

닥나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제3보)^{*1}

- 인피부 및 전간부 펄프 혼합초지 한지의 특성 -

최 태 호^{*2} · 조 남 석^{*3}

New Korean Traditional Papermaking from Paper Mulberry(III)^{*1}

- Properties of the Hanjis Mixed with Bast Part and Whole Stalk Pulps -

Tae-Ho Choi^{*2}, and Nam-Seok Cho^{*3}

ABSTRACT

Traditionally, Hanji had been made only with the bast fiber of paper mulberry (*Broussonetia kazinoki*). Nowadays, Hanji has been made mainly in the mixed forms of paper mulberry bast fiber and waste paper, and consequently it has raised many problems using them.

This study was carried out to investigate the characteristics of Hanji mixed with paper mulberry bast part and whole stalk pulps.

Hanjis made from the sulfomethylated pulp were shown higher brightness and sheet strengths than those from alkali and alkali-hydrogen peroxide pulps. The brightness of sulfomethylated pulp was found to be high enough not to need additional bleaching.

The sheet formations were improved as the increase of whole stalk pulp contents, while the sheet strengths were decreased.

In the physical properties of the Hanji mixed with bast part and whole stalk pulps, the handsheet strengths were decreased as the increase of the whole stalk pulp contents. The tensile strength and folding endurance of the Hanji containing 40~60% of whole stalk pulps were higher as compared to the others.

1. 서론

산업화 도시화에 따른 농·산촌 인구의 감소와 노령화는 한지의 원료인 닥나무 인피섬유 생산량

의 감소를 가져와 생산 기반이 취약한 한지 산업의 쇠퇴를 촉진시켜 왔다. 또한 부족한 원료의 대부분을 태국 등으로부터 저급 원료를 수입하여 한지를 제조하므로써 외화의 낭비는 물론 한지의 질적 저하를 가져 왔다.

*1 본 논문은 제47회 일본목재학회대회(1997년 4월, 高知)에서 발표하였음.

*2 충북대학교 농업과학기술연구소, (Agricultural Science & Technology Institute, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).

*3 충북대학교 산림과학부, (School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).

한편 발목성과 균일한 지합이 중요시되는 화선지의 경우 닥나무 인피섬유외에 단섬유인 목재 펄프, 대나무 펄프 및 짚 펄프를 혼합하여 초지해왔다. 그러나 최근에는 원료난과 작업의 효율성 등으로 인하여 화선지 제조시 인피섬유의 함량은 감소하고 폐지의 혼입율이 증가하고 있는 추세이다. 이로 인하여 제조된 한지의 산성화, 내구성 감소, 황변현상, 발목성의 불량 등과 같은 많은 문제점이 야기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 노동력 및 경비의 절감뿐만 아니라 원료의 확보와 효율적인 이용을 위하여 새로운 펄프화법을 도입, 닥나무의 인피부를 포함하는 전간부 펄프를 제조하였다. 아울러 한지의 질적 저하를 방지하고 발목성의 향상을 위하여 닥나무 인피부 펄프와 전간부 펄프를 다양한 혼합비로 혼입하여 새로운 유형의 한지를 제조하고 그 특성을 구명코자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

2.1.1 한지 펄프

전보¹⁾의 알칼리법(AK), 알칼리-과산화수소법(AP) 및 설포메틸화법(SM)으로 증해한 닥나무의 인피부 및 전간부 펄프를 사용하였다.

2.1.2 분산제

한지 제조용 시판 polyacrylamide(PAM : 분자량 수백만, 중립상사)를 사용하였다.

2.1.3 시판 한지류

화선지인 고려지, 유선지 및 죽지는 전라북도 전주에서 제조한 것을 사용하였으며, 수록 창호지는 경상남도 의령에서 제조한 닥나무 인피섬유 100%인 순지를 사용하였다. 한편, 기계초지한 창호지는 대구에서 생산된 꽃무늬 창호지를 사용하였다.

2.2 방법

2.2.1 해리 및 고해

인피부 및 전간부 펄프는 표준 해리기를 이용하여 해리한 다음, 전간부 펄프는 Hollander 형 beater를 이용하여 해리를 주목적으로 농도 2%로 15분간 고해하였다.

2.2.2 지료 배합

인피부 및 전간부 펄프를 Table 1과 같은 혼합비로 배합한 다음, 배합지료 3.91g(발규격 3.2척 × 2.2척 기준 장당 5뿔매 지에 해당되는 지료량)을 0.03% PAM 용액 5,000ml에 넣고 균일하게 분산시킨 다음 초지기에 투입하였다.

Table 1. The mixture ratios of pulp components for various Hanjis

Hanji Name	Pulp Resources(%)	
	Whole Stalk	Bast Part
No.1	100	0
No.2	90	10
No.3	80	20
No.4	70	30
No.5	60	40
No.6	50	50
No.7	40	60
No.8	30	70
No.9	20	80

2.2.3 여수도 측정

Table 1과 같은 소정의 혼합비로 혼합된 지료들에 대하여 Schopper-Riegler Freeness tester를 사용하여 여수도를 측정하였다.

2.2.4 초지

2.2.2와 같은 혼합비로 조성된 지료를 특수 제작한 한지 초지기를 사용하여 초지하였으며, 초지용 발은 화선지 제조용을 사용하였다.

2.2.5 건조

초지 된 습지를 건조용 스테인레스 철판에 지면이 안쪽으로, 습취용 면포가 바깥쪽으로 향하도록 붙이고, 실온에서 약 6시간 자연탈수 및 건조를 행한 다음, 60℃로 조절된 열풍 향온 건조기에서 2시간 동안 건조하였다.

