

벼짚화학펄프의 표백에 관한 연구(제1보)

- 1단 표백 -

강진하[†]·박성중

Studies on the Bleaching of Rice-Straw Chemical Pulp (I)

- Single Stage Bleaching -

Chin-Ha Kang[†] and Sung-Jong Park

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 pulps (alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp) were bleached with the various kinds of bleaching agents. And, physical properties of bleached pulps were tested. The results of this study were as follows;

1. The proper conditions of chlorine sequence were determined to be 4% concentration of chlorine, 25°C of reaction temperature and 50 minutes of reaction time.
2. For calcium hypochlorite sequence, the proper conditions of chemical concentration, reaction temperature and reaction time were 3%, 25°C and 20 minutes respectively.
3. For chlorine dioxide sequence, the proper conditions were 1% concentration of chlorine dioxide, 70°C of reaction temperature and 2 hr. of reaction time.
4. The proper conditions of hydrogen peroxide sequence were 1.5% concentration of hydrogen peroxide, 70°C of reaction temperature and 1 hr. of reaction time respectively.
5. When the rice-straw chemical pulp were bleached with four kinds of bleaching agents mentioned above in the proper conditions respectively, brightnesses were the order of chlorine dioxide, calcium hypochlorite, chlorine, hydrogen peroxide. And, strengthes of pulps bleached with chlorine dioxide and hydrogen peroxide were higher than those of pulps bleached with other bleaching agents.

• 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

1. 서론

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 방법들이 제시되어 왔다.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 아시아지역에서 생산되나, 그 양은 상당히 많은 편이다. 이에 따라 벚짚을 이용하여 화학펄프를 제조하는 연구가 수행되어 왔다.⁹⁾ 그러나 제조된 벚짚화학펄프는 백색도가 낮아 이들을 필기용지 또는 인쇄용지로 이용하기 위해서는 표백을 하여야 하는데, 벚짚화학펄프는 표백특성이 목재화학펄프와는 다를 수도 있을 것이다.

이에따라 본 연구는 벚짚화학펄프를 염소,¹⁰⁾ 차아염소산염,¹¹⁾ 이산화염소¹²⁾ 및 과산화수소¹³⁾를 이용하여 최소한의 표백방법인 1단표백시 적정표백조건을 구명하고 표백약품간 표백효과를 비교코저 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

기 발표한 논문¹⁴⁾에서 제조된 펄프들 중 상대적으로 고수율 및 저카파가인 벚짚화학펄프(AS- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp)를 선택하여 공시재료로 사용하였는데, 이 펄프의 제조조건은 다음과 같다.

- 알칼리 농도 : 15% (Na_2O 기준)
- 약품혼합비율(Na_2SO_3 : NaOH) = 40 : 60
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 첨가량 : 3%
- 증해온도 : 150℃
- 증해시간 : 90분
- 액비(rice straw/liquor) : 1/10

2.2 실험방법

2.2.1 펄프표백

(가) 염소표백(C)

약품첨가량(1, 2, 3, 4, 5, 6%), 반응온도(20, 25, 30, 35℃) 및 반응시간(20, 30, 40, 50, 60분)을 변화시켜 표백 후 표백펄프 수율, kappa no. 및 백색도를 측정하여 적정 처리조건을 구명하였다.

(나) 차아염소산염 표백(H)

차아염소산칼슘을 사용하였으며 약품첨가량(1, 2, 3, 4, 5%), 반응온도(20, 25, 30, 35℃) 및 반응시간(10, 20, 30, 40, 50, 60분)을 변화시켜 표백 후 표백펄프 수율, kappa no. 및 백색도를 측정하여 적정 처리조건을 구명하였다.

(다) 이산화염소 표백(D)

약품첨가량(0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%), 반응온도(40, 50, 60, 70, 80℃) 및 반응시간(0.5, 1, 2, 3시간)을 변화시켜 표백 후 표백펄프 수율, kappa no. 및 백색도를 측정하여 적정 처리조건을 구명하였다.

(라) 과산화수소 표백(P)

약품첨가량(0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%), 반응온도(50, 60, 70, 80, 90℃) 및 반응시간(0.5, 1, 1.5, 2, 2.5시간)을 변화시켜 표백 후 표백펄프 수율, kappa no. 및 백색도를 측정하여 적정 처리조건을 구명하였다.

