

습도조건에 따른 골판지 원지의 Ring Crush 강도 예측 모델링

이준호 · 김수일* · 하영선

대구대학교 식품생명화학공학부, *경북과학대학 패키징계열

Prediction Modeling of Linerboard's Ring Crush Strength as Affected by Relative Humidity

Jun Ho Lee, Su Il Kim* and Young Sun Ha

Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University

*Division of Packaging, Kyongbuk College of Science

Abstract

Moisture absorption and desorption characteristics of four typical linerboards (IK, SC, KA and SK) as affected by storage time and relative humidity conditions were compared. Changes in the ring crush strength of the linerboards were also measured depending on the relative humidity conditions, and a mathematical model describing the compression strength as influenced by storage time and relative humidity conditions was proposed. Linerboards absorbed the moisture at higher than 55% RH conditions while they lost the moisture if the RH conditions were below 55%. All samples reached their equilibrium moisture content within 24 hrs. The compressive factor decreased as the relative humidity increased regardless of linerboards as expected. The compression strength of fiberboard boxes could be reasonably well estimated by the prediction models in accordance with the storage time and relative humidity conditions.

Key words: linerboards, relative humidity, time, prediction modeling, ring crush strength

서 론

농산물은 수분함량이 높고 품질변화가 심하여 공산품에 비해 유통기간이 짧고 유통조건이 까다로워 생산원가 구성비에서 물류비가 차지하는 비율이 높은 특성을 가지고 있으며 대부분이 골판지 상자를 이용해 포장되고 있다(Ha와 Kim, 1997). 농산물 포장용으로 골판지상자가 가장 많이 사용되고 있는 것은 타 포장재료에 비해 재활용이 가능하고, 가격이 저렴하며, 인쇄가 간편한 것 등 현대적 의미의 포장이 요구하는 조건에 잘 부합하고 있으나 수분 흡수에 따른 강도 저하가 가장 큰 문제점으로 지적

되고 있다(Lee *et al.*, 2000).

습도조건에 따른 골판지 원지 및 상자의 강도 변화에 관한 연구 중 Kellicutt와 Landt(1951)는 골판지의 함수율과 상자의 압축강도는 깊은 관계가 있다고 보고하였으며, Hanlon(1994)은 골판지상자 압축강도 감소요인을 열거하면서 주위의 상대습도가 90%일 때 압축강도의 약 60%가 감소하였다고 보고하였다. Peleg(1981)는 저온다습상태(3.3°C, 92% RH)에서의 골판지상자의 압축강도와 임계하중은 표준상태(22.8°C, 50% RH)에 비해 54%와 65%의 강도저하가 있었다고 보고하였으며, 그 후 Peleg(1985)는 골판지상자의 함수율과 주위의 상대습도 평행에 대하여 만약 평행상태에 있지 않다면 서로 다른 상대습도의 영향으로 골판지의 안팎은 함수율과 온도 차이가 유발된다고 보고하였다. 또한 저장실내의 공기와 상자내의 공기조건이 서로 평행상태에서만 이와 같은 분석이 가능하다고 지적한 바 있다(Peleg,

Corresponding author: Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea
Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539
E-mail: leejun@daegu.ac.kr

1984). 이준호 등(1999; 2000)은 온·습도 변화에 따른 라이너원지 및 골심지의 ring crush 강도는 93% RH조건에서 초기강도에 비해 40~58%의 열화 현상이 나타났다고 보고하였다. 박종민 등(1994)은 골판지의 함수율이 초기에 비해 8% 증가함에 따라 골의 붕괴력은 46~64% 감소하였다고 보고하는 등 골판지상자의 압축강도열화에 수분이 직접적으로 작용한다는 사실을 잘 나타내주고 있다. 그러나 농산물 유통의 경우 유통조건과 저장기간이 각기 다르기 때문에 시간과 습도조건에 대한 상자의 압축강도 예측이 어려워 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 습도와 시간변화에 대한 골판지상자의 압축강도 예측시 필요한 골판지 원지의 ring crush 강도 값에 대하여 습도와 시간 변화에 따른 강도 예측 모델링을 실시하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

현재 골판지상자의 제조에 많이 사용되고 있는 대표적인 골판지 원지를 구입하여 실험에 사용하였다(Table 1).

