

국내산 죽종의 화학성분 및 섬유소 이용에 관한 연구(제1보)

— 맹종죽, 솜대, 왕대의 죽령별 화학 조성 변화 —

강규영¹ · 윤승락^{2†} · 전권석³ · 박문섭³ · 박남창³

(2011년 6월 22일 접수: 2011년 9월 15일 채택)

A Study on the Utilization of Ingredients and Fibers from Korean Bamboo Species in Value-added Industry: Part 1.

—Changes in Chemical Composition of Moso, Henon, and Timber Bamboo According to the Bamboo Ages—

Kyu-Young Kang¹, Seung-Lak Yoon^{2†}, Kwon-Seok Jeon³, Mun-Sueb Park³ and Nam-Chang Park³

(Received June 22, 2011: Accepted September 15, 2011)

ABSTRACT

Chemical composition and contents of carbohydrates, lignin, and extractives in Moso(*Phyllostachys pubescens* Mazel), Henon(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf ex. Rendle), and Timber bamboo(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) known as economically valuable bamboo species in Korea were analyzed as a function of ages.

All of tested bamboo species were composed of fucose, arabinose, rhamnose, galactose, glucose, xylose, and mannose. Glucose was the sugar which showed the highest content followed by xylose. The contents of others were below 3%. Sugar contents of bamboo shoots showed the lowest among the tested bamboo samples, and the constant rates were shown after 50 days of growth. Lignin content increased by the growth of one year, and the increasing rates tended to be constant after the growth of three years. Bamboo shoots have the highest contents of acid-soluble lignin, which turned into insoluble lignin after the growth of 50 days. Bamboo shoots showed the highest content of extractives and tend to be decreased by the

1 동국대학교 바이오시스템대학 바이오환경과학과(Department of Biological and Environmental Science, Dongguk University Seoul, Seoul 100-715, Korea)

2 경남과학기술대학교 인테리어재료공학과(Department of Interior Materials Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea)

3 국립산림과학원 남부산림연구소(Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea)

† 교신저자(Corresponding author): e-mail: slyoon@gntech.ac.kr

growth of 50 days and then the content increased slowly in proportion to the period of bamboo growth. No relationship was found between species and chemical composition of bamboo. However, there were significant difference in chemical composition between bamboo shoots and 50-day old bamboo.

Keywords: Korean bamboo species, Moso bamboo, Henon bamboo, Timber bamboo, carbohydrate, lignin, extractives

1. 서론

대나무는 열대, 아열대, 온대 남부를 중심으로 분포하는 벼과(Poaceae), 대나무아과(Bambusoideae)에 속하는 다년생 식물로 지구상에서 가장 생육이 빠른 상록 목본식물이다. 생육지의 범위는 북위 51°에서 남위 47°로 광범위하며, 전 세계에 총 92개의 속과 약 5,000여 종이 있다. 국내에 자생하고 있는 대나무는 왕대속(*Phyllostachys*), 조릿대속(*Sasa*) 및 해장죽속(*Arundinaria*)의 5속 19종¹⁾이며, 그 중 경제적으로 가치가 높은 대나무는 맹종죽, 왕대, 솜대에 한정되고 있다. 왕대와 솜대는 죽재 및 죽세 가공품의 생산에 사용되고, 맹종죽은 죽재 이용과 함께 죽순을 채취하여 자연 건강식 천연식품으로 이용되고 있다.

우리 조상들은 대나무를 오래 전부터 이용하였다는 삼국사기 악지(樂志)²⁾의 향삼죽(鄉三竹)에 대한 기록, 대나무로 짓대(대금)를 만들어 사용하였다는 기록, 대금은 쌍골죽과 중금은 해가 묵은 황죽을 사용하였다는 기록이 있다. 생활용품을 만드는 소재가 많지 않던 시절, 우리 조상들은 가공이 편하고 내구성이 우수한 대나무로 각종 생활용품을 제조하여 사용하였으나, 플라스틱과 비닐류의 개발과 더불어 현재는 대나무의 소비가 감소되어 대나무를 이용한 일부 죽제품 생산에 그 이용이 국한되고 있는 실정이다. 이에 국내에서는 대나무의 용도 개발 및 이용을 위해 죽령별 조직³⁾, 화선지 제조⁴⁾, 대나무 알칼리 펄프⁵⁾, 대나무 탄^{6,7)}, 대나무 수액⁸⁾ 등에 대한 연구가 진행되었지만, 목재에 대한 연구에 비하면 매우 저조한 실정이다.

