

## 한국산 왕대, 솜대, 맹종죽, 조릿대 및 오죽의 항산화 효과

이민자 · 문갑순<sup>1,\*</sup>

인제대학교 식품생명과학과, <sup>1</sup>인제대학교 바이오헬스 소재연구센터, 식품과학연구소

### Antioxidative Effects of Korean Bamboo Trees, Wang-dae, Som-dae, Maengjong-juk, Jolit-dae and O-juk

Min-Ja Lee and Gap-Soon Moon<sup>1,\*</sup>

Department of Food and Life Science, Inje University

<sup>1</sup>Biohealth Products Research Center supported by MOST & KOSEF,

Food Science Institute and School of Food and Life Science, Inje University

Bamboo trees have been used for a long time as folk remedies for treatment of hypertension and stroke symptoms in Oriental regions. These pharmaceutical effects of bamboos look like to be related to its antioxidant capacity and phytochemicals in bamboos. To evaluate the antioxidative effects of bamboo trees, five kinds of bamboo varieties dominant in Korean peninsular were chosen and determined its total antioxidant activities, free radical scavenging activities and nitrite scavenging activities by TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) assay, DPPH and Griess reagent assay using *in vitro* system, respectively. To evaluate the correlation between antioxidative activities and Maillard reaction during hot water extraction, contents of reducing sugar and total nitrogen and brown color intensity at 420 nm were determined. When total antioxidative activities, free radical scavenging activities and nitrite scavenging activities of five kinds of bamboo trees were compared, *wang-dae* (*Phyllostachys bambusoides* S. et Z.) showed the strongest effect among samples, although all kinds of extracts showed relatively strong effects against oxidation. The bamboo culms extract showed stronger antioxidative effects than that of bamboo leaves. In each fraction obtained from 70% ethanol extract, antioxidative effect were increased in order of dichloromethane > ethyl acetate > butanol > water > hexane fraction. In reducing sugar analysis of extracts, reducing sugar contents of water extracts were higher than that of 70% ethanol extracts and *wang-dae* water extract showed the highest level, which was 708.92 mg/g. Total nitrogen contents of the extracts were 1.785~2.605 mg% and contents in water extracts were lower than that in 70% ethanol extracts. Brown color intensity at 420 nm showed similar tendency with results in reducing sugar contents.

**Key words:** antioxidative effect, bamboo, TEAC, Maillard reaction

## 서 론

최근 천연물은 항산화제, 항균제, 항돌연변이제, 항암제 등의 생물학적 활성이 있는 자원으로 주목을 받고 있다. 항산화제는 세포막에서 다가 불포화 지방산을 공격하여 지질 과산화를 일으키는 활성산소종이나 활성질소종을 소거하는 역할을 담당하는데, 이들이 생체 내에서 정상적으로 소거되지 않았을 때 유리기로 인한 oxidative stress 및 nitrosative stress가 가해져 여러 조직에서 세포막의 변화, 효소활성의 감소, DNA 손상과 돌연변이 생성에 영향을 주게 되며 암, 아테롬성경화증, 염증반응, 관절염, 알츠하이머병, 백내장, 당뇨병,

천식, 허혈 등의 만성 퇴행성 질환을 유발하게 된다<sup>(1-7)</sup>. 우리 기들은 이러한 질환 뿐만 아니라 노화의 진행과도 밀접한 관련이 있어<sup>(8-12)</sup> 항산화 성분을 적절히 섭취하면 산화에 의해 야기되는 위험들을 줄일 수 있다.

대나무는 화분과 식물로 세계적으로 약 280여종이 알려져 있으며, 우리나라에는 약 70종의 대나무종류가 자생 또는 재배되고 있다. 대나무의 종류에는 솜대, 왕대(참죽), 맹종죽(죽순대), 오죽, 반죽, 섬대, 해장죽(신우대), 갓대, 조릿대, 산죽, 이대 등 11종의 대표적인 품종이 있고 이 중 주재배 품종은 왕대(참죽), 솜대, 맹종죽(죽순대)이다<sup>(13)</sup>. 동의보감, 본초강목, 신농본초경에 따르면 대나무는 중풍, 고혈압을 치료하는데 탁월한 효과가 있고 특히, 대나무 잎은 해열, 거담, 청량 등의 목적으로 폐렴, 기관지염 등의 구갈에 사용되었다고 기록되어 있고 대나무의 이러한 기능성은 항산화 효과와 밀접한 관련이 있을 것으로 여겨진다. 또한 대나무 추출물에 존재하는 유기산, 식이섬유, 탄닌, 벤조후란과 같은 phytochemical들

