

## 습도조건에 따른 골판지 원지의 파열강도 변화에 관한 연구

이준호 · 김수일\* · 하여선

대구대학교 식품생명화학공학부, \*경북과학대학 패키징계열

### Effect of Relative Humidity on the Linerboards' Bursting Strength

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

Bursting strength of five typical linerboards (IK, SC, KA, SK and K<sub>2</sub>) as influenced by relative humidity conditions was investigated. The initial burst factor was dependent upon type of linerboard and IK linerboard showed the highest value of 4.0 due to the fact that IK linerboard contained relatively high amount of virgin pulp. The bursting strength was significantly decreased during 3 days of storage at 93% RH condition and reached the equilibrium state after that. After 7 days of storage at 93% RH condition, the change of the bursting strength in K<sub>2</sub> linerboard was most significant. The value of burst factor per price for the KA linerboard was considerably higher than that of SC linerboard. This recommends that using KA linerboard in manufacturing corrugated fiberboard box be more economically feasible.

Key words: linerboards, relative humidity, bursting strength, storage

## 서 론

정부의 유통개혁의 일환으로 농산물의 포장화 사업을 추진한 결과 1999년에 농산물 포장화율이 79.3%이었던 것이 2000년에는 88.0%로 향상되었으며 특히 과일류의 경우 99.8%로 엽채류나 양념류에 비하여 높은 것으로 나타났다(하여선, 2001). 농산물 포장용 포장재로는 대부분이 골판지상자를 사용하고 있으며 국내 골판지 총 생산량의 18%인 625백만 m<sup>2</sup>를 차지하고 있다(한국골판지공업협동조합, 2000).

골판지에 관한 연구에서 Jakowski와 Wojciechowska (1990)는 골판지원지의 평량과 품질관리에 관한 연구에서 라이너와 골심지의 제반물성은 평량과 밀접한 관계가 있었으나 골심지의 파열강도는 평량과

큰 관계가 없다고 보고하였으며, Young(1983)는 파열강도는 골판지원지의 인장강도와 machine direction의 신장율에 의존하며 압축강도는 골판지원지의 cross direction 링크러쉬강도에 의존한다고 보고하였다. 수직압축강도에 관한 연구에서는 골판지상자와 밀접한 관계를 가지고 있으며 골판지 구성원지의 고유수직압축강도와 비례한다고 보고하였다(Kroeschell, 1992; Seth, 1985).

습도조건에 따른 골판지 원지 및 상자의 압축강도 변화에 관한 국내 연구로 Lee 등(1999, 2000)은 온·습도 변화에 따른 라이너 원지 및 골심지의 링크러쉬강도는 원지의 종류에 따라 차이는 있었지만 44% RH 조건부터 강도가 저하되기 시작하여 93% RH조건에서 초기강도에 비해 40~58%의 열화현상이 나타났다고 보고하였다. 또한 Park 등(1994)은 골판지의 함수율이 초기에 비해 8% 증가함에 따라 골의 붕괴력은 46~64% 감소하였다고 보고하는 등 골판지상자의 압축강도 열화에 수분이 치명적이라는 사실을 잘 나타내주고 있으나 습도조건에 따른 파

Corresponding author: Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University, 15 Naeri, Jillyang, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea. Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539, E-mail: leejun@daegu.ac.kr

열강도의 변화에 대한 연구는 보고된 바가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 습도조건에 따른 골판지 원지의 파열강도 변화와 단위 가격에 대한 비파열강도 변화 등을 분석하여 흡습에 따른 영향이 적은 골판지 원지를 선별하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 시험재료

농산물 포장용 골판지상자의 제조시 표면과 이면 또는 중간라이너로 많이 사용되고 있는 대표적인 골판지 원지(IK, SC마나라, KA, SK, K<sub>2</sub>)를 구입하여 실험에 사용하였다(Table 1).

#### 시험방법

##### 1) 습도조건 설정

여러 가지 상대습도 조건(11~93% RH)을 유지하기 위하여 각종 포화염용액 (LiCl(11% RH), MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O(33% RH), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(44% RH), Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O(55% RH), NaNO<sub>2</sub>(66% RH), NaCl(75% RH), KCl(85% RH), KNO<sub>3</sub>(93% RH))을 제조하여 데시케이터에 넣고 20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다(Karel *et al.*, 1975).

