원지의 종류와 표면처리 방법에 따른 내수 골판지 원지의 물성

Effects of types of base paper and surface treatments on physical properties of the base papers for water resistant corrugated board

조중연 · 민춘기 · 신준섭

용인송담대학 제지·패키징시스템과

1. 서 론

현재 농산물의 대부분이 골판지 상자로 포장되어 출하되고 있는데 농산물은 공산품과는 달리 비교적 수분이 많은 유통환경을 접하게 되므로 골판지 상자의 내수성 및 습윤강도가 약하면 많은 문제점이 발생된다. 따라서 농산물 포장용 골판지 상자의 경우, 수분에 어느 정도 노출되어도 내수성은 물론, 강도를 유지시키는 것이 필수 요소라고 할 수 있다.

저온 유통체계에 대응할 수 있는 겉포장 상자는 일반적으로 상자의 표면에 발수처리를 하여 유통과정 중에 발생하는 수분에 견딜 수 있도록 되어 있으나, 현재 농산물 표준출하 규격으로 지정되어 있는 발수도 관련 연구결과 골판지상자의 표면에 발수 코팅처리를 하여 저온 수송시스템의 환경 하에서 유통하였을 경우 실제로 발수처리가 상자 압축강도저하 방지에 큰 영향을 미치지는 못하는 것으로 밝혀졌다.

이의 원인으로는 골판지 표면상에서의 불균일한 발수제의 분포와, 예냉을 위하여 뚫어진 통기공을 통하여 주위의 수분이 중간 라이너지 및 골심지로 침투하기 때문으로 생각되어지며, 결국 골판지 표면의 발수처리는 크게 효과를 거두지 못하고 있는 실정이다. 따라서 발수처리보다는 내수처리가 통기공을 가지는 저온수송체계용 상자에 적합하다고 할 수 있다.

그러나, 현재 국내에서 유통되고 있는 대부분의 골판지 상자는 공산품 포장을 기준으로 제조된 것으로 저온 냉장 및 수송 시스템 등 온·습도의 변화가 급격한 농산물 포장용으로 이용하는 데는 많은 문제점이 뒤따른다. 이에 따라 농산물 포장용은 물론 범용의 내수 또는 내습 기능을 갖는 골판지 원지의 개발이 시급히 요청되고 있으나 이에 대한 연구 자료

나 관심은 아직 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시중에 유통되는 10종의 골판지 원지를 구입하여 이전의 연구결과 선정된 약품을 표면 처리하여 원지 및 표면처리 약품의 조합에 따른 원지의 내수, 내습 특성과 물성을 조사하였다. 또한 그 결과에 근거해서 저온유통용 골판지상자 제조에 적합한 원지 생산 방법을 확인하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에 사용된 골판지 원지의 종류는 10가지로 표 1에 나타내었다. 이 원지들 중 무처리 분(3, 6, 8, 9번)은 D제지에서 기 제조된 제품을 구입하여 사용하였다. 나머지 원지들은 이전 연구결과 선정된 전분내수화제 또는 표면사이즈제를 D제지에서 호화된 전분과 혼합하여 사이즈프레스에서 원지의 양면에 도공하여 제조하였으며, 사용된 약품의 종류 및 특성을 표 2에 나타내었다.

표 1. 사용된 골판지 원지의 종류

원지 번호	원지 처리 구분
1	CK180 무처리
2	CK180 방습처리
3	CK180 내수전분처리, 방습처리
4	CK180 내수전분처리, 사이징처리, 방습처리
5	K 180 방습처리
6	K 180 내수전분처리
7	K 180 무처리
8	SK 180 방습처리
9	SK 180 무처리
10	B 160 무처리

표 2. 사용된 약품의 종류 및 특성

	방습제	전분내수화제	표면사이즈제
상품명	JK-2007	AZCOTE 5800M	MPS-1000
제조사	정원화학	Hopton Technology Inc.	송강산업
외관	유백색 액상	투명 액상	갈색 액상
주성분	아크릴 유도체	AZC	변성 아크릴 공중합체
고형분(%)	40.0	30.0	35.0
pH	9.0	10.0	4.0
점도(cps)	200	10	1000

2.2 사이즈프레스 도공 조건

사이즈프레스에서 원지에 사이즈액을 도공할 때의 시험 조건은 표 3과 같다.

