

중국산 죽순대(毛竹)로부터 제조한 竹酢液의 특성¹

문성필^{2*} · 구창섭³ · 박상범⁴ · 권수덕⁵

Properties of Bamboo Vinegar Prepared from China-grown Bamboo (*Phyllostachys pubescens*)

Sung-Phil Mun^{2*} · Chang-Sub Ku³ · Sang-Bum Park⁴ and Su-Duk Kwon⁵

요 약

中國産 죽순대 (*Phyllostachys pubescens*)를 간이탄화로(400 - 500 °C)에서 제탄하고 얻어진 竹酢液에 대하여 그 특성을 검토하였다.

중국산 죽순대로부터 제조한 竹酢液은 보매 비중 4.5, 유기산 함량 9.9%, pH 2.8, 용해타르함량 3.1%, 굴절률 13.1%를 나타내었다. 이들 죽초액의 구조 동정 및 정량 결과, acetic acid, 1-hydroxyl-2-propanone, methanol, 1-hydroxyl-2-butanone, propionic acid 등이 주요화합물로 국내산 죽순대 죽초액과 큰 차이가 없었다. 총 유기물 함량은 14.8%이었으며 이중 유기산류 (acetic acid, formic acid, propionic acid, butanoic acid)는 9.0%로 전체 유기물 중 약 61%를 차지하였다. 페놀류와 중성류는 각각 0.8%와 4.5%로 전체 유기물의 약 6%와 31%를 차지하였다. 시판되고 있는 중국 재래식 죽초액의 경우 대부분의 물성치 및 유기물 함량이 낮은 것으로 보아 본 죽초액은 탄화 초기단계에서 포집하여 숙성시켰을 가능성이 높다고 생각되었다.

ABSTRACT

Bamboo vinegar was prepared from China-grown bamboo (*Phyllostachys pubescens*) using simple kiln (400 - 500 °C), and its physical properties and chemical components were investigated and compared to those of Korea-grown bamboo vinegar. The physical properties of China-grown bamboo vinegar were as follows: Baumé specific gravity 4.5, organic acid 9.9%, pH 2.8, tar 3.1% and refractive index 13.1%, respectively. The main components of the bamboo

1. 접수 2003년 6월 24일 Received on June 24th, 2003.

2. 전북대학교 농업생명과학대학 산림과학부, Division of Forest Science, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

3. 전북대학교 유기신물질공학과, Department of Advanced Organic Materials Engineering, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

4. 임업연구원 임산공학부, Department of Forest Products, KFRI, Seoul 130-712, Korea

5. 임업연구원 산림경영부, Department of Forest Management, KFRI, Seoul 130-712, Korea

* 주저자 (corresponding author): 문성필 (e-mail: msp@moak.chonbuk.ac.kr)

vinegar were acetic acid, 1-hydroxyl-2-propanone, methanol, propionic acid, 1-hydroxyl-2-butanone. There was no significant difference between the components of Korea- and China-grown bamboo vinegars. Total organic materials in China-grown bamboo vinegar were 14.8%, and organic acids (acetic acid, formic acid, propionic acid, and butanoic acid) consisted of 9.0%. These acids corresponded to 61% of total organic materials. Neutral and phenolic compounds consisted of 4.5% and 0.8% of the bamboo vinegar, which were correspond to 6% and 31% of total organic materials, respectively. The physicochemical properties of traditional Chinese bamboo vinegar indicated that it was collected at low temperature and aged for a long time.

Keywords: China-grown bamboo, Simple kiln, Bamboo vinegar, *Phyllostachys pubescens*, Organic acid, Neutral compound, Phenolic compound.

서론

오래 전부터 국내에서는 대나무를 재배하여 이들을 죽세공품, 건축용재 및 농수산용재 등으로 이용하여왔다. 그러나 플라스틱 대용품의 등장과 함께 중국 및 동남아산의 값싼 죽세공품의 대량유입으로 국내산 대나무의 용도가 점점 줄어드는 실정이다. 이러한 문제에 대한 방안을 마련하고자 박 등¹⁻⁶⁾은 1996년부터 대나무의 신용도 개발 연구에 착수하여 대나무의 탄화를 위한 다양한 연구 결과를 얻었으며, 최근에는 문 및 구 등⁷⁻⁹⁾과 함께 죽초액의 분석을 통하여 이들의 유효 이용에 대한 가능성을 시사하였다.