\*Corresponding author : Gap-Soon Moon, School of Food and Life Science, Inje University, Kimhae 621-749, Korea

Tel: 82-55-320-3234

Fax: 82-55-321-0691

E-mail : fdsnmoon@inje.ac.kr

도 항산화 작용, 혈전용해활성, 지질저하작용 등의 기작을 통하여 순환계 질병 예방에 기여할 것으로 기대된다. 따라서 대나무의 생리활성에 관한 과학적 규명 및 안전성에 대한 검토가 시급하나 현재까지 이루어진 연구로는 대나무에 대한 성분분석<sup>(14)</sup>, 대나무 열수추출물의 화학적 특성<sup>(15)</sup>, 대나무잎의 생리활성 및 항균 효과<sup>(13,16)</sup>, 대나무 줄기와 잎 에탄올 추출물의 항균활성<sup>(17)</sup>, 동치미에서 대나무 잎이 품질과 맛에 미치는 영향<sup>(18)</sup> 및 김치발효미생물에 대한 대나무잎 추출물의 항균력<sup>(19)</sup> 등으로서 주로 성분분석과 항균활성에 관한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 이 밖에 대나무의 생리활성에 관한 연구로는 대나무잎 추출물이 지방 및 고콜레스테롤 식이 급여에 의한 흰쥐의 지방 대사에 미치는 효과<sup>(20)</sup>와 대나무 잎의 플라보노이드 함량과 항유리기 활성<sup>(21)</sup>, 대나무잎으로부터 분리한 chlorogenic acid의 항산화활성<sup>(22)</sup> 및 대나무잎의 항산화적·산화촉진적 활성평가<sup>(23)</sup> 등으로 대나무 종류가 한정되고 잎의 생리활성에 국한되어 있어 다양한 국내산 대나무 줄기 및 잎 추출물의 생리활성을 체계적으로 규명한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 우리나라의 주재배 품종 대나무인 왕대, 솜대, 맹종죽, 조릿대 및 오죽의 항산화 효과를 비교분석하기 위하여 대나무를 열수 및 70% 에탄올로 추출하여 항산화능을 Trolox Equivalent Antioxidant Capacity(TEAC) assay를 이용하여 측정하였고, DPPH에 의한 유리기 소거 활성, nitrite 소거 활성 및 대나무 열수 추출물 제조시 일어나는 메일라드 반응 정도와 이것이 항산화 효과에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## 실험 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 대나무는 2001년 10월에 남부임업시험장 가좌시험림(경남 진주시)에서 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S. et Z.), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens*), 솜대(*Phyllostachys nigra* var. *henonis*), 조릿대(*Sasa borealis*) 및 오죽(*Phyllostachys nigra* Munro)을 분양 받아 사용하였고 죽령은 3년 생을 기본으로 하였다. 채취한 대나무 줄기와 잎을 깨끗한 물로 수세한 후 10일간 자연 건조하여 추출용 시료로 사용하였다.

### 대나무 추출물의 제조 및 용매별 분획

다섯 종류의 시료 대나무 줄기와 잎을 마쇄하여 열수 및 70% 에탄올로 추출한 후 여과하여 rotary vacuum evaporator (BUCHI Laboratoriums Technik AG, Rotavapor RE-111, Germany)로 감압 농축하여 동결건조 하였다. 한편, 70% 에탄올로 추출한 맹종죽은 hexan: 70% 에탄올 추출물: 물(10:1:9, v/v/v)로 분획하여 hexan 추출물을 얻은 후, 디클로로메탄, 에틸아세테이트, 부탄올 및 물의 순으로 계통 분획하여 감압 농축하였다.

### TEAC(Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) assay에 의한 대나무의 항산화 효과의 측정

대나무 추출물의 TEAC(TE) 값은 Roberta 등의 방법<sup>(24,25)</sup>에 따라 측정하였다. 즉, 10  $\mu$ L의 대나무 종류별 및 용매별 추

출물 희석용액(100  $\mu$ g/mL) 또는 Trolox standard에 ABTS<sup>+</sup> 용액 1.0 mL를 첨가하여 1분 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 6분간 monitoring하였고 1 mM Trolox와 비교하여 흡광도의 저해 %로 나타내었다.

### DPPH에 의한 유리기 소거 효과의 측정

대나무 추출물의 유리기 소거 효과는 Blois에 의한 방법<sup>(26)</sup>에 따라 측정하였다. 즉, DPPH( $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picryl-hydrazyl) 16 mg을 100 mL의 에탄올에 녹인 후 100 mL의 증류수를 혼합하여 여과지로 여과한 후 이 여액 2.5 mL에 일정농도의 시료용액(100  $\mu$ g/mL) 0.5 mL을 혼합한 후 528 nm에서 시간에 따른 흡광도의 변화를 측정하였다.

