

Ganoderma lucidum 前處理에 의한 常壓 벗짚 소다펄프화

주 용 찬* · 강 진 하

전북대학교 산림과학부

1. 서 론

인류문명의 발달과 함께 정보사회화 되어감에 따라 매년 급증하고 있는 종이 소비량을 만족시키기 위하여 원자재를 공급하려고 하다보면 지구상의 삼림자원의 고갈 및 에너지 소비량의 증가로 지구의 환경은 더욱 악화 될 것은 분명하다. 따라서 그 대책의 하나로 자원부족의 해소와 환경훼손의 경감에 효과가 클 뿐만 아니라 종이의 제조 원가절감 효과 등의 이점이 있는 비목질계 식물을 이용하는 방안이 제시되어 왔다¹⁻⁶⁾. 이와 같은 비목질계 섬유자원은 단기간에 재생산이 가능하며, 생산성이 높고, 대부분 농업 부산물로서 발생되므로 값이 싸다는 이점을 가지고 있으며, 특히 짚류는 비목질계섬유 자원 중 가장 많은 양이 생산되고 있다.

그러나 벗짚 등 짚류로 부터 제조된 펄프는 목재펄프에 비하여 품질이 떨어지는데도 불구하고, 화학펄프를 제조하기 위해서는 고온과 고압용기가 필요하여 펄프제조시 설비와 에너지 소비면에서 목재화학펄프 제조시와 크게 다를바 없다.

이에 따라 본 연구는 비목질계 섬유자원인 벗짚을 사용하여 펄프를 제조하기 전에 리그닌 분해능력이 높은 것으로 알려진 *Ganoderma lucidum*로 전처리 후, 상압에서 소다펄핑을 하므로써 시설비와 에너지를 절감할 수 있는 생물·화학펄프화법을 개발하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 벗짚

벗짚(*Oryza sativa*)은 전북 김제에서 산출된 것을 두부를 제외한 부분을 펄프제조에 이용하고자 20 mm 내외 정도 길이로 절단하여 음지에서 기건시켰다.

2.1.2 균주

목재 부후균 중 리그닌 분해력이 우수하다고 알려진 백색부후균의 일종인 *Ganoderma lucidum*을 임업연구원에서 분양받아 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 액체배지 제조

접종용 액체배지는 300 ml 삼각플라스크에서 potato dextrose broth(4.8g)와 yeast extract(1.46g)를 200 ml 의 증류수에 용해하여 잘 혼합한 후 autoclave에서 120℃로 1시간 동안 멸균하였다. 멸균 후 상온에서 냉각시킨 다음 potato dextrose agar(PDA)배지로부터 5 × 5 mm 크기의 균총을 떼어내어 접종하였고, 접종 후 30℃로 7일간 인큐베이터에서 교반하면서 배양하였다.

2.2.2 영양원 첨가

균의 성장을 촉진시키므로서 리그닌의 분해가 증진되도록 영양원으로서 탄소원으로는 glucose, 질소원으로는 urea를 각각 첨가하였고, 또한 혼합하여 첨가하기도 하였다. 영양원은 볏짚시료(전건기준)에 대해 glucose 0.5%, 질소 0.25%를 첨가하였다.

2.2.3 볏짚배지 제조 및 멸균

볏짚 100g(전건기준)을 함수율이 75%가 되도록하여 2 l 용량의 P.P병에 넣고 autoclave 안에서 120℃로 1시간 동안 멸균하였다.

2.2.4 접종 및 배양

배양된 접종물을 믹서로 분쇄한 후 현탁액 30 ml를 배지에 접종하였고, 접종 후 볏짚 배지는 28℃인 인큐베이터 안에서 배양기간을 각각 5, 10, 15, 20, 25, 30일로 하여 배양하였다. 배양 후 흐르는 물에서 세척하였으며, 음지에서 건조하여 중량감소율을 측정하였다.

2.2.5 전처리 볏짚의 광학현미경 관찰

무처리 볏짚과 glucose+N을 첨가하여 5일, 10일 및 30일간 전처리한 볏짚을 광학현미경을 이용하여 관찰하였다.

2.2.6 펄프제조 및 펄프특성 조사

상압 펄핑을 위해 냉각관을 연결한 2 l 삼각플라스크를 이용하였으며, 다음과 같은 조건에서 펄프를 제조한 후 세척하여 그 펄프들의 수율을 계산하였다. 제조한 펄프들의 Kappa No.는 Tappi Standard T os-76에 의거, 백색도는 백색도 측정기(GE type)를 사용하여 측정하였다.

