

## 과채류 포장용 골판지 상자의 저장온도와 습도에 따른 물리적 특성 변화

이 명 훈<sup>1)†</sup> · 조 중 연<sup>2)\*</sup> · 신 준 섭<sup>2)\*</sup>

(2001년 1월 12일 접수; 2002년 2월 12일 채택)

### Changes of the Physical Properties of Corrugated Fiberboard Boxes for Fruit and Vegetable Packaging by Preservation Temperature and Relative Humidity

Myung-Hoon Lee<sup>1)†</sup>, Jung-Yeon Jo<sup>2)\*</sup>, and Jun-Seop Shin<sup>2)\*</sup>

(Received on January 12, 2001; Accepted on February 12, 2002)

#### ABSTRACT

This study was carried out to analyze the effects of preservation temperature and relative humidity to the physical properties of corrugated fiberboard boxes for fruit and vegetable packaging.

The preservation temperature did not affect severely to physical properties of corrugated fiberboard. Relative humidity was a major cause of corrugated fiberboard box quality deterioration. The burst and compressive strengths of experimental boxes measured with Mullen high pressure tester and ring crush tester were decreased gradually as relative humidity increased from 55% to 75%. But, the strength properties slightly decreased relative humidity at 75% or higher. This tendency was the greater for single wall (SW) corrugated fiberboard box than that for double wall (DW).

It is suggested that development of the water-resistant corrugated fiberboard and box be needed that can be used under the condition of low temperature and high moisture content, which are being employed in the cold chain system.

**Keywords** : *corrugated fiberboard box, moisture content, temperature, relative humidity, burst strength, compressive strength, cold chain system*

• 본 논문은 2000년도 농림부 농림기술관리센터 주관의 농림기술개발연구 첨단기술개발과제(유통분야) 지원 사업에 의해 수행된 결과의 일부임.

1) 한국포장시스템연구소(The Institute of Korea Packaging Systems, Hankook Bldg. 301, 4th Street, Dongsun-dong, Sungbook-gu, Seoul 136-054, Korea).

2) 용인송담대학 제지·패키징시스템과(Dept. of Paper & Packaging System, Yong-In Songdam College, Mapyoung-Dong 571-1, Yongin-si, Kyoungki-do 449-710, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: ikps@chollian.net

## 1. 서론

최근 우리 나라에서도 농산물의 상품성 제고와 신선도의 저하에 따른 손실률 감소를 위해 저온유통시스템(cold chain system)이 확산되고 있다.<sup>1-6)</sup> 이에 따라 농산물의 골판지상자 사용이 일반화되고 저온유통시스템이 확산될 것에 대비하여 농림부에서도 모든 농산물의 포장을 저온유통체제로 전환한다는 목표 아래 2000년부터 5개년 계획으로 기존의 124개 농산물 표준출하규격을 개정하고 있다.

한편, 많은 골판지 생산업체는 농산물 표준규격에 나와 있는 규격에 따라 겉포장상자의 표면에  $R_2 \sim R_6$  정도의 발수 처리를 시행하고 있으나<sup>7)</sup> 현재 발수 처리되어 유통되고 있는 상자의 경우 온도 및 주변의 습기 변화에 의한 강도저하에 적절히 대처하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 상자의 파손을 방지하기 위해 사용자들은 점차 고강도 재질의 상자를 요구하고 이는 과대표장으로 이어져 농산물 유통에서의 원가상승의 원인이 되고 있다. 농산물의 포장비용이 높아지면 이는 곧 농산물 단가의 인상으로 이어져 물가인상을 초래하게 되고 현재 정부에서 농산물 포장의 확산을 위하여 지원하고 있는 보조금도 동반 상승하는 등 경제적인 손실이 불가피하게 된다.

