

저온유통용 토마토 골판지 포장상자 개발에 관한 연구

Study on Development of a Carton box for Cold-chain Distribution of Tomato

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

1. 서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum mill*)는 남미, 페루, 에쿠아도르가 원산으로 우리나라에 들어온 것은 확실하지 않지만 고사에 수록된 것으로 보면 1614년 이전이라고 하였으며 용도에 따라 생식용과 가공용으로 구분되고 당과 유기산 뿐만 아니라 비타민 A와 B가 풍부하고 Ca함량이 높은 알칼리성 식품으로 국내의 주요한 과채류 중의 하나이다.

청과물은 수확후 여러 가지 요인에 의해 품질이 저하되어 상품성을 잃게 되는데, 특히 토마토는 수확후에도 호흡을 많이 하는 작물중의 하나로 숙성속도가 빨라 대부분이 녹색과(mature-green)를 수확하여 유통하고 있다. 따라서 수확후 빨리 품온을 낮추고 유통과정도 저온유통시스템을 활용한다면 당도가 높은 완숙기(Completely ripe)에 수확하여 신선한 고품질의 토마토를 공급할 수 있을 것으로 판단되며, 저온유통시스템을 효과적으로 활용하기 위해서는 냉기의 순환이 원활하여 냉각효율이 좋고 파손의 위험과 물류비용을 줄일 수 있는 포장상자의 구조에 대한 연구가 필요하다.

토마토는 대부분 수확 후 선별되어 홈판형 골판지 상자에 포장되어 출하되고 있다. 홈판형 골판지상자에 포장되어 출하 할 경우 통풍성이 고려되지 않아 예냉, 저온저장 등에는 부적합하여 포장 후 박스내 산물의 온도가 급속히 높아져 쉽게 상품성을 잃게 된다. 홈판형상자에 통기공을 뚫어 저온유통용 상자로 사용할 경우 습도가 높은 저온저장고에 장기저장시 흡습에 의하여 상자가 파손되어 토마토에 물리적 상처를 입히게 된다. 따라서 예냉의 효율 및 저온유통시스템의 적응성이 높은 저온유통용 골판지상자의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 토마토의 예냉 및 저온유통 시스템에 적합한 골판지 포장상자를 개발하고자 통기공 형태, 개공율, 박스형태에 따른 압축강도를 측정하고, 예냉효과 시험을 실시하여 냉각속도, 냉각잔일도, 예냉후의 저장일수에 따른 품질변화를 검토하였다.

* 농업기계화연구소 농산가공기계과

** 원예연구소 품질보전과

*** 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

2. 재료 및 방법

가. 골판지포장상자 제작

시험에 사용한 포장상자는 기존에 사용되고 있는 SC240, B120, K180, KA180의 원지를 조합하여 DW의 골판지를 이용하여 상자형태를 02형(흡판형), 04형(접는형)으로 하였다. 02형은 통기공이 없는것과 통기성과 압축강도를 고려하여 개공율 5.2%의 통기공을 뚫은것을 제작하였고, 04형은 개공율 5.2%의 통기공을 뚫어 장측면을 2겹으로 한 것과 단측면을 2겹으로 한 것을 제작하여 수직압축강도를 비교시험 하였다. 또한 상자크기는 교차쌓기방법으로 하여 표준팔레트에 적재율이 92%이상 되도록 10kg용 상자를 제작하였다. 통기공 형태는 장원형으로 하고 교차쌓기를 하여도 공기가 서로 통할 수 있도록 4면에 통기공을 제작하였다. 포장상자의 규격 및 구조는 표1 및 그림1과 같다.

표 1. 포장상자 규격

구 분	흡판형 상자	개선 흡판형 상자	접는형 상자(장측면)	접는형 상자(단측면)
크 기	440×330×180mm (10kg용)			
개공율	무개공	5.2%	5.2%	5.2%
개공 형태 및 크기	-	장측면 : 장원형(3개, 25×70mm) 단측면 : 장원형(2개, 25×70mm)		
원지질	SC240×B120×K180×K180×KA180			
골판지 형태	DW-AB골	DW-AB골	DW-AB골 DW-EB골	DW-AB골 DW-EB골

