

벼짚화학펄프의 표백에 관한 연구(제2보)

- 2단 표백 -

강진하[†] · 박성종 · 박성철

(2001년 6월 30일 접수; 2001년 8월 20일 채택)

Studies on the Bleaching of Rice-Straw Chemical Pulp (II) - Two-Stages Bleaching -

Chin-Ha Kang[†], Sung-Jong Park, and Seong-Cheol Park

(Received on June 30, 2001; Accepted on August 20, 2001)

ABSTRACT

This study was carried out to acquire basic data necessary for the use of rice-straw chemical pulp. It investigated the proper bleaching conditions when rice-straw chemical pulp(alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) was bleached using the various kinds of bleaching agents by the two-stages bleaching methods. And, physical properties of pulps bleached with eight kinds of two-stages bleaching methods were tested. The results of this study were as follow;

1. The first-stage bleaching was conducted under the proper conditions with chlorine(C). And then, the proper conditions related to the calcium chlorite(H), hydrogen peroxide(P) and sodium hydrosulfite(Y) bleaching as the second-stage bleaching were investigated. The proper conditions of CH stage were determined to be 0.3% concentration of calcium chlorite, 30 °C of reaction temperature and 20 min. of reaction time. For CP stage, the proper conditions of concentration of hydrogen peroxide, reaction temperature and reaction time were 1.5%, 60 °C and 90 min., respectively. And for CY stage, the proper conditions were 0.5% concentration of sodium hydrosulfite, 40 °C of reaction temperature and 90 min. of reaction time.
2. The first-stage bleaching was conducted under the proper conditions with chlorine dioxide(D). And then, the proper conditions related to the calcium chlorite(H), hydrogen peroxide(P) and sodium hydrosulfite(Y) bleaching as the second-stage bleaching were investigated. The proper conditions of DH stage were determined to be 0.5% concentration of calcium chlorite, 25 °C of reaction temper-

• 본 연구는 산업자원부의 산업기반기술개발사업 중 전통고유기술개발사업에 의해 수행된 결과의 일부임.
• 전북대학교 농과대학 산림과학부(Division of Forest Science, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea).

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

ature and 5 min. of reaction time. For DP stage, the proper conditions of concentration of hydrogen peroxide, reaction temperature and reaction time were 1.0%, 70°C and 90 min., respectively. And for DY stage, the proper conditions were 0.3% concentration of sodium hydrosulfite, 50 °C of reaction temperature and 20 min. of reaction time.

3. The first-stage bleaching was conducted under the proper conditions with calcium chlorite(H). kAnd then, the proper conditions related to the hydrogen peroxide(P) and sodium hydrosulfite (Y) bleaching as the second-stage bleaching were investigated. The proper conditions of HP stage were determined to be 0.3% concentration of hydrogen peroxide, 30 °C of reaction temperature and 60 min. of reaction time. For HY stage, the proper conditions of concentration of sodium hydrosulfite, reaction temperature and reaction time were 2.5%, 60 °C and 30 min., respectively.
4. When the rice-straw chemical pulps were bleached with eight kinds of two-stages bleaching methods in the proper conditions mentioned above, respectively, the final brightnesses after CH, CP, CY, DH, DP, DY, HP, and HY bleachings were 62.0, 74.3, 61.4, 58.9, 66.9, 62.9, 50.4 and 60.1, respectively. And strengthes of pulps bleached with DP and DH methods were comparatively higher than those of pulps bleached with other bleaching methods.

Keywords: Rice straw, Chemical pulp, Bleaching, Chlorine, Chlorine dioxide, Calcium hypochlorite, Hydrogen peroxide, Sodium hydrosulfite

1. 서론

종이가 처음 발명되었을 때 종이의 원료는 목화섬유, 아마, 대마 등 마류, 벚짚 및 대나무와 같은 비목재 자원이 이용되었다. 그러나 문명이 발전함에 따라 종이의 수요가 급증하게 되었고 종이의 원료로서 목재가 사용되기에 이르렀으며, 종이의 원료인 펄프를 제조하기 위하여 매년 막대한 양의 목재가 소비되고 있다.¹⁾ 그러나 목재는 환경보호운동과 지구 온난화 등의 문제로 공급의 어려움이 가중되고 있는 실정에 있다.²⁾ 이러한 문제점을 극복하기 위해서 목재보다 단기간에 섬유자원을 대량 생산할 수 있는 비목질계 식물을 펄프의 원료로 이용하는 방향으로 관심을 갖게 되었다.³⁻⁶⁾ 이는 비목질계 섬유자원은 단기간에 재생산이 가능하며, 생산성이 높고, 대부분 농업부산물로서 발생되므로 값이 저렴하다는 장점에 기인한다.^{7,8)}

이와 같은 비목질계 섬유자원 중 벚짚은 주로 아시아 지역에서 생산되나, 그 양은 상당히 많은 편이다. 이에 따라 벚짚을 이용하여 다양한 종류의 화학펄프를 제조하는 연구가 수행되어 왔다.^{9,10)} 그러나 제조된 벚짚화학펄프는 백색도가 낮아 이들을 필기용지 또는 인쇄용지로 이용하기 위해서는 표백을 하여야 하는데, 벚짚화학펄프는 표백특성이 목재화학펄프와는 다를 수도 있을 것이다.