2.2.2 표백펄프의 물리적 성질 조사

각종 표백약품으로 적정 조건에서 표백된 벚짚화학펄프들을 PFI mill을 이용하여 250 mL CSF로 고해한 후, 수초지기를 사용하여 평량 60 g/m²으로 초지하였다. 초지한 종이는 항온항습실(온도 20±2℃, RH : 65±2%)에서 24시간 이상 조습하였으며, 조습된 종이는 TAPPI Test Methods에 의거 열단장, 비파열도, 비인열도 및 내절도를 측정하였다. 백색도는 백색도 측정기를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프표백

각종 표백약품으로 벚짚화학펄프를 표백시 적정 조건을 구명코저 실험한 결과는 다음과 같다.

3.1.1 염소표백

벚짚화학펄프를 염소표백시 적정 조건을 구명코저 실험한 결과는 다음과 같다.

(가) 적정 약품첨가량 구명

표백시 온도는 25℃, 시간을 1시간, 펄프농도는 3%로 고정하고 약품투여량을 1, 2, 3, 4, 5, 6%로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 1과 같다.

수율은 표백약품 첨가량에 따라 96.0~97.3% 범위를 나타내었으며, kappa no.는 약품첨가량

을 증가시킴에 따라 감소되었는데 3% 이후에는 감소량이 둔화되었다. 백색도는 약품첨가량이 증가됨에 따라 상승되었는데 4% 이후에는 둔화되었다. 표백 후에 표백약품용액의 pH는 모두 상승되었으며, 표백약품은 5%까지 100%, 그 이상에서는 96.2% 정도 소비되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 4%이었다.

(나) 적정 온도 구명

표백시 약품첨가량은 4%, 시간은 1시간, 펄프농도는 3%로 고정하고, 반응온도를 20, 25, 30, 35℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 2와 같다.

수율 및 kappa no.는 온도간의 차이가 거의없이 96% 및 2 정도를 나타내었으며, 백색도는 25℃에서 54.2로서 가장 높았다. 표백 후에 표백약품의 pH는 모두 상승되었으며, 표백약품 소비율은 모두 100%이었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 25℃이었다.

Table 1. Chlorine bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various chlorine dosages

Cl ₂ (%)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chlorine (%)
				Initial	Final	
1	97.3	4.8	43.4	2.0	2.7	100
2	96.0	3.2	48.6	2.0	2.5	100
3	96.5	1.6	53.7	2.0	2.5	100
4	96.0	1.2	58.4	2.0	2.3	100
5	96.8	1.2	58.9	2.0	2.2	100
6	96.3	1.1	60.1	2.0	2.3	96.2

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 9.2 and 40.4, Reaction temperature and time : 25℃ and 1 hr., Consistency of pulp : 3%

Table 2. Chlorine bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction temperatures

Reaction temperature (℃)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chlorine (%)
				Initial	Final	
20	96.2	2.2	51.2	2.0	2.3	100
25	96.0	1.7	54.2	2.0	2.4	100
30	95.6	1.9	53.0	2.0	2.4	100
35	95.6	2.1	51.4	1.9	2.2	100

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 10.0 and 37.4, Chlorine dosage and reaction time : 4% and 1 hr., Consistency of pulp : 3%

(다) 적정 시간 구명

표백시 약품첨가량은 4%, 온도는 25℃, 펄프 농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 3과 같다.

수율은 반응시간에 따라 95.9~96.8% 범위를 나타내었으며, kappa no.는 반응시간간에 차이가 없이 1.6까지 감소되었다. 백색도는 50분에서 증가폭이 둔화되기 시작하였다. 표백 후의 표백약품 용액의 pH는 시간에 관계없이 2.3 내외로 증가되었으며, 약품소비율은 모두 100%이었다. 이상의 결과를 검토하여 볼 때 적정 시간은 50분이었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 염소표백의 적정 처리조건은 약품첨가량 4%, 처리온도 25℃, 처리시간 50분이었다.

3.1.2 차아염소산염 표백

벚짚화학펄프를 차아염소산염 표백시 적정조건을 구명코저, 차아염소산칼슘을 사용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

(가) 적정 약품첨가량 구명

표백시 온도는 25℃, 시간은 30분, 펄프농도는 3%로 고정하고, 약품투여량을 1, 2, 3, 4, 5%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 4와 같다.

