

## 상대습도조건에 따른 골심지의 압축강도 변화에 관한 연구

이준호 · 김수일\* · 하영선

대구대학교 식품·생명·화학공학부, \*경북과학대학 산업포장전공

### Effects of Relative Humidity Conditions on the Compressive Strength Changes of Corrugating Mediums

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

Division of Food, Biological and Chemical Engineering and Taegu University

\*Department of Packaging, Kyongbuk College of Science

#### Abstract

Changes in the compressive strength of four typical corrugating mediums (K<sub>2</sub>, A, AS and S) as affected by relative humidity conditions were compared and their relative cost effectiveness was analysed. All mediums lost their compressive strength as relative humidity increased. At the relative humidity of 93%, AS medium lost 58% of its initial strength while S medium did about 40%. Calculations of compress factor and compress factor by price indicated that K<sub>2</sub> medium was the most cost effective and maintained the highest compressive strength among the mediums tested. It was recommended that K<sub>2</sub> medium could be effectively used to make corrugated fiberboard especially for fresh agricultural product packaging.

**Key words** : corrugating medium, relative humidity, compressive strength

#### 서 론

국내의 골판지산업은 1960년대 경제개발 5개년 계획에 따른 경공업제품의 수출증대에 힘입어 연간 20-30%의 높은 성장률을 기록하여 왔으며 제지산업과 포장산업, 물류산업분야에서 항상 그 중심역할을 하고 있다. 국내 종이 총 생산량은 1997년 기준으로 775만MT이었으며, 이 중 골판지원지는 219만MT으로 28.2%를 차지하여 국내 최대 생산 지종이다 그 중 골심지가 75만MT으로 골판지원지 전체 생산량의 약 34.2%를 차지하고 있다(1).

골판지원지는 virgin pulp의 함량에 따라 kraft liner, jute liner, SCP 골심지, 일반골심지 등으로 구분하고 있으나 우리나라의 경우에는 자급율이 20%정도에 지나지 않아 골판지원지의 제조에 대부분 고지(OCC)를 사용하고 있는 실정이다(2). 고지는 일반적으로 신문지고지(ONP), 골판지고지(OCC), 컴퓨터인쇄고지(CPO), 인쇄된 백상지 고지인 white ledger 및 인쇄된 색상지 고지인 colored ledger 등으로 분류되고 있다(3). OCC의 경우에는 virgin pulp함량이 아주 높은 수입고지(AOCC, HOCC 등)와 함량이 아주 낮은 국산고지(KOCC)가 있다. 라이너원지의 제조에는 수입고지와 국산고지가 사용되고 있으나 골심지의 경우에는 국산고지만을 원료로 사용하고 있기 때문에 유통환경조건에 따른 골심지의 압축강도 저하현상이 크게 일어나는 것을 방지하기 위하여 지력증강제 또는 기타 충전제를 사용하여 강도보강을 도모하고 있다(4).

Corresponding author: Jun-Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Taegu University, 15 Naeriri, Jinryang, Kyoungsan, Kyoungpook 712-714, Korea  
E-mail : leejun@biho.taegu.ac.kr

최근에는 국내 농산물의 수출이 활성화되면서 제품의 품질경쟁에서 포장문제로 인하여 대외 경쟁력이 저하되는 경우가 많은 것으로 지적되고 있다. 이는 농산물의 특성상 예냉처리, 제품자체의 호흡에 의한 증산작용 등으로 인한 수분흡수에 따른 골판지상자의 강도저하에 충분히 대처하지 못하여 발생한 제품의 압상 등이 가장 큰 문제점으로 대두되고 있다 (5). 골판지원지에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없었으며, 골판지상자의 수분흡수에 따른 강도저하에 관한 연구로는 골판지상자의 수분함량 변화가 클수록 수명이 짧아진다고 Graig(6,7)가 보고하였으며, 박 등(8)이 골판지상자에 대한 흡습 및 탈습실험에서 평형 흡수율에 도달하는 시간이 약 20시간 정도 소요되었으며 골판지상자 압축강도의 경우도 흡수를 증가에 따라 급격히 저하하였다고 보고하였다.

그러나 이들 연구는 골판지상자에 한하여 실시한 것으로 골판지원지별 품질변화에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 과일류 포장용 골판지상자 제조에 많이 사용되고 있는 골심지를 대상으로 습도조건에 따른 압축강도 변화를 조사 하였다.