이에 따라 본 연구는 전보¹¹⁾에서 구명된 조건에서 1 단표백 후 차아염소산칼슘, 과산화수소, 하이드로 아

황산나트륨으로 2단표백시 적정 표백조건을 구명하고, 2단표백 종류간 백색도 및 물리적 성질들을 비교 검토 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 벚짚화학펄프

기발표한 논문¹⁰⁾에서 제조된 펄프들 중 상대적으로 고수율 및 저카파가인 벚짚화학펄프(AS-Na₂S₂O₄ pulp)를 선택하여 공시펄프로 사용하였는데, 이들의 제조조건은 다음과 같다. 알칼리 농도는 15%(Na₂O 기준), 약품혼합비율(Na₂SO₃ : NaOH)은 40 : 60, Na₂S₂O₄ 첨가량은 3%, 증해온도는 150°C, 증해시간은 90분, 액비(rice straw/liquor)는 1/10으로 하였다. 제조된 펄프의 수율은 49.2%, Kappa 값은 8.2, 백색도는 33.7이었다.

2.1.2 1단표백펄프

1단표백펄프는 전보¹¹⁾에서 구명된 조건에서 염소, 이산화염소, 차아염소산칼슘 표백한 것을 사용하였는데, 각각의 표백조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Conditions of single-stage bleaching

Chemicals	Dosage (%)	Reaction temp. (°C)	Reaction time (min.)	Bleached pulp	
				Yield (%)	Brightness
Chlorine	4	25	50	95.9	50.2
Chlorine dioxide	1	70	120	98.2	56.4
Calcium hypochlorite	3	25	20	96.3	50.5

2.2 실험방법

2.2.1 2단표백

각종 표백방법들을 조합하여 8종의 2단표백을 하였는데, Table 2와 같은 각종 조건에서 20 g씩 표백 후 표백펄프 수율 및 백색도를 측정하여 표백효과를 비교, 검토하였다.

2.2.2 2단표백펄프의 물리적 성질 조사

각종 표백약품으로 적정조건에서 2단표백된 벗짚 화학펄프들을 PFI mill을 이용하여 250 ml CSF로 고해한 후, 수초지기를 사용하여 평량 60 g/m²으로 초지하였다. 초지한 종이는 항온항습실(온도 20±2 °C, RH : 65±2%)에서 24시간 이상 조습하였으며, 조습된 종이는 TAPPI Test Methods에 의거 열단장, 비파열도, 비인열도 및 내절도를 측정하였다. 백색도

는 백색도 측정기를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 2단표백 적정 조건 구명

전보¹⁾에서 구명된 조건에서 염소(C), 차아염소산칼슘(H), 이산화염소(D)로 1단표백 후, 차아염소산칼슘(H), 과산화수소(P), 및 하이드로 아황산나트륨(Y)을 사용한 2단표백(CH, CP, CY, DH, DP, DY, HP, HY)의 표백효과를 비교, 검토한 결과는 다음과 같다.

3.1.1 염소표백 후 차아염소산칼슘 표백(CH)

벗짚화학펄프를 염소표백 후 차아염소산칼슘 표백 시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토 코저 실험한 결과는 다음과 같다.

Table 2. Conditions of two-stages bleachings

Chemicals	Dosage (%)	Reaction temp. (°C)	Reaction time (min.)
• Calcium hypochlorite after chlorine bleaching (CH)	0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0	20, 25, 30, 35	10, 20, 30, 40, 50, 60
• Hydrogen peroxide after chlorine bleaching (CP)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	20, 30, 40, 50, 60, 70	30, 60, 90, 120
• Sodium hydrosulfite after chlorine bleaching (CY)	0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	10, 20, 30, 40, 50, 60
• Calcium hypochlorite after chlorine dioxide bleaching (DH)	0.1, 0.3, 0.5, 1.0	20, 25, 30, 35	5, 10, 20, 30, 40
• hydrogen peroxide after chlorine dioxide bleaching (DP)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	40, 50, 60, 70, 80	30, 60, 90, 120
• Sodium hydrosulfite after chlorine dioxide bleaching (DY)	0.1, 0.3, 0.5, 1.0	30, 40, 50, 60, 70	10, 20, 30, 40
• Hydrogen peroxide after calcium hypochlorite bleaching (HP)	0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5	20, 30, 40, 50	30, 60, 90, 120
• Sodium hydrosulfite after calcium hypochlorite bleaching (HY)	1.5, 2.0, 2.5, 3.0	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	10, 20, 30, 40, 50, 60