지구환경 보호의 목적으로 목질자원을 보호하기 위해 벌목이 제한되면서 목질재료가 부족한 실정에서 목질자원 대체를 위한 대나무의 유효성분 이용에 대한 연구가 진행되고 있다. Scurlock 등⁹⁾은 대나무 성분의 바이오매스 자원으로서의 이용을 검토하기 위해 단당, 리그

닌, 에탄올 추출물을 분석하였다. Fengel 등¹⁰⁾은 대나무 조직 및 함유 성분에 대하여 연구하였다. 국내산 대나무의 성분에 대한 연구는 죽재의 목질화에 따른 리그닌에 관한 연구^{11,12)}와 대나무 펄프 제조에 관한 연구에서 대나무 성분에 대한 분석^{5,13)}이 이루어졌다.

본 연구는 국내에 자생하는 대나무 중 가운데 경제적으로 가치가 높은 맹종죽, 왕대, 솜대의 유효성분을 구명하여 대나무 이용에 대한 기초자료로 활용할 수 있도록 탄수화물, 리그닌, 추출성분을 죽령별로 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국립산림과학원 남부산림연구소 시험림내 죽림에 생육하는 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel: Moso bamboo), 솜대(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf ex. Rendle: Henon bamboo), 왕대(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.: Timber bamboo)의 죽순, 발순 후 각 50일, 1년, 2년, 3년생 공시목을 선정, 별채하여 공시재료로 하였다.

각 죽령별 공시재료는 Wiley mill을 이용하여 40~60 mesh의 크기로 분쇄하고, 함수율을 측정 후 추출물, 리그닌 및 탄수화물의 함량 분석에 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 추출성분 함량 분석

전건기준 약 2 g의 목분을 취하여 TAPPI T 204 cm-97의 절차에 따라 soxhlet 추출장치로 24시간 동안 아세톤(CH₃COCH₃)으로 추출하여 계산식에 따라 추출성분의 함량을 측정하였다. 각 실험은 3반복으로 실시하였다.