이에 발수성이 높으면서도 강도도 높은 소위 기능성 골판지 개발에 관한 연구가 이루어져 왔으나 골판지 원지에 첨가되는 물질위주로 개발이 되었고 실제로 골판지 생산과정에서의 적용방법 등 이에 대한 기술축적이 미비한 실정이다. 또한 골판지 상자의 생산비가 경제적으로 불합리하거나 실제로 골판지 상자 제작과정에서 여러 가지 문제점이 발견되는 등 실효를 거두지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 발수성보다는 내수 및

내습성을 갖는 과채류용 골판지 원단 및 상자를 직접 제작하여 저장온도와 습도 변화에 따른 물리적 특성을 파악함으로써 농산물의 저온유통시스템용 골판지를 개발하기 위한 기초 자료로 제시하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험용 골판지 상자의 제작

#### 2.1.1 규격

실험용 골판지 상자의 형태와 크기는 농산물 표준출하규격 중 생산수량과 유통량이 많은 배추, 감자 2종류에 대해 Table 1과 같이 선택하였다.

#### 2.1.2 원지배합

농산물 표준 출하규격에 명시된 바와 같이 골판지 상자의 재질선택에 있어서 배추는 이중양면골판지(DW)를, 감자는 양면골판지(SW)를 택하였으며 이에 상응하는 구성 원지 배합기준을 Table 2와 같이 결정하였다. 이때 예상되는 압축강도는 Kellicutt식에 의해 산출한 수치이며 예상 파열강도는 구성 라이너 원지의 공인 파열강도의 합을 나타낸다.

### 2.2 저온유통시험

골판지 상자의 저온유통시험을 위한 온도는 하한 5℃, 상한 30℃로 설정하였고, 습도는 표준조건인 상대습도 65%와 75%, 85%, 그리고 가장 가혹한 조건인

Table 1. Experimental corrugated fiberboard box dimensions

Fruits	Weight (kg)	Dimension (L×W×H, mm)	Remark
Cabbage	10	510 × 360 × 190	0200 type
Potato	10	440 × 330 × 240	0201 type (old A1 type)

Table 2. Corrugated fiberboard boxes and its physical properties

Friut	Box type	Base paper combination	RCT (kg <sub>r</sub> )*	Burst (kg/cm <sup>2</sup> )*
Cabbage	DW (1st class)	SK180/S120/S120/S120/K <sub>2</sub> 200	380	12.9
Potato	SW (1st class)	SK180/S120/K <sub>2</sub> 200	265	9.0

\* Estimated value calculated from Kellicutt equation.

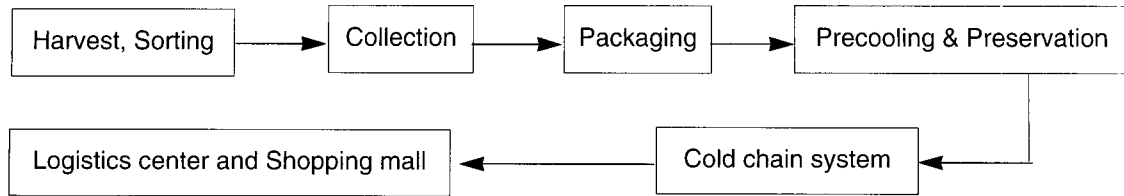


Fig. 1. Logistics flow of experimental fruits and vegetables.

95%를 실험조건으로 하였다. 각각의 습도는 Table 3의 포화염용액을 담은 데스케이터를 준비하여 시료를 24시간 이상 적치하여 구하였다.

Table 3. Saturation solutions and their relative humidities (RH)

Solution	RH (%)
Sodium Nitrite (NaNO <sub>2</sub> )	66
Sodium Chloride (NaCl)	75
Potassium Chloride (KCl)	85
Potassium Nitrite (KNO <sub>3</sub> )	93

### 2.3 농산물의 유통조건 및 조건 조사

#### 2.3.1 유통경로

농산물의 유통경로는 품목별로 약간씩의 차이를 보이고 있으나 대개 비슷한 채널로 유통된다고 볼 수 있다. Fig. 1은 배추 및 감자의 유통경로를 나타내고 있다.