### Nitrite 소거 효과의 측정

대나무 추출물들의 nitrite 소거 효과는 Gray 등의 방법<sup>(27)</sup>에 따라 측정하였다. 즉, 대나무 추출물을 증류수 또는 0.3% DMSO에 녹여(100  $\mu$ g/mL) 0.1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 10 mL을 가한 후 0.1 N HCl로 pH를 1.2 또는 3.0으로 조정하고 25 mL로 정용하여 시험관에 10 mL 취하였다. 이를 37°C, 1시간 동안 배양 시킨 후 sulfanilamide 시약 1 mL을 가하여 혼합한 뒤 100분간 방치하였다. 여기에 1 mL의 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine-HCl을 가한 뒤 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 대나무 추출물 제조시 생성되는 메일라드 반응 생성물과 이들이 항산화 효과에 미치는 영향

대나무 추출물들의 환원당 함량은 Somogy-Nelson법<sup>(28)</sup>으로 측정하였다. 즉, 대나무 열수 및 70% 에탄올 추출물을 탈이온수에 현탁하여 여과한 후 시료 1 mL에 구리 시약 1 mL를 시험관에 각각 취하고, 20분간 항온수조에서 가열하여 산화제 I구리(Cu<sub>2</sub>O)를 생성시킨 다음 여기에 폴리브덴 용액 1 mL를 가하여 발색시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 표준 검량선으로부터 환원당을 정량하였다.

총질소 함량은 micro-Kjeldahl법<sup>(29)</sup>으로 측정하였으며 갈색 정도는 spectrophotometer(HITACHI U-2000)를 이용하여 420 nm에서 추출물의 흡광도를 측정하여 나타내었다.

### 통계처리

통계 분석은 SPSS Ver. 10.0 package program을 이용하여 각 군의 평균과 표준편차를 산출하고 군간의 차이 유무를 one-way ANOVA로 분석한 뒤 p<0.05에서 유의한 차이가 있는 경우 Tukey test를 이용하여 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### TEAC assay에 의한 대나무의 항산화 효과

국내산 대나무 다섯 종의 줄기와 잎을 열수 및 70% 에탄올로 추출하여 이들의 항산화 효과를 TEAC법으로 측정된 결과는 Table 1과 같다. 5종의 대나무 종류별로 항산화 효과를 비교하였을 때 열수 및 70% 에탄올 추출물 모두 강한 항산화 효과를 나타내었으며 그 중에서도 왕대>조릿대>솜대>맹종죽>오죽의 순으로 TE(Trolox equivalent) 값이 높게 나타났다. 부위별 차이를 보기 위하여 줄기와 잎의 TE값을 비교

**Table 1. TE values, free radical and nitrite scavenging activities<sup>1)</sup> of water and 70% ethanol extracts on culms and leaves of bamboo trees**