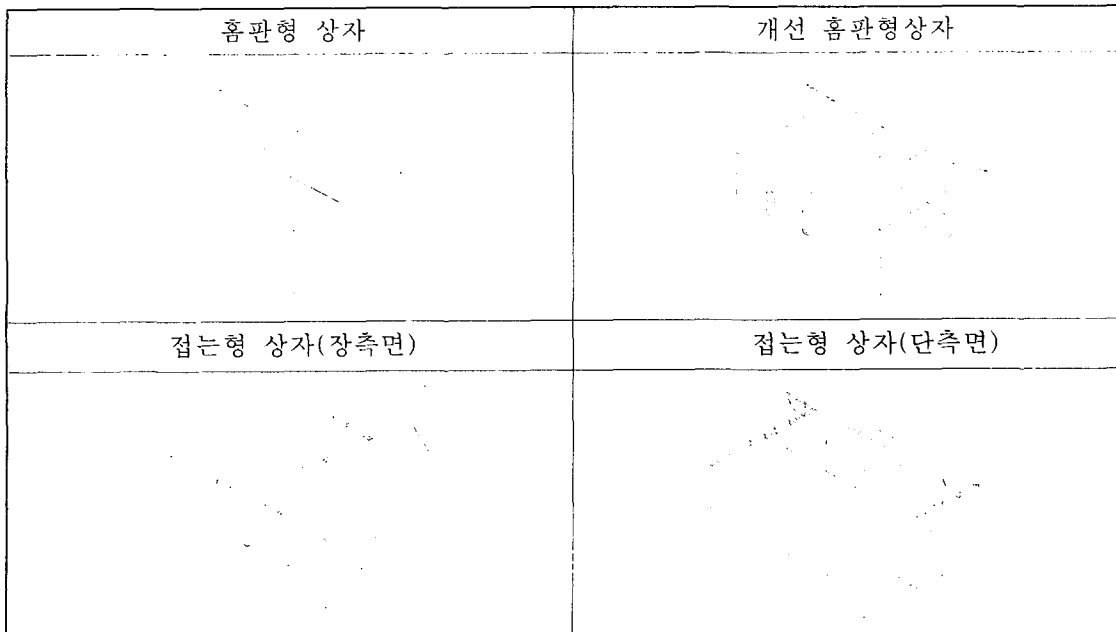


그림 1. 포장상자 구조

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 이용하여 KS A1012에 의거 수직압축강도 시험을 실시하고 포장상자의 안전압축강도를 표2와 같이 계산하여 비교하였다.

표 2. 토마토포장상자의 안전압축강도

작 목	단위 중량	4.5ton 트럭적재			창고적재	이론계산 압축강도	안 전 압축강도
		1단 적재 상 자 수	1단 적재시 총 무 게	허용적재 단 수	허용적재 단 수		
토마토	5kg	64개	320kg	14단	21	330	380
	10kg	64개	640kg	7단	11	340	400

※ - 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 토마토에 T형 열전대를 삽입하고 다점온도 기록계(YOKOGAWA, DR242, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 열전대의 위치는 과일의 중심부에 설치하여 포장상자별로 냉각속도 및 냉각균일도를 조사하였다.

$$CR = \frac{\ln \frac{T_i - T_a}{T - T_a}}{\theta}$$

CR : 냉각율(1/hr) θ : 냉각시간(hr)

T, T_i : 임의의 시간 및 초기의 피냉각물 품온(°C)

T_a : 냉각공기 온도(°C)

라. 품질변화 시험

개선된 상자의 예냉효과를 비교하기 위하여 예냉 후 각 포장상자에 적재하여 저온유통조건에서 각 작물별 품질변화를 측정하기 위하여 색도 “a”값과 비타민 C를 측정하였다. 색도는 색차색차계(CR- 200, Minolta)를 이용하여 과일의 측면부위 3개지점을 측정 평균값을 사용하여 a값을 나타내고, 비타민 C는 Watada (HortSci., 17(3) : 334-335, 1982)의 방법을 사용하여 HPLC(Young-lin M930, Korea)로 분석하였다. 토마토 20g에 추출용액 6% HPO₃ 20ml을 첨가하여 마쇄한 현탁액을 원심분리 시킨 후 상등액을 50ml로 정용하여 Sep-pak C18과 membrane filter 0.45µm 로 여과한 후 분석시료로 사용하였다. 이때 HPLC 분석 조건으로 Column은 ADSORBOSIL C₁₈ 10U를 사용하였으며, Mobile phase는 1.5% NH₄H₂PO₄ (pH 3.0)를 사용하여 1.0ml/min의 유속으로 설정하였다. 비타민 C는 UV detector를 사용하여 254nm에서 검출하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수직압축강도

상대습도 95%에서 수직압축강도는 기존에 유통되고 있는 상온용 홈판형상자에서의 364.1kg에 비하여 장방향이 2겹인 접는형 포장상자에서는 485.2kg으로 나타나 이론안전 압축강도 400kg보다 높게 나타났다(그림2). 또한 골형태에서는 AB골의 포장상자에 비하여 EB골에서 14%정도의 감소를 나타냈으나, 접는형으로하여 장방향을 2겹으로 하였을 경우 상대습도 95%조건에서 사용하여도 이론안전압축강도 400kg 보다 높은 420.5kg으로 나타났다

