

저온유통시스템에 있어서 골판지상자의 압축강도 변화

이명훈¹⁾ · 조중연²⁾ · 민춘기²⁾ · 신준섭²⁾

1) 한국포장시스템연구소, 2) 용인송담대학 유통문화산업계열

1. 서 론

최근 유통과정 중 운반 및 상·하역 작업에 의하여 발생하는 농산물 파손 등의 손실을 방지하기 위하여 포장화가 급속하게 진행되고 있으며, 수입농산물에 대응하여 국내 농산물의 상품성을 향상시키며 신선도의 저하에 따른 손실율을 줄이기 위한 저온유통시스템이 확산되고 있어서 향후 농산물 유통체계의 대체를 이룰 것으로 판단된다.

저온유통체계에 대응할 수 있는 겉포장상자는 일반적으로 상자의 표면에 발수처리를 하여 유통과정 중에 발생하는 수분에 견딜수 있도록 되어 있으나 실제로 유통되는 과정에서 발수처리가 상자의 압축강도 저하방지에 아무런 도움을 주지 못하고 있다. 발수처리는 농산물 표준출하규격에도 검사항목으로 규정되어 있는 등 상자압축강도에 영향을 미치는 중요한 요건으로 알려져 있으나 최근에 시행된 여러 가지 연구과제에 따르면 골판지 원지의 내수도가 더욱 중요한 요인으로 판명되어 이에 대한 연구개발이 필요한 실정이다.

2. 재료 및 방법

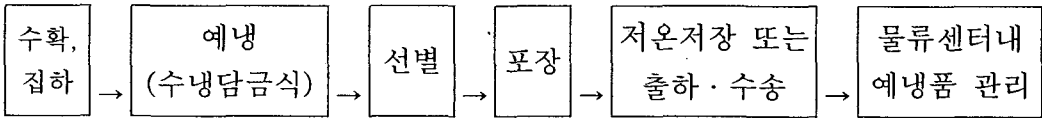
농산물 저온유통시스템에 따른 유통조건과 외부환경(온습도)을 세부적으로 분석하기 위하여 저온유통 대표품목 4개(방울토마토, 배추, 당근, 복숭아)를 선정하고 품목별 유통경로를 현장 조사하였다.

또한 본 연구는 제품을 수확하여 예냉과 저장, 수송, 소비지 판매에 이르는 유통경로를 추적함으로써 골판지상자의 압축강도 저하요인 등을 주요사항으로 조사하였다. 포장은 제품의 상품성과 밀접한 상관관계를 갖고 있으므로 저온유통시스템의 온습도 변화 특성과 제품의 품질변화를 기준으로 연구를 추진하였다.

