

## 농산물용 복합 골판지의 항균성 및 선도유지기능 평가

이지영 · 김철환<sup>†</sup> · 최재성<sup>1</sup> · 오석주<sup>1</sup> · 김병호 · 임기백 · 김선영 · 김준식

접수일(2013년 5월 14일), 수정일(2013년 6월 3일), 채택일(2013년 6월 12일)

## Evaluation of Antibacterial Property and Freshness Maintenance of Functional Hybrid Corrugated Board Used for Agricultural Products

Ji-Young Lee, Chul-Hwan Kim<sup>†</sup>, Jae-Sung Choi<sup>1</sup>, Seok-Ju Oh<sup>1</sup>, Byeong-Ho Kim, Gi-Baek Lim,  
Sun-Young Kim and Jun-Sik Kim

Received May 14, 2013; Received in revised form June 3, 2013; Accepted June 12, 2013

### ABSTRACT

We developed a new antibacterial material, a non-woven fabric, a sulfur solution, and a new adhesive system to manufacture a new type of functional hybrid corrugated board in previous studies. Based on experimental data, the prototypes of functional hybrid corrugated boards were manufactured and their physical properties and functionalities, including antibacterial property and the freshness maintenance of sweet persimmon, were measured in this study.

The functional hybrid corrugated board could be manufactured in the actual process with linerboards, non-woven fabrics, and other materials without any troubles, and was strong enough to be used as a packaging box for agricultural products. The antibacterial property of the hybrid corrugated board showed a value high enough to eliminate bacteria, which could deteriorate the sweet persimmons. Based on appearance observations, weight loss and firmness measurements, the freshness of sweet persimmons in the functional hybrid corrugated board was maintained better than it was in the conventional corrugated board.

**Keywords :** *Functional hybrid corrugated board, sulfur solution, non-woven fabric, antibacterial properties, freshness maintenance*

• 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dep. of Environmental Materials Science /IALS, Gyeongsang National Univ., Jinju, 660-701, Korea)

1 원창포장공업주식회사

† 교신저자 (Corresponding author): E-mail : jameskim@gnu.ac.kr

## 1. 서 론

골판지는 골심지를 주름진 물결 모양의 골로 성형하고, 그 위에 라이너원지를 접착시킨 것으로 주로 포장용 골판지 상자 제조에 이용된다. 골판지는 성형된 골심지의 골에 라이너지를 접착시킨 공학적 구조체로 구조 역학적 강도가 강하고 완충특성 작용을 하여 상품의 보호기능이 우수한 장점이 있다.<sup>1)</sup> 그러나 국내에서 사용되고 있는 대부분의 골판지는 공산품 포장을 기준으로 제조된 것으로 다른 포장 소재에 비해 통기성이 떨어지고 농산물이 저장·운반될 때 내용물로부터 방출되는 에틸렌가스, 이산화탄소, 산소 등과 같은 신선도를 떨어뜨리는 유해가스를 효과적으로 배출할 수 없으며 내용물을 보호하는 완충기능 또한 떨어진다.<sup>2,3)</sup> 신선도를 유지하기 위해서는 미생물의 증식을 억제할 수 있는 항균성, 포장내부의 대기를 조절하면서 유해가스를 제거할 수 있는 통기성과 가스흡착특성, 포장제품을 외부충격으로부터 보호할 수 있는 완충특성이 필요한데 기존 지류제품인 골판지의 구조를 유지한 상태에서는 이를 충족시키기에는 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 항균기능과 생육억제 기능을 갖는 신규재료를 개발하여 항균성을 부여하고 포장물의 손상과 파손을 방지하기 위한 완충기능을 가지는 새로운 개념의 복합골판지가 필요하다고 판단하였고 Fig. 1과