#### 2.3.2 온도와 습도

농산물에 있어서 수확 후 관리를 위한 적정 온·습도는 품목별로 다양하게 나타나고 있지만 대상품목으로 설정한 배추 및 감자의 적정 온·습도는 Table 4와

Table 4. Preservation conditions of experimental vegetables

Fruit	Temp.(°C)	RH (%)	Preservation (Week)	Freezing point (°C)
Cabbage	-1.0 ~ 5	65 ~ 90	3 ~ 4	-2.4
Potato	-1.0 ~ 5	65 ~ 90	5 ~ 6	-3.5

Table 5. The changes of burst strength in corrugated fiberboard by relative humidity at 20°C

(Unit : kg/cm<sup>2</sup>)

Condition Test	55%RH		65%RH		75%RH		85%RH		95%RH	
	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato
1	10.8	7.9	10.6	7.8	9.8	7.3	7.5	6.8	6.9	5.7
2	10.1	8.8	10.0	8.0	9.1	7.1	8.6	6.4	6.5	5.5
3	10.5	7.9	10.1	7.6	9.2	7.8	8.4	6.6	7.5	5.4
4	10.9	8.2	10.1	7.6	9.5	7.9	9.2	6.7	7.8	5.2
5	11.3	9.1	8.9	8.3	8.9	7.1	8.1	6.4	7.1	5.7
6	11.5	9.4	10.4	7.9	8.9	7.6	8.3	7.5	7.3	5.3
7	9.9	9.2	9.5	8.4	9.4	7.9	8.9	6.7	7.2	5.6
8	10.9	8.6	11.3	7.6	8.9	8.3	8.1	7.5	6.7	5.5
9	11.2	8.8	10.7	8.8	9.2	7.6	8.2	6.9	6.5	5.5
10	11.8	8.8	10.5	8.7	9.1	7.8	8.3	6.8	7.3	5.1
Average	10.89	8.67	10.21	8.07	9.20	7.64	8.36	6.83	7.08	5.45

**Table 6. Burst strength (BS) loss of corrugated fiberboard by relative humidity at 20°C**

Item RH, %	Cabbage (DW)		Potato (SW)	
	Burst strength (average)	BS loss, %	Burst strength (average)	BS loss, %
55	10.89	-	8.67	-
65	10.21	6.2	8.07	6.9
75	9.20	9.9	7.64	5.3
85	8.36	9.1	6.83	10.6
95	7.08	15.3	5.45	20.2

같다. 농산물 전체적으로는 적정 온도가 -1°C~+21°C, 적습습도가 70%~95%RH의 범위에 분포하고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 습도 변화에 따른 골판지 원지의 강도 변화

趙 등<sup>8)</sup>은 과실포장용 골판지 상자의 온습도에 따른 강도 변화에서 골판지 상자의 경우, 온도보다는 습도의 영향이 크게 나타난다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 저장온도를 20°C로 유지하고 습도를 변화시켰을 때 나타난 골판지 원지의 강도 변화를 살펴보았다.

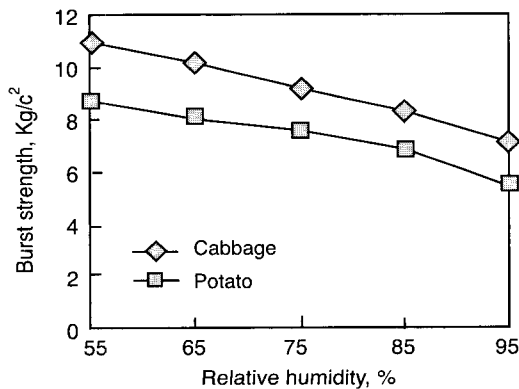
Table 5는 배추와 감자 포장용 골판지 원지의 습도 변화에 따른 파열강도를 나타낸 것이다. 시료는 각각 10매씩을 채취하여 전처리한 후 시험하였다. Table 6은 상대습도별 파열강도의 변화와 이에 따른 강도 저하율을 나타낸 것이다. 일반적으로 알려진 바와 같이 상대습도가 증가함에 따라 파열강도는 감소하고 있는

데, 감소 경향을 보다 구체적으로 알아보기 위하여 Fig. 2와 같이 나타내었다.

