

섬유의 손상이 적은 한지제조(제4보)

- 닥나무 인피섬유의 펙틴 분해효소 처리 효과와 제조된 한지의 열 열화에 따른 내구성 -

문 성 필*† · 임 금 태*

Manufacturing of Korean Traditional Handmade Paper with Reduced Fiber Damage (IV)

- Effect of Pectinase Treatment on Bast Fiber of Paper Mulberry and Durability of Handmade Paper Under Heat Aging -

Sung-Phil Mun*† and Kum-Tae Lim*

ABSTRACT

Use of a pectinase during preparing handmade papers from bast fiber of paper mulberry(*Broussonetia kazinoki Sieb.*) was investigated in order to decrease cooking chemicals and environmental pollution. For this purpose, four kinds of commercial pectinases, Rapidase LIQ(RLP), Rapidase Press(RP), Rapidase C80L Max(RCM) and Pectinase SS Kyowa(PSK) were used. And the durability of handmade papers before and after pectinase treatment was determined.

RP and PSK had higher pectinase activity and lower cellulase activity. The bast fiber was not defibered when pectinase was used. In order to increase the efficiency of enzymes, the bast fiber were treated ammonium oxalate(AO) or K_2CO_3 under mild conditions. The AO pretreatment of the bast fibers seemed improper to apply, because the pulps were stiff and tough compared with those produced by K_2CO_3 . The RP treated pulps after mild K_2CO_3 cooking of the bast fiber were defibered more easily than untreated pulp. The handmade paper prepared with the RP treated pulps after mild K_2CO_3 cooking has good strength properties such as breaking length and folding endurance. Also, it has higher durability on heat aging, though its brightness was slightly lower than that of untreated paper.

• 본 연구는 통상산업부 공업기반기술개발사업 중 전통고유기술개발사업에 의하여 수행됨.

• 전북대학교 농과대학 산림과학부(Division of Forest Science, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea).

* 전북대학교 농업과학 기술연구소(The Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: msp@moak.chonbuk.ac.kr

1. 서론

이전 내구성이 뛰어난 한지제조를 위하여 전통한지 제조시 사용되는 잣물을 분석하였다. 그 결과, 전통잣물 및 이들 잣물제조에 사용되는 초본류 잣물의 주성분은 K_2CO_3 임을 확인하였다.¹⁾ 이러한 K_2CO_3 를 증자약품으로 사용하여 다펜 白皮에 적용한 결과, 단시간에 백피섬유 결속 물질인 펙틴의 제거가 용이하고 기존의 NaOH보다 약알칼리성으로 인한 헤미셀룰로오스의 용출이 적어 高收率의 펄프를 얻을 수 있었다.²⁾ 뿐만 아니라 NaOH를 사용하여 제조한 한지보다 뛰어난 물성과 耐久性を 나타냄을 보고하였다.³⁾ 따라서 뛰어난 한지 제조를 위해서는 가능한 섬유의 손상을 적게하고 靱皮纖維의 결속을 主導하는 펙틴을 선택적으로 제거해야 할 것으로 생각된다.

펙틴은 식물 세포 내 1차벽이나 세포간층에 존재하고, 그 형태는 1차벽에서의 경우 메틸에스테르형, 세포간층에서는 Ca염의 형태로 존재한다고 보고되어 있다.⁵⁾ 본 연구는 생물학적 처리에 의해 분해가 가능한 유기물인 펙틴을 선택적으로 제거하기 위한 방법으로 펙틴 분해효소를 다펜 백피에 적용하고자 하였다. 특히, 과일음료 생산시 과즙의 澄清化를 위해 사용되고 있는 시판 펙틴분해효소의 적절한 사용방법을 확인하며, 기존의 다펜 백피의 증자약품의 사용과의 조합에 따른 섬유손상 억제 및 펄프수율 향상 그리고 섬유의 강도 및 내구성 향상 등의 효과를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

다나무 白皮는 국내 全北 完州産 1년생으로서 전주시 소재 고려특수한지 공업사로부터 구입하였다. 구입한 백피는 다양한 효소처리조건 등의 검토를 위하여 4~5cm 간격으로 절단하여 사용하였다. 물성 및 열화특성 검토를 위한 시료는 백피를 25~30cm 간격으로 절단하여 사용하였다.