	Kinds of bamboo trees	water extracts		70% ethanol extracts	
		culms	leaves	culms	leaves
TEAC (mM Trolox equivalent)	<i>maengjong-juk</i>	0.625 ± 0.000 <sup>1) b2)</sup>	0.598 ± 0.000 <sup>b</sup>	0.603 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.445 ± 0.001 <sup>b</sup>
	<i>wang-dae</i>	0.735 ± 0.001 <sup>e</sup>	0.716 ± 0.000 <sup>e</sup>	0.686 ± 0.000 <sup>e</sup>	0.622 ± 0.000 <sup>e</sup>
	<i>som-dae</i>	0.696 ± 0.000 <sup>c</sup>	0.657 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.621 ± 0.000 <sup>c</sup>	0.550 ± 0.000 <sup>c</sup>
	<i>jolit-dae</i>	0.712 ± 0.000 <sup>d</sup>	0.684 ± 0.000 <sup>d</sup>	0.642 ± 0.000 <sup>d</sup>	0.581 ± 0.001 <sup>d</sup>
	<i>o-juk</i>	0.587 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.545 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.475 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.425 ± 0.002 <sup>a</sup>
Free radical scavenging activities (Inhibition %)	<i>maengjong-juk</i>	79.86 ± 0.03 <sup>b2)</sup>	77.64 ± 0.11 <sup>b</sup>	78.24 ± 0.09 <sup>b</sup>	70.77 ± 0.06 <sup>b</sup>
	<i>wang-dae</i>	91.27 ± 0.49 <sup>e</sup>	89.42 ± 0.23 <sup>e</sup>	89.14 ± 0.16 <sup>e</sup>	76.91 ± 0.04 <sup>e</sup>
	<i>som-dae</i>	83.55 ± 0.14 <sup>c</sup>	79.05 ± 0.14 <sup>c</sup>	83.23 ± 0.17 <sup>c</sup>	72.94 ± 0.07 <sup>c</sup>
	<i>jolit-dae</i>	89.50 ± 0.18 <sup>d</sup>	85.77 ± 0.09 <sup>d</sup>	87.95 ± 0.37 <sup>d</sup>	75.58 ± 0.04 <sup>d</sup>
	<i>o-juk</i>	72.77 ± 0.06 <sup>a</sup>	71.68 ± 0.17 <sup>a</sup>	66.41 ± 0.40 <sup>a</sup>	58.03 ± 0.15 <sup>a</sup>
Nitrite scavenging activities (Inhibition %)	<i>maengjong-juk</i>	79.25 ± 0.16 <sup>b2)</sup>	71.38 ± 0.13 <sup>b</sup>	74.81 ± 0.24 <sup>b</sup>	66.09 ± 0.21 <sup>b</sup>
	<i>wang-dae</i>	89.74 ± 0.21 <sup>e</sup>	79.81 ± 0.06 <sup>e</sup>	83.59 ± 0.36 <sup>e</sup>	74.30 ± 0.24 <sup>e</sup>
	<i>som-dae</i>	82.12 ± 0.19 <sup>c</sup>	74.34 ± 0.07 <sup>c</sup>	79.17 ± 0.17 <sup>c</sup>	67.44 ± 0.12 <sup>c</sup>
	<i>jolit-dae</i>	84.58 ± 0.41 <sup>d</sup>	76.27 ± 0.12 <sup>d</sup>	81.47 ± 0.14 <sup>d</sup>	71.67 ± 0.08 <sup>d</sup>
	<i>o-juk</i>	73.96 ± 0.07 <sup>a</sup>	64.16 ± 0.23 <sup>a</sup>	70.06 ± 0.43 <sup>a</sup>	61.28 ± 0.15 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as means ± S.D. of triplicate determination.

<sup>2)</sup>a-e Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.

하였을 때 잎 보다 줄기의 항산화 효과가 높은 것으로 나타났다. 추출방법별 TE 값은 열수 추출물에서의 항산화능이 70% 에탄올 추출물보다 큰 것으로 나타났다. 한편, 가장 항산화 효과가 큰 왕대 줄기를 용매 극성별로 분획하여 항산화 효과를 측정 한 결과 디클로로메탄>에틸아세테이트>부탄올>물>핵산의 순으로 TE 값이 높게 나타났으며 특히 디클로로메탄 추출물의 경우 TE 값이 1.713으로서 항산화 효과가 가장 높았고 에틸아세테이트 및 부탄올도 TE 값이 각각 1.575, 1.336으로서 trolox 보다 높은 항산화 효과를 나타내었다(Fig. 1). TEAC법은 Miller 등<sup>(25)</sup>이 1993년에 개발한 방법으로서 혈장이나 혈청의 항산화 효과 뿐만 아니라 phytochemicals의 항산화 효과 측정에 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는데, 이 방법은 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate)의 양이온 라디칼을 소거하는 항산화제의 능력을 평가하는 것에 기초하고 있다. 수용성 비타민 E analogue인 Trolox와 항산화제의 ABTS<sup>+</sup> 소거 활성을 비교함으로써 TEAC 값이 측정되며 ABTS는 650, 734, 820 nm에서 특징적인 흡수 스펙트럼을 가지는데 ABTS<sup>+</sup>은 potassium persulfate와 ABTS의 산화에 의해 생성되어진다<sup>(24,30)</sup>. Maria 등<sup>(31)</sup>은 플라보노이드 함량이 높은 28종의 과일에 대한 TE 값을 측정 한 바, 감, 블랙베리, 블루베리 및 양말기의 TE 값이 각각 0.406, 0.192, 0.187, 0.163인 것으로 나타났고 아보카도는 TE 값이 0.001로 매우 낮았다. 또한 Rivero 등<sup>(32)</sup>은 14종의 와인에 대한 TE 값을 측정 한 결과 와인의 종류에 따라 0.064~0.346으로 나타나 항산화능이 상당한 차이를 보이는 것으로 보고하였으며 Yen 등<sup>(33)</sup>은 *Uria crinita* 뿌리 메탄올 추출물과 에틸아세테이트 추출물의 TE 값을 측정하였는데 메탄올 추출물 및 에틸아세테이트 추출물의 TE 값이 각각 0.16, 0.44인 것으로 나타났다. *Ginko biloba* flavonol과 *Camellia sinensis* catechin의 TE 값을 측정 한 Pietta 등<sup>(34)</sup>의 보고에 따르면

화합물의 형태에 따라 TE 값이 0.07~1.25까지 넓은 범위를 나타내었는바 대나무 추출물이 이들 시료와 비교하여 상당히 높은 항산화 효과를 가지는 것으로 나타났다.