표 3. 원지에 약품 도공시 도공 조건

초속	550m/min
전분	타피오카 산화전분(태국산)
전분농도	10%
사이즈프레스 선압	50 kg/cm
스프레이 압력	2.5 bar
분사 높이	500 mm
S/P 픽업량	157 l/min
전분 픽업량	4 %(편면 : 2%)
약품 첨가량	전분대비 고형분 기준 5%(AZC, 표면사이즈제)

2.3 방습제 처리

2.2에서 제조된 원지들 중 일부(1, 2, 4, 7, 10번)는 H사로 이송하여 에어나이프

코터(air knife coater)를 이용하여 방습제를 희석 후 원지 top side에 편면 6 g/m^{2}의 방습제를 도공하므로 방습처리 원지를 제조하였다. 이때의 운전 조건은 표 4와 같다.

표 4. 에어나이프 코터 운전 조건

운전속도	: 200 m/min
건조형식	: 열풍건조(air floatation dryer)
건조온도	: 160℃
도공량	: 6 g/m^2(편면)

2.4 물성 시험

제조된 원지를 20 ℃의 항온항습기에서 50%, 65%, 80%의 상대습도 하에서 24시간 각각 조습처리한 후 KS 및 ISO 표준실험방법에 의거 원지의 방수성, 파열강도, 압축강도(링크러쉬법), 스티프니스, 투습도, 발수도, 백색도 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 평량

표준 조습처리 조건(65% RH)에서는 B원지(155g/m^2)를 제외하고는 모든 원지가 180g/m^{2}이상의 다소 높은 값을 나타내었다. 원지 중에서는 표면에 도공된 약품의 종류가 가장 많은 4번 원지가 가장 높은 값을 나타내었다. 반면 80% RH로 상대습도를 증가시켰을 때 65% 대비 평량 증가율에 있어서는 4번 원지(CK180 내수전분처리, 사이징처리, 방습처리)가 가장 낮은 값을 나타내므로 방습 효과가 우수한 것으로 생각된다(그림 1).

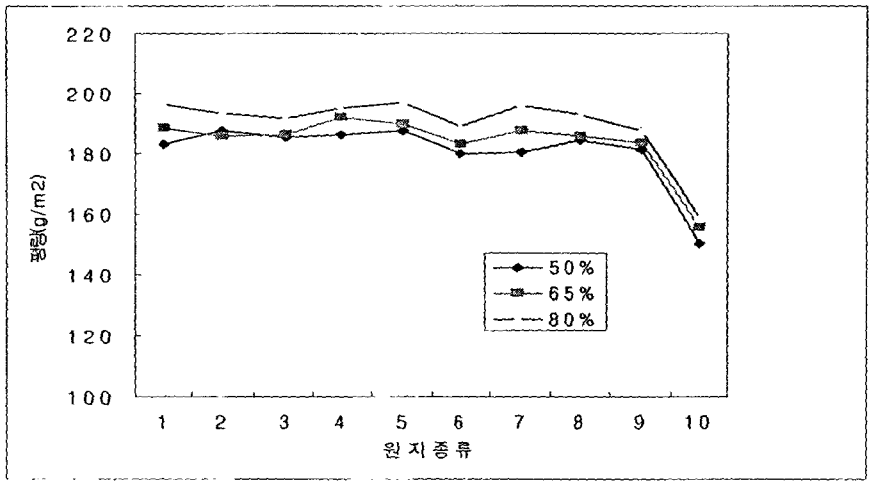

그림 1. 상대습도에 따른 골판지 원지의 평량

3.2 함수율

골판지 원지의 함수율은 파열강도에는 크게 영향을 미치지 않지만 tensile stiffness, bending stiffness 및 압축강도 등에는 많은 영향을 미치는 중요한 성질이다. 일반적으로 압축강도의 경우 원지의 함수율이 1% 증가할 경우 압축강도는 8% 정도 감소하는 것으로 알려져 있다.

온도의 변화는 습도의 변화처럼 강도를 크게 변화시키지는 않지만, 온도가 올라가면 단위 공기 중의 수분함유율이 높아지고 종이가 부드러워져서 원지의 스티프니스가 저하되기 때문에 다소 영향을 받을 뿐이다. 따라서 골판지 상자가 유통되는 과정에서 -30 ~ 40℃까지의 온도 변화가 있지만 이때의 압축강도 변화는 10% 정도에 불과하다.