3. 결과 및 고찰

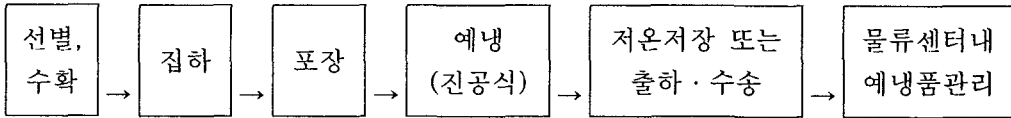
3. 1 저온유통시스템 유통조건 조사

3.1.1 방울토마토

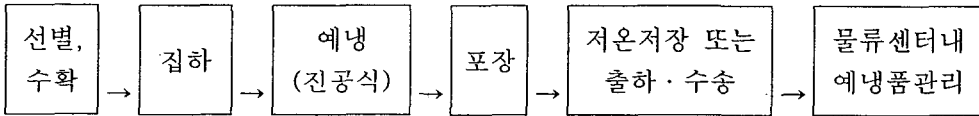


3.1.2 고랭지배추

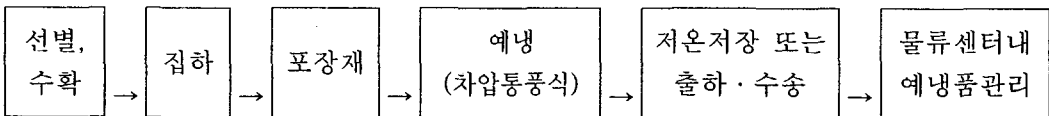
(1)골판지



(2)Plastic 상자

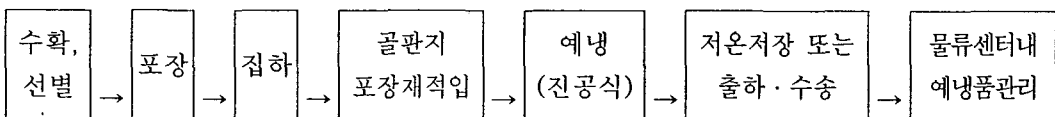


3.1.3 복숭아

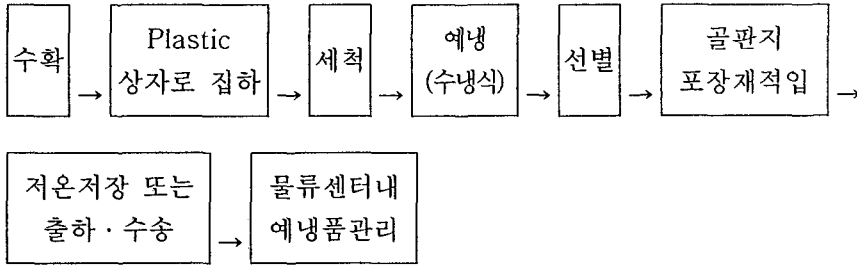


3.1.4 당근

(1)진공예냉식



(2)수냉담금식



3.2 저온유통을 위한 유통경로 및 포장환경

채소류의 경우 과실류와 달리 수확시 이슬이나 물기가 골판지상자에 전이되어 압축강도를 저하시키고 발수도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 농산물 출하규격의 규정 발수도 R₄에서 R₆~R₈로 강화시키고 있으나 문제를 해결하는데 무리가 있는 것으로 판단된다.

특히 저온유통에 따른 예냉 처리를 하는 경우, 상기 제시된 압축강도 저하요인에 더하여 포장작업에서부터 다수분 접촉으로 강도가 저하되고, 저온저장에 따른 온습도 및 저장기간도 중요한 요소로 작용하고 있는 것으로 나타났다.

저온유통 환경과 예냉과 저장에 따른 포장 저온유통되고 있는 대상품중 방울토마토의 수확 및 유통경로, 포장환경을 조사하였다.

3.2.1 방울토마토

전국적으로 토마토는 수집활동이 미미한 실정이며 작목반과 농협을 통한 출하가 대부분이다. 녹색빛이 연노랑색으로 변한 미숙과를 부너자 7명 정도가 오전 6시경 수확작업을 시작하여 오전중 완료하고 오후에 선별, 포장작업하면 1일 작업량은 조당 100박스 정도 한다. 서울은 양재, 창동, 가락동시장, 영등포, 청량리등 대형 유통시장에 주로 출하하며 경남지방은 부산, 창원 등에 출하 한다.

도매상은 타시설 과채류와 유사하며 소매행위는 도매시장내 소매상, 백화점, 슈퍼마켓, 일반과실 전문소매상, 구멍가게, 노점상, 차량이동상 등에서 이루어진다. 황변기 때 주로 수확되기 때문에 3~4일정도 지나면 적색빛을 띠고 연시처럼 빨간 것은 선호도가 떨어져 1회 구입시 2~3일 정도 물량을 구입, 판매하고 있다.

시설토마토의 주 유통경로는 생산자→도매상→소매상→소비자의 3단계이다.

포장단량은 크기별로 분류 포장하는데 주로 4, 10kg 골판지상자, 4kg미장 골판지상자 등을 이용한다. 단량별 포장치수 및 발수도는 표1과 같다.

표1. 방울토마토 포장규격

구 분	포장재질	단량(kg)	길이(mm)	너비(mm)	높이(mm)	과강/압강	발수도(R)
방울토마토	DW1종	4	330	220	130	8 / 250	R4
		5	330	220	155	8 / 250	R6
		10	412	275	190	8 / 350	R8

방울토마토는 주로 과피의 착색이 약 50% 진행된 과실을 수확하여 출하하고 있다. 이 경우 4, 5월 봄철의 기온 하에서는 5-7일 정도의 상품성을 가지게 된다.

