



# 농산물 저온유통 시스템에 대비한 기능성 내수골판지

Functional Water resistance corrugated Fiberboards For  
Low Temperature Distribution sysetm of Agricultural Products

손기주 / 한국포장시스템연구소 이사

## 1. 개요

골판지상자는 제품의 운반용포장으로 오랫동안 사용되어 왔다.

특히 일반 공산품의 경우 일부 특수 품목을 제외하고는 곁포장용기로 거의 대부분 골판지상자가 사용되었다.

하지만 일회성 용기에 대한 환경오염 논란으로 차츰 재사용용기를 채택하거나 용기 풀시스템 업체와 연계하는 기업들이 늘어나면서 골판지상자의 사용량 증가에 제동이 걸리고 있는 실정이다.

한편, 농산물의 경우, 유통혁신을 위한 포장화가 급속하게 진행되면서 공산품 분야의 골판지상자 매출 축소를 어느 정도 보완해주는 신규시장으로 떠오르고 있다.

모든 농산물의 포장화가 제대로 진전된다면 회수용상자 부분을 제외하더라도 골판지상자의 사용량은 금액기준으로 대략 3,000억원을 상회할 전망이다.

문제는 대부분의 농산물이 수분을 많이 함유

하고 있고 유통과정에서 포장상자가 수분과 접촉할 가능성이 높다는데 있다. 따라서 농산물 포장용 골판지상자는 평균적으로 동일 중량 공산품의 필요압축강도보다 1.5배 2.0배가 높게 설정된다.

더구나 모든 농산물은 향후 저온 유통체계를 기본으로 하고 있기 때문에 수분에의 노출 가능성이 더욱 커지고 있다.

하지만 대부분의 농산물은 공산품보다 부가가치가 낮아 포장재료비의 부담이 상대적으로 훨씬 커지게 된다.

결국 골판지상자의 농산물 적용을 확대하기 위해서는 무엇보다도 내수성을 높임으로서 필요 압축강도가 터무니없이 높게 설정되지 않도록 하여야 한다.

본 연구는 한국포장시스템연구소가 산학협동 과제로서 S대학과 함께 내수성골판지상자 개발에 관한 것이다.

실제 농산물 유통을 대비하고자 4개 품목에 대하여 골판지 자체의 내수성과 강도에 관한 시험과 분석을 주로 설명하였다.



# 특 집

[표 1] 상자 제작규격

대상품명	표시중량(kg)	외치수규격(장×폭×고, mm)	비 고
사과	10	510 × 360 × 190	속받침틀용0200계열
배	10	440 × 330 × 240	0201형(구 A-1형)
배추	8~12	550 × 366 × 200	0201형
감자	5	275 × 220 × 170	0201형

[표 2] 상자 재질기준

품명	재질구분	구성원지 배합기준	예상압강(kg)	예상파열강(kg/cm)
사과	DW1종	SK180/S120/S120/S120/K200	380	9.4
배	DW1종	SK180/S120/S120/S120/K200	365	9.4
배추	DW1종	SK180/S120/S120/S120/K200	390	9.4
감자	SW2종, A골	SK180/K200/SK180	260	8.0

## 2. 주요 연구내용 및 결과

### 2-1. 실험용 골판지상자 제작

#### 2-1-1. 규격

기존 농산물 표준출하규격중 생산수량과 유통량이 많은 사과, 배, 배추, 감자의 4종류를 [표 1]과 같이 선택하였다.

#### 2-1-2. 원지배합

농산물 표준출하규격에 명시된 바와 같이 골판지상자의 재질선택에 있어서 사과, 배, 배추는 이중양면골판지(DW) 1종을, 감자는 양면골판

지(SW) 2종을 택하였으며 이에 상응하는 구성원지 배합기준을 [표 2]와 같이 결정하였다.

이때 예상되는 압축강도는 Kellicutt식에 의해 산출한 수치이며 예상파열강도는 구성 라이나원의 공인 파열강도의 합을 나타낸다.

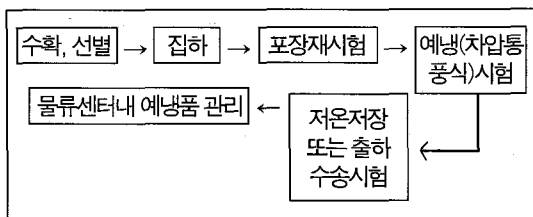
### 2-2. 유통조건 및 유통환경 조사

#### 2-2-1. 유통경로 조사

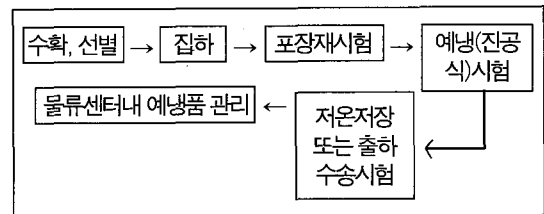
농산물의 유통경로는 품목별로 약간씩의 차이를 보이고 있으나 대개 비슷한 채널로 유통된다고 볼 수 있다.