수율은 표백약품 첨가량에 따라 97.3~98.7% 범위로서 거의 차이가 없었으며, kappa no.는 약품첨가량을 증가시키에 따라 감소되었는데 감소폭은 그리 크지 않았다. 백색도는 3% 첨가시 54.2까지 증가된 후, 첨가량을 증가시키에 따른 효과는 미미하였다. 표백 후의 표백약품 용액의 pH는 8.7 내외였고, 약품소비율은 첨가량을 증가시키에 따라 30.6%까지 감소되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 3%이었다.

Table 3. Chlorine bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chlorine (%)
				Initial	Final	
20	96.8	1.9	42.6	2.0	2.3	100
30	96.6	1.7	44.6	2.0	2.4	100
40	96.3	1.7	47.7	1.9	2.3	100
50	95.9	1.6	50.2	1.9	2.3	100
60	96.3	1.6	50.3	2.0	2.2	100

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 10.0 and 34.3, Chlorine dosage and reaction temperature : 4% and 25℃, Consistency of pulp : 3%

Table 4. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp in the various chemical dosages

Ca(OCl) ₂ (%)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
1	97.6	6.1	48.0	9.7	8.4	65.3
2	98.7	5.9	52.2	10.5	8.6	60.2
3	98.6	5.5	54.2	10.3	8.7	42.2
4	98.7	5.0	55.2	10.3	8.7	35.0
5	97.3	4.5	55.9	10.4	8.8	30.6

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 10.0 and 35.0, Reaction temperature and time : 25℃ and 30 min., Consistency of pulp : 3%

(나) 적정 온도 구명

표백시 약품첨가량은 3%, 시간은 30분, 펄프 농도는 3%로 고정하고, 반응온도를 20, 25, 30, 35℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 5 와 같다.

수율은 95.4~96.0% 내외로 감소하였고, kappa no.는 25℃일 때 4.5까지 감소하였는데 온도를 상승시켜도 더 이상의 감소는 없었다. 백색도는 온도 증가에 따른 변화가 거의 없었는데 25℃일 때 53.7로서 가장 높았다. 표백 후의 표백약품의 pH는 1.5 정도 감소되어 8.8 내외를 나타내었으며, 약품소비율은 온도가 증가됨에 따라 36.4~48.0%까지 증가되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 25℃이었다.

(다) 적정 시간 구명

표백시 약품첨가량은 3%, 온도는 25℃, 펄프 농도는 3%로 고정하고, 반응시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화시켜 가면서 실험한 결과

는 Table 6과 같다.

수율은 96.0~96.7% 범위를 나타냈고, kappa no.는 20분 반응시 4.4까지 감소한 후, 시간을 연장하여도 그 효과는 미미하였다. 한편 백색도는 20분일 때 50.5까지 증가하였고, 그 이후에는 오히려 감소하였다. 표백 후 표백약품 용액의 pH는 1.7 정도 감소되었고, 약품소비율은 시간이 연장됨에 따라 15.8%에서 38.8%까지 상승되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 20분이었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 차아염소산칼슘 표백시 적정 처리조건은 약품첨가량 3%, 처리온도 25℃, 처리시간 20분이었다.

3.1.3 이산화염소 표백

벚꽃화학펄프를 이산화염소 표백시 적정조건을 구명코저, 이산화염소를 사용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

Table 5. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
20	96.0	4.9	53.2	10.4	8.9	36.4
25	95.9	4.5	53.7	10.4	8.9	42.2
30	96.0	4.5	53.3	10.4	8.8	45.1
35	95.4	4.5	52.9	10.4	8.7	48.0

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 9.5 and 35.0, Chemical dosage and reaction time : 3% and 30 min., Consistency of pulp : 3%

Table 6. Calcium hypochlorite bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction times

Reaction time (min.)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
10	96.7	5.0	49.4	10.5	8.7	15.8
20	96.3	4.4	50.5	10.5	8.5	23.5
30	96.4	4.1	48.3	10.5	8.7	23.5
40	96.4	4.1	48.0	10.5	8.7	31.1
50	96.7	4.0	48.5	10.5	8.8	35.0
60	96.0	3.8	47.1	10.5	8.8	38.8

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 8.8 and 36.3, Chemical dosage and reaction temperature : 3% and 25℃, Consistency of pulp : 3%

(가) 적정 약품첨가량 구명

표백시 온도는 40℃, 시간은 2시간, 펄프농도는 10%로 고정하고, 약품투여량을 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 7과 같다.