Table 3. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various chemical dosages

Ca(OCl) ₂ (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.1	99.1	61.8	8.8	6.5
0.3	97.9	66.1	9.3	6.9
0.5	98.7	60.0	9.5	7.1
1.0	98.0	52.9	9.7	7.6
2.0	97.5	53.0	10.5	8.0

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Reaction temperature and time : 25℃ and 30 min.
 Concentration of pulp : 3%

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 25℃, 시간을 30분, 펄프농도는 3%로 고정하고 약품첨가량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0%로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 3과 같다.

수율은 표백약품 첨가량에 따라 97.5~99.1% 범위를 나타내었으며, 백색도는 0.3%에서 66.1로서 가장 높았고 그 이후에는 오히려 감소하였다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 표백 전보다 약간씩 감소하여 6.5~8.0 범위를 나타내었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 0.3%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 0.3%, 시간은 30분, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응온도를 20, 25, 30, 35℃로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 4와 같다.

수율은 온도간의 차이가 거의 없이 98% 정도를 나타내었으며, 백색도는 30℃에서 67.3으로서 가장 높았다. 표백 후 표백약품의 pH는 약간 감소하여 6.9 정

도였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 30℃이었다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 0.3%, 온도는 30℃, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 5와 같다.

수율은 반응시간에 따라 차이가 거의 없이 98.0% 내외였으며, 백색도는 20분에서 67.6으로 가장 높았고 그 이후에는 감소되었다. 표백 후의 표백약품용액의 pH는 초기보다 약간 감소하여 7.0 내외를 나타내었다. 이상의 결과를 검토하여 볼 때 적정 시간은 20분이었다. 상기의 결과들을 종합하여 볼 때 적정 처리 조건은 약품첨가량 0.3%, 처리온도 30℃, 처리시간 20분이었다.

3.1.2 염소표백 후 과산화수소 표백(CP)

Table 4. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction temperatures

Reaction temperature (℃)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	98.6	66.1	9.3	6.9
25	98.2	66.1	9.3	6.9
30	98.6	67.3	9.3	6.7
35	97.9	66.8	9.3	6.9

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Chemical dosage and reaction time : 0.3% and 30 min.
 Concentration of pulp : 3%

Table 5. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
10	98.5	62.2	9.3	7.3
20	98.0	67.6	9.3	7.2
30	98.6	67.3	9.3	7.0
40	98.4	65.9	9.3	6.9
50	97.8	64.8	9.3	6.6
60	98.3	64.3	9.3	6.7

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0

Reaction temperature and chemical dosage: 30°C and 0.3%

Concentration of pulp : 3%

벗진화학펄프를 염소표백 후 과산화수소로 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 30°C, 시간은 1시간, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 약품첨가량을 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 6 과 같다.

수율은 표백약품 첨가량에 따라 96.9~97.9% 범위를 나타내었고, 백색도는 1.5% 첨가시 73.0으로 크게 증가된 후, 첨가량을 증가시키에 따른 백색도의 증가는 없었다. 표백 후의 표백약품용액의 pH는 소량 감소하였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 1.5%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 1.5%, 시간은 1시간, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 반응온도를 20, 30, 40, 50, 60, 70°C로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 7과 같다.

수율은 97.0~98.1% 범위이고, 백색도는 온도 증가에 따라 점차 증가하여 60°C에서 76.3이었는데, 그 이후에는 감소하였다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 온도가 증가함에 따라 약간씩 감소되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 60°C이었다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 1.5%, 온도는 60°C, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 반응시간을 30, 60, 90,

Table 6. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various chemical dosages

H_2O_2 (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.5	97.9	67.5	12.2	11.3
1.0	97.8	70.3	11.9	11.0
1.5	97.0	73.0	11.7	11.5
2.0	96.9	72.8	11.5	11.5

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0

Reaction temperature and time: 30°C and 1 hr.

Additives : NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%

Concentration of pulp : 10%

Table 7. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	97.9	68.4	11.7	11.5
30	97.0	73.0	11.7	11.4
40	97.2	73.1	11.7	11.5
50	98.1	74.6	11.7	10.9
60	97.8	76.3	11.7	10.8
70	98.1	75.0	11.7	10.6

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Chemical dosage and reaction time : 1.5% and 1 hr.
 Additives : NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

Table 8. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
30	97.8	73.3	11.7	10.7
60	97.9	76.3	11.7	10.8
90	97.5	77.3	11.7	10.6
120	96.8	77.2	11.7	10.7

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Chemical dosage and reaction temperature : 1.5% and 60°C
 Additives : NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

120분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 8과 같다.