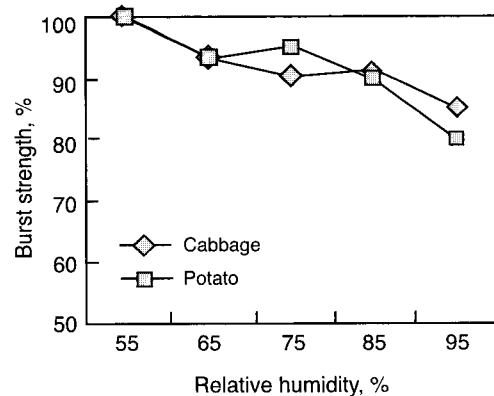
Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 배추포장용 상자에 많이 이용되는 이중양면 골판지 원지(DW)보다는 감자포장용 상자에 많이 쓰이는 양면 골판지 원지(SW)의 변화율이 크게 나타나고 있는데 이는 골판지의 구조적 차이와 표면 라이너로 사용된 원지(SK180)의 품질 차이에서 기인한다고 생각된다. 또한, Fig. 3은 파열강도 저하율을 나타낸 것으로 주위의 상대습도가 높아질수록 감자포장용 골판지 원지가 배추포장용 원지보다 그 저하율이 크게 나타났다. 즉, 저장시 상대습도가 높아질수록 일반적으로 골판지의 강도는 저하하며, 그 저하 정도는 양면 골판지가 이중양면 골판지보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

한편, 골판지 원지의 수직압축강도(endwise compressive strength)를 측정할 결과를 Table 7 및 8에 나타내었다. Table 8은 10회 측정된 시험치의 평균값을 상대습도의 변화에 대하여 정리한 것으로 이를 Fig. 4 및 5로 나타내었다.

Fig. 4에서 상대습도 85%까지는 수직압축강도의



**Fig. 2. Relationship between relative humidity and burst strength in corrugated fiberboard at 20°C.**



**Fig. 3. Burst strength loss by relative humidity changes.**

**Table 7. The changes of compressive strength in corrugated fiberboard by relative humidity at 20 °C**

(Unit : kgf)

Condition Test	55%RH		65%RH		75%RH		85%RH		95%RH	
	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato
1	338	214	322	195	308	189	294	171	181	109
2	321	201	317	198	310	191	296	167	175	111
3	343	213	311	193	306	193	291	167	179	110
4	328	206	318	197	307	194	301	164	185	112
5	329	208	316	197	311	194	302	167	194	115
6	334	201	318	203	309	195	299	170	188	110
7	331	203	321	202	308	198	300	166	175	112
8	325	208	315	199	303	191	295	167	185	111
9	349	206	319	193	305	192	296	170	188	115
10	337	210	320	198	304	191	298	162	191	115
Average	333.50	207.00	317.70	197.50	307.10	192.80	297.20	167.10	184.10	112.00

**Table 8. Compressive strength (RCT) loss of corrugated fiberboard by relative humidity at 20 °C**

RH, %	Item	Cabbage		Potato	
		RCT (average)	RCT loss, %	RCT (average)	RCT loss, %
55		333.50	-	207.0	-
65		317.70	4.7	197.65	4.5
75		307.10	3.3	192.80	2.5
85		297.20	3.2	167.10	13.3
95		184.10	38.1	112.00	33.0

**Table 9. The changes of compressive strength in corrugated fiberboard box by relative humidity at 20 °C**

(Unit: kgf)

Condition Test	65%RH		75%RH		85%RH		95%RH	
	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato
1	489.3	388.2	455.4	361.2	444.2	345.9	226.5	215.2
2	491.2	376.9	463.5	371.2	431.2	343.6	235.1	213.8
3	488.2	382.3	453.2	369.5	436.5	343.5	232.4	212.6
4	483.3	392.1	451.2	364.5	429.8	338.5	232.6	206.5
5	479.5	386.3	456.4	367.8	429.9	336.9	230.1	206.8
6	483.6	383.4	463.2	366.3	432.1	339.8	232.4	203.2
7	482.4	387.6	455.7	361.2	440.2	347.3	232.2	210.9
8	493.6	377.7	453.6	365.4	431.2	341.2	235.6	215.6
9	479.6	379.5	462.0	361.0	440.3	339.8	234.6	212.4
10	483.6	388.2	457.4	369.1	439.8	343.5	235.6	216.0
Average	485.43	384.22	457.16	365.72	435.52	342.00	232.71	211.30