죽초액은 대나무 숲을 제조하는 과정에서 발생하는 연기로부터 채취되는 부산물로서 초산을 주성분으로 하여 2백 수십 종류의 다양한 성분들을 함유하고 있는 훈취(燻氣)가 강한 산성의 액체이다. 이들 성분은 살균·살충 효과, 미생물의 영양분 제공, 식물의 뿌리나 줄기의 생장 혹은 병해충의 방제 등에 유효하여 분뇨처리, 가축 축사나 어시장, 쓰레기 매립장 등에서 악취저거용 탈취제, 토양 소독용으로도 이용될 수 있다. 또한 훈액(燻液), 향균·향산 화제, 비료 보조제, 제초제, 식물 생장촉진제,

해충 기피제, 가축사료 첨가제, 양어류 사료 첨가제, 김 양식 시 염산 대용제 등으로 그 용도가 다양하다. 그리고 정제 기술의 진보와 함께 죽초액을 이용한 다양한 피부 용품이나 의약품들도 개발되어 이용되고 있는 실정이다.

한편, 국내 대나무를 이용한 대나무 숲 산업이 활성화됨에 따라 부산물로서 대량으로 얻어지는 죽초액을 이용하고자하는 시도가 다각적인 측면에서 대두될 것으로 기대되며, 이러한 분위기에 따라 앞으로 중국산 대나무 숲 및 죽초액이 대량으로 유입될 것으로 예상되었다. 따라서 전보¹⁰⁾에서 중국산 죽순대를 탄화하고 얻어진 대나무 숲의 이화학적 특성을 검토하였으며, 본 연구에서는 중국산 죽순대 숲 제조 과정에서 얻어진 죽초액에 대하여 국내산 죽초액과의 비교를 실시하였다. 또한 현재 중국에서 시판되는 중국 재래식 제탄법으로 제조된 죽초액에 대해서도 그 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

2.1 공시재료 및 제탄

대나무 숲 제조를 위하여 죽령 3, 5, 7년생 중국산 죽순대를 사용하였다. 비교시료로써는

국내산 죽순대 3, 5년생을 사용하였다. 제탄 시 중국산 및 국내산 죽순대는 각각 죽령의 구별 없이 혼합하여 사용하였다. 탄화는 이전 보고¹⁰⁾한 간이탄화로(탄화온도 400 - 500 °C)를 이용하였으며, 연통온도 80 - 150 °C의 연기를 채취·냉각시켜 죽초액을 얻은 후 이를 2개월 정치 후 공시재료로 사용하였다. 또한, 중국내 시판되고 있는 중국 재래식 제탄법으로 제조한 죽초액에 대해서도 본 연구의 공시재료로 사용하였다.

2.2 죽초액의 물성

죽초액의 pH는 pH meter (SUNTEX, SP-701, Taiwan)로 측정하였으며 비중은 15±0.1 °C의 저온 항온 순환수조 (JEIO TECH, RBC-30, Korea)에서 비중계를 이용하여 측정하였다. 유기산 함량은 다음과 같이 분석하였다. 즉, 100 ml 정용플라스크에 죽초액 원액 5 ml를 넣고 증류이온교환수로 채운 후 100 ml 희석액 중 20 ml를 취하여 100 ml 비이커에 넣었다. 여기에 50 ml 증류이온교환수와 지시약으로 페놀프탈레인 용액을 넣고 0.1N NaOH용액으로 중화 적정하였다. 총 유기산 함량은 pH가 8.15일 때를 기준으로 하여 계산하였으며, 표준 물질은 초산으로 하였다.

$$\text{유기산 함량 (\%)} = V \times f \times 0.1201$$

V: 소비된 0.1N NaOH의 양 (ml), f: 0.1N NaOH의 규정도

용해타르는 600±1 °C의 전기로에 증발접시를 충분히 건조시킨 후 여기에 초액 약 20 g을 넣고 아스베스트가 설치된 가스 버너 상에서 타지 않도록 하여 증발접시상의 액을 남김 없이 건조시켜 중량을 측정하는 것으로 하였다. 색상은 산림청 고시 중 목초액 규격¹¹⁾을 참고하여 육안으로 판별하였다.