##### 2) 습도조건에 따른 파열강도 측정

골판지 원지를 10 cm×10 cm의 크기로 절단(KS M 7011, 1990)하여 65±2% RH조건에서 4시간정도 전처리를 실시((KS M 7012, 1990)한 후 시험편이 서로 겹치지 않도록 특수 제작한 시험편 고정장치에 시험편을 끼워 넣은 것을 각종 염 용액이 들어있는 데시케이터 내에서 시료를 방치하면서 물렌형 파열강도 시험기(Model JS-211, Jinsung Co., Korea)를 이용하여 판지의 저압파열강도 시험방법(KS M 7017, 1990)에 따라 일주일간 매일 파열강도를 측정하였다. 시험편을 시험기의 원형조임판에 넣고 규정된

압력(8 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>)으로 조인 후 레버를 작동하면 실린더 속에 있는 글리세린이 고무격막을 밀어 올려 시험편이 파열될 때까지 힘을 가하고 이 때 압력계에 나타난 최대 압력을 기록하였으며 시험은 종이의 표면과 이면에 똑같이 작용하도록 하여 각 원지 당 10회 실시하였다.

비(此)파열강도는 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Burst factor} \left( \frac{\text{kg}_f/\text{cm}^2}{\text{g}/\text{m}^2} \right) =$$

$$\frac{\text{Bursting strength}(\text{kg}_f/\text{cm}^2)}{\text{Basis weight}(\text{g}/\text{m}^2)} \times 100$$

##### 3) 파열강도 변화를 계산

초기 파열강도 측정은 원지별로 시료를 채취하여 65±2% RH 조건에서 4시간 정도 전처리한 후 측정하였으며, 강도변화율은 여러 가지 상대습도에서 7일간 보관하면서 파열강도를 측정된 결과를 골판지 원지별로 초기 파열강도와 7일 경과 후의 파열강도와의 변화율을 계산하였다.

##### 4) 단위 가격에 대한 비파열강도 계산

습도변화에 따른 원지의 비파열강도를 상대적으로 비교하기 위하여 아래의 식을 이용하여 단위 가격에 대한 비파열강도를 계산하였다.

$$\text{Burst factor per price} \left( \frac{(\text{kg}_f/\text{cm}^2)/(\text{g}/\text{m}^2)}{\text{₩}/\text{kg}} \right) =$$

$$\frac{\text{Burst factor}((\text{kg}_f/\text{cm}^2)/(\text{g}/\text{m}^2))}{\text{Price}(\text{₩}/\text{kg})}$$

### 결과 및 고찰

#### 원지별 파열강도 및 비파열강도 비교

농산물 포장용 골판지상자 제조에 주로 사용되고

Table 1. General characteristics linerboards used in the experiment

Linerboard	Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	Price (₩/kg)	R.C. <sup>1</sup> (kg <sub>f</sub> )	B.S. <sup>2</sup> (kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )	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
K <sub>2</sub>	200	380	26.5	3.8	Daeyangjeji

<sup>1</sup>R.C.: Ring crush strength in cross direction

<sup>2</sup>B.S.: Bursting strength (initial mean value)

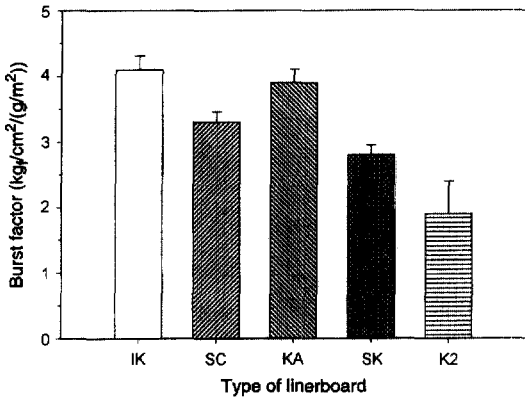


Fig. 1. Comparison of initial mean burst factor depending on the linerboard.