습도조건 설정

여러 가지 상대습도 조건(11~93% RH)을 유지하기 위하여 각종 포화염용액(LiCl(11% RH), MgCl₂·6H₂O(33% RH), K₂CO₃(44% RH), Mg(NO₃)₂·6H₂O(55% RH), NaNO₂(66% RH), NaCl(75% RH), KCl(85% RH), KNO₃(93% RH))을 제조하여 데시케이터에 넣고 20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다(Karel *et al.*, 1975).

흡습·탈습특성 측정

골판지 원지의 흡습·탈습특성을 측정하기 위하여 습도조절이 된 데시케이터에 원지를 넣은 후 1

시간마다 수분함량 변화를 측정하였다. 골판지 원지의 초기수분함량은 시험용지 채취방법(KS M 7011, 1990)에 따라 골판지 원지가 감겨있는 두루말이의 바깥 층으로부터 1 cm 이상의 안쪽의 것을 채취하여 적외선 수분측정기(Model MB-200, OHAUS, USA)에 약 5 g의 시료를 넣은 후 수분시험 방법(KS M 7023, 1990)에 따라 105°C에서 15분간 측정하였다.

습도조건에 따른 ring crush 강도 측정

습도조건에 따른 골판지 원지의 ring crush 강도 변화는 판지의 압축강도 시험방법(KS M 7051, 1990)에 따라 측정하였으며, 다음과 같이 비(比)압축강도로 환산하여 나타내었다.

$$\text{Compress factor (kg}_f\text{/(g/m}^2\text{))} = \frac{\text{Compressive strength (kg}_f\text{)}}{\text{Basis weight (g/m}^2\text{)}} \times 100$$

예측 모델링

1) 습도와 시간변화에 따른 ring crush 강도 예측 모델링

골판지 원지의 ring crush 강도는 공기 중의 상대습도와 보관기간에 따라 변화되기 때문에 골판지 원지의 ring crush 강도 예측 모델 선정은 습도(H) 및 시간(t)에 따른 각각의 요인에 대하여 이차식의 함수형태를 가지는 아래의 모델을 가정하였다.

$$R_c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 t^2 + \beta_4 H + \beta_5 H^2 + \beta_6 tH$$

R_c : Ring crush strength (kg_f)
 t : Storage time (day)
 H : Relative humidity (% RH)
 $\beta_1 \sim \beta_6$: Parameters

예측 모델의 상대습도, 즉 H는 7개 구간(11~32%,

Table 1. General characteristics linerboards used in the experiment

Type	Basis weight (g/m ²)	Price (₩/kg)	R.C. ^a (kg _f)	B.S. ^b (kg _f /cm ²)	Maker
IK	175	750	22.9	7.1	Urocan
SC	240	950	39.6	8.2	Hansoljeji
KA	210	600	28.5	8.0	Asiajeji
SK	180	480	22.9	5.1	Asiajeji

^aR.C.: Ring crush strength in cross direction.

^bB.S.: Bursting strength.

33~43%, 44~54%, 55~65%, 66~74%, 75~84%, 85~93% RH) 중 유통조건을 감안하여 55% RH이 상의 조건으로 설정하여 SAS STEPWISE program을 이용하여 회귀분석을 이용해 모델링 하였다(이경의, 1985).

2) 모델 검증실험

예측값과 실측값의 유의성을 검증하기 위하여 SC240/K₂180/S120/AS₂40/K₂180의 재질구성으로 505 mm×350 mm×280 mm의 골판지상자를 제작한 후 60, 70, 80, 90% RH로 조절된 항온항습실에 보관하면서 시간경과에 따른 골판지상자의 압축강도를 측정(KS A 1012, 1990)하여 실측값을 구하였으며, 예측값의 경우 골판지 원지의 ring crush 강도 예측 모델링을 통하여 구하여진 ring crush 강도 값을 아래의 Kellicutt 식(Kellicutt와 Landt, 1951)에 대입하여 산출하였다. 습도 및 시간 변화에 따른 예측된 압축강도 값과 실측된 압축강도 값과의 유의성을 검증하기 위하여 상관계수(R²)와 %오차를 구하여 비교하였다.