2.2.6 한지의 특성 조사

소정의 혼합비로 초지한 한지는 Tappi Test Methods에 의거 소습처리 및 물성 측정을 실시하였으며, 시이트의 formation은 Noram사의 REED N.U.I METER(Model MK II)를 사용하여 측정하였다.

3 결과 및 고찰

3.1 인피부 및 전간부 펄프의 혼합초지

전보²⁾의 인피부 및 목질부 펄프의 혼합초지와 동일하게 알칼리법, AP법, 설포메틸화법 등 펄프화법을 달리하여 제조한 인피부 및 전간부 펄프를 원료로 하는 혼합초지의 특성을 구명하기 위하여 Table 1에 나타낸 것과 같은 혼합비에 의거 초지하였으며, 전간부 펄프에는 이미 인피섬유가 약 20% 가량 함유되어 있기 때문에 인피섬유를 90% 이상 혼합하지 않았다.

각각의 펄프를 이용하여 혼합초지 한지를 제조한 다음, 그 물리적 특성 및 기계적 특성을 측정 한 결과를 Table 2, Table 3 및 Table 4에 나

Table 2. Physical and mechanical properties of Hanjis mixing with bast part and whole stalk pulps cooked by alkali method

Hanji Name	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
Freeness(° SR)	45	46	47	53	47	45	43	41	28
Grammage(g/m ²)	30.1	29.6	31.5	31.1	30.9	30.2	31.3	31.0	31.4
Density(g/cm ³)	0.26	0.23	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Formation(NUI)	17.2	20.5	17.6	18.9	22.4	21.3	24.5	23.6	24.6
Brightness(%)	35.0	34.4	34.4	33.7	33.6	32.8	32.5	31.2	31.8
Opacity(%)	82.3	81.0	81.2	78.1	75.2	70.7	69.3	66.1	64.3
Burst index(kPa · m ² /g)	1.43	1.22	1.58	1.77	1.83	1.89	2.09	2.33	2.31
Tear index(mN · m ² /g)	1.46	3.21	3.96	5.15	5.40	5.90	6.84	7.05	7.99
Breaking length(km)	2.54	1.83	2.18	2.42	2.09	2.02	2.00	1.88	1.92
MIT folding endurance(time)	18	14	34	42	70	72	80	78	82

Table 3. Physical and mechanical properties of Hanjis mixing with bast part and whole stalk pulps cooked by alkali-hydrogen peroxide method

Hanji Name	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
Freeness(° SR)	43	43	44	53	45	44	43	43	31
Grammage(g/m ²)	33.3	32.9	32.0	32.8	32.0	33.9	34.3	32.6	34.0
Density(g/cm ³)	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.24	0.24	0.22	0.23
Formation(NUI)	11.5	9.8	12.6	13.1	17.8	16.8	19.4	19.8	21.5
Brightness(%)	36.2	35.9	36.1	37.1	36.0	37.3	36.4	36.8	37.1
Opacity(%)	85.9	83.6	80.8	79.5	76.5	7.57	74.2	70.7	69.1
Burst index(kPa · m ² /g)	1.08	1.32	1.61	1.77	1.95	2.09	2.28	2.12	2.26
Tear index(mN · m ² /g)	1.63	3.49	3.87	4.94	6.56	6.55	7.96	8.09	8.58
Breaking length(km)	2.39	2.43	2.71	2.86	3.26	2.99	2.98	2.56	2.56
MIT folding endurance(time)	7	12	54	55	137	170	174	95	55

Table 4. Physical and mechanical properties of Hanjis mixing with bast part and whole stalk pulps cooked by sulfomethylated method

Hanji Name	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
Freeness(°SR)	72	73	73	74	74	75	72	70	60
Grammage(g/m ²)	36.8	36.9	35.9	34.8	34.2	34.3	34.7	34.2	33.9
Density(g/cm ³)	0.40	0.37	0.34	0.31	0.26	0.23	0.22	0.24	0.21
Formation(NUI)	8.2	9.4	12.9	13.7	11.6	14.3	18.2	20.6	22.9
Brightness(%)	57.5	58.9	59.2	59.4	61.4	61.6	61.7	61.3	62.5
Opacity(%)	80.4	79.0	76.5	71.9	71.7	71.0	68.5	64.5	63.1
Burst index(kPa · m ² /g)	2.58	2.78	2.59	2.76	2.33	2.23	2.29	2.61	2.09
Tear index(mN · m ² /g)	0.97	1.75	2.55	3.32	4.48	5.88	6.68	8.24	8.47
Breaking length(km)	5.39	5.61	4.89	6.27	7.30	5.45	5.19	5.08	4.83
MIT folding endurance(time)	173	232	244	280	332	296	215	176	156

타냈다. 아울러 전보²⁾의 시판 화선지류 및 창호지의 측정 결과와도 비교 검토하였다.

3.2 원료의 혼합비에 따른 여수도의 변화

전간부 펄프와 인피부 펄프의 혼합에 의한 여수도 변화를 살펴본 결과를 요약하면 Fig. 1과 같다.

그림에서 보는 바와 같이 전간부 펄프의 여수도는 설포메틸화법이 72°SR로 알칼리법의 45°SR 및 AP법의 43°SR보다 월등히 높았으며, 인피부

펄프의 혼입량이 증가함에 따라 여수도도 점차적으로 증가하여 혼입량 30%에서 최대 값을 나타낸 후 감소하여 혼입량 80%에서는 급격히 감소하였다. 펄프화법별로는 설포메틸화법이 알칼리법이나 AP법보다 월등히 높았으며, 알칼리법과 AP법은 거의 동일한 경향을 나타냈다. 이와 같이 설포메틸화법의 여수도가 다른 펄프화법보다 높은 것은 전보²⁾에서도 설명했듯이 알칼리법이나 AP에 비해 상대적으로 온화한 펄프화로 인하여 셀룰로오스의 붕괴가 적고, 헤미셀룰로오스 등의 잔존량이 많을 뿐만 아니라 펄프화 과정에서 섬유질의 리그닌에 설포기의 도입으로 인한 친수성의 증가가 주된 원인이라 사료된다.