방울토마토의 수확작업은 이른 아침부터 시작하고, 특히 국내에서는 비닐하우스에서 방울토마토를 생산하는데, 하루 중 수확시간에 따라 다소 변화는 있지만, 오전 중에 대개 수확하고 있으며, 이런 경우 방울토마토의 품온은 25-30℃를 나타낸다.

포장상자는 골판지상자를 주로 사용함으로써 수분에 취약하여 수분과 직접 맞닿지 않도록 하는 것이 중요하다. 수냉식 예냉이 전제될 경우 아무리 철저하게 대비하여도 포장상자가 수분에 많이 노출될 수 밖에 없다. 따라서 적어도 발수도가 R₆(표시기준) ~ R₈(실제기준) 정도는 되어야 하나 기존상자는 이에 미치지 못한다.

수냉식 예냉의 경우 제품이 담기는 내면의 발수도가 더 중요하다. 이는 제품을 차가운 물에서 세척 및 예냉 후 물기를 기계적으로 제거하지만 완전 제거가 어렵기 때문이다. 방울토마토의 저온저장 및 저온수송의 경우 국내에서는 수송거리가 짧기 때문에 비교적 낮은 온도에서도 저장하거나 수송이 가능하다. 따라서 저장 및 수송온도는 4-7℃, 상대습도는 90-95%가 적합하고, 10일 정도 상품성이 유지되는 것으로 나타났다.

수확 후 예냉 및 소비지에 도달할 때까지의 온도변화를 측정된 결과는 다음과 같다. 실온이 높은 상태에서 선별 및 포장시간이 경과되면 작업과정에서 과실표면에 결로가 발생하고, 포장상자에 직접적인 영향을 미치게 된다.

- 예냉전 품온(선별작업장) : 평균 23.7 °C
- ▼
- 예냉직후 : 8.4 °C
- ▼
- 선별종료(상자입고) : 10.7 °C
- ▼
- 포장상자 패킹시 : 14.0 °C
- ▼
- 5도 저장고에 1시간 대기후
- ▼
- 오후 5시 차량출발 : 차내 21 ~ 24 °C 유지
- ▼
- 양재 도착시 토마토 품온 : 13 °C

방울토마토의 저온저장 온도를 4°C, 7°C, 12 ~ 13°C로 설정하여 대상을 실험한 결과 예냉후 상온유통중 결로 현상이 발생한 것으로 나타났다. 예냉후 상온유통시 발생하는 결로를 효과적으로 방지하기 위해서는 발수도가 높은 상자의 재질이 요구된다.

시험방법은 시중에 유통 중인 4Kg, 10 kg 및 2.5kg 소포장 상자를 적용하였고 수확후 즉시 4°C, 습도 50%내외의 저장고에 보관하면서 결로현상 등을 육안 확인하였다.

4°C 저장고에서 24시간동안 저장하여 25°C 저장으로 전환시 동기간 상온에서 저온저장고로 입고한 과실의 표면에 생기는 결로는 약 3시간 만에 증발하였으나, 4°C 저온에서 25°C로 이송한 경우에는 24시간 만에 대부분 증발하였다. 즉, 골판지상자 내면 라이너지에 일부 흡수되어 젖음 현상이 발생하였다.

그림1은 저온저장 및 결로현상에 따른 플라스틱상자와 골판지상자의 결로 제거 소요시간을 비교한 것이다.