수율은 95.7~99.7% 범위이었고, kappa no.는 약품첨가량 증가에 따라 점차 감소하여 1.5% 첨가시 2.8, 2% 첨가시 2.3까지 감소하였다. 그러나 백색도는 1.0%에서 가장 높았고 약품첨가량이 증가됨에 따라 오히려 감소되었다. 이러한 결과는 목재펄프 표백시와는 상이한 현상이었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 증가하여, 4.6~7.9 범위를 나타냈고, 약품소비율은 70.3~94.5% 범위이었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 1.0%이었다.

(나) 적정 온도 구명

표백시 약품첨가량은 1%, 시간은 2시간, 펄프농도는 10%로 고정하고, 반응온도를 40, 50, 60, 70, 80℃로 변화시켜가면서 실험한 결과는 Table 8과 같다.

수율은 97% 내외로 감소하였고, kappa no.는 4.0~4.3 정도로 감소하여 온도에 따른 감소폭은 그다지 크지 않았다. 백색도는 반응온도가 증가함에 따라 증가되었는데, 70℃ 이후에는 감소하였다. 표백 후 표백약품의 pH는 4 정도 증가하여 6.5 내외를 나타냈고, 약품소비율은 70.3~97.6%범위를 나타내었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 70℃ 이었다.

(다) 적정 시간 구명

표백시 약품첨가량은 1%, 온도는 70℃, 펄프농도는 10%로 고정하고, 반응시간을 0.5, 1, 2, 3시간으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 9와 같다.

Table 7. Chlorine dioxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp in the various chlorine dosages

ClO ₂ (%)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
0.1	99.7	8.1	47.7	2.1	7.8	75.7
0.3	98.1	8.0	48.0	2.5	7.9	75.7
0.5	98.1	7.2	50.3	2.5	7.3	70.8
1.0	97.4	5.1	60.0	2.3	6.7	70.3
1.5	96.8	2.8	44.2	1.9	5.6	91.9
2.0	95.7	2.3	43.4	1.9	4.6	94.5

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 8.8 and 47.6. Reaction temperature and time : 40℃ and 2 hr., Consistency of pulp : 10%

Table 8. Chlorine dioxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp in the various reaction temperatures

Reaction temperature (℃)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
40	97.4	4.3	52.5	2.1	6.9	70.3
50	97.5	4.3	52.7	2.1	6.9	80.6
60	96.7	4.2	53.7	2.1	6.1	97.6
70	97.7	4.0	54.8	2.1	6.8	85.4
80	95.7	4.0	52.5	2.1	6.2	97.6

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 9.8 and 37.5. Chemical dosage and reaction time : 1% and 2 hr., Consistency of pulp : 10%

수율은 96.1~98.4% 범위로 큰 차이는 없었고, kappa no.는 2시간 반응시 3.9까지 감소하였다. 백색도는 2시간에서 최대치를 나타내었고, 표백 후 표백약품 용액의 pH는 4 정도 상승되었다. 약품소비율은 점차 증가하다가 2시간 이후에는 감소되었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 시간은 2시간이었다.

상기에서 구명된 결과들을 종합하여 볼 때 이산화염소 표백시 적정 조건은 약품첨가량 1%, 반응 온도 70℃, 반응시간 2시간이라고 볼 수 있다.

3.1.4 과산화수소 표백

벚꽃화학펄프를 과산화수소 표백시 적정 조건을 구명코저, 과산화수소를 사용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

(가) 적정 약품첨가량 구명

표백시 온도는 70℃, 시간은 2시간, 펄프농도는

10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%로 고정하고, 과산화수소 투여량을 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 10과 같다.

수율과 kappa no.는 약품첨가량을 증가시키에 따라 점차 감소하는 경향을 보였고, 각각 96.4~99.2%와 4.3~5.9 범위를 나타냈다. 백색도는 약품첨가량이 증가함에 따라 상승되었는데 1.5% 이후에는 둔화되었다. 표백 후 표백약품 용액의 pH는 10.9~11.1의 범위였고, 약품소비율은 50.0~95.9%이었다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 첨가량은 1.5%이었다.

(나) 적정 온도 구명

표백시 약품첨가량은 1.5%, 시간은 2시간, 펄프농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%로 고정하고, 반응온도를 50, 60, 70, 80, 90℃로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 11과 같다.

