35%)

b : 저장장소의 상대습도에 의한 저하율(습도 95%일 때 25%)

c : 골판지상자 제조시 저하율 (10%) d : 적재방법에 의한 저하율(장상적재시 15%)

e : 진동에 의한 저하율 (10%) f : 하역 및 충격에 의한 저하율(10%)

※ 안전압축강도 : 농산물 자체특성 및 기타 외부환경 영향에 의한 저하율을 감안 15%상향조정  
다. 예냉시험

예냉기는 농업기계화연구소에서 개발한 터널식 차압예냉기를 사용하여 각 포장상자별로 냉기 유입층, 산물 중앙층, 냉기 유출층에 위치한 딸기의 중심부에 T형 열전대를 삽입하고 품온을 측정하여 포장상자별로 냉각속도 및 냉각균일도를 조사하였다. 개선된 상자의 예냉효과 비교를 위하여 대비구로는 기존 스티로폼상자를 사용하였다. 시험에 사용된 딸기의 품종은 여봉이며, 논산시 부적면에 있는 농가에서 수확된 것을 농가현장에서 포장, 예냉 하였다.

#### 라. 품질변화 시험

예냉이 완료된 딸기를 5℃ 온도로 저장하면서 경도와 색도변화를 측정하였다. 경도는 과피를 제거하지 않은 상태로 물성분석기(TA-HD)로 과육부분을 5mm plunger tip으로 눌러 관입저항을 측정하였고, 색도는 색차색차계(CR- 200, Minolta)를 이용하여 과일의 측면부분의 a값을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 수직압축강도

수직압축강도에서는 기존 유통되고 있는 EB골에 비하여 B골 상자에서 45% 감소하였지만 속포장 상자를 사용할 경우 30%정도 향상되었고, 또한 상대습도 95%에서의 골판

지 상자의 수직압축강도는 상온상태의 골판지 상자보다 30~40%정도 수직압축강도의 감소를 보였으나, B골 상자를 사용하고 속포장을 사용할 경우에는 안전압축강도 480kg 보다 높은 523.5kg의 수직압축강도를 나타냈다(그림2). 또한 상자규격에 따른 수직압축 강도에서는 6kg 상자에 비하여 8kg 상자에서 32%감소하여 8kg상자는 B골 포장상자를 사용할 경우 고습조건에서 부적당한 것으로 나타나 EB골로 하는 것이 좋을 것으로 판단 되었다.(그림3).

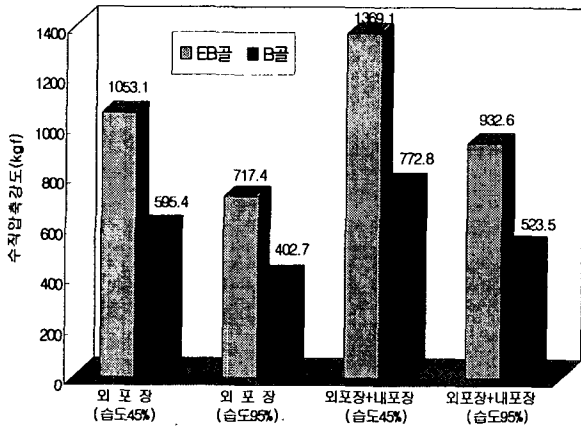


그림 2. 골종류에 따른 압축강도

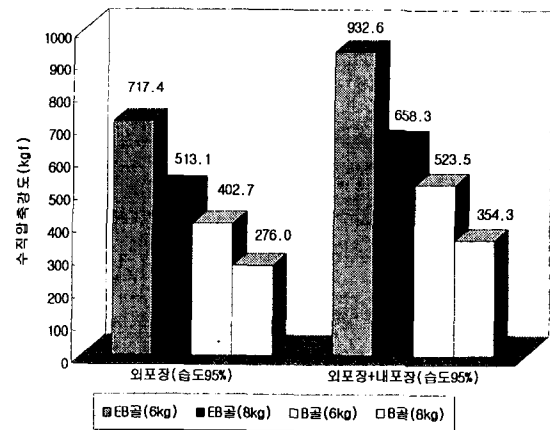
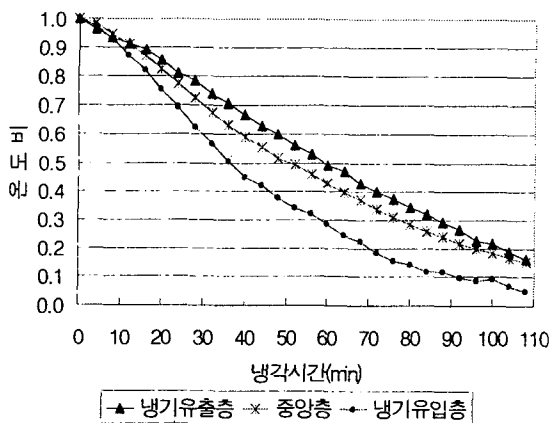