같은 구조를 가지는 신규 복합골판지를 개발하고자 하였다. 이를 위해 선행연구에서는 완충기능과 통기성을 부여하기 위해 채택된 PE계통의 부직포를 선정하였고 주 접착제인 전분과 라텍스를 혼합하여 골심지와 부직포간의 충분한 접착력과 내수성을 가지는 접착시스템을 개발하였다.<sup>4)</sup> 또한 농산물의 수확단계와 유통단계에서 발생하는 생물학적 유해요소인 곰팡이, 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물의 생육을 억제하고 다양한 농산물의 질병방지를 위한 항균소재로 유황수를 선정하였다.<sup>5,6)</sup>

본 연구에서는 유황수로 표면 처리된 PE계통의 부직포를 골판지 상자 이면 라이너로 적용하여 기능성 복합골판지의 시제품을 실제 골판지 생산 공정에서 제조하여 복합골판지의 강도를 측정하였고 복합골판지의 항균성과 단감 선도유지 기능성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 골판지원지 및 부직포

라이너지와 골심지는 국내에서 유통되는 제품을 사용하였고 골판지 상자의 이면라이너인 부직포는 국내 H사 제품을 공급받아 사용하였다. 원지의 물리적 특성

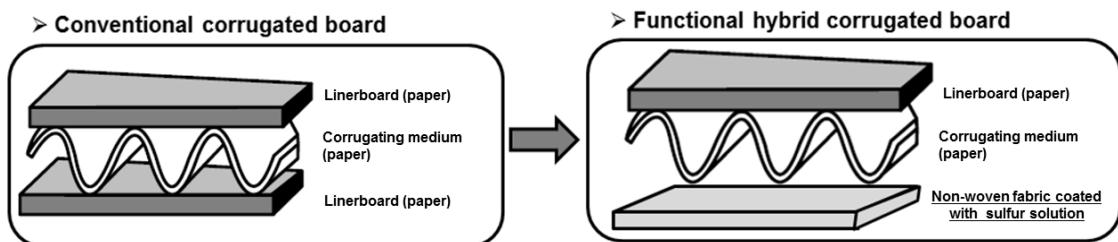


Fig. 1. Structures of conventional corrugated board and functional hybrid corrugated board.

Table 1. Physical properties of paperboard and non-woven

Product	Type	Basis weight	Burst strength	Ring crush test
		g/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/152mm
EW1	Liner board	175	7.21	19.75
CK	Fluted board	181	5.05	29.26
K	Liner board	168	3.83	18.39
CK	Fluted board	181	5.05	29.26
TD100	Felt	100	7.41	2.91

은 Table 1과 같다. 또한 복합골판지의 강도적 특성을 비교하기 위해 이중 양면 골판지를 S사, S사, A사에서 각각 분양받아 사용하였고 conventional 1-3로 명명하였다.

### 2.1.2 유황수

항균용액을 제조하기 위해 광물성 유황, 수산화칼슘, 황산나트륨, 염화칼슘, 구연산을 사용하여 독성을 제거하는 법제 과정을 거쳐 법제 유황수(processed sulfur solution)를 제조하였다.<sup>7)</sup>

### 2.1.3 전분접착제 및 라텍스

Stein-Hall process<sup>1)</sup>로 전분접착제 제조 중 캐리어부(carrier part)에 L사에서 분양받은 SB 라텍스를 20% 혼합하여 제조하였고 특성은 Table 2에 나타내었다.

### 2.1.4 단감

선도유지 기능성 평가시 단감을 선정한 이유는 2011년 기준으로 국내 과실류 생산량의 14.1%를 점하고 있고 수확 후 후숙과 연화 속도가 빠르고 에틸렌 가스에 민감하게 반응하기 때문이었다.<sup>8)</sup> 2013년 2월 경남 사천단감영농조합에서 저온 저장된 단감을 구입하였고 단감의 PE 포장을 제거한 후 24시간 상온에서 안정시킨 과실을 사용하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 기능복합골판지의 제조 및 강도 측정

복합골판지 상자는 평량 100 g/m<sup>2</sup> 부직포를 유황수로 코팅하여 이면 라이너지로 적용하고 30 cm당 골이 34개와 50개인 A골과 B골을 조합시켜 이중 양면 골판지로 장, 폭, 고 420×325×205 mm의 사이즈로 W사 골판지 제조공정에서 제조하였으며 골판지의 상자압축 강도(BCT)와 파열강도를 각각 KS A 1012, KS M 7082에 의거하여 측정하였다. 부직포 코팅은 이면 라이너지층에 설치되어 있는 코팅기를 이용하여 진행되었다.

