

청변균 및 살균제처리재의 펄프화특성

조남석[†] · 정선화

(2005년 5월 12일 접수: 2005년 8월 10일 채택)

Pulping Features of Blue-stained and Fungicide-treated Woods

Nam-Seok Cho[†] and Seon-Hwa Jeong

(Received on May 12, 2005: Accepted on August 10, 2005)

ABSTRACT

This study was performed to understand the changes in wood extractives, mainly acetone extracts, in pine woods (*Pinus densiflora* and *Pinus rigida*) treated by three blue stain fungi (BSF) such as native BSF in Korea, *Leptographium* sp., screened Albino strain(BSFcs-1) and commercial Cartapip and fungicide, Wood guard. In addition their pulping and bleaching properties were investigated. BSF treatment has significantly reduced acetone extracts, 25.1~30.4% decreasing in red pine and 22.9~28.1% in pitch pine. Three week aging treatment showed about 20% decreasing in red pine and 19.3% in pitch pine. There were not so significant differences in extracts reduction among native BSF and Albino-type strains (Albino strain, BSFcs-1, and commercial Cartapip). But fungicide, Wood guard, treated wood showed relatively lower decreasing rates of extractives, 14% in red pine and 10.1% in pitch pine. Therefore it is understandable that the fungicide could protect the wood from blue stain fungi attack, but has no effect on its extractive reduction. Concerned to pulping properties of BSF and fungicide treated woods, red pine and pitch pine, optimum pulping condition was 20% active alkali, wood to liquor ratio 1 to 6, 170°C, and 2.5 hr. In the case of BSF woods, optimum pulping condition was same as the sound wood, 43.5~45% of pulp yields and 1.3~1.45% of rejects. Screened pulp yield of fungicide treated wood was lower than those of BSF treated woods. Rejects in pulps were higher

• 본 연구는 한국과학재단 특정연구과제 (R01-2001-000519)의 지원으로 수행되었음.
• 충북대학교 농업생명환경대학 목재종이과학전공 (Wood and Paper Science, Agricultural Life Science and Environment College, Chungbuk National University, Cheongju, Korea)
† 주저자 (Corresponding author) : E-mail : nscho@chungbuk.ac.kr

in fungicide-treated wood than BSF treated woods. Bleaching pulp yields were ranged of 92 to 93.5%. BSF, Cartapip and fungicide treated woods resulted in lower brightness of 55~58%, but Albino-type strain(BSFcs-1) 61.3~62.3%, very similar to untreated one. Therefore bleaching chemicals could be saved in the processing of chemical pulping.

Keywords : blue stain fungi, Cartapip, extractives, fungicide, kraft pulp, bleaching

1. 서론

목재의 변색은 일반적으로 Ophiostomatoid fungi에 속하는 *Ophiostoma* 및 *Ceratocystis*에 의해 일어나는 것으로 알려지고 있는데, 이들 변색균은 목재에 침입하여 청색, 회색, 갈색 내지는 흑색의 특징적인 변색을 변재부에 일으킨다.^{1,3)} 변색된 목재나 칩을 펄프재로 이용하였을 때 백색도가 낮은 저급의 펄프를 만들게 되어 펄프의 표백에 많은 약품과 비용이 소요되면서,⁴⁾ 궁극적으로 최종 종이 제품의 상품가치를 떨어트리게 한다.^{5,8)}

Ophiostoma genus에 속하는 균류가 수지의 분해^{6,7,9,10)} 및 청변균의 방제에 매우 효과적인 것이 보고^{2,11,14)} 되었으며, 수지 및 수피의 제거에도 매우 효과적이었다.¹⁵⁾ 변색균에 의한 목재의 변색을 방지하기 위한 생물학적 노력의 결과로서 Cartapip 97이라고 하는 생물제제가 개발되었는데 이 균주는 *Ophiostoma piliferum*의 분리균주들로부터 분리한 자낭포자를 mating시켜 만들어 진 albino type의 균주로서, TMP를 생산하는 미국의 Bear Island Paper Co., Sandoz group, R. Blanchette 및 T. Harrington 등의 공동연구로 개발되었다.^{16,17)} Cartapip 97 접종을 통한 변색균의 생물학적 방제기술이 실험실적으로 실증되었으며,¹⁶⁾ 펄프 제지공업을 위하여 변색균을 방제하기 위한 생물학적 방법의 개발이 진행중에 있다.^{2,18,19)} 국내에서도 무색균주의 개발연구가 이루어지고 있다.^{20,21)} 한편 이러한 값비싼 무색균주의 개발은 경제성에 문제가 있으며, 공업화에 적용하기 위하여서는 공정의 일정부분이 무균적으로 처리되어야 하며, 균주처리에 상당한 시간이 소요되는 등의 문제점이 있어서 변색목재를 표백하던가,^{22,24)} 살균제를 이용한 목재에의 변색균침입을 방지하여 목재변색을 막자는 연구

