

## 골판지의 내수성 향상을 위한 내수화제 개발과 적용방법 평가

신 준 섭

용인송담대학 제지·패키징시스템과

### A new Insolubilizer Development to Enhance the Water Resistency of Corrugated Paper and its Apply Methods Evaluation

Jun-Seop Shin

Dept. of Paper & Packaging System, Yong-In Songdam College

#### Abstract

This study was carried out to develop a new insolubilizer for water resistency enhancement and to evaluate its optimum apply method to corrugated paper.

The addition of polyvinyl alcohol(PVA) backbone polymer to conventional starch glue caused a poor dispersibility, but flavonoid resin addition showed a good runnability and water resistency. The double coatings(top & under) of water-proof chemicals to corrugating liner made even better the water resistency of corrugating paper.

This study suggested that water-proof chemical treatments be an effective method in water-resistant corrugating paper manufacturing for a cold chain system.

**Keywords :** Starch glue, Polyvinyl alcohol, Flavonoid resin, Water resistency, Water-proof chemical, Cold chain system

#### 서론

최근 유통과정 중 운반 및 상·하역 작업에 의하여 발생하는 농산물 파손 등의 손실을 방지하기 위하여 포장화가 급속하게 진행되고 있으며, 수입농산물에 대응하여 국내 농산물의 상품성을 향상시키며 신선도의 저하에 따른 손실률을 줄이기 위한 저온유통시스템이 확산되고 있어서 향후 농산물 유통체계의 대체를 이룰 것으로 판단된다.

저온유통체계에 대응할 수 있는 겉포장상자는 일반적으로 상자의 표면에 발수처리를 하여 유통과정 중에 발생하는 수분에 견딜 수 있도록 되어 있으나 실제로 유통되는 과정에서 발수처리가 상자의 압축강도 저하방지에 아무런 도움을 주지 못하고 있다고 알려져 있다. 발수처리는 농산물 표준출하규격에도 검사항목으로 규정되어 있는 등 상자압축강도에 영향을 미치는 중요한 요건으로 알려져 있으나 최근에 시행된 여러 가지 연구과제에 따르면 골판지 원지의 내수도가 더욱 중요한 요인으로 판명되어 이에 대한 연구개발이 필요한 실정이다.

한편, 농산물의 포장화가 급속히 전개되고 있는 시점에서 우리나라의 골판지시장은 2002년까지 약 3,000억원에 이르는 새로운 수요가 창출되어 현재 규모보다 약 20% 이상

증대할 것으로 판단된다. 농산물의 골판지상자 사용이 일반화되고 저온유통시스템이 확산될 것에 대비하여 농림부에서도 모든 농산물의 포장을 저온유통체제로 전환한다는 목표 아래 2000년부터 5개년 계획으로 기존의 124개 농산물 표준출하규격을 개정하기로 하였다. 이에 대비하여 현재 농산물 표준출하규격의 검수 기준 가운데 저온유통체제에서 문제가 될 수 있는 발수도와 상자압축강도에 관련하여 보완, 개정 등의 사전정비가 이루어져야 한다.

현재 발수처리되어 유통되고 있는 상자의 경우 온도변화 및 주변의 습기에 의한 강도저하에 적절히 대처되지 못하고 있다. 따라서 상자의 파손을 방지하기 위하여 사용자들은 점차 고강도 재질의 상자를 요구하고 이는 과대포장으로 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 동반상승하는 등 경제적인 손실이 불가피하게 된다.