여기서,

$$P = P_x \left(\frac{aX_2}{z/4} \right)^{2/3} \times Z \cdot J$$

P : 구하고자하는 압축강도 (lb_f)

P_x : 구성원지의 ring crush치의 합계

aX₂ : 골상수 (A골=8.36, B골=5.00, C골=6.10)

Z : 상자의 주변장=(장+폭)×2

J : 골판지 상자의 상수 (A골 상자=0.59, B골 상자=0.68, C골 상자=0.68)

결과 및 고찰

흡습·탈습특성

골판지 원지에 대한 흡습 및 탈습특성을 측정한 결과를 IK원지에 대해 Fig. 1에 대표적으로 나타내었다. 골판지 원지의 종류에 따라 약간의 차이는 있었으나 44~55% RH를 기준으로 그 이하에서는 탈습현상, 그 이상의 조건에서는 흡습현상이 나타났으며 습도조건이 높을수록 수분평형에 도달하는 속도가 빨라져 대부분 24시간 이내에 평형에 도달하였다. 이러한 결과는 박종민(1995)이 골판지의 흡습·탈습특성 시험에서 평형함수율에 도달하는데 20시간이 소요되었다는 결과와 유사하였다.

상대습도 조건에 따른 골판지 원지별 형평수분함

량은 Fig. 2에 나타나 있다. 흡습·탈습곡선의 형태에 있어 원지의 종류에 따른 큰 차이는 없었다. 11% RH 조건에서 각 원지의 평형수분함량을 살펴보면 SC 및 SK 원지의 수분함량이 3.6%, IK 원지는 3.7%로 낮게 나타났으나 KA 원지는 4.8%로 다소 높게 나타났다. 93% RH 조건에서 평형수분함량은 원지별로 큰 차이를 나타냈으며 SC 마니라는 13.3%, SK 원지는 14.5%, KA 원지는 15.4%, IK 원지는 16.4%로 높게 나타났다. IK 원지가 SK 원지보다 평형수분함량이 높은 것은 IK 원지의 원료는 100% virgin pulp인 반면에 SK 원지는 virgin pulp와 AOCC(American old corrugated container) 및 KOCC(Korean old corrugated container)를 주원료로 제조되고 있어서 pulp 함량이 높을수록 펄프섬유의 탄력성과 보수성이 높아 평형수분함량이 높게 나타났다.

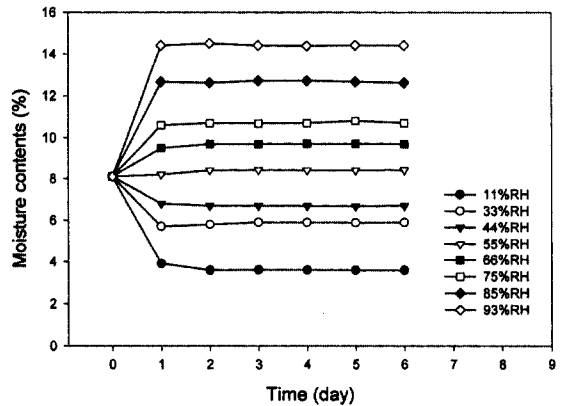


Fig. 1. Changes of moisture contents of "IK" linerboard as affected by relative humidity conditions.

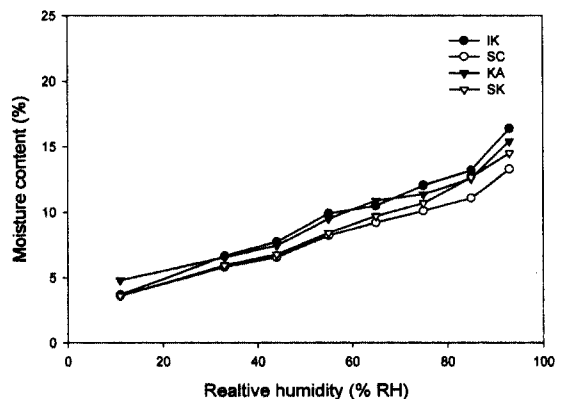


Fig. 2. Moisture absorption and desorption characteristics of linerboards as affected by relative humidity conditions.

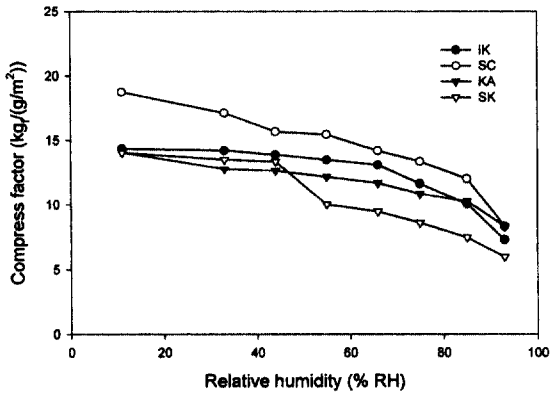


Fig. 3. Changes of compress factor as affected by relative humidity conditions.