2.3 죽초액의 구성 성분

죽초액 구성 성분의 정량은 외부표준법을

적용하였으며, 산류, 중성류 및 알코올류는 초산을, 페놀류는 페놀을 표준 물질로하여 분석하였다.

GC분석에는 Shimadzu GC-17A, CBP 20 캐피러리 칼럼(0.22 mm × 25 m, film thickness 0.25 μm)을 사용하였다. 오븐 온도는 50 °C에서 2분간 유지시킨 후 220 °C까지 분당 3 °C씩 승온하였으며 이후 220 °C에서 5분간 유지하였다. 주입구 온도는 200 °C, 검출기 온도는 250 °C, 헬륨의 유속은 0.72 ml/min으로 하였으며, split ratio는 10으로 하였다.

GC-MS분석에는 Shimadzu QP5050을, 칼럼은 상술한 GC분석과 동일 칼럼을 사용하였다. 오븐 온도는 40 °C에서 5분간 유지시킨 후 220 °C까지 분당 3 °C씩 승온하였으며 이후 220 °C에서 5분간 유지하였다. 헬륨의 유속은 1 ml/min으로 하였고, split ratio는 50으로 하였다. 가속전압은 70 eV로 하였으며, 대부분의 화합물의 추정 및 동정에는 시판품과의 비교 실험을 하거나 mass library data를 이용하였다.

결과 및 고찰

3.1 죽초액의 물성

중국산 죽순대를 제탄하는 과정에서 부산물로 생성되는 죽초액을 수집한 후 그 물성을 검토하였다. 또한 비교를 위해 국내산 죽순대 죽초액 및 중국 재래식 제탄법으로 제조한 죽초액에 대해서도 물성을 검토하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

중국산 죽순대 죽초액의 물성은 보매 비중 4.5, 유기산 함량 9.9%, pH 2.8, 용해타르 함량 3.1%, 굴절률 13.1%를 나타내었으며 색상은 육안으로 판별하여 적갈색으로 하였다. 국내 목초액의 품질규격¹¹⁾과 비교하여 보매 비중, pH, 용해타르함량, 굴절률 및 색상은 기준이내였으나 유기산 함량은 다소 높게 나타났다. 또한 이들 중국산 죽순대 죽초액은 국내산 죽초액

Table 1. Physical properties of China- and Korea-grown bamboo vinegars, and traditional Chinese bamboo vinegar

Habitat (years)	BS (Bé)	OA (%)	pH	Tar (%)	RI (% Brix)	Color
China (3, 5, 7)	4.5	9.9	2.8	3.1	13.1	Reddish brown
Korea (3, 5)	5.6	11.6	2.5	3.9	15.3	Reddish brown
China, traditional method	2.0	6.1	2.9	0.8	4.8	Citrine

BS: Baumé specific gravity, OA: Organic acid, RI: Refractive index.

보다 대부분의 물성치가 낮게 나타났으나 색상은 유사하였다. 중국 재래식 방법으로 제조한 죽초액의 경우 보메 비중, 유기산 및 용해타르 함량, 굴절률에 있어 중국산 및 국내산 죽순대 죽초액보다 전반적으로 물성이 현저하게 낮게 나타났다. pH는 중국산 재래식 죽초액이 이들 두 죽초액보다 다소 높게 나타났다. 그러나 중국산 죽순대 죽초액은 유기산 함량 9.9%에서 pH 2.8을 나타낸 반면, 재래식 방법으로 제조한 죽초액의 경우 유기산 함량이 6.1%일 때 pH 2.9로 유기산 함량에 차이가 있을지라도 pH는 유사한 값을 나타내었다. 앞으로 이 부분에 대해서는 보다 구체적인 검토를 해야 될 것으로 생각되었다.