전간부 펄프와 인피부 펄프의 여수도를 비교해보면, 전간부 펄프의 여수도가 43~72°SR로 인피부 펄프의 여수도 21~26°SR²⁾보다 월등히 높았으며, 전간부 펄프와 인피부 펄프를 혼합한 것이 목질부 펄프와 인피부 펄프를 혼합한 것의 여수도보다 매우 높았다. 이처럼 전간부 펄프의 여수도가 높은 것은 인피부와 목질부를 분리하지 않고 펄프화 함으로써 분리하여 펄프화 할 때보다 미세섬유를 많이 함유한다는 것과, 비록 해리가 주목적이기는 하나 가벼운 고해를 함으로써 고해를 하지 않은 경우보다는 섬유의 퍼브릴화와 유연성 및 팽윤성이 증가했기 때문이라 사료된다.

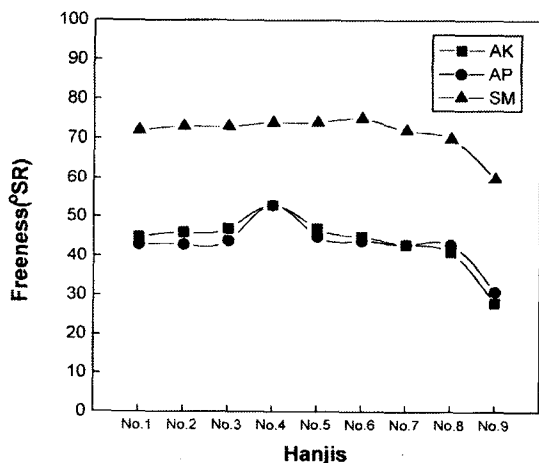


Fig. 1. Relationship between freeness and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

3.3 원료의 혼합비에 따른 지질의 변화

전간부 펄프에 인피부 펄프를 혼입하여 초지하

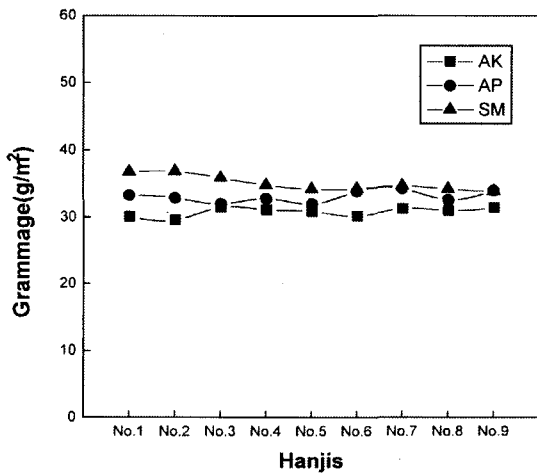


Fig. 2. Relationship between grammage and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

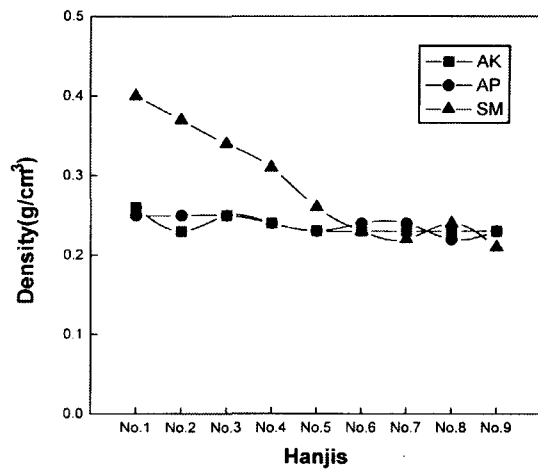


Fig. 3. Relationship between density and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

였을 때, 혼입율에 따른 지질의 변화를 검토한 결과는 다음과 같다.

Fig. 2는 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량이 한지의 평량 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 세 가지 펄프화법 모두 혼입량 증가에 따른 평량의 변화가 거의 없었으며, 인피부 펄프에 목질부 펄프를 혼합했을 때와는 달리 설포메틸화법의 평량이 다른 펄프화법보다 약간 높게 나타났다. 이것은 미고해 목질부 펄프를 혼입했을 때보다 약하게나마 고해된 전간부 펄프를 혼입함으로써 섬유간의 결합을 향상시켜 다른 펄프화법보다 유세포 등 미세섬유의 보류가 상대적으로 향상되었기 때문이라 사료된다.

인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입했을 때와 목질부 펄프를 혼입했을 때의 평량 변화는 설포메틸화법을 제외한 알칼리법 및 AP법이 전간부 펄프를 혼입했을 때가 낮게 나타났는데, 이것은 고해에 의해서 생성된 미세섬유가 초지시 보류되지 못하고 초지발 사이를 통과하는 양이 증가했기 때문이라 생각된다.

인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입했을 때의 평량은 29.6~36.9g/m²로 전보²⁾의 목질부 펄프를 혼입했을 때의 31.4~36.9g/m²와 시판 수륙창호지의 33.2g/m²와는 같은 평량 범위에 속하나 화선지류의 22.7~28.7g/m²보다는 높게 나타났다.