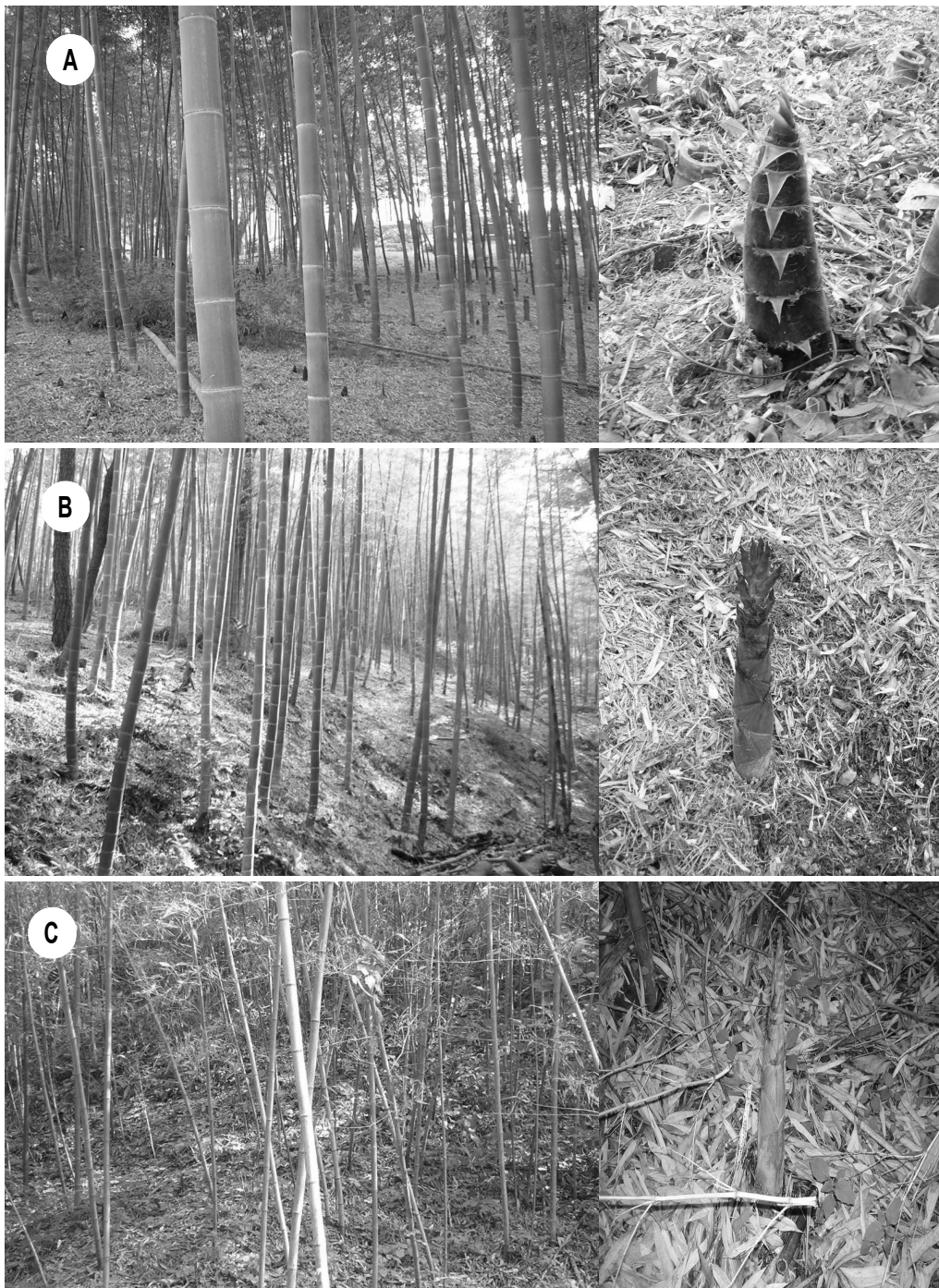


Fig. 1. Tested Korean bamboo species and its shoots.

(A: *Moso bamboo*, B: *Henon bamboo*, C: *Timber bamboo*)

2.2.2 산 가수분해

대나무 시료의 리그닌 및 탄수화물 함량 분석을 위하여 추출성분을 제거한 탈지시료를 72% 황산(H₂SO₄)으로 산 가수분해를 실시하였다.

전건중량 약 200 mg의 시료를 시험관에 넣고, 72%(w/w) 황산 3 mL를 가한 후 유리막대를 이용하여 10분마다 한 번씩 고르게 교반하면서 2시간 동안 산 가수분해를 실시하였다. 반응 2시간 경과 후, 정확히 112 mL의 deionized H₂O를 이용하여 산 가수분해 산물을 serum bottle에 옮겨(총 용량 115 mL, 최종 산 농도 4%) septum으로 봉하고, 121 °C에서 1시간 동안 autoclave 하였다.

2.2.3 HPLC 분석용 표준 당 용액의 제조

HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 이용한 대나무 시료의 당 분석용 표준 검량선 분석을 위하여 농도별 표준 당 용액을 제조하였으며, 그 조성은 Table 1과 같다. 표준 당 용액은 산 가수분해 시료와 함께 동일 조건에서 autoclave 하였다.

2.2.4 리그닌 및 당 함량 분석

산 가수분해가 끝난 시료를 상온으로 식힌 후 미리 칭량해 놓은 glass crucible(ASTM 10-15, M)에 옮겨 감압여과 하였다. 여과액은 따로 수집하여 산 가용성 리그닌(acid-soluble lignin) 및 당 분석용 시료로 이용하였으며, 20 mL의 deionized H₂O를 사용하여 serum bottle 내부에 잔존 가수분해물이 남아있지 않도록 깨끗하게 세척하여 glass crucible로 옮겨 감압여과 하였다.

여과된 가수분해물은 glass crucible과 함께 105±1 °C 건조기에서 24시간 동안 건조하여 칭량하고 TAPPI T 222 om-02의 계산식으로 산 불용성 리그닌(acid-insoluble lignin)의 함량을 계산하였다. 따로 수집한 여과액은 UV-visible spectrophotometer(Cary 50 Bio, Varian, USA)를 이용, 205 nm에서의 흡광도가 0.2~0.7 범위가 되도록 4%(w/w) H₂SO₄로 희석하여 각 시료의 흡광도를 측정하고, TAPPI UM 250의 계산식에 따라 산 가용성 리그닌 함량을 계산하였다.