수율은 96.8~97.9% 범위이고, 백색도는 90분에서 최대치를 나타내었으며 그 이후에는 거의 같은 수준이었다. 약품용액의 pH는 1 정도 감소하여 10.7 내외였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 90분이었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 염소표백 후 과산화수소 표백시 적정 처리조건은 약품첨가량 1.5%, 처리온도 60°C, 처리시간 90분이었다.

3.1.3 염소표백 후 하이드로 아황산나트륨 표백(CY)

벚짚화학펄프를 염소표백 후 하이드로 아황산나트륨으로 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백

효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 60°C, 시간은 2시간, 펄프농도는 3%로 고정하고, 약품첨가량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 9와 같다.

수율은 97.3~98.5% 범위이었고, 백색도는 약품첨가량이 0.5%일 때 57.3까지 증가한 후 그 이후에는 증가가 둔화되었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 약품첨가량이 증가함에 따라 5.9에서 4.1까지 감소하였다. 이상의 결과를 고려하여 볼 때 적정 첨가량은 0.5%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 0.5%, 시간은 2시간, 펄프농

Table 9. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various chemical dosages

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.1	97.6	53.1	4.8	5.9
0.3	97.7	54.1	4.2	5.3
0.5	98.5	57.3	4.2	4.8
1.0	98.2	57.6	5.7	4.5
1.5	98.1	57.2	5.8	4.4
2.0	97.3	57.0	5.6	4.1

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Reaction temperature and time : 60°C and 2 hr.
 Concentration of pulp : 3%

Table 10. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	98.6	52.4	4.5	6.0
30	98.6	53.9	4.5	6.2
40	98.0	56.0	4.4	6.0
50	97.8	56.5	4.3	6.1
60	97.9	57.0	4.2	5.9
70	97.9	57.2	4.2	5.8
80	97.7	57.3	4.3	5.6

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Chemical dosage and reaction time : 0.5% and 2 hr.
 Concentration of pulp : 3%

Table 11. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
10	98.6	53.0	6.4	6.3
20	98.1	55.3	6.4	6.3
30	98.5	55.1	6.4	6.4
40	98.6	54.8	6.4	6.4
50	97.3	55.5	6.4	6.3
60	97.7	55.1	6.4	6.3

* Brightness of pulp bleached with chlorine : 52.0
 Reaction temperature and chemical dosage : 40°C and 0.5%
 Concentration of pulp : 3%

도는 3%로 고정하고, 반응온도를 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 10과 같다.

수율은 98% 내외였고, 백색도는 반응온도가 40℃ 일 때 까지는 약간 증가하였으나 그 이후에는 증가폭이 미미 하였다. 표백 후 표백약품의 pH는 6.0 내외이었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 40℃였다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 0.5%, 온도는 40℃, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 11과 같다.

수율은 97.3~98.6% 범위가었고, 백색도는 20분일 때 55.3까지 증가하였고, 그 이후에서는 거의 증가되지 않았다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 6.3 정도였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 20분이었다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 볼 때

염소표백 후 하이드로 아황산나트륨 표백시 적정 조건은 약품첨가량 0.5%, 반응온도 40℃, 반응시간 20분이라고 볼 수 있다.

3.1.4 이산화염소 표백 후 차아염소산칼슘 표백(DH)

벚짚화학펄프를 이산화염소 표백 후 차아염소산칼슘 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백 시 온도는 30℃, 시간은 30분, 펄프농도는 3%로 고정하고, 약품첨가량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 12와 같다.

수율은 95.9~99.6% 범위로 점차 감소하는 경향이었고, 백색도는 약품첨가량이 0.5%일 때 62.4까지 증가하였고 그 이후에는 증가가 둔화되었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 7.9~8.8로서 약품첨가량이 증가

Table 12. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various chemical dosages

Ca(OCl) ₂ (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.1	99.6	55.3	9.0	7.9
0.3	98.2	59.9	9.1	8.5
0.5	97.6	62.4	9.6	8.7
1.0	95.9	62.7	10.1	8.8

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 56.5
 Reaction temperature and time : 30℃ and 30 min.
 Concentration of pulp : 3%

Table 13. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction temperatures

Reaction temperature (℃)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	96.6	60.5	8.7	8.4
25	96.9	60.4	8.7	7.5
30	96.4	60.4	8.7	7.5
35	97.0	60.2	8.7	7.4

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 58.8
 Chemical dosage and reaction time : 0.5% and 30 min.
 Concentration of pulp : 3%

함에 따라 증가하였다. 이상의 결과를 고려하여 불 때 적정 첨가량은 0.5%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 0.5%, 시간은 30분, 펄프농도 3%로 고정하고 반응온도를 20, 25, 30, 35℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 13과 같다.