2.2 펙틴 분해효소의 종류와 활성

펙틴 분해효소는 현재 시판되고 있는 제품으로서

Rapidase LIQ plus(RLP), Rapidase Press(RP), Rapidase C80L Max(RCM), Pectinase SS Kyowa(PSK)를 사용하였다. 효소들의 pectinase⁵⁾, cellulase⁶⁾, laccase⁷⁾ 활성을 검토하였으며, 각각의 활성은 효소 1kg당 1초에 생성되는 표준 산성당(galacturonic acid)의 mol수인 kat/kg 단위로 나타내었다.

2.3 효소 단독처리

50 mL 용량의 삼각플라스크에 4~5cm의 다펜 白皮 20.0g(o.d)과 증류이온교환수를 첨가하여 액비 20으로 조절한 후, 50℃ 항온수조에서 상술한 펙틴 분해효소들 가운데 RP와 PSK를 각각 0.12%, 0.16%를 첨가하여 24시간 처리하였다. 처리 후의 펄프는 면 보자기에 넣어 濾過·洗淨 후 펄프 收率을 측정하였다.

2.4 Ammonium oxalate(AO) 전처리

500 mL 용량의 삼각플라스크에 백피 20.0g(o.d)과 0.1% AO 용액을 첨가하여 액비 20으로 조절하였다. 이것을 20℃에서 10일간 방치하였으며, 그 후 세정하고 500 mL 용량의 삼각플라스크에 옮겼다. 여기에 증류 이온교환수를 넣어 액비 20으로 조절 후, pH를 4~5로 조절하고 RP 및 PSK를 각각 0.04%를 첨가하여 50℃ 항온수조에서 24시간 처리하였다. 처리펄프는 면 보자기에 넣고 여과·세정 후에 50℃ 송풍건조하고, 펄프수율과 Kappa가를 구하였다.

2.5 K_2CO_3 전처리

백피 200.0g(o.d)를 K_2CO_3 17.3%(전건 백피에 대하여), 액비 15로 조절하여 1시간 증자하였다. 증자 후 펄프는 면 보자기에 넣고 여과·세정 후 50℃에서 송풍 건조하였다. 건조펄프 5.00g(o.d)을 250 mL 용량의 삼각플라스크에 넣은 후 액비 20, 염산을 사용하여 pH를 4~6로 조절하고, 항온진탕수조(50℃, 100회 좌우왕복/분)에서 효소의 첨가량과 처리시간의 조건에 따라 처리하였다. 처리 후 펄프는 면 보자기에 넣고 여

과·세정 후 50℃ 송풍 건조하였다. 이후 수율과 Kappa가를 측정하였다. 또한 전보와 동일한 Carbazol-황산법^{8,9)}으로 펄프 중의 펙틴함량을 측정하였다.

2.6 대량증자 및 효소처리

100 mL 용량의 스테인레스 스틸제 용기에 닥나무 백피 3002.3g(o.d), K₂CO₃ 17.3%(전건 백피에 대하여), 액비 15로 조절한 후 沸騰時부터 1시간 증자하였다. 증자펄프의 타를 제거하여精選펄프를 제조하였다. 대형 비닐봉투에 정선펄프 600.0g(o.d)과 펙틴 분해효소인 RP 0.16%(전건 정선펄프에 대하여)을 넣고, 액비 20, pH 4~6, 50℃, 75 rpm 조건으로 48시간 처리하였다. 처리 후 펄프는 면 보자기에 넣고 여과·세정 후에 고해 및 手抄紙 하였다.