이러한 상황아래 국내외에서 내수 및 강도 강화 기능성 골판지에 관한 연구가 여러모로 진행되거나 이미 수행되었지만 골판지 원지에 첨가되는 물질위주로 개발이 되었고 실제로 골판지 생산과정에서의 적용방법 등 이의 응용에 대한 기술축적이 미비한 실정이다. 또한 골판지상자의 생산비가 경제적으로 불합리하거나 실제로 골판지상자 제작과정에서 여러 가지 문제점이 발견되는 등 실효를 거두지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 향후 대체를 이룰 것으로 예상되는 농산물의 저온유통시스템용 내수, 내습성 골판지를 개발하기 위해 기존 골판지 원단 및 상자에 적용되고 있는 내수보강제와 기타 첨가제의 영향을 살펴보고, 새로운 내수성 증강용 첨가제의 모색과 적용 시스템에 대한 기초 연구를 실시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 골판지 원지

본 연구에서 사용한 골판지 원지는 경기도 안산시 소재 신대한판지(주)에서 생산된 평량 180g/m<sup>2</sup>의 라이너지(SK180)와 120g/m<sup>2</sup>의 골심지(S120)를 사용하였다.

### 골판지용 접착제의 제조

본 연구에 있어서 제호방식은 캐리어부와 메인부로 분리하여 전분 호액을 제조하는 Stein Hall Two Tank 방식을 적용하였으며, 현재 골판지 제조시 가장 많이 사용하는 접착제인 생전분(corn starch)에 내수성 부여를 위한 붕사첨가를 이용한 제호방식을 기본으로 하고, 본 연구에서 내수성 증강을 위해 개발한 두 가지 약품(PVA계와 Flavonoid resin계)을 각각 첨가하는 제호방식 등 세 가지 방식으로 접착제를 제조하여 점도 등을 상호 비교 분석하였다. 각 방식의 제호는 실제 현장에서 적용되는 방식으로 하였다.

### 붕사를 이용한 기존의 제호

붕사율(붕사량/전분량×10, %)을 2.0, 2.5 및 3.0%로 변화시켜 첨가량에 따른 내수성을 측정하였다. 그 배합비는 Table 1 및 2와 같다.

Table 1. Mixing ratio of carrier part in conventional starch glue making

Item	Water	Starch	NaOH (20% Sol'n)	Total
Dosage(g)	123.25	13.75	10	147
Consistency(%)	10.71			

Table 2. Mixing ratio of main part in conventional starch glue making(Borax addition)

Item	Water			Starch	Borax addition(%)			Total		
	176.78	177.86	178.94		2.0	2.5	3.0	235.96	237.40	238.84
Dosage(g)	176.78	177.86	178.94	57.75	1.43	1.79	2.15	235.96	237.40	238.84
Cons.(%)	25.08									

### PVA계 약품을 이용한 새로운 제호

폴리비닐 알코올(PVA)를 주성분으로 하는 새로운 형태의 고분자를 성원테크와 협력하여 제조하였으며, 그 특성은 Table 3과 같다. 호액의 제조는 전항의 붕사를 2.5%로 제조된 호액 전체량에 대해 이 고분자를 3.0% 첨가하여 homogenizer에서 5분간 강하게 교반하였다.

Table 3. Properties of PVA backbone polymer

Main component	pH	Solid content(%)	Appearance
Polyvinyl Alcohol	7.0	23.0	Viscous liquid (Suspension + Emulsion)

**Flavonoid계 약품을 이용한 새로운 제호방식**

접착제의 내수성을 향상시키고 가교결합을 촉진시키는 약품인 Hydratite PE20(Weston Bioproducts Co.)을 적용 실험하였다(Table 4 참조). 호액의 제조는 전향의 붕사율 2.5%로 제조된 호액 전체량에 대해 이 고분자를 0.9% 첨가하여 homogenizer에서 5분간 강하게 교반하였다.

**Table 4. Properties of flavonoid resin**

Main component	pH	Solid content(%)	Appearance
Flavonoid resin	7.0	50.0	Reddish liquid (Emulsion)

**발수제와 방습제**

라이너지의 표면 약품처리가 골판지의 내수성 증가에 미치는 영향을 분석하기 위해 발수제와 방습제를 적용 실험하였다. 발수제는 현재 농산물용 상자의 경우 R<sub>4</sub>에서 R<sub>6</sub>가 되도록 하고 있으나 본 실험에서는 R<sub>10</sub>으로 처리하여 실험하였다. 발수제는 Pro Fix-607(우진산업(주))을 사용하였으며, 방습제는 현재 골판지에는 적용되고 있지 않으나, 방습용 크라프트지의 제조시 일부 적용되고 있다. 방습제는 대기중의 수분의 침투를 억제하는 약품으로 수분에 대한 저항성이 아주 우수하여 내수성 증가에 큰 효과가 있을 것으로 판단되어 본 실험에 적용하였다. 방습제는 under용과 top용으로 구분하였으며 under용으로는 J-810(정원화학(주))을, top용으로는 JK-2007(정원화학(주))을 사용하였다. 각각의 특성을 Table 5, 6 및 7에 나타내었다.