**재료 및 방법**

**재료**

농산물 포장용 골판지상자의 제조에 가장 많이 사용되고 있는 골심지(K<sub>2</sub>, A, AS, S)를 구입하여 사용하였으며 Table 1과 같다. 골심지의 kg당 가격은 농산물 포장용 골판지상자 전문생산업체인 대구에 있는 J사의 구매단가(3개월 어음 결제 기준)를 적용하였다.

Table 1. Characteristics of corrugating mediums

corrugating mediums	Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	Price (won/kg)	Moisture (%)	Maker
K <sub>2</sub> <sup>1)</sup>	200	380	8.1	Daeyangjeji
A <sup>2)</sup>	180	370	8.1	Wondukjeji
AS <sup>3)</sup>	200	380	8.1	Ajinjeji
S <sup>4)</sup>	120	350	8.2	Sindaeyangjeji

<sup>1)</sup> Korean old corrugated container (50%) + American old corrugated container (50%)  
<sup>2)</sup> Kraft waste paper(10%) + Korean old corrugated container (90%)  
<sup>3)</sup> Korean old corrugated container (95%) + American old corrugated container (5%)  
<sup>4)</sup> Korean old corrugated container (100%)

**평량 측정**

종이 및 판지의 평량 시험방법(9)에 따라 시험편의

크기가 1,000cm<sup>2</sup>가 되도록 원지별로 10매씩 채취하여 전처리(10)를 실시한 후 화학저울(OHAUS AS-120, USA)에서 무게를 측정한 값에 10을 곱하여 평량으로 나타내었다.

**수분함량 측정**

골심지의 초기수분함량은 시험용지 채취방법(11)에 따라 골심지가 감겨있는 두루마리의 바깥 층으로부터 1cm 이상 안쪽의 것을 채취하여 적외선 수분측정기(OHAUS MB-200, USA)에 5g정도씩 시료를 넣은 후 105℃에서 15분간 측정하였다.

**염용액 제조**

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 테시케이터에 넣고 20℃를 유지하도록 하여 사용하였다(12).

**습도변화에 따른 압축강도 측정**

골판지상자의 압축강도에 직접적으로 관계가 있는 골심지의 가로방향(cross direction)에 평행이 되도록 시험편을 15.4cm×1.27cm의 크기로 절단하여 특수 제작한 시험편 고정장치에 시험편을 끼워 넣은 후 각종 염용액이 들어있는 테시케이터내에 고정장치를 넣은 후 시료를 방치하면서 판지의 압축강도 시험방법(KS M 7051)에 따라 만능재료시험기(ADAMEL DY-32, France)를 이용하여 각 제질별 10매씩 매일 압축강도 변화를 측정하였다(13)

**비압축강도 계산**

비(比)압축강도는 아래의 식(14)을 이용하여 계산하였다.

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

**원단위 압축강도 계산**

원단위 압축강도는 아래의 식(14)을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Compressive strength per price}(\frac{\text{kg}/(\text{g}/\text{m}^2)}{\text{W}/\text{kg}}) = \frac{\text{Compress factor}(\text{kg}/\text{g}/\text{m}^2)}{\text{Price}(\text{W}/\text{kg})}$$

결과 및 고찰

습도조건에 따른 압축강도 변화

폴판지상자의 압축강도 기본요소에는 원지의 압축강도, 골(flute)종류(AF, BF, CF), 골판지의 종류(SW, DW, TW) 및 골판지의 함수율 등이 있으나 유통중상자의 압축강도에 직접적으로 영향을 미치는 요소로는 함수율이 가장 큰 압축강도 저하 요인이다. 특히 골심지의 경우에는 단위면적당 소요량이 A골(AF)은 라이너원지의 1.6배, B골(BF)은 라이너원지의 1.4배로 많기 때문에 압축강도에 미치는 영향은 더욱 치명적이다(15). 더욱이 골심지의 경우에는 국내고지를 거의 100% 원료로 사용하고 있어 강도향상을 위하여 지력증강제로 전분을 사용하고 있기 때문에 시간 경과에 따른 골심지의 함수율 증가로 인한 강도저하현상이 큰 문제점으로 되어 있다.