이들 결과로부터 중국산 죽순대 죽초액의 경우 유기산 함량이 기준치보다 다소 높게 나타났지만, 전반적인 물성이 기준치 이내로 양호한 죽초액의 제조가 가능할 것으로 생각되었다. 또한 중국산 죽순대 죽초액은 국내산과 비교하여 다소 낮은 보메 비중, 유기산 및 용해타르 함량, 굴절률을 나타내어 유기물 함량이 국내산 죽초액보다 적을 것으로 생각되었다. 중국산 재래식 죽초액의 경우 이들 죽순대 죽초액에 비해 전체 물성이 현저하게 낮게 나타났다. 즉, Figure 1과 Table 2에 나타낸 본 죽초액의 GC 분석 결과로부터 재래식 죽초액의 경우 저비점의 methanol과 methyl acetate가 남아 있으며 페놀류의 함량이 극히 낮은 것으로 보아 탄화 초기 배출되는 저온의 연기를 응축시켜 얻어진 죽초액으로 생각되었다.

3.2 죽초액 성분의 구조 동정 및 정량

중국산 죽순대탄을 제조하는 동안에 발생하는 죽초액을 냉각·회수하여 혼합 시료를 제조하였으며, 이 죽초액을 포함하여 비교로서 국내산 및 중국 재래식 죽초액을 제조하였다. 이들 죽초액에 대한 구성 성분 동정과 정량을 위해 GC 및 GC-MS 분석을 실시하였다. 죽초액 성분은 수백 종의 극미량 성분을 포함하므로 표품을 구입하고 동정하는 것이 곤란하여 산류, 중성류 및 알코올류는 초산을 기준으로, 페놀류는 페놀을 기준으로 하여 정량하였다. 또한 대부분의 화합물에 대한 추정 및 동정은 시판품과의 비교 실험 혹은 mass library data를 이용하였다. 죽초액 성분의 구조 동정 및 정량에 대한 결과는 Figure 1, Table 2와 3에 나타내었다. 즉, Figure 1은 중국산 죽순대 죽초액과의 비교를 위해 국내산 죽순대 죽초액 및 중국산 재래식 죽초액의 GC 분석 결과를 나타낸 것이며 그 구성 성분 및 정량 결과에 대해서는 Table 2에 각 보류시간(RT; retention time)별로 나타내었다. 또한 이들 성분을 페놀류, 유기산류, 중성류, 기타 화합물로 분류하여 Table 3에 나타내었다.

중국산 죽순대 죽초액의 경우 총 유기물 함량은 약 14.8%이었으며 이들 중 acetic acid가 55%이상을 차지하는 주요 성분이었다. 또한 다양한 유기산류와 케톤류, 알데히드류, 알코올류 및 페놀류가 동정되었으며 이들 중 acetic acid, formic acid, propionic acid 등의 유기산류와 methyl acetate, methanol, 1-hydroxyl-2-propanone, 2-furaldehyde, furfuryl

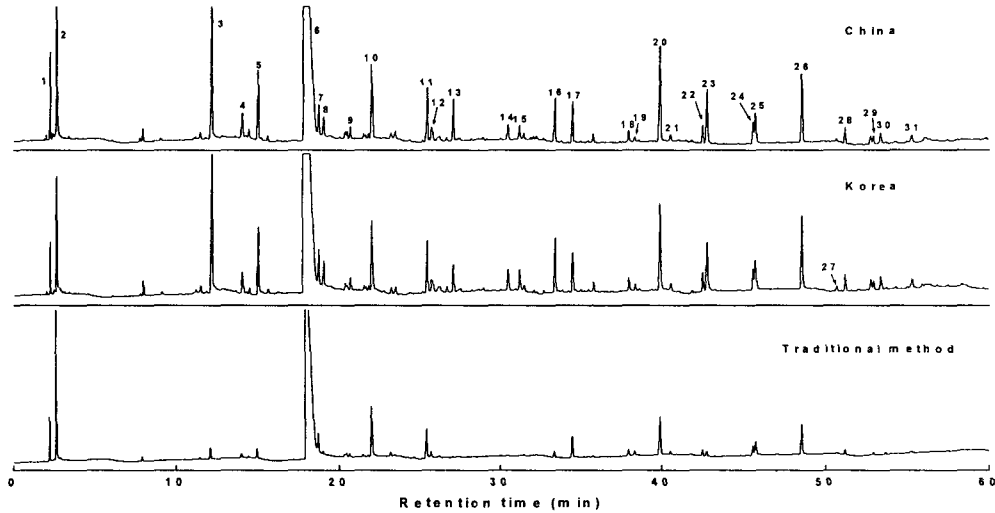


Figure 1. Gas chromatogram of China- and Korea-grown bamboo vinegars, and traditional Chinese bamboo vinegar.