**Table 2. Basic properties of SB latex**

Binder	Type	Solid content, %	pH	Particle size (nm)
Lutex 703	SB latex	49.5-50.5	7.5-8.5	105-135

### 2.2.2 항균성 테스트 방법

유황을 표면처리한 골판지의 항균 시험은 KS K 0693에 의거하여 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)과 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae*)을 사용하여 항균 가공 제품과 대조 시험편에 시험균을 접종하여 배양 후 생균수를 측정하여 항균 가공 제품과 대조 시험편을 비교하였고 정균 감소율은 아래의 Eq. 1에 근거하여 계산하였다.

$$\text{Reduction rate by bacteriostatic activity} =$$

$$\frac{M_b - M_c}{M_a} \times 100 \quad Eq. 1$$

M<sub>a</sub> : 대조편의 접종직후 생균수

M<sub>b</sub> : 대조편의 18시간 배양 후 생균수

M<sub>c</sub> : 시료의 18시간 배양 후 생균수

### 2.2.3 선도유지기능 평가

복합골판지의 선도유지기능을 평가하기 위해 항온 항습기(TH-PE100, JEIO TECH, Korea)를 이용하여 일정 온·습도 조건에서 단감 과실의 선도변화를 평가하였다. 단감 과실 10 kg을 시중에서 유통되고 있는 단감 박스와 기능성 복합골판지 상자에 넣어 일정한 온·습도 조건(23°C, 50%RH)에서 보관한 후 단감의 외관(appearance) 및 색상(color)을 육안으로 관찰하였고 단감의 무게를 측정하여 중량 감소율(weight loss)을 평가하였다. 그리고 과육의 경도(firmness)는 온·습도 조건(18°C, 40%RH)에서 과실 경도계(FHM-5, Takemura, Japan)를 이용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 복합골판지 시제품 제조 및 물성 측정결과

Fig. 1에 부직포와 유황수를 적용하여 기능성 복합골판지의 시제품 제조과정을 나타냈다. 유황수는 실험실에서 제조되었고 이면 라이너지층 코팅기에서 부직

포의 코팅액으로 사용되었다. 접착제는 전분에 20%의 라텍스를 혼합하여 사용하여 AB골을 가지는 이중양면골판지로 제조되었는데 W사의 골판지 제조공정에서 시제품 생산시 공정상 문제가 발생되지 않았다. 제조된 복합골판지의 수직압축강도와 파열강도를 Table 3에 나타냈는데 대조군으로 시중에 유통되고 있는 이중양면골판지들의 수직압축강도와 파열강도도 함께 나타냈다. 부직포가 내면지로 사용됨에 따라 복합골판지의 수직압축강도는 다소 감소하였으나 파열강도의 경우는 일반 골판지 수준 이상으로 나타났다. 그러나 복합골판지의 수직압축강도는 동일한 구조를 가지는 일반 골판지 중 상대적으로 낮은 골판지의 수직압축강도보다 높았다. 따라서 복합골판지가 농산물용 포장상