있는 골판지 원지는 약 8종으로 그 중 표면과 이면 또는 중간라이너 원지로는 5종이 사용되고 있으며 각 원지에 대한 초기의 파열강도와 비파열강도는 Table 1과 Fig. 1에서 비교하여 나타내었다.

골판지원지의 파열강도는 골판지에 일정한 속도

로 압력을 가하여 골판지 원지가 파열될 때 받는 압력을 나타내는 강도 값으로 골판지 원지의 품질을 4등급을 나누는 기준으로 사용되고 있다(조병목, 1987).

각 원지별 초기 평균파열강도는 SC마나라의 경우 8.2 kg/cm<sup>2</sup>, KA원지는 8.0 kg/cm<sup>2</sup>, IK원지는 7.1 kg/cm<sup>2</sup>, SK원지는 5.1 kg/cm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>원지는 3.8 kg/cm<sup>2</sup>로 SC마나라의 평균파열강도가 가장 높게 나타났지만 초기 평균비파열강도((kg/cm<sup>2</sup>)/(g/m<sup>2</sup>))로 계산할 경우에는 상대적으로 평량이 낮은 IK원지가 4.0, KA원지 3.8, SC마나라 3.4, SK원지 2.8, K<sub>2</sub>원지 1.9로 IK원지의 평균비파열강도가 가장 높았다. 이와 같이 각 원지에 따른 비파열강도의 차이는 원지의 평량과 원지제조시 사용된 펄프의 함량, 종류, 섬유 상호간의 결합력, 섬유간 마찰강도, 섬유 자체의 강도 등이 복합적으로 작용하고 있으며, 전분, 로진 등과 같은 첨가제로 표면 사이징처리를 할 경우 파열강도가 향상되는 것으로 알려져 있다(김순철, 1997; Ahn, 1998).

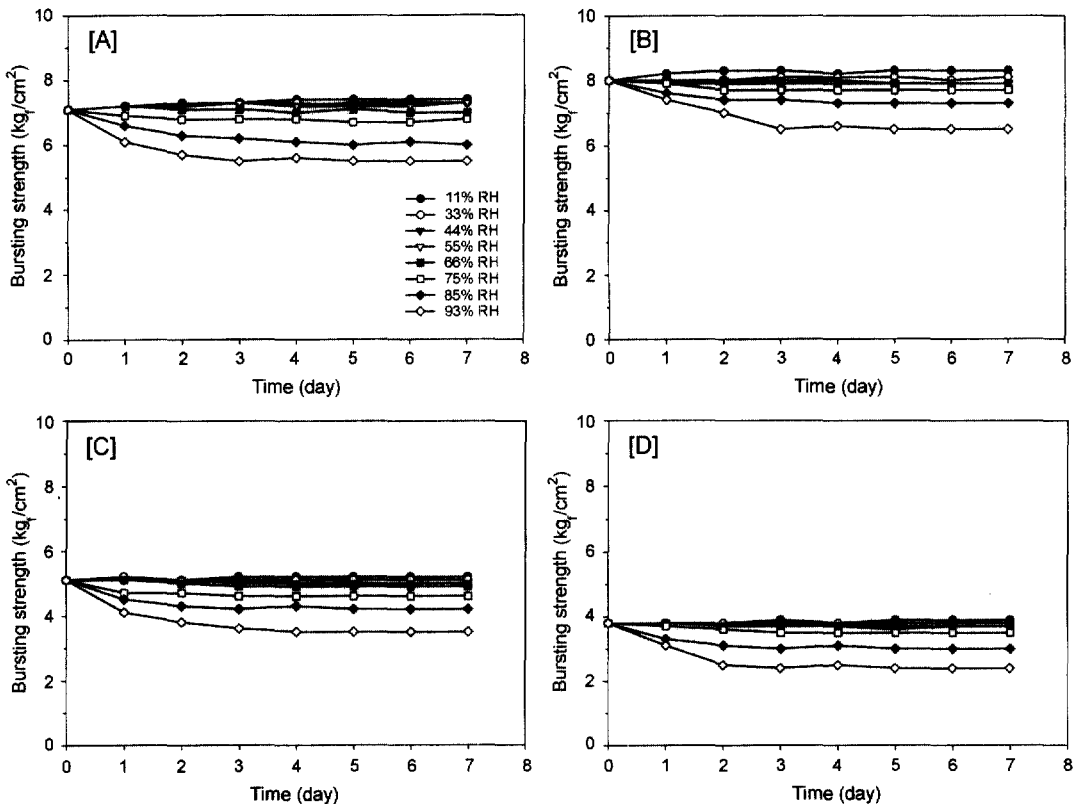


Fig. 2. Effects of time and relative humidity conditions on the bursting strength of [A] IK, [B] KA, [C] SK and [D] K<sub>2</sub> linerboard.

