

고지재생연구(제6보)

- 골판지 고지의 탈수성에 미치는 전분의 영향과 아밀라아제의 적용 -

서형일·류정용[†]·신종호[†]·송봉근·오세균

Recycling of Wastepaper(VI)

- The Effect of Starch Adhesive on OCC Drainage Properties
and the Application of Amylase -

Hyung-Il Seo, Jeong-Yong Ryu[†], Jong-Ho Shin[†], Bong-Keun Song,
and Say-Kyoun Ow

ABSTRACT

A great difference in drainage time was observed from the recycled stocks between corrugated container board and its component papers, liner and medium paper. It could be assumed that the different drainage property should be caused from a starch adhesive present in the corrugated board. Thus, three types of starch such as dried Stein-Hall adhesive, cooked starch solution, and its dried film were added to linerboard stock in order to investigate the mechanism of drainage reduction. The water-swollen starch particles derived from Stein-Hall adhesive were drastically deteriorated the drainage time, even though the amount of starch is very small (2% or below). The drainage time of OCC was improved by 25% when amylase was used a new biological treatment. The results from the lab and mill test showed that the starch-degradable enzymatic treatment improves the drainage property as well as the reduction of calcium hardness.

1. 서론

상품 포장의 중핵을 담당하고 있는 골판지 원지의 국내생산은 지류 총 생산량의 30% 이상을 차지하고 있다. 현재 우리 나라의 고지 재활용률은 세계 최고수준으로서 95년 기준으로 제지산업 규

모 상위 10개국 가운데 종이 재활용 비율이 72%로 가장 높은 바¹⁾, 특히 그 중에서도 골판지 원지는 주로 국산 골판지 고지를 주원료로 제조되고 있기 때문에 국산 골판지 고지의 재활용률이 매우 높은 특징이 있다. 그러나 고지의 재활용률이 높은 만큼 재생 펄프의 품질은 저급화되는 문제점이 있다. 특히, 골판지의 주원료가 되는 국산 골판지

• 한국화학연구소 펄프제지연구센터 (Pulp and Paper Research Center (PPRC), Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), P. O. Box 107, Yusung, Taejeon, 305-606, Korea).

† 주 저자 (corresponding authors): e-mail: jyryu@pado.kRICT.re.kr, jhshin@pado.kRICT.re.kr

고지는 거둬들인 재생처리로 인하여 미세분의 함량이 전체 지료의 절반에 달할 만큼 많으며²⁾, 아울러 섬유가 각질화됨에 따라 재생처리가 거둬들수록 미세섬유분의 형성이 더욱 조장되고 있다. 일반적으로 크기 $75\mu\text{m}$ 이하의 무기물 및 단섬유를 일컫는 미세분은 골판지 원지의 초지 시 습지필의 탈수를 저해하여 생산성을 저하시키는 요인이 되어 왔다. 골판지 고지의 탈수성을 개선하기 위해 초지기의 헤드박스 농도를 높이거나 탈수 촉진용 고분자 첨가제를 적용하는 시도가 계속되어 왔으나, 이러한 방법들은 지합을 해침으로서 종이의 강도와 후가공 적성이 저하되는 문제점이 있었다. 또한 골판지 생산 공정의 백수가 최근 용수절감과 환경보호를 위해 폐쇄화되고 있는 추세임에 비추어 볼 때, 각종 제지용 첨가제의 보류는 갈수록 저하될 것이며 축적된 첨가제에 의한 공정수의 화학적 및 생물학적 산소 요구량(COD 및 BOD) 증가가 우려된다. 따라서 종래의 골판지 원지 제조기술로는 국산 골판지 고지를 주원료로 삼는 한, 미세분으로 인한 탈수 저하의 문제점을 피할 수 없기 때문에 기존의 화학 첨가제와는 다른 새로운 환경친화적인 고지 처리기술의 개발이 시급히 요구되고 있다. 이러한 측면에서 최근 환경친화적 처리로 효소를 적용하는 연구결과가 보고되고 있으며, 특히 골판지 고지에 cellulase계와 hemicellulase계 효소를 활용하여 지료의 여수도를 개선시키는 새로운 기술들이 개발, 적용된 바 있다.^{3,4)}

본 연구팀은 골판지 원지와 이로부터 성형된 골판지를 각각 동일한 조건으로 해리하고 탈수성을 비교한 결과, 골판지의 탈수성이 골판지 원지에 비해 30% 이상 저하됨을 확인하였다. 후가공 처리를 전혀 거치지 않은 골판지를 골판지 원지와 비교하면, Stein-Hall 방식으로 제호되어 골판지 성형 시 접착제로 도포되는 전분이 골판지 원지에 더해졌다는 것 이외에는 차이가 없으므로 전분 접착층이 골판지 고지의 탈수성을 악화시키는 또 다른 요인이라고 판단되었다. 골판지 제조용 전분 접착제는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 접착층을 이루며 골심지와 표면 라이너지를 결합시키는 역할을 수행하는데, 전분 접착층이 존재함에 따라 고지의 해리가 지연되어 탈수성이 우수할 것으로 예상하였으나 결과는 오히려 반대의 양상을 보였다. 따라서 전분 접착층은 일정한 작용기작을 통하여 골판지 고지의 탈수성을 저해하며, 탈수성에