[그림 1]은 사과 및 배의 유통경로를 나타내

[그림 1] 과일류의 유통경로



[그림 2] 고랭지 배추의 유통경로



[표 3] 주요 농산물의 적정 저장조건

품목	온도(℃)	상대습도(%)	보관기간	동결점(℃)	비고
사과	-1.0~0	85~90	6~10월	-1.1	
배	-1.0~0	85~90	3~5월	-1.6	
배추	0~1	85~90	1~3월	-	
감자	3~10	85~90	2~4월	-0.6	
마늘	-0.5~4	70~75	10~12월	-0.8	

[표 4] 포화용액 상대습도 기준

포화용액명	상대습도	포화용액명	상대습도
Sodium Nitrite (NaNO <sub>2</sub> )	66	Potassium Chloride (KCl)	85
Sodium Nitrite (NaNO <sub>2</sub> )	75	Potassium Chloride (KCl)	93

[표 5] 골판지 원단 파열강도 시험결과

시험조건 : 20℃, 55%RH

시험단위 : kg/cm<sup>2</sup>

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			11.9	8.8
2			9.8	9.0
3			10.2	8.1
4			11.9	9.0
5			9.8	8.8
6			12.3	9.7
7			10.6	8.6
8			11.2	8.2
9			11.6	9.0
10			12.0	9.0
평균			11.13	8.82
표준편차			0.96	0.45
최고치	0	0	12.3	9.7
최저치	0	0	9.8	8.1

시험조건 : 20℃, 65%RH(표준조건)

시험단위 : kg/cm<sup>2</sup>

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			11.5	8.4
2			10.9	9.0
3			11.1	8.6
4			11.1	8.5
5			9.9	9.4
6			11.4	8.8
7			10.5	
8			12.3	
9				
10				
평균			11.09	8.78
표준편차			0.71	0.37
최고치	0	0	12.3	9.4
최저치	0	0	9.9	8.4

시험조건 : 20℃, 75%RH

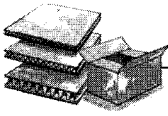
시험단위 : kg/cm<sup>2</sup>

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			10.8	8.9
2			10.8	7.6
3			10.1	8.8
4			10.1	8.4
5			9.6	7.7
6			9.7	8.5
7			9.9	8.7
8			9.8	9.6
9			10.0	
10				
평균			10.09	8.53
표준편차			0.44	0.65
최고치	0	0	10.8	9.6
최저치	0	0	9.6	7.6

시험조건 : 20℃, 95%RH

시험단위 : kg/cm<sup>2</sup>

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			8.9	6.7
2			9.5	7.5
3			9.5	6.4
4			10.8	6.2
5			9.1	7.5
6			9.3	6.3
7			9.2	6.6
8			8.7	7.5
9			9.5	7.5
10			10.3	7.1
평균			9.48	6.93
표준편차			0.63	0.55
최고치	0	0	10.8	7.5
최저치	0	0	8.7	6.2



# 특 정

시험조건 : 20℃, 85%RH

시험단위 : kg/cm<sup>2</sup>

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			9.8	7.8
2			10.0	7.4
3			9.5	7.6
4			10.9	7.7
5			9.9	7.4
6			10.1	8.5
7			10.0	7.7
8			9.8	8.5
9				7.9
10				
평균			10.00	7.83
표준편차			0.41	0.41
최고치	0	0	10.9	8.5
최저치	0	0	9.5	7.4

고 [그림 2]는 고랭지배추의 유통경로를 나타낸다.

## 2-2-2. 온 · 습도 설정

농산물에 있어서 수확후 관리를 위한 적정 온 · 습도는 품목별로 다양하게 나타나고 있지만

[표 6] 습도에 따른 원단파열강도 변화

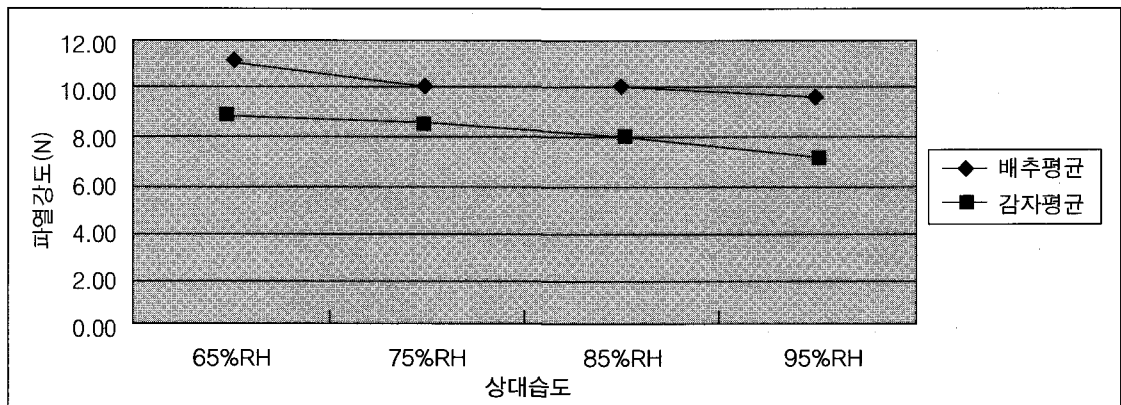
배추			감자		
상대습도	배추평균	% loss	상대습도	배추평균	% loss
65%RH	11.09	0.00	65%RH	8.78	0.00
75%RH	10.09	9.01	75%RH	8.53	2.94
85%RH	10.00	9.81	85%RH	7.83	10.82
95%RH	9.48	14.50	95%RH	6.93	21.10

대상품목으로 설정한 사과, 배, 배추, 감자와 마늘의 적정 온 · 습도는 [표 3]과 같다. 농산물 전체적으로는 적정 온도가 -1 ~ +21, 적정습도가 70% ~ 95% RH의 범위에 분포하고 있다.