Table 9. Chlorine dioxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction times

Reaction time (hr.)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
0.5	97.6	4.5	48.7	2.3	6.7	67.6
1	96.1	4.0	52.0	2.3	6.6	69.2
2	98.2	3.9	56.4	2.3	6.5	80.6
3	98.4	3.9	54.7	2.3	6.5	74.1

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 9.8 and 37.5, Chemical dosage and reaction temperature : 1% and 70℃, Consistency of pulp : 10%

Table 10. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various chemical dosages

H ₂ O ₂ (%)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
0.25	99.2	5.9	44.2	11.3	10.9	50.0
0.5	98.2	5.0	48.1	11.3	10.9	83.6
1.0	97.5	5.0	52.4	11.3	11.0	91.9
1.5	96.6	4.8	54.3	11.2	11.1	94.6
2.0	96.4	4.3	54.8	11.1	11.1	95.9

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 7.0 and 38.2, Reaction temperature and time : 70℃ and 2 hr., Additives : NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%, Consistency of pulp : 10%

수율과 kappa no.는 온도의 상승에 따라 약간씩 감소하는 경향을 보였고, 백색도는 온도의 상승에 따라 점차 증가하는 경향이었으나 70℃에서 증가폭이 둔화되기 시작하였다. 표백 후 표백약품 용액의 pH는 온도차이에 관계없이 약간 감소하였고, 약품소비율은 50℃에서 85.6%, 그 이상에서는 94.6% 정도 소비하였다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 온도는 70℃ 정도라고 볼 수 있다.

(다) 적정 시간 구명

표백시 약품첨가량은 1.5%, 온도는 70℃, 펄프 농도는 10%, 첨가제는 NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%로 고정하고, 반응시간을 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5시간으로 변화시켜 가면서 실험한 결과는 Table 12와 같다.

시간 연장에 따라 수율과 kappa no.는 감소하는 경향으로 각각 96.3~97.7, 5.1~5.7 범위가

있고, 백색도는 1.0시간에서 증가폭이 둔화되었다. 표백 후 표백약품용액의 pH는 약간 감소되었으며, 약품소비율은 94.6%로 모두 같았다. 이상의 결과들을 검토하여 볼 때 적정 처리시간은 1.0시간이었다. 상기에서 구명된 결과들을 종합하여 볼 때 과산화수소 표백시 적정 조건은 약품첨가량 1.5%, 반응온도 70℃, 반응시간 1.0시간이라고 볼 수 있다.

3.2 표백펄프의 물리적 성질

각종 표백약품으로 적정 조건에서 표백된 벗짚 화학펄프들의 물리적 성질을 측정한 결과는 Table 13과 같다.

밀도는 0.41~0.43 g/cm³ 범위로서 차아염소산칼슘 표백시가 낮았으며, 백색도는 이산화염소

Table 11. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction temperatures

Reaction temperature (°C)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
50	99.9	5.2	50.4	11.2	10.9	85.6
60	98.7	5.0	51.2	11.2	10.9	94.6
70	98.3	4.4	53.3	11.2	10.8	94.6
80	98.6	4.2	53.6	11.2	10.7	94.6
90	97.7	4.4	54.6	11.2	10.8	94.6

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 6.5 and 38.1, Chemical dosage and reaction time : 1.5% and 2 hr., Additives : NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%, Consistency of pulp : 10%

Table 12. Hydrogen peroxide bleaching of rice-straw alkaline sulfite-Na₂S₂O₄ pulp in the various reaction times

Reaction time (hr.)	Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	pH of solution		Consumption rate of chemical (%)
				Initial	Final	
0.5	97.6	5.7	47.9	11.1	10.8	94.6
1.0	97.7	5.4	52.2	11.1	10.8	94.6
1.5	97.2	5.5	52.2	11.1	10.9	94.6
2.0	97.5	5.1	53.8	11.1	10.9	94.6
2.5	96.3	5.1	53.6	11.1	10.9	94.6

* Kappa no. and brightness of unbleached pulp : 6.2 and 40.0, Chemical dosage and reaction temperature : 1.5% and 70℃, Additives : NaOH 1.0% + Na₂SiO₃ 5% + MgSO₄ 0.5%, Consistency of pulp : 10%