2.7 解纖 및 抄紙

RP 처리펄프와 효소 미처리 펄프는 칼 비터(237L 용량)를 사용하여 섬유가 완전하게 해리될 때까지 해섬하였다. 해섬된 섬유는 200L의 물에 넣고 분산제로 폴리아크릴아마이드(PAM: 분자량 수백만, 製鐵化學, 日本)를 0.015%가 되도록 한 후, 소형 초지발(63×24cm)로 쌍발뜨기하여 평량 약 20g/m²이 되도록 초지하였다. 제조된 한지는 흡습지로 하루 동안 가압·탈수한 후, 표면 온도 55℃의 열판상에서 건조하였다. 건조된 한지는 각각 신문지에 말아서 상온에서 24시간 보관 후 40×25cm의 크기로 제단하여 열화실험 및 물성 검토용 시료로 사용하였다.

2.8 人工 熱 劣化試驗 및 物性

상기 40×25cm 크기의 효소처리 및 효소 미처리 한지를 105±1℃의 송풍건조기에 넣고 열 열화를 실시하였다. 최대 열 열화기간은 30일로 하였으며, 열화기간별로 시료를 채취하여 열화에 따른 변화를 확인하였다. 열화처리된 한지는 20℃, RH 65%의 조건하에서 2~4일간 조습시키고 백색도(Bright & Lab Technibrite Micro TB-1C

colormeter, U.S.A), 인장강도(L&W Tensile Tester, Sweden), 耐折強度(Kumagai Riki, Japan)를 측정하였다.

2.9 기기분석

한지시료를 KBr과 함께 혼합하고 磨碎한 후 펠렛을 제조하고, 이를 적외선 분광분석(Shimadzu FT-IR 8201 PC, Japan)하였다. X선 회절은 시료를 1.5×1.5cm 크기로 제단하여, XRD 6000(X-ray diffractometer, Shimadzu, Japan)로 분석하였다. 분석조건은 30 kV, 20 mA, Cu target, monochromator, Ni filter로 하였다. 각 한지의 얻어진 X선 회절도를 바탕으로 Segal법¹⁰⁾으로 결정화도를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 효소의 활성

현재 과일주스 등의 澄清化에 사용되고 있는 시판 펙틴분해효소의 pectinase와 cellulase 활성을 검토하였다(Fig. 1). Pectinase 활성은 PSK가 가장 높았으며, RP, RLP, RCM 순이었다. Cellulase 활성은 RLP가 가장 높았으나, 기타 효소에서는 PSK가 작은 값을 나타내었을 뿐 RP, RCM에는 이들 활성이 거의 없는 것으로 확인되었다. 또한, laccase 활성을 측정하였지만, 어느 것도 그 활성을 나타내지 않았다. 따라서 이들 효소들 중 펙틴 분해활성이 높은 PSK, RP를 선정하여 다음의 닥나무 백피 중의 탈 펙틴 능력에 대하여 검토하였다.

3.2 효소 단독처리

본 실험에 도입한 펙틴 분해효소 PSK와 RP는 약 40~50℃의 처리온도와 pH 4~6의 약산성 영역에서 최대의 활성을 나타내기 때문에 닥나무 백피의 효소처리 전에 염산으로 pH를 4~6로 조절하였다. Pectinase 활성이 높은 RP와 PSK를 백피에 대하여 0.12, 0.16% 처리하고, 24시간 방치한 결과, 수율은 93.4~94.7%로서 약 5~

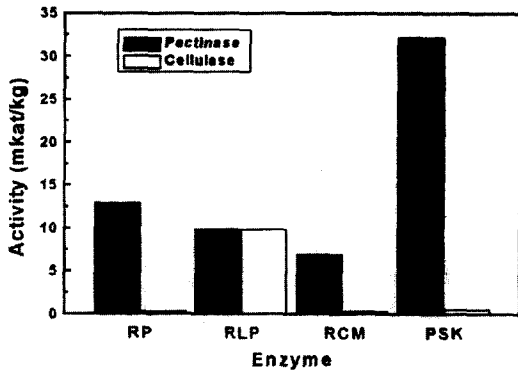


Fig. 1. Pectinase and cellulase activity of commercial enzyme.