악영향을 미치는 전분을 분해시키는 처리로서 전분분해효소인 amylase를 적용한다면 환경친화적인 처리를 통해 골판지 고지의 탈수성을 개선시킬 수 있을 것으로 예측하였다.⁵⁻⁷⁾

전분은 보류향상과 지력증강을 목적으로 내첨되거나 표면 개질을 위해 코팅 또는 사이즈 프레스 용으로 적용되는 등 다양한 형태로 제지공정에 활용되고 있다. 특히 국산 골판지 고지는 골판지 고지 이외에 각종 인쇄고지와 기타 산업용지가 포함된 혼합고지로서, 전술한 바와 같은 이유로 다양한 성상의 전분이 함유되어 있다. 이러한 전분의 구성비율은 고지의 구성비에 의해 결정되는데 만일 골판지 고지의 탈수성에 악영향을 미치는 전분의 작용기작과 이때 전분의 성상을 파악할 수 있다면, 각 고지 내에 포함된 전분의 성상에 따른 고지의 탈수성 변화 및 이를 제거하기 위한 amylase의 투입량 등을 예측할 수 있으므로 고지의 구성비에 따른 적합한 처리를 강구할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는, 전술한 골판지 고지의 재생 시 탈수성에 미치는 전분의 작용기작을 파악하기 위해 골판지 고지 지료내에 존재할 수 있는 3가지 성상의 전분을 미세섬유분과 비교하고, 골판지 고지의 탈수성을 개선하기 위해 종래의 cellulase나 hemicellulase계 효소가 아닌 amylase계 효소의 적용을 모색하고자 하였다. 또한 amylase의 실험실적 적용 결과를 바탕으로 실제 골판지 원지 생산 시 전분 분해효소를 적용하는 현장시험을 실

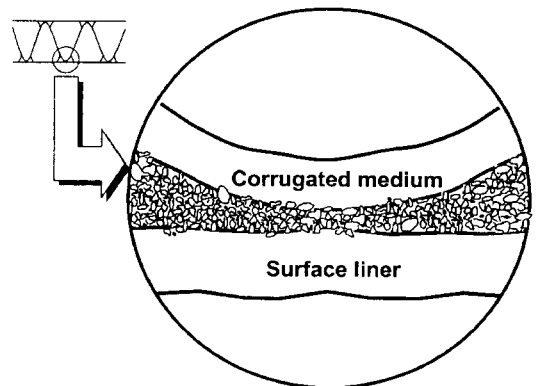


Fig. 1. Schematic drawing for Stein-Hall adhesive layer in double-faced corrugated board.

시하였으며 이에 따른 탈수성 개선 효과를 분석하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 실험재료

동일제지(주)에서 국산 골판지고지 100%를 원료로 하여 표면 라이너지(180g/m²) 및 골심지(120g/m²)를 제조하였으며, 골판지 시료로는 상기한 골판지 원지들을 태림포장(주)에서 양면 골판지로 성형하여 사용하였다. 골판지 성형 시 도포된 Stein-Hall 방식의 전분 접착제는 전건 중이중량 대비 2%에 달하였다.

골판지 고지의 탈수성에 미치는 전분의 작용기작을 파악하기 위해 지료에 존재할 수 있는 전분의 성상을 다음 3가지로 구분하였다. 먼저, 지력증강이나 보류 향상을 위해 완전히 호화된 형태로 습부에 첨가되는 전분을 들 수 있는데 이는 고지의 해리 시 다시 분자 상으로 지료 중에 용해되기 때문에, 본 연구에서는 완전 호화시킨 전분 용액을 지료에 투입하는 것으로 이를 모식화하였다. 두 번째로 사이즈 프레스나 접착에 이용되는 전분

의 경우는 완전 호화된 상태로 적용되지만 전술한 내첩 처리와는 달리 필름 상으로 층을 이루는 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 완전 호화시킨 전분 용액을 105℃의 열판에서 필름 상으로 건조시킨 후 Wiley mill(GlenMills, Type MHM4, USA)을 사용하여 분쇄, 투입하는 방법으로 이를 모식화하였다. 세 번째는 골판지의 성형에 이용되는 전분 접착제로서 Stein-Hall 방식으로 제호되어 골판지의 표면 라이너지와 골심지 사이에 부분적으로 호화된 접착층을 이루는 경우이다. 본 연구에서는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 제조된 Stein-Hall 방식의 전분 접착제로부터 필름을 구성한 후, 이를 Wiley mill로 분쇄하여 첨가하는 과정을 통해 실제 골판지의 전분 접착층으로부터 파생되는 전분입자를 모식화하였다.