수율과 백색도는 온도간의 차이가 거의 없이 각각 96.4~97.0%, 60.2~60.5 범위이었고 표백 후에 표백약품의 pH는 온도가 상승할수록 감소하는 경향이였다. 이상의 결과들을 검토하여 적정 온도는 25℃로 하였다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 0.5%, 온도는 25℃, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 5, 10, 20, 30, 40분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 14와 같다.

수율은 반응시간에 따라 96.0~97.3% 범위를 나타내었으며, 백색도는 10분에서 가장 높은 62.7을 나타내었다. 표백 후 표백약품의 pH는 시간에 관계없이 1 정도 감소하였다. 이상의 결과를 검토하여 불 때 적정 시간은 5분이였다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 불 때 이산화염소 표백 후 차아염소산칼슘 표백의 적정 조건은 약품첨가량은 0.5%, 반응온도 25℃, 반응시간은 5분이라고 볼 수 있다.

3.1.5 이산화염소 표백 후 과산화수소 표백 (DP)

벚짚화학펄프를 이산화염소 표백 후 과산화수소 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 60℃, 시간은 60분, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%로 고정하고, 약품첨가량을 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 15와 같다.

수율은 97.0~97.5%로 약품첨가량간의 차이가 거의 없었고, 백색도는 1.0% 첨가시 62.2로 가장 높았고 그 이후에는 비슷하였다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 약간 감소하는 경향이였다. 이상의 결과들을 검토하여 불 때 첨가량은 1.0%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량을 1.0%, 시간은 60분, 펄프농도 10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%고 고정하고, 반응온도를 40, 50, 60, 70, 80℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 16과 같다.

수율은 97.4~98.2% 범위로 반응시간에 따른 큰 변화는 없었고, 백색도는 점차 증가하는 경향이였으나 70℃ 이후에는 증가가 둔화되었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 반응 전보다 약간 감소하여 10.9~11.0의 범위이였다. 이상의 결과들을 검토하여 불 때 적정 온도는 70℃이었다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량을 1.0%, 온도는 70℃, 펄프농도 10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%로 고정하고, 반응시간을 30, 60, 90, 120분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 17과 같다.

수율은 98.8~99.2% 범위로 시간에 따른 변화는

Table 14. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
5	97.1	62.4	9.1	8.2
10	97.3	62.7	9.1	7.9
20	96.4	60.8	9.1	8.2
30	96.0	60.9	9.1	8.2
40	96.2	60.8	9.1	8.1

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 60.7
 Chemical dosage and reaction temperature : 0.5% and 25℃
 Concentration of pulp : 3%

Table 15. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various chemical dosages

H_2O_2 (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.5	97.5	60.5	11.2	11.0
1.0	97.0	62.2	11.2	11.0
1.5	97.2	61.6	11.3	11.0
2.0	97.2	62.0	11.3	11.0

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 52.4
 Reaction temperature and time : 60°C and 60 min.
 Additives : NaOH 1.0% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

Table 16. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
40	97.9	59.6	11.3	11.0
50	98.2	61.2	11.3	11.0
60	97.4	61.0	11.3	11.0
70	97.6	63.3	11.3	10.9
80	97.7	63.5	11.3	10.9

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 57.2
 Chemical dosage and reaction time : 1.0% and 60 min.
 Additives : NaOH 1.0% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

거의 없었고, 백색도는 90분 이후는 증가되지 않았다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 약간 감소한 10.9였다. 이상의 결과를 검토하여 볼 때 적정 처리시간은 90분이었다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 볼 때 이

산화염소 표백 후 과산화수소 표백의 적정 조건은 약 품첨가량 1.0%, 반응온도 70°C, 반응시간 90분이라고 볼 수 있다.

Table 17. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
30	99.0	61.2	11.3	10.9
60	98.8	61.9	11.3	10.9
90	99.1	63.1	11.3	10.9
120	99.2	63.1	11.3	10.9

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 57.9
 Chemical dosage and reaction temperature : 1.0% and 70°C
 Additives : NaOH 1.0% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

3.1.6 이산화염소 표백 후 하이드로 아황산 나트륨 표백(DY)

벗짚화학펄프를 이산화염소 표백 후 하이드로 아황산나트륨으로 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 60℃, 시간은 60분, 펄프농도는 3%로 고정하고, 약품투여량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 18과 같다.