습도조건에 따른 파열강도 변화

일정한 습도조건(11%~93% RH)에서 시간경과에 따른 골판지 원지의 파열강도 변화는 Fig. 2에 주어 져 있다. SC마니라의 경우 KA원지의 결과와 매우 유사하여 Fig. 2에 나타내지 않았다. 66% RH 조건 에서 7일 경과 후의 강도를 비교한 결과 100% virgin pulp로 제조된 IK원지는 약 2.8% 증가한 7.3 kg/cm<sup>2</sup>를 나타내었으며 virgin pulp와 고지로 제조된 나머지 원지는 1.2%~3.9% 감소하여 SC마니라의 경 우 8.1, KA원지는 7.9, SK원지는 4.9, K<sub>2</sub>원지는 3.7 kg/cm<sup>2</sup>로 나타났다. 이런 결과는 고지(recycle pulp) 에 비해 virgin pulp의 섬유가 흡습시 탄력성이 높아 서 강도저하가 없었던 것으로 판단되었다. 93% RH 조건에서 파열강도 열화현상을 살펴보면 저장 3일 까지가 급격한 강도감소율을 나타내다가 4일째부터 는 평형상태에 이르는 현상을 보여 링크러쉬 강도 변화(Lee et al., 2000)와 같은 현상을 나타내었다. SC마니라의 경우 링크러쉬강도 변화와 마찬가지로 7일 동안 지속적으로 강도저하현상이 나타나 다른 골판지 원지와 강도변화 특성이 다르게 나타나고 있 다. 이는 pulp와 OCC(old corrugate container)를 원 료로 사용하는 골판지 원지와 pulp와 ONP(old news paper) 등의 일반적인 재활용 pulp를 사용하는 SC마 니라와의 사용원료에서의 차이와 4~7점의 지층을 구 성하는 장망초지법으로 제조된 SC마니라와 3~5점의 지층을 구성하는 환망초지법으로 제조된 골판지 원 지와의 제조공법의 차이에서 오는 현상으로 판단할 수 있다(Ha and Kim, 1998; 남병화, 1995).

습도조건에 따른 비파열강도 변화

습도변화에 따른 각 원지별 비파열강도 변화는

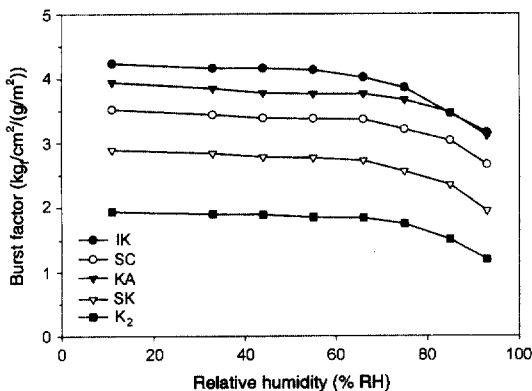


Fig. 3. Effect of relative humidity on the burst factor of linerboard.

Fig. 3에 주어 져 있다. 초기 비파열강도의 값은 IK 원지가 4.0, KA원지가 3.8, SC마니라가 3.4, SK원 지가 2.8, K<sub>2</sub>원지가 1.9 (kg/cm<sup>2</sup>)/(g/m<sup>2</sup>)로 IK원지의 초기 비파열강도값이 가장 높았으며, 66% RH조건 에서도 비슷한 경향을 나타내었으나 93% RH 조건 에서는 IK원지와 KA원지가 3.1로 동일하게 나타났 으며 SC마니라는 2.6, SK원지는 1.9, K<sub>2</sub>원지는 1.2 로 나타나 virgin pulp 함량이 상대적으로 높은 IK 원지와 KA원지가 재활용 pulp 함량이 높은 K<sub>2</sub>원지 에 비해 약 2.5배 높은 강도를 나타내었다. 또한 예 측한 바와 같이 비파열강도는 상대습도가 높아짐에 따라 원지의 종류에 관계없이 감소함을 알 수 있다.