도 이루어지고 있으며 실제로 이용되고 있다.^{25,26)}

본 연구에서는 변색균에 의해 변색이 일어난 목재와 선발된 무색균주를 접종시킨 목재시료, 그리고 살균제를 처리한 목재의 화학적 조성 및 이들 목재의 펄프화특성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시한 소나무 및 리기다소나무재는 충북대학교 부속연습림에서 벌채하여 공시하였으며, 목재칩에 접종한 변색균주는 잣나무에서 분리한 *Leptographium* sp., 스크리닝한 albino (colorless) 균주는 리기다소나무 변색재료로부터 분리한 변색균주 *Ophiostoma quercus*로부터 스크리닝한 무색균주 'BSFcs-1',²⁰⁾ 그리고 시판되고 있는 Cartapip (*Ophiostoma piliferum*의 albino 균주, 미국 Sandoz Chemical Corporation, Charlotte, NC에서 생산되는 제품; 현재는 회사의 이름이 Clariant Corporation)은 미네소타대학 Blanchette교수로부터 분양받아 사용하였다. 그리고 이들 균주는 목재칩을 autoclave한 후 접종하여 25°C 항온배양기에서 암상태로 21일간 배양하였다. 살균제인 Wood guard 처리재 및 대조구로서 변색을 일으키지 않은 목재칩을 사용하였다. 살균제 Wood guard는 우리나라 Hanchem Chemical Co.로부터 분양받았으며, 주성분은 3-iodo-2-propynyl-5-carbonyl compounds (IPBC)이다.

2.2 목재의 추출물함량 측정

추출물분석용 시료는 음건 후 분쇄하여 40~60 메쉬로 분쇄한 다음, KS 규격에 따라 아세톤용매를

사용하여 Soxhlet 장치를 사용하여 추출, 정량하였다.

2.3 목재의 펄프화특성

펄프화는 크라프트펄프화법을 사용하였으며, Autoclave (Stainless steel제, 용량 1 liter)에 목재 칩 100 g을 넣고, 활성알칼리 농도 18%, 20%, 22%, 황화도 25%의 조건에서 액비 1:6, 최고온도 170°C에서 소정시간 증해하였으며 3반복 처리하였다. 펄프 수율은 증해가 끝난 후 펄프를 해리기를 이용하여 해리한 후 부후너 여과기를 사용하여 여과하고, 충분히 수세한 후, 105°C의 항온 건조기에서 16시간 건조하여 총수율을 구하였다.

2.4 펄프의 표백특성

공시펄프는 소나무재 및 리기다소나무재를 원료로 하여 제조한 크라프트펄프, 무처리재, Blue staining fungi(BSF), Albino(BSFcs-1), Cartapip 및 Woodguard 처리재 등 5종의 펄프를 사용하였다. 펄프의 표백은 sodium hypochlorite(1.5%)를 사용, 펄프농도 10%, 초기 pH 9, 표백온도 45°C의 조건에서 3시간 실시하였다. 표백이 끝난 펄프는 부후너 여과기를 사용하여 여과하고, 충분히 수세한 후, 105°C의 항온 건조기에서 16시간 건조하여 총수율을 구하였다. 펄프의 Kappa No. 및 백색도는 TAPPI Standards 법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 처리재의 추출물함량의 변화