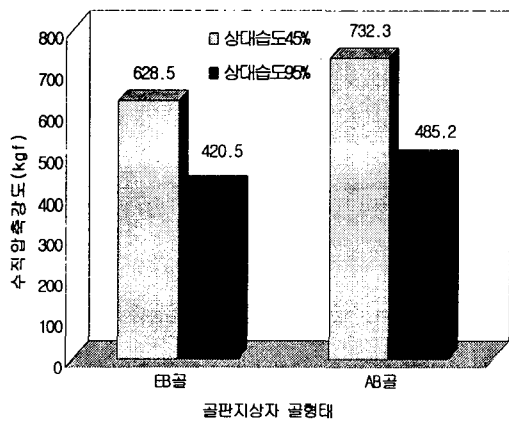


그림 2. 상자형식에 따른 수직압축강도

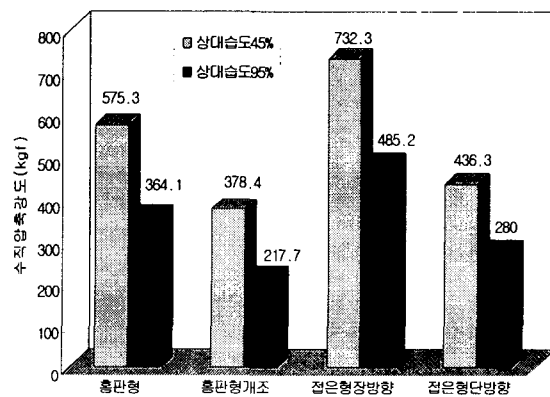


그림 3. 골형태에 따른 수직압축강도

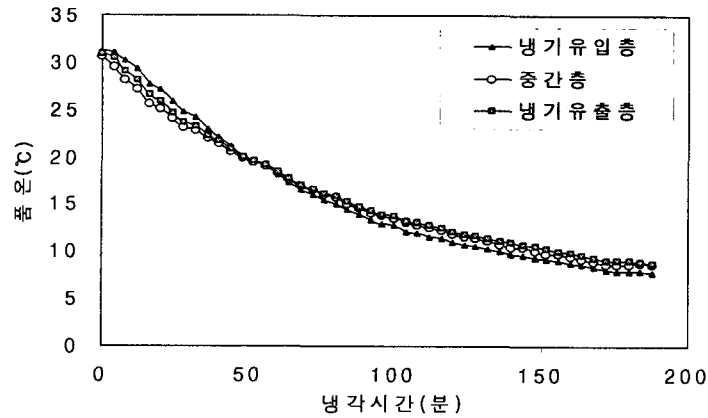
나. 냉각속도 및 냉각균일도

냉각소요시간은 기존 상온유통용 골판지상자에서는 2.5℃/hr이었던것에 비하여 개발된 접는형 골판지상자에서는 9.3℃/hr로 나타나 기존골판지상자에 비하여 냉각소요시간을 70%이상 단축할 수 있었으며(표3), 냉기유입측과 유출측의 품온편차를 줄여 균일한 냉각이 가능하였다.(그림4).

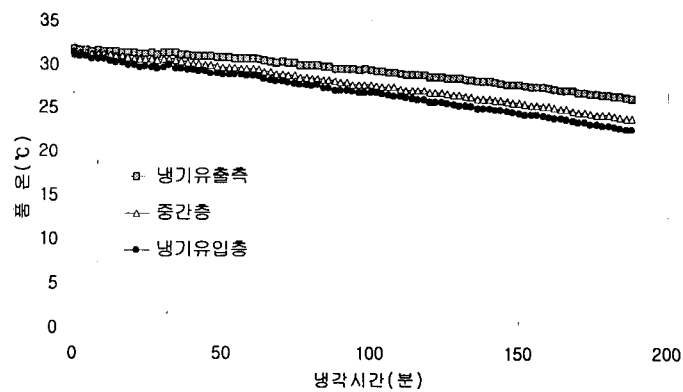
표3. 포장상자별 냉각속도

구 분	품 온(℃)		소요시간 (시간)	냉각속도 (℃/hr)	냉각률 (1/hr)	비 고
	초기	종료				
홈판형 골판지상자	31.7	26	2.3	2.5	0.8	무개공
접는형 골판지상자	31.3	10	2.3	9.3	1.2	개공율 5%

※ 시험조건 : 예냉공기온도 : 5℃, 목표냉각온도 : 10℃



㉠ 접는형 상자



㉡ 홈판형 상자

그림 4. 포장상자별 냉각균일도

다. 품질변화

토마토의 과피색도는 그림5에서와 같이 흡판형상자에서는 저장 12일째에 "a"값이 가장높게 나타나고 그 이후부터는 과피색이 변색되어 검붉은색이 나타나 외관 신선도가 떨어진 반면, 접는형 골판지상자에서는 18일째에 "a"값이 최고치를 나타내 외관상 신선도를 오래동안 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