아울러 전술한 3가지 성상의 전분이 골판지 고지의 탈수성에 미치는 영향을 미세섬유분의 경우와 비교하기 위해, Fig. 3에 나타난 미세분 제거기(KRICT Fines Removal Apparatus, Model F-101)를 사용하여 미세분을 분리한 후, 지료에 첨가하여 탈수성을 비교하였다.

본 실험에 사용한 효소는 Bacillus licheniformis로부터 생성된 α-amylase계 효소인 Termamyl LS(120 KNU/g, Novo Nordisk, Finland)로서 구조명은 1,4-α-D-glucanglucanohydrolase였다.

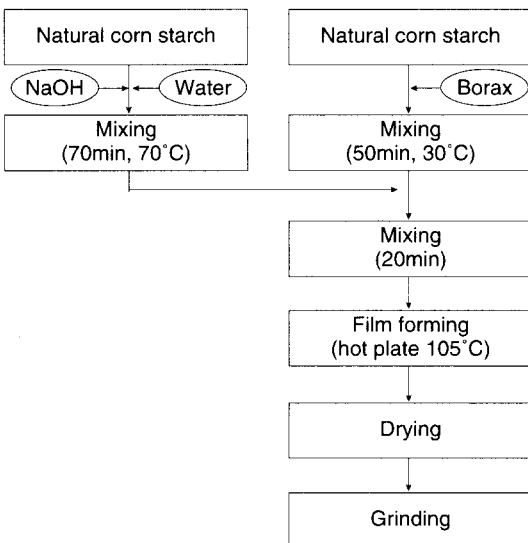


Fig. 2. Preparation of starch granules from Stein-Hall adhesive.

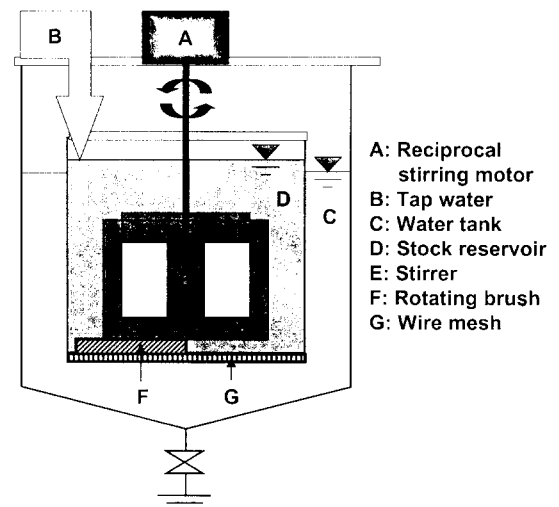


Fig. 3. KRICT Fines removal apparatus.

2.2. 실험방법

2.2.1 전분의 성상에 따른 탈수성 변화

전분의 성상에 따른 골판지 고지의 탈수성 변화를 파악하기 위해서 골판지 원지를 해리시킨 후 2.1항의 전분 용액이나 필름 및 미세섬유를 첨가하는 실험을 실시하였다.

지료 조성과정은 Fig. 4의 모식도에 나타난 바와 같이, 먼저 저농도 펄퍼를 사용하여 농도 4%, 온도 45℃의 조건으로 골판지 원지를 해리한 후, 해리된 지료에 3가지 성상의 전분 및 미세섬유를 각각 일정비율로 혼합하고 30분 동안 숙성시키는 단계로 구성되었다. 각각의 지료는 TAPPI 표준 시험법 T-205 om-88에 의거하여 수초지 할 때의 탈수시간을 측정하였으며, 초지된 종이의 파열 강도는 TAPPI 표준 시험법 T-403 om-85에 의거하여 측정하였다.

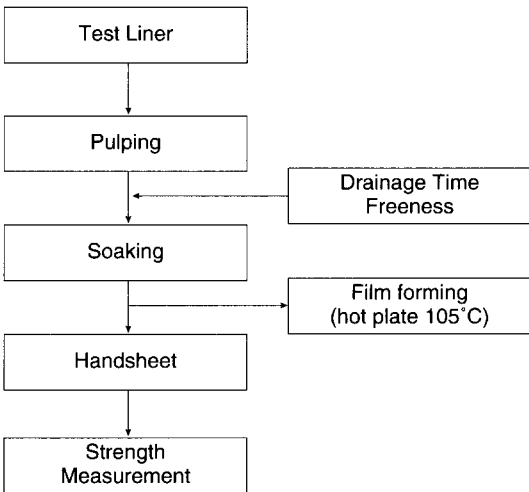


Fig. 4. Experimental scheme for the measurements of drainage and strength properties of starch added stock.

2.2.2 Amylase의 실험실적 적용

태림포장(주)에서 성형된 양면 골판지는 Stein-Hall방식의 전분 접착제가 전건 종이중량 대비 2% 도포된 것으로서, 이를 골판지 고지원료로 사용하여 재생할 때 골판지 원지의 경우보다 탈수성

이 불량하였다. 본 연구에서는 이러한 현상이 골판지 고지에 함유된 전분에 의한 영향이라고 가정하고 전분 분해효소인 amylase의 적용을 시도하였다. Amylase의 적용에 따른 탈수성 개선 효과를 분석하기 위하여, Fig. 5에 나타난 것처럼 5cm×5cm의 일정한 크기로 절단한 골판지에 amylase(Termamyl LS)를 고지대비 0.05% 수준으로 투입하고, 온도 45℃, 농도 4%의 조건으로 해리시킨 후 60분 동안 숙성시켜 지료를 조성하였다. 해리된 지료는 TAPPI 표준 시험법 T-205 om-88에 의거하여 수초지 할 때 그 탈수시간을 측정하였다.