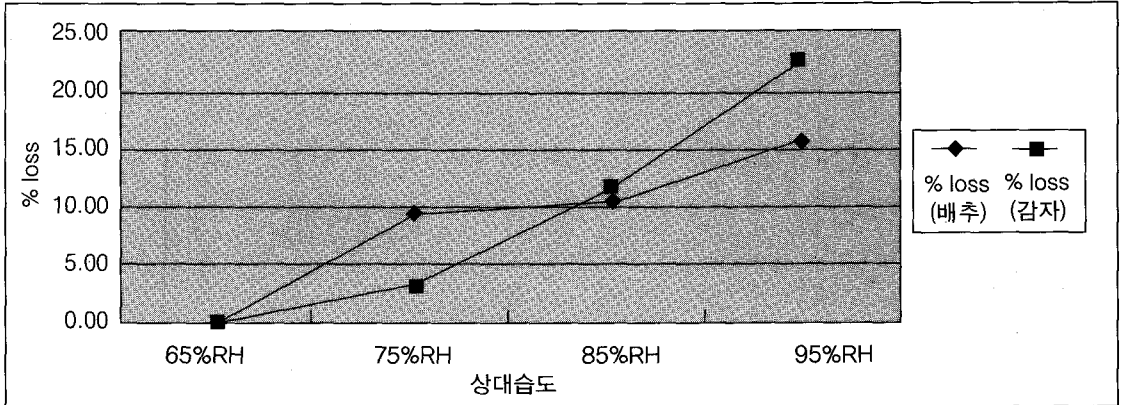
골판지상자의 저온유통시험을 위한 온도는 하한 5℃, 상한 30℃로 설정하고 습도는 표준조건인 65%와 75%, 85% 그리고 가장 가혹한 조건인 93% RH를 실험조건으로 하였다.

각각의 습도는 [표 4]의 포화용액염을 담은 데시케이터를 준비하여 시료를 24시간이상 적치하여 구하였다.

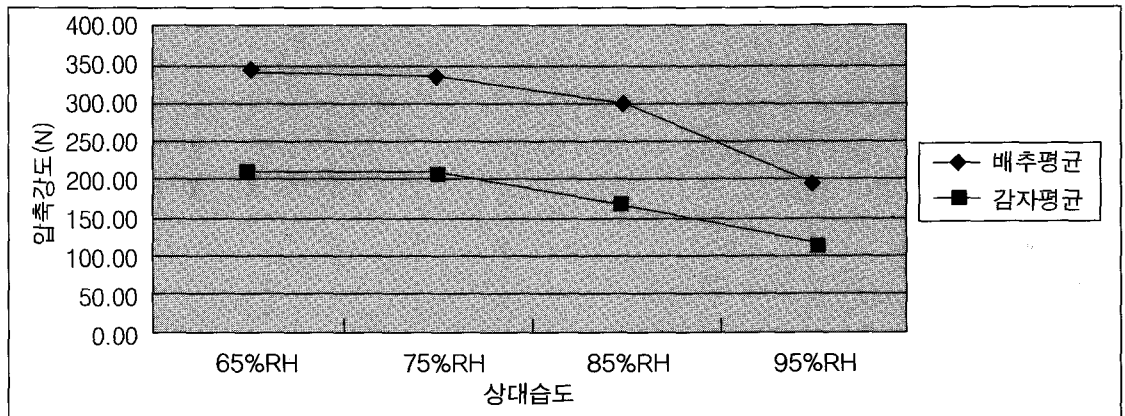
[그림 1] 상대습도 변화에 따른 파열강도 변화



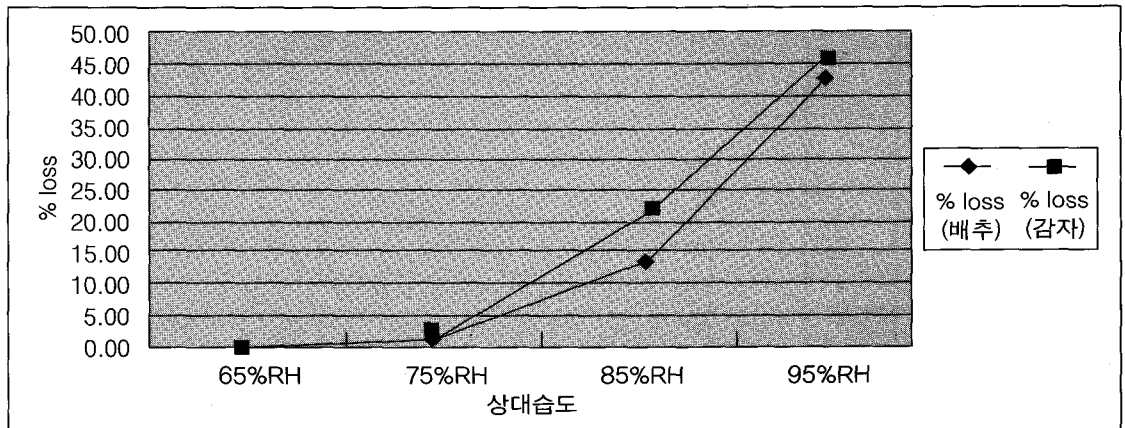
[그림 2] 상대습도 변화에 따른 %단위의 파열강도 손실을 변화

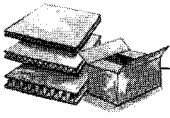


[그림 3] 상대습도 변화에 따른 수직압축강도 변화



[그림 4] 상대습도 변화에 따른 %단위의 파열강도 손실을 변화





### 3. 포장시험 및 결과분석

#### 3-1. 시험조건 설정

##### 3-1-1. 온·습도

온도보다는 습도가 골판지상자의 압축강도 및 파열강도에 훨씬 많은 영향을 미친다.