50%의 저습에서는 CK 원지간의 함수율 차이가 미미하게 나타났지만, 80%의 고습 조건에서는 4번 원지가 가장 낮은 값을 나타내었는데, 이러한 차이 역시 4번원지의 전분 내수화, 표면사이징 및 방습 처리 등에서 기인된 원지의 방습 및 내수성 향상의 결과로 해석된다(그림 2).

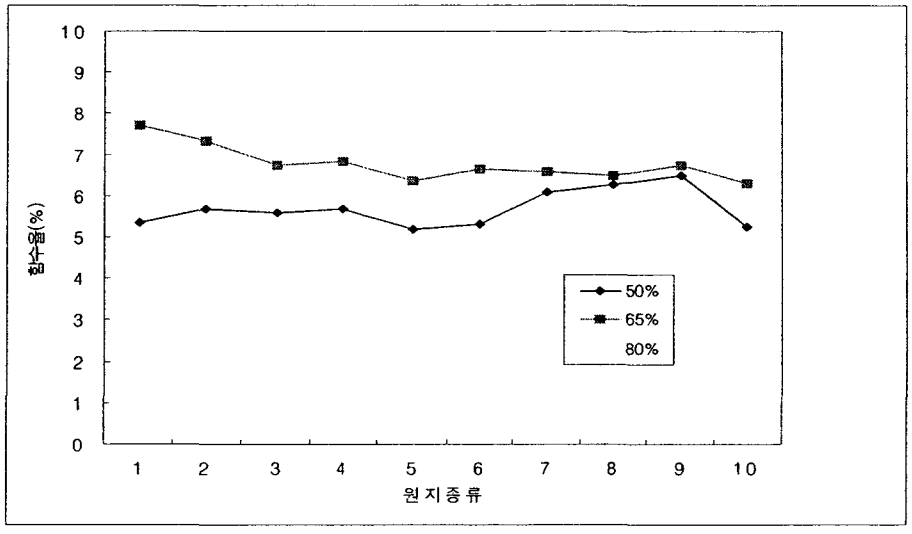

그림 2. 상대습도에 따른 골판지 원지의 함수율

3.3 밀도

원지의 종류 별 밀도는 CK > K, SK > B 순서로 나타났다(그림 3). CK 원지가 다른 것에 비해 밀도가 높게 나타난 것은 CK원지 제조시 콘디벨트로 고온압착건조를 실시하므로 나타난 결과로 해석된다.

일단 종이의 밀도가 높아지면 그것이 리파이닝에 의한 것이나 프레싱에 의한 것이나 구별 없이 높은 강도를 나타낸다. 프레스를 통과하면 종이는 보통 30 ~ 40%의 고형분을 가지며, 이때부터 수소결합이 형성되고 섬유의 수축이 일어나 종이의 최종형태와 강도가 결정되기 시작한다. 따라서 프레스와 건조 시에 충분한 인장력이나 압축력을 지필에 부여할 수 있다면 부가적인 강도 증가의 효과를 볼 수 있다. 즉 콘디벨트 건조기와 같이 응력을 많이 주어 건조시키면, 종이의 밀도와 더불어 탄성계수가 증가하여 종이의 물리적 성질이 개선 가능하다.

따라서 원지의 밀도가 증가할 경우 골판지의 중요한 물성인 압축강도, 인장강도 등도 또한 비례하여 증가하므로, CK원지가 골판지 원지로서 일반 원지에 비해 보다 적합한 것으로 판단되었다.