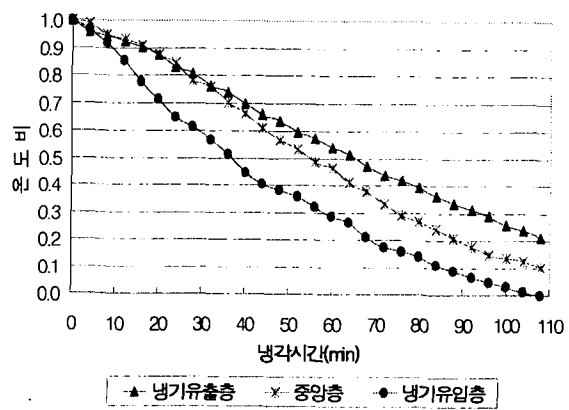
그림 3. 상자높이에 따른 압축강도

나. 냉각속도 및 냉각균일도

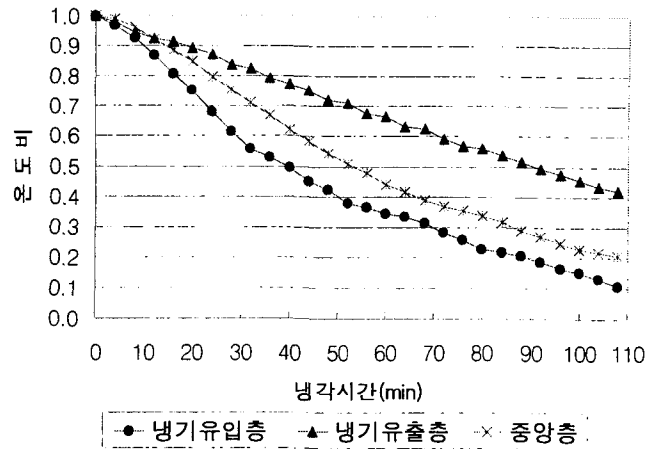
냉각소요시간은 6kg 골판지상자는 냉각속도가 10.2℃/hr이었고, 8kg 골판지상자는 8.8℃/hr, 8kg 스티로폼상자에서는 6.3℃/hr로 나타나 개선골판지상자가 스티로폼 상자에 비하여 냉각소요시간을 30~40% 단축할 수 있었으며, 냉기유입측과 유출측의 품온편차를 줄여 균일한 냉각이 가능하였다.(그림4).



㉠ 6kg 골판지 상자



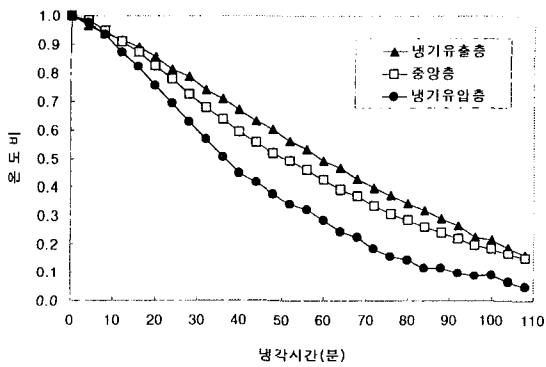
㉡ 8kg 골판지 상자



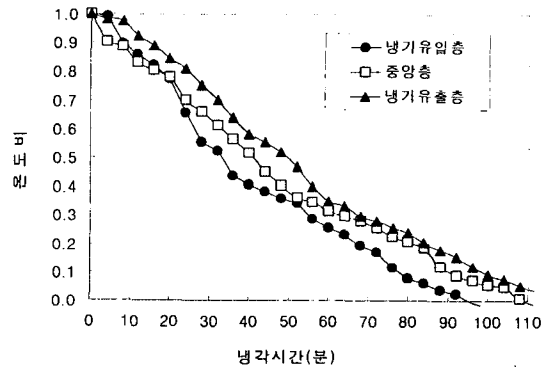
㉔ 8kg 스티로폼 상자

그림 4. 포장상자별 냉각속도

내포장상자의 개공율에 따른 냉각속도는 그림 5에서와 같이 내포장상자 개공율이 5% 일때에 비하여 10.5%일 때가 냉각소요시간이 짧고 품온분포가 균일하였다. 이 또한 내포장상자 개공율 증대로 포장상자로 유입되는 냉각공기의 흐름이 원활해졌기 때문으로 생각된다. 또한 외포장상자는 상자강도상의 문제로 개공율을 무작정 증가시킬 수 없지만, 내포장상자는 상자강도에 큰 영향을 미치지 않으므로 내포장상자의 개공율증대는 냉각속도 및 냉각 균일도 향상에 유효한 방법으로 생각되었다.