**Table 5. Properties of water resistant agent**

Main component	pH	Solid content(%)	Viscosity (cps)	Ionic	Appearance
Wax	9.0	40.0	300	anionic	White emulsion

**Table 6. Properties of water-proof agent(for under)**

pH	Solid content(%)	Viscosity(cps)	Appearance
9.0	48.0	300	White liquid

**Table 7. Properties of water-proof agent(for top)**

pH	Solid content(%)	Viscosity(cps)	Appearance
9.0	40.0	200	White liquid

**원지에의 적용방법**

**접착제**

라이너지 한 장과 골심지 한 장을 한 세트로 하여 준비하고, 앞에서 제조된 접착제를 골심지의 와이어면에 20번 로드로 도공처리한 후 라이너지의 거친면을 도공면 위에 얹고 그 위를 수초지용 쿠우치롤로 가볍게 굴려서 합지하였다. 이 때 도포량은 편면기준 10g/m<sup>2</sup>이 되도록 하였으며 합지 후 즉시 실험실용 건조로를 이용하여 105℃에서 3분간 열풍건조하였다.

**발수제 및 방습제**

3번 로드로 라이너지의 고운면에 도공처리 하였으며 처리 종류는 Table 8과 같다.

**Table 8. Apply methods of water resistant agent(WRA) and water-proof agent(WPA) to base paper**

Notation	Treatment(Chemical cons.)	Coated Weight(g/m <sup>2</sup> )	Water resistency
T0	Control		R <sub>0</sub>
T1	WRA single coating(0.16%)	Uncountable	R <sub>4</sub>
T2	WRA single coating(5.0%)	0.5	R <sub>10</sub>
T3	WPA single coating(25.0%)	2.5	R <sub>10</sub>
T4	WPA(Under)/WRA(Top) double coating	2.0/0.5	R <sub>10</sub>
T5	WPA(Under)/WPA(Top) double coating	2.0/0.5	R <sub>10</sub>

## 골판지의 물성측정

제조된 처리 골판지의 물성 시험을 위해 TAPI standard T402 om-93에 의거하여 조습한 후 방수성, 습윤파열강도, 습윤압축강도(링크러쉬법), 층간결합강도, 투습도 및 발수도를 각각 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 각종 내수성 약품의 종류 및 특성

#### 붕사

보락스(Borax)라고도 하는데, 화학조성은  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 이다. 붕사는 물속에서 용해되면 Dihydra Tetra Boric Acid가 되고 이것이 여분의 물과 화합하거나 전분과 수소결합하여 전분의 결합력을 크게 해준다고 보고 있다. 실제로 붕사를 배합하면 점도가 올라가면서도 교반할 때 특유의 유동성을 준다. 접착제 조제 시에 있어서 첨가되는 붕사는 전분과 수소결합으로 전분 분자의 결합을 강화하며 골판지 접착에 있어서 초기 접착력을 돕는 역할을 한다. 따라서 붕사 첨가 시는 처음에 점도가 급격히 상승하지만 이것은 소위 구조점도이기 때문에 강한 교반에 의해서 점도는 떨어져 정상 점도가 되지만 붕사를 과잉 첨가하면 엉키는 상태가 되어 그 적성을 잃어버리고 만다.

### PVA계와 Flavonoid계 수지

이들 수지는 접착제의 내수성을 증진시키고 가교결합을 향상시키며 판지의 강도를 높여준다. 현재 일부의 골판지 제조 공장에서 사용하기 시작하였으나 아직 일반화는 안되고 있다. 드러난 문제점 중의 하나는 저속에서 가동시 전분의 경화가 너무 조기에 발생하여 접착이 불량해진다는 것이다. 그러나 이러한 문제를 제거한다면 아주 훌륭한 경화제로 이용될 것으로 판단된다.