수율은 96.7~97.0%로 약품첨가량에 따른 차이는 거의 없었고, 백색도는 0.3%에서 65.1이었고, 이후에는 증가폭이 둔화되었다. 표백 후 표백약품의 pH는 2 내외의 증가를 나타내었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 0.3%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 0.3%, 시간은 60분, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응온도를 30, 40, 50, 60, 70℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 19와 같다.

수율은 96.1~96.5% 범위로 온도에 따른 변화는 거의 없었고, 백색도는 50℃에서 가장 높은 64.5를 나타내었다. 표백 후 표백약품의 pH는 전체적으로 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 반응온도는 50℃이었다.

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 0.3%, 온도는 50℃, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 10, 20, 30, 40분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 20과 같다.

수율은 97.7~98.5% 범위로 약간 감소하는 경향이었고, 백색도는 20분 이후에 증가폭이 둔화되었다. 표백 후 표백약품의 pH는 2 이상 증가하였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 20분이었다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 볼 때 이산화염소

Table 18. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various chemical dosages

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.1	97.0	61.0	5.1	7.0
0.3	96.9	65.1	4.1	6.5
0.5	96.9	65.6	3.9	6.3
1.0	96.7	65.5	3.9	6.0

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 53.8

Reaction temperature and time : 60℃ and 60 min.

Concentration of pulp : 3%

Table 19. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction temperatures

Reaction temperature (℃)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
30	96.2	63.5	4.2	6.3
40	96.1	63.5	4.2	6.4
50	96.1	64.5	4.2	6.5
60	96.5	63.9	4.2	6.6
70	96.2	64.1	4.2	6.6

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 55.2

Chemical dosage and reaction time : 0.3% and 60 min.

Concentration of pulp : 3%

Table 20. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with chlorine dioxide in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
10	98.5	65.0	4.3	6.5
20	98.4	66.0	4.3	6.6
30	97.7	66.0	4.3	6.7
40	97.7	66.2	4.3	6.7

* Brightness of pulp bleached with chlorine dioxide : 55.2
 Chemical dosage and reaction temperature : 0.3% and 50℃
 Concentration of pulp : 3%

표백 후 하이드로 아황산나트륨의 표백시 적정 조건은 약품첨가량 0.3%, 반응온도 50℃, 반응시간 20분이 라고 볼 수 있다.

3.1.7 차아염소산칼슘 표백 후 과산화수소 표백(HP)

벚짚화학펄프를 차아염소산칼슘 표백 후 과산화수소로 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 시험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 30℃, 시간은 1시간, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 약품투여량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5%로 변화시켜 가면서 시험한 결과는 Table 21과 같다.

수율은 표백약품 첨가량에 따라 98.0~99.0% 범위로서 거의 차이가 없었으며, 백색도는 0.3% 첨가시 58.4까지 증가된 후, 첨가량을 증가시키에 따른 효과는 없었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 약간 감소하였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 0.3%이었다.

(2) 온도

표백시 약품첨가량은 0.3%, 시간은 1시간, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 반응온도를 20, 30, 40, 50℃로 변화시켜 가면서 시험한 결과는 Table 22와 같다
 수율은 98.2~99% 범위이고, 백색도는 30℃일 때 58.5로서 가장 높았으나 그 이후에서는 이보다 더 낮은 값이었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 1 정도 감소되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 30℃이었다.

Table 21. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various chemical dosages

H_2O_2 (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
0.1	98.2	56.4	12.4	11.6
0.3	98.8	58.4	12.3	11.4
0.5	98.3	58.3	12.2	11.8
1.0	99.0	58.2	11.9	11.1
1.5	98.0	57.5	11.7	11.1

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2
 Reaction temperature and time : 30℃ and 1 hr.
 Additives : NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%
 Concentration of pulp : 10%

Table 22. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various reaction temperatures

Reaction temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	98.9	58.5	12.3	11.4
30	98.8	58.5	12.3	11.4
40	98.2	57.0	12.3	11.5
50	99.0	56.6	12.3	11.2

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2

Chemical dosage and reaction time : 0.3% and 1 hr.

Additives : NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%

Concentration of pulp : 10%

Table 23. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
30	98.4	55.9	12.3	11.6
60	98.7	58.0	12.3	11.4
90	98.2	57.8	12.3	11.7
120	98.5	57.6	12.3	11.5

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2

Chemical dosage and reaction temperature: 0.3% and 30°C

Additives: NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%

Concentration of pulp : 3%

(3) 시간

표백시 약품첨가량은 0.3%, 온도는 30°C , 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.5% + Na_2SiO_3 5% + MgSO_4 0.5%로 고정하고, 반응시간을 30, 60, 90, 120분으로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 23과 같다.

