

대나무와 벗짚을 이용한 화학펄프 제조 및 표백에 관한 연구

강진아 / 전북대학교 임산공학과 부교수

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. 이것은 펄프내의 잔존 리그닌이 거의 분해되었다는 것을 의미한다. D₂단계의 표백에서는 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 0.5%로 하여 반응시킨 결과 수율은 1%정도 감소하였지만 백색도가 크게 상승하여 84.8을 나타내었다.

크라프트펄프의 첨가량의 PD₁ED₂ 표백시 P단 표백은 펄프농도, 온도, 시간, 과산화수소 첨가량을 10%, 80°C, 2hr., 1.5%로 고정하고 가성소다 2%, 규산화나트륨 5%를 첨가한 후 반응시켰는데, 수율은 약 2% 감소하고 백색도는 47에 이르렀으며 카파가는 8정도 감소하였다. 과산화수소 표백후 D₁의 표백 조건으로 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 한 결과 수율은 1.5% 정도 감하였지만 백색도는 13정도 상승하였고 카파가는 측정되지 않아 D₁단계에서 리그닌은 거의 분해되었다고 볼 수 있다. E₂단계에서는 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 70°C,

1hr., 1.0%로 추출조건을 고정한 결과 수율의 감소는 없었으나 백색도가 6정도 낮아지는 현상을 나타냈다.

최종적으로 D₂단계의 표백 조건을 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 0.5%로 한 결과 수율의 감소없이 백색도는 33 정도 상승하여 86.2에 달하였다.

아황산펄프의 CE₁D₁E₂D₂표백에서 C단 표백 조건을 펄프농도, 온도, 시간, 염소 첨가량을 각각 3%, 25°C, 1hr., 3.5%로하여 반응시킨 결과 수율은 3% 정도 감소하였지만 카파가는 8정도 감소하고 백색도는 5정도 증가하였다. 이는 크라프트펄프의 경우와 비교하였을 때 아황산펄프가 수율과 백색도에서 1%와 6정도 더 높은 카파가는 3정도가 낮은 결과이었다. E₁의 추출은 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 50°C, 1hr., 1.5%로 하여 수행한 결과 수율은 약간 감소하지만 백색도는 양호한 표백 상태를 보였다. D₁ 단계 표백시 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 하여 표백한 결과 수율은 2% 정도 감소하였지만 백색도는 31정도 크게 상승하는 것으로 나타났고 카파가는 측정되지 않았다. 크라

프트펄프의 경우와 비교하여 볼 때 표백 수율이 4% 정도 높고 백색도는 아황산펄프가 월등히 높은 수치를 나타내었다. E₂단 수출은 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 70°C, 1hr., 1.0%로 하여 수행한 결과 수율의 감소는 거의 없고 백색도는 3 정도 상승하여 크라프트 펄프와 비교하였을 때 아황산펄프가 표백 수율과 백색도가 상당히 높았다. D₂단 표백조건은 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 0.5%로 한 결과 수율은 3.5% 감소하고 백색도는 12정도 상승하여 크라프트펄프 보다 수율의 감소가 심하고 백색도의 상승은 적었으나, 최종 표백 수율은 높고 백색도는 비슷하였다.

아황산펄프의 PD₁ED₂표백시 과산화수소를 이용한 P단 표백의 조건은 펄프농도, 온도, 시간, 과산화수소 첨가량을 10%, 80°C, 2hr., 1.5%로 하고 가성소다 2%, 규산화나트륨 5%를 첨가한 것이었는데, 수율의 감소는 거의 없었고 백색도는 48에 이르렀으며 카파가는 6정도 감소하였다. 이것은 크라프트펄프와 비교했을 때 수율과 백색도는 아황산펄프가 더 높았으나 카파가는 크라프트가 더 낮았다. D₁ 단계 표백시에 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 고정하여 반응

시킨 결과 수율은 약간 높으나 백색도는 1.5정도 상승에 그쳐 크라프트펄프와 비교시 수율은 약간 높으나 백색도는 상당히 낮았다. E₂단계 추출시에서는 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 70°C, 1hr., 1.0%로 고정하여 반응시킨 결과 수율은 약간 감소하였지만 백색도가 9 이상 상승하여 수율과 백색도면에서 크라프트펄프 보다 좋은 결과를 나타냈다. D₂단계 표백에서 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 0.5%로 한 결과 수율이 크게 감소하고 백색도의 상승이 25정도로 최종 백색도가 83.7에 달하여 크라프트펄프의 경우보다 낮은 수준이었다.