#### DPPH에 의한 유리기 소거 효과

항산화 물질의 가장 특징적인 기작은 유리기와 반응하는 것으로 유리기 소거 작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식물 중의 항산화 효과나 인체에서 노화를 억제하는 척도로 이용된다. DPPH는 안정한 유리기로 cysteine, glutathione과 같은 함유항 아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine(p-phenylenediamine, p-aminophenol) 등에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화 물질의 항산화능 측정에 편리한 방법이다<sup>(26)</sup>.

DPPH를 이용하여 대나무 추출물들의 유리기 소거 효과를 측정 한 결과는 Table 1과 같아서 열수 및 70% 에탄올 추출물에서 모든 대나무 추출물들이 높은 유리기 소거 효과를 나타내었다. TE 값과 마찬가지로 모든 대나무종이 강한 유리기 소거 효과를 나타내었으나 왕대 추출물의 효과가 가장 높게 나타났으며 조릿대>슴대>맹종죽>오죽의 순으로 유리기 소거 효과가 높아 TEAC법에 의한 항산화 효과와 동일한 경향을 나타내었다. 추출방법별 유리기 소거 효과는 열수 추출물이 70% 에탄올 추출물보다 큰 것으로 나타났다. 특히, 왕대 줄기 열수 및 70% 에탄올 추출물은 유리기 생성을 각각 91.27%, 89.14% 억제하여 높은 활성을 지닌 것으로 나타났다. 왕대 용매별 추출물의 유리기 소거 효과를 측정 한 결과 디클로로메탄 추출물이 유리기 생성을 92.27% 억제하였고 에틸아세테이트>부탄올>물>핵산 추출물의 순으로 유리기 소거 효과가 높게 나타나서 TEAC법에 의한 항산화 효과에서와 같은 경향임을 알 수 있었다. Yen 등<sup>(35)</sup>은 BHA 농도 증가에 따른 유리기 소거 활성을 측정 한 결과 200~1600 µg/mL 까지 농도가 증가함에 따라 88.40~93.60%를 억제 한 것으로

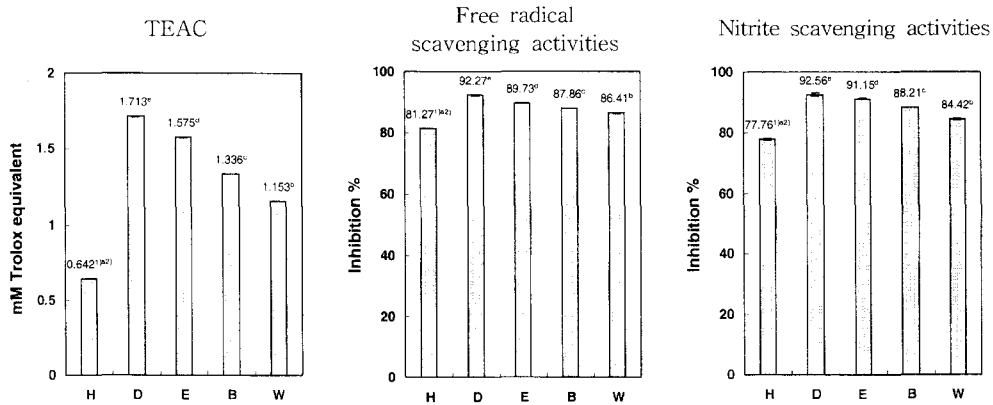


Fig. 1. TEAC values, free radical and nitrite scavenging activities of solvent extracts on culms of bamboo tree (*wang-dae*)

<sup>1)</sup>Data are expressed as means ± S.D. of triplicate determination.

<sup>2)a-e</sup>Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.

H: Hexane extract, D: Dichloromethane extract, E: Ethyl acetate extract, B: Butanol extract, W: Water extract.