RP: Rapidase press, RLP: Rapidase Liq plus, RCM : Rapidase C80L Max, PSK: Pectinase SS Kyowa.

Laccase activity was not detected in this experimental condition.

6%의 수율 저하가 있었으나, 해섬은 이루어지지 않았다(Table 1). 본 실험에 사용된 효소처리량은 과즙의 淸澄化에 사용되는 양에 비하여 매우 많은 양이었지만, 충분한 펙틴질의 제거는 일어나지 않았다. 이러한 이유는 닥나무 백피의 경우 과즙의 경우처럼 펙틴이 노출되어 있거나 침투가 용이한

형태로 되어 있지 않아 어려운 것으로 생각되었다. 따라서, 닥나무 백피에 대한 효소의 적용은 섬유 해리를 위한 직접적인 적용보다는 온화한 약품 증자로 섬유의 결합을 느슨하게 한 후 처리하여 잔류 펙틴과 불순물들의 제거에 따른 섬유의 손상을 줄이면서 섬유간의 결합 강도의 향상을 기대하여야 할 것으로 생각되었다.

3.3 AO 전처리 후 효소처리

상술한 것처럼 백피에 대하여 펙틴 분해효소 단독처리로는 일부 펙틴의 감소가 확인되었지만, 섬유의 해리가 거의 불가능하여 상업적인 이용은 어려운 것으로 생각되었다. 따라서 인피섬유류의 펙틴정량¹¹⁾이나 古賀 등¹²⁾ 및 高村 등¹³⁾이 사용한 AO를 가볍게 처리하여 섬유간 결합을 약하게 한 후 효소의 침투를 용이하게 하고자 하였다. 따라서, AO 처리조건을 일반 펙틴 정량시의 1/10로 줄이고, 처리온도 또한 20℃로 하여 섬유가 겨우 해리될 정도로 하였다. 그 결과 Table 1에 나타난 것처럼 AO 처리 백피의 경우, 펄프수율은 88%였으며, 백피 내 전체 펙틴 중 약 1/3 정도가 제거되었다. 이러한 펄프를 잘 세정하고 pH를 4~5로 조절하였다. 여기에 상기 RP 및 PSK를 전건 펄프양에 대하여 0.04% 투여하고, 50℃에

Table 1. Effects of various treatment on bast fiber of paper mulberry

		Enzyme(%)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Pectin (%)
Enzyme *1	RP	0.12	94.7	N.D.	4.7
		0.16	94.6	N.D.	3.6
	PSK	0.12	93.4	N.D.	5.5
		0.16	94.2	N.D.	5.4
AO pretreatment *2	-	-	87.5	N.D.	5.8
AO pretreatment + Enzyme	Control *3	0	82.6	26.3	4.6
	RP	0.04	82.6	22.7	1.8
	PSK	0.04	76.7	23.1	1.9

Note: RP: Rapidase Press, PSK: Pectinase SS Kyowa, AO: ammonium oxalate, N.D.: not determined.

Pectin content of original bast fiber was 8.5%.

*1: Bast fiber 20.0g(o.d), liquor ratio 20, 50℃, 24 hs.

*2: 20℃, 0.1% AO, 10 days.

*3: After AO pretreatment and washing, it was treated at 50℃ for 24 hs without enzyme.