여과액을 이용한 시료의 당 분석은 HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 이용하였으며, 분석 조건은 Table 2와 같다. 표준 검량선 측정은 미리 준비해 놓은 표준 당 용액을 이용하였다.

Table 1. Standard sugar solutions

Standard solution	Composition (mL)		
	Sugar stock*	D.I. H ₂ O	72% H ₂ SO ₄
Low concentration	5	107	
Medium concentration	10	102	3
High concentration	30	82	

* *Fucose 10mg, arabinose 10mg, rhamnose 10mg, galactose 10mg, glucose 200mg, xylose 60mg, mannose 60mg (prepared in 50g of D.I. H₂O)*

Table 2. HPLC conditions for monomeric carbohydrate determination

Conditions	Electrochemical detection using pulsed amperometry	Refractive Index Detection
Column equilibration (prior to injection)	15min with 250 mM NaOH (degassed)	-
Mobile phase	Deionized H ₂ O (degassed)	Deionized H ₂ O (degassed)
Flow rate	1 mL/min	0.4 mL/min
Column	Dionex PA-1	Biorad HPX-87P
Detection	Electrochemical detection using pulsed amperometry (gold electrode)	Refractive index
Post column mobile phase	200mM NaOH (at 0.5 mL/min)	-
Injection volume	20 µl	20 µl

3. 결과 및 고찰

3.1 탄수화물

대나무 뿌리에서 발순된 죽순으로부터 대나무가 완전히 성숙된 상태까지 당 성분의 조성 및 함량 변화를 검토하기 위하여 맹종죽, 솜대, 왕대의 죽순, 발순 후 50일, 1년, 2년, 3년생 대나무를 대상으로 구성 단당의 종류 및 함량을 분석하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

각 죽종 및 죽령별로 분석된 단당의 조성은 fucose, arabinose, rhamnose, galactose, glucose, xylose 및 mannose였다. 모든 죽종 및 죽령에 있어 가장 높은 함량을 보인 것은 glucose였으며, 그 다음은 xylose인 것으로 나타났다. 그 외의 단당들의 총 함량은 약 3% 이하의 소량으로 함유되어 있음을 확인하였다.

맹종죽의 경우, 죽순의 단당 함량은 glucose가 34.42%, xylose가 3.07%, 그 외의 단당은 2% 이하였다. 생육이 진행되어 50일이 되면 glucose가 다량 증가하여 43.42%, xylose도 20.82%가 되며, 그 외의 단당들은 죽순과 동일하여 총량은 66.49%였다. 그 이상 성장하여 1, 2, 3년생이 되어도 50일생의 당 성분 함량과 거의 동일하였다. 이것은 맹종죽을 구성하는 탄수화물이 발순 후 50일 정도면 완전히 생성됨을 나타낸다.

솜대의 죽령별 당 성분의 함량 변화를 분석한 결과, 각 죽령별로 함유되어 있는 당 성분은 맹종죽과 같은 경향을 보였으며, 죽순의 단당 함량은 glucose가 23.25%, xylose가 4.61%, 그 외의 단당은 약 3% 이하로 총 함량은 33.14%였다. 생육이 진행되어 발순 후 50일이 되면 glucose는 약 2배 증가하여 45.05%, xylose도 19.37%로 증가되고, 그 외의 단당은 죽순과 동일하여 총 함량이 66.78%가 되었다. 그 이상 성장하여 1, 2, 3년생이 되어도 50일생의 단당 성분 함량과 총 함량이 동일하였다.

왕대의 경우, 각 죽령별로 함유되어 있는 당 성분은 맹종죽 및 솜대와 같은 경향을 보였다. 죽순의 단당 함량은 glucose가 26.99%, xylose가 3.47%, 그 외의 단당은 약 3% 이하로 총 함량은 35.99%였다. 생육이 진행되어 50일이 되면 glucose는 크게 증가하여 45.93%, xylose도 증가되어 21.19%가 되고, 그 외의 단당은 죽순과 동일하여 총 함량이 69.17%가 되었다. 그 이상 성장하여 1, 2, 3년생이 되어도 50일생의 단당 성분 함량과 총 함량이 거의 동일하였다.