파열강도 변화율 변화

습도조건에 따른 각 원지별 강도저하율은 Fig. 4 에 나타나 있다. 11% RH 조건에서는 저장기간동 안 약 4~9%가 증가하였으나 K<sub>2</sub>원지의 경우 33% RH 조건에서부터 심한 강도저하가 나타나기 시작 하였으며, SC마니라, KA원지, SK원지의 경우 44% RH 조건에서부터 강도저하가 나타나기 시작하였으 며, IK원지의 경우에는 66% RH에서 강도저하가 나 타나기 시작하였다. 대부분 75% RH조건 이상에서 심한 강도저하가 나타났다. 농산물 유통시 강도저 하와 가장 밀접한 관계가 있는 93% RH 조건에서 저장일수에 따른 강도변화를 보면 저장 1일 경과 후의 파열강도 저하율은 KA원지가 가장 낮은 7.4%, SC마니라 12.2%, IK원지 14.1%, K<sub>2</sub>원지 18.4%, SK원지 19.6%로 나타났으며, 3일 경과 후 SC마니 라가 18.3%, KA원지 18.8%, IK원지 22.5%, SK원 지 29.4%, K<sub>2</sub>원지 36.8% 나타났으며, 7일 경과 후

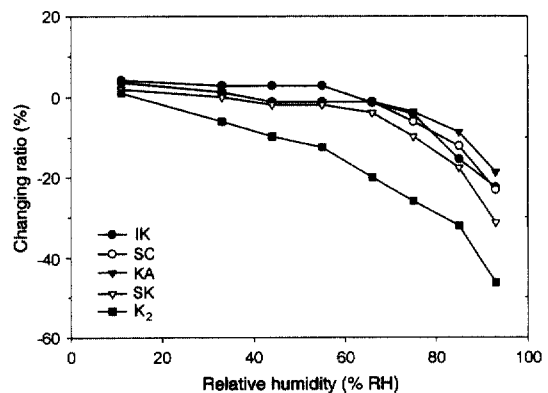


Fig. 4. Effect of relative humidity on the changing ratio of bursting strength of linerboard.

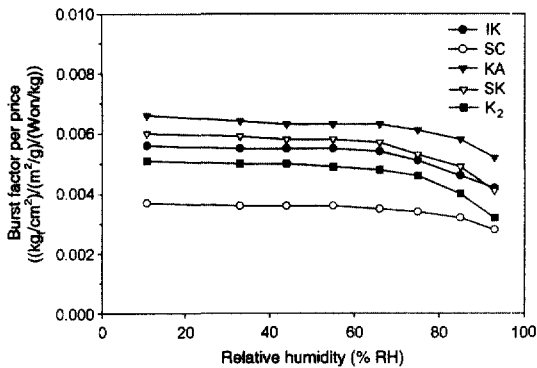


Fig. 5. Effect of relative humidity on the burst factor per price of linerboard.

의 경우 KA원지가 18.8%, IK원지 22.5%, SC마나라 23.2%, SK원지 31.4%, K<sub>2</sub>원지 36.8%로 K<sub>2</sub>원지의 강도저하율이 가장 높게 나타나 원지 제조시 고지(recycle pulp)함량이 다른원지에 비해 높은 SK원지, K<sub>2</sub>원지가 흡습에 따른 강도저하가 심한 것을 알 수 있었다.

