

대나무와 볏짚을 이용한 화학펄프 제조 및 표백에 관한 연구

강진아 / 전북대학교 임산공학과 부교수

4. 펄프 제조

4.1. 대나무

4.1-1. 크라프트 펄프화

대나무를 이용하여 크라프트펄프를 제조한 결과는 [표 4]와 같다.

활성알칼리 농도를 18%로 하고 증해온도는 165°C, 170°C, 175°C로, 증해시간은 60분, 90분, 120분으로 변화시킨 결과, 총수율은 46.6%에서 43.5%로 3%정도 감소되었다.

펄핑온도를 5°C상승시키면 총수율은 1%정도 감소 되었으며 증해시간 연장에 의한 영향은 적은 편이었다. 한편 리젝트는 7.2~2.5% 범위었는데 온도 상승 보다는 시간연장이 크게 영향을 미쳤다.

카파가는 29.6~19.0 범위로서 증해온도와 시간이 증가함에 따라 감소하였는데, 증해온도가 상승함에 따라 시간연장 효과가 적어졌으며 90분과 120분간에서의 차이는 60분과 90분간의 차이 보다 상당히 적은 편이었다. 백색도는 증해온도와 시간에 따라 21.3~23.3 범위로서 비슷한 경향이다.

활성알칼리 농도를 20%로 하고 증해온도는

165°C, 170°C, 175°C로, 증해시간은 60분, 90분, 120분으로 변화시킨 결과, 총수율은 45.8%에서 41.6%까지 4%정도 감소되었다. 총수율은 온도를 5°C씩, 시간을 30분씩 증가시킴에 따라 약 1%정도씩 감소되었으며, 리젝트는 5.0~0.8% 범위로서 온도와 시간을 증가시킴에 따라 감소하였다. 카파가는 22.6~15.2 범위로서 증해온도와 시간이 증가함에 따라 감소하였는데 활성알칼리 농도 18%의 경우보다 감소율이 둔화되었다. 백색도는 증해온도와 시간에 따라 23.7~25.9 범위로서 비슷한 경향이었으며, 활성알칼리 농도를 2% 증가시킴에 따라 2정도 상승되었다.

활성알칼리 농도를 22%로 하고 증해온도를 165°C, 170°C, 175°C로, 증해시간을 60분, 90분, 120분으로 변화시킨 결과, 총수율은 45.4%에서 41.2%까지 4%정도 감소되었다. 총수율은 활성알칼리 농도 18%, 20%의 경우보다 증해시간 연장에 따른 수율 감소 효과가 비교적 초기에 종결되었으며, 리젝트는 4.2~0.3% 범위로서 온도와 시간을 증가시킴에 따라 감소 하였는데 170°C의 경우에는 시간 연장효과가 미비하였다.

카파가는 22.7~12.0 범위로서 증해온도와 시

[표 4] Yield, Kappa no. and brightness of bamboo kraft pulps in various conditions

Active Alkali (%)	Cooking temperature (°C)	Cooking time (min.)	Yield (%)			Kappa No.	Brightness
			Screened	Reject	Total		
18	165	60	39.5	7.1	46.6	29.6	21.4
		90	42.2	4.0	46.2	21.9	23.3
		120	42.0	3.3	45.3	22.0	22.3
	170	60	38.5	7.2	45.7	24.3	23.2
		90	40.8	4.4	45.2	21.9	22.6
		120	42.2	3.0	45.2	21.9	21.3
	175	60	38.1	6.4	44.5	21.3	21.3
		90	40.0	3.5	43.5	20.0	22.4
		120	41.8	2.5	44.3	19.0	22.4
20	165	60	40.8	5.0	45.8	22.4	24.6
		90	42.5	2.8	45.3	22.6	24.9
		120	42.4	2.3	44.7	22.1	25.9
	170	60	41.3	3.5	44.8	21.2	25.1
		90	42.3	2.6	44.9	20.0	23.7
		120	42.4	0.8	43.2	18.3	25.2
	175	60	41.2	2.8	44.0	18.7	24.3
		90	41.2	1.7	42.9	17.0	24.7
		120	40.2	1.4	41.6	15.2	24.6
22	165	60	41.3	4.1	45.4	22.7	25.8
		90	42.2	2.2	44.4	17.9	27.6
		120	43.3	1.2	44.5	15.2	27.5
	170	60	40.1	4.2	44.3	19.2	25.4
		90	41.4	1.5	42.9	15.9	27.5
		120	41.4	0.3	41.7	12.5	28.1
	175	60	41.8	1.4	43.2	15.6	27.6
		90	39.8	1.4	41.2	13.7	26.9
		120	40.8	0.4	41.2	12.0	27.3