이상의 결과들을 검토하여 볼 때 대나무 크라프트펄프의 표백은 과산화수소를 이용한 PDPE 표백이 유리하고 아황산펄프의 경우에는 CE-DED표백을 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

4-2-1. 각 표백 단계에서 약품소비율과 PH

각 표백 단계에서의 표백약품 소비율과 표백 용액의 pH는 [표 11]과 같다.

대나무 크라프트펄프의 CE₁D₁E₂D₂표백시 C 단계에서의 pH변화는 1.7에 1.9로 약간 높아졌고, 염소는 첨가된 양의 모두가 소비되었다. E₁ 단계에서는 pH가 12.7에서 9.9로 약 3 정도가

[표 11] Consumption of bleaching agent and pH of bleaching liquor in the multistage bleaching of bamboo chemical pulps

Pulp	Bleaching sequences	C		P		E ₁		D ₁		E ₂		D ₂	
		Cons.	pH: pH _i	Cons.	pH: pH _f	Cons.	pH: pH _f	Cons.	pH: pH _f	Cons.	pH: pH _f	Cons.	pH: pH _f
Kraft pulp	CE ₁ D ₁ E ₂ D ₂	100	1.7 1.9	-	-	93.0	12.7 9.9	100	2.5 2.3	47.8	12.9 11.7	95.1	3.0 2.6
	PD ₁ ED ₂	-	-	50.0	12.1 11.0	-	-	100	2.7 2.4	55.0	12.6 12.0	100	3.0 2.6
Sulfite pulp	CE ₁ D ₁ E ₂ D ₂	94.5	1.7 1.8	-	-	78.4	12.7 11.8	100	2.6 2.3	56.8	12.7 11.9	93.9	3.1 2.8
	PD ₁ ED ₂	-	-	50.7	12.4 11.6	-	-	100	2.4 2.1	47.8	12.5 11.5	95.1	3.1 2.9

* Cons. : Consumption (%), pH_i : initial pH, pH_f : final pH



포장강좌 2

낮아졌고 약품소비율은 93.0%였으며 D₁단계에서의 PH는 2.5에서 2.3으로 약간 낮아졌고 첨가량된 이산화염소는 전량이 소비 되었으며, E₂ 단계에서 PH변화는 12.9에서 11.7로 1 정도가 낮아졌고 약품소비율은 47.8%였다. 최종적으로 D₂단계의 PH는 3.0에서 2.6으로 낮아졌고 약품은 거의 소비되었다.

크라프트펄프의 PD₁ED₂표백의 경우 P 단계에서의 PH는 초기 12.1에서 11.0으로 낮아졌고 약품소비율은 50%에 불과했다. D₁표백에서는 pH가 2.7에서 2.4로 약간 낮아졌고 약품은 전량이 소비 되었다. E표백시에는 초기 pH가 12.6이었으나 12.0으로 변화하였고 약품은 55.0%가 소비되었다. 최종단계인 D₂단계의 표백에서는 pH가 3.0에서 2.6으로 낮아졌고 첨가된 약품 모두가 소비되었다.

대나무 아황산펄프의 CE₁D₁E₂D₂표백의 경우 C단계의 PH는 1.7에서 1.8로 비슷한 수준이었고 약품은 94.5%가 소비되었다. E₁단계 표백에서는 PH가 12.7에서 11.8로 낮아졌으며 약품은 78.4%가 소비되었는데 이는 아황산펄프의 우수한 표백성에 기인하는 것으로 사료된다. D₁표백시에는 PH가 2.6에서 2.3으로 낮아졌고 약품은 모두 소비되었다. E₂단계 수출의 경우에는 PH가 12.7에서 11.9로 변화했고 약품소비율은 56.8%로 낮았으며 최종단계인 D₂ 표백에서는 PH가 3.1에서 2.8로 변화하였고 약품은 거의

소비되었다.