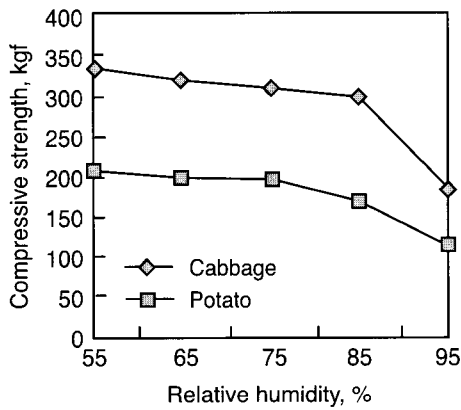
저하가 두드러지지 않으나 85% 이후에서는 그 저하율이 급속도로 커지고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 감자포장용 골판지 원지(SW)가 배추포장용 골판지 원지(DW)보다 크게 나타났으며, 일반적으로 파열강도가

주로 라이너의 영향을 많이 받는 데 비해 수직압축강도는 골판지를 구성하고 있는 원지 전체와 관계가 있기 때문으로 생각된다.

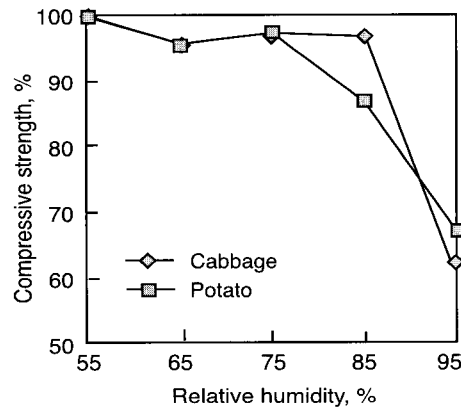
일반적으로 사이즈제 및 발수제 처리를 행하는 과제

**Table 10. Compressive strength (RCT) loss of corrugated fiberboard box by relative humidity at 20 °C**

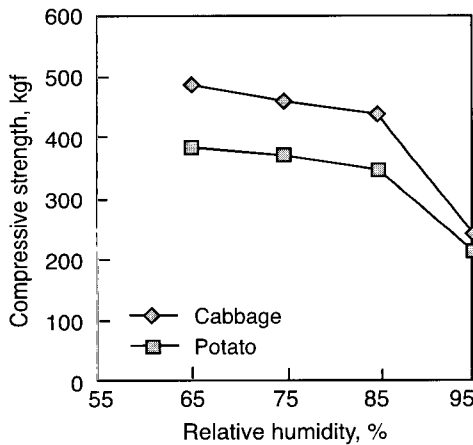
RH, %	Item	Cabbage		Potato	
		RCT (average)	RCT loss, %	RCT (average)	RCT loss, %
65		485.43	-	384.22	-
75		457.16	5.8	365.72	4.8
85		435.52	4.7	342.00	6.5
95		232.71	46.6	211.30	38.3



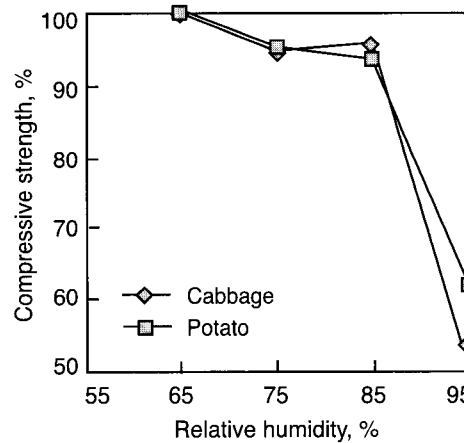
**Fig. 4. Relationship between relative humidity and compressive strength in corrugated**