㉑ 개공율 5%



㉒ 개공율 10.5%

그림 5. 내포장상자의 개공율별 냉각속도

또한 내포장상자의 통기공 형태의 적합성을 알아보기 위하여 내포장상자의 통기공형태를 장원형과 원형으로 제작하여 저장시험한 결과 내포장상자의 통기공을 장원형으로 할 경우 딸기가 통기공에 끼여 상자당 2~3개의 손상과가 발생하였고, 원형 통기공에서는 이러한 현상이 발생하지 않았다

#### 다. 품질변화

딸기의 경도는 그림7에서 보는바와 같이 6kg, 8kg 개선골판지상자에서 보다 스티로폼 상자에서 훨씬 빨리 감소되어 8일째부터는 표피의 부패가 시작되었다. 과피색도에서도 그림6에서와 같이 스티로폼 상자에서는 저장 4일 후부터 급격히 과피색이 변색되어 6일째부터는 검붉은색이 나타나 외관 신선도가 떨어진 반면, 6kg, 8kg 골판지상자에서는 과피변색이 적고 12일째까지도 신선도를 유지할 수 있는 것으로 나타나 개선골판지 상자는 기존 스티로폼상자에 비하여 품질유지기간이 4~5일정도 연장되는 것으로 나타나 개선된 골판지상자가 저온유통에 유리한 것으로 판단되었다.

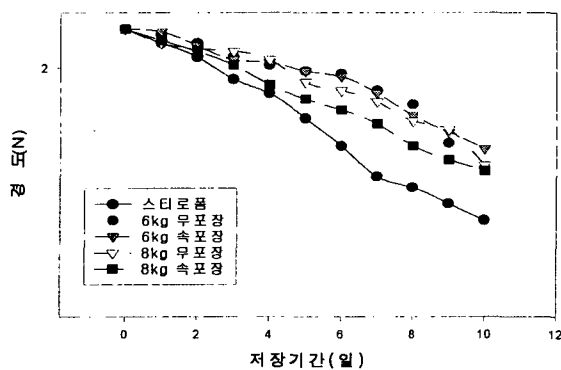


그림 7. 저장기간에 따른 경도변화

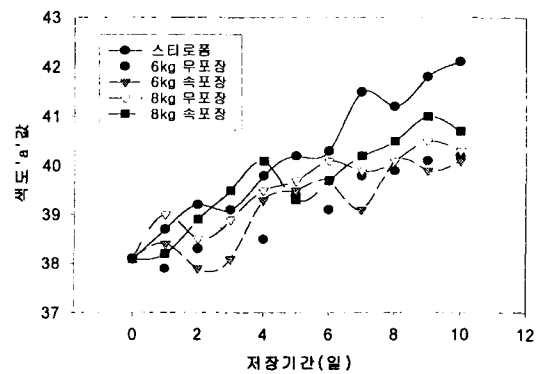


그림 8. 저장기간에 따른 색도변화

#### 4. 요약 및 결론

딸기 포장상자를 예냉·저온유통에 적합한 구조로 개선하기 위하여 6kg, 8kg용 골판지 상자를 T11형 표준 팔레트에 적재율이 90%이상 되게 제작하여 고습조건에서도 안전하게 딸기를 보호할 수 있는 상자구조를 찾기 위한 수직압축강도시험과 냉각성능 및 예냉후 저온저장 중 품질변화에 대한 시험을 실시하였다.

1. 시험결과 6kg상자에서는 내포장상자를 사용할 경우 B골 골판지만으로도 고습조건에서 안전압축강도를 유지할 수 있었으며, 8kg상자에서는 EB골 골판지를 사용해야만이 안전압축강도를 유지할 수 있는 것으로 나타났다.
2. 냉각속도를 단축하고 균일한 냉각을 위해서는 외포장상자의 개공율을 4~5%, 내포장상자의 개공율을 10%이상으로 하고, 통기공 형태는  $\varnothing 20\text{mm}$  이하의 원형 통기공으로 하는 것이 예냉속도 및 예냉균일도의 향상과 딸기의 손상방지에 유리한 것으로 나타났고, 기존 스티로폼 상자를 사용할 때 보다 유통기간을 4~5일정도 연장시킬 수 있는 것으로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. 공업진흥청(1995)한국산업규격(시험용지의 전처리 KS M 7012)
2. 공업진흥청(1995)한국산업규격(종이 및 판지의 수분시험방법 KS M 7023)
3. 공업진흥청(1992)한국산업규격(종이 및 판지의 발수도 시험방법 KS M 7057)
4. 공업진흥청(1995)한국산업규격(포장화물 및 용기의 압축시험방법 KS A 1012)
5. 박형우 외. 1989. 농수산물 유통용 포장상자개선. 한국식품과학회지 제21권 제2호
6. 오영순. 1998. 압축하중과 습도변화가 골판지 강도에 미치는 영향 P42~43
7. 윤홍선 외2명. 1995. 상자포장청과물의 송풍저항 특성. 한국농업기계학회지 20(4) 351~359
8. 윤홍선 외1명. 1997. 차압통풍 예냉청과물의 냉각특성. 한국농산물저장유통학회지 4(3) 237~243
9. 한국산업디자인진흥원. 1997. 포장표준화 해설집. P19~33
10. 한국포장기술연구소(1996) 포장기술용어사전
11. Maltenfort G.G. 1980 Compression load distribution on corrugated boxes. paper packaging 65(9). 71~72
12. 大場伸三郎 外. 1978. 段ホール箱の壓縮強度に 及ぼす接着の影響. 包装技術 16(6)