*Sulfidity: 25%, Bamboo/liquor ratio = 1/5

간이 증가함에 따라 감소하였는데, 증해온도가 상승함에 따라 시간연장 효과가 적어졌다. 백색도는 증해온도와 시간에 따라 25.4~28.1 범위로서 증해조건 간에 큰차이가 없었다.

4-1-2 알칼리성 아황산펄프화

본 실험에서는 안트라퀴논 첨가 알칼리성 아황산 펄프화법을 사용하였는데 증해액 조성비율, 안트라퀴논 첨가량 및 증해 조건에 따른 수율, 카파가 및 백색도는 다음과 같다.

1) 증해액 조성

증해액을 가성소다와 아황산나트륨을 다양한 비율로 조제하여 펄프를 제조한 결과는 [표 5]와 같다.

활성알칼리 농도 22%, 안트라퀴논 첨가량 0.1%, 증해온도 170°C, 증해시간 90분으로 고정하고, 가성소다와 아황산나트륨의 조성비율을 변화시켜 펄프를 제조하였다.

가성소다의 비율을 40%, 60%, 80%, 90%로 증가시키에 따라 총수율은 47.4%에서 44.3%까지 3%정도 밖에 감소되지 않았으나 리젝트는 20.6%에서 0.9%까지 크게 감소되었다.

카파가는 45.5에서 23.4까지 감소하였으며 백색도는 22.3에서 28.1까지 증가되었다. 이와같은 결과를 고려하여 볼 때 표백펄프용 아황산펄프 제조시 가성소다와 아황산나트륨의 적정 조성비

율은 90:10이라고 할 수 있다.

2) 안트라퀴논 첨가

안트라퀴논의 적정 첨가량을 구명하기 위하여 첨가량을 변화시켜 펄프를 제조한 결과는 [표 6]과 같다.

안트라퀴논을 첨가함에 따라 무첨가시와 비교할때 총수율은 비슷하고 리젝트는 약간 증가하는 경향이였다. 그러나 카파가는 무첨가시 30.4이었으나 안트라퀴논을 첨가함에 따라 크게



[표 5] Yield, Kappa No. and brightness of bamboo sulfite pulps in various mixing ratios.

NaOH (%)	Na ₂ SO ₃ (%)	Yield (%)			Kappa No.	Brightness
		Screended	Reject	Total		
40	60	26.8	20.6	47.4	45.5	22.3
60	40	39.4	6.7	46.1	29.6	24.6
80	20	43.6	1.5	45.1	30.0	28.1
90	10	43.4	0.9	44.3	23.4	28.1

*Active Alkali: 22%, Cooking temperature: 170°C
Cooking Time: 90min. Anthraquinone dosage: 0.1%(on bamboo)
Bamboo/liquor ratio = 1/5

감소하여 0.4% 첨가시에는 20.5를 나타내었다.

백색도는 첨가시 약간 증가하였는데 첨가량 간에 큰차이를 나타내지는 않았다. 이상과 같은 결과를 고려하여 불때 적정 첨가량은 0.3%로 생각되었다.

그러나 Virkola 등은 침엽수 중성 아황산중해의 경우에서 안트라퀴논의 적정 첨가량은 0.2%로 보고한 것과는 약간의 차이가 있어 대나무 아황산펄프 제조시 안트라퀴논이 비교적 다량 필요함을 알수 있었다.

3) 증해온도 및 시간

4-1-2-1.과 3-1-2-2.에서 구명한 적정 증해액조성 비율과 안트라퀴논 적정 첨가량에서 증해온도와 시간을 변화시켜 펄프를 제조한 결과는 [표 7]과 같다.

활성알칼리 농도는 22%, 가성소다와 아황산나트륨의 조성비율과 안트라퀴논첨가량은 적정조건인 90:10과 0.3%로 고정하고 증해온도와 시간을 변화시켜 펄프를 제조한 결과는 다음과 같다.