**Fig. 5. Compressive strength loss by relative humidity changes.**



**Fig. 6. Relationship between relative humidity and compressive strength in corrugated fiberboard box at 20 °C.**



**Fig. 7. Compressive strength loss by relative humidity changes at 20 °C.**

류 포장용 골판지 원지의 경우 상대습도가 85%에 이를 때까지는 발수제와 같은 처리만으로 골판지 상자의 압축강도 저하를 어느 정도 방지할 수 있으나, 그 이상

의 습도에서 압축강도의 급격한 저하를 막기 위해서는 발수제 처리 이외의 방수 또는 방습 등 다른 형태의 내수처리가 필요하다.

**Table 11. The changes of compressive strength in corrugated fiberboard box by relative humidity at 5℃**

(Unit : kgf)

Condition Test	65%RH		75%RH		85%RH		95%RH	
	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato	Cabbage	Potato
1	491.5	390.1	477.5	377.4	459.6	365.4	248.6	235.4
2	489.4	389.4	469.7	369.7	454.2	355.4	239.7	222.4
3	485.6	379.2	471.1	376.2	444.2	352.6	240.2	231.6
4	487.4	385.6	470.3	375.1	451.6	356.7	241.3	230.0
5	489.5	383.2	465.4	371.0	449.8	349.7	237.8	235.7
6	488.4	379.4	469.2	369.8	458.6	350.1	236.1	219.0
7	489.6	384.4	470.2	370.2	459.7	349.7	221.5	231.2
8	476.9	386.6	469.5	371.2	459.7	350.6	230.1	221.5
9	481.4	379.8	468.4	370.3	455.8	348.7	229.5	212.3
10	484.5	378.9	470.1	365.7	449.9	351.2	240.3	217.5
Average	486.42	383.66	470.14	371.66	454.31	353.01	236.51	225.66

**Table 12. Compressive strength (RCT) loss of corrugated fiberboard box by relative humidity at 5℃**

RH, %	Item	Cabbage		Potato	
		RCT (average)	RCT loss, %	RCT (average)	RCT loss, %
65		486.42	-	383.66	-
75		470.64	3.2	371.66	3.1
85		454.31	16.3	353.01	5.0
95		236.51	47.9	225.66	36.1

### 3.2 습도 변화에 따른 골판지 상자의 강도 변화

과채류 포장용 골판지 상자에 대한 압축강도시험도 저장온도를 20℃로 유지하면서 습도를 65%, 75%, 85% 및 95%로 변화시킨 후 처리된 시편의 강도를 측정하였다. 상자의 압축강도시험에는 압축판의 넓이가 1 m<sup>2</sup>인 화물 압축강도시험기를 사용하였으며, KS A 1012(포장화물 및 용기의 압축시험방법)에 의거, 상하 날개를 접은 빈 상자를 압축판의 중앙에 놓아 가압시 불균형하중을 받지 않도록 하였다.

저장온도 20℃에서 습도를 65%부터 95%까지 4단계로 변화시키면서 압축강도를 측정한 결과를 Table 9에 나타내었다. Fig. 6 및 7에서 알 수 있는 바와 같이 상자의 압축강도 저하도 골판지 원지의 경우와 비슷하게 상대습도 85%를 분기점으로 하여 급속하게 증가하고 있음을 알 수 있다.

이것은 역시 양면 골판지(SW)로 만든 골판지 상자가 이중양면 골판지(DW)로 제작한 상자보다 압축강도 저하율이 크며 같은 재질일 경우에는 골판지 상자의

크기가 클수록 강도 저하율이 증가함을 알 수 있었다.