### 발수제

발수는 방수 및 방습과는 완전히 다른 개념이다. 즉 발수제를 처리한다고 하여도 방수성과 방습성의 증진은 거의 없다. 단지 원지에서의 처리시 표면의 물이 물방울처럼 굴러 떨어지는 정도가 높아지는 것뿐이다. 따라서 발수제는 단기적인 내수성 증진에 효과가 있는 것으로 생각된다.

발수제의 주성분으로는 왁스, 지방산유도체, 합성수지, 실리콘, 크롬 착염 등을 들 수 있다. 그러나 실리콘 및 크롬 착염은 고가이기 때문에 일반적인 크라프트지 및 골판지 라이너의 용도로는 별로 이용되지 않으며 주로 왁스계가 일반적으로 사용되고 있다. 발수도는  $R_0$ 에서  $R_{10}$ 을 규격으로 하고 있으며 농산물용 겉포장 골판지상자는  $R_4 \sim R_6$  등급으로 제조되고 있다. 그러나 이 등급으로는 저온 냉장용 유통시스템에 적합하지 않은 것으로 판단되며, 그 등급을 상향조정할 필요가 있다고 생각된다.

### 방습제

방습제는 대기중의 수분의 침투를 억제하는 약품으로서 농산물 포장상자에 적용시 두 측면에서 작용한다고 본다. 즉 포장상자 내부에 있는 농산물의 수분 건조를 억제하거나, 외부의 수분이 상자 내부로 침투하여 내부 농산물에 영향을 미치거나 골심지와 라이너지의 접착에 사용된 접착제의 강도 저하를 억제할 수 있는 작용을 한다. 현재는 방습용 크라프트지 제조에 일부 사용되고 있으나 포장용 상자에는 아직 적용되고 있지 않다.

방습제의 종류로는 파라핀지, 폴리에틸렌가공지, 염화비닐리덴 가공지 등이 과거에 사용되었으나 현재는 재활용이 어려워 사용이 제한되고 있다. 현재 개발되었거나 개발 중인 약품은 앞의 약품들과 같은 효과를 내면서도 재활용이 가능한 것들이다. 이 약품은 현재 under 코팅용과 top 코팅용으로 구분되며 단독 또는 병용 사용되고 있다.

### 원지에서의 적용방법에 따른 물성 변화

#### 약품의 내침에 의한 영향

제호접착제의 내수성 향상을 위해 기존에 사용 중인 붕사의 경우 첨가량이 증가함에 따라 층간결합력도 증가되었는데(Table 9 참조), 현장 적용시 작업성의 문제가 되는 호액의 점도 상승은 미미한 수준에 그쳤다. 참고로 현장에서는 유동성 악화의 문제 때문에 붕사율(붕사량/총전분량, %)을 3% 이하(2.4~2.8 정도)로 관리하고 있는 것이 일반적이다. 따라서 본 실험 결과에 따르면 붕사 첨가량을 현재보다 상향 조정하여 사용하여도 작업이 가능할 것으로 생각되므로 저온유통시스템용 골판지 제조시에는 붕사의 첨가량을 다소 증가시켜 작업하는 방법이 내수성 향상 면에서 유리할 것으로 판단된다.