자로 사용됨에 따른 강도적 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

### 3.2 복합골판지의 항균성 측정결과

유황수로 표면코팅된 부직포로 제조된 복합골판지의 항균성을 측정하였다. 유황수에 의한 부직포의 도포량은 생산설비에서 바로 측정하기가 불가능했기 때문에 흰색 부직포가 유황에 의해 나타내는 색상변화를 육안으로 판단하였고 3가지 단계로 구분하였는데 복합골판지 중 유황수의 전이정도에 따라 복합골판지 3 샘플(C1-C3)과 복합골판지에서 분리된 유황수로 코팅된 부직포 3샘플(N1-N3)로 총 6종류 샘플의 항균성 테스트를 진행하였다. 이 때 피검주균으로 황색포도상구균과 폐렴간균을 사용하여 정균감소율을 평가하였다. Table 3에서는 각 샘플별로 정균감소율을 나타냈는데 복합골판지는 황색포도상구균에 대해 80% 이상, 폐렴간균에 대해 60% 이상의 정균효과를 보여주었다. 그리고 복합골판지에서 분리시킨 부직포는 두 종류의 피검주균에 대해 모두 99% 이상의 정균효과를 나타냈고 유황수의 도포량이 가장 높은 복합골판지와 부직포의 정균효과를 보여주는 18시간 배양 후 피검주균의

**Table 3. BCT and burst strength of corrugated boards**

Product	BCT kgf	Burst strength kgf/cm <sup>2</sup>
Hybrid	456	15.7
Conventional 1	944	15.9
Conventional 2	624	13.8
Conventional 3	446	15.1



**Fig. 1. Manufacturing process of hybrid corrugated board.**

**Table 4. Bacteriostatic activities of samples**

sample	Reduction rate by bacteriostatic activity(%)	
	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
C1	81.6	66.4
C2	82.3	64.7
C3	81.2	71.1
N1	99.6	99.7
N2	99.9	99.9
N3	99.9	99.9

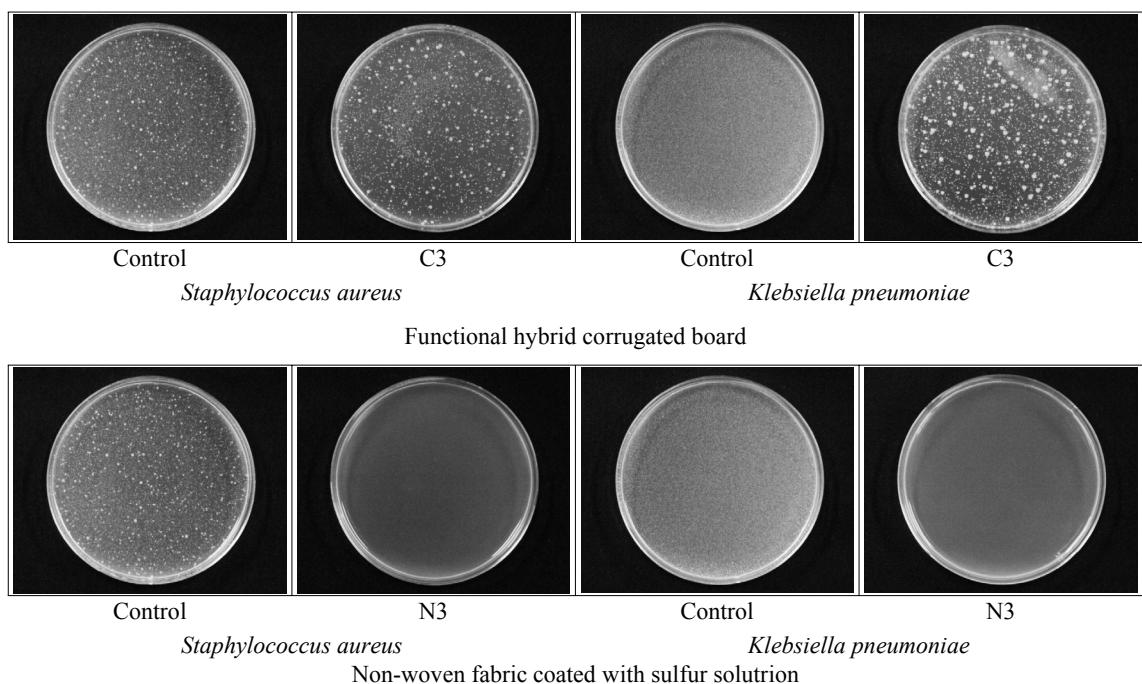
\* C1,2,3 : 복합골판지 \* N1,2,3 : 유황수로 코팅된 부직포