아황산펄프의 PD₁ED₂ 표백시 P단의 경우 PH가 12.4에서 11.6로 낮아졌고 약품은 절반 정도인 50.7%가 소비되었으며 D₁ 단계에서는 PH가 2.4에서 2.1로 약간 낮아지며 약품은 전량이 소비되었다. E₂ 단계에서는 PH가 12.5에서 11.5로 약 1 정도 낮아졌고 약품소비율은 95.1%로서 거의 소비되었다.

이상의 결과들을 검토하여 볼 때 P단과 E₂단계에서는 첨가한 약품이 50% 정도 밖에 소비되지 않으므로 첨가량을 감소시키는 것이 경제적이라고 볼 수 있다.

4.2. 벚짚 펄프

3-2에서 제조된 펄프 중 수율, 카파가 및 백색도를 고려하여 적정하다고 사료되는 조건에서 소다펄프 1종을 다단계표백 하였는데 그 결과는 다음과 같다.

4-2-1 각 표백단계에서 수율 및 백색도 각 표백단계에서 특정한 수율 및 백색도는(표 12)와 같다.

벚짚소다펄프를 염소를 이용한 CED 표백과 과산화수소를 이용한 DP 표백을 실시한 결과는 다음과 같다.

벚짚펄프의 CED표백시 C단 표백에서 펄프 농도, 온도, 시간, 염소 첨가량을 각각 3%, 25℃, 1hr., 3.5%로 하여 반응시킨 결과 수율은

[표 12] Bleaching yield and brightness of rice-straw soda pulp in a multistage bleaching

Pulp	Bleaching sequences	C		E		D		P	
		Y.B.	Y.B.	Y.B.	Y.B.	Y.B.	Y.B.	Y.B.	Y.B.
Soda pulp	CED	97.5	58.5	94.2	61.9	91.9	87.6	-	-
	DP	-	-	-	-	97.2	42.1	93.3	69.2

* Y. : bleaching yield, B. : brightness
brightness of unbleached pulp : 50.9

3%정도 감소하였고 백색도는 3 정도 상승하는 효과가 있었다. E 단 추출에서 펄프농도, 온도, 시간, 가성소다 첨가량을 10%, 50℃, 1hr., 1.5%로 처리한 결과는 수율이 3% 정도 감소하였으나,

(표 13) Consumption of bleaching agent and pH of bleaching liquor in the multistage bleaching of rice-straw soda pulp

Pulp	Bleaching sequences	C			E			D			P		
		Cons.	pH1	pHf	Cons.	pH1	pHf	Cons.	pH1	pHf	Cons.	pH1	pHf
Soda pulp	CED	90.6	1.7	1.9	40	12.5	11.4	97.7	2.7	2.4	-	-	-
	DP	-	-	-	-	-	-	94.9	3.8	8.4	100	12.4	12.0

* Cons : consumption(%) pH1 : initial pH, pHF : final pH

백색도는 3 정도 높아졌다. D단 표백에서 펄프 농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 하여 반응시킨 결과 수율은 2% 정도 감소하였지만 백색도는 26정도 상승하여 87.6에 달하였다. 벗짚펄프의 DP표백 시 D단의 표백을 펄프농도, 온도, 시간, 이산화염소 첨가량을 10%, 70°C, 3hr., 1.5%로 하여 반응시킨 결과 수율이 3% 정도 감소하였는데도 불구하고 백색도는 오히려 감소하였고 과산화수소를 사용한 P단 표백은 펄프농도, 온도, 시간, 과산화수소 첨가량을 10%, 80°C, 2hr., 1.5%로 고정하고 가성소다 2%, 규산화나트륨 5%를 첨가하고 표백한 결과 수율이 4% 정도 감소하였지만 최종백색도는 69로 상승하여 중절지로 이용 가능한 수준이었다.