**Table 9. Changes of internal bonding strength by various treatments**

Treatment	Wet ring crush strength(Kgf)*
B1	2
B2	3
B3	4
PA	3
PB	5

\*1 : Poor, 2:Worse, 3:Good, 4:Better, 5:Excellent B1:Borax 2.0%, B2 : Borax 2.5%, B3: Borax 3.0% PA:PVA backbone polymer, PB: Flavonoid resin

본 연구를 위해 신규 개발된 PVA계 고분자는 내수 효과를 어느 정도 보였으나, 호액에 첨가시 분산성이 나빠 미분산 덩어리들이 호액에 많이 잔존되는 문제가 발생되었다. 따라서 습윤 압축강도가 중간 정도를 나타낸 것이 분산성의 불량과 관계가 있는 것으로 생각된다. 앞으로 분산성 향상에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다. Flavonoid계 고분자는 가장 우수한 내수 효과를 나타내었으며 분산성도 우수하였다. 그러나, 일부 공장에서 저속으로 골판지 제조시 호액의 조기 경화가 발생되어 골심지와 라이너지간에 접착성의 문제가 일어났다. 우리나라의 대부분의 골판지 제조 기계는 저속으로 운전 중이라 이런 문제가 대부분 발생할 것으로 보인다. 향후 계속하여 이런 문제를 개선하기 위한 연구를 수행할 계

획이다.

**방수성 및 습윤파열강도에 미치는 영향**

시험편의 방수성을 Cobb법으로 측정한 결과 방습제 top/under 병용처리가 가장 우수한 방수성을 보여 내수 기능성면에서 가장 우수하게 나타났으며, 방습제 편면 처리, top(발수제)/under(방습제) 병용, 발수제 처리(5%), 발수제 처리(0.16%), 무처리 순으로 나타났다. 습윤파열 강도도 방수성과 같은 순으로 나타났다(Table 10 및 Fig. 1, 2 참조).

원지에 내수성을 부여하는 효과면에 있어서는 발수제 처리가 별다른 효과를 발휘하지 못한 반면, 방습제는 가장 우수한 효과를 나타내었다. 발수제 top/방습제 under 병용 처리의 경우 방수성은 발수제 단독 처리에 비해 개선되었으나, 습윤파열강도에 있어서는 두 처리간에 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 저온 유통용 골판지 상자 원지의 내수성과 습윤파열강도를 효과적으로 개선시키기 위해서는 발수제 보다는 방습제를 적절히 사용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 따라서 이번에 골판지 원지에 새롭게 적용한 방습제는 방수성은 물론 습윤강도를 획기적으로 개선하여 저온유통시스템용 골판지 상자 제조에 최적의 약품으로 판단된다.

차후 다양한 종류의 방습제를 적용하여 가장 우수한 것을 선별하고, 방수효과와 약품 비용을 고려한 최적 적용 방안에 대한 세부적인 검토를 진행할 예정이다.

**Table 10. changes of Cobb absorbency and wet burst strength by various treatments**

Notation	Treatment(Cons.)	Absorbency(Cobb 15min) (g/m <sup>2</sup> )	Wet burst strength (kg/cm <sup>2</sup> )
T0	Control	62.4	4.4
T1	Water repellent agent single coating (0.16%)	59.3	4.6
T2	Water repellent agent single coating(5%)	52.9	5.0
T3	Water-proof agent single coating (25%)	17.1	7.7
T4	Water-proof agent(Under)/Water repellent agent(Top) double coating	40.8	5.1
T5	Water-proof agent(Under)/Water-proof agent(Top) double coating	8.6	8.7

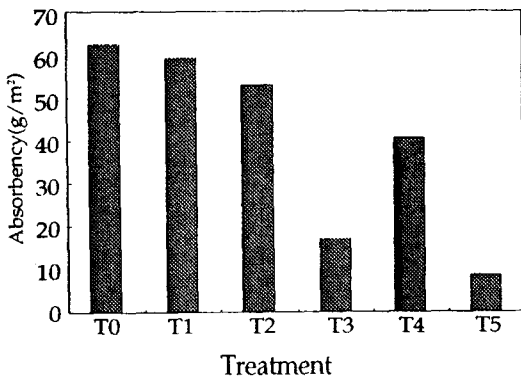


Fig. 1. Changes of Cobb absorbcency by various treatments.