이미지를 Fig. 2에 도시하였다. 복합골판지의 항균성이 부직포에 비해 다소 낮게 나온 이유는 항균성 테스트 표준법에 의거하여 일정무게의 샘플에서 추출된 추출액으로 항균성 테스트를 진행하기 때문이라고 판단되나 복합골판지 자체의 항균성이 60% 이상이고 복합골판지로 포장시 농산물을 항균성이 높은 부직포와 직접 닿기 때문에 복합골판지의 항균성은 우수하다고 판단된다.

### 3.3 선도유지기능 평가결과

본 연구에서는 시중에 유통되는 일반 골판지 박스와 기능성 복합골판지 시제품 박스의 선도유지기능을 평가하였고 단감을 저장한 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 포장된 단감을 항온항습기(23°C, RH 50%) 내에서 저장 시간에 따른 색상의 변화를 Fig. 4에 나타냈는데 초기 저장 시간에서는 두 박스간의 차이가 뚜렷하지 않았으나 저장 시간이 길어질수록 두 상자간의 차이가 나타나는 것을 발견할 수 있었다. 저장 9일이 지난 후 단감의 중량 감소를 Fig. 5에 도시하였는데 복합골판지에 저장된 단감의 중량 감소율이 일반 골판지에 비해 낮게 나타났다. 저장시간에 따른 복합골판지와 일반 골판지에서 저장된 단감의 경도를 측정하기 위해 24시간 간격으로 측정하였다. 과일 경도계의 가압기는 지름 5 mm 길이 10 mm로 단감의 적도방향 관통순간의 수치를 기록하였고 그 결과를 Fig. 6에 도시하였다. 실험 전 경도 값의 차이는 없었지만 하루가 지난 시점부터 두 박스에서 차이가 나타나며 4일 이후로 부터는 경도의 값이 거의 같은 수준을 보여주었다.

이러한 결과들로 볼 때 부직포 표면에 도포되어 있는 유황의 작용으로 과피의 갈변이나 흑변이 일반 상자



**Fig. 2. Photographs showing antibacterial activity of functional hybrid corrugated board and non-woven separated from hybrid corrugated board.**



Fig. 3. Hybrid corrugated board and conventional corrugated board.



Fig. 4. Effect of storage time on appearance and color of sweet persimmon.

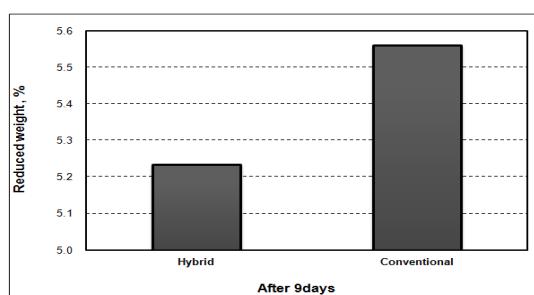


Fig. 5. Weight reduction of sweet persimmon stored in corrugated boards.

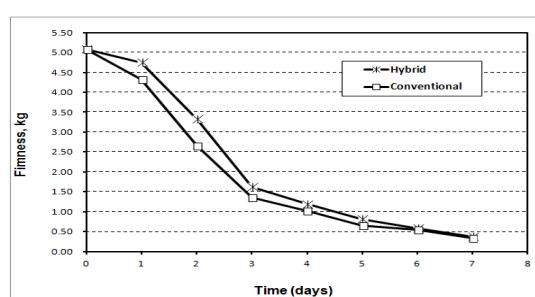


Fig. 6. Effect of storage time on the firmness of sweet persimmon stored in corrugated boards.