alcohol, 2(5H)-furanone 등의 선형 혹은 환상 구조를 가진 중성류는 전형적인 탄수화물 유래의 화합물로서 대부분이 셀룰로오스나 헤미셀룰로오스의 자체 탈수반응에 유래하는 것으로 생각되었다. 다양한 알코올류, 케톤류 및 알데히드류를 포함하는 중성류는 총 유기물 중 약 4.5%를 차지하였으며 페놀류보다 5배정도 높은 함량을 나타내었다. 페놀류는 주로 리그닌으로부터 유래하는 화합물로서 phenol, guaiacol류, syringol류, cresol류, alkyl phenol류 등이 동정되었으며, 이들은 전체 유기물 중 약 0.8%로 유기산류 보다 10배정도 낮게 나타났다.

한편, Faix 등^{12,13)}은 표준 다당류와 MWL을 450 °C에서 열분해하여 다당류로부터 유래하는 화합물은 1-hydroxyl-2-propanone, 2(5H)-furanone, cyclopentanone류, methyl furan류, furfural, γ -butyrolactone 등의 카르보닐 화합물과 acetic acid, formic acid, propionic acid, butanoic acid 등의 유기산류들이 있으며, 리그

닌에서는 phenol, guaiacol류, syringol류, cresol류, methyl phenol류, ethyl phenol류 등 다양한 페놀성 화합물들이 검출되었다고 보고하였다. 또한, Yatagai 등¹⁴⁻¹⁶⁾은 *Pinus denssiflora*, *Quercus acutissima*, *Larix leptolepis* 등의 5 수종으로부터 목초액을 제조하고 이들의 성분을 검토하여 acetic acid, propionic acid 등의 산류와 phenol, guaiacol, ethyl phenol류, syringol류 등의 페놀류, acetone, furfural, 3-methyl-2-cyclopentenone 등의 카르보닐 화합물들이 동정되었다고 보고하였다. 이들의 연구로부터 중국산 죽순대 죽초액의 구성 성분은 전형적인 목질계 열분해 산물임을 알 수 있었다.

중국산 죽순대 죽초액의 경우 동일 수종의 국내산 죽초액보다 유기물 함량이 약 1.2% 정도 낮게 나타났으며, 이들 간의 차이는 주로 초산의 함량에 의한 것으로 생각되었다. 또한 중국산 죽순대 죽초액의 경우 총 유기물 함량이 중국 재래식 죽초액보다 2배정도 높게 나

Table 2. Components of China- and Korea-grown bamboo vinegars, and traditional Chinese bamboo vinegar