종이의 밀도는 섬유간 결합량의 영향이 가장 크

며, 섬유간 결합은 고해의 정도, 섬유의 미세성 및 유연성, 헤미셀룰로오스의 함량, 습압의 정도 등과 밀접한 관련이 있다.^{3,4)}

Fig. 3은 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량이 제조 한지의 밀도의 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로 알칼리법 및 AP법은 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 약간 감소하였으며, 설포메틸화법은 알칼리법이나 AP법과는 달리 인피부 펄프 혼입율 50%까지는 급격히 감소되고 그 이상의 혼입율에서는 다른 펄프화법과 동일한 경향을 나타냈다. 이와 같은 사실은 설포메틸화법에 의한 전간부 펄프가 다른 펄프화법에 의해서 제조된 전간부 펄프들보다 유세포 등과 같은 미세섬유의 함량이 높고, 펄프화 과정에서 섬유에 도입된 설포기의 영향을 받아 친수성이 증가하여 섬유간 결합이 향상되어 밀도가 높은 종이 제조되었다고 할 수 있다. 그러나 장섬유인 인피부 펄프의 함량이 증가하면서 섬유간의 공극이 커지고 공극의 양 또한 증가함으로 이러한 미세섬유가 지층 중에 남는 것보다 초지발 사이를 빠져나가는 양이 증가하게 되고 그 결과 종이의 밀도가 감소된 것으로 사료된다.

인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입했을 때의 밀도가 0.21~0.40g/cm³의 범위였는데 대해 목질부 펄프 혼입시의 밀도는 0.18~0.22g/cm³로²⁾ 전자가 훨씬 높은 밀도를 나타냈다. 특히, 설포메틸화법의 경우 전간부 펄프 함량이 증가할수

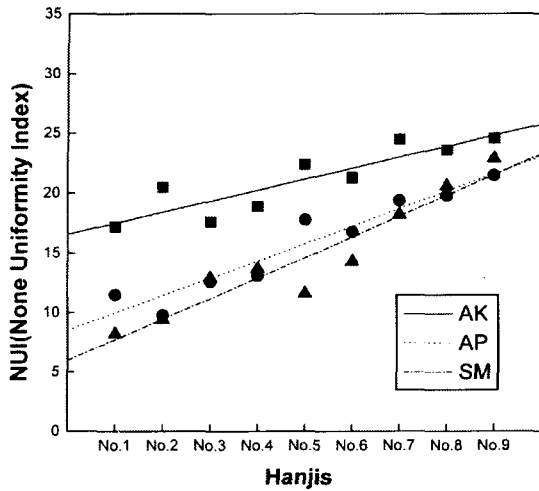


Fig. 4. Relationship between formation (NUI) and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

록 밀도가 높아지는 특징을 나타냈다.

인피부 펄프와 전간부 펄프의 단독초지시 밀도를 비교해보면 인피부 펄프의 경우 펄프화법에 관계없이 $0.20 \sim 0.21 \text{g/cm}^3$ 을 나타냈다.²⁾ 전간부 펄프의 경우 알칼리법 및 AP법이 인피부 펄프 단독초지 한지보다 높은 $0.25 \sim 0.26 \text{g/cm}^3$ 를 나타냈으며, 특히 설포메틸화법의 전간부 펄프로 제조한 한지의 밀도는 0.40g/cm^3 로 인피부 펄프 단독초지 한지보다 배가 높았다. 한편 전보²⁾의 시판 한지류들과 밀도를 비교한 결과 알칼리법과 AP법은 $0.22 \sim 0.26 \text{g/cm}^3$ 로 수목 상호지의 밀도 0.26g/cm^3 와 비슷한 값을 나타냈다. 설포메틸화법은 인피부 펄프의 혼입율에 따라 $0.21 \sim 0.40 \text{g/cm}^3$ 의 다양한 값을 나타냈으며, 전간부 펄프 단독초지 및 인피부 펄프 혼입을 20%까지의 밀도가 $0.34 \sim 0.40 \text{g/cm}^3$ 로 시판 화선지류의 밀도 0.38g/cm^3 와 비슷한 값을 나타냈다. 이와 같이 인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입하여 한지를 제조할 경우, 목질부 펄프를 혼입하여 한지를 제조할 때와는 달리 습압하지 않고 혼입율을 조절하므로써 시판 한지류와 같은 밀도의 한지 제조가 가능하였다.

Fig. 4는 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량이 한지의 지합에 미치는 영향을 나타낸 것으로 종이의 지합은 인쇄 및 필기적성에 매우 중요한 인자이다.⁵⁾

인피부 펄프의 혼입량에 따른 한지의 지합 변화는 전보²⁾의 목질부 펄프 혼입에 의한 지합 변화와 동일하게 인피부 펄프 혼입량이 증가할수록 불량해지는 경향을 나타냈다. 펄프화법별로는 알칼리법으로 제조한 한지의 지합이 가장 불량하였고 설포메틸화법 및 AP법의 펄프로 제조한 한지가 비슷한 수준을 보였다. 부분별 단독초지의 경우 인피부 펄프가 21.6~27.1NUI를 나타낸 반면, 전간부 펄프는 8.2~17.2NUI를 나타내 인피부 펄프 단독초지보다 전간부 펄프 단독초지가 월등히 양호한 지합을 갖는다는 것이 판명되었다. 알칼리법 전간부 펄프 단독초지 한지의 지합은 인피부 펄프에 대한 목질부 펄프 혼입량 60%의 한지²⁾와 비슷하였고, 설포메틸화법 및 AP법 전간부 펄프 단독초지 한지의 지합은 목질부 펄프를 90% 함유하는 한지와 비슷한 수준을 나타냈다.