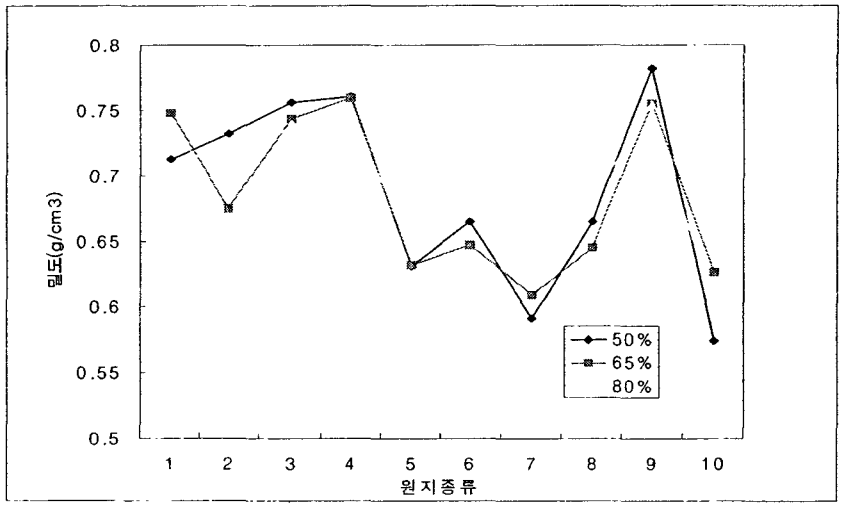

그림 3. 상대습도에 따른 골판지 원지의 밀도

3.4 투습도

원지의 투습도는 방습제의 적용에 의해서 주로 조절되는데, 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. 현재에는 방습용 크라프트지 제조에 일부 사용되고 있으나 포장용 상자에는 아직 적용되고 있지 않다. 일반적으로 방습 및 방수지는 방습 및 방수 기능을 나타내는 고분자 또는 고분자 유화액을 종이 위에 도포 또는 라미네이팅 처리하여 필름 혹은 도포층을 균일하게 형성시키므로 우수한 방습, 방수 기능이 나타나는 것으로 알려져 있다.

원지의 투습도를 결정짓는 가장 중요한 요인은 방습처리임을 5, 6, 7번 원지의 투습도 결과를 통해 확인할 수 있다. 전분 내수화 처리 혹은 표면사이징 처리만으로는 원지의 방습성을 대폭 향상시키는 것은 어려우며, 방습처리와 병용시 방습처리 단독의 경우에 비해 방습성의 추가 상승을 확인할 수 있었다(그림 4).

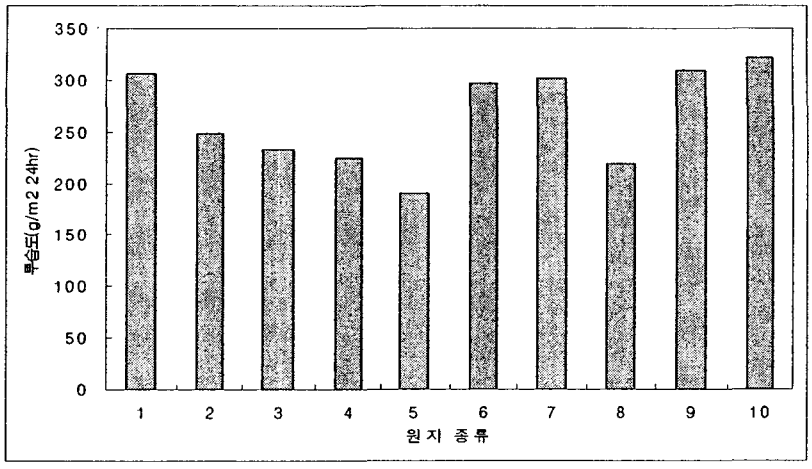

그림 4. 상대습도에 따른 골판지 원지의 투습도

3.5 압축강도

농산물 포장용기로서 가장 많이 사용되는 골판지 포장 상자에 있어서 가장 중요한 것은 상자의 상하 압축강도라고 할 수 있다. 특히 저온 유통에 있어서 온습도 변화에 따른 골판지 상자의 압축강도 저하는 다단 적재를 어렵게 하고 물류비용을 증가시키는 요인이 되고 있다.

또 예냉이나 저온 저장 후 변온처리 없이 상온에 노출되는 경우 급격한 흡습으로 인하여 압축 및 파열강도가 급격히 하락하게 되는데 이는 상자 자체 강도 저하로 인한 화물붕괴는 물론 내용물의 압상과 결로 발생으로 인한 품질저하를 초래하게 된다. 이렇게 되면 농산물의 피로도를 증가시켜 호흡량을 상승시키는 것은 물론 상품의 경도 저하가 발생하게 된다. 또 농산물의 호흡에 따른 증산작용 증가는 골판지 상자의 수분 흡수를 촉진시켜 상자의 압축강도 저하에 큰 영향을 미치고 있다.

무처리 원지별 비압축강도 값을 비교하면 B < K < SK < CK 순으로 압축강도가 증가하여, CK원지가 압축강도 면에서 가장 우수한 것으로 나타났다(그림 5).