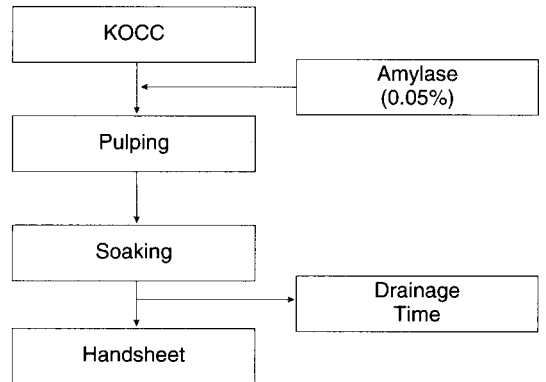


Fig. 5. Experimental scheme for the measurements of drainage time of amylase treated KOCC stock.

2.2.3 Amylase의 현장적용

상기한 실험실적 결과를 바탕으로 동일제지(주)의 표면 라이너지 제조공정에 25시간 동안 amylase를 적용하는 현장실험을 실시하였다.

Amylase는 고지중량 대비 0.05%의 농도로 투입하였으며 투입 위치는 저농도 펄퍼였다. 효소 투입에 따른 stuff box와 silo의 전분농도 및 환원당량 변화를 iodine법⁷⁾과 dinitrosalicylic method(DNS법)⁸⁾에 의거하여 각각 시간별로 측정하였으며, 헤드박스의 슬라이스 낱 간격과 팬펌프의 속도를 측정하여 탈수성 개선에 따른 지료의 희석정도를 측정하였다. 현장적용 시험기간 동안 사용된 주원료는 100% 국산 골판지 고지였으며, 공정수의 평균 온도는 동절기인 탓에 다소 낮은 25℃이었다. 생산 제품은 top층이 30g/m².

bottom층이 120g/m²으로 구성된 이겹 라이너지였다. 이와 같이 초지된 종이의 파열강도와 압축강도를 각각 TAPPI 표준 시험법 T-403 om-85와 T-818 om-87에 의거하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전분의 성상에 따른 탈수성 및 강도 변화

Fig. 6은 2.1항 및 2.2.1항에서 설명한 바와 같은 3가지 전분과 미세섬유의 첨가수준에 따른 골판지 원지의 탈수시간 변화를 나타낸 그래프이다. 그래프에 도시한 바와 같이, 3가지 성상의 전분과 미세섬유 모두 골판지 원지를 해리한 지료에 2%이상 첨가함에 따라 탈수시간이 증가되는 양상을 보였다. 이러한 탈수성 저하는 200 mesh를 통과하는 75 μ m 미만의 미세섬유를 첨가할 때에 가장 두드러지게 나타났으며, Stein-Hall 방식의 전분 접착제로부터 제조된 필름, 완전 호화된 전분용액의 필름 및 완전히 호화된 전분용액의 순으로 탈수속도에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다. 특히 Stein-Hall 방식으로 적용된 전분 접착제의 경우가 완전히 호화된 전분에 비해 전 영역의 투입량에 있어서 10초 이상의 탈수성 악화를

보임으로서, 전분의 성상이 골판지원지 지료의 탈수성에 대단히 큰 영향을 미침을 확인할 수 있었다. Fig. 6과 동일한 조건의 지료가 갖는 여수도를 Fig. 7에 도시하였다. 첨가수준 2% 미만 조건에서의 용액상 전분 및 필름과 Stein-Hall 방식의 전분 접착제 필름, 그리고 미세섬유분의 지료 내 거동을 다음과 같이 구분할 수 있다. 완전 호화된 전분용액이나 그로부터 제조된 전분필름은 골판지 지료에 첨가된 후, 숙성처리를 거침에 따라 분자상으로 섬유 표면에 흡착되고 응집을 유도하여 지료의 여수도를 향상시키지만, Stein-Hall 방식의 전분 접착제 필름이나 미세섬유는 상기한 응집을 일으키지 못할 뿐만 아니라 미세 입자로서 탈수성을 저해하기 때문에 여수도를 악화시키는 것으로 생각된다.