Peak No.	RT (min)	Components	Habitat		
			China (%)	Korea (%)	China, traditional method (%)
1	2.23	Methyl acetate	0.17	0.13	0.09
2	2.62	Methanol	1.09	0.60	0.55
3	12.16	1-Hydroxyl-2-propanone	1.13	1.36	0.06
4	14.45	Unknown	0.07	0.04	-
5	14.99	1-Hydroxyl-2-butanone	0.45	0.41	0.05
6	17.85	Acetic acid	8.17	9.59	4.89
7	18.71	2-Furaldehyde	0.26	0.31	0.21
8	19.02	1-Acetyloxypropane-3-one	0.15	0.19	0.04
9	20.35	Formic acid	0.05	0.05	-
10	21.96	Propionic acid	0.61	0.58	0.35
11	25.41	Dihydro-2(3H)-furanone	0.41	0.37	0.20
12	25.68	Butanoic acid	0.17	0.17	0.04
13	27.02	Furfuryl alcohol	0.28	0.18	-
14	30.47	2(5H)-Furanone	0.12	0.16	-
15	31.19	Dihydro-methyl-furanone	0.11	0.17	-
16	33.37	2-Hydroxy-1-methyl-1-cyclopentene-3-one	0.31	0.37	0.04
17	34.46	Guaiacol	0.09	0.08	0.04
18	37.94	3-Methyl guaiacol	0.03	0.03	0.01
19	38.33	Maltol	0.04	0.05	-
20	39.87	Phenol, <i>o</i> -Cresol	0.24	0.21	0.09
21	40.52	4-Ethyl guaiacol	0.02	0.02	-
22	42.49	<i>p</i> -Cresol	0.04	0.05	0.01
23	42.75	<i>m</i> -Cresol	0.14	0.13	-
24	45.56	Unknown	0.16	0.15	0.06
25	45.69	4-Ethyl phenol	0.08	0.08	0.03
26	48.54	Syringol	0.17	0.17	0.06
27	50.64	Unknown	-	0.04	-
28	51.17	4-Methyl syringol	0.03	0.04	-
29	52.73	Unknown	0.07	0.09	-
30	52.91	4-Ethyl syringol	0.02	0.02	-
31	55.26	Unknown	0.07	0.09	-
Total content (%)			14.75	15.93	6.82

The quantitative amounts of acids, neutrals and alcohols were calculated from standard curve of acetic acid and in case of phenols from standard curve of phenol.

타났다. 재래식 축초액의 경우 pKa 값이 가장 낮은 formic acid 및 일부 페놀류 (4-ethyl guaiacol, *m*-cresol, syringol, 4-methyl syringol, 4-ethyl syringol)와 증성류 (furfuryl alcohol,

2(5H)-furanone, dihydro-methyl-furanone)는 FID (flame ignition detector) 검출 농도 (검출 하한: 10^{-11} g) 이하의 극미량 성분으로서 사실상 제거된 상태이었으며, 검출 농도 범위 내의

Table 3. Chemical composition of China- and Korea-grown bamboo vinegars, and traditional Chinese bamboo vinegar

Component	Habitat		
	China (%)	Korea (%)	China, traditional method (%)
Phenols	0.86 (5.8)	0.83 (5.2)	0.24 (3.5)
Organic acids	9.00 (61.0)	10.39 (65.2)	5.28 (77.4)
Neutral compounds	4.52 (30.6)	4.30 (27.0)	1.24 (18.2)
Others	0.37 (2.5)	0.41 (2.6)	0.06 (0.9)

: Others comprise unknown compounds and extremely small peaks (<0.1%).

(): Percentage based on each component of total organic materials.

성분들조차도 중국산 죽순대 죽초액에 비해 현저하게 낮은 함량을 나타내었다. 이러한 결과로부터 중국에서 시판되고 있는 재래식 죽초액의 경우 상술한 것처럼 탄화초기의 연기를 포집하여 제조한 죽초액의 가능성이 높은 것으로 사료되었다. 이러한 중국 재래식 죽초액이 국내 죽초액 기준을 만족하지는 하지만, 평균 또는 살균특성 등의 특성을 나타내는 페놀류 등의 함량이 매우 낮아, 이들 죽초액이 국내에 대량으로 유통될 경우 그 효과에 대한 보다 상세한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

결론

중국산 죽순대를 간이탄화로에서 제탄하는 과정에서 얻어진 죽초액의 특성을 국내산 죽순대 죽초액 및 중국산 재래식 죽초액과 비교 검토하였다.

중국산 죽순대 죽초액은 보매 비중 4.5, 유기산 함량 9.9%, pH 2.8, 용해타르 함량 3.1%, 굴절률 13.1%를 나타내었다. 이들 물성 중 유기산 함량이 품질 기준치보다 다소 높게 나타났지만, 보매 비중, pH, 용해타르 함량, 굴절률은 양호하였다. 또한 중국산 죽순대 죽초액은 국내산과 비교하여 다소 낮은 보매 비중, 유기산 및 용해타르 함량, 굴절률을 나타내었다. 중국 재래식 죽초액의 경우 중국산 및 국내산 죽순대 죽초액보다 전반적으로 물성이 현저하게 낮게 나타났다.