보고하였는데 본 실험에서는 대나무 추출물의 농도가 100 µg/mL 일 때 BHA의 결과와 유사한 억제 효과를 나타내어 대나무의 율리기 소거 활성이 BHA 보다 높음을 알 수 있었다.

### Nitrite 소거 효과

발암성 nitrosamine의 직접적인 생성 인자인 nitrite 소거 활성을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 앞선 실험에서와 마찬가지로 70% 에탄올 추출물 보다는 열수 추출물의 활성이 높게 나타났고 특히, 왕대 추출물의 효과가 가장 컸다. 왕대 줄기와 잎 열수 추출물은 각각 89.74%, 79.81%, 70% 에탄올 추출물은 각각 83.59%, 74.30%의 nitrite 소거 활성을 나타내었다. 한편, 왕대 용매별 추출물의 nitrite 소거 활성을 측정한 결과 디클로로메탄>에틸아세테이트>부탄올>물>hexan 추출물의 순으로 높게 나타났는데, 특히 디클로로메탄 추출물은 92.56%의 nitrite 소거 활성을 보였다(Fig. 1). Do 등<sup>(36)</sup>은 결명자 에틸아세테이트 추출물(2mg/mL) 및 ascorbic acid(100 µg/mL)가 각각 95.30% 및 5.10%의 소거 활성을 나타내었음을 보고하였고 Lee 등<sup>(37)</sup>은 영지버섯 diethylether 추출물 및 표고버섯 부탄올 추출물이 각각 68.34% 및 68.23%의 nitrite 소거 활성을 나타낸다고 보고한 바 있다. 질소산화물(Nitric oxide: NO·)은 활성종으로서 세포독성이 강하며 다량의 NO가 생성되면 nitrosation, nitration과 같은 간접적 효과 및 산화반응을 야기하여 유해한 효과를 나타내게 된다. 특히 대식세포가 활성화되면서 생성되는 NO는 주위 조직에 세포독성을 나타내는 것으로 유명한데 NO의 반감기는 6-10초로 대단히 짧아 실질적으로 직접 검출하여 연구하는데 어려움이 많으므로 대부분의 NO 연구는 NOS 발현 유무나 NO의 안정화된 부산물인 nitrite, nitrate를 측정하여 간접적으로 이루어지고 있다<sup>(4,6,38-42)</sup>.

### 대나무 추출물 제조시 생성되는 메일라드 반응생성물과 이들이 항산화 효과에 미치는 영향

대나무에는 당의 함량이 높고 이를 가열하여 열수 추출물을 만드는 과정에서 단내나 갈색반응 생성물이 얻어졌기 때문에 앞에서 대나무를 열수와 70% 에탄올로 추출하였을 때 열수 추출물의 항산화 효과, 율리기 소거 효과 및 nitrite 소

거 효과가 높게 나타난 것은 열수 추출물 제조시 메일라드 반응이 관여했기 때문인 것으로 여겨진다. 메일라드 반응은 환원당과 아미노산을 기질로 하는 비효소적 갈변반응으로 당과 단백질을 함유하는 식품에서 중요한 갈변 원인이 되고 있다<sup>(43)</sup>. 메일라드 반응시에는 환원성 물질인 reductone들이 다량으로 만들어질 뿐만 아니라 메일라드 반응의 최종 생성물인 melanoidin도 항산화 효과가 입증된 바 있다<sup>(44,48)</sup>. 대나무 추출물들에 함유되어 있는 환원당 함량을 정량한 바 항산화 효과가 컸던 열수 추출물의 환원당 함량이 70% 에탄올 추출물보다 높게 나타났다. 즉, 왕대 열수 추출물의 환원당 함량이 708.92 mg/g으로 가장 높았고 조릿대>맹종죽>오죽>솜대의 순이었으며, 왕대 70% 에탄올 추출물의 환원당 함량은 600.72 mg/g이었고 열수 추출물에서와 마찬가지로 조릿대>맹종죽>오죽>솜대의 순으로 높았다(Table 2).

메일라드 반응의 또 다른 기질인 총질소 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 총질소 함량은 70% 에탄올 추출물에서 열수 추출물보다 높은 것으로 나타났고 맹종죽>왕대>조릿대>오죽>솜대의 순으로 높았다. 그러나 환원당 함량에 비해 총질소 함량은 극히 낮아서 총질소 함량이 메일라드 반응에 미치는 영향은 상대적으로 적은 것으로 판단되었다.