- 활성알칼리 농도 : NaOH 15%(Na₂O 기준)
- 증해온도 : 100℃
- 액비(Rice straw/liquor) : 1/10
- 증해시간 : 120 min.

2.2.7 펄프의 물리적 성질조사

각각의 배양기간에 따라 전처리 된 후 제조된 벗짚펄프들을 PFI mill을 이용하여 고해도를 300 mlCSF로 고해한 후 수초지기를 사용하여 평량 60 g/m²으로 초지하였다. 초지한 종이는 항온습습실(온도 : 20±1℃, RH : 65±5%)에서 24시간 이상 조습하였으며, 조습된 종이는 Tappi Test Methods에 의거 열단장, 비파열도, 비인열도 및 내절도를 측정하였다.

3.결과 및 고찰

3.1 전처리 후 중량 감소율 측정

벗짚을 *Ganoderma lucidum*으로 각각 5, 10, 15, 20, 25 및 30일 동안 전처리 후 중량 감소율을 측정한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Rates of weight losses of rice-straw after pretreatment with *Ganoderma lucidum* (Unit : %)

Incubation Period(days) \ Additives	None	glucose	N	glucose+N
Untreated	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
5	8.5 (91.5)	9.3 (90.7)	11.8 (88.2)	11.8 (88.2)
10	15.7 (84.3)	14.8 (85.2)	17.5 (82.5)	17.8 (82.2)
15	20.8 (79.2)	17.7 (82.3)	21.7 (78.3)	19.9 (80.1)
20	21.7 (78.3)	24.3 (75.7)	25.6 (74.4)	20.8 (79.2)
25	26.9 (73.1)	29.3 (70.7)	28.1 (71.9)	22.9 (77.1)
30	29.8 (70.2)	32.1 (67.9)	30.1 (69.9)	24.4 (75.6)

* () : Yields after pretreatment * Glucose : 0.5%, N : 0.25%

3.2 전처리 벗짚의 광학현미경 관찰

무처리 벗짚과 glucose+N을 첨가하여 5일, 10일 및 30일간 전처리한 벗짚을 관찰한 결과는 Fig. 1~4와 같다.

전처리 후 벗짚의 횡단면을 광학현미경을 이용하여 관찰한 결과 배양기간이 연장됨에 따라 조직의 분해 정도가 증가되는 것을 볼 수 있었다.

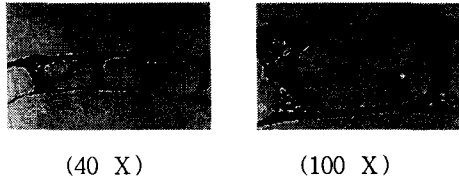


Fig. 1. Optical micrographs of rice straw before fungal pretreatment.

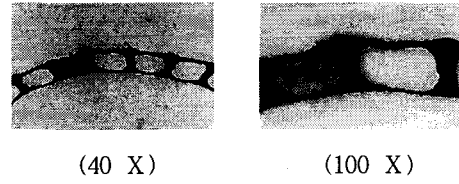


Fig. 2. Optical micrographs of rice straw pretreated for 5 days with *G. lucidum*.

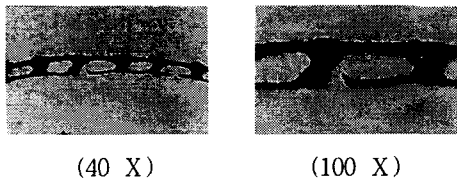


Fig. 3. Optical micrographs of rice straw pretreated for 10 days with *G. lucidum*.

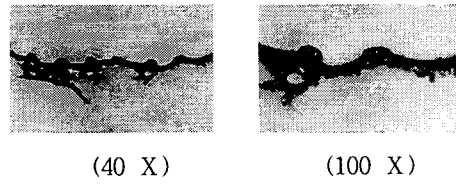


Fig. 4. Optical micrographs of rice straw pretreated for 30 days with *G. lucidum*.

3.3 전처리 볏짚의 Soda 펄핑

균을 이용한 전처리 후 가성소다 농도를 15%로 하고 100°C에서 120분간 증해하여 상압 볏짚 소다펄프를 제조하고, 펄프들의 특성들을 측정한 결과는 다음과 같다.