50%의 상대습도에서는 원지의 압축강도 향상에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 전분 내수화 처리(3,6번 원지)인 것으로 나타났으며, 80%의 고습조건에서는 표면사이징이 추가된 4번원지가 가장 우수한 결과를 보였다. 반면 방습처리 단독만으로는 CK를 제외한 원지에서 압축강도의 향상 효과는 나타나지 않았다. 습도 조건과 관계없이 4

선 원지가 압축강도가 가장 높은 값을 나타내었다.

CK지의 경우 표면 약품 처리를 통해 최대 비압축강도를 상대습도에 따라 10%(RH 50%) ~ 60%(RH 80%)까지 증가시킬 수 있었으며, 상대습도에 비례하여 처리효과가 나타났다.

상대습도에 따른 압축강도의 변화를 살펴보면, 5, 7번 원지를 비교한 결과로부터 방습처리는 압축강도 저하 방지에는 효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나 내수전분 처리는 상대습도 증가에 따른 압축강도 저하를 방지하는 효과가 매우 크게 나타난 것을 알 수 있었다(6, 7번 원지).

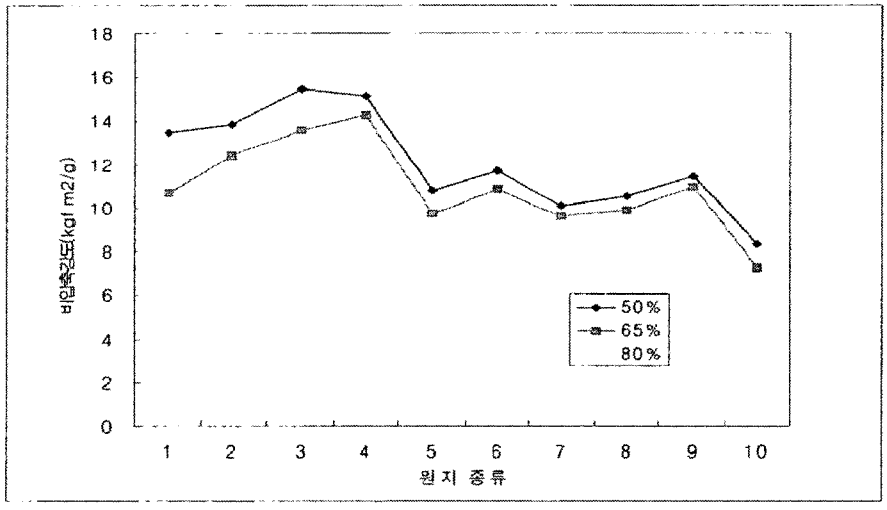

그림 5. 상대습도에 따른 골판지 원지의 비압축강도

3.6 파열강도

무처리 원지별 비파열강도를 비교하면 B < K < CK ≤ SK 순으로 SK가 CK보다 다소 높게 나타났다. 전분 내수화처리가 파열강도 상승효과가 가장 높은 것으로 나타났다(3,6번 원지). 65%와 80% 상대습도 조건에서는 방습처리를 실시함으로써 원지의 파열강도를 향상시킬 수 있었다. 50%, 65%에서는 4번 원지가 80%에서는 8번 원지가 가장 높은 비파열강도 값을 나타내었다(그림 6).

CK지의 경우 다양한 표면 약품처리를 통해 최대 30%(RH 50%) 정도의 비파열강도 증가 효과를 얻을 수 있었다(1, 4번 원지). 약품 처리에 따른 비파열강도 증가 효과는 RH 50%가 가장 높고 상대습도가 증가할수록 감소하는 양상을 나타내었다.

3, 4번 원지의 통계 분석 결과로부터 표면사이징 처리는 상대습도 증가에 따른 CK지의 파열강도 감소 억제에 영향을 주지 못한 것으로 나타났으며, SK지의 경우 방습처리도 파열강도 감소 억제에 영향을 미치지 못했다. 압축강도와는 달리 방습처리 및 내수전분처리는 상대습도 증가에 따른 파열강도 감소 억제에 큰 영향을 미쳤다(5,6,7 원지비교).