와 비교하여 적게 나타나고 복합골판지의 내면이 통기성이 높은 부직포로 되어 있어 박스 내부에 존재하는 에틸렌 가스나 이산화탄소 등의 유해가스가 배출되기 더 용이하기 때문에 선도유지에 더 유리하다고 판단된다. 그러나 저장시간이 너무 길어지면 복합골판지에 의한 선도유지기능은 거의 기대하기 힘들 것으로 생각된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 농산물의 신선도 유지기능을 향상시키기 위해 항균소재, 부직포, 신규 접착제를 이용하여 골판지 생산공정에서 기능성 복합골판지 시제품을 제조하였고 강도와 기능성을 평가하였다. 복합골판지 제조시 항균소재로는 유황수를 사용하였고 W사의 생산공정에서 유황수로 부직포 표면에 코팅을 실시하였다.

일반적인 골판지의 이면층에 라이너지가 아닌 부직포로 복합골판지를 제조하였는데 부직포 적용에도 골판지 생산공정에서 큰 문제없이 원활하게 제품을 생산할 수 있었고 제조된 복합골판지는 동일한 구조를 가지고 시중에 유통되고 있는 농산물용 골판지 이상의 수직 압축강도와 파열강도를 나타냈다. 복합골판지의 항균성을 평가한 결과 황색포도상구균과 폐렴간균에 대해 높은 정균효과를 보여주었다. 복합골판지의 선도유지기능 평가를 위해 농산물로 단감을 선정하여 저장시간에 따른 색상·외관 관찰, 중량감소, 경도를 측정한 결과 기능성 복합골판지가 일반 골판지상자에 비해 신선도를 유지하는데 더 유리한 결과를 보여주었다.

## 사 사

본 연구는 농림수산식품부 고부가 식품기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

1. Kim, C., Corrugated board manufacture and application, Packaging industry, pp. 11 (2009).
2. Jo, J.Y., Min, C.K., Sin, J.S., Manufacture of Water-Resistant Corrugated Board Boxes for Agricultural Products in the Cold Chain System(III), J. Korea TAPPI 37(2): 70-77 (2005).
3. Kim, C.H., Kim, J.O., Jung, J.H., Cho, S.H., Exploration of Optimum Retention of Antibacterial Agents in Functional Packaging Paper, J Korean Soc Food Sci Nutr 34(2): 298-305 (2005).
4. Lee, J.Y., Yoon, H.Y., Oh, S.j., Sung, Y.J., Kim, B.H., Lim, G.B., Choi, J.S., Kim, S.Y., Development of non-woven fabric and new adhesive system to manufacture hybrid corrugated board, J. Korea TAPPI 44(3): 49-55 (2012).
5. Lee, B.B., Ha, Y.M., Shin, S.H., Je, K.M., Kim, S.L., Choi, J.S., Choi, L.S., Antimicrobial Activity of Test Dentifrice Product Containing Grapefruit Seed Extract and Processed Sulfur Solution against Oral Pathogens, Journal of Life Science 19(7): 956-962 (2009).
6. Yoon, H.Y., Oh, S.j., Lee, J.Y., Kim, B.H., Lim, G.B., Choi, J.S., Kim, S.Y., Development of new antibacterial materials for manufacturing functional corrugated board for agricultural products, J. Korea TAPPI 44(3): 34-40 (2012).
7. Lee, B.B., Ha, Y.M., Shin, S.H., Je, K.M., Kim, S.R., Choi, J.S., Choi, I.S., Antimicrobial Activity of Test Dentifrice Product Containing Grapefruit Seed Extract and Processed Sulfur Solution against Oral Pathogens, Journal of Life Science 19(7): 956-962 (2009).
8. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Republic of Korea, Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook, pp. 118 (2012).