전간부 펄프를 혼입하여 초지한 한지의 지합을 시판 한지류와 비교해 보면 시판 화선지류가 15.6~20.4NUI로 알칼리법의 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 17.2NUI와 비슷한 수준을 나타냈으나 설포메틸화법 및 AP법의 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 8.2 및 11.5NUI보다는 지합이 상당히 불량한 것으로 나타났다. 인피부 펄프에 대한 전간부 펄프의 혼입량이 알칼리 펄프의 경우는 60% 이상, 설포메틸화 펄프 및 AP펄프의 경우는 30% 이상이면 시판 화선지류와 비슷하거나 우수한 지합을 갖는 것으로 나타났다.

3.4 원료의 혼합비에 따른 광학적 성질의 변화

알칼리법, AP법 및 설포메틸화법으로 제조한 닥나무 전간부 펄프에 동일한 펄프화법으로 제조한 인피부 펄프를 Table 1과 같은 비율로 혼입하였을 때, 이들 혼입량 변화가 한지의 백색도 및 불투명도등 광학적 성질에 미치는 영향을 검토하였다.

Fig. 5는 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량 변화가 제조된 한지의 백색도에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

전간부 펄프에 있어서도 전보²⁾의 목질부 펄프 혼입에 따른 백색도 변화와 마찬가지로 설포메틸화법으로 제조한 한지의 백색도가 57.5~62.5%로 가장 높았고, 다음으로 AP법 35.9~37.1%.

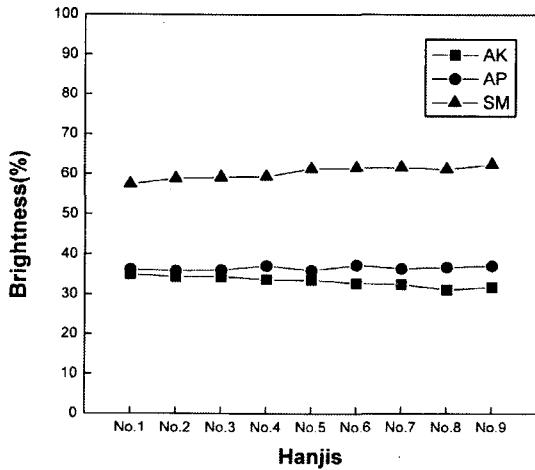


Fig. 5. Relationship between brightness and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

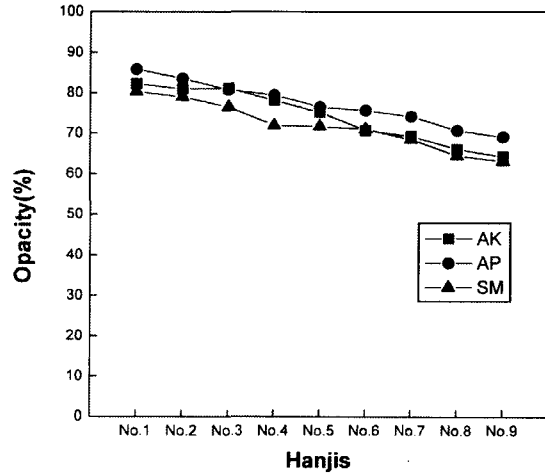


Fig. 6. Relationship between opacity and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

알칼리법 31.2~35.0%의 순이었다. 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 AP법에서는 백색도 변화가 거의 없었으나, 설포메틸화법에서는 증가하였고, 반대로 알칼리법에서는 감소하였다. 이와 같이 알칼리법과 설포메틸화법의 백색도 변화 경향이 상이한 것은 앞서서도 설명한 바와 같이 혼입하는 펄프의 해부학적 성질의 영향보다는 혼입하는 펄프 자체의 백색도 영향이 더 크기 때문이라 생각된다.

단독 초지시 백색도 변화를 각 펄프화법별로 살펴본 결과 알칼리법은 전간부가 35.0%로 인피부의 백색도 27.9%보다 높았으며, AP법은 전간부가 36.2%, 인피부가 36.5%로 양자간 차이가 없었다. 설포메틸화법은 전간부가 57.5%로 인피부의 62.3%보다 상당히 낮은 것으로 나타났다. 통상 인피부는 추출물 함량이 높아 증해과정에서 착색구조의 생성이 용이하여 펄프의 백색도가 목질부에 비해 떨어지나, 설포메틸화법에 있어서는 전간부 및 목질부 펄프의 백색도가 인피부 펄프의 백색도보다 낮았다. 이것은 원료나 펄프화법으로부터 기인되었기보다는 펄프의 세척시 전간부 및 목질부 펄프가 인피부 펄프보다 수질의 영향을 더 많이 받았기 때문이라 사료된다.

인피부 펄프에 목질부 펄프를 혼입하여 초지한 한지류²⁾와 전간부 펄프를 혼입하여 초지한 한지류의 백색도를 비교해보면 전반적으로 세 가지 펄프

화법 모두 인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입하여 초지한 한지류의 백색도가 약간 낮게 나타났다. 시판 한지류²⁾와 백색도를 비교해보면 알칼리법 및 AP법은 시판 한지류보다 백색도가 낮았고, 설포메틸화법은 미표백임에도 불구하고 죽지보다는 높았으며, 수록 창호지와 동일한 수준의 상당히 높은 백색도를 나타냈다. 따라서 설포메틸화법은 목질부 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 높은 백색도를 요구하는 제품을 제외한 거의 모든 제품에 미표백 상태로 이용 가능하다고 사료된다.