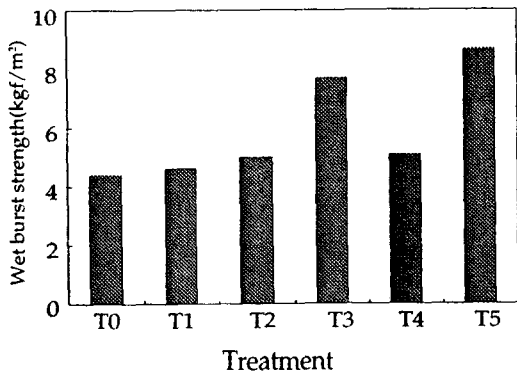


Fig. 2. Changes of wet burst strength by various treatments.

**습윤압축강도에 미치는 영향**

Table 11과 Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이, 기존 골판지 상자에 대한 발수처리(R4 또는 R6 이상)는 습도 변화에 따른 압축강도 저하 방지에 크게 기여하지 못하는 것으로 생각된다. 이로 인해 발수처리는 원가상승 요인만 될 뿐 강

Table 11. Changes of wet ring crush strength by treatment of corrugating liner

Treatment*	Wet ring crush strength(Kgf)
T0	4.03
T1	4.33
T2	4.76
T3	8.50
T4	10.10
T5	8.90

\*Legend: See Table 10.

도 저하 방지에 영향을 주지 못한다. 또한 원지 제조시 첨가하는 내수화제도 습윤압축강도 증가 또는 저하 방지에 별 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

결국, 습도변화에 적극적으로 대처하기 위해서는 방습제 단독 사용 또는 발수제와 방습제의 혼합 사용이 적절할 것으로 판단되며, 방습제의 경우, 동일 사용량을 1회 처리하는 것보다 Top과 Under를 도공하는 더블 도공 처리가 습윤압축강도의 증가에 보다 효과적인 것으로 나타났다.

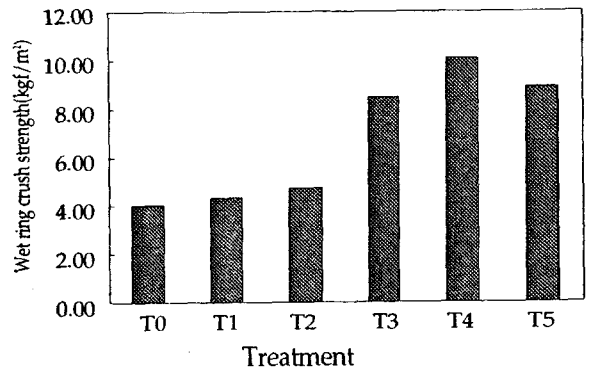


Fig. 3. Changes of wet ring crush strength by treatment of corrugating liner.

**투습도에 미치는 영향**

Table 12에서 알 수 있는 바와 같이 투습도는 무처리 > 발수제 처리(0.16%) > 발수제 처리(5%) > 방습제 Under/Top 병용 > 방습제 싱글도공 > 방습제 Under/발수제 Top 병용의 순으로 나타났다(Fig. 4 참조).

투습도와 반대의 개념인 방습성면에서, 발수제는 방습 효과가 거의 없었으며, 방습제는 예상대로 그 효과가 매우 크게 나타났다. 그런데 가장 효과가 크리라 예상했던 방습제 Top/Under 병용보다 방습제 Under/발수제 Top 병용 효과가 크게 나타난 것은 의외의 결과였으며, 그 원인에 대해서는 보다 정밀한 분석이 필요하나 우선은 더블 도공 실험시 도공량 오차에서 발생한 것이거나, 방습제와 발수제의 병용에 의한 시너지 효과 때문으로 생각된다.

냉장 식품의 투습도는 상자 내부의 수분이 외부로 방출되거나 또는 외부의 수분이 내부로 침투하는 특성을 판단할 수 있는 좋은 자료가 된다. 식품을 저온 냉장 유통시 적재 공간 내부의 수분이 낮아 식품이 건조하거나, 외부의 수분이 내부로 침투하여 종이의 강도를 약화시키는 것을 막기 위해서는 포장 상자의 방습성이 요구되며, 기존에 발수의