서 24시간 처리하였다. 그 결과, RP의 경우 수율의 변화는 거의 없었으나, 펙틴 함량이 5.8%에서 1.8%로 현저하게 저하하였으며, Kappa가도 많이 저하하였다. PSK의 경우 RP와 유사한 효과를 나타내었으나, 수율의 저하가 더 큰 것으로 관찰되었다. 본 실험으로부터 시판 과즙 澄清化에 사용되는 효소의 경우 백피의 펙틴질도 충분히 제거시킬 수 있음을 알 수 있었다. 한편, laccase 활성을 전혀 나타내지 않았음에도 불구하고 Kappa가의 저하가 일어난 것은 현재로서는 정확하게 고찰하기 어려우나 다음과 같은 가능성을 생각할 수 있을 것으로 사료된다. 즉, 본 실험에 사용된 닥나무 인피섬유 중의 리그닌은 펙틴과 같은 산성다당류와 어떤 형태로의 결합이 있을 것으로 생각된다. 일반 목재의 경우에도 목재 헤미셀룰로오스와 리그닌간의 상호 결합의 가능성을 시사¹⁴⁾하고 있으므로 백피 중에도 이러한 탄수화물과의 결합이 충분히 가능할 것으로 생각된다. 단, 이렇게 펙틴 분해효소 처리에 의해서도 일부 Kappa가 저하가 일어나는 것은 백피중의 리그닌이 목재 리그닌과 그 구조가 상이하거나, 이들 펙틴 사이에 위치하고 있어 주위의 펙틴이 분해되면서 리그닌 일부가 노출되어 결합된 펙틴사슬과 함께 용출되는 것으로 생각되었다. 그러나, 이러한 것은 단지 推論에 불과하며, 앞으로 닥나무 백피 중의 리그닌이나 펙틴질을 분석함에 의하여 그 결론에 도달할 것으로 생각되었다. 한편, Table 1에 나타난 것처럼 AO 전처리 백피를 효소처리를 하지 않고 효소처리 조건과 동일한 조건에서 방치하면(Control) 펙틴의 저하가 관찰되었다. 즉, 백피에 존재하는 일부 펙틴은 물

에 잘 세정하는 것만으로도 상당량 제거 가능한 것으로 생각되었다. 이상의 결과로부터 온화한 AO 전처리에 의하여 시판 펙틴 분해효소의 효과를 충분히 알 수 있었으나, 일반 증자약품보다 고가의 AO를 전처리약품으로서의 사용하는 것은 곤란하므로 펙틴제거 효과가 뛰어나며, 전통 잣물의 주성분인 K_2CO_3 를 전처리약품으로 이용하여 효소의 효과를 검토하였다. 단, 낮은 약품 투여량으로 전처리한 후, 여기에 효소첨가량을 검토하여 가장 효과적인 조건을 검토하고자 하였다. 효소는 상술한 PSK의 경우 펄프의 수율 저하가 관찰되어, RP를 사용하였다.

3.4 K_2CO_3 전처리 후 RP 처리

온화한 조건에서의 K_2CO_3 증자 펄프의 수율은 75.8%이었다. 이들 펄프중 5.0g을 취하여 다양한 농도에서 RP 처리하였다. RP 처리 후 펄프는 수율, 백색도, Kappa가 그리고 펙틴함량을 확인하였다(Table 2).

미처리 펄프를 100%로 기준으로 하였을 때, 효소를 첨가하지 않고 효소처리와 동일한 조건에서 처리한 경우, 3.3%의 수율 저하가 있었으며, RP의 첨가에 의해서 0.7~3% 저하되었다. 원래의 닥나무 백피 중의 펙틴함량은 8.5%이었으나, K_2CO_3 증자 후 펄프는 1.13%로서 온화한 증자처리를 하였음에도 불구하고 K_2CO_3 의 높은 탈펙틴 선택성 때문에 87%의 펙틴이 제거되었다. 따라서 상술한 AO 처리와 같이 RP 처리시에 펙틴

Table 2. Effect of RP treatment on pulp prepared by K_2CO_3 cooking

RP (% on pulp(o.d))	Pulp yield (%)	Brightness (ISO)	Kappa No.	Pectin (%)
Control*1	100.0	27.7	21.2	1.13
0	96.7	35.3	21.2	0.66
0.04	96.0	35.9	20.6	0.64
0.08	94.9	33.3	18.0	0.65
0.16	93.7	31.3	18.3	0.54
0.32	94.4	34.7	19.4	0.58

RP treatment: K_2CO_3 pulp 5.0g(o.d), 50℃, 48hs, liquor ratio 20, pH 4~5, 100 times/min. shaking.