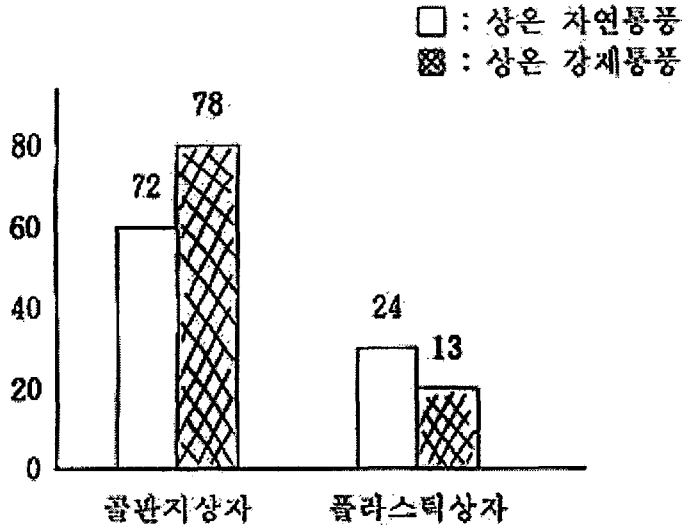


그림1. 저온저장과 통풍방법 및 상자별 결로 제거 소요시간

예냉을 행한 방울토마토는 수확 즉시 예냉이 실시되며, 이때 온도는 4~7℃ 이다. 예냉후 4℃ 저장고에 저장되고, 저장기간을 7~10일로 조사되었다. 이때 상온 하에서의 상품성 기간은 3~4일 정도로 판단됨. 저온유통되는 방울토마토의 생산에서 소비지에 이르기까지의 저온유통 환경을 표2에 나타냈다.

표2. 방울토마토의 저온유통 환경

구 분	온 도	수 분	비 고
예냉 및 저장	4℃ ~ 7℃	골판지상자와 물방울 직접 접촉 저장시 50% RH 유지	저장기간 7~10일
포장 및 유통	20℃~25℃	90~95%의 고습	결로현상 발생
소비지	4℃ ~ 7℃		출하 후 상미기간 3~4일

앞에서 살펴본 바와 같이 결로와 과실의 온도 및 외기의 온습도와와의 관계는 매우 밀접한 관계를 보이고 있으며, 또한 결로에 의한 수분발생은 포장용기 골판지상자에 악

영향을 미치는 것으로 조사되었다.

표3. 방울토마토 상자

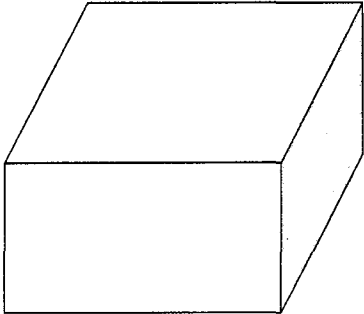
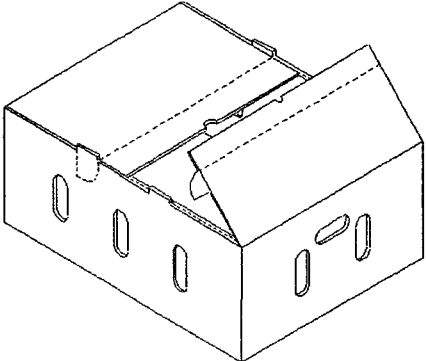
구분	포장규격	
포장치수	440(길이)×330(나비)×180(높이)mm	
포장재료	이중양면골판지(DW 1종) - 발수도 : R ₆ 이상	
상자형태	 <p>0201형</p>	 <p>0201 변형</p>

그림2는 상대습도 변화에 따른 방울토마토 상자의 압축강도 변화를 시험한 결과이다.