습도변화에 따른 ring crush 강도 변화

습도변화에 따른 골판지 원지의 비(比)압축강도를 비교한 결과는 Fig. 3에 나타나 있다. 초기의 비압축강도는 SC 마니라 16.5 kg_f/(g/m²), KA 원지 13.6 kg_f/(g/m²), IK 원지 13.1 kg_f/(g/m²) 및 SK 원지가 12.7 kg_f/(g/m²)로 SC 마니라가 다른 원지에 비해 강도가 약 20% 정도 높았으나 66% RH 조건에서는 IK 원지와 SC 마니라의 비압축강도가 거의 같은 13.3 kg_f/(g/m²)와 13.5 kg_f/(g/m²)로 IK 원지가 상대적으로 높게 나타났다. 93% RH조건에서는 SC 마니라의 값이 가장 높았으며 오히려 KA 원지가 IK 원지의 비압축강도보다 약간 높게 나타나 높은 습도 조건에서는 kraft liner인 IK 원지의 강도열화 현상

Table 2. Models used to predict compression strength of "IK" linerboard

(%) RH	Model	R ²	F
11~32	$P = 24.668750 + 0.612202t - 0.054167H - 0.086012t^2 + 0.009145Ht$	0.6161	4.414*
33~43	$P = 24.716667 + 0.585714t - 0.039394H - 0.009524t^2 - 0.006277Ht$	0.8824	20.638**
44~54	$P = 22.389583 + 0.822321t + 0.016667H + 0.010417t^2 - 0.014827Ht$	0.6274	4.631*
55~65	$P = 26.389583 - 0.040774t - 0.052273H + 0.040179t^2 - 0.002922Ht$	0.7253	7.260**
66~74	$P = 26.945139 + 2.212401t - 0.057407H + 0.071131t^2 - 0.040344Ht$	0.9437	46.118***
75~84	$P = 27.783333 + 1.828571t - 0.063333H + 0.127381t^2 - 0.040476Ht$	0.9612	68.074***
85~93	$P = 47.751042 + 2.470833t - 0.288542H + 0.245238t^2 - 0.057738Ht$	0.9370	40.878***

*Significant at p<0.05, **Significant at p<0.01, ***Significant at p<0.001.

Table 3. Models used to predict compression strength of "SC" linerboard

(%) RH	Estimated parameter	R ²	F
11~32	$P = 40.104167 + 0.520833t - 0.007576H + 0.050595t^2 - 0.018939Ht$	0.8978	24.163***
33~43	$P = 40.500000 + 1.535714t - 0.015152H + 0.071429t^2 - 0.054113Ht$	0.8456	15.058***
44~54	$P = 42.958333 - 1.208333t - 0.060606H + 0.136905t^2 - 0.002165Ht$	0.8380	14.224***
55~65	$P = 41.333333 + 1.011905t - 0.030303H + 0.142857t^2 - 0.043290Ht$	0.8489	50.875***
66~74	$P = 45.902778 - 0.906746t - 0.092593H + 0.208333t^2 - 0.021164Ht$	0.9508	53.115***
75~84	$P = 47.520833 + 0.372024t - 0.108333H + 0.270833t^2 - 0.044048Ht$	0.9257	35.264***
85~93	$P = 49.604167 + 6.965774t - 0.125000H + 0.366071t^2 - 0.129464Ht$	0.9534	56.241***

*Significant at p<0.05, **Significant at p<0.01, ***Significant at p<0.001.

Table 4. Models used to predict compression strength of "KA" linerboard

(%) RH	Estimated parameter	R ²	F
11~32	$P = 29.625000 + 0.589286t - 0.015152H$ $- 0.053571t^2 - 0.021645Ht$	0.8867	21.525***
33~43	$P = 33.520833 - 1.092262t - 0.113636H$ $+ 0.038690t^2 + 0.009740Ht$	0.8078	11.556***
44~54	$P = 27.895833 - 0.324405t + 0.022727H$ $+ 0.092262t^2 - 0.016234Ht$	0.8608	17.010***
55~65	$P = 31.229167 - 0.919643t - 0.037879H$ $+ 0.092262t^2 - 0.005411Ht$	0.9069	26.773***
66~74	$P = 29.486111 + 1.021825t - 0.009259H$ $+ 0.113095t^2 - 0.037037Ht$	0.9612	68.090***
75~84	$P = 43.208333 - 3.136905t - 0.183333H$ $+ 0.208333t^2 + 0.009524Ht$	0.9273	35.099***
85~93	$P = 39.208333 + 2.785714t - 0.125000H$ $+ 0.345238t^2 - 0.071429Ht$	0.9566	60.682***

*Significant at $p < 0.05$, **Significant at $p < 0.01$, ***Significant at $p < 0.001$.