전술한 3종의 전분간에는 지료 중에 존재하는 형태면에서 다음과 같은 입자성의 차이를 볼 수 있다. 즉, 전분이 호화되어 용액에 가까울수록 입자로서의 특징을 잃어버리게 되며 탈수성 악화 경향도 감소하는데, 특히 3종의 전분 중에서 미호화 전분이 함유된 Stein-Hall 전분 접착제로부터 제조된 필름이 미세분과 가장 유사하게 탈수성을 저하시키는 점으로 미루어 쉽게 용해되지 못하는 Stein-Hall 제호 방식의 미호화 전분이 지료에 분산·팽윤되어 미세섬유분처럼 거동함으로써 습

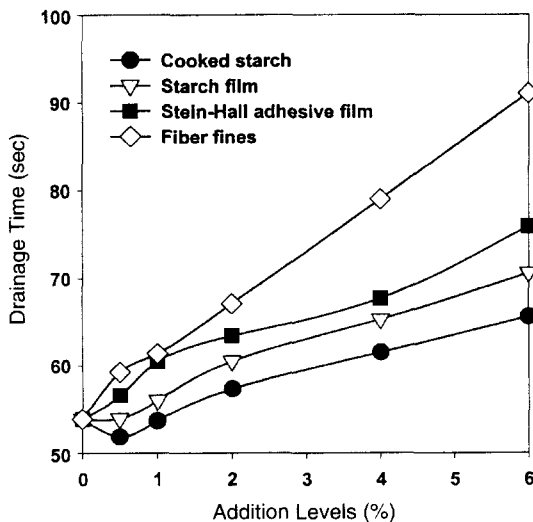


Fig. 6. The effect of addition levels of starches or fine fiber on drainage time in terms of fines characteristics.

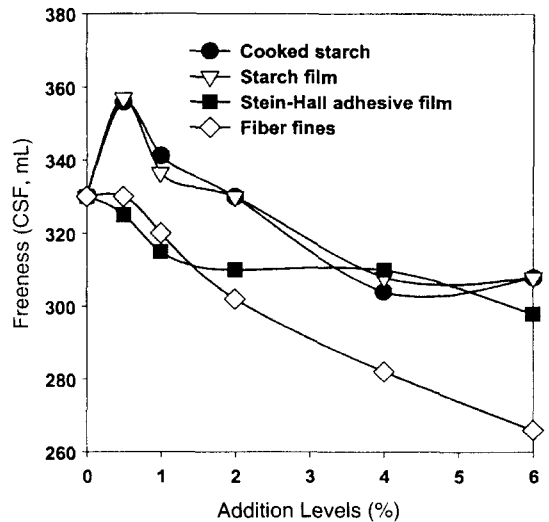


Fig. 7. The effect of addition levels of starches or fine fiber on CSF in terms of fines characteristics.

지필의 탈수저항을 증가시켰다고 추측된다. 입자성을 전혀 갖지 않는 전분용액의 경우에도 전분 호화액이 2% 이상 첨가되면 골판지원지 지료의 탈수속도는 악화되는데, 이러한 결과는 전분이 입자로서 탈수저항을 유발시킨 것이 아니라 전분액이 과량 투입됨에 따라 지료의 점도가 증가되었기 때문으로 추측된다. 더욱이 양전하를 띠지 않는 천연 옥수수전분 용액은 섬유에 대한 흡착률이 낮아 floc 형성능력이 부족하므로 탈수성을 저하시켰다고 판단된다. 이러한 탈수속도 및 여수도의 결과를 종합하여 볼 때, 3종의 전분 중 Stein-Hall 방식의 전분 접착제 필름만이 미세섬유와 같이 탈수저항을 증가시키는 미세 입자로서 작용하며, 이에 따라 골판지 고지의 탈수성이 악화됨을 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 3종의 전분 첨가에 따른 골판지 원지의 파열강도 변화를 나타낸 그래프로써, 첨가수준 2% 이하의 조건에서 Stein-Hall 전분 접착제 필름이 종이의 강도증가에 전혀 기여하지 못함을 확인할 수 있다. 전술한 바와 같이 미호화 전분이 포함되어 있기 때문에 지료에 쉽게 용해되지 못하는 Stein-Hall 방식의 전분 접착제 필름은 그 첨가에 따라 탈수저항이 증가하여 전체 미세분의 보류가 향상되었을 것임에도 불구하고 골판지 원지

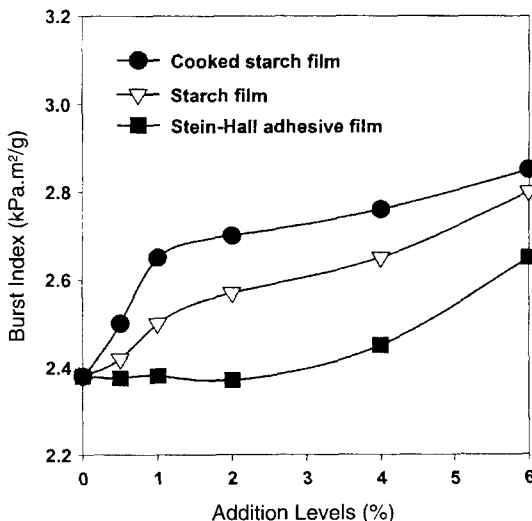


Fig. 8. The effect of addition levels of starches on burst strength in terms of fines characteristics.