메일라드 반응정도를 알기 위하여 대나무 추출물들의 420 nm에서의 갈색도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 환원당 함량과 마찬가지로 70% 에탄올 추출물보다는 열수 추출물의 갈색도가 높게 나타났으며 특히, 왕대 열수 추출물의 갈색도가 0.707로 가장 높았고 조릿대>맹종죽>오죽>솜대의 순이었다. 식품의 가열 중 보편적으로 일어나는 메일라드형 갈색 반응 중에서 갈색화 반응 생성물들은 향미나 기능성에 영향을 줄뿐만 아니라 항산화제로 작용한다는 연구보고가 많이 있다. Hofmann 등<sup>(44)</sup>은 갈색화 반응 생성물의 유지에 대한 항산화성이 메일라드 반응초기에 생성되는 중간생성물인 reductone에 기인한다고 보고하였고 Kirigaya 등<sup>(45)</sup>은 100°C에서 반응시킨 0.8 M의 xylose-glycine system의 갈색화 반응 생성물을 linoleic acid에 첨가하여 그 항산화 효과를 측정한 결과 갈색화 반응 생성물의 항산화 효과는 갈색도에 비례함을 밝힌바 있고 Borrelli 등<sup>(46)</sup>, Francisco 등<sup>(47)</sup>과 Jing 등<sup>(48)</sup>은 melanoidin의 갈색도, 율리기 소거 효과 및 항산화성 사이에

**Table 2. Reducing sugar and total nitrogen contents<sup>1)</sup> of water and 70% ethanol extracts on culms of bamboo trees**

Sample	Reducing sugar contents (mg/g)		Total nitrogen contents (mg%)	
	Water	70% Ethanol	Water	70% Ethanol
<i>Maengjong-juk</i>	676.33 ± 0.59 <sup>c,2)</sup>	495.71 ± 1.11 <sup>b</sup>	1.92 ± 0.00 <sup>e2)</sup>	2.61 ± 0.00 <sup>e</sup>
<i>Wang-dae</i>	708.92 ± 1.35 <sup>e</sup>	600.72 ± 0.31 <sup>e</sup>	1.90 ± 0.00 <sup>d</sup>	2.41 ± 0.00 <sup>d</sup>
<i>Som-dae</i>	596.39 ± 1.22 <sup>a</sup>	448.78 ± 1.24 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.12 ± 0.00 <sup>a</sup>
<i>Jolit-dae</i>	683.65 ± 1.16 <sup>d</sup>	558.42 ± 0.55 <sup>d</sup>	1.88 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.39 ± 0.00 <sup>c</sup>
<i>O-juk</i>	647.26 ± 1.11 <sup>b</sup>	495.95 ± 0.36 <sup>c</sup>	1.80 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.29 ± 0.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as means ± S.D. of triplicate determination.

<sup>2)a-e</sup>Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.

**Table 3. Color intensity (Abs at 420 nm)<sup>1)</sup> of water and 70% ethanol extracts on culms of bamboo trees**

Sample	Color intensity (Abs. at 420 nm)	
	Water	70% Ethanol
<i>Maengjong-juk</i>	0.525 ± 0.000 <sup>c,2)</sup>	0.176 ± 0.001 <sup>c</sup>
<i>Wang-dae</i>	0.707 ± 0.001 <sup>e</sup>	0.283 ± 0.000 <sup>e</sup>
<i>Som-dae</i>	0.429 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.143 ± 0.000 <sup>a</sup>
<i>Jolit-dae</i>	0.582 ± 0.000 <sup>d</sup>	0.224 ± 0.001 <sup>d</sup>
<i>O-juk</i>	0.501 ± 0.000 <sup>b</sup>	0.167 ± 0.000 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as means ± S.D. of triplicate determination.

<sup>2)a-e</sup>Values with different superscript within a same column are significant difference (p<0.05) by Tukey test.

는 비례관계가 있다고 보고한 바 있다.

TEAC assay로 측정된 항산화 효과와 메일라드 반응과의 상관관계를 살펴보면 열수 추출물이 70% 에탄올 추출물 보다 높은 상관관계를 나타내었는데 대나무 열수 추출물의 항산화 효과와 가장 관련이 높은 것은 갈색도였고( $r=0.627$ ) 환원당 함량( $r=0.594$ )과도 유의적인 상관관계를 나타내었으며 총질소 함량( $r=0.172$ )과는 상관관계가 없었다(Table 4). 따라서, 대나무 열수 추출물의 TEAC assay에 의한 항산화 효과, 유리기 소거 효과 및 nitrite 소거 작용이 70% 에탄올 추출물 보다 높게 나타난 것은 대나무에 함유된 환원당과 질소 화합물에 의한 메일라드 반응과 관련이 있는 것으로 보이며 메일라드 반응 생성물에 의해 항산화 효과가 증대되어진 것으로 여겨진다.