표 1은 무처리재, 청변균 및 살균제 처리재의 아세톤추출성분의 함량을 측정한 결과로서 청변균의 처리에 의하여 수지의 함량이 급격히 감소되었으나, 살균제인 Wood guard처리에 의해서는 소나무 및 리기다소나무 공히 추출성분의 함량이 3주간의 노화처리재보다도 더 많은 것으로 나타났다. 소나무재의 경우 무처리재를 3주간의 노화처리로 약 20%의 수지함량이 감소되었고, 청변균을 처리함으로써 25.1~30.4%의 아세톤추출물이 감소하였는데 대하여, 살균제처리로 약 14%의 수지감소를 나

타내었다. 한편 리기다소나무의 경우 수지함량이 소나무재보다 높았으며, 3주간의 자연노화처리로 19.3% 수지함량이 감소되었는데 대하여 청변균처리로 22.9~28.1% 감소되었는데 대하여 살균제, Wood guard, 처리로 추출물함량이 10.1%밖에 감소되지 않았다. Albino 균주(BSFcs-1) 및 Cartapip도 우수한 추출물감소를 보였으며, Cartapip보다는 Albino 균주의 추출성분의 감소효과가 컸다. Blanchette 등(1992)⁶⁾ 및 Chen 등 (1994)¹²⁾도 소나무재를 2주 자연노화처리 및 Cartapip처리로 추출물함량이 각각 20%, 40% 감소하였음을 보고하였다. 결과적으로 살균제처리로 청변균의 침입을 방지할 수 있으나, 수지함량의 감소에는 전혀 효과가 없음을 알 수 있었다.

Table 1. Total acetone extractives of tested pine woods

Fungi	Contents, %	
	<i>P. densiflora</i>	<i>P. rigida</i>
Control 1 (fresh)	4.51	5.44
Control 2 (aged 3 weeks)	3.65	4.39
Blue staining fungi	3.14	3.96
Albino, BSFcs-1	3.23	3.91
Cartapip	3.38	4.19
Wood Guard	3.88	4.89

3.2 펄프화특성

표 2는 소나무재의 크라프트펄프화결과로서 활성알칼리농도에 따라 펄프의 수율이 변화하였으며, 18%의 농도에서의 펄프수율이 43.0%로 매우 낮았으며, 특히 reject율이 5.61%로서 가장 높았다. 20%에서는 reject율이 3.52%로 낮아지면서 펄프의 수율이 47.8%를 나타냈다. 활성알칼리농도 22%에서는 수율이 43.60%, reject율도 2.95%로 낮아졌다. 변색균처리한 목재도 활성알칼리 20%에서 펄프수율이 비교적 높은 약 45%를 나타냈으며, 특히 reject율이 변색균처리 모두에서 현저히 낮아짐을 알 수 있었으며, 활성알칼리 20%에서는 reject율이 1.3% 이하로 낮아졌다. 살균제처리한 경우 소나무재의 경우, 18%의 농도에서의 펄프수율이 43.2%

Table 2. The effect of active alkali on kraft pulp yields of *P. densiflora*

Fungi	Active alkali, %					
	18		20		22	
	Screened yields, %	Rejects, %	Screened yields, %	Rejects %	Screened yields, %	Rejects %
Control 1 (fresh)	43.0	5.61	47.8	3.52	43.6	2.95
Control 2 (aged 3 weeks)	42.8	5.09	46.6	3.31	43.7	2.87
Blue staining fungi	43.7	3.88	45.5	1.23	43.5	1.08
Albino, BSFcs-1	44.0	3.92	44.8	1.25	43.9	1.07
Cartapip	44.9	3.90	45.1	1.29	44.0	1.18
Wood guard	43.2	5.11	46.5	3.35	43.5	2.90

Table 3. The effect of active alkali on kraft pulp yields of *P. rigida*

Fungi	Active alkali, %					
	18		20		22	
	Screened yields, %	Rejects, %	Screened yields, %	Rejects %	Screened yields, %	Rejects %
Control 1 (fresh)	42.0	5.65	46.9	3.21	45.6	2.88
Control 2 (aged 3 weeks)	41.5	5.11	45.7	3.37	43.1	2.67
Blue staining fungi	40.7	3.93	43.5	1.45	42.8	1.32
Albino, BSFcs-1	41.2	3.88	43.9	1.41	42.2	1.27
Cartapip	41.8	3.86	43.8	1.45	43.5	1.29
Wood Guard	41.8	5.09	46.0	3.40	43.3	2.71