수율은 98% 정도였고, 백색도는 60분일 때 58.0이었고, 그 이후에서는 약간 감소하였다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 1정도 감소되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 60분이었다. 상기 결과를 종합하여 볼 때 차아염소산염 표백 후 과산화수소 표백시 적정 처리조건은 약품첨가량 0.3%, 처리온도 30°C , 처리시간 60분이었다.

3.1.8 차아염소산칼슘 표백 후 하이드로아황산나트륨 표백(HY)

벚짚화학펄프를 차아염소산칼슘 표백 후 하이드로아황산나트륨으로 표백시 약품첨가량별, 온도별 및 시간별 표백효과를 검토코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 약품첨가량

표백시 온도는 60°C , 시간은 2시간, 펄프농도는 3%로 고정하고, 약품투여량을 1.5, 2.0, 2.5, 3.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 24와 같다.

수율은 96.8~97.7% 범위이었고 백색도는 약품첨가량이 2.5%일 때 60.7까지 증가한 후 그 이후에는 증가가 둔화되었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 6.8 정도였다. 이상의 결과를 고려하여 볼 때 적정 첨가량은 2.5%이었다.

(2) 온도

표백 시 약품첨가량은 2.5%, 시간은 2시간, 펄프농

Table 24. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various chemical dosages

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (%)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
1.5	97.7	56.0	5.8	6.8
2.0	97.2	57.1	6.0	6.6
2.5	97.0	60.7	6.2	6.8
3.0	96.8	60.5	6.3	6.7

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2
 Reaction temperature and time: 60°C and 2 hr.
 Concentration of pulp : 30%

도는 3%로 고정하고, 반응온도를 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80°C로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 25와 같다.

수율은 97.0~98.5% 범위에었고, 백색도는 반응온도가 60°C까지는 증가하였으나 그 이후에는 비슷한 수준이었다. 표백 후 표백약품의 pH는 약간 증가되었다. 이상의 결과들을 검토하여 불 때 적정 온도는 60°C였다.

(3) 시간

표백 시 약품첨가량은 2.5%, 온도는 60°C, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 26과 같다.

수율은 97.5% 내외이었고, 백색도는 30분일 때 60.1로 최대치에 다다랐으며, 그 이후에는 거의 같았

다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 6.6 정도였다. 이상의 결과들을 검토하여 불 때 적정 시간은 30분이었다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 불 때 차아염소산 칼슘 표백 후 하이드로 아황산나트륨 표백시 적정 조건은 약품첨가량 2.5%, 반응온도 60°C, 반응시간 30분이라고 볼 수 있다.

3.2 2단표백펄프의 물리적 성질

각종 표백약품으로 적정 조건에서 2단표백된 벚꽃 화학펄프들의 물리적 성질을 측정된 결과는 Table 27과 같다.

밀도는 0.41~0.45 범위에었고, 백색도는 CP 표백시가 74.3으로서 가장 높았다. 열단장은 DP, CP, DY, DH 표백시가, 파열강도는 DH, DP, HP, HY 표백시가, 인열강도는 HY, DH, CY, CP 표백시가, 내절도

Table 25. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
20	98.5	54.1	6.2	6.8
30	98.2	54.4	6.2	6.8
40	97.1	58.8	6.2	6.8
50	97.0	59.1	6.2	6.8
60	97.0	60.7	6.2	6.8
70	97.2	60.5	6.2	7.0
80	97.3	60.7	6.2	6.8

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2
 Chemical dosage and reaction time : 2.5% and 2 hr.
 Concentration of pulp : 3%

Table 26. Sodium hydrosulfite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with calcium hypochlorite in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Brightness	pH of solution	
			Initial	Final
10	98.0	58.5	6.3	6.6
20	97.9	58.6	6.3	6.6
30	97.6	60.1	6.3	6.5
40	97.6	59.9	6.3	6.6
50	97.3	60.0	6.3	6.6
60	97.7	60.0	6.3	6.6

* Brightness of pulp bleached with calcium hypochlorite : 54.2

Reaction temperature and chemical dosage : 60°C and 2.5%

Concentration of pulp : 3%

는 DY, HP, DP, HY 표백시가 다른 표백 방법의 경우보다 높은 경향이였다. 이들을 종합적으로 검토하여 볼 때 DH와 DP 표백시 강도가 높은 편이였다. 이에 따라 본 표백펄프는 중질지용으로 사용하는 것이 적합하다고 사료된다.

4. 결론

본 연구는 벚짚화학펄프(alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp)를 각종 표백방법을 조합한 2단표백시 적정 표백조건을 구명한 후, 2단표백펄프들의 물리적 성질을 측정하여 벚짚화학펄프의 이용분야에 필요한 기초자료를 얻고저 수행한 결과 얻은 결론은 다음과

같다.