맹종죽, 솜대, 왕대의 당 성분 총 함량을 비교하면 죽순은 맹종죽이 약 42%로 가장 많고, 왕대 36%, 솜대 33%이다. 50일생 이후의 총 당 성분의 함량은 시험 대

Table 3. Carbohydrates contents in bamboo samples

Bamboo samples	Monomeric sugar* (%)							Total sugars (%)	
	Fuc	Ara	Rham	Gal	Glu	Xyl	Man		
Moso bamboo	Bamboo shoot	0.07	2.16	0.14	1.62	34.42	3.07	0.52	42.00
	50 days	0.05	1.16	0.05	0.34	43.54	20.82	0.53	66.49
	1 year	0.05	1.19	0.06	0.33	42.00	19.93	0.45	64.01
	2 years	0.07	1.43	0.07	0.45	42.53	20.41	0.46	65.42
	3 years	0.06	1.36	0.07	0.42	42.36	19.81	0.46	64.54
Henon bamboo	Bamboo shoot	0.06	2.76	0.14	1.71	23.25	4.61	0.61	33.14
	50 days	0.06	1.12	0.06	0.36	45.05	19.37	0.77	66.78
	1 year	0.06	1.11	0.07	0.46	43.47	18.55	0.36	64.07
	2 years	0.04	1.17	0.07	0.40	44.32	18.08	0.41	64.49
	3 years	0.05	1.24	0.08	0.45	43.87	19.49	0.37	65.55
Timber bamboo	Bamboo shoot	0.06	2.86	0.17	1.89	26.99	3.47	0.55	35.99
	50 days	0.05	1.16	0.06	0.32	45.93	21.19	0.46	69.17
	1 year	0.06	1.05	0.07	0.33	44.48	19.42	0.49	65.90
	2 years	0.06	1.24	0.04	0.41	44.50	19.40	0.37	66.02
	3 years	0.06	1.05	0.05	0.36	44.98	18.79	0.40	65.69

* Fuc: fucose, Ara: arabinose, Rham: rhamnose, Gal: galactose, Glu: glucose, Xyl: xylose, Man: mannose

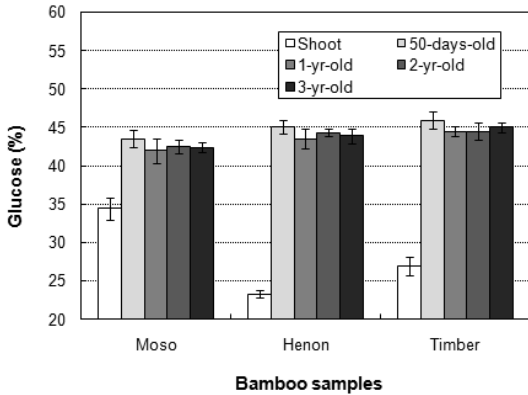


Fig. 2. Glucose contents in bamboo samples.

상 죽종 모두에서 66~69%로 거의 동일하였다.

맹종죽, 솜대, 왕대의 죽령별 단당의 함량은 죽순에 존재하던 glucose와 xylose가 50일생에 있어 크게 증가되었고, 그 외의 단당들은 죽순과 동일하였다. 대나무에 함유되어 있는 단당은 생육 50일이 되면 완전히 생성되고, 그 이상 성장되어도 당 성분은 일정한 것으로 나타났다. 이것은 대나무 생육의 특성상 부피 및 길이 생장이 이루어지는 약 50일 동안만 각 세포벽의 구성성분이 되는 cellulose와 hemicellulose가 필요하기 때문인 것으로 사료되며, 그 이후에는 탄수화물은 고정되고 리그닌에 의한 목질화가 진행되는 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 맹종죽의 죽령별 조직에서 횡단면 상에서 중심주 조직은 죽순에서는 형성되지 않고, 발순 후 20일 정도에서 형성되어 60일이 되면 완전히 형성된다는 보고와 일치하는 결과³⁾이다.