의 파열강도를 향상시키지 못하였다. 이와 반대로 호화된 전분 용액이나 이를 건조한 필름의 경우에는 지료에 2%까지 첨가됨에 따라 지력증강제로 작용하여 최고 12% 정도 파열강도를 향상시키는 효과가 있었다. 실제 골판지 성형 시 도포되는 전분 접착제의 양이 2% 미만인 점을 고려한다면, 골판지 고지에 포함된 Stein-Hall 방식의 전분 접착제 필름은 지료의 탈수성을 악화시킬 뿐 강도에는 전혀 도움을 주지 못하는 이물질로 규정할 수 있으며 적절히 제거되어야 한다고 판단된다.

3. 2 골판지 고지 내 전분의 성상 및 거동

Fig. 9는 전분필름 2종과 미세분을 온도 45℃의 조건으로 15분간 해리시킨 후, C-Stain 염색을 실시하여 광학현미경으로 관찰한 사진이다. Stein-Hall 전분 접착제 필름을 해리시킨 사진(A)에는 완전 호화된 전분 용액으로부터 제조된 필름을 해리한 사진(B) 보다 미처 호화되지 못하여 반점처럼 보이는 전분 입자들이 다량 관찰되었다. 이를 통해 3.1항에 전술한 바와 같이, 부분적으로 팽윤된 상태로서 강한 친수성을 가지는 Stein-Hall 전분 접착제 분쇄물이 미세섬유와 유사한 입자 상으로 존재함을 확인하였다. 이러한 전분 입자는 사진(C)의 미세분과 유사한 거동을 함으로서 고지의 탈수성을 저해하는 것으로 판단된다.

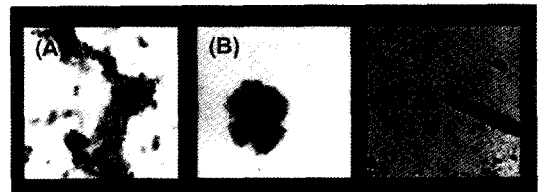


Fig. 9. Microscopic images of starch films from Stein-Hall adhesive (A) and fully cooked starch solution (B), and of fine fibers in KOCC (C).

초지 시 탈수가 진행되며 습지필이 형성되는 과정 중에 Stein-Hall 전분 접착제중 미호화된 전분이 팽윤되어 탈수를 저해하는 상황을 모식도로서 Fig. 10에 도시하였다. 목재섬유만으로 구성

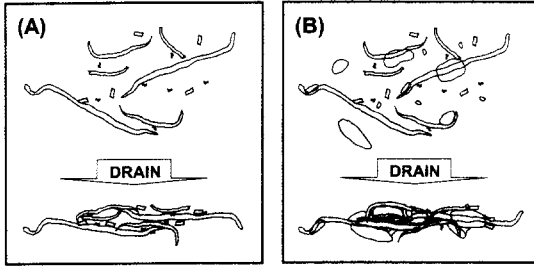


Fig. 10. Schematic drawing for the deposition of swollen starch during dewatering stage.

된 지료의 탈수양상 (A)와 탈수저해요소로서 팽윤된 전분 접촉체가 지료 중에 존재할 경우 (B)를 비교하여 분석하면, 다음과 같이 두 가지 차이점을 들 수 있다. 첫째는 팽윤된 전분 접촉체 입자가 섬유간의 공극을 채우며 치밀하게 packing됨에 따라, 습지필의 투수도가 감소되고 탈수저항이 증가하는 현상이다. 둘째는 습지필 내에 팽윤된 전분 입자가 잔존함에 따른 함수율 및 건조에너지 증가 현상이다. 팽윤된 전분 입자의 함수율은 섬유보다 높기 때문에 이러한 전분이 많이 잔존할수록 습지필의 함수율은 증가하며, 압착부에 도입되는 습지필의 함수율이 높을수록 crushing 현상이 유발될 위험이 커진다. 또한 압착 후 건조부에 도입되는 습지필에 팽윤된 전분이 잔존함에 따라 상대적으로 건조 에너지 소모량이 증가함에 따른 건조부하가 우려된다.

3. 3 Amylase의 적용

기술한 바와 같이 Stein-Hall 전분 접촉체로 인해 유발되는 각종 문제점을 극복하기 위해, 본 연구에서는 전분 분해효소인 α -amylase를 골판지 고지의 해리 시 0.05%의 첨가수준으로 투입하고 온도 45℃에서 1시간 동안 숙성처리하는 새로운 탈수 촉진법을 적용하였다. Amylase로 처리된 골판지 고지는 Stein-Hall 전분 접촉체가 2% 포함된 것으로, Fig. 11에서 알 수 있는 바와 같이, 효소 첨가에 따라 30% 이상 탈수속도가 향상되었다. 이러한 결과는 탈수저해 요인으로 지료내에 잔존하고 있는 팽윤된 전분 입자들이 amylase에 의해 분해되었기 때문에 비롯된 것으로서, 이

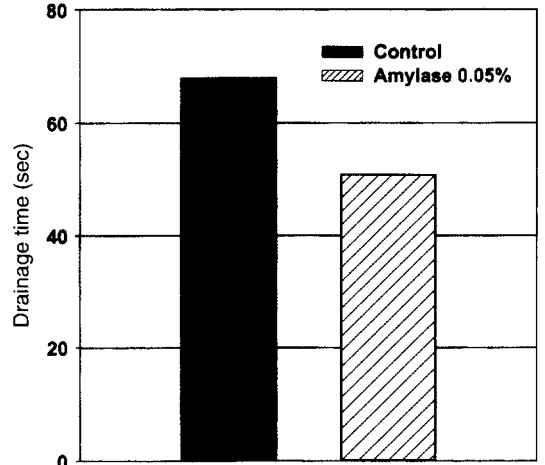


Fig. 11. The effect of amylase on drainage time of KOCC stock.