1. 적정 조건에서 염소 표백 후 차아염소산칼슘 표백시 적정 조건은 약품첨가량 0.3%, 반응온도 30°C, 반응시간 20분이었고, 과산화수소 표백의 경우는 약품첨가량 1.5%, 반응온도 60°C, 반응시간 90분이었으며, 하이드로 아황산나트륨 표백은 약품첨가량 0.5%, 반응온도 40°C, 반응시간 20분이였다.
2. 적정 조건에서 이산화염소 표백 후 차아염소산칼슘 표백시 적정 조건은 약품첨가량 0.5%, 반응온도 25°C, 반응시간 5분이었고 과산화수소 표백의 경우는 약품첨가량 1.0%, 반응온도 70°C, 반응시간 90분이었으며, 하이드로 아황산나트륨 표백은 약품첨가량 0.3%, 반응온도 50°C, 반응시간 20분이였다.
3. 적정 조건에서 차아염소산칼슘 표백 후 과산화수소

Table 27. Physical properties of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp bleached with the various kinds of two-stages bleaching methods

Bleaching sequences	Density (g/cm ³)	Brightness	Breaking length (km)	Burst index (KPa · m ² /g)	Tear index (mN · m ² /g)	Folding endurance (times)
CH	0.44	62.0	6.75	3.87	15.51	197
CP	0.45	74.3	7.20	3.93	16.99	158
CY	0.41	61.4	6.44	3.46	17.03	139
DH	0.42	58.9	6.89	4.33	17.40	215
DP	0.45	66.9	7.42	4.32	16.07	290
DY	0.41	62.9	7.09	3.53	16.33	366
HP	0.42	50.4	6.42	4.30	14.34	340
HY	0.43	60.1	6.37	4.25	17.48	220

* Brightness of unbleached pulp : 42.0, Freeness of beaten pulp : 250 ml CSF

표백시 적정 조건은 약품첨가량 0.3%, 반응 온도 30℃, 반응시간 60분이었고, 하이드로 아황산나트륨표백은 약품첨가량 2.5%, 반응온도 60℃, 반응시간 30분이었다.

4. 각종 표백방법을 조합하여 적정 조건에서 2단표백시 CH, CP, CY, DH, DP, DY, HP, HY의 최종 백색도는 각각 62.0, 74.3, 61.4, 58.9, 66.9, 62.9, 50.4, 60.1이었다. 각종 강도들은 DP 표백과 DH 표백시가 비교적 높았다.

인 용 문 헌

1. Kobayashi, Y., Recent worldwide trends of R & D on pulping and papermaking of nonwood plant fibers. *Tappi J.* 69(6):1 (1986).
2. 임기표, 韓國産 벚짚의 질산펄프 製造에 關한 研究. *펄프 · 종이기술* 15(2):31 (1983).
3. Aravamuthan, R., and I. Yayin, Optimizing alkaline pulping of wheat straw to produce stronger corrugating medium. *Tappi J.* 76(1):145 (1992).
4. Fujii, Y., J.-I. Azuma, R. H. Marchessault, F. G. Morin, S. Aibara, and K. Okamura, Chemical composition change of bamboo accompanying its growth. *Holzforchung* 47(2):109 (1993).
5. Giovanni. G.-S., A. D. Annibale. G. Perani. A. Porri, F. Pastina, V. Minelli, N. Vitale, and A. Gelsomino, Characteristic of paper handseets after combined biological pretreatments and conventional pulping of wheat straw. *Tappi J.* 77(6):151 (1994).
6. Granfeldt, T., O. Danielson, S. Norden, and K. Gunner Ryrberg, Toward effluent-free production of bagasse and eucalyptus pulp for newsprint. *Tappi J.* 71(11):54 (1988)
7. Perdue, Jr. R. E., and H. J. Niechlag, Fiber dimensions of nonwood plant materials. *Tappi J.* 44(11):776 (1961).
8. Sharma, Y. K., R. Dhawan, and B. G. Karira, High yield pulps from kenaf. *Indian Forester.* 110(4):401 (1984).
9. 강진하, 박성철, 박성중, 벚짚을 이용한 소다-안트라퀴논 펄프 및 알칼리성 아황산염-안트라퀴논 펄프 제조. *펄프 · 종이기술* 29(3):34 (1997).
10. 강진하, 박성중, 고수율 및 저카파가의 벚짚화학펄프 제조방법 개발. *펄프 · 종이기술* 32(2): 58 (2000).
11. 강진하, 박성중, 대나무를 이용한 각종 화학펄프 제조에 관한 연구. *펄프 · 종이기술* 32(3): 65 (2000).