

전분 접착제의 접착 효율 및 골판지의 내수성 향상을 위한 첨가제의 적용

장동욱 · 박종문[†]

접수일(2015년 12월 8일), 수정일(2016년 2월 4일), 채택일(2016년 2월 15일)

Improvement of Bonding Strength and Water Resistance of Corrugated Board

Dong-Wook Jang and Jong-Moon Park[†]

Received December 8, 2015; Received in revised form February 4, 2016; Accepted February 15, 2016

ABSTRACT

In order to improve the bonding efficiency of starch adhesives and water resistance of corrugated board, mixing ratio of additives dosage was changed and its effects were analyzed. When the additives dosage was increased, bonding strength, vertical compression strength, bursting strength and water resistance were increased, because of hydroxyl groups or acetyl groups in starch adhesives and cellulose fibers of corrugated board were cross-linked by additives. When 1.0% glyoxal dosage was added, flat crush strength and vertical compression strength were increased. With 1.5% glyoxal, bonding strength and bursting strength were increased. However, 2.0% glyoxal dosage was added, most of strength except bursting strength were decreased. Thus, when the appropriate amount of additives are added during corrugated board production process, increased bonding efficiency of starch adhesives and higher water resistance of corrugated board can be achieved.

Keywords: *Corrugated board, cross-linking agent, pin-test, contact angle, bonding strength, water resistance*

• 충북대학교 농업생명환경대학 임산공학과(Dept. of Forest Product & Engineering, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Chungbuk, 28644, Republic of Korea)

[†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jmpark@cbu.ac.kr

1. 서론

현대 사회의 포장 물류 운송 산업이 점차 발달하고 있는 추세로 지난 2014년 국내 골판지포장 생산현황은 약 53억 m², 시장규모는 3조 5천억으로, 전년대비 생산량은 2.2%, 시장규모는 3.1%가 증가하였으며, 전분 접착제를 이용하여 생산한 골판지 상자의 사용량은 꾸준히 증가하고 있다. 최근에는 식료품 및 신선도를 요구하는 제품 포장에 쓰이는 플라스틱 포장보다 종이 제품 포장을 소비자들이 더 선호함에 따라 그 수요는 더 증가할 것으로 예측되고 있다. 따라서 골판지 제조회사에서는 제품의 신선도 유지를 위한 기술 개발과 동시에 골판지의 강도적 특성 향상을 위하여 많은 연구를 진행하고 있다.¹⁻⁴⁾ 일반적인 골판지의 경우 한번 포장용기로써 사용된 후 다시 수거하여 재사용되며, 수차례 재사용하여 골판지를 생산할 경우 섬유와 각질화 및 단섬유화로 인하여 강도적 특성이 저하되는 단점이 있다.⁵⁾ 따라서 골판지 제조회사에서는 저하되는 강도적 손실을 보완하기 위해 골판지 생산 시 사용되는 접착제에, 표면·이온 라이너지와 골심지 간의 접착력을 높이는 첨가제를 부가적으로 첨가하여 골판지를 생산하고 있다. 일반적으로 골판지용 전분 접착제의 접착기작은 접착제가 라이너지와 골심지 표면에 침투하여 고화된 후 표면에 잔류된 접착제와 결합하여 접착력을 발휘하며, 선행 연구로는 glyoxal을 전분 접착제에 투입하여 라이너지와 골심지의 접착력 향상을 실험실적으로 연구하여 긍정적인 결과를 도출한 사례가 있다.⁶⁾ 본 연구에서는 일반적으로 백판지의 표면사이징에 쓰이는 glyoxal을 실제 골판지 생산 공정상에 투입함으로써 그 적용 가능성에 주안점을 두고 연구하였다. 일반적으로 제지 산업에서 사용하는 내수화제로는 아민계, 금속염계 및 glyoxal계 등이 사용된다. 이중 glyoxal계 내수화제가 가장 저렴한 특성이 있으며, glyoxal은 hydroxyl, amine 그룹에는 반응하고 carboxyl 그룹에는 반응하지 않기 때문에 전분에 반응하게 된다. 따라서 glyoxal을 일반 골판지 생산 시 사용할 경우 전분과의 가교결합을 통해 전분 접착제의 접착 효율 및 내수성의 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단하였고, 기존 전분 접착제 전분 투입량 대비 1.0, 1.5, 2.0% 첨가하고, 시생산하여 전분 접착제의 접착 효율 및 골판지의 내수성 향상에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국내 골판지 생산 현장에서 EB골 생산 시 사용하는 SK지, K지, 강화골심지 등의 골판지 원지를 사용하였고, 첨가제로는 Table 1의 국내 M사로부터 분양 받은 glyoxal을 사용하였다.