때문에 앞의 [표 4]와 같은 포화용액에 시료를 적치하고자 하였으나 골판지상자의 부피가 커서 일부 시편 이외에는 데시케이터에 넣을 수가 없었다.

즉, 파열강도나 수직압축강도 등 재료시험은 가능하나 상자 자체를 전처리하여 압축강도 시험기에 시험하는 것은 어렵다.

그리하여 대형의 항온항습챔버에 시료를 집어 넣고 주어진 조건으로 전처리를 하였다.

모든 시험은 표준조건인 20℃, 65%RH를 control로 하여 5℃를 기준온도로 하고 55%RH, 75%RH, 85%RH, 95%RH에 대하여 시험하였다.

저온하에서 습도를 정확하게 유지하는 것은 쉽지 않다. 습도가 높은 상태일수록 편차가 없게 유지되기 위해서는 온도의 fluctuation이 생길 수밖에 없는데 variation이 거의 5℃에 달하였다.

즉, 5℃를 유지하고자 하였으나 최대 10℃까지 온도가 올라가는 경우가 발생하였다.

24시간의 전처리기간중에 온도의 unstable period는 1시간 이내에 불과하였기 때문에 시험결과에는 별 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

하지만 차기년도에는 습도를 고정하고 온도를 변화시키는 시험을 추가하여 온도에 의한 영향을 정확하게 규명하고자 한다.

##### 3-1-2. 원단 파열강도 및 수직압축강도

앞의 [표 2]에서 사과, 배, 배추는 DW 1종으로 원지구성이 같고 감자만 SW 2종으로서 원지

[표 7] 골판지 원단 수직 압축강도 시험결과

시험조건 : 20℃, 55%RH		시험단위 : N		
시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			343	204
2			330	193
3			350	206
4			330	207
5			339	215
6			347	203
7				
8				
9				
10				
평균			339.83	204.67
표준편차			8.47	7.12
최고치	0	0	350	215
최저치	0	0	330	193

시험조건 : 20℃, 65%RH(표준조건)		시험단위 : N		
시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			346	193
2			337	211
3			329	210
4			353	217
5			336	219
6			338	
7				
8				
9				
10				
평균			339.83	210.00
표준편차			8.42	10.25
최고치	0	0	353	219
최저치	0	0	329	193

시험조건 : 20℃, 75%RH(황온함습)

시험단위 : N

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			334	209
2			339	209
3			333	212
4			330	204
5			331	204
6				
7				
8				
9				
10				
평균			333.40	207.60
표준편차			3.51	3.51
최고치	0	0	339	212
최저치	0	0	330	204

시험조건 : 20℃, 85%RH

시험단위 : N

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			295	167
2			298	171
3			285	165
4			298	154
5			300	167
6			300	177
7				
8				
9				
10				
평균			296.00	166.83
표준편차			5.69	7.60
최고치	0	0	300	177
최저치	0	0	285	154

시험조건 : 20℃, 95%RH

시험단위 : N

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1			181	112
2			185	113
3			182	109
4			188	114
5			205	116
6			208	113
7			202	112
8			199	111
9			195	114
10			211	120
평균			195.60	113.40
표준편차			11.06	2.99
최고치	0	0	211	120
최저치	0	0	181	109

(표 8) 습도에 따른 원단수직압축강도 변화

배추			감자		
상대습도	배추평균	% loss	상대습도	배추평균	% loss
65%RH	339.83	0.00	65%RH	210.00	0.00
75%RH	333.40	1.89	75%RH	207.60	1.14
85%RH	296.00	12.90	85%RH	166.83	20.56
95%RH	195.60	42.44	95%RH	113.40	46.00

구성을 달리하였다. 따라서 재료시험인 파열강도나 수직압축강도는 배추와 감자에 대해서만 시험을 하였다.

온도는 20℃를 기준으로 하고 습도만 55, 65, 75, 85, 95%RH의 5개 조건을 설정하여 각각 24시간동안 전처리한 후 강도를 측정하였다.

파열강도는 물렌식 저압파열강도 시험기에 의해 측정되었으며 수직압축강도는 만능시험기라고 불리는 Instron이 사용되었다.

시험방법은 KS M 7017(종이 및 판지의 저압 파열강도 시험방법)과 KS M 7063(골판지의 압축강도 시험방법)에 의하여 시행하였다.

### 3-1-3. 상자 압축강도

구성원지의 재질이 같더라도 4개 품목의 상자 치수규격이 각각 다른 만큼 상자의 압축강도는 각각 다르게 나타난다.



# 특 집

표준상태인 20℃, 65%RH를 control로 하고 나머지는 (그림 5)에서 상대습도가 각각 75%, 85%, 95%로 처리된 비교시료의 강도를 측정하였다.

압축판의 넓이가 1m<sup>2</sup>인 화물 압축강도시험기가 사용되었으며 KS A 1012(포장화물 및 용기의 압축시험방법)에 의거, 상하 날개를 접은 빈 상자를 압축판의 중앙에 놓아 가압시 불균형하중을 받지 않도록 하였다.