165°C에서 증해시 증해시간이 60분에서 150분으로 연장됨에

따라 총수율은 44.5%에서 41.6%까지 3%정도 감소하였으며 리젝트는 4.0%에서 0.3%까지 감소되었다. 카파가는 60분간 증해시 30.5이었으나 90분 증해시에는 24.9로 크게 감소되었고 그 이후에는 감소율이 저하되었다

백색도는 증해시간이 연장됨에 따라 26.5에서 30.0까지 증가 되었다. 이와같은 결과는 안트라퀴논을 첨가하지 않은 동일한 조건의 크라프트 펄프와 비교시 수율은 1%정도 낮고 카파가는 7정도 높았으며, 백색도는 비슷한 수준이었다.

170°C에서 증해시 증해시간이 60분에서 150분으로 연장됨에 따라 총수율은 44.3%에서 39.8%까지 4%정도 감소하여 165°C의 경우보다 1%정도 감소율이 컸으며, 리젝트는 3.6%에서 0.1%까지 감소되었다.

카파가는 60분간 증해시 30.4이었으나 90분 증해시에는 21.5로 크게 감소되었고, 그 이후에는 감소율이 저하되었다. 백색도는 증해시간이 연장됨에 따라 25.1에서 30.6까지 증가되어 165°C의 경우 보다 약간 높은 경향이였다.

이와같은 결과는 안트라퀴논을 첨가하지 않

[표 6] Yield, Kappa No. and brightness of bamboo sulfite pulps in various addition quantities of anthraquinone

Anthraquinone (%)	Yield (%)			Kappa No.	Brightness
	Screended	Reject	Total		
0	42.3	0.5	42.8	30.4	21.2
0.1	40.8	1.3	42.1	23.6	24.0
0.2	39.8	1.8	41.6	21.9	23.9
0.3	41.7	1.2	42.9	19.9	24.5
0.4	41.0	1.2	42.2	20.5	25.6

*Active Alkali: 22%, NaOH : Na₂SO₃
Cooking temperature: 170°C, Cooking Time: 90min.
Bamboo/liquor ratio = 1/5

[표 7] Pulp yield, Kappa No. and brightness of alkaline -sulfite-anthraquinone pulps from bamboo in various conditions

Temperature (°C)	Na ₂ SO ₃ time (min)	Yield (%)			Kappa No.	Brightness
		Screended	Reject	Total		
165	60	40.5	4.0	44.5	30.5	26.5
	90	41.5	1.8	43.3	24.9	27.5
	120	42.0	0.8	42.8	23.5	27.6
	150	41.3	0.3	41.6	18.2	30.0
170	60	40.7	3.6	44.3	30.4	25.1
	90	41.9	0.9	42.8	21.5	28.3
	120	40.2	0.4	40.6	19.5	29.1
	150	39.7	0.1	39.8	15.4	30.6
175	60	42.9	1.1	44.0	26.4	25.7
	90	40.9	1.2	42.1	20.1	27.6
	120	40.5	0.5	41.0	17.6	29.8
	150	39.5	0.4	39.9	15.2	31.4
180	60	36.6	1.7	38.3	23.1	27.5
	90	38.6	0.4	39.0	18.3	28.3
	120	36.8	0.4	37.2	15.9	29.4
	150	37.4	0.4	37.8	14.4	30.6

*Active Alkali: 22%, NaOH : Na₂SO₃ = 90 : 10,
 Anthraquinone dosage: 0.3% (on bamboo)
 Bamboo/liquor ratio = 1/5

은 동일한 조건의 크라프트펄프와 비교시 수율과 백색도는 비슷한 경향이었으나 카파가는 5~11정도 높았다.

175°C에서 증해시 증해시간이 60분에서 150분으로 연장됨에 따라 총수율은 44.0%에서 39.9%까지 4%정도 감소하여 170°C의 경우와 같은 수준이었으며, 리젝트는 1.1~0.4%로서 상기 온도의 경우보다 4정도 적었으며, 90분간 증해시에는 20.1로 크게 감소되었고 그 이후에는 상기 온도와 같은 경향으로 감소율이 저하되었다.

백색도는 증해시간이 연장됨에 따라 25.7에서 31.4까지 증가되어 상기 온도의 경우와 큰 차이는 없었다.