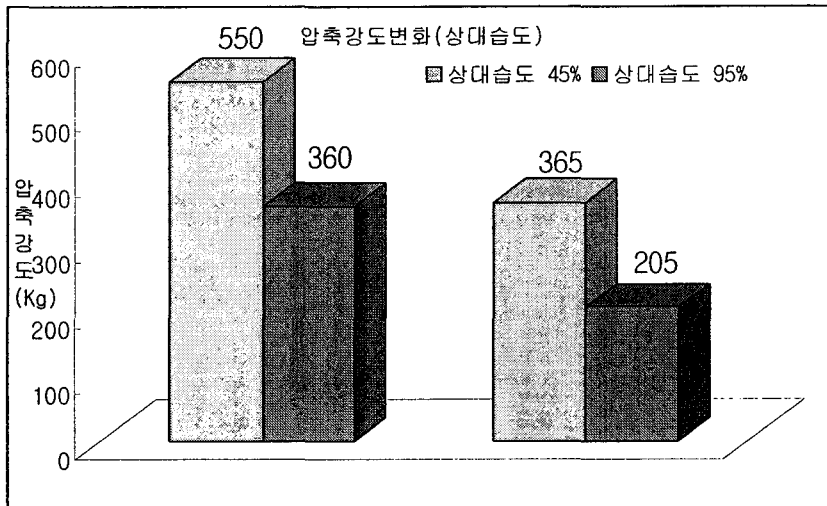


그림2. 방울토마토 포장상자의 압축강도 시험(상자형식) 비교

3.2.2 고랭지 배추

고랭지 배추의 예냉 온도는 단기보관 및 직출하용의 경우 수확후 바로 품온 1~2℃까지 예냉하며, 장기 저장용은 품온 3~4℃까지 예냉후 저장한다. 또한 진공예냉기의 경우 압력을 4 torr로 설정하여 예냉을 실시함으로써 수분이 0℃ 가까이 급격히 온도가 떨어진다. 기본적으로 골판지상자에 담아 예냉을 하게 되므로 골판지의 함유수분 정도에 따라 상자압축강도에 미치는 영향이 매우 크다고 할 수 있다.

고랭지 배추의 경우 저온저장에 따른 안전 저장기간은 저장성이 약하므로 40일 이내 출하하는 것으로 조사되었다. 또한 저장 조건은 온도 예냉 적온 2℃, 저장 3℃이내를 유지하는 것이 안전한 것으로 추정되고 있으며, 습도는 90~98%를 유지하는 것으로 조사되었다.

저장고에서 꺼낸 후 시간이 지연되면 수분응결에 의해 유통중 품질의 저하와 포장재의 내구성 약화(결로현상에 의한 골판지상자 압축강도 저하)로 직결되는 것으로 조사되었다. 따라서 저장고에서 꺼낸 배추는 바로 냉장차로 수송하는 작업이 이루어지고 있다.

또한 소비지의 예냉품 관리는 유통과정에서 품질의 급격한 변화가 우려되므로 수송된 배추는 저온보관을 원칙으로 하여 매장내 보관온도는 가능한 한 낮게 유지하는 것으로 조사되었다. 배추를 골판지상자에 적입 후 예냉에 따른 변화를 살펴보면 표4와 같다.

표4. 골판지상자 포장과 제품의 품온(예냉시)

포장재	설정 온도 (℃)	기 압 조 정		예냉 총 소요시간 (분)	부위별 온도분포의 변이		
		조정시간 (초)	최저온도 (℃)		상 부	중 앙	하 부 (내심)
골판지	6	120	-	20	4.7	9.5	11.9
	3	240	3.2	20	4.1	7.3	10.0
	1.4	300	△0.4	20	-	-	7.2

주) 조건 : 수확→1일 상온 보관→예냉→보냉수송→소비지 저장실보관

예냉한 배추의 출하 후 매장에서 품질 변화는 소비지 매장에서 상온 보관시 여름철 최대보관 혹은 판매가능 기간은 2일 이내, 예냉 후 소비지 저온 보관시(약 10℃ 정도) 5~7일정도 상품성

을 유지하는 것으로 조사되었다. 저장 시험을 통한 온도와 습도 변화는 표 5와 같다. 예냉 배추의 저장은 온도 2℃, 저장고 습도는 초기부터 90% 수준이 유지되었고, 입고 직후 잠시 81%까지 낮아졌으나 다시 90% 수준을 유지하는 것으로 측정되었다.

표 5. 여름배추 저장중 저장고내 습도의 변화

구분	입고시	입고후 습도 변화					저장중 평균습도
		30분	17시간	19시간	21시간	24시간	
습도	92%	81%	90%	90%	90%	90%	90%

저장 중 품질의 변화는 골판지상자와 밀접한 관계를 갖고 있다. 이는 제품이 저온에서 상품성을 유지하는 기간과 포장재가 그 시간 동안 제품을 보호함에 충실하여야 하기 때문이다. 따라서 배추의 경우 선도유지에 따른 제품의 저장변화와 골판지상자의 변화를 조사하였다. 배추의 신선도는 저장 20일 까지 양호하게 유지되는 것으로 조사되었으며, 40일 저장하는 경우는 상품성과 함께 포장상자의 압축강도도 매우 저하되는 것으로 조사되었다(저장 후 압축강도 측정 필요).