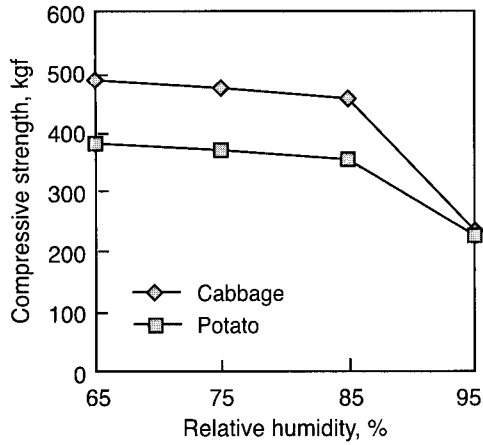
한편 저온유통시스템의 경우를 상정하기 위해 5℃의 저온에서 상대습도를 65%~95%까지 변화시켰을 때의 골판지 상자의 압축강도를 측정하였다. Table 11, 12 및 Fig. 8, 9에서 알 수 있는 바와 같이 저온하의 상자압축강도의 변화는 상온인 20℃의 경우와는 다른 결과를 보였다.

앞에서 살펴본 바와 같이 상온에서는 75%를 기점으로 상자의 압축강도가 급격히 하락하는 데 비해 저온에서는 85%까지 압축강도가 어느 정도 유지되고 있으며 양면 골판지인 배추포장용 상자가 배추포장용 상자(이중양면 골판지)보다 비교적 그 경향이 높게 나타났다.

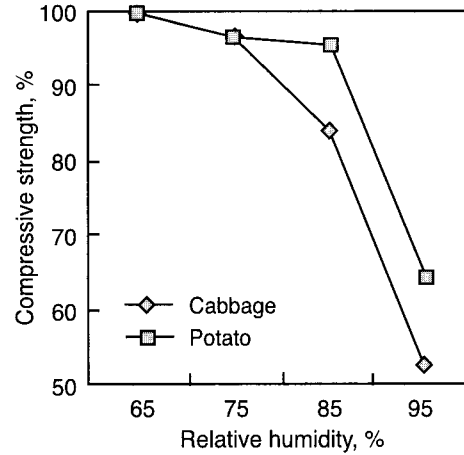
## 4. 결론

과채류 걸포장용 골판지 상자를 제작하여 저장온도와 습도 변화에 따른 강도 특성을 분석한 결과, 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 일정한 온도에서 상대습도가 높아짐에 따라 골판지



**Fig. 8. Relationship between relative humidity and compressive strength in corrugated fiberboard box at 5°C.**



**Fig. 9. Compressive strength loss by relative humidity changes at 5°C.**

원지의 파열강도는 저하되며, 이중양면 골판지(배추 포장용)가 양면 골판지(감자포장용)에 비해 파열강도 저하율이 크게 나타났으며 원지의 수직압축강도는 상대습도 85% 이후에서 급격한 저하를 보였다.

2. 골판지 상자의 압축강도는 저장온도 20°C에서 원지의 수직압축강도에서와 비슷하게 상대습도 75%에서 급격하게 저하하였으나 저온(5°C)하에서는 85%까지 강도 저하가 완만하게 일어났으며 이후 급격하게 하락하였다.

### 인용문헌

1. 浜口啓一, 生鮮食品包装の最近の傾向, 包装技術, Vol. 28, No. 7, pp. 4-18 (1990).
2. 石谷孝佑, 青果物包装技術から見た鮮度保持の現象と問題點, PACKPIA, No. 6, pp. 21-27

(1993).

3. 横山理雄, 生鮮食品の鮮度保持包装の實際, PACKPIA, No. 10, pp. 63-74 (1993).
4. 石谷孝佑, 青果物鮮度保持用機能性包装材料, 食品と容器, Vol. 31, No. 8, pp. 428-435 (1990).
5. 하영선, 농수산물의 신선포장과 국가경쟁력 제고 방안, 제2회 국제포장심포지엄 요약집, pp. 39-63 (1995).
6. Swartz, H. G., In Food Packaging and Preservation, Elsevier Science Publishing Co., Inc., pp. 115-135 (1986).
7. 국립농산물품질관리원, 농산물표준규격 (1999).
8. 조중연, 민춘기, 신준섭, 이명훈, 손기주, 과실 포장용 골판지 상자의 온습도에 따른 강도 변화, 한국포장학회지, 제7권, 제2호, pp. 43-51, 2001.