이와같은 결과는 안트라퀴논을 첨가하지 않은 동일한 조건의 크라프트펄프와 비교시 수율과 카파가가 각각 1%정도와 5~11정도 높은

경향이었으며, 백색도는 비슷한 수준이었다.

180°C에서 증해시에는 상기 온도들과 비교하여 볼 때 총수율이 상당히 감소하는 경향을 나타내어 37.2~39.0% 범위에 있었다. 리젝트는 1.7~0.4%로서 175°C의 경우보다 3정도 적었으며, 90분간 증해시에는 18.3으로 크게 감소되었고 그 이후에는 상기 온도와 같은 경향으로 감소율이 저하되었다. 백색도는 증해시간이 연장됨에 따라 27.5에서 30.6까지 증가되어 상기 온도의 경우와 큰 차이가 없었다.

이상과 같은 결과들은 수율, 카파가 및 백색도 면에서 크라프트펄프의 경우와 비교하여 볼 때, 아황산펄프가 크라프트펄프 보다 표백이 용이하다고 하나 크라프트펄프화가 대나무 화학펄프 제조에 더 적합하다고 할 수 있다.

4.2. 볏짚

볏짚을 이용하여 소다펄프를 제조할 목적으로 안트라퀴논은 적정 첨가량을 구명한 후 가성소다 첨가량, 증해온도 및 증해시간에 따라 펄프를 제조한 결과는 다음과 같다.

4-2-1. 안트라퀴논 첨가

가성소다 첨가량, 증해온도와 시간을 고정하고, 안트라퀴논 첨가량을 변화시켜 펄프를 제조한 결과는 [표 8]과 같다.

가성소다 농도를 15%, 증해온도를 130°C,



포장강화 3

[표 8] Total yield, Kappa No. and brightness of rice-straw soda pulps in various addition quantities of anthraquinone

Anthraquinone (%)	Yield (%)	Kappa No.	Brightness
0	44.0	17.7	41.9
0.05	44.2	14.6	44.6
0.1	44.6	14.5	43.2
0.2	45.1	13.9	40.3

*Addition quantity of caustic soda: 15% (on rice-straw)
 Cooking temperature: 130°C, Cooking time: 90min.
 Rice-straw/liquor ratio = 1/10
 *1 Percent on rice-straw

증해시간을 90분으로 고정하고, 안트라퀴논을 0.05, 0.1, 0.2% 첨가하여 벗짚 소다펄프를 제조한 결과는 다음과 같다.

총수율은 무첨가시 44.0%이었으나 첨가량에 따라 44.2~45.1% 범위로 약간 증가 되는 경향이였다. 카파가는 무첨가시 17.7이었으나 0.05%첨가시 44.6으로 약간 증가되었으며, 첨가량을 증가시켜도 개선되지 않았다. 이상과 같은 결과 들을 검토하여 불 때 안트라퀴논은 적정첨가량은 0.05%라고 할 수 있다.

4-2-2 가성소다 첨가량

증해온도 및 시간

3-2-1에서 구명한 결과에 따라 안트라퀴논을 적정 첨가량인 0.05%첨가하고, 가성소다 첨가량, 증해온도 및 시간을 변화시켜 펄프를 제조한 결과는 [표 9]와 같다.

가성소다 농도를 15%로, 안트라퀴논 첨가량을 0.05%로 고정하고, 증해온도와 시간을 변화시켜 벗짚 소다펄프를 제조한

결과는 다음과 같다. 증해온도 130°C에서 60분간 증해시 총수율은 44.8%이었으나 시간을 90분, 120분으로 연장함에 따라 1정도 밖에 감소되지 않았으며, 백색도는 43.3이었으나 증해시간을 연장함에 따른 증가는 미미하였다.