3.2.3 복숭아

복숭아 저장 조건을 살펴보면 저장 적온은 0.0 ~ 0.3℃ 범위이며, 저장고내 온도는 0℃를 유지하고 과실의 품온은 1℃를 유지 한다. 습도는 장기 저장시 90% 이상의 습도 유지가 필요한 것으로 조사되었다. 복숭아 저장조건은 표6과 같으며 온도별 품질유지기간 표7과 같이 조사되었다.

표6. 복숭아 저장 조건

저장 방식	온도(℃)	상대습도 (%)	산소 + 이산화탄소	저장 가능 기간 (일)
저온 저장	0.0~-0.3	90-95%	---	4주
CA 저장	0.0~-0.3	90-95%	1~2.5% + 5%	6주-8주

표7. 복숭아 품질유지기간

온도	상대적인 품질유지기간	비고
22~27℃	1	상온에서의 기준
15℃	2	
10℃	4	
5℃	8	
0℃	16	

주) 저장방법 및 온도에 따라 적기에 수확한 과실은 4-8주 저장 가능

골판지상자에 적입된 예냉 복숭아의 저장중 온도 변화는 저장고 입고후 36시간 경과후 2.0℃ 이하로 떨어지고, 비예냉 복숭아는 온도저하 속도가 늦어지는 것으로 추정된다. 복숭아 입고 후 온도변화는 표8과 같다.

표8. 복숭아의 예냉 및 비예냉시 입고후 온도 변화

구분	입고 직전	저장중 변화		
		12시간	18시간	36시간
예냉→ 저온보관	5.2℃	3.7℃	2.8℃	1.6
비예냉→ 저온보관	22.0℃	9.0℃	5.8℃	2.2

또한 예냉 복숭아를 골판지상자에 적입하고 파렛트에 적재 후 온도변화를 측정하여 표9에 나타냈다.

표9. 팔레트내 상자 위치별 온도변화 (상자 적체단수 : 14단)

시간 위치	100분후				180분후			
	외측	중앙	내측	평균	외측	중앙	내측	평균
제 1 팔레트	14.2	15.3	14.7	14.7	10.9	12.9	11.3	11.7
제 3 팔레트	14.7	15.7	15.1	15.2	10.5	12.4	12.6	11.8
제 5 팔레트	12.4	12.3	12.9	12.5	9.3	12.2	11.1	10.9
평균	13.8	14.4	14.2		10.2	12.5	11.7	

3.2.4 당근

장기저장을 위한 예냉의 품온은 3-5℃, 저장적정온도 0℃로 조사되었다. 다발 묶음 저장의 저장기간은 10-14일, 절단한 당근(fresh-cut carrot) 3-4주, 미성숙 근의 저장은 4-6주, 성숙근 저장은 7-9개월, 일반적인 저장조건에서 저장병, 싹틈, 시듦 없이 장기저장 가능하며, 3-5℃에서 저장시 성숙한 당근은 3-5개월 저장 가능한 것으로 조사되었다. 저장 적정습도는 98 - 100%이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 농산물의 수분은 호흡을하는 산물로서 골판지상자에 매우 취약한 수분을 다량 함유하고 있으며, 저장 및 예냉, 저온유통에 따른 적정 온습도가 유지되고 있는 것으로 조사되었다.

원예생산물의 경우 수분함량이 높고 표피조직이 약하여 쉽게 상하고 기계적 손상을 입기 쉬우므로 높은 상대습도를 유지해 주어야만 표피외측 등의 품질저하 없이 장기간 저장할 수 있다. 즉, 상대습도가 90% 이하로 떨어지면 지나친 수분감소로 인해 상품성이 저하되며 상대습도가 100%가 되면 수분감소는 적어지나 수분응결 등에 의해 곰팡이 균의 번식이 조장되어 부패하기 쉽고 과실에 따라서는 저장후 표면 균열(cracking)이 생기기도 한다.