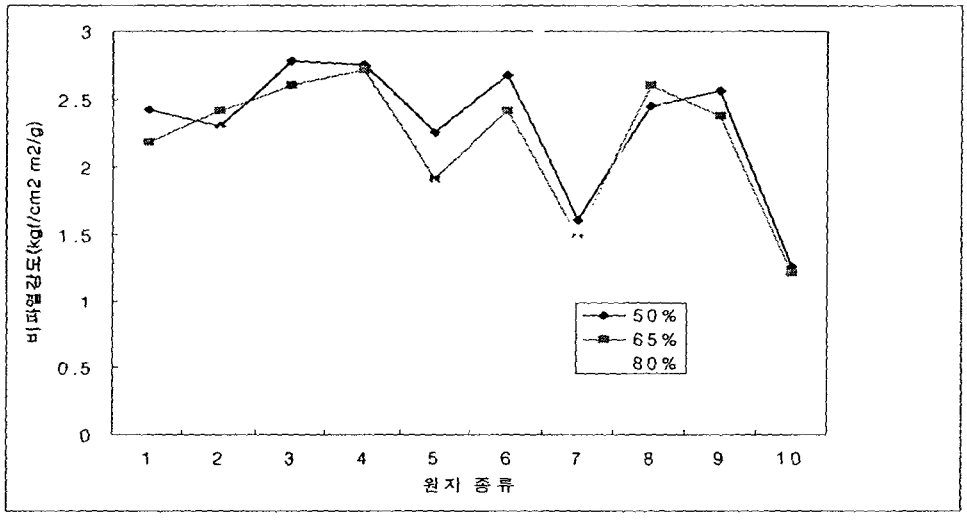

그림 6. 상대습도에 따른 골판지 원지의 비파열강도

3.7 스티프니스

스티프니스는 휨(bending) 변형에 대한 저항으로 정의되며, Young률에 종이 두께의 세제곱을 곱한 값에 비례한다. 따라서 두께는 휨강성을 조절하는 가장 중요한 성질이 된다. 스티프니스에 영향하는 또 다른 인자는 Young률(탄성률)인데, 펄프의 종류에 따라 달라진다. 특히 본 연구에 사용된 골판지 원지처럼 다층지에서는 바깥 층의 Young률은 스티프니스의 주요한 인자이다. MD 방향의 휨강성을 높이는 방법 중의 하나는 인장력하에서 종이를 건조시켜 종이의 수축을 줄이는 방법이다.

종이의 Young률은 함수율에 따라 크게 달라지는데, 예를 들면 22%에서 85%로 상대습도를 증가시키면 종이의 영률은 50%까지 감소될 수 있다. 온도나 화학 첨가제는 스티프니스에 영향을 미치지 못하나 표면사이징을 통해 종이의 스티프니스를 증가시킬 수 있다.

65%의 상대습도에서는 4번 원지가 스티프니스가 가장 높게 나타났다. 표면사이징 처리는 상대습도가 높을 경우 스티프니스의 향상에 기여하는 것으로 나타났다.

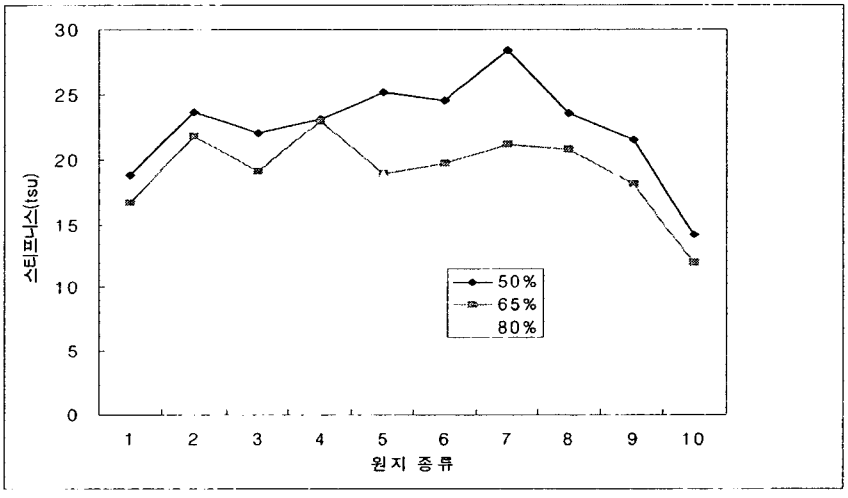

그림 7. 상대습도에 따른 골판지 원지의 스티프니스

3.8 발수도

발수는 방수와 방습과는 완전히 다른 개념이다. 즉 발수제를 처리한다고 하여도 방수성과 방습성의 증진은 거의 없다. 단지 처리시 표면의 물이 물방울처럼 굴러 떨어지는 정도가 높아지는 것뿐이다. 따라서 발수제는 단기적인 내수성 증진에만 효과가 있다.