Fig. 6은 전간부 펄프 혼입량의 변화가 제조된 한지의 불투명도에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 인피부 펄프에 대한 목질부 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 세 가지 펄프화법 모두 인피 펄프의 함량이 증가할수록 불투명도는 감소한다는 사실이 판명되었으며, 펄프화법별로는 AP법의 불투명도가 가장 높고 설포메틸화법의 불투명도가 가장 낮았으나 세 가지 펄프화법 간에 큰 차이는 없었다. 이와 같이 인피섬유의 함량이 증가할수록 불투명도가 감소하는 것은 전간부 펄프에 함유되어 있는 단섬유가 불투명도와 밀접한 관련이 있으며, 설포메틸화법의 불투명도가 다른 펄프화법들보다 낮은 것은 설포메틸화법 펄프의 높은 백색도와 관련이 있는 것으로 사료된다.

각 펄프화법별 전간부 및 인피부 펄프 단독 초지시의 불투명도를 비교해보면, 세 가지 펄프화법

모두 전간부의 불투명도가 80.4~85.9%로 인피부의 불투명도 57.1~67.8%보다 월등히 높았다. 시판 한지류와 본 실험에서 제조한 한지간의 불투명도를 비교해 본 결과 알칼리법, AP법 및 설포메틸화법 모두 전혼합비에서 시판 한지류의 불투명도 57.8~65.1%¹⁾보다 높았는데 이것은 본 실험에서 제조한 한지들의 평량이 시판 한지류보다 높고 미표백 펄프를 사용했기 때문이라 사료된다.

3.5 원료의 혼합비에 따른 강도적 성질의 변화

각각의 펄프화법으로 제조한 전간부 펄프에 동일한 펄프화법에 의해 제조된 인피부 펄프를 소정의 비율로 혼합하여 초지하였으며, 인피부 펄프의 혼입량이 제조된 한지의 기계적 성질에 미치는 영향을 분석하였다.

Fig. 7은 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입율이 제조된 한지의 파열강도 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 전간부 펄프 단독 초지시의 파열지수는 설포메틸화법이 $2.58\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 으로 알칼리법의 $1.43\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 및 AP법의 $1.08\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 에 비해 80.4%에서 142.9%의 매우 높은 강도 증가를 가져왔으며, 전체적인

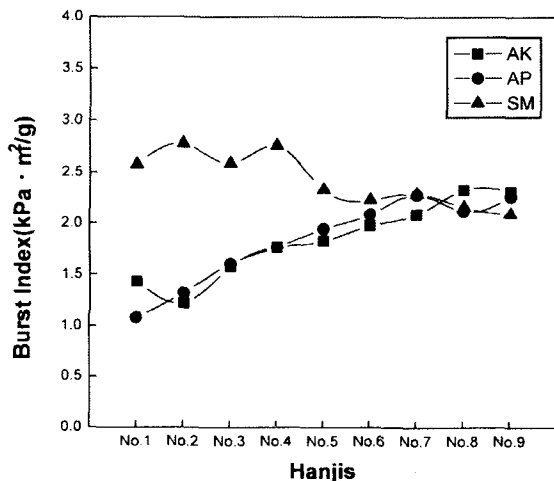


Fig. 7. Relationship between burst index and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

파열강도는 설포메틸화법이 가장 우수하였으나 인피부 펄프의 혼입을 50% 이상부터는 세 가지 펄프화법 모두 비슷한 강도 값을 나타냈다.

인피부 펄프 단독초지와 전간부 펄프 단독초지간의 파열강도를 비교해보면, 알칼리법 및 AP법의 전간부 파열강도는 인피부 파열강도보다 낮았으나, 설포메틸화법은 인피부 파열강도보다 약 20%의 강도 증가를 나타냈다. 한편 인피부 펄프의 혼입량에 따른 파열강도의 변화는 알칼리법 및 AP법의 경우 목질부 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 인피부 펄프의 혼입량이 증가함에 따라 파열강도가 증가하였으나, 설포메틸화법은 인피부 펄프의 혼입량 30%까지는 파열강도가 증가하다가 그 이후부터는 반대로 감소하였다. 이와 같이 설포메틸화법과 다른 펄프화법간에 파열강도의 변화 경향이 상이한 것은 설포메틸화법의 경우 장섬유에 의한 강도의 증가보다 제조한 한지의 밀도에서도 알 수 있듯이 잘 수화된 목질부의 단섬유가 장섬유와 양호한 섬유간 결합을 일으켜 밀도의 증가와 함께 파열강도의 증가를 가져왔으나 장섬유의 함량이 증가하면서 섬유간 결합이 불량해져 파열강도도 감소하는 것처럼 섬유간 결합의 영향이 크게 작용한 반면, 알칼리법 및 AP법은 목질부 펄프 혼입에 따른 섬유간 결합면적의 증가에 의한 영향보다는 인피부 펄프 혼입에 따른 섬유장의 영향을 더 많이 받은 것으로 사료된다.

시판 한지류²⁾와 본 실험에서 제조한 한지의 파열강도를 비교한 결과 수록 창호지의 파열강도가 가장 우수하나 나머지 시판 화선지류는 본 실험에서 제조한 한지보다 파열강도가 낮은 것으로 나타났다. 또한 목질부 펄프를 혼합하여 초지한 한지²⁾와 전간부 펄프를 혼합하여 초지한 한지의 파열강도를 비교해보면, 전반적으로 전간부 펄프를 혼합하여 초지한 한지의 파열강도가 목질부 펄프를 혼합하여 초지한 한지보다 우수한 것으로 나타났다.