## 3-2. 시험결과 및 분석

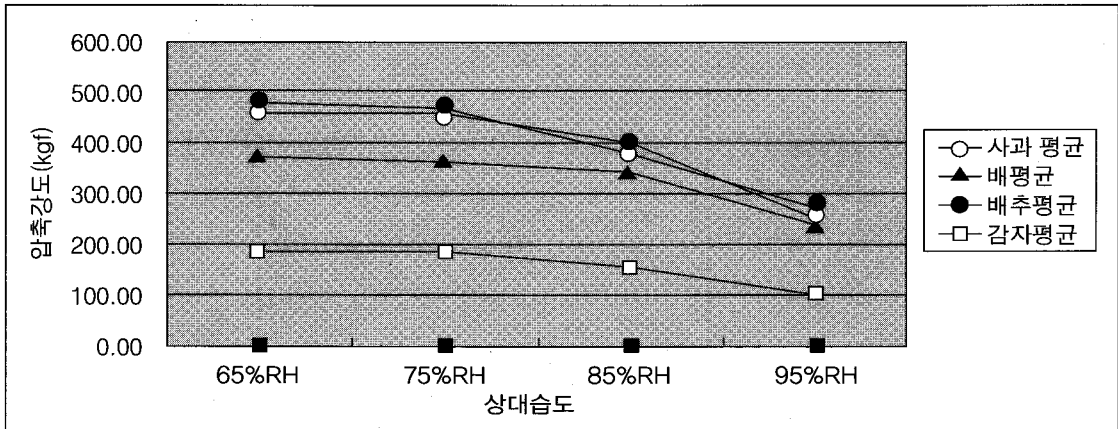
### 3-2-1. 파열강도

[표 5]는 배추와 감자 포장상자 원단의 파열강도를 나타낸 것이다.

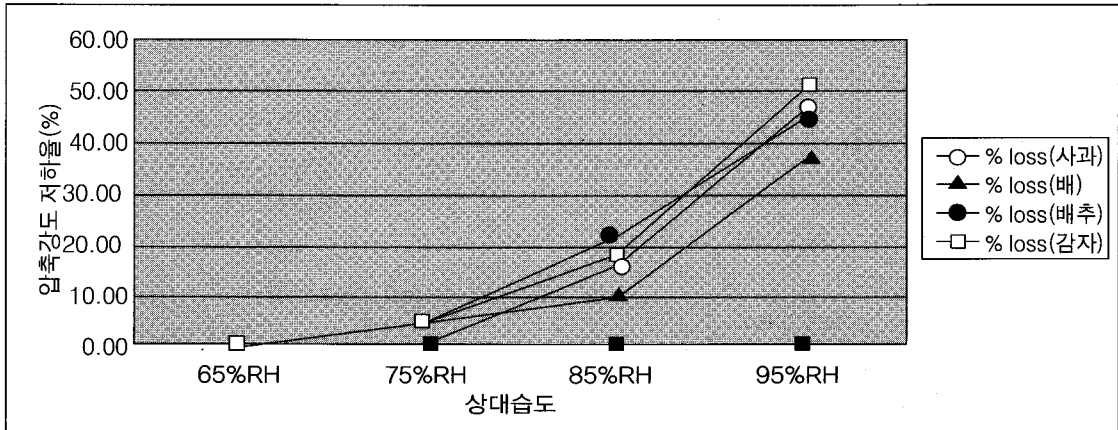
사과와 배는 배추와 동일한 재질의 DW-1종 골판지상자를 사용하였기 때문에 중복되는 시험을 하지 않았다.

시료는 SW(감자)와 DW(배추) 각각 10매씩을 채취하여 전처리후 시험하였다.

[그림 5] 상대습도 변화에 따른 상자압축강도 변화(20℃)

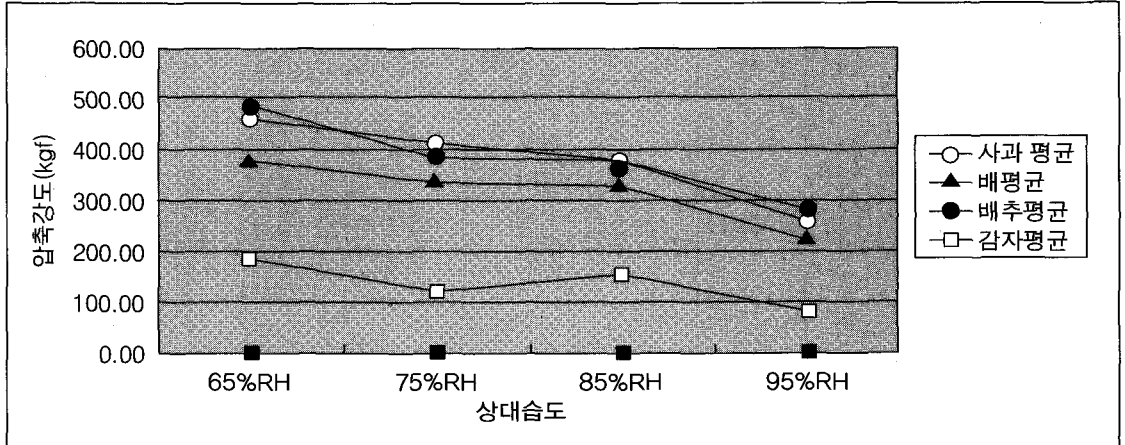


[그림 6] 상대습도 변화에 따른 %단위의 상자압축강도 저하율(20℃)