이상의 결과들을 검토해 볼 때 벗짚 소다펄프는 CED 3단 표백으로 우수한 표백펄프 제조가 가능하였으며, 과산화수소를 이용한 2단 표백으로 높은 백색도를 얻는데는 금후 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

4-2-2. 각 표백 단계에서약품소비율과 pH

각 표백 단계에서의 약품소비율과 PH는 [표 13] 과 같다.

벗짚 소다펄프의 CED 표백시 C단계에서 첨가된 염소의 90.6%가 소비되었고 pH는1.7에서 1.9로 약간 높아졌다. E단계에서의 약품소비율

은 40%로 알칼리가 과량으로 첨가되었다고 사료되며 pH는 12.5에서 11.4로 변하였다. DP표백의 경우에는 D단계에서 첨가된 이산화염소의 94.9%가 소비되었고, pH는 3.8에서 8.4로 크게 높아져 다른 다단 표백의 D단과 상이한 결과를 보여 백색도 감소와 관계가 있는 것으로 사료된다. P 단계에서는 첨가된 약품의 전량이 소비되었고 pH는 12.4에서 12.0으로 약간 낮아졌다.

5. 초지 및 물리적 성질 측정

5-1. 대나무 펄프

5-1-1. 초지

4-1의 표백에서 사용한 2종의 미표백펄프(크라프트펄프, 아황산펄프)와 4종의 표백펄프(크라프트 CEDED 및 PDPE표백 펄프, 아황산 CDED 및 PDED표백 펄프)를 400, 240ml CSF로 인제한 후, 수초지기를 이용하여 평량 60g/m²으로 초지하였다.

5-2-1. 물리적 성질 측정

5-1-1. 과 같이 초지한 12종의 종이를 항온 실습에서 조습한 후 물리적 성질을 측정한 결과는 [표 14]와 같다.

크라프트펄프의 인해도가 400ml CSF인 경우 미표백 펄프의 열단장, 비파열도, 비인열도, 내절도는 각각 5.62km, 3.53Pa·m²/g, 162mN·m²/g, 82회로서 이는 전반적으로 높은 수준이었다. 미표백 펄프를 CEDED 표백을 함에 따라서 강도가 감소하였고 PDPE표백을 함에 따



[표 14] Physical properties of unbleached and bleached bamboo chemical pulps

Pulp	Strenght		Breaking length(km)		Burst Index(kPa · m ² /g)		Tear Index(mN · m ² /g)		Folding endurance(time)	
	Freeness (ml CSF)		400	240	400	240	400	240	400	240
	Bleaching sequences									
Kraft pulp	Unbleached		5.62	6.26	3.53	4.20	162	149	82	247
	CE1D1E2D2		5.24	5.81	2.99	4.11	164	161	71	123
	PD1ED2		5.37	5.56	3.23	3.68	155	151	60	115
Sulfite pulp	Unbleached		6.09	6.48	3.43	4.25	171	152	112	289
	CE1D1E2D2		5.71	6.41	3.46	4.29	195	182	109	285
	PD1ED2		5.27	6.17	3.30	4.14	158	142	73	179

라서도 강도가 감소하였다. 한편 CEDED표백을 PDED표백과 비교시 열단장과 비파열도는 낮았으나, 비인열도와 내절도는 높은 결과를 보였다.

인해도가 240ml CSF의 경우에는 미표백 펄프의 열단장, 비파열도, 비인열도, 내절도가 각각 6.26km, 4.20kPa · m²/g, 149mN · m²/g, 247회로서 Guba의 결과보다 인단장은 높고 비인열도는 낮은 수준이었다. 미표백 펄프는 CEDED표백과 PDPE표백을 합에따라 강도가 전반적으로 감소하는 경향이었으나 비인열도만은 약간 증가 하였다. CEDED표백 펄프는 PDED표백 펄프보다 우수한 강도적 성질을 나타내었다.

아황산펄프의 인해도가 400ml CSF의 경우 미표백 펄프의 열단장, 비파열도와 비인열도, 파열도가 각각 6.09km, 3.43kPa · m²/g, 171mN · m²/g, 112회로서 CEDED표백 펄프보다 열단장과 내절도는 우수하였지만 비파열도와 비인열도는 약간 낮았고 PDED표백을 함으로서 강도가 전반적으로 저하되었다. 한편 CEDED표백 펄프는 PDED표백 펄프보다 강도가 높은 경향이였다.