Fig. 1-4는 골심지를 각종 습도조건에서 7일간 방치하면서 습도에 따른 골심지의 압축강도 변화를 나타낸 것으로 초기의 압축강도(kgf)는 K<sub>2</sub>원지 26.5, A원지 21.0, AS원지 23.9, S원지 11.2로 K<sub>2</sub>원지가 가장 높게 나타났으며 66% RH조건에서도 K<sub>2</sub>원지 21.2, A원지 17.7, AS원지 19.8, S원지 10.7로 K<sub>2</sub>원지의 압축강도가 다른 골심지에 비해 높은 것을 알 수 있었다. 한편 93% RH조건에서는 K<sub>2</sub>원지 14.2, A원지 11.1, AS원지 10.1, S원지가 6.7로 A원지보다 AS원지의 압축강도가 더 낮은 것으로 나타나 습도에 의한 압축강도저하가 큰 것을 알 수 있었다. 한편 각 습도조건에서 습도가 높을수록 시간경과에 따른 압축강도의 저하는 심하게 나타났으며 대부분 저장 1일만에 S원지의 경우 전체 강도저하율의 84%로 AS원지 58%, A원지 53%, K<sub>2</sub>원지 45%로 급격한 강도저하를 나타내었으나 2일째부터는 완만한 강도저하를 나타내어 라이너의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다.

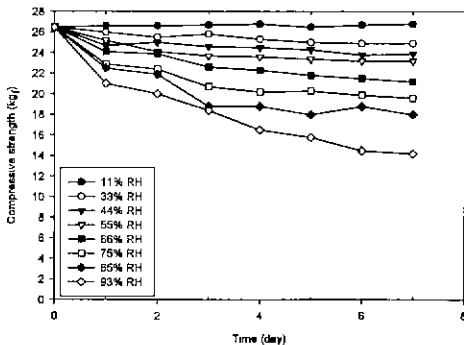


Fig. 1. Changes in compressive strength of "K<sub>2</sub>" corrugating medium under various relative humidity conditions.

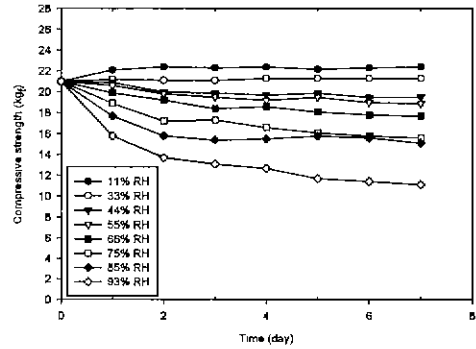


Fig. 2. Changes in compressive strength of "A" corrugating medium under various relative humidity conditions.

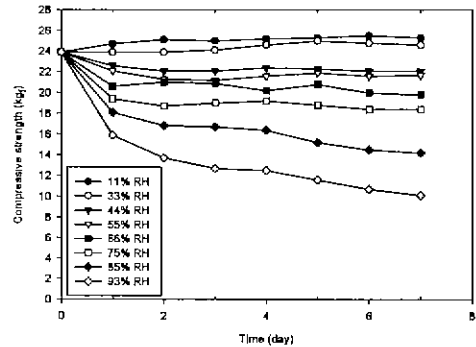


Fig. 3. Changes in compressive strength of "AS" corrugating medium under various relative humidity conditions.

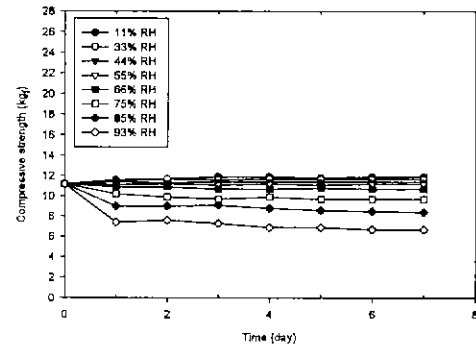


Fig. 4. Changes in compressive strength of "S" corrugating medium under various relative humidity conditions

습도조건에 따른 골심지의 압축강도 변화율은 Table 2와 같다. K<sub>2</sub>원지는 33% RH조건에서부터 강도저하가 나타났으며, A, AS원지의 경우에는 44% RH 조건부터 강도저하가 나타났으나 S원지의 경우 55% RH조건에서부터 서서히 강도저하 현상이 나타났다. 66% RH조건에서는 초기강도에 비하여 4.5~20.0%의 강도저하가 일어났는데 S원지가 4.5%로 가장 강도저

하가 작았으며 K<sub>2</sub>원지는 20.0%로 S원지보다 4배 이상의 강도저하가 나타나 수분의 영향을 많이 받은 것으로 나타났다. 한편 93% RH조건에서는 40.2~57.7%의 강도저하가 일어났으며 특히 AS원지의 경우 가장 심하게 나타났다. 이러한 이유로는 100% 국내 고지를 원료로 사용하고 있는 AS원지는 강도향상을 위하여 지력증강제로 전분이 사용되고 있는데 섬유질 사이에 분포하고 있던 전분질이 수분을 흡수하여 강도저하를 일으키는 것으로 판단된다. 93% RH조건에서 라이너원지와 골심지의 압축강도 저하율을 비교해 보면 라이너원지의 40.4~55.9%와 거의 비슷한 40.2~57.7%를 나타내었으나 골판지 제조시 골심지의 소요량이 라이너원지보다 더 많은 것을 감안할 때 흡수에 따른 골심지의 강도저하가 골판지상자의 압축강도 저하에 더 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며 특히 여름철과 수출용 농산물의 골판지상자 설계시 신중한 재질의 선택이 필요하다