Table 12. Changes of water permeability by various treatments

Treatment(Cons.)	Water permeability (g/m <sup>2</sup> , 24hr)	Coated weight(g/m <sup>2</sup> )
Control	2767	
Water repellent agent single coating(0.16%)	2450	Uncountable
Water repellent agent single coating(5%)	652.5	0.5
Water-proof agent single coating (25%)	584.5	2.5
Water-proof agent(Under)/Water repellent agent(Top) double coating	812	2/0.5
Water-proof agent(Under)/Water-proof agent(Top) double coating	2836	2/0.5

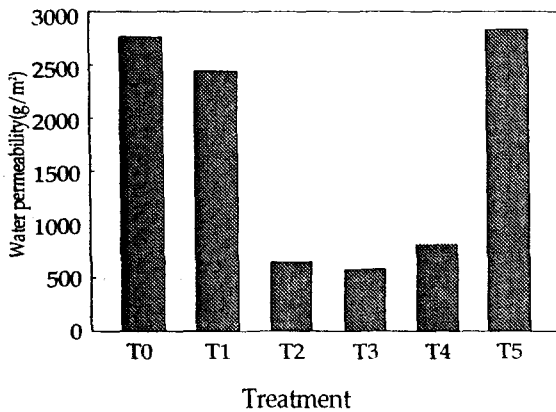


Fig. 4. Changes of water permeability by various treatments.

목적으로 사용되고 있는 발수제만으로는 방습성이 거의 없었고, 전문 방습제만이 그 효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 발수제의 사용량을 높여 발수는 물론 방습 효과를 기대하는 것은 불가능한 것으로 판단되며 방습제를 사용해야만이 소정의 효과가 날 것으로 본다. 적정 방습제의 종류와 처리량에 대해서는 추가적인 정밀한 실험이 필요하다.

### 결론

상기의 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 봉사는 첨가량이 증가함에 따라 층간결합력도 향상되어, 유동성에 문제가 발생하지 않는 한 현재보다 사용량을 증가시키는 것이 유리하다.

(2) 본 연구를 위해 고분자제조사와 공동 개발한 PVA계

고분자는 약품 분산성의 문제가 발생하여 기대한 효과를 얻지 못했다. Flavonoid resin 계통의 고분자는 가장 우수한 접착제 내수증가 효과를 나타내어, 현장 적용시의 문제만 제거한다면 본 용도로 가장 적합한 약품으로 판단된다.

(3) 기존에 사용되고 있는 발수제는 발수 등급을 R<sub>10</sub>까지 상향 조정하여도 방수성 향상 효과가 극히 미미하게 나타났으며 방습효과도 거의 없었다. 따라서 발수제는 본 연구 목적에는 적합하지 않은 것으로 나타났다.

(4) 골판지에 새롭게 적용된 방습제는 극히 우수한 방수 효과를 나타내었고, 발수성 또한 우수하였다. 방습제 처리시 싱글 도공보다는 더블 도공이 훨씬 효과적이었다. 따라서 저온냉장유통시스템용 골판지 제조를 위해서는 방습제의 적용이 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

### 문헌

1. "Advanced Topics in Wet End Chemistry Seminar Notes," TAPPI Press, Atlanta, GA(1987).
2. Amson, T. R., Tappi J. 65(2):125(1982).
3. Hilpolit, K. J.(Editor), "Chemical Processing Aids in Papermaking: A Practical Guide," TAPPI Press(1992).
4. Reynolds, W. F., "The Sizing of Paper," 2nd Ed., TAPPI Press(1989).
5. Unbehend, J. E., "Introduction to Wet End Chemistry," TAPPI Press(1987).
6. 日本包装技術協會編, "包装技術便覽," 日本(1983).
7. Joseph, F. H., "Handbook of Package Engineering," McGraw Hill(1984).