Fig. 8은 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량이 한지의 인열강도 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 목질부 펄프의 혼입에서와 동일하게 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 한지의 인열강도는 증가하였으며, 펄프화법별로는 AP법의 인열강도가 가장 우수하고, 설포메틸화법의 인열강도가 가장 낮았으나 인피부 펄프의 혼입율이 70% 이상 되면 AP법과 같은 수준으로 인열강도가 향상되었다. 설포메틸화법으로 제조한 한지의 인열강도가 이와 같은 변화 경향을 나타내는

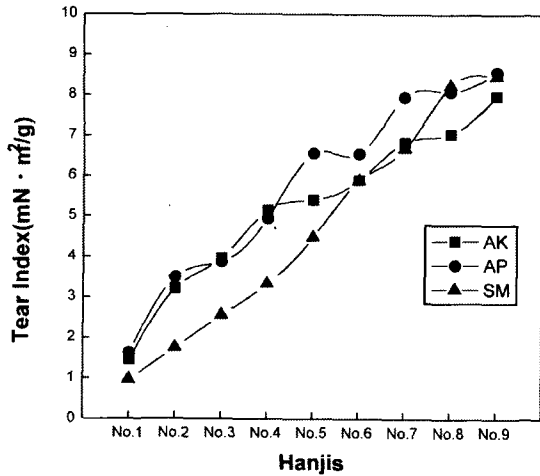


Fig. 8. Relationship between tear index and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

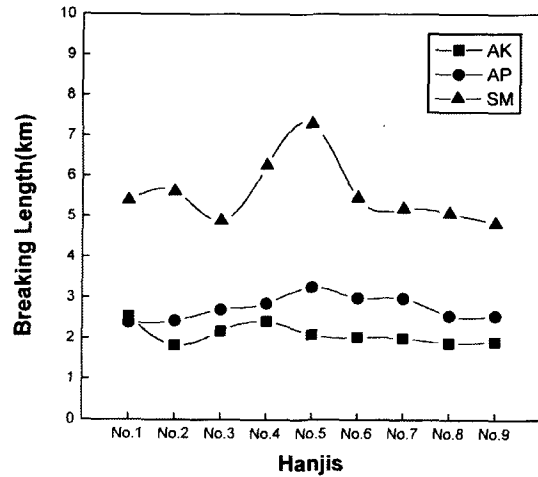


Fig. 9. Relationship between breaking length and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

것은 설포메틸화법의 펄프가 다른 펄프들보다 상대적으로 미세섬유를 많이 함유하고 있기 때문이라 사료된다.

전간부 펄프 단독 초지시 각 한지의 인열강도는 AP법이 1.63mN · m²/g, 알칼리법이 1.46 mN · m²/g이었으며, 설포메틸화법이 0.97 mN · m²/g으로 가장 낮았다. 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지와 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 인열강도를 비교한 결과, 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 인열강도가 7.50~7.82mN · m²/g으로 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지보다 월등히 높은 것으로 나타났다.

시판 한지류²⁾와 본 실험에서 제조한 한지의 인열강도를 비교해 본 결과, 알칼리법과 AP법의 전간부 단독초지 한지와 설포메틸화법의 인피부 혼입을 20% 이하의 한지가 시판 화선지류의 인열강도 0.75~2.21mN · m²/g과 비슷하였다. 알칼리법 및 AP법의 인피부 혼입을 10%와 설포메틸화법의 인피부 혼입을 30%로 혼합초지한 한지의 인열강도는 시판 수록 창호지의 3.30mN · m²/g과 비슷한 값을 나타냈다.

Fig. 9는 전간부 펄프와 인피부 펄프의 혼합초지에 있어서 인피부 펄프의 혼입량이 열단장의 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로 전간부 펄프 단독초지의 경우 설포메틸화법의 열단장이 5.39 km로 알칼리법의 2.54km 및 AP법의 2.39km

에 비해 약 112%에서 126%의 높은 강도를 보여 주었으며, 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 열단장과 비교한 결과 알칼리법은 약 81%, AP법은 약 11%, 설포메틸화법은 약 252%의 높은 강도를 나타냈다. 이와 같이 전간부 단독초지가 인피부 단독초지보다 높은 열단장의 증가를 가져온 것은 비록 해리를 목적으로 한 고해처리기는 하나 섬유의 고해처리와 전간부 펄프에 포함되어 있는 장섬유인 인피섬유와 단섬유인 목질부 섬유 및 미세섬유가 복합적으로 작용하여 양호한 섬유간 결합을 형성하였기 때문이라 사료된다.

인피부 펄프 혼입에 따른 열단장의 변화는 인피부 펄프의 혼입량 30~40%에서 최대 값을 나타냈으며, 혼입량이 증가됨에 따라 서서히 감소하였다. 펄프화법별로는 설포메틸화법이 4.83~7.30 km로 알칼리법의 1.83~2.54km 및 AP법의 2.39~3.26km보다 월등히 높은 강도를 나타냈다. 한편 목질부 펄프를 혼입하여 초지한 한지²⁾보다 전간부 펄프를 혼입하여 초지한 한지가 높은 열단장을 나타냈는데, 이것은 미고해 목질부 펄프의 혼입보다는 어느 정도 고해된 전간부 펄프의 혼입이 더욱 양호한 섬유간 결합을 가져왔기 때문이라 사료된다.

시판 한지류²⁾와 전간부 펄프에 인피부 펄프를 혼합하여 초지한 한지의 열단장을 비교한 결과, 알칼리법 및 AP법의 펄프로 제조한 한지는 시판

화선지류의 열단장인 1.56~2.89km와 비슷한 강도 값을 나타낸 반면, 설포메틸화법으로 제조한 한지의 열단장은 4.83~7.30km로 시판 화선지류보다 월등히 높았다. 특히 인피부 펄프의 혼입량 30~40%로 초지한 한지는 시판 수록 창호지와 비슷한 인장강도를 나타냈다. 따라서 인피부 펄프에 전간부 펄프를 혼입하여 초지함으로써 습압을 하지 않아도 시판 한지류와 비슷한 인장강도를 가지는 한지의 제조가 가능하다고 사료된다.