대나무 조직의 세포벽을 구성하는 주성분이 되는 glucose, xylose의 함량을 죽령별로 비교한 결과는 각각 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

Glucose의 함량은 죽순에서 죽령별로 약간 차이가 나지만, 발순 후 50일 이후에는 뚜렷이 증가되는 경향을 보이며, 그 이후로는 일정한 함량을 나타내고 있다. Xylose의 함량은 죽령별로는 큰 경향을 나타내지 않았고, glucose와 같이 죽순에서의 함량은 낮게 나타났으며, 발순 후 50일 이후로는 일정한 함량을 보였다. Glucose와 xylose는 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스의 주성분으로 세포벽을 구성하는 성분이기 때문에 부피 및 길이 생장이 끝나는 발순 후 50일생에서 조직이 완전히 형성되기 때문에 함량 변화가 거의 없는 것으로

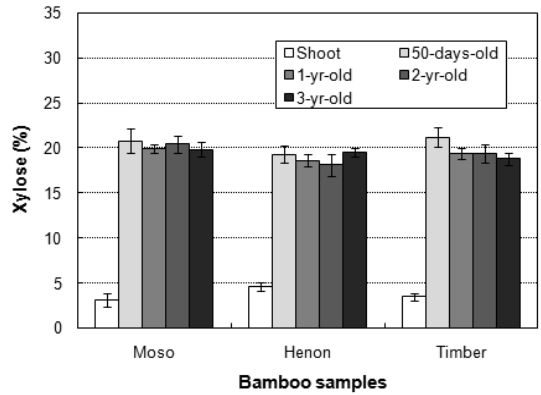


Fig. 3. Xylose contents in bamboo samples.

사료된다.

Scurlock 등⁹⁾은 *P. bissetii* 1~4년생까지의 glucose의 함량을 40~44%, xylose 함량을 22~25%로 보고 하였다. Glucose의 함량은 본 연구와 동일하였지만, xylose 함량의 경우는 본 연구의 분석 결과가 낮게 측정되었다.

3.2 리그닌

맹종죽, 솜대, 왕대의 죽순, 50일, 1년, 2년, 3년생 시료에 대한 리그닌 분석 결과는 Table 4와 같다. 맹종죽, 솜대, 왕대의 죽령별 리그닌의 함량은 유사한 경향을 보이고 있지만, 죽령별로는 죽순의 약 16%의 리그닌 함량이 50일생이 되면 24~27%로 증가되었다가 1년생이 되면 약 29%로 증가되며, 그 후 3년생까지의 리그닌 함량은 거의 동일하였다. 시험대상 죽종 모두의 죽

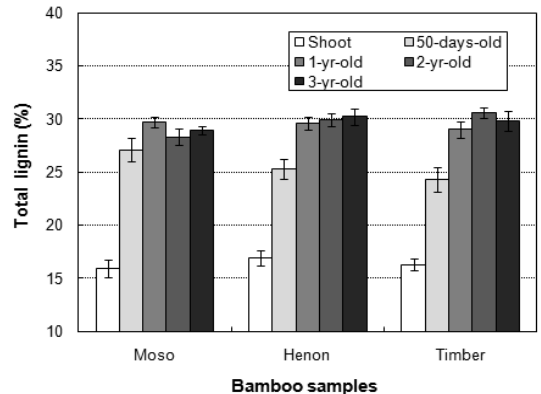


Fig. 4. Total lignin contents in bamboo samples.

Table 4. Lignin contents in bamboo samples

Bamboo	Age of bamboo	Lignin(%)		Total lignin (%)
		Acid-insoluble	Acid-soluble	
Moso bamboo	Bamboo shoot	2.84	13.15	15.99
	50 days	25.52	1.58	27.10
	1 year	28.14	1.58	29.71
	2 years	26.42	1.87	28.29
	3 years	27.07	1.84	28.91
Henon bamboo	Bamboo shoot	2.60	14.33	16.92
	50 days	23.72	1.56	25.28
	1 year	27.97	1.68	29.64
	2 years	28.26	1.65	29.90
	3 years	28.72	1.52	30.24
Timber bamboo	Bamboo shoot	3.05	13.25	16.30
	50 days	22.80	1.50	24.30
	1 year	27.51	1.45	28.96
	2 years	29.04	1.55	30.59
	3 years	28.35	1.49	29.84

령별 리그닌 함량의 뚜렷한 변화를 확인할 수 있었다 (Fig. 4).