이 큰 것으로 나타났다. 또한 예측한 바와 같이 상대습도가 증가함에 따라 각 원지의 비압축강도는 감소함을 알 수 있다.

Ring crush 강도 예측 모델링

습도조건과 시간경과에 따른 골판지 원지의 ring crush 강도를 예측하기 위하여 습도조건을 7개 조건으로 세분하여 습도(H)와 시간(t)에 대한 ring crush 강도 예측식을 회귀분석에 의하여 구하여 각 원지별로 요약하였다(Table 2~4). IK 원지의 경우 R²값이 11~65% RH 범위까지는 0.61~0.88로서 상대적으로 낮은 값을 나타내었으나 66~93% RH 범위 내에서는 0.94~0.96으로 높게 나타났으며 모델의 유의성도 높은 것으로 나타났다($p < 0.001$).

SC와 KA 원지의 경우 R²값은 모든 습도조건에서 0.81~0.96으로 높게 나타났으며 유의성도 모두 높은 것으로 나타났다($p < 0.001$). SK 원지의 경우 R²값은 11~43% RH 범위까지는 0.59~0.67로 낮은 값을 나타내었으나 그 이상의 조건에서는 0.83~0.95로 높게 나타났으며 유의성도 높게 나타났다($p < 0.001$). 따라서 실제 유통조건을 감안할 때 44% RH 이상의 조건에서 원지별로 약간의 차이는 있었으나 ring crush 강도 예측 모델식을 이용하여 원지별 또는 상대습도조건에 구별하여 적절하게 강도를 예측하는데 적용될 수 있으리라 판단된다.

모델 검증

골판지 원지의 ring crush 강도 예측 모델링을 통

하여 구하여진 강도 값을 이용하여 특정조건의 습도와 시간변화에 따른 골판지상자의 압축강도를 예측한 값과 직접 골판지상자를 제작하여 각 습도조건별로 항온항습실에 보관하면서 측정된 실측 압축강도를 비교한 결과는 Fig. 4에 비교되어 있다. Ring crush 강도 예측 모델링을 통하여 구하여진 강도 값을 골판지상자의 압축강도 계산식인 Kellicutt식에 대입하여 각 습도조건에서 7일 경과 후의 압축강도를 예측한 결과 60% RH에서 760 kg_f, 70% RH에서 700 kg_f, 80% RH에서 635 kg_f, 90% RH에서 502 kg_f로 나타나 60% RH에서 90% RH로 습도가 증가할수록 약 44% 강도저하가 일어났다. 한편 제작한 골판지상자를 각 습도조건에서 7일간 보관 후 압축강도를 측정된 결과 60% RH에서 646 kg_f, 70% RH에서 542 kg_f, 80% RH에서 468 kg_f, 90% RH에서 410 kg_f로 나타나 60% RH에서 90% RH로 습도가 높아졌을 때 초기강도에 대한 강도저하율은 예측값과 비슷한 약 46%를 나타내었다. 예측값과 실측값에 대한 상관계수(R²)를 분석한 결과 60% RH의 경우 0.93, 70% RH는 0.94, 80% RH는 0.95, 90% RH는 0.89로 대체로 높게 나타났으며, 90% RH에서 다른 조건보다 약간 낮게 나타난 것은 보관 초기에 강도저하가 심하게 나타나는 결과 때문인 것으로 판단된다.