를 통해 합성고분자 등의 탈수촉진제를 사용하지 않고도 골판지 고지의 탈수성을 향상시킨 환경친화적 처리법을 확립하게 되었다. 전분분해 효소의 적용은 근래에 광범위하게 시도되고 있는 cellulase나 hemicellulase계열의 효소 처리법들^{3, 4)}에 비하여 적용온도의 범위가 넓으며 가격도 저렴한 장점을 가진다.

3. 4 전분분해 효소를 적용한 시험생산

Amylase를 실제 현장에 적용하는 시험생산은 동일제지(주)의 표면 라이너지 제조공정에 1997년 12월 10일 12시 30분부터 25시간 동안 실시되었다. 이때 공정수의 수소이온농도, 칼슘농도, 전분농도, 환원당농도, 헤드박스 슬라이스 닢 간격 및 생산된 종이의 파열강도와 압축강도를 측정하였으며, 이들을 Figs. 12-14에 나타내었다.

Fig. 12는 amylase 첨가에 따른 공정수 내 전분농도와 환원당의 변화를 나타낸 그래프이다. 전분농도는 stuff box 지료와 silo 백수 모두에서 감소경향을 나타내었으며, 다만 stuff box 지료의 전분농도 감소폭이 silo 백수보다 다소 크게 나타났는데 이것은 amylase가 고지의 해리 시 첨가됨에 따라 지료 조성라인의 백수순환계에 주로 잔류하며 작용하였기에 비롯되었다고 추측된다. 반면에 단기순환되는 silo 백수는 valveless

filter에서 8% 이상 농축된 지료를 회석하는 용도이기에 상대적으로 amylase의 유입량이 적고 활성이 저하되어 낮은 전분 분해율을 보였다고 판단된다. 따라서 추후 amylase의 분할 투입을 고려할 필요가 있다고 판단된다. 이러한 전분의 감소경향은 전분의 분해산물인 환원당 측정 결과와 일치하고 있다. 즉, 전분의 농도가 감소할수록 전분이 분해되며 형성되는 환원당의 농도는 증가하며, 이러한 Fig. 12의 결과로부터 amylase의 현장 적용에 따른 전분의 분해상황을 확인할 수 있었다. 즉, 주원료인 골판지 고지에 포함되어 있던 전분이 amylase의 분해작용에 의해 단당류나 이당류로 가수분해되었기 때문으로 생각된다.

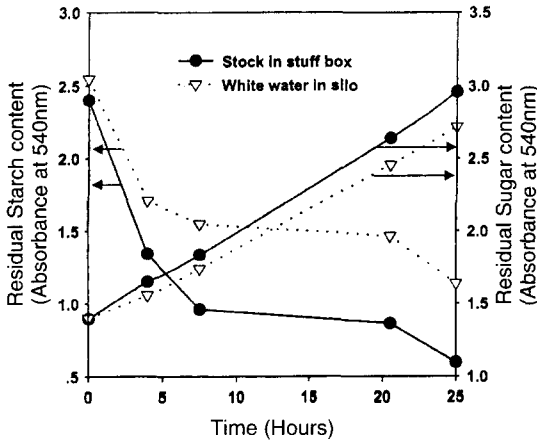


Fig. 12. The effects of amylase on residual starch and reducing sugar content.

Fig. 13은 amylase 첨가 후 시간 경과에 따른 헤드박스의 슬라이스 님 간격 변화와 팬 펌프의 속도 변화를 나타낸 그래프로서, 전분 분해효소의 적용시간이 길어질수록 슬라이스 개도가 넓어지고 팬 펌프 속도가 증가됨을 보여주고 있다. 이러한 결과는 amylase 첨가로 골판지 고지의 탈수성이 개선됨에 따라 지료의 농도가 희석되고 사출량이 증가되었음을 의미하는 것이다. 이처럼 탈수성이 개선됨에 따라 지료의 농도를 희석시킬 수 있다면 지합이 개선되어 종이의 균일성이 향상되는 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 14는 amylase의 현장 적용에 따른 silo 백수의 칼슘 경도 및 수소이온 농도를 나타낸 그래프이다. Fig. 12에 나타난 바와 같이 단기순환