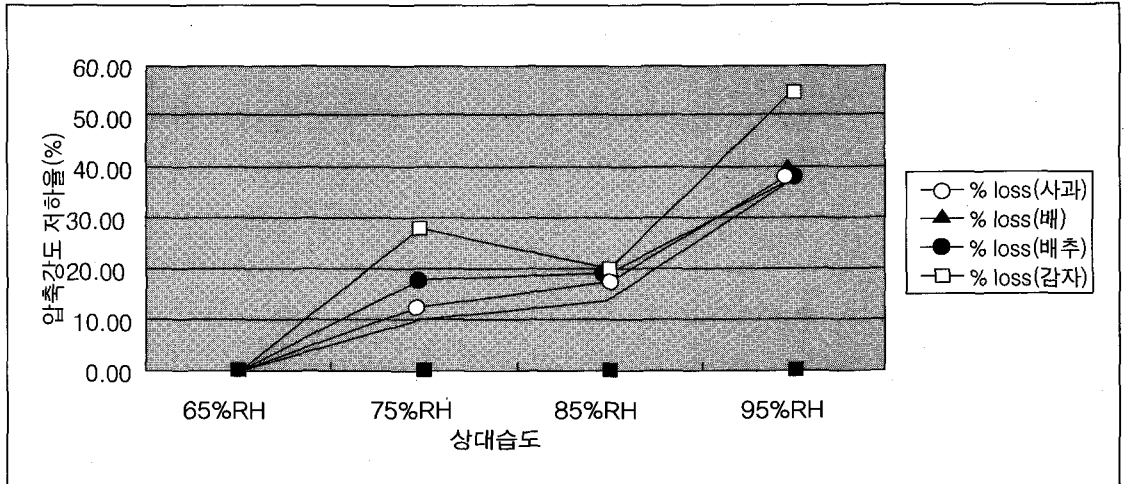




[그림 7] 상대습도 변화에 따른 상자압축강도 변화(5℃)



[그림 8] 상대습도 변화에 따른 %단위의 상자 압축강도 저하율(5℃)



10개 시험치의 평균을 시험결과치로 삼았으며 시험의 신뢰성을 알아보기 위하여 최고치, 최저치, 표준편차 등을 산출하였다.

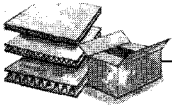
[표 6]은 상대습도별 파열강도와 %loss를 나타낸 것이다.

[표 2]에서 DW-1종 상자의 예상 파열강도는 9.4kg/cm<sup>2</sup>이었으나 실제측정치는 11kg/cm<sup>2</sup>을 상

회하였고 SW-2종의 감자상자는 예상강도보다 10% 가량 높은 것으로 나타났다.

[표 6]에서 습도증가에 따라 파열강도는 반비례로 감소하고 있는데 전체적인 추세를 보다 구체적으로 알아보기 위하여 [그림 1]과 같이 나타내었다.

DW보다는 SW가 변화율이 크게 나타나고 있



[표 9] 20℃에서 상자압축강도 시험결과

시험조건 : 20℃, 55%RH

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	502.5	403.6	503.9	165.3
2	453.6	426.1	511.8	218.0
3	455.4	365.1	527.7	219.3
4	444.7	429.8	512.3	184.9
5	471.2	434.0	483.3	209.1
6	468.9	376.7	493.4	207.2
7	500.4	376.7	567.4	181.4
8	499.3	416.2	553.6	159.1
9	488.8	408.5	508.0	189.2
10	512.9	390.3	520.5	199.5
평균	479.77	420.00	518.19	193.30
표준편차	24.04	24.49	25.79	20.95
최고치	512.9	434	567.4	219.3
최저치	444.7	365.1	483.3	159.1

시험조건 : 20℃, 65%RH(표준조건)

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	451.3	377.1	463.5	220.2
2	471.8	361.7	480.8	167.5
3	474.6	379.1	458.9	204.9
4	471.9	385.3	495.8	195.9
5	437.1	376.4	491.3	165.5
6	463.5	380.9	466.9	162.9
7	482.6	386.6	515.2	202.5
8	437.4	363.3	435.6	194.8
9	469.0	346.6	490.6	192.8
10	453.4	355.7	472.1	188.1
평균	461.26	371.27	477.07	189.51
표준편차	15.76	13.55	22.52	18.85
최고치	482.6	386.6	515.2	220.2
최저치	437.1	346.6	435.6	162.9

시험조건 : 20℃, 75%RH(황원황습)

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	435.6	206.1	466.3	179.3
2	464.8	390.6	433.5	169.3
3	479.5	378.7	488.3	184.9
4	478.1	389.0	479.7	179.3
5	466.3	367.8	436.1	186.7
6	446.6	376.4	444.0	187.0
7	466.3	361.2	430.1	176.8
8	461.0	376.1	465.4	187.2
9	452.0	375.2	448.9	179.7
10	437.4	373.8	518.7	193.4
평균	457.16	359.46	489.10	181.37
표준편차	14.46	54.58	28.36	6.82
최고치	476.1	390.5	518.7	193.4
최저치	435.6	206.1	430.1	169.3

시험조건 : 20℃, 85%RH

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	444.0	323.3	353.7	155.0
2	411.2	326.2	414.9	165.0
3	357.3	343.5	362.9	149.4
4	385.1	338.5	364.6	147.9
5	406.1	326.1	404.6	159.4
6	366.0	318.9	383.7	165.3
7	361.6	357.3	371.1	167.5
8	396.6	337.0	349.3	176.9
9	393.2	339.7	392.2	126.1
10	361.2	343.8	369.5	148.6
평균	388.26	335.43	375.65	156.11
표준편차	27.80	11.72	21.67	14.17
최고치	444	357.3	414.9	176.9
최저치	357.3	318.9	349.3	126.1

는데 이는 표면지인 SK180의 품질이 상대적으로 좋지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

[그림 2]는 강도저하율을 나타내는 것으로서 습도가 높아질수록 SW가 DW 보다 강도저하가 크게 나타나고 있다.