또한 과실은 85-95%의 상대습도가 적합하며 채소작물은 90-98%의 다소 높은 습도가 신선도 유지에 적합하며, 양파, 마늘, 호박 등은 예외로서 60-75%가 장기저장에 알맞은 수준이며 무, 당근 등 근채류는 95-98%의 높은 상대습도를 유지해 주어야만 조직의 유연성이 유지되고 중량감소가 적다. 이처럼 생산물에 따라 요구하는 상대습도와 상품성유지를 위한 최대 수분감량 허용치가 각각 다르므로 저장산물의 종류나 저장온도 등을 고려하여 습도 유지가 필요하며, 이에 따른 골판지상자의 발수 및 내수처리가 필수적인 것으로 판단된다.

표10. 예냉 온도별 압축강도 비교

품목	발수도(R)	압축강도(Kg)	
		0℃	5℃
배추	R2	160.7	135.8
	R6	157.1	143.9
	R8	172.3	148.3

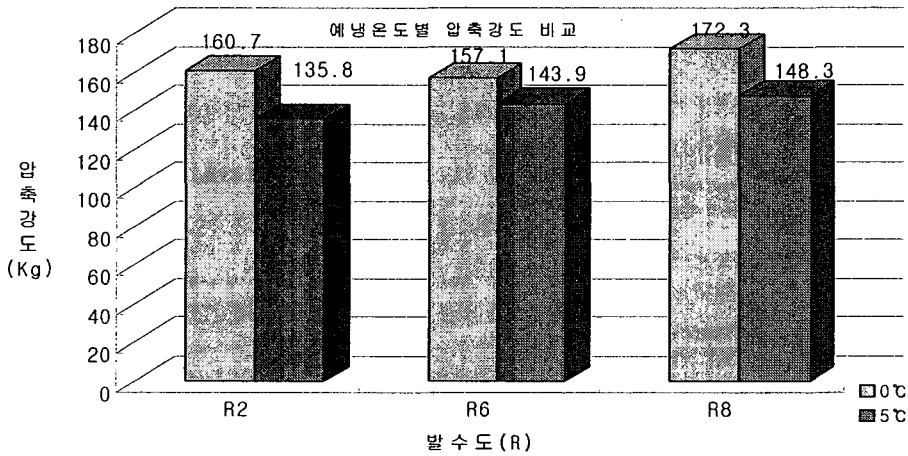


그림3. 예냉온도별 압축강도 비교

골판지상자 표면 수분함량 변화를 표11과 그림4에 나타냈다. R2 발수도 처리 상자는 R6 및 R8 상자에 비하여 높게 나타났다. 이는 예냉시 발수처리로 인하여 상대적으로 골판지원지내로 침투되지 못하고 박스표면에 맺혀 있기 때문으로 판단된다.