Table 2. Changes of compressive strength of corrugating mediums stored for 7 days under various relative humidity conditions

(unit: %)

	Relative humidity(% RH)							
	11	33	44	55	66	75	85	93
K <sub>2</sub>	1.0±0.1	-6.0±0.2	-9.8±0.2	-12.5±0.6	-20.0±0.5	-26.0±0.4	-32.1±0.5	-46.4±1.0
A	6.7±0.2	1.4±0.2	-7.1±0.4	-10.0±0.3	-15.7±0.3	-25.7±0.4	-28.1±0.5	-47.1±0.2
AS	5.9±0.2	2.9±0.1	-7.5±0.4	-11.3±0.7	-17.2±0.6	-23.0±0.3	-40.0±1.1	-57.7±1.0
S	6.3±0.1	4.5±0.4	1.8±0.1	-0.9±0.1	4.5±0.2	-13.4±0.2	-25.0±0.2	-40.2±2.7

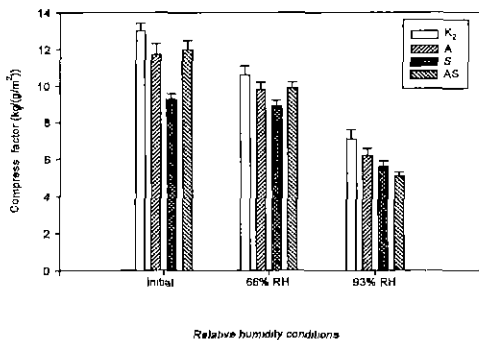


Fig. 5. Comparison of compress factor at 66% and 93% relative humidity conditions.

습도조건에 따른 비압축강도의 비교

골심지의 압축강도는 원지의 평량과 비례관계가 있으며 원지 제조시 사용된 고지의 품질과 펄프함량에 따라 원지의 종류와 압축강도가 결정이 된다. 골심지의 품질평가요소로 비(比)압축강도 값을 많이 사용하

고 있으며, 습도조건에 따른 골심지의 비압축강도 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 각 원지의 초기 비압축강도(kgf/gm<sup>2</sup>)는 K<sub>2</sub>원지의 경우 13.0, AS원지가 12.0, A원지가 11.7, S원지가 9.3으로 S원지가 상대적으로 낮게 나타났으며 66% RH조건인 경우에도 비슷한 경향을 나타내었다. 한편 93% RH조건에서는 K<sub>2</sub>원지가 7.1로 가장 높은 값을 나타내었으나 A원지가 6.2, S원지가 5.6으로 AS원지의 5.1보다 높게 나타나 습도가 낮은 겨울철의 경우 K<sub>2</sub>원지, AS원지, A원지가 우수하나 습도가 높은 여름철의 경우 K<sub>2</sub>원지와 A원지가 S원지나 AS원지보다 우수한 것으로 나타났다.

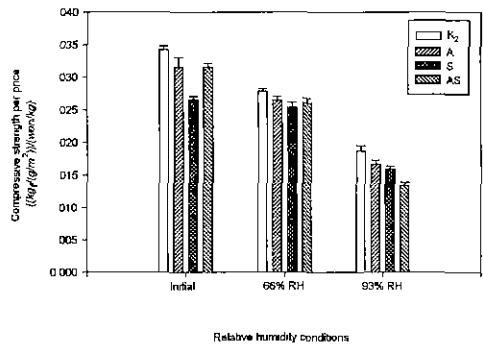


Fig. 6. Comparison of compress factor by price at 66% and 93% relative humidity conditions.