Table 1. Properties of glyoxal

Properties	Unit	Value
pH	-	2.2
Solid contents	%	47.0
Specific gravity	-	1.3
Viscosity	cPs	50.0
Appearance	-	Clear to slightly yellow liquid

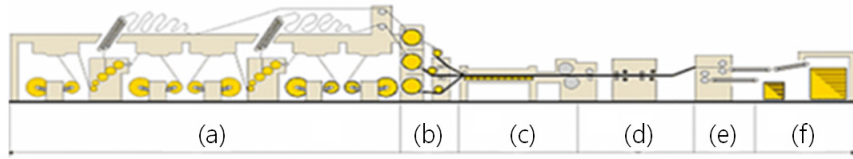
2.2 실험방법

2.2.1 glyoxal을 이용한 전분 접착제의 제호

전분 접착제 제호를 위해 골판지용 전분 400 kg과 전분의 호화계시온도 조절을 위한 가성소다, 호화과정에서 전분의 결합 향상을 위한 붕사, 그리고 본 연구에서 사용한 내수화제 glyoxal 등을 이용하여 일반적인 전분 접착제 제조방법에 따라 변성처리 하지 않은 천연(non-modified native) 골판지용 옥수수 전분을 캐리어 부와 메인 부로 나누어 60℃의 온도 조건에서 총 1,408 L의 전분 접착제를 제호 하였다. 본 논문에서는 기존 골판지 생산 시 사용되는 전분 접착제를 control로 명시하였고, 첨가제 A를 사용하여 제호 하였다. 전분 접착제 제호 비율은 K사의 요청에 의하여 상세하게 기입하지 않았다.

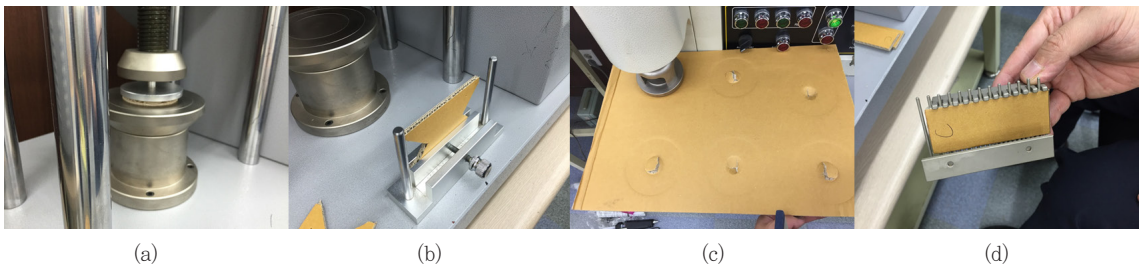
2.2.2 골판지 생산 라인을 이용한 시생산

본 연구에서는 대구에 소재한 골판지 제조업체인 K사를 통해 Fig. 1과 같이 구성된 골판지 생산 설비를 이용하여 170 m/min.의 속도로 EB골의 골판지를 800 mm × 800 mm의 크기로 시생산하였다.



(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Single facer	Glue machine	Double facer	Slitter / Scorer	Knife	Down stacker

Fig. 1. Making process of corrugated board.⁷⁾



(a) Flat crush, (b) vertical compression strength, (c) bursting strength, and (d) pin test.

Fig. 2. Properties measurement of corrugated board.

2.2.3 시생산한 골판지의 물성 측정

시생산한 골판지의 강도적 특성을 알아보기 위하여 KS규격에 의거한 골판지의 접착강도 측정법 Pin-test (KS M 7052)와 수직압축강도(KS M 7063-1), 평면압축강도(KS M 7063), 표면·이면 파열강도(KS M ISO 2759)를 측정하였고, 본 연구에서 사용한 내수화제의 수분에 대한 특성을 알아보기 위하여 접착각을 측정하였다.