*1: Original pulp yield: 75.8%, cooking condition: bast fiber 200g(o.d), liquor ratio 15, 1 h, and K_2CO_3 250 mmol.

의 확실한 제거효과는 관찰 할 수 없었다. 펄프의 백색도는 RP 무첨가에서 0.04% 첨가까지 백색도가 향상되었으나, 0.08% 이상 첨가에서는 다시 저하되는 경향을 보였다. 펄프의 Kappa가의 경우, 효소처리에 의해서 상승한 AO 전처리처럼 그 저하를 확인할 수 있었다. RP의 활성 검토 결과, 리그닌 제거 능력을 나타내는 laccase 활성이 검토되지 않았으나, 이는 상기 AO 전처리 후 효소처리 실험에서 언급한 바와 같이 펙틴사슬에 결합되어 있는 리그닌이 펙틴과 함께 용출되었기 때문으로 생각되었다. 이상과 같이 펙틴 분해효소 RP 처리는 잔존 펙틴의 제거가 극히 적은 양이지만 섬유 이외의 물질을 함께 제거시킴으로써 수율의 저하가 이루어진 것으로 생각되었다. 이러한 경향은 실제 한지 제조시 섬유 강도의 향상과 섬유 정선의 효과를 나타내어, 섬유간 결합력의 향상에 따른 한지의 강도 증가로 나타날 것으로 예상되었다. 이를 확인하고자 대량의 다펀 백피를 K₂CO₃ 전처리 후 0.16%의 효소를 처리하고, 초치하여 효소처리에 의한 한지의 강도 및 내구성 변화를 확인하고자 하였다.

3.5 K₂CO₃ 증자 후 RP 처리 한지의 제조 및 물성

대량의 다펀 백피를 K₂CO₃로 증자하고 얻어진 펄프는 소용량 실험과 동일한 조건에서 RP 0.16%를 처리하였다. 그 결과 처리 후의 수율은 K₂CO₃ 증자 후 정선펄프를 기준하여 92.2%를 나타내었다. RP 처리 후 펄프를 칼 비터로 해리 후 평량 20g/m², 40×25cm 크기의 한지를 제조하였다. RP 처리하여 제조한 한지는 미처리 한지에 비하여 백색도가 약간 낮았으나, 裂斷長 및 내절강도와 같은 물성은 뛰어났다. 특히 내절강도는

Table 3. Physical proerties of handmade paper with and without RP treatment

	Untreated	RP treated
Brightness(ISO)	51.8	49.2
Breaking length(km)	5.5	7.1
Folding endurance* ¹ (time)	2,210	4,439

Basis weight: 20g/m², *¹: load: 0.5 kgf.

RP 미처리 결과에 비해 2배나 높은 수치를 나타내었다(Table 3). 이러한 뛰어난 강도적 특성은 상승한 것처럼 RP 처리에 의하여 수율 및 Kappa가의 감소는 적었으나, 섬유의 결합에 불리한 부분이 제거되어 紙合이 향상된 것에 그 원인이 있다고 생각되었다.