습도조건에 따른 원단위 압축강도 비교

골심지의 경우 평량이 낮지만 압축강도가 높고 가격이 저렴한 것이 가장 바람직하기 때문에 우수한 골심지를 선별하기 위하여 원단위 압축강도 계산식을 이용하고 있다. Fig. 6은 습도조건에 따른 원단위 압축강도를 나타낸 것으로 초기의 원단위 압축강도의 경우 K<sub>2</sub>원지가 0.0342로 가장 높고 A원지와 AS원지가 각각 0.0316, S원지가 0.0266으로 낮게 나타났다. 66% RH조건에서는 초기와 마찬가지로 재질별 차이가 없었으나 고습 유통조건인 93% RH조건에서는 K<sub>2</sub>원지가 0.0187로 가장 높은 반면 A원지가 0.0167, S원지가 0.0160으로 AS원지의 0.0134보다 더 높은 값을 나타내어 골심지 중 AS원지가 습도에 의한 강도저하가 가장 심한 것을 알 수 있었다. 따라서 습도조건을 고려하지 않아도 되는 경우에는 강화골심지인 AS원지를 골심지로 사용하는 것이 바람직하지만 농산물 등과 같이 내용물의 수분함량이 높거나 호흡, 증산 등의 생리작용을 하거나 습도가 높은 유통조건에서 유통되는 골판지상자의 경우 골심지 전용으로 사용되고 있는 S원지와 AS원지보다는 이면라이너원지로 자주 사용되고 있는 K<sub>2</sub> 또는 A원지를 골

심지로 사용하는 것이 상대적으로 유리하게 나타났다. 한편 이러한 결론은 골판지 원지의 가격동향에 따라 다소간의 차이가 발생할 수 있으므로 국제펄프 가격, 고지가격과 국내 골판지 원지 등의 가격동향에 맞추어 원단위 압축강도를 산출한 후 원지를 선택하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

### 요 약

습도조건에 따른 골심지(K<sub>2</sub>, A, S, AS원지)의 압축강도 변화를 측정된 결과 66% RH조건에서는 초기강도에 비해 4.5~20%의 강도저하가 일어났다. 93% RH 조건에서는 초기강도에 비해 약 40~58%의 강도저하가 나타났으며 특히 AS원지의 강도저하가 가장 심하였다. 비압축강도는 K<sub>2</sub>원지가 모든 조건에서 가장 높게 나타났다. 원단위 압축강도에서는 유통 중 습도조건을 무시할 경우 K<sub>2</sub>와 A, AS원지가 우수하였으나 습도가 높은 조건에서는 K<sub>2</sub>원지가 가장 우수하게 나타났다. 따라서 농산물 포장용 골판지상자 제조시 골심지로 K<sub>2</sub>원지를 사용할 경우 다른 원지에 비해 경제적이면서도 압축강도가 높은 상자를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(981-0608-036-2) 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. 한국포장협회 (1998) 포장재 수급동향(제지분야). 포장계, 9, 98-103
2. 이학래 (1998) Condebelt Drying Technology를 이용한 산업용지의 품질향상. 포장계, 12, 134-139
3. Kim, T.J. Yang J. (1991) Studies on Fractionation of Recycled Fiber from Old Corrugated Container Journal of TAPPIK, 23(4), 40-48
4. 정문기 (1998) 저회분골심지의 필요성과 제조기술 및 강도향상 방법. 포장계, 12, 125-133
5. 김영일 (1995) 골판지포장 업계에 바란다. 격월간 골판지포장·물류, 4, 119-121

6. Graig H. (1996) 온도·습도 변화는 골판지상자의 수명에 어떠한 영향을 미치는가(상). 월간포장산업, 3, 190-192
7. Graig H. (1996) 온도·습도 변화는 골판지상자의 수명에 어떠한 영향을 미치는가(하). 월간포장산업, 4, 169-171
8. 박종민, 권순홍, 권순구, 김만수 (1994) 농산물 포장용 골판지상자의 충격내구성의 분석과 향상에 관한 연구 (I)-수분흡습특성과 압축강도 열화. 한국농업기계학회지, 19(4), 358-368
9. Korean Standards Association (1990) Testing method for basis weight of paper and paperboard(in Korean). KS M 7013
10. Korean Standards Association (1990) Conditioning of Paper and Paperboard for Test(in Korean). KS M 7012
11. Korean Standards Association (1990) Sampling Method for Testing Paper(in Korean). KS M 7011
12. 김수일 (1988) 건조 칩국수의 제면적성 및 Shelf-life에 관한 연구. 대구대학교 석사학위논문, 8-9
13. Korean Standards Association (1992) Testing method for ring crush of paperboard(in Korean). KS M 7051
14. Lee, J.H., Kim, S.I. and Ha, Y.S. (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
15. Ha, Y.S. and Kim, S.I (1997) Development of High compressive Strength Corrugated Fiberboard Container for Apples. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products, 4(3), 245-249
16. Ha, Y.S. and Kim, S.I. (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
17. Kim, S.I., Kim, J.K. and Ha, Y.S. (1998) Studies on Lnerboard Compositions of Corrugated Fiberboard Containers for Apples. Journal of KOPAST, 4(1), 3-10

(1999년 10월 18일 접수)