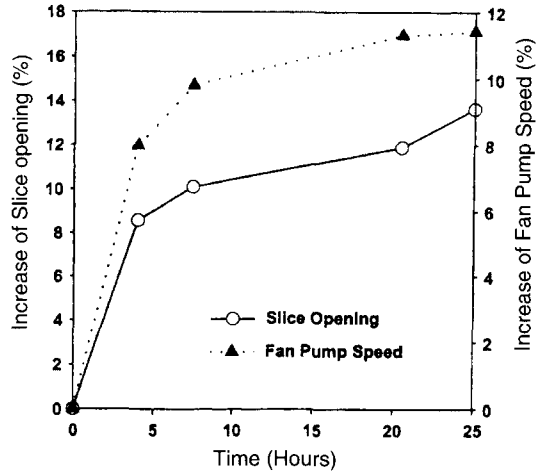


Fig. 13. The effects of amylase on the gap of headbox slice nip and fan pump speed.

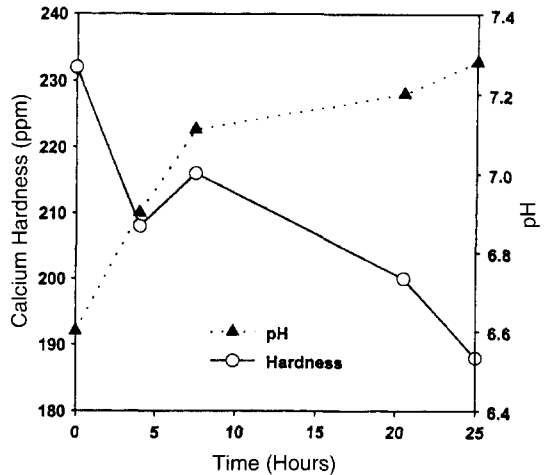


Fig. 14. The effects of amylase on calcium hardness and pH of white water.

되는 백수의 전분함량이 점차적으로 감소함에 따라, 미생물의 전분분해 중간 산물인 각종 유기산의 생성이 줄어들었기 때문에 순환 공정수의 pH가 약 알칼리로 변화되었다고 추측된다. 다양한 종류의 고지로부터 유입되어 존재하는 탄산칼슘²⁾은 산성조건에서 용해되어 백수의 칼슘 경도를 증가시키는데, 백수의 pH가 증가함에 따라 탄산칼슘의 용해가 감소하고 결과적으로 칼슘경도가 저하되는 효과를 거두게 되었다. 이처럼 전분 분해

효소 사용의 부수적인 효과로 공정수의 높은 칼슘이온 농도로 인하여 유발되는 여러 가지 부작용을 조절할 수 있음을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 골판지 고지를 주원료로 사용하여 골판지 원지를 생산하는 공정에서의 초지 시탈수에 영향하는 것으로 알려진 미세섬유분과 무기미세분 이외에 골판지의 골 성형 시 사용되는 Stein-Hall 방식의 전분 접착제가 새로운 탈수저해 인자로 작용함을 확인하였다. 특히 이러한 전분은 2% 이하의 비교적 소량임에도 불구하고 30% 정도의 탈수저해가 추가로 가증됨을 알 수 있었다.

골판지 고지에 포함되어 초지계 내에 유입되는 전분 접착제는 마치 미세분과 유사한 탈수저해 거동을 보였으며, 지력증강용 전분과는 달리 종이의 강도에 별다른 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 또한 실험실적으로 초지계 내에 존재하는 전분의 형태와 그 양에 따른 탈수저해 정도를 정량화하는 전분필름 첨가 실험법을 확립하였으며, 이러한 전분을 효과적으로 제어하는 방법으로 amylase 계열의 전분분해 효소를 적용하여 그 효과를 입증하였을 뿐만 아니라, 이를 현장에 적용하여 탈수향상 효과를 확인하였으며 그 외에도 공정수의 칼슘이온농도를 저하시키는 부수적인 효과를 거둘 수 있었다.

감사의 글

본 연구의 일부는 청정생산기술개발사업(과제번호: TS-9811)과 동일제지(주)의 수탁과제(과제번호: II-9809)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 특히 현장적용시험에 도움을 주신 김진두 부장과 전호경 대리에게 깊이 감사드립니다.

인용문헌

1. Linda Starke, Vital Signs 1998, A world-watch institute report (1998).
2. Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., and Ow, S. S. -K., 1999 TAPPI Recycling Symposium Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 177 (1999).
3. Pommier, J. C., Fuentes, J. L., and Goma, G., Tappi J., 72 (6): 187 (1989).
4. Kantelinen, A., Jokinen, O., and Pere, J., Biological Sciences Symposium, 267 (1997).
5. Kim, J. -E., Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., and Ow, S. -K., J. Kor. TAPPI, 30(3): 1 (1998).
6. Lascaris, E., Forbes, L., and Lonergan, G., 1997 Biological sciences Symposium, p. 271 (1997).
7. Lascaris, E., Mew, L., Forbes L., Mainwaring, D., and Lonergan, G., Appita J., 50(1): 51 (1997).
8. Miller, G. L., Anal. Chem., 31: 426 (1959).