방습 처리된 원지는 모두 최고의 발수도인 R10을 나타내었다. 무처리 원지 중 SK는 R_2로 가장 낮게 나타났으며, 나머지는 R_6 ~ R_7 정도의 발수도를 나타내었다.

발수도는 KS에 R_0에서 R_{10}을 규격으로 하고 있으며 농산물용 겉포장 골판지상

자는 R_4 ~ R_6 등급으로 제조되고 있다. 그러나 이 등급으로는 저온 냉장용 유통시스템에 적합하지 않은 것으로 판단되며, 그 등급을 상향조정할 필요가 있다고 사료된다.

3.9 흡수도(콥 사이즈도)

골판지 원지에 방습, 방수 기능을 나타내기 위해 과거에는 종이 위에 왁스류의 도포 또는 함침처리를 하여 방습,방수지를 얻었다. 그러나 왁스류를 도포 또는 함침처리하면 방습,방수 기능은 우수하게 나타나지만, 포장시에 접음 가공에 의해 발생하는 주름으로 인해 왁스층이 파괴되어 방습,방수 기능이 현저하게 감소하기 때문에 방습, 방수성을 부여하기 위한 새로운 방법이 요구되어 왔다. 본 연구에 새로이 적용된 방습제도 방습제 전문 제조회사와 위의 목적에 적합한 것을 공동으로 개발하여 적용하였다.

원지의 방수성은 보통 흡수도(콥 사이즈도)로 나타내는데, 그림에서 보는 바와 같이 원지의 흡수도는 방습처리에 전적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며, 내수 전분처리, 표면사이징 처리는 상대적으로 흡수도에 별 영향을 나타내지 못했다. 즉 방습처리된 원지의 경우는 원지의 종류에 관계없이 흡수도의 급격한 감소를 나타내 방수성이 증가되는 것으로 나타났다. 또한 상대습도에 따른 흡수도의 변화도 미미하게나마 나타났다(그림 8).

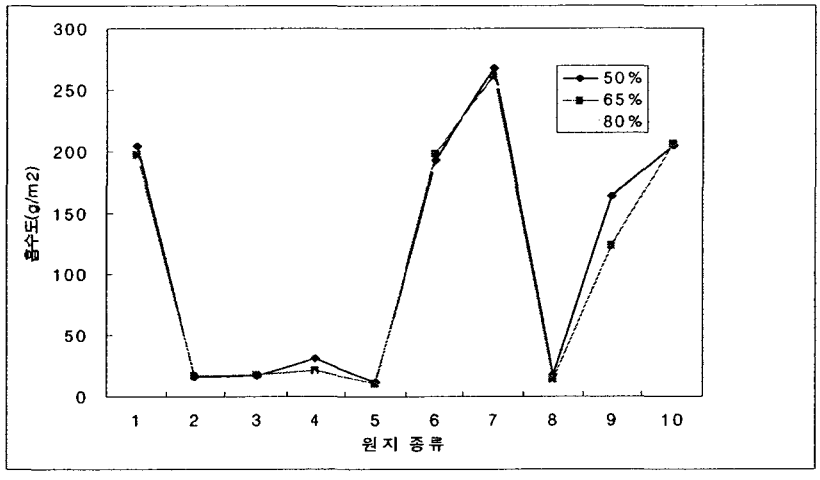

그림 8. 상대습도에 따른 골판지 원지의 흡수도

3.10 백색도

원지의 백색도는 CK < K < SK 순으로 증가하는 경향을 나타내었다(그림 9). CK 원지의 백색도가 일반 원지에 비해 저하된 것은 원료 중 KOCC 및 섬유장이 짧고 재활용이 많이 된 미세분이 많이 혼입되었기 때문으로 생각된다.