Table 13. Physical properties of rice-straw alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulps bleached with the various kinds of bleaching agents

Bleaching agents	Density (g/cm ³)	Brightness	Breaking length (km)	Burst index (KPa · m ² /g)	Tear index (mN · m ² /g)	Folding endurance (times)
Cl ₂	0.43	53.4	6.35	3.70	26.58	168
Ca(OCl) ₂	0.41	57.3	6.12	3.53	28.01	163
ClO ₂	0.43	61.1	6.99	3.86	27.42	260
H ₂ O ₂	0.43	53.0	6.49	3.71	27.38	292

* Brightness of unbleached pulp : 39.4, Freeness of beaten pulp : 250 mL CSF

차아염소산칼슘, 염소, 과산화수소 순으로 높았는데, 염소와 과산화수소의 경우는 거의 같았다. 각 표백펄프의 열단장은 이산화염소 표백시 6.99 km로 가장 높았고, 차아염소산칼슘 표백의 경우는 6.12 km로서 가장 낮았다. 파열지수는 표백제 종류간에 큰 차이 없이 이산화염소 표백시 3.86 kPa · m²/g로 가장 높았고, 차아염소산칼슘 표백의 경우 3.53 kPa · m²/g로 가장 낮은 값을 나타내었다. 인열지수 또한 큰 차이 없이 26.58~28.01 mN · m²/g의 범위에었는데, 차아염소산칼슘 표백의 경우 가장 우수한 결과를 나타내었다. 내절도는 과산화수소와 이산화염소 표백시가 염소와 차아염소산칼슘 표백시보다 높은 경향이였다. 이상의 결과들을 살펴볼 때 대부분의 강도들은 이산화염소와 과산화수소 표백시가 높았다.

4. 결론

본 연구는 벚짚화학펄프(alkaline sulfite- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ pulp)를 각종 표백약품으로 표백시 적정 표백조건을 구명한 후, 표백펄프들의 물리적 성질을 측정하여 벚짚화학펄프의 이용분야에 필요한 기초자료를 얻고져 수행한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 염소표백시 적정 조건은 약품첨가량 4%, 반응온도 25℃, 반응시간 50분이였다.
2. 차아염소산칼슘 표백시 적정 조건은 약품첨가량 3%, 반응온도 25℃, 반응시간 20분이였다.
3. 이산화염소 표백시 적정 조건은 약품첨가량 1%, 반응온도 70℃, 반응시간 2시간이였다.
4. 과산화수소 표백시 적정 조건은 약품첨가량 1.5%, 반응온도 70℃, 반응시간 1시간이였다.

5. 상기 4종의 표백약품을 사용하여 적정 조건에서 표백시 백색도는 이산화염소, 차아염소산칼슘, 염소, 과산화수소 순이였으며, 각종 강도들은 이산화염소와 과산화수소 표백시가 높았다.

인 용 문 헌

1. Kobayashi, Y., Tappi J. 69(6):1 (1986).
2. 임기표, 펄프 · 종이기술 15(2):31 (1983).
3. Aravamuthan, R., and I. Yayin, Tappi J. 76(1):145 (1992).
4. Fujii, Y., J.-I. Azuma, R. H. Marchessault, F. G. Morin, S. Aibara, and K. Okamura, Holzforschung 47(2):109 (1993).
5. Giovanni, G.-S., A. D. Annibale, G. Perani, A. Porri, F. Pastina, V. Minelli, N. Vitale, and A. Gelsomino, Tappi J. 77(6):151 (1994).
6. Granfeldt, T., O. Danielson, S. Norden, and K. Gunner Ryrberg, Tappi J. 71(11):54 (1988).
7. Perdue, Jr. R. E., and H. J. Niechlag, Tappi J. 44(11):776 (1961).
8. Sharma, Y. K., R. Dhawan, and B. G. Karira, Indian Forester 110(4):401 (1984).
9. 강진하, 박성철, 박성중, 펄프 · 종이기술 29(3):34 (1997).
10. Hise, R. G., R. C. Streisel and A. M. Bills, Tappi J. 115(2):57 (1992).
11. Smook, G. A., Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Second Edition:177 (1992).

12. Smook, G. A., Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Second Edition:179 (1992).
13. Walsh, P. B., Tappi J. 74(1):81 (1991).
14. 강진하, 박성종, 펄프 · 종이기술 32(2):58 (2000).