로 매우 낮았으며, 특히 reject율이 5.11%로서 비교적 높았다. 20%에서는 reject율이 3.35%, 펄프의 수율이 46.5%를 나타냈다. 활성알칼리농도 22%에서는 수율이 43.5%로서 낮았다. Wall 등(1995)¹⁸⁾은 *Ophiostoma piliferum*으로 처리한 혼합활엽수재의 화학펄프화시 수지함량의 감소는 물론 탈리그닌이 현저히 촉진되었다는 결과를 보고하고 있으며, Gutierrez 등(2001)²⁷⁾도 Cartapip을 사용한 Eucalypt재의 크라프트펄프화시 처리재 및 펄프중의 steroids의 함량이 현저히 감소하였고, 펄프의 투기도가 약간 감소하고, 기계적성질은 향상되었다고 보고하였다.

살균제인 Wood guard를 처리한 경우 활성알칼리의 어떠한 농도에서도 정성수율 및 reject율이 무처리재 및 3주간 노화시킨 칩과 유사한 결과를 보여주었으며, 변색균처리와 같은 reject율 감소를 가져오지는 못하였다.

표 3은 리기다소나무재의 크라프트펄프화결과로서 소나무펄프화의 결과와 비교하였을 때 펄프의 수율이 1-2% 가까이 낮아지는 것으로 나타났다. 활성알칼리농도에 따라 펄프의 수율이 변화하였으며, 18%의 농도에서의 펄프수율이 42.0%로 매우 낮았으며, 특히 reject율이 5.65%로서 가장 높았다. 20%에서는 reject율이 3.21%로 낮아지면서 펄프의 수율이 46.9%를 나타냈다. 활성알칼리농도 22%에서는 수율이 45.6%, reject율도 2.88%로 낮아졌다. 변색균처리한 목재도 활성알칼리 20%에서 펄프수율이 비교적 높은 약 43.5% 전후를 나타냈으며, 특히 reject율이 변색균처리 모두에서 현저히 낮아짐을 알 수 있었으며, 활성알칼리 20%에서는 reject율이 1.45% 이하로 낮아졌다. 살균제처리한 리기다소나무재의 경우, 18%의 농도에서의 펄프수율이 41.8%로 매우 낮았으며, 특히 reject율이 5.09%로 비교적 높았다. 20%에서는 reject율이

Table 4. Hypochlorite bleaching of kraft pulps from *P. densiflora*

Fungi	Bleaching yield %	Kappa No.		Brightness ISO %	
		Before	After	Before	After
Control 1 (fresh)	93.5	44.3	26.8	33.8	65.1
Blue staining fungi	92.6	44.5	26.1	27.4	55.8
Albino, BSFcs-1	92.8	43.8	24.7	31.7	62.3
Cartapip	92.5	44.7	26.5	30.2	57.0
Wood guard	93.0	45.0	27.0	29.7	58.0

Table 5. Hypochlorite bleaching of kraft pulps from *P. rigida*

Fungi	Yield %	Kappa No.		Brightness ISO %	
		Before	After	Before	After
Control 1 (fresh)	93.1	45.6	27.1	32.9	63.5
Blue staining fungi	92.8	44.2	27.4	26.1	54.6
Albino, BSFcs-1	93.7	43.9	25.8	32.4	61.3
Cartapip	92.5	44.0	27.0	31.1	56.2
Wood guard	92.1	45.7	28.4	30.7	55.5

3.40%, 펄프의 수율이 46.0%를 나타냈다. 활성알칼리농도 22%에서는 수율이 43.3%로서 낮았다. 살균제인 Wood Guard를 처리한 경우 활성알칼리의 어떠한 농도에서도 정선수율 및 reject율이 소나무재의 결과와 마찬가지로 무처리재 및 3주간 노화시킨 칩과 유사한 결과를 보여주었으며, 변색균처리와 같은 reject율 감소를 가져오지는 못하였다.