### 3-2-2. 수직압축강도

골판지 원단의 수직압축강도시험결과를 [표 7]과 같이 나타내었다.

파열강도와 마찬가지로 원지구성이 동일할 경우 수직압축강도도 동일하게 나타나기 때문에

시험조건 : 20℃, 85%RH

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	223.7	226.5	248.6	93.5
2	248.1	240.3	254.8	118.4
3	254.1	233.6	264.3	89.6
4	235.9	255.6	274.3	90.7
5	252.0	238.8	266.2	76.7
6	235.3	201.2	273.9	83.3
7	225.1	228.8	246.1	82.2
8	248.6	225.6	252.0	92.3
9	247.8	243.1	259.3	88.5
10	298.6	236.0	273.9	113.9
평균	246.93	232.95	261.34	92.91
표준편차	21.15	14.28	10.77	13.32
최고치	298.6	255.6	274.3	118.4
최저치	223.7	201.2	246.1	76.7

배추(DW)와 감자(SW)만을 시험대상으로 하였으며 사과와 배는 배추의 결과와 같다고 볼 수 있다.

골판지상자를 화물 압축강도시험기에 직접 시험할 경우 수직압축강도 시험은 별로 의미가 없으나 검증차원에서 시험을 실시하였다.

시험결과의 정리도 파열강도시험결과와 동일하게 처리하였다. [표 8]은 10회 시험치의 평균값을 상대습도에 대하여 정리한 것으로서 이를 알아보기 쉽게 [그림 3]과 [그림 4]로 다시 정리하였다.

[그림 3]에서 수직압축강도의 저하는 75%RH까지는 별로 일어나지 않지만 이후의 습도에서는 저하율이 급속도로 커지고 있음을 알 수 있다.

이러한 경향은 SW가 DW보다 심한데, 파열강도가 liner만 관계되는데 비해 수직압축강도는 구성원지 전체와 관계가 있기 때문에 이러한 경향은 정상적인 것으로 보여진다.

결론적으로 상대습도가 75%에 이를 때까지는 내수지의 필요성이 별로 제기되지 않으나 이후에는 압축강도의 급격한 저하를 막기 위해서 내수지가 필요하다고 볼 수 있다.

### 3-2-3. 상자 압축강도

골판지상자에 대한 직접적인 압축강도시험은 1차년도 사업의 핵심적인 사항이기 때문에 5℃와 20℃의 두 가지 경우에 대하여 시험을 실시하였다.

우선 표준온도인 20℃에서 습도를 55%RH부터 95%RH까지 5단계로 변화시키면서 압축강도를 측정된 내용을 표 9와 같이 나타내었다.

[표 10]은 55%RH를 제외하고 4가지 습도에 대한 평균적인 압축강도 변화를 품목마다 각각 나타낸 것이다.

[표 10] 습도에 따른 상자압축강도 변화

사과			배			배추			감자		
상대습도	사과평균	% loss	상대습도	배평균	% loss	상대습도	배추평균	% loss	상대습도	감자평균	% loss
65%RH	461.26	0.00	65%RH	371.27	0.00	65%RH	477.07	0.00	65%RH	189.51	0.00
75%RH	457.16	0.89	75%RH	359.46	3.18	75%RH	461.10	3.35	75%RH	182.37	3.77
85%RH	388.26	15.83	85%RH	335.43	9.65	85%RH	376.65	21.05	85%RH	156.11	17.62
95%RH	246.92	46.47	95%RH	232.95	37.26	95%RH	261.34	45.22	95%RH	92.91	50.97



# 특 집

(표 11) 5℃에서 상자압축강도 시험결과

시험조건 : 20℃, 65%RH(표준조건)

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	451.3	377.1	463.5	220.2
2	471.8	361.7	480.8	167.5
3	474.6	397.1	458.9	204.9
4	471.5	285.3	495.8	195.9
5	437.1	376.4	491.3	165.5
6	463.5	380.5	466.9	162.9
7	482.6	386.6	515.2	202.5
8	437.4	363.3	435.6	194.8
9	469.0	346.6	490.6	192.8
10	453.4	355.7	472.1	188.1
평균	461.26	371.27	477.07	189.51
표준편차	15.76	13.55	22.52	18.85
최고치	482.6	386.6	515.2	220.2
최저치	437.1	346.6	435.6	162.9

시험조건 : 5℃, 75%RH(항원항습)

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	414.3	328.7	377.9	138.6
2	397.8	323.9	404.0	144.8
3	413.3	338.0	373.1	132.0
4	421.6	336.2	396.7	145.2
5	388.4	377.9	389.8	160.8
6	394.6	323.3	402.0	132.0
7	433.3	319.2	373.9	129.2
8	399.4	322.4	367.2	124.3
9	412.3	336.2	393.6	130.4
10	344.3	329.5	408.4	115.1
평균	401.86	333.73	388.66	135.14
표준편차	24.62	17.48	14.64	12.66
최고치	433.3	379.9	408.4	160.8
최저치	343.3	319.2	367.2	115.1