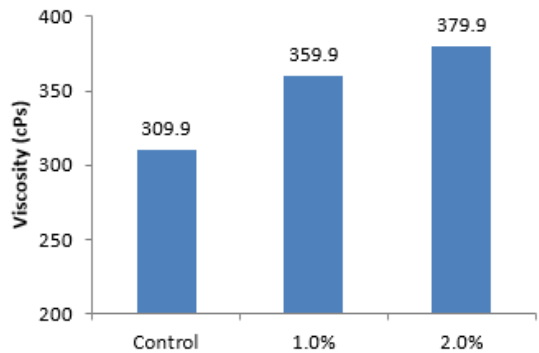


Fig. 3. Viscosity of starch adhesives depending on dosage of glyoxal.

3. 결과 및 고찰

3.1 전분 접착제의 점도 변화 분석

Fig. 3은 glyoxal 투입량에 따른 전분 접착제의 점도를 나타낸 그래프이다. 점도는 glyoxal 투입량이 증가할수록 control 대비 각각 16%, 22% 증가하였다. 이는 비교적 짧은 분자량의 전분이 glyoxal을 투입함으로써 서로 간에 가교결합을 통해 응집이 발생하였기 때문에 나타난 결과로 판단되었다.

3.2 골판지의 접착강도 분석

본 연구에서 사용한 glyoxal은 제조회사인 M사에 따르면 일반적으로 Fig. 4와 같은 작용 기작을 나타낸다. Fig. 5는 내수화제 투입량에 따른 접착강도를 나타낸 그래프이다. 본 내수화제 투입량이 높아짐에 따라 접착강도는 상승하는 경향을 나타내었다. 이는 glyoxal이 전분의 수산기 또는 아민기와 반응해 추가적인 가교 결합을

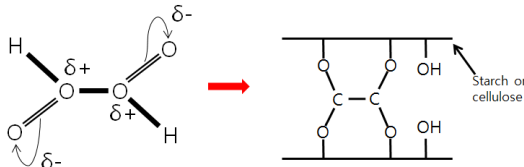


Fig. 4. Reaction mechanism of glyoxal between starch and cellulose.

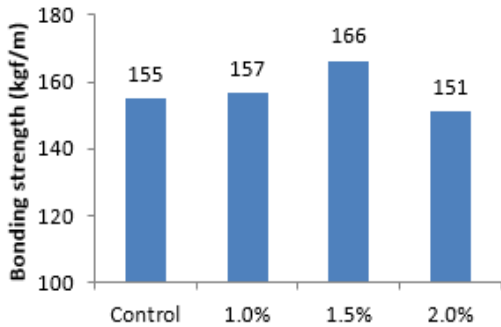


Fig. 5. Bonding strength of corrugated board depending on dosage of glyoxal.

형성하기 때문이며, 2% 첨가 시 오히려 접착강도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 glyoxal의 투입량이 증가함에 따라 상승한 접착제의 점도에 의해 라이너지와 골심지 내부로 접착제의 침투가 원활하지 못하여 나타난 결과로 판단되어진다.

3.3 골판지의 수직압축강도 분석

Fig. 6은 glyoxal 투입량에 따른 수직압축강도를 나타낸 그래프이다. 기존 K사에서 골판지 생산 시 사용하는 첨가제를 넣어 제호한 control 대비 본 연구에서 사용한 glyoxal 투입량 1.5%까지 수직압축강도는 상승하였다. 이와 반대로 glyoxal 투입량 2%일 때, 수직압축강도는 감소하였는데 이는 수직압축강도의 경우 원지의 압축강도와 접착강도의 영향을 받기 때문에 2% 첨가 시 Fig. 5와 같이 감소한 접착강도에 따라 수직압축강도도 감소한 것으로 판단되었다.

3.4 골판지의 평면압축강도 분석

Fig. 7은 glyoxal 투입량에 따른 평면압축강도를 나타낸 그래프이다. 기존 K사에서 골판지용 접착제 제호 시 사용하는 첨가제 A를 넣어 제호한 control의 경우보다

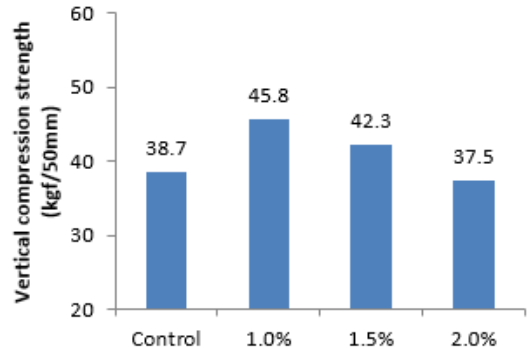


Fig. 6. Vertical compression strength of corrugated board depending on dosage of glyoxal.