3.3 펄프의 표백특성

무처리재, BSF, Albino(BSFcs-1), Cartapip 및 Wood guard 처리재 등 5종의 크라프트펄프를 소정의 조건으로 표백하고, 표백전후의 Kappa No. 및 백색도를 측정하여 표 4 및 표 5에 각각 나타냈다. 소나무재의 경우, 표 4에서 보는 바와 같이 표백수율은 92.6~93.5%을 보였으며, 펄프의 Kappa No.는 표백전 43.8~45.0으로부터 표백함으로써 24.7~27.0으로 약 41% 감소되었다. 특히 무색균주인 Albino(BSFcs-1)의 Kappa No.가 24.7로 가장 낮았다. 표백전의 백색도는 대부분의 크라프트펄프에서처럼 30% 전후를 가르켰다. 특히

무처리재의 백색도가 33.8%로서 가장 높았으며, 변색균처리재가 27.4%로서 제일 낮았으며, 나머지 3종의 처리재 가운데 무색균주인 Albino(BSFcs-1)가 31.7%로서 다소 높았다. 표백후 무처리재의 백색도가 65.1%까지 상승하였으며, Albino(BSFcs-1) 처리재도 62.3%를 나타냈으나, 다른 3종, 변색균, Cartapip 및 살균제처리재는 56~58% 정도로 낮았다. Wall 등(1995)¹⁸⁾도 *Ophiostoma piliferum*으로 처리하여 제조한 TMP펄프의 표백시 표백약품을 절약할 수 있었다고 보고하였으며, Northern softwoods를 이용한 화학펄프제조시 펄프화가 용이하였다고 보고하였다.²⁸⁾

리기다소나무재의 경우, 표 5에서 보는 바와 같이 소나무재의 경우와 마찬가지로 92.1~93.7%의 표백수율을 보였으며, 펄프의 Kappa No.는 표백전 43.9~45.7로부터 표백함으로써 25.8~28.4로 약 39.3% 감소되었다. 특히 무색균주인 Albino(BSFcs-1)의 Kappa No.가 25.8로 가장 낮았다. 표백전의 백색도는 변색균처리재 26.1%를 제외하고는 30.7~32.9%를 나타냈다. 특히 천연 변색균처리재의

백색도가 26.1%로서 가장 낮았다. 표백후 무처리재의 백색도가 63.5%로 가장 높았고, 그 다음이 BSFcs-1 처리재로서 61.3%를 나타냈으며, 다른 3종, 변색균, Cartapip 및 살균제처리재는 55% 전후를 나타냈다.

4. 결론

청변균 및 살균제처리재의 추출성분 함량을 측정, 비교한 결과, 청변균처리에 의하여 추출성분 함량이 급격히 감소되었으나, 살균제인 Wood guard 처리에 의해서는 소나무 및 리기다소나무 공히 추출성분의 함량이 감소율이 낮았으며, 3주간의 자연노화처리보다도 더 많은 것으로 나타났다. 소나무재의 경우, 무처리재를 3주간의 노화처리로 약 20%, 청변균처리로 25.1~30.4%, 살균제처리로 약 14%의 추출성분이 감소되었다. 한편 리기다소나무의 경우 추출성분의 함량이 소나무재보다 높았으며, 3주간의 자연노화처리로 19.3%, 청변균처리로 22.9~28.1% 감소되었고, 살균제처리로 10.1%밖에 감소되지 않았다. 결과적으로 살균제처리로 청변균의 침입을 방지할 수 있으나, 추출성분의 감소에는 자연노화나 변색균처리보다 효과가 없는 것으로 나타났다.

변색균처리한 목재의 크라프트펄프화에 있어서 펄프의 수율이나 reject율면에서 활성알칼리 20%가 가장 좋았으며, 소나무재의 경우 펄프수율이 45%전후로서 비교적 높았고, 변색균처리 모두에서 reject율이 현저히 낮아졌으며, 활성알칼리 20%에서는 reject율이 1.3% 이하로 낮아졌다. 리기다소나무재의 경우도 변색균처리한 경우, 활성알칼리 20%에서 펄프수율이 약 43.5% 전후를 나타냈으며, 특히 reject율이 변색균처리에서 1.45% 정도로 현저히 낮아짐을 알 수 있었다. 살균제인 Wood guard를 처리한 경우 활성알칼리의 어떠한 농도에서도 정선수율 및 reject율이 소나무재, 리기다소나무재 공히 변색균처리와 같은 reject율 감소를 가져오지는 못하였으며, 무처리재 및 3주간 자연노화시킨 칩과 유사한 결과를 보여주었다.