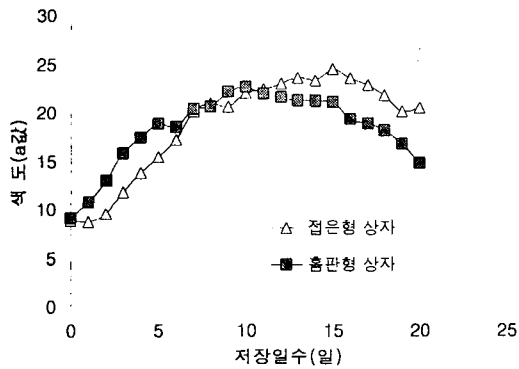


그림 5. 저장기간에 따른 색도변화

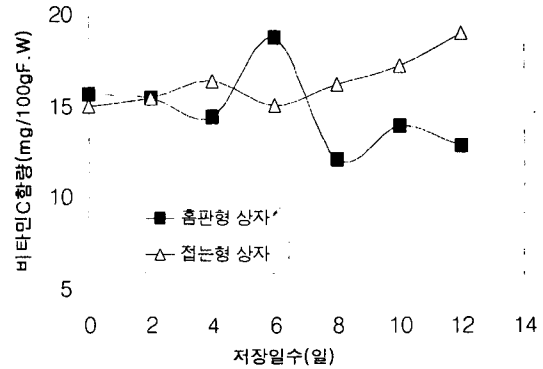


그림 6. 저장기간에 따른 비타민C 변화

또한 비타민C함량의 변화에서도 기존흡판형 골판지상자에서는 6일째에 19.15mg/100gFW로 가장 높게 나타낸후 급격히 감소하였고 개발된 접는형 골판지상자에서는 15.20mg/100gFW로 그이후 서서히 증가하여 12일째에 가장높게 나타났다. 이는 성숙될때까지 비타민 C 함량이 증가하는 토마토의 특성이다. 그러므로 저온유통시 개발된 골판지 상자는 기존상자에 비하여 품질유지기간이 6일정도 연장되는 것으로 나타나 개발된 골판지상자가 저온유통에 유리한 것으로 판단되었다(그림6).

4. 요약 및 결론

토마토의 골판지포장상자를 예냉·저온유통에 적합한 구조로 개선하기 위하여 10kg용 토마토 포장상자를 대상으로 T11형 표준 팔레트에 적재율이 92%이상, 측면 개공율을 5.2%, 상자형태를 접는형으로 제작하여 기존 상온유통용 골판지상자를 대조구로 하여 냉각성능 및 예냉후 저온저장 중 품질변화에 대한 시험을 실시하였다

1. 시험결과 접는형으로 하여 장측면을 2중으로 한 경우에 EB골 골판지만으로도 95%의 고습조건에서도 420kg이상으로 안전압축강도를 유지할 수 있는 것으로 나타났다.
2. 냉각속도를 단축하고 균일한 냉각을 위해서는 포장상자의 개공율을 5.2%로 하고, 통기공 형태는 장원형으로 하며, 표준팔레트의 적재효율을 고려하여 교차쌓기방법을 위해 포장 상자 4면에 통기공을 제작하는 것이 예냉속도 및 예냉균일도를 향상시키고 기존 흡판형 상자를 사용할 때 보다 유통기간을 6일정도 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. 문범수 외. 1984. 식품재료학, 수확사, 94~95
6. 박형우 외. 1989. 농수산물 유통용 포장상자개선. 한국식품과학회지 제21권 제2호
7. 오영순. 1998. 압축하중과 습도변화가 골판지 강도에 미치는영향 42~43
8. 윤홍선 외2명. 1995. 상자포장청과물의 송풍저항 특성. 한국농업기계학회지 20(4) 351~359
9. 윤홍선 외1명. 1997. 차압통풍 예냉청과물의 냉각특성. 한국농산물저장유통학회지 4(3) 237~243
10. 장지현. 1981. 한국채소재배사, 서울농업대학문집, 6 P1~30
11. 한국산업디자인진흥원. 1997. 포장표준화 해설집. P19~33
12. 한국포장기술연구소(1996) 포장기술용어사전
13. Maltenfort G.G. 1980 Compression load distribution on corrugated boxes. paper packaging 65(9). 71~72
14. 大場仲三郎 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)
15. 稻集昭次 外. 1989. 青果物の呼吸活性に及ぼすエチレンの作用力とその溫度特性, 園學雜 58(3) 713~718