3.6 펙틴 분해효소 처리 한지의 열 열화 특성

3.6.1 효소처리 한지의 열 열화특성

상기 제조된 펙틴 분해효소(RP) 처리와 효소 미처리 펄프로부터 한지를 제조하여 105±1℃의 송풍건조기에서 열 열화시켰다. 열화처리에 의하여 백색도는 효소처리 및 미처리 한지 모두 서서히 감소하였다(Fig. 2). 裂斷長은 효소처리 한지가 높았으며, 이러한 경향은 열화 30일까지 유지되었다. 특히, 흥미로운 사실은 裂斷長에서 효소처리의 경우 열화 12일까지 열화 전과 거의 같은 강도치를 나타내었으며, 열화 30일에도 크게 감소하지 않는다는 것이었다. 이에 비하여, 효소 미처리의 경우는 열화 초기 일부 강도의 향상이 관찰되었으나, 열화 9~12일째에 급격한 강도의 감소가 확인되었다. 그러나, 15일 이후에 인장강도가 증가하였다(Fig. 3). 내절강도는 효소처리의 경우 열화에 따라 서서히 감소하였다(Fig. 4). 그러나, 전열화

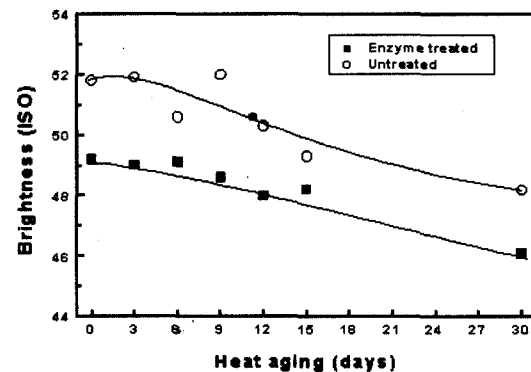


Fig. 2. Influence of heat aging on brightness of papers with and without enzyme treatment.

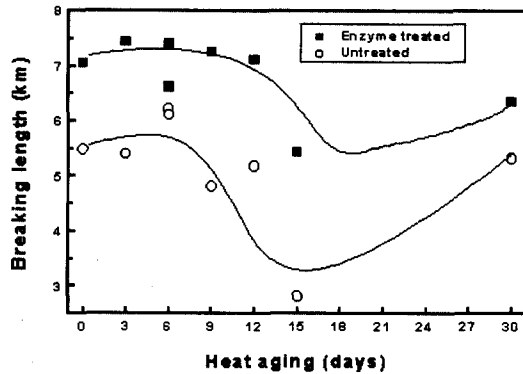


Fig. 3. Influence of deterioration on breaking length of papers with and without enzyme treatment.

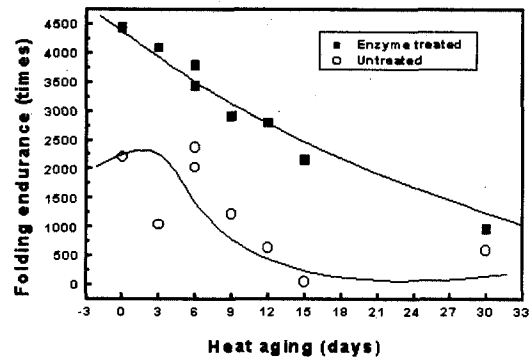


Fig. 4. Influence of heat aging on folding endurance of papers with and without enzyme treatment.

기간에 있어서 내절강도는 효소 미처리 한지보다 높았다. 특히, 효소 미처리의 경우는 15일 열화에서 내절강도가 거의 발현되지 않았다. 이상의 물성 결과로부터 효소처리 한지는 미처리 한지보다 열 열화에 대한 내구성이 뛰어나다는 것이 확인되었다.

3.6.2 효소처리 및 미처리 한지의 기기분석

효소처리 및 미처리 한지의 적외선 분광분석 및 X선 회절 분석등을 수행하였으나, 30일간의 열 열화 조건에서 조차도 큰 변화가 보이지 않았다. 단지 X선 회절도 결과로부터 계산한 결정화도는 효소처리가 미처리보다 높아 효소처리에 의하여 결정화의 향상이 관찰되었다(Table 4).

Table 4. Crystallinity of handmade papers with and without enzyme treatment after heat aging

	Heat aging (days)	Crystallinity (%)
Untreated	0	73
	15	69
	30	74
Enzyme treated	0	76
	15	77
	30	76

Heat aging was carried out in a forced convection oven at 105±1℃.