8. Kutt, H. and Mithel B. B., Tappi J. 51(4):79A(1968).
9. Jonson, G., "Corrugated Board Packaging," The Ipswich Book Company(1995).
10. Swartz, H. G., "In Food Packaging and Preservation," pp.115-135, Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York(1986).
11. Mchugh, T. H., *et al.*, J. Food Sci. 58:899(1993).
12. Gennadios, A., *et al.*, J. Food Eng. 21:395(1994).
13. Bird, R. B., Stewart, W. E. and Lightfoot, E. N., "Transport Phenomena," John Wiley and Sons, New York(1960).
14. Back, E. and Steenberg, B., *Svensk Papperstidn.* 54(15):510(1951).
15. Dill, D. R., Tappi J. 57(1):97(1974).
16. ASTM D685. Practice for conditioning paper and paper products for testing
17. ASTM D828. Test method for tensile breaking strength of paper and paperboard
18. Baum, G. A., L. R. Bomhoeft. 1979. Estimating poison ratios in paper using ultrasonic techniques. Tappi 62(5): 87-90
19. Billerad Handbook. Testing of corrugated board and its components
20. DieMex Y. 1997~1998. 段ボール原典シリーズ. CARTON BOX: 第9回-第10回
21. Fox, T. S., R. W. Nelson, J. A. Watt, and W. J. Whitsitt. 1979. Shipping containers & cartons shown to fail only in compression when loaded internally. Paperboard Packaging(May)
22. Gartaganis, P. A. 1975. Strength properties of corrugated containers. Tappi 58(11): 102-108
23. *Ibid.* 1962. Flexural stiffness of corrugated board. Paperboard Packaging
24. Johnson, M. W., T. J. Urbanik, W. E. Denniston. 1980. Maximizing top-to-bottom compression strength. Paperboard Packaging 98
25. Jonson, G. 1995. Corrugated board packaging. The Ipswich Book Company
26. Koning, J. W. 1975. Compressive properties of linerboard as related to corrugated fiberboard containers: a theoretical model. Tappi 58(12): 105-108
27. Koning, J. W. 1978. Compressive properties of linerboard as related to corrugated fiberboard containers: theoretical model verification. Tappi 61(8): 69-71
28. Kutt, H. and B. B. Mithel. 1968. Studies of compressive strength of corrugated containers. Tappi Journal 51(4)
29. Kutt, H. and B. B. Mithel. 1969. Structural strength characteristics of containers. Tappi 52(9): 1685-
30. Leake, C. H. 1988. Measuring corrugated box performance. Tappi Journal(Oct): 71-75
31. Little, J. R. 1943. A theory of box compressive resistance in relation to the structural properties of corrugated paperboard. Paper Trade Journal 116(24): 31-34
32. Maltenfort, G. G. 1979. Compression failure analysis. Paperboard Packaging 172
33. Maltenfort, G. G. 1980. Compression load distribution on corrugated boxes. Paperboard Packaging
34. Maltenfort, G. G. 1988. Corrugated shipping containers: an engineering approach. Jelmar Publishing Co.
35. Markstr m, H. 1993. The elastic properties of paper-test methods and measurement instruments. Lorentzen & Wettre. Stockholm
36. McKEE, R. C., J. W. Gander and J. R. Wachuta. 1963. Compression strength formula for corrugated boxes. Paperboard Package(Aug.): 144-159
37. Nordman, L., E. Kolhonen, M. Toroi. 1978. Investigation of the compression of corrugated board. Paperboard Packaging 48
38. 五十嵐清一. 1996. 段ボール包装技術. 日報
39. Peterson, W. S., W. J. Schimmelpfenning. 1982. Panel edge boundary conditions and compressive strengths of tubes and boxes. Tappi Journal 65(8)
40. Seth, R. S. 1985. Relationship between edgewise compressive strength of corrugated board and its components. Tappi Journal(March): 98-101
41. Surber, R. A., A. H. Catlin. 1982. Estimating the effects of interiors on corrugated box stacking strength. Packaging Technology
42. TAPPI T411. Thickness(caliper) of paper, paperboard, and combined board
43. TAPPI T820. Flexural stiffness of corrugated board
44. Thorpe, J. L. and D. Choi. 1992. Corrugated containers failure-strain measurements in laboratory compression tests. Tappi Journal(July)
45. Kearney, R. L. and Maurer, H. W. 1990. Starch and Starch Products in Paper Coating. TAPPI Press