예측값과 실측값에 대한 모델 적합도를 검증하기 위해 %오차를 산출한 결과 60% RH에서는 19.5, 70% RH는 29.2, 80% RH는 31.3, 90% RH는 30.0으로 나타나 Kellicutt식으로 산출된 이론 압축

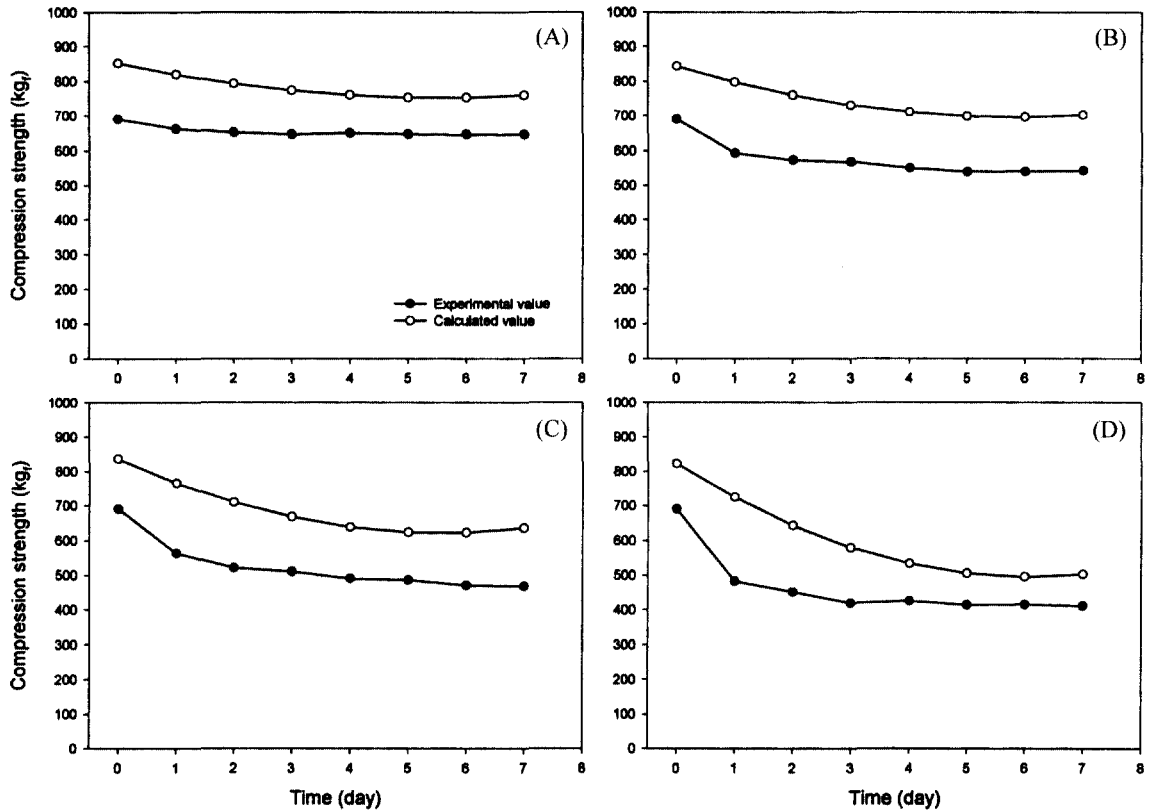


Fig. 4. Comparisons of box compression strength between experimental and predicted values at [A] 60% RH, [B] 70% RH, [C] 80% RH and [D] 90% RH.

Table 5. Models used to predict compression strength of “SK” linerboard

(%) RH	Estimated parameter	R ²	F
11~32	$P = 24.500000 + 0.464286t - 0.045455H - 0.035714t^2 - 2.73077E - 21Ht$	0.5918	3.988*
33~43	$P = 25.020833 - 0.163690t - 0.045455H + 0.038690t^2 + 0.003247Ht$	0.6660	5.483*
44~54	$P = 28.354167 + 3.217262t - 0.113636H + 0.086310t^2 - 0.081169Ht$	0.9530	55.703***
55~65	$P = 20.015873 + 0.031746t + 0.031746H + 0.111111t^2 - 0.024531Ht$	0.8642	15.904***
66~74	$P = 34.256944 - 2.034722t - 0.175926H + 0.187500t^2 - 0.001323Ht$	0.8556	16.300***
75~84	$P = 29.312500 - 1.544643t - 0.100000H + 0.294643t^2 - 0.017857Ht$	0.8280	13.238***
85~93	$P = 24.937500 + 1.034226t - 0.041667H + 0.377976t^2 - 0.055060Ht$	0.8876	21.708***

*Significant at p<0.05, ** Significant at p<0.01, *** Significant at p<0.001.