4. 결론

시판 펙틴분해 효소처리에 의한 한지제조 특성을 검토하였다. 그리고, 온화한 K₂CO₃ 증자 후 펙틴 분해효소 처리하여 한지를 제조하고, 제조된 한지의 물성과 내구성을 확인하였다.

시판 펙틴 분해효소에 있어서 PSK의 경우 pectinase 활성이 가장 높았으며, pectinase 활성은 물론 높은 cellulase 활성도 나타내었다. RP 및 PSK를 선택하여 닥나무 백피에 직접 도입하였으나, 해섬은 거의 불가능하였다. 따라서 효소의 침투가 용이하도록 AO 또는 K₂CO₃로 전처리하였다. 0.1% AO 처리에 의하여 부분적으로 섬유해리가 가능하였으며, 여기에 효소를 적용한 결과, 현저한 양의 펙틴제거가 가능하였다. 그러나 처리 후의 섬유가 뻣뻣하거나 결속섬유가 많아 초지하기가 어려웠다. 백피의 온화한 K₂CO₃ 증자는 섬유화가 용이하고 낮은 펙틴함량의 필프제조가 가능하였다. 여기에 RP를 처리한 결과, Kappa가 저하가 관찰되었다. K₂CO₃ 증자 후 RP 처리하여 제조한 한지는 백색도가 약간 낮았으나, 열단장 및 내절강도는 미처리에 비하여 뛰어났다. 따라서 내구성이 뛰어나고 공해를 줄이기 위해서는 온화한 조건에서 백피를 증자하고 시판 펙틴분해 효소를 적용하면 뛰어난 한지 제조가 가능할 것으로 생각되었다.

謝 辭

본 연구는 통상산업부 공업기반기술개발사업 중 전통고유기술개발사업에 의하여 수행되었다. 시판 펙틴 분해효소를 분양해주신 전북대학교 식품공학과 신동화 교수님께 감사드리며, 다펜 백피의 구입과 수초지를 도와주신 전주시 소재 고려특수한지 공업사 오성근 사장님께 감사드립니다. 또한 백색도와 강도 측정기기를 사용하게 해 주신 PanAsia Paper Korea(구 한솔제지 전주공장)에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. 문성필, 펄프·종이기술, 31(1):89-94 (1999).
2. 문성필, 임금태, 펄프·종이기술, 31(3):83-89 (1999).
3. 이명기, 문성필, 펄프·종이기술, 31(3):90-95 (1999).
4. Sjöström, E., Alén, R., "Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking", Springer, pp. 42-43 (1999).
5. 윤병호 외 10인 공저, "임산화학실험서", 향문사, p. 101 (1998).
6. 박상진 외 3인 공역, "목재화학실험서", 광일문화사, pp. 650-651 (1993).
7. 상동, p. 653 (1993).
8. 大木道則 外 3人 編著, "化學大辭典(下)", 東京化學同人, 東京, p. 2492 (1989).
9. Whistler, R. L., Wolfrom, M. L., Bemiller, J. N., and Shafizadeh, F., "Methods in Carbohydrate Chemistry, Vol. I", Academic Press, London, pp. 481-482 (1962).
10. Segal, L., J. J. Creely Jr. A. E., and Martin C. M. Conrad, Textile Res. J., 29:789 (1959).
11. 三井哲夫, 滿田九輝, 泰忠夫, "農藝化學實驗書", 第3卷, 第25刷, 産業書株式會社, p. 1,357 (1986).
12. 古賀悅二郎, 高村憲男, 魚文島一彦, 紙^パ技協誌, 34(10):50-56 (1980).
13. 高村憲男, 魚文島一彦, 紙^パ技協誌, 38(7): 59-65 (1984).
14. Fengel, D. and Wegner, G., "Wood chemistry, ultrastructure, reactions", Walter de Gruyter, Berlin, pp. 167-174 (1983).