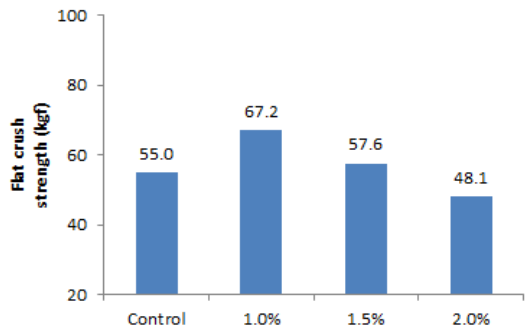


Fig. 7. Flat crush strength of corrugated board depending on dosage of glyoxal.

본 연구에서 사용한 Glyoxal의 투입량이 증가함에 따라 평면압축강도는 증가하였으나, 2% 첨가 시 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 앞서 말한 Fig. 6의 수직압축강도와 유사하게 평면압축강도의 경우에도 원지 자체의 압축강도와 접착강도에 영향을 받으며, 2% 첨가 시 Fig. 5와 같이 감소한 접착강도에 따라 평면압축강도도 감소한 것으로 판단되었다.

3.5 골판지의 표면·이면 파열강도 분석

Fig. 8과 Fig. 9는 glyoxal 투입량에 따른 골판지의 표면·이면 파열강도를 나타낸 그래프이다. 파열강도의 경우 glyoxal 투입량이 증가함에 따라 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 glyoxal 투입량이 증가하게 되면 접착제의 점도가 상승하게 되고, 상승한 점도로 인하여 침투 저하로 인해 접착강도는 저하되지만 접착제의 도포는 넓고 균일하게 된다. 따라서, 라이너지 및 골심지의 표면에 침투되지 못하고 넓게 분포한 전분 접착제가 골판지의 파열강도는 향상시킨 것으로 판단되었다.

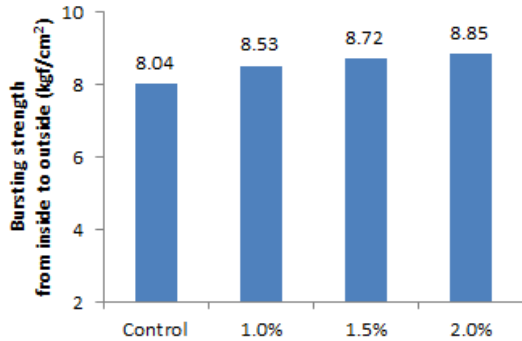


Fig. 8. Bursting strength, measured from inside to outside, of corrugated board depending on dosage of glyoxal,

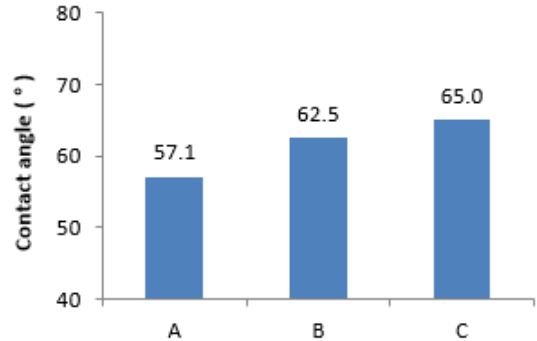


Fig. 10. Contact angle of corrugated board to water depending on additive types at 1.2% dosage.

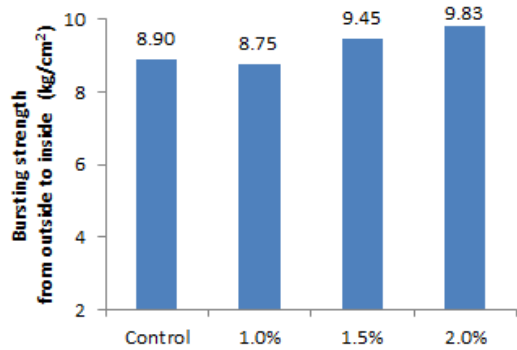


Fig. 9. Bursting strength, measured from outside to inside, of corrugated board depending on dosage of glyoxal.