강도는 실측 압축강도보다 15~20%가 높은 것으로 보고한 Chopra와 Srivastava(1994)의 내용과 유사한 경향을 나타내고 있으며 %오차가 상대적으로 큰 이

유는 외국과 국내의 제지산업의 기술수준 차이와 원지제조시 pulp 배합비율의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 따라서 습도조건에 따른 골판지상자

의 압축강도 예측에 골판지 원지의 ring crush 강도 예측 모델링에서 얻어진 강도 값을 이용하여 적절하게 계산할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

골판지 원지의 ring crush 강도 값에 대하여 습도와 시간 변화에 따른 강도 예측 모델링을 실시한 결과는 다음과 같다. 흡습특성은 11% RH에서의 원지의 평형수분함량은 3.6~4.8%, 93% RH에서는 13.3~16.4%로 나타났으며 93% RH조건에서는 24시간 이내에 평형수분함량에 도달하였다. 습도조건에 따른 원지의 비(比)압축강도는 66% RH 조건에서는 IK 원지의 값이 높았으나 93% RH조건에서는 SC 마나라가 가장 높은 것으로 나타났다.

습도변화에 따른 ring crush 강도 예측 모델링의 경우 상관계수(R^2)값은 0.59~0.96으로 나타났으며, 유의성의 경우 33% RH 이상 조건에서 $p < 0.001$ 로 나타나 실제 유통조건을 감안할 때 44% RH 이상의 조건에서 원지별로 약간의 차이는 있었으나 ring crush 강도 예측 모델식을 이용하여 원지별 또는 상대습도조건의 구간별로 적절하게 강도를 예측하는데 적용될 수 있으리라 판단된다. 골판지상자의 압축강도 예측값과 실측값에 대한 유의성 검정에서 상관계수(R^2)값은 0.89~0.95이었으며, %오차는 19.5~31.3으로 나타났다. 따라서 저장시간 및 습도조건에 따른 골판지상자의 압축강도 예측에 골판지 원지의 ring crush 강도 예측 모델링에서 얻어진 강도 값을 이용하여 적절하게 계산할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비지원(일부지원)에 의해 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

문 헌

박종민. 1995. 크리이프에 의한 과실포장용 골판지상자

- 의 총적내구년한분석. 한국학술진흥재단 연구보고서. 이경의. 1985. SAS 응용기법. 대은출판사, 서울, 대한민국.
- Chopra, S. and M.K. Srivastava. 1994. Derivation of new formula for the calculation of weights of corrugated boxes. *Packaging India* **6**(5): 15-16.
- Ha, Y.S. and S.I. Kim. 1997. Development of high compression strength corrugated fiberboard container for apples. *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **4**(3): 245-249.
- Hanlon, J.F. 1994. *Handbook of Packaging Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York, U.S.A.
- Karel, M., O.R. Fennema and D.B. Lund. 1975. *Physical Principles of Food Preservation*. Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A.
- Kellicutt, K.Q. and E.F. Landt. 1951. Safe stack life of corrugated boxes. *Fiber Containers* **36**(9): 1-5.
- Korean Standards Association. 1990. Method of compression test for packaged freights and containers. KS A 1012.
- Korean Standards Association. 1990. Sampling method for testing paper. KS M 7011.
- Korean Standards Association. 1990. Testing method for moisture in papers and paperboards. KS M 7023.
- Korean Standards Association. 1990. Testing method for ring crush of paperboard. KS M 7051.
- Lee, J.H., S.I. Kim and Y.S. Ha. 1999. Studies on compressive strength reduction characteristic of liner board depending on temperature and humidity. *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **6**(3): 303-307.
- Lee, J.H., S.I. Kim and Y.S. Ha. 2000. Effects of relative humidity conditions on the compressive strength changes of corrugating mediums. *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **7**(1): 63-67.
- Park, J.M., S.H. Kwon, S.G. Kwon and M.S. Kim. 1994. Improvement and analysis of stacking durability of corrugated fiberboard boxes for agricultural products - moisture absorption properties and compressive strength reduction. *J. Korean Soc. Agricul. Mach.* **19**(4): 358-369.
- Peleg, K. 1981. Package product interaction in corrugated containers for flesh produce. *Transaction of the ASAE* **24**(4): 794-800.
- Peleg, K. 1984. A mathematical model of produce damage mechanism. *Transaction of the ASAE* **27**(1): 287-293.
- Peleg, K. 1985. *Produce Handling Packaging and Distribution*. AVI Publishing, New York, U.S.A.