#### 단위 가격에 대한 비파열강도

습도조건에 따른 비파열강도와 원지 가격과의 관계를 Fig. 5에 나타내었다. 원단위 비파열강도는 초기에 KA원지가 0.0066, SK원지 0.006, IK원지 0.0056, K<sub>2</sub>원지 0.0051, SC마나라 0.0037로 KA원지가 가장 높게 나타났으며 66% RH 조건에서는 초기와 비슷한 경향을 나타내었다. 93% RH 조건에서는 KA원지가 0.0052, IK원지 0.0042, SK원지 0.0041, K<sub>2</sub>원지 0.0032, SC마나라 0.0028로 KA원지가 가장 높았으며 SC마나라에 비해 약 1.9배 높게 나타났다. 따라서 파열강도를 중요시하는 골판지상자 설계시 KA원지를 사용하고 SC마나라의 사용을 자제하는 것이 재료비 절감 측면에서 효과가 클 것으로 판단되었다.

#### 요 약

습도조건에 따른 골판지 원지의 파열강도 변화와 단위 가격에 대한 비파열강도 변화 등을 분석하여 흡습에 따른 영향이 적은 골판지 원지를 선별하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다. 초기 비파열강도는 IK원지가 4.0, KA원지 3.8, SC마나라 3.4, SK원지 2.8, K<sub>2</sub>원지 1.9(kg/cm<sup>2</sup>)/(g/m<sup>2</sup>)로 IK원지가 가장 높았다. 93% RH 조건에서 파열강도 열화현

상은 저장 3일까지가 급격한 강도감소율을 나타내다가 4일째부터는 평형상태에 도달하였으며, 비파열강도는 virgin pulp 함량이 상대적으로 높은 IK원지와 KA원지가 재활용 pulp 함량이 높은 K<sub>2</sub>원지에 비해 약 2.5배 높은 강도를 나타내었다. 93% RH에서 7일 경과 후 강도변화율은 KA원지가 18.8%, IK원지 22.5%, SC마나라 23.2%, SK원지 31.4%, K<sub>2</sub>원지 36.8%로 K<sub>2</sub>원지의 강도저하율이 가장 심하게 나타났다. 93% RH 조건에서는 단위 가격에 대한 비파열강도값은 KA원지가 0.0052, IK원지 0.0042, SK원지 0.0041, K<sub>2</sub>원지 0.0032, SC마나라 0.0028로 KA원지가 가장 높았으며 파열강도를 중요시하는 골판지상자 설계시 KA원지를 사용하고 SC마나라의 사용을 자제하는 것이 재료비 절감 측면에서 효과가 클 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단에서 지원한 핵심연구과제(981-0608-036-2)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 문 헌

- 김순철. 1997. 골판지 설계 기술. 예진출판사, 서울, 대한민국  
 남병화. 1995. 골판지상자의 압축강도. 포장정보 6: 50-56  
 조병목. 1987. 펄프·제지공학. 대한교과서주식회사, 서울, 대한민국  
 하여선. 2001. 농식품포장의 현황과 혁신과제. 사단법인 농식품신유통연구회  
 한국골판지공업협동조합. 2000. 골판지포장산업실태조사 보고서. 중소기업청  
 Ahn, B.K. 1998. Effect of coating of liner components with oxidized starch on properties of corrugated board and box. Ph. D. Seoul National Univ., Korea  
 Ha, Y.S. and S.I. Kim. 1998. A study on quality of liner board used corrugated fiberboard container of apples. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products 5(2): 150-153  
 Jakowski, S. and E. Wojciechowska, 1990. Influence of basis weight on other properties of liners and flutings used in corrugate fiberboard. Packaging Technol. and Sci. 3(4): 229-232  
 Karel, M., O.R. Fennema and D.B. Lund. 1975. Physical Principles of Food Preservation. Marcel Dekker, Inc., New York  
 Korean Standards Association. 1990. Conditioning of paper and paper board for test. KS M 7012  
 Korean Standards Association. 1990. Sampling method for

- testing paper. KS M 7011
- Korean Standards Association. 1990. Testing method for bursting strength of paper and paperboard by mullen low-pressure tester. KS M 7017
- Kroeschell, W.O. 1992. The edge crush test. *Tappi* **75**(1): 79-82
- 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. Agri. Mach.* **19**(4): 358-369
- Seth, R.S. 1985. Relationship between edgewise compressive strength of corrugated board and its components. *Tappi* **68**(3): 98-101
- Young, J. 1983. An alternate to Rule41/Item 222: where dose it stand now? *Tappi* **66**(10): 50-51