3.3.1 수율

각종 조건에서 전처리 후 제조한 상압 볏짚 소다펄프들의 수율은 Table 2와 같다.

Table 2. Yields of rice-straw pulps cooked with caustic soda after pretreatment with *Ganoderma lucidum* (Unit : %)

Incubation Period(days)	Additives			
	None	glucose	N	glucose+N
Untreated	54.8	54.8	54.8	54.8
5	55.3 (50.6)	53.6 (48.6)	53.5 (47.2)	56.1 (49.5)
10	55.4 (46.7)	53.1 (45.2)	62.8 (51.8)	60.4 (49.6)
15	57.1 (45.2)	52.5 (43.2)	57.3 (44.9)	57.8 (46.3)
20	51.0 (39.9)	61.6 (46.6)	56.9 (42.3)	55.2 (43.7)
25	52.7 (38.5)	55.1 (39.0)	55.6 (40.0)	55.2 (42.6)
30	56.1 (39.4)	50.7 (34.4)	55.0 (38.4)	57.2 (43.2)

* Cooking conditions : NaOH 15 % (as Na₂O), temperature 100°C, time 120 min., rice straw/liquor : 1/10

* Glucose : 0.5%, N : 0.25% * () : yields based on original material

3.3.2 Kappa number

각종 조건에서 전처리 후 제조한 상압 벚짚 소다펄프들의 Kappa No.는 Table 3과 같다.

Table 3. Kappa numbers of rice-straw pulps cooked with caustic soda after pretreatment with *Ganoderma lucidum*

Incubation Period(days) \ Additives	None	glucose	N	glucose+N
Untreated	23.4	23.4	23.4	23.4
5	26.5	24.5	26.6	23.8
10	27.6	25.9	25.4	28.1
15	34.2	34.9	33.9	33.3
20	36.4	39.5	34.9	27.1
25	37.1	47.0	36.9	37.0
30	44.6	36.2	26.8	26.6

* Cooking conditions : NaOH 15 % (as Na₂O), temperature 100°C, time 120 min., rice straw/liquor : 1/10
 * Glucose : 0.5%, N : 0.25%

무처리 벚짚으로 제조된 펄프의 Kappa No.가 가장 낮은 것은 무처리 벚짚으로 제조된 펄프의 경우 불완전한 해섬으로 인하여 Kappa No. 측정시 시료내 일부의 리그닌만이 KMnO₄와 반응한데 기인한 것으로 사료된다. 한편 전처리 후 제조된 펄프들의 경우 배양기간이 연장됨에 따라 Kappa No.가 증가되는 것은 해섬상태가 양호해짐에 따라 KMnO₄가 반응할 수 있는 부분이 증가된데 기인하며, 영양원을 첨가시 배양기간 30일에서 Kappa No.가 감소되는 것은 정상적인 펄프화와 탈리그닌이 일어났음을 의미한다고 볼 수 있다.

3.3.3 백색도

각종 조건에서 전처리 후 제조한 상압 벚짚 소다펄프들의 백색도는 Table 4와 같다.

전처리 벚짚으로 제조된 펄프의 백색도가 무처리 벚짚으로 제조된 펄프에 비하여 배양기간에 따라 비슷하거나 오히려 낮은 수준을 보이는 것은, 벚짚 구성성분의 균 분해로 인한 탈리그닌의 촉진효과보다 섬유내 발색단의 증가효과가 더 큰데 기인하는 것으로 사료된다.

Table 4. Brightnesses of rice-straw pulps cooked with caustic soda after pretreatment with *Ganoderma lucidum*

Incubation Period(days) \ Additives	None	glucose	N	glucose+N
Untreated	31.4	31.4	31.4	31.4
5	27.6	32.5	30.0	31.9
10	27.7	32.6	30.9	32.9
15	32.0	28.1	26.1	28.6
20	26.3	26.1	26.8	29.8
25	28.4	27.5	27.2	28.2
30	28.9	28.6	32.4	31.8

* Cooking conditions : NaOH 15 % (as Na₂O), temperature 100°C, time 120 min., rice straw/liquor : 1/10

* Glucose : 0.5%, N : 0.25%

3.4 펄프의 물리적 성질

무처리 벚짚으로 제조한 펄프와 전처리한 벚짚으로 제조된 펄프들의 여수도를 300 ml CSF로 고해한 후 평량 60 g/m²로 수초지하여 밀도, 열단장, 파열지수, 인열지수 및 내절도를 측정하여 결과는 Table 5와 같다.