무처리재, BSF, Albino(BSFcs-1), Cartapip 및 살균제 처리재 등 5종의 크라프트펄프를 표백한 결

과, 소나무재의 경우, 표백수율은 92.6~93.5%을 보였으며, 펄프의 Kappa No.는 표백전 43.8~45.0 으로부터 표백함으로써 24.7~27.0으로 약 41% 감소되었다. 무처리재의 백색도가 33.8%로서 가장 높았으며, BSF처리재가 27.4%로서 제일 낮았으며, 무색균주인 Albino (BSFcs-1)가 31.7%로서 다소 높았다. 표백후 무처리재의 백색도가 65.1%까지 상승하였으며, Albino(BSFcs-1) 처리재도 62.3%를 나타냈으나, BSF, Cartapip 및 살균제처리재는 56~58% 정도로 낮았다. 리기다소나무재의 경우, 92.1~93.7%의 표백수율을 보였으며, 펄프의 Kappa No.는 표백전 43.9~45.7로부터 표백함으로써 25.8~28.4로 약 39.3% 감소되었다. 미표백펄프의 백색도는 변색균처리재 26.1%를 제외하고는 30.7~32.9%를 나타냈다. 특히 BSF처리재의 백색도가 26.1%로서 가장 낮았다. 표백후 무처리재의 백색도가 63.5%로 가장 높았고, 그 다음이 BSFcs-1처리펄프 61.3%, BSF, Cartapip 및 살균제처리재 펄프는 55% 전후를 나타냈다.

인용문헌

1. Murdoch, C.W., Alternatives to Petroleum-Based Biocides for Protecting Hardwood Lumber and Manufactured Products/Transferring Technologies for Industry No. 4, US National Agricultural Library Catalog. ISSN 1064~3451 (1992).
2. Farrel, R.L., Mulcahy, J., and Nobbs, R., Research in progress: resin degradation and brightness increase of radiata pine with fungal treatment in lab and mill trials. In: Proceed. of Intern. Symp. On Environmentally Friendly and Emerging Technologies for a Sustainable Pulp and Paper Industry, April 25-27, 2000, Taipei, pp.279~284 (2000).
3. Pashenova, N., Lee, Jong-Kyu, and Cho, Nam-Seok. Frequency of blue staining fungi isolated from pine trees of experimental forests in Kangwon National