Fig. 5는 죽종 및 죽령별 산불용성 리그닌의 함량을 나타낸 것으로 시험대상의 모든 죽종의 죽순에서 특히 낮은 산 불용성 리그닌의 함량(약 3%)을 확인하였으며, 발순 후 50일 이후에는 함량이 급속히 증가하여 23~25%가 되었으며, 1년생까지는 서서히 증가되며 그 이후로는 일정한 함량을 나타내었다. 모든 죽종에서 죽순은 산 불용성 리그닌의 함량이 낮고 산 가용성 리

그닌의 함량이 높다는 특성을 확인하였다.

발순되어 성장하는 과정에서 생성된 리그닌은 1년 생까지는 증가되고 그 이후의 리그닌 함량은 일정하게 유지되었다. 죽순에서 산 가용성 리그닌 함량이 높고, 50일 이후부터는 대부분 산 불용성 리그닌으로 변화되어 산 불용성 리그닌의 함량이 상대적으로 증가되는 것으로 나타났다. Scurlock 등은 죽령별 리그닌 함량의 분석에서 1년생에서 4년생까지의 리그닌 함량은 동일하다고 보고⁹⁾하였으며, 본 연구의 분석에서도 이와 일치하는 결과를 얻었다.

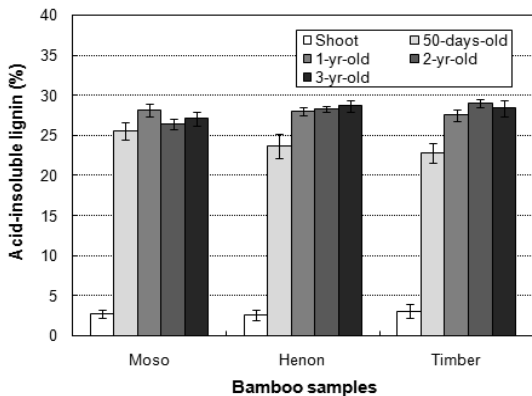


Fig. 5. Acid-insoluble lignin contents in bamboo samples.

3.3 추출물

맹종죽, 솜대, 왕대의 죽순, 발순 후 50일, 1년, 2년, 3년생 시료를 대상으로 유기용매(아세톤) 추출물을 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 죽종별 추출물의 함량은 모든 죽령에서 솜대, 왕대, 맹종죽 순으로 높게 나타났다. 모든 죽종에서 죽순은 상대적으로 매우 높은 추출물 함량을 나타냈으며, 발순 후 50일이 되면 추출물의 함량은 급격히 감소하였다. 그 이후의 추출물 함량은 다시 일정 수준으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 죽순에서는 각종 화학 성분이 생성되는 과정이기 때문에 추출물의 함량이 상대적으로 높은 것으로 사료되며, 생장이 진행되면서 추출물의 함량이 증가되는 것은 대나무

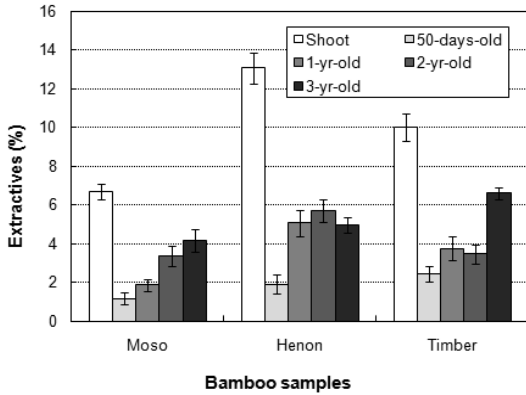


Fig. 6. Extractives contents in bamboo samples.

표면의 왁스 층 발달에 기인하는 것으로 사료된다.

Scurlock 등⁹⁾은 *P. makinoi* 1년생에서 4년생까지의 에탄올 추출물 함량 분석 결과를 보고한 바 있으며, 그 결과는 본 연구에서 얻어진 분석 결과보다 적은 약 2~4%로 보고하였다. 또한 *P. makinoi*의 5% NaOH 추출물에 함유되어 있는 성분은 xylose 77.7%, glucose 13.2%, arabinose 4.6%, mannose 4.5%라 보고하였으며, 본 결과에 의하면 죽순의 추출물은 대부분 저분자의 탄수화물로 구성되어 있기 때문에 그 함량이 상대적으로 높게 나타나는 것으로 분석된다.