죽초액을 구성하는 성분의 구조 동정과 정

량 분석 결과 총 31개의 화합물을 검출하였으며, 유기물 함량은 약 14.8%이었다. 유기산류(acetic acid, formic acid, propionic acid, butanoic acid)는 9.0%로 총 유기물 중 약 61%를 차지하였으며 이들 중 acetic acid는 총 유기물 중 55%이상을 차지하는 주성분이었다. 중성류와 페놀류는 각각 4.5%와 0.8%로 전체 유기물 중 약 6%와 31%를 차지하였다. 중국산 죽순대 죽초액의 경우 국내산 죽순대 죽초액보다 유기물 함량이 약 1.2% 정도 낮게 나타났으나 이들 간의 큰 성분차이는 없었다. 중국 재래식 죽초액은 물성과 유기물 함량 결과로부터 저온에서 포집하여 상당기간 숙성한 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. 박상범 외 5인. 1997. 대나무 신용도 개발 (I) -대나무 숯 제조기술 개발-. 산림과학논문집 56: 70-81.
2. 박상범, 권수덕. 1998. 대나무 신용도 개발 (II) -대나무 숯 제조용 탄화로 개발 및 제탄 스케줄 구명-. 산림과학논문집 59: 17-24.
3. 박상범, 권수덕, 안경모. 1998. 대나무 신용도 개발 (III) -대나무 숯의 일반적 성질에 관한 연구-. 산림과학논문집 59: 25-35.
4. 박상범, 권수덕. 2001. 대나무 신용도 개발 (IV) -대나무 숯의 흡착성능-, 산림과학논문집 64: 101-107.
5. 박상범, 권수덕. 2001. 대나무 신용도 개발

- (V) -대나무 숲의 특수성능-. 산림과학논문집 64: 108-114.
6. 박상범, 권수덕, 김영, 구자운. 2002. 대나무 신용도 개발 (VI) -죽초액 회수장치 개발 및 그 성능-. 산림과학논문집 65: 87-96.
 7. 문성필, 구창섭. 2002. SPME법에 의한 죽초 및 목초액 중의 휘발성 성분 분석. 목재공학 30(4): 80-86.
 8. 구창섭, 문성필, 박상범, 권수덕. 2002. 장기간 숙성에 따른 죽초 및 목초액 중의 이화학적 변화. 목재공학 30(4): 74-79.
 9. 구창섭, 문성필, 박상범, 권수덕. 2002. 3종류의 탄화로에서 얻어진 죽초액의 특성. 목재공학 30(4): 87-95.
 10. 문성필, 구창섭, 박상범, 권수덕. 2003. 중국산 죽순대(毛竹)로부터 제조한 대나무 숲의 이화학적 특성. 임산에너지 22(1): 17-23.
 11. 임업연구원. 2001. 목초액 규격. 임업연구원 고시 제 2001-42호.
 12. Faix, O., I. Formann, J. Bremer, and D. Meier. 1991. Thermal degradation products of wood: A collection of electron-impart (EI) mass spectra of polysaccharide derived products. Holz als Roh- und Werkstoff 49: 299-304.
 13. Faix, O., I. Formann, J. Bremer and D. Meier. 1991. Thermal degradation products of wood: Gas chromatographic separation and mass spectrometric characterization of polysaccharide derived products. Holz als Roh- und Werkstoff 49: 213-219.
 14. Yatagai, M., G. Unrinin and T. Ohira. 1986. By-products of wood carbonization I: Tars from mangrove, sugi ogalite, wheat straw, and Chishima-sasa. Mokuzai Gakkaishi 32(6): 467-471.
 15. Yatagai, M., T. Takahashi and M. N. Sakita. 1986. By-products of wood carbonization II: Wood tars from the trees of Brazil. Mokuzai Gakkaishi 32(8): 626-631.
 16. Yatagai, M., G. Unrinin and T. Ohira. 1988. By-products of wood carbonization IV: Components of wood vinegars. Mokuzai Gakkaishi 34(2): 184-188.