시험조건 : 5℃, 85%RH

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	379.0	298.7	377.8	172.1
2	364.9	341.7	382.3	144.9
3	379.8	337.4	362.6	140.3
4	362.1	362.4	371.6	131.7
5	390.1	301.2	390.0	149.9
6	365.7	351.8	382.5	133.9
7	368.6	320.8	369.9	135.6
8	363.9	315.5	386.2	163.6
9	407.8	311.2	386.6	151.1
10	381.6	351.6	391.8	172.9
평균	376.35	319.63	380.13	146.60
표준편차	14.48	18.37	9.50	15.34
최고치	407.8	315.8	391.8	172.9
최저치	362.1	298.7	362.6	131.7

시험조건 : 5℃, 95%RH

시험단위 : kgf

시험번호	사과(A)	배(B)	배추(C)	감자(D)
1	247.5	223.5	268.5	81.4
2	284.6	212.5	302.8	86.5
3	265.3	240.2	317.3	89.6
4	300.6	240.2	313.4	88.7
5	276.3	223.5	311.8	79.8
6	282.2	223.1	278.2	91.2
7	272.9	226.0	291.3	77.4
8	271.1	221.0	277.8	84.8
9	295.5	209.6	290.0	83.8
10	293.6	218.9	271.7	81.2
평균	279.26	223.85	292.36	84.38
표준편차	15.82	10.03	18.05	4.57
최고치	300.6	240.2	317.3	91.2
최저치	247.5	209.6	268.5	77.4

(표 12) 습도에 따른 상자압축강도 변화

	사과			배			배추			감자		
	상대습도	사과평균	% loss	상대습도	배평균	% loss	상대습도	배추평균	% loss	상대습도	감자평균	% loss
65%RH	461.26	0.00	65%RH	371.27	0.00	65%RH	477.07	0.00	65%RH	189.51	0.00	
75%RH	401.86	12.88	75%RH	333.73	10.11	75%RH	388.66	18.53	75%RH	135.14	28.69	
85%RH	376.35	18.41	85%RH	319.63	13.91	85%RH	380.13	20.32	85%RH	149.60	21.06	
95%RH	276.26	39.46	95%RH	223.85	39.71	95%RH	292.36	38.72	95%RH	84.38	55.47	

[그림 5]와 [그림 6]에서 보는 바와 같이 압축 강도 저하는 75%RH를 기점으로 급속하게 커지고 있으며 이는 수직압축강도 시험의 경우와 동일한 결과를 보여주고 있다.

다만 표준온도 조건하에서는 SW가 DW보다 강도저하율이 더 크며 같은 재질간에는 상자 크기가 클수록 강도저하율이 커진다는 점을 확인하게 되었다.

[그림 5]의 저온에서 상자압축강도 시험결과를 [표 11]과 같이 나타내었다.

이중 65%RH 시험결과는 control 역할로서 20℃를 기준으로 한 것으로서 평균치를 정리하여 [표 12]에 나타내었다.

[그림 7]은 저온하의 상자압축강도는 표준온도와는 다른 결과를 나타낸다는 것을 보여준다.

보통 상온에서는 75%RH를 기점으로 압축강도가 급격히 하락하는데 비해 저온에서는 85%RH까지 압축강도 저하가 DW는 완만하게 이루어지고 SW에서는 오히려 증가하는 현상을 보여준다.

이는 저온유통체계에서 상대습도가 대개 85%를 벗어나지 않는다는 점을 고려할 때 매우 흥미있는 결과라고 보여진다.

이 범위를 넘어서면 강도저하가 급격하게 일어나게 되는데 상자의 크기에 관계없이 95%RH 정도의 고습도하에서는 저하율이 거의 비슷해지고 있다.

다만 SW가 DW보다 훨씬 크다는 점이 주목할 만 하다.

이 시험결과 습도를 일정하게 유지하고 온도를 변화시킬 경우 상자 압축강도의 변화를 측정해 볼 필요가 제기되었다.

## 4. 결론

내수지를 사용하지 않은 골판지상자를 제작하여 강도측정을 시행한 결과 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다.

파열강도는 습도가 높아짐에 따라 저하되지만 예측치보다는 크게 나타났다. 또한 SW가 DW에 비해 파열강도 저하율이 크게 나타나고 있다.

수직압축강도는 표준온도인 20℃에서는 75%RH에서 급격한 저하를 보여주고 있으나 냉장온도인 5℃에서는 별다른 변화를 보여주고 있지 않다.

상자 압축강도는 수직압축강도에서와 마찬가지로 75%RH에서 급격한 강도저하를 보여주고 있다. 다만 SW가 DW보다 저하율이 크고 주변 장이 클수록 저하율도 커지는 것으로 나타난다.

저온(5℃)이하에서는 85%RH까지 강도 저하가 완만하게 일어나고 있으며 이후 급격하게 하락추세를 보여준다.

95%RH에서는 강도저하율이 거의 비슷하게 나타나는데 이는 상자로서의 보호기능이 심각할 정도로 약화된 상태이기 때문에 별다른 의미는 없다.

위의 실험결과를 요약하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 상대습도가 75% 이상이 되는 시점부터 내수지의 적용이 필요한 것으로 나타난다. 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 발수처리가 필요하다. ☐