4. 결론

국내에 자생하는 대나무 중 경제적 가치가 높은 맹종죽, 왕대, 솜대의 화학 조성을 분석함으로써 대나무의 유효성분 이용에 대한 기초자료로 활용할 수 있도록 탄수화물, 리그닌, 추출물의 함량을 죽령별로 분석하였다.

맹종죽, 솜대, 왕대에 존재하는 구성 당 성분은 fucose, arabinose, rhamnose, galactose, glucose, xylose, mannose이며, glucose의 함량이 가장 높고 다음은 xylose였으며, 그 외의 당 함량은 약 3% 이하로 소량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 당 성분은 죽순에서는 낮은 함량을 나타내지만 발순 후 50일 이후에는 완전히 생성되어 일정한 양을 유지하는 것으로 확인되었다. 리그닌은 죽순에서부터 1년생까지 점차적으로 함량이 증가되고, 그 이후의 리그닌 함량은 동일하였

다. 죽순은 산 가용성 리그닌 함량이 상대적으로 높으며, 발순 후 50일 이후부터는 대부분 산 불용성 리그닌으로 변화되어 그 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 추출물의 함량은 죽순에서 매우 높게 나타났으며, 발순 후 50일생에서는 낮아졌다가 죽령이 높아지면 추출물의 함량이 다시 증가하여 일정 수준으로 높아지는 것으로 확인되었다.

국내산 유용 대나무 종들은 화학 조성에 있어 종간 차이가 크지 않은 것으로 나타났으나, 성장 초기단계인 죽순과 발순 후 50일생 간에는 그 함량 차이가 큰 것으로 확인되었다. 발순 후 50일 이후로는 그 차이가 일정한 것으로 확인되었으며, 따라서 발순 후 50일 이후부터는 유효성분 이용이 충분히 가능할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원 일반연구과제 ‘남부지방 단기 임산자원의 소득화’에 관한 연구의 일환으로 수행되었음.

인용문헌

1. 국립산림과학원, 대나무의 모든 것, 국립산림과학원 연구신서 제7호:8-31 (2005).
2. 국립산림과학원, 대나무의 모든 것, 국립산림과학원 연구신서 제7호:2-4 (2005).
3. Yoon Seung-Lak, Microscopic Observation of Moso bamboo(*Phyllostachys pubescens* Mazel) with various Ages, Journal of Korea TAPPI 42(2):27-34 (2010).
4. Cheon, C., A study on the development of Hwaseonji from bamboo pulp, Mokchae Konghak 20(2):43-50 (1992).
5. Yoon Seung-Lak, Hyun-Jin Jo, byung-Su Park, Ha-young Kang and Kyu-Young Kang, Alkali Pulping charactics of Moso bamboo(*Phyllostachys pubescens* Mazel) with various Ages, Journal of Korea TAPPI 38(3):29-37 (2006).
6. 박상범, 권수덕, 안경모, 홍인표, 윤승락, 문창국, 대나무 신용도 대발(I) -대나무 숲 제조 기술 개발-

- 산림과학논문집 56호:70-81 (1997).
- 박상범, 김수원, 박종영, 노정관, 대나무 숲 혼합 파티클보드의 물리·기계적 성질과 포름알데히드 방출량, 산림과학논문집 69호:50-59 (2006).
 - 박상범 외 3인, 대나무 신용도 대발(VI)-죽초액 회수장치 및 그 성능-, 산림과학논문집 65호:87-96 (2002).
 - Scurlock, J.M.O., Dayton, D.C. and Hames, B., Bamboo: An overlooked biomass resource?, Biomass and Bioenergy 19:229-244 (2000).
 - Fengel D. and Shao, X., A chemical and ultrastructural study of the bamboo species *Phyllostachys makinoi* Hay., Wood Sci. Technol. 18:103-112 (1984).
 - 문창국, 조종수, 죽재의 목질화에 따른 AcBr(Acetyl Bromide) lignin의 함량변이, 목재공학 13(6):18-24 (1985).
 - 문창국, 조종수, 죽재 dioxane lignin의 UV, IR spectrum에 대하여, 목재공학 15(4):26-31 (1987).
 - Lim Hyun-A, Chin-Ha Kang and Yong-Kyu Lee, The Effects of Base Papers Containing Nonwood Pulp on the Properties and Printability of Coated Papers(1)-Bamboo Bleached kraft Pulp-, Journal of Korea TAPPI 32(3):39-37 (2000).