4. 결론

본 연구에서는 비목질계 섬유자원인 벚짚을 리그닌 분해력이 우수한 *G. lucidum*을 이용하여 영양원을 첨가하지 않거나, glucose, N 및 glucose+N을 첨가하여 5, 10, 15, 20, 25 및 30일간 각각 배양한 후, 상압에서 소다펄핑을 실행하였으며, 그 결과를 검토한 바 얻은 결론은 다음과 같다.

*G. lucidum*으로 전처리시 영양원의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만, 배양기간은 10일 정도가 적절하였으며, 영양원은 glucose+N을 첨가한 경우 효과가 좋았다. 배양기간을 10일 이상으로 연장할 경우 펄프의 물리성 성질이 개선되는 경향은 있지만 균처리 후 중량 감소율, 펄핑시 수율, 펄프화 정도 등을 고려하여 볼 때, 배양기간을 10일 이상으로 연장하는 것은 바람직하지 않다고 사료된다.

이에 따라 균전처리 후 상압에서 벚짚 소다펄프를 제조하므로써 에너지와 설비비를 절감할 수 있는 결과를 얻었다. 그러나 본 연구에서 얻어진 벚짚 소다펄프들은 해섬상태가 완전치 못하여 고급용지의 원료로서는 부적합하고, 포장지 등 중·저급지용으로 활용 가능하다고

사료되므로, 상압에서 완전히 해섬된 화학펄프를 얻을 수 있도록 지속적인 연구가 필요하다.

Table 5. Physical properties of soda pulps made from rice straw pretreated with *Ganoderma lucidum*

Culture period(days)	Additives	Density (g/cm ³)	Breaking length (Km)	Burst index (kPa · m ² /g)	Tear index (mN · m ² /g)	Folding endurance (times)
Untreated		0.24	2.32	0.91	56.7	35
5	None	0.27	3.14	1.42	47.7	47
	glucose	0.27	4.01	1.81	45.8	56
	N	0.27	3.80	2.02	48.8	71
	glucose+N	0.28	3.97	2.07	45.9	52
10	None	0.28	3.26	1.90	48.1	54
	glucose	0.27	4.17	1.96	47.8	85
	N	0.27	4.09	2.04	49.4	72
	glucose+N	0.28	4.32	2.10	50.1	75
15	None	0.28	3.56	1.92	53.8	65
	glucose	0.28	4.20	2.01	48.7	102
	N	0.28	4.25	2.11	53.4	67
	glucose+N	0.29	4.49	2.17	58.9	106
20	None	0.28	3.63	1.94	56.7	79
	glucose	0.29	4.28	2.17	52.7	98
	N	0.29	4.32	2.15	54.3	70
	glucose+N	0.29	4.53	2.21	59.1	97
25	None	0.29	3.67	1.99	57.7	83
	glucose	0.29	4.34	2.32	59.1	134
	N	0.29	4.59	2.23	59.3	86
	glucose+N	0.30	4.76	2.39	64.5	106
30	None	0.29	4.01	2.05	58.5	64
	glucose	0.30	4.87	2.46	58.9	225
	N	0.30	5.25	2.78	57.2	249
	glucose+N	0.30	4.95	2.47	59.9	288

* Freeness of pulps after beating : 300 mlCSF * Glucose : 0.5%, N : 0.25%

인 용 문 헌

1. 韓舜教. 펄프 · 종이기술 14(1):26(1982).
2. Ban, Wei-ping, J.-G. Song, L.-P. Zhang. 3rd INWFPPC PROCEEDINGS. Vol.1:197(1996).
3. Chen, K-L., K. Tosaka and J. Hayashi. Tappi J. 77(7):109(1994).
4. Harmohinder S. S., M. Akhtar, R. A. Blanchette and R. A. Young. Holzforschung 49:537(1995).
5. Kobayashi, Y. Tappi J. 69(6):1(1986).
6. Mamers H., J. P. Yuritta, and D. J. Menz. Tappi J. 64(7):93(1981).
7. Marguerite Sykes. Tappi J. 77(1):161(1994).
8. Perdue, Jr. R. E. and H. J. Niechlag. Tappi J. 44(11):776(1961).