표11. 골판지상자 표면수분함량 비교

품목	발수도(R)	수분함량(%)	
		0℃	5℃
배추	R2	18.2	17.7
	R6	19.5	19.0
	R8	17.8	19.3

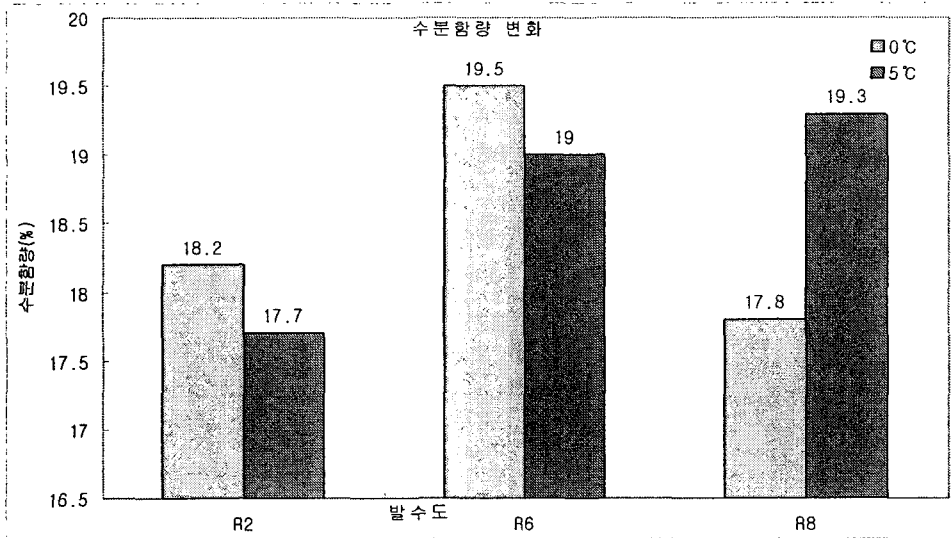


그림4. 골판지상자의 표면 수분함량 비교

품목별 저장 및 유통에 따른 환경을 요약하면 표 12와 같다. 표 12에서 보는바와 같이 상대습도는 농산물의 특성상 매우 높은 상태를 유지하고 있으며, 저장온도 또한 상당히 낮은 온도에서 시행되고 있다. 이는 생산 및 저장 후 유통단계에 이르면서 결로 현상 등의 발생이 골판지상자에 가장 큰 악영향을 미치는 것으로 분석되었다.

또한 예냉 및 저장시 낮은 온도도 압축강도 저하 factor로 작용하고 있다. 표 10 및 그림3과 표11 및 그림4를 비교 분석하면 낮은 온도에서 급격히 변화시 수분이 골판지 원지에 흡수되어 압강 및 파강에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표12. 품목별 예냉 및 저장 환경(온도, 습도, 보관기간)

구분	온도(°C)	상대습도(%)	보관기간	비고
배추	직출하용	1~2	상온	2일
	장기저장용	3~4	저온(10°C)	5~7일
복숭아	0~0.3	90~95	4주	
방울토마토	저온저장	4~7	7~10일	
	포장유통	20~25	90~95	
	소비지	4~7	출하 후	3~4일
당근	3~5	95~98	10~14일	

농산물의 수확시기별 저온저장 및 수송환경에 대한 반응성이 다를 것으로 예측되므로 예냉 및 포장 처리를 모든 작물에 동일하게 처리하지 않고 각 산물의 유통조건별 세부조사 결과에 따라 실험내용을 개선하여 수행할 것이다.

4. 결 론

발수처리한 골판지상자를 적용하여 강도측정을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 예냉 및 저온저장과 유통에 따른 온습도변화의 폭이 매우 높아 강도저하에 미치는 영향이 예측치 보다는 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

둘째, 농산물의 저장온도 및 수분에 따른 측정결과에서 보듯이 표면의 발수도처리가 골판지상자 압축강도에 미치는 영향이 그리 크지 않았으나 시간이 지날수록 골판지원지에 흡수되어 압축강도의 저하를 가져오므로 표면의 발수 처리보다는 내수처리가 필요하다.

셋째, 95%RH에서의 강도저하가 매우 크게 저하되는 것으로 나타났다. 결론적으로, 농산물 저온유통에 따른 골판지상자의 적용 습도가 매우 높으므로 상대습도가 75% 이상이 되는 시점부터 내수지의 적용이 필요한 것으로 분석된다. 다만 저온유통의 경우 85%RH 이전에는 내수지의 적용이 크게 필요치 않다고 판단된다. 하지만 이 경우 저온에서 상온으로 제품의 보관환경이 바뀌는 시점에서 다량의 결로현상이 골판지 표면에 생길 수 있기 때문에 발수처리도 필요할 것이다.

5. 참고문헌

1. 농산물의 포장규격 표준화관련 연구, 1999. 12, 식품개발연구원.
2. 농산물 표준출하규격, 1995, 국립농산물검사소.
3. "농업기술지", 1996.11, 농촌진흥청.
4. <http://www.namri.go.kr> : 청과물 저온유통을 위한 골판지상자의 규격개선연구
5. '99예냉·파레트 출하 선도시범사업, 농협중앙회, 유통개혁추진본부, 1999. 12