3.6 전분 접착제의 접촉각 분석

Fig. 10은 첨가제 종류에 따른 접촉각을 나타낸 그래프이며, 기존 K사에서 골판지용 접착제 제조 시 사용하는 첨가제 A와 B, 그리고 본 연구에서 사용한 glyoxal인 C로 나누어 측정하였다. 일반적으로 접촉각은 종이의 표면이 외부의 수분과 접촉할 때의 각도를 측정하는 것으로, 측정된 각도가 클수록 외부 수분 침투에 대한 저항력이 크다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존에 사용 중인 첨가제와 실험에서 사용한 glyoxal을 이용하여 골판지용 전분 접착제를 만들고, 원지 표면에 고르게 발라 건조시킨 후 증류수를 이용하여 접촉각을 분석하였다. 그 결과 본 연구에서 사용한 glyoxal을 사용한 시편이 65.0°로 가장 큰 접촉각을 나타내었으며, 이는 전분 접착제에 혼합하여 사용할 경우 전분 입자의 수산기 또는 아민기와 가교 결합하여 전분 접착제에 강한 내수성을 부여하기 때문이라고 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 전분 또는 셀룰로오스 섬유의 수산기 및 아민기와 가교결합하여 전분 접착제의 내수성 향상 및 골판지의 강도적 특성 향상을 기대할 수 있는 glyoxal을 사용하여 골판지를 시생산하였다. 그 결과 골판지의 접착강도는 증가하였으나 일정 투입량 이상에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 glyoxal의 투입량이 증가할수록 전분 접착제의 전분 분자간 응집 반응이 증가하게 되고, 이에 따라 전분 접착제의 점도가 상승하기 때문에 판단하였다. 전분 접착제의 점도가 상승하면 라이너지와 골심지 원지로의 접착제 침투가 감소하고 이에 따라 접착강도, 수직압축강도, 평면압축강도가 감소한 것으로 판단하였다. 이와 반대로 파열강도는 glyoxal의 투입량 증가에 따라 계속적으로 상승하는 경향을 나타내었다. 이는 상승한 골판지 접착제의 점도로 인하여 접착제의 도포가 균일하게 되었기 때문에 판단하였다. 접촉각 분석 결과는 glyoxal이 가장 큰 우수한 특성을 나타내었고, 이를 첨가하여 만든 골판지 접착제로 접착한 골판지의 접착면이 외부 수분 침투에 대하여 우수한 저항성을 가질 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서 사용한 glyoxal을 골판지 생산 공정 조건에 부합하도록 투입하여 전분 접착제의 제조 및 골판지를 생산한다면 강도적 특성이 향상되고, 외부 수분 침투에 대해 저항성이 크며 접착강도가 우수한 골판지 생산이 가능할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 한국연구재단에서 시행한 기초연구사업(과제번호 : 2014010924)의 일환으로 수행되었습니다.

Literature Cited

1. Frank, B., Corrugated box compression, A Literature Survey, *Packaging Technology and Science* 27(2):105-128 (2014).
2. Molina, J.C., Fiorelli, J. and Savastano Jr, H., Analysis of the stresses in corrugated sheets under bending, *Materials Research* 17(2):338-345 (2014).
3. Biancolini, M.E. and Brutti, C., Strength of corrugated board packages, *Packaging Technology and Science* 16(2):47-60 (2003).
4. Zhou, Y. and Zhang, X.C., Study of strength relationship between double-walled corrugated board and base paper, *Packaging Engineering J.* 6:33 (2006).
5. Rahmaninia, M. and Khosravani, A., Improving the paper recycling process of old corrugated container wastes, *Cellulose Chemistry and Technology* 49(2):203-208 (2015).
6. Yoon, S.G., Jang, D.W., Kim, J.J. and Park, J.M., Improvement of adhesives strength between corrugated medium and liner by addition of glyoxal to carboxy-methyl-cellulose, *Proceeding of Spring Conference of Korea TAPPI*, April 23 (2015).
7. <http://samsungpk.co.kr/pro/sub01.php>.
8. Uslu, M.K. and Polat, S., Effects of glyoxal cross-linking on baked starch foam, *Carbohydrate Polymers* 87(3):1994-1999 (2012).
9. Kaewtatip, K. and Thongmee, J., The effects of cross-linked starch on the properties of thermoplastic starch, *Materials and Design* 45:586-589 (2013).