인해도가 240ml CSF의 경우에는 미표백 펄프의 열단장, 비파열도, 비인열도, 파열도가 각각 6.48km 4.25kPa · m²/g, 152mN · m²/g, 289회로서 CEDED표백을 함으로서 강도가 전반적으로 감소하나 비인열도는 증가하는 결과를 보였고 PDED표백시에는 모든 강도가 감소하는 경향이였다. 그리고 CEDED표백 펄프는 PDED표백 펄프보다 우수한 결과를 나타내었다.

상기 결과들을 종합적으로 검토하여 보면, 인해도가 높아짐에 따라 열단장, 비파열도 및 내절도는 증가하나 비인열도는 감소하였는데 이는 섬유의 절단에 기인하는 것으로 사료된다. 표백펄프는 미표백펄프보다 강도가 전반적으로 낮았으며 CEDED표백 펄프가 PDED표백 펄프보다 강도가 높은 경향이였다. 펄프의 종류별로 살펴보면 아황산펄프가 크라프트펄프보다 강도가 높은 경향이었는데, 이는 아황산펄프가 크라프트펄프보다 인해성이 좋아 인해서 섬유벽의 피브릴화가 더 크게 일어난데 기인하는 것으로 볼 수 있다.

한편 상기 펄프들의 강도를 목재펄프의 강도와 비교하여 볼 때, 활엽수 펄프보다는 높고,

[표 15] Physical properties of unbleached and bleached rice-straw soda pulp

Pulp	Bleaching sequences	Breaching length(km)	Burst Index (kPa · m ² /g)	Tear Index (mN · m ² /g)	Folding endurance(time)
Soda pulp	Unbleached	7.71	4.60	67	1,177
	CED	7.95	4.11	72	1,032
	DP	7.43	4.31	80	617

침엽수 펄프보다 낮은 수준을 나타내어 대나무 펄프는 종이제조에 충분히 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

5.2. 볏짚펄프

5-2-1. 초지

4-2의 표백에서 사용한 1종의 소다펄프와 2종의 표백 소다펄프(CED 및 DP표백)를 240 ml CSF로 인해한 후, 수초지기를 이용하여 평량 60g/m²으로 초지하였다.

5-2-1. 물리적 성질 측정

5-2-1과 같이 초지한 3종의 종이를 항온실습실에서 조습한 후 물리적 성질을 측정된 결과는 [표 15]와 같다.

미표백 볏짚 소다펄프는 인해도가 240 ml CSF인 경우 열단장 비파열도, 비인열도, 내절도가 각각 7.71km, 4.60kPa · m²/g, 67mN · m²/g, 1,177회로서 높은 수준을 보였고, CED표백펄프는 미표백 펄프보다 내절도와 비파열도만이 약간 감소하였을 뿐 열단장과 비인열도는 약간 높은 결과를 나타내었다. 또한 DP표백을 함으로서 비인열도를 제외하고는 강도가 전반적으로 감소하였으며 CED표백보다 비인열도만 높고 열단장, 비파열도, 내절도는 낮았다.

상기 결과들을 전체적으로 검토하여 보면, 표백을 함에 따라 강도가 감소하는 경향이었으며, 표백방법별로는 강도 종류별로 상반된 경향을

보였으나 CED표백의 경우 최종 백색도가 높았으므로 DP보다 좋은 표백방법이라고 볼 수 있다. 한편 상기의 펄프 강도들을 목재펄프의 강도와 비교하여 보면, 활엽수 펄프보다는 높고 침엽수 펄프보다 낮은 수준으로 나타내어 볏짚 펄프도 종이제조에 충분히 이용할 수 있다고 판단된다. [6]

96년 한해도 독자어려분과 포장인의 성원에 힘입어 저희 월간 「포장계」가 포장업계 최고의 권위지로 자리매김 하였습니다.
월간 「포장계」 편집부 일동은 항상 연구·노력하여 보다 좋은 내용과 편집으로 포장인들과 함께 하겠습니다. 포장인들의 건강과 행복을 기원합니다.