Fig. 10은 전간부 펄프에 대한 인피부 펄프의 혼입량이 한지의 내절도 변화에 미치는 영향을 나타낸 것으로서, 전간부 펄프 단독초지의 경우 과열강도 및 인장강도가 높았던 설포메틸화법이 알칼리법 및 AP법보다 월등히 높았다. 또한 인피부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도와 비교한 결과, 알칼리법 및 AP법은 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도가 낮았으나, 설포메틸화법은 반대의 경향을 나타냈다. 이것은 알칼리법 및 AP법의 전간부 펄프에 포함되어 있는 목질부 섬유 및 미세섬유가 섬유간 결합의 증진과 강도의 증가에 크게 기여하지 못하고 있는 것과는 반대로 설포메틸화법의 전간부 펄프에 포함되어 있는 목질부 섬유 및 미세섬유는 펄프화 과정에서 도입된 설포기의 작용으로 섬유의 친수성이 향상되어 섬유간 결합의 증진에 기여하여 강도의 증가를 가져온 것으로 사료된다.

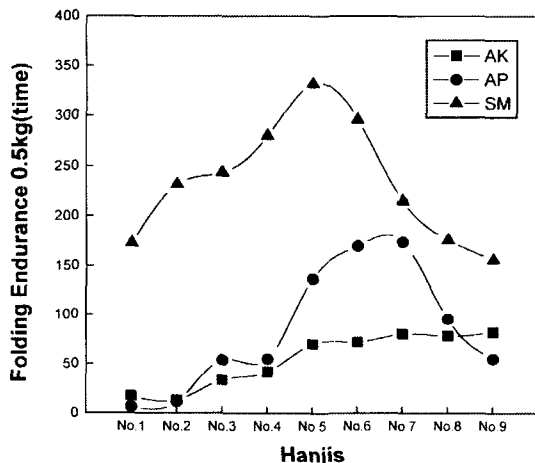


Fig. 10. Relationship between folding endurance and mixture ratios of bast part and whole stalk pulps.

인피부 펄프 혼입초지에 따른 내절도의 변화는 알칼리법의 경우 인피부 펄프의 함량이 증가함에 따라 내절도가 향상되었고, AP법 및 설포메틸화법은 인피부 펄프의 혼입량 40~60%에서 최대 값을 나타낸 다음, 혼입량의 증가에 따라 내절도가 감소하는 경향을 나타냈다. 펄프화법별로는 설포메틸화법이 173~332회로 알칼리법의 14~82회 및 AP법의 7~174회보다 월등히 높은 내절도를 나타냈다.

본 실험에서 제조한 한지의 내절도를 시판 한지류의 내절도²⁾와 비교한 결과, 세 가지 펄프화법 모두 시판 화선지류의 내절도 0~19회보다 우수하였으며, 수록 창호지의 내절도보다는 낮은 것으로 나타났다.

4. 결론

한지 제조에 필요한 노동력 및 경비의 절감뿐만 아니라 원료의 확보와 효율적인 이용을 위하여 새로운 펄프화법을 도입, 닥나무의 인피부를 포함하는 전간부 펄프를 제조하였다. 아울러 인피부 섬유만을 사용하는 종래의 한지 제조법을 지양하고 한지의 질적 저하 방지와 발묵성의 향상을 위하여 닥나무 인피부 펄프와 전간부 펄프를 다양한 혼합비로 혼입하여 새로운 유형의 한지 제조하고, 그 특성을 구명키 위하여 초지 특성, 물리적 성질, 광학적 성질 및 기계적 성질을 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 백색도는 설포메틸화법이 57.5%로 알칼리법의 35.0% 및 AP법의 36.2%보다 매우 높았으며, 불투명도는 설포메틸화법이 낮게 나타났다. 전간부 펄프 및 인피부 펄프를 혼입하여 초지한 한지의 백색도는 알칼리법의 31.2~34.4% 및 AP법의 35.9~37.3%에 비하여 설포메틸화법이 58.9~62.5%로 가장 높았다. 불투명도는 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 설포메틸화법이 가장 낮았다.

전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 강도는 인열강도를 제외한 모든 강도에서 설포메틸화법으로 제조한 한지가 가장 높았으며, 이것은 기존의 알칼리법으로 제조한 한지에 비하여 80~112%의 강도 증가를 가져왔다. 혼합초지의 경우 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 종이의 강도도 증가

하는 것으로 나타났으며, 인피부 펄프를 40~60% 혼입하였을 때 인장강도 및 내절도가 가장 높게 나타났다.

인피부 펄프의 혼입에 따른 한지의 지합 변화는 장섬유인 인피부 펄프의 혼입량이 증가할수록 불량하였다.

인용문헌

1. 崔泰鎬, 趙南奭, 펄프·종이기술, 28(1):49-59(1996).
2. 崔泰鎬, 趙南奭, 펄프·종이기술, 30(2): (1998).
3. 紙パルプ技術協會, 紙パルプの種類とその試験法, 紙パルプ技術協會, 東京, pp. 36-51(1983).
4. Dinwoodie, J. M., Tappi 48(8):440(1965).
5. Scott, W. E. and S. Trosset. Properties of Paper: An Introduction, TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 1-122(1989).

1. 崔泰鎬, 趙南奭, 펄프·종이기술, 28(1):49-