140°C에서 증해시에는 증해시간을 연장함에 따라 수율과 카파가가 약간 감소하고 백색도는 약간 증가하는 경향이었는데, 140°C의 경우와 비슷한 수준이었다. 가성소다 농도 15%, 승온시간 1hr, 증해시간 120분, 증해온도 110°C, 안트라퀴논 첨가량 0.05%에서 수율과 카파가가 각각 47.2, 10.4라고 보고하여 본 연구의 결과 보다

[표 9] Total yield, Kappa No. and brightness of rice-straw soda pulps in various cooking conditions

Concentration of caustic soda on rice-straw (%)	Cooking temperature (°C)	Cooking time (min.)	Total yield (%)	Kappa No.	Brightness
15	130	60	44.8	15.6	43.3
		90	44.2	14.6	44.6
		120	42.6	14.4	44.6
	140	60	43.9	13.6	44.9
		90	43.5	13.5	44.4
		120	43.2	12.8	45.2
	150	60	43.9	13.4	45.1
		90	43.4	13.8	44.9
		120	42.4	12.9	45.7
20	130	60	43.8	12.7	44.6
		90	43.1	11.1	47.0
		120	42.4	11.9	48.1
	140	60	42.3	10.2	48.2
		90	42.1	9.7	50.0
		120	42.1	9.1	50.7
	150	60	41.9	7.7	51.1
		90	37.0	7.0	54.0
		120	36.7	7.9	52.7

*Anthraquinone dosage: 0.05% (on rice-straw)
 Rice straw/liquor ratio = 1/10

양호하였다.

가성소다 농도만 20%로 증가시키고, 다른 조건은 15%의 경우와 동일한 조건에서 벗집 소다펄프를 제조한 결과는 다음과 같다.

증해온도 130°C에서 60분, 90분, 120분간 증해시 총수율은 43.8~42.4% 범위로서 15%의 경우 보다 1% 정도 적은 수준이었다. 카파가는 11.1~12.7 정도로서 15%의 경우 보다 3정도 낮아 가성소다 농도는 수율보다 카파가 감소에 크게 영향을 주는 것으로 평가된다. 백색도도 44.6~48.1 범위로서 15%의 경우보다 상당히 개선되었다.

140°C에서 증해시 총수율은 증해시간에 따라 42.3~42.1% 로서 거의 같은 수준이었으며, 130°C 및 동일 온도에서 가성소다 농도 15%의 경우 보다 1%정도 감소되었다. 카파가는 9.1~10.2 범위로서 130°C의 경우보다 2정도, 동일온도에서 가성소다 농도 15%의 경우보다 3~4정도 감소되었다. 백색도는 48.2~50.7 범위로서 가성소다 농도와 증해온도 증가에 따라 상당히 개선되었다.

증해온도 150°C에서 총수율은 60분간 증해시 41.9%이었으나 90분으로 연장함에 따라 37.0%로 크게 감소되었으며 120분간 증해시에는 거의 같은 수준이었다.

한편 카파가는 7~8범위로서 증해시간 연장 효과가 거의 없었으며, 백색도는 51.1~54.0 범위로서 다른 증해조건의 경우 보다 상당히 개선되었다. 이와같은 결과들을 검토하여 볼때 벗집 소다펄프 제조시에 가성소다 농도가 20%이고 증해온도가 150°C이고 증해온도가 150°C인 경우 증해시간을 60분 이상으로 연장하지 않는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

5. 펄프표백

4.1. 대나무 펄프

3-1에서 제조된 펄프 중 수율, 카파가 및 백색도를 고려하여 적정하다고 사료되는 조건에서 제조된 크라프트펄프 1종과 아황산펄프 1종을 다단표백하였는데 그 결과를 다음과 같다.

4-1-1. 명 표백 단계에서 수율, 카파가 및 백색도

대나무 크라프트펄프의 CE₁D₁E₂D₂ 표백시 C단 표백의 펄프농도, 온도, 시간, 염소 첨가량을 각각 3%, 25°C, 1hr., 3.5%로 고정하고 표백한 결과 수율면에서는 약 4%의 감소를 보였으나 카파가는 5정도 백색도는 3정도의 개선효과를 나타냈다. E₁단계에서는 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 50°C, 1hr., 1.5%로 고정시킨 후 추출한 결과 수율과 카파가는 각각 2%, 2정도 감소하였고, 백색도는 3정도 증가되었다. D₁단계는 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 하여 표백한 결과로 수율은 3%정도 감소하였지만 카파가와 백색도는 각각 약 10정도가 감소하고 14정도가 증가하였는데 이것은 장 등의 결과와 같이 이산화염소의 우수한 표백성에 기인한 것으로 사료된다. E₂단 처리시에는 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량 10%, 70°C, 1hr., 1.0%로 하여 추출한 결과 수율이 1% 감소하였고 백색도가 6정도 상승하였으며 카파가는 측정되지 않았다.

<계속>