- University and its resistance to fungicide, Wood guard. Mokchae Konghak 33(2): 56~64 (2005).
4. Chakravarty, P., Trifonov, L., and Hutchison, L.J., Role of *Sporormiella similis* as a potential bioprotectant of *Populus tremelloides* wood against the blue-stain fungus *Ophiostoma piliferum*. Can. J. For. Res. 24: 2235~2239 (1994).
 5. Chidester, G.H., Bray, M.W., and Curran, C.E., Characteristics of sulfite and kraft pulps from blue-stained southern pine. Paper Trade J. 106(14): 43~46 (1938).
 6. Blanchette, R.A., Farrel, R.L., and Burness, T.A., Biological control of pitch in pulp and paper production by *Ophiostoma piliferum*. Tappi J. 75(12): 102~106 (1992).
 7. Seifert, K.A., Hamilton, W.E., Breuil, C., and Best, M., Evaluation of *Bacillus subtilis* C186 as a potential biological control of sapstain and mould on unseasoned lumber. Can. J. Microbiol. 33(12): 1102~1107 (1987).
 8. Seifert, K.A. Sapstain of commercial lumber by species of *Ophiostoma* and *Ceratocystis*. In: *Ceratocystis* and *Ophiostoma*: Taxonomy, Ecology, and Pathogenicity. M.J. Wiengfield, K.A. Seifert and J.F. Webber, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. pp.141~151 (1983).
 9. Fischer, K., Akhtar, M., Blanchette, R.A., Burnes, T.A., Messner, K., and Kirk, T.K., Reduction of resin content in wood chips during experimental biological pulping processes. Holzforschung 48(3): 285~290 (1994).
 10. Rocheleau, M.J., Sitbole, B.B., Allen, L.H., Iverson, S., Farrel, R.L., and Noel, Y., Fungal treatment of aspen chips for wood resin reduction: a laboratory evaluation. JPPS 24(2): 37~42 (1998).
 11. Farrel, R.L., Blanchette, R.A., and Brush, T.S., Cartapip: a biopulping product for control of pitch and resin acid problems in pulp mills. J. Biotechnol. 30: 115~122 (1993).
 12. Chen T., Wang, Z., Gao, Y., Breuil, C., and Hatton, J.V., Wood extractives and pitch problems: analysis and partial removal by biological treatment. Appita 46: 463~466 (1994).
 13. Martinez-Inigo, M.J., Immerzeel, P., Gutierrez, A., Rio, J.C. del, and Sierra-Alvarez, R., Biodegradability of extractives in sapwood and heartwood from Scots pine by sapstain and white rot fungi. Holzforschung 53(3): 247~252 (1999).
 14. Dorado, J. Degradation and detoxification of softwood extractives by sapstain fungi. Bioresource Technol. 71: 13~20 (2000).
 15. Behrendt, C.J., and Blanchette, R.A., Biological processing of pine logs for pulp and paper production with *Phlebiopsis gigantea*. Appl. Environ. Microbiol. 63(5): 1995~2000 (1997).
 16. Behrendt C.J., Blanchette, R.A., and Farrel, R.L., Biological control of blue stain fungi in wood. Phytopathology. 85: 92~97 (1995).
 17. Behrendt, C.J., Blanchette, R.A., and Farrel, R.L., An integrated approach using biological and chemical control to prevent blue stain in pine logs. Can. J. Bot. 73: 613~619 (1995).
 18. Wall, M.B., Stafford, G., Noel, Y., Fritz, A., Iverson, S., and Farrell, R.L., Treatment with *Ophiostoma piliferum* improves chemical pulping efficiency. Proc. 6th Intern'l Conf. Biotechnol. in the Pulp and Paper Industry. Vienna, Austria, June 1995. pp.205~210 (1995).
 19. Pashenova, N., Lee, Jong-Kyu, and Cho, Nam-Seok, Decolorization of blue-stain by

- dual culture of blue staining and basidial Fungi. Mokchae Konghak 33(2): 65~71 (2005).
20. Lee, Jong-Kyu, and Oh, Eun-Sung. Potentials for biological control of blue stain on woods caused by Ophiostomatoid fungi. Plant Pathol. J. 16(4): 200~205 (2000).
 21. 조남석, 이종규. 고백색도 종이생산을 위한 목재칩의 생물학적 변색방지 기술연구. 한국과학재단 특정연구 최종보고서 (2004).
 22. Bounous, E.P., and Carter, R.M., Wood bleaches and bleaching methods. In: Proc. finishing eastern hardwoods (R.M. Carter ed.). Forest Products Society, Madison, WI, USA, pp.26~36 (1983).
 23. Lee, B.G., Maristany, A., Brunner, C.C., and Morrell, J.J., Removing fungal stain from ponderosa pine by caustic bleaching. Forest Products J. 45(3): 56~60 (1995).
 24. 김규혁, 김형준, 나중범, 김재진. 표백에 의한 라디에타소나무의 청변제거. 목재공학 31(1): 46~51 (2003).
 25. Zabel, R.A., and Morrell, J.J., Wood Microbiology: Decay and its prevention. Academic press, Inc. San Diego, CA, USA (1992).
 26. Song, Y.S., Ra, J.B., Kim, H.J., Kim, J.-J., and Kim, G.H., Sapstain and mold control on Korean pine lumber: laboratory and field tests of selected anti-stain chemicals. Proc. IAWPS 2003. Daejeon, Korea, Vol. 1, pp.510~516 (2003).
 27. Gutierrez, A., Rio, J.C. del, Martinez, M.J., and Martinez, A., The biotechnological control of pitch in paper pulp manufacturing. Trends in Biotechnology 19(9): 340~348 (2001).
 28. Wall, M.B., Brecker, J., Fritz, A., Iverson, S., and Noel, Y., Chemical pulping of *Ophiostoma piliferum* treated woods. Proc. Tappi Biological Sci. Symp. Atlanta, Georgia, USA. pp.67~76 (1994).