원료 중 미세분이 이면층에 많이 분포할 경우, 콘디벨트 건조시 습지로부터 탈수 및 응측수의 제거가 원활하게 이루어지지 못해 제조된 원지의 층분리(delamination)가 발생하는 것으로 보고된 바 있다. 이를 해결하기 위해서 동일제지의 경우 원료 중 미세분을 부상부유기(floatator)로 분급(fractionation)하여 원지의 중간층의 원료에 주로 혼입하여 사용하므로 이러한 층분리의 문제를 개선시킨 것으로 알려져 있다.

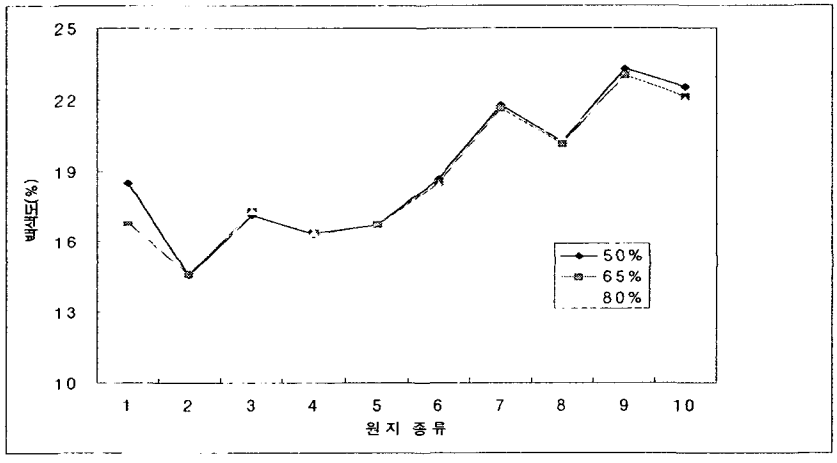

그림 9. 상대습도에 따른 골판지 원지의 백색도

4. 결 론

저온유통용 내수골판지 제조를 위해 총 10가지의 원지를 시험 생산하여 그 물성을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 일반 골판지 원지에 비해 콘디벨트를 사용하여 고온, 압착 건조된 CK지가 강도면에서 우수한 특성을 나타내었다.

2) 원지 표면에 약품처리를 통해 강도를 향상시킬 수 있었다. CK지의 경우 미처

리 대비 최대 비압축강도를 60%(RH 80%)까지, 비파열강도는 최대 30%(RH 50%) 증가시킬 수 있었다.

3) 약품 처리 방법 중 원지의 강도에 가장 많은 영향을 미치는 것은, 원지 제조 시 사용되는 전분을 AZC를 사용하여 내수화 처리를 하는 것으로 나타났다.

4) 전분 내수화 처리와 더불어, 방습제 및 표면사이즈제를 원지에 추가로 도공할 경우, 원지의 방습성 및 내수성의 개선으로 높은 상대 습도에서도 원지의 강도 저하를 최소화할 수 있었다.

5) CK원지를 사용하여 그 표면에 전분 내수화 처리, 표면사이징 및 방습제를 도공한 원지가 원지의 강도, 방수, 방습성 및 물리적 특성을 종합할 때 가장 우수한 것으로 판단된다. 따라서 저온유통용 골판지 제조 시 표면 라이너지에 가장 적합한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Swartz, H. G., In Food Packaging and Preservation, p. 115 - 135, Elsevier Science Publishing Co., Inc.(1986).
2. 하영선, 농수산물의 신선포장과 국제경쟁력 제고 방안, 제2회 국제포장심포지움 요약집, p. 39 - 63 (1995).
3. 국립농산물품질관리원, 농산물표준규격 (1999).
4. Roberts, J. C., Paper Chemistry, p. 76 - 94, Chapman and Hall, New York (1991).
5. Lock, L. C, Wet Strength Resins and Their Application, p. 13 - 36, TAPPI Press, Atlanta (1994).
6. Eklund, D., and Lindstrom, T., Paper Chemistry, p. 153, DT Paper Science Publications, Grankullar (1991).
7. 조중연, 민춘기, 신준섭, 농산물저온유통용 내수골판지 상자의 제조(제1보),섬유의 종류, 습윤지력증강제 및 방습제 첨가에 따른 골판지 원지의 물리적 특성, J.Korea TAPPI 35(2): 26-32(2003).
8. 조중연, 민춘기, 신준섭, 농산물저온유통용 내수골판지 상자의 제조(제2보), 골판지의 내수 및 내습성향상을 위한 약품적용 방법, J. Korea TAPPI 36(2):60 - 69(2004).