## 요 약

국내산 대나무 다섯 종의 줄기와 잎을 열수 및 70% 에탄올로 추출하여 이들의 항산화 효과를 TEAC법을 이용하여

측정한 결과 다섯 종의 대나무 모두 높은 항산화 효과를 보였으나 왕대>조릿대>솨대>맹종죽>오죽의 순으로 TE 값이 높게 나타났다. 줄기와 잎을 비교하였을 때 잎 보다 줄기의 항산화 효과가 높았으며 열수 추출물에서의 항산화능이 70% 에탄올 추출물에서 보다 큰 것으로 나타났다. 한편, 왕대 70% 에탄올 추출물을 용매 극성별로 분획하여 항산화 효과를 측정한 결과 디클로로메탄>에틸아세테이트>부탄올>물>헥산의 순으로 TE 값이 높았는데 특히, 디클로로메탄층의 TE 값은 1.713으로서 다른 식물성 추출물 보다 월등히 높은 것으로 나타났다. DPPH를 이용하여 유리기 소거 효과를 측정한 결과와 nitrite 소거 활성을 측정한 결과도 항산화 효과와 같은 경향을 나타내어서 줄기가 잎보다 높은 소거 활성을 나타내었으며 왕대 용매별 분획물의 활성은 디클로로메탄층에서 가장 높았다. 대나무 열수 추출물의 높은 항산화 효과, 유리기 소거 효과 및 nitrite 소거 효과는 메일라드 반응 생성물과 관련이 있을 것으로 여겨져 환원당 함량을 측정한 결과 70% 에탄올 추출물보다는 열수 추출물에서 높게 나타났으며 특히, 왕대 열수 추출물의 환원당 함량이 가장 높았고 조릿대>맹종죽>오죽>솨대의 순이었으며 420 nm에서의 갈색도도 이와 같은 경향을 나타내었으며 높은 상관관계를 나타내었다. 따라서, 당 함량이 높은 식물 추출물의 항산화 효과, 유리기 및 nitrite 소거 활성 검정에는 메일라드 반응에 의한 효과가 부가되는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 인제대학교 바이오헬스 소재연구센터(Biohealth Products Research Center)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 대나무 재료를 제공해 주신 남부임업시험장 관계자 분들께 감사드립니다.

**Table 4. Comparisons of correlation coefficients ( $\gamma$ ) between antioxidative activity measured by TEAC assay, reducing sugar, total nitrogen content and color intensity**

	Water		70% Ethanol	
	Correlation coefficients ( $\gamma$ )	p	Correlation coefficients ( $\gamma$ )	p
TEAC vs reducing sugar content	0.594 <sup>1)</sup>	0.001	0.529 <sup>2)</sup>	0.043
TEAC vs total nitrogen content	0.172	0.540	0.263	0.345
TEAC vs color intensity	0.627 <sup>2)</sup>	0.012	0.603 <sup>2)</sup>	0.017

<sup>1)</sup>Correlation is significant at p<0.01 and <sup>2)</sup>Correlation is significant at p<0.05.

## 문헌

- Moini, H., Packer, L. and Saris, N.L. Antioxidant and prooxidant activities of alpha-lipoic acid and dihydrolipoic acid. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 182: 84-90 (2002)
- Giles, G.I., Tasker, K.M. and Jacob, C. Hypothesis: the role of reactive sulfur species in oxidative stress. *Free Rad. Biol. Med.* 31: 1279-1283 (2001)
- Bomzon, A. and Ljubuncic, P. Oxidative stress and vascular smooth muscle cell function in liver disease. *Pharmacol. Therape.* 89: 295-308 (2001)
- David, A.W. and James, B.M. Chemical biology of nitric oxide: insights into regulatory, cytotoxic, and cytoprotective mechanisms of nitric oxide. *Free Rad. Biol. Med.* 25: 434-456 (1998)
- Espey, M.G., Miranda, K.M., Thomas, D.D., Xavier, S., Citrin, D., Vitek, M.P. and David, A.W. A chemical perspective on the interplay between NO, reactive oxygen species, and reactive nitrogen oxide species. *Ann. New York Acad. Sci.* 962: 195-206 (2002)
- Andreadis, A.A., Hazen, S.L., Comhair, S.A.A. and Erzurum, S.C. Oxidative and nitrosative events in asthma. *Free Rad. Biol. Med.* 35: 213-225 (2003)
- Fubini, B. and Hubbard, A. Reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) generation by silica in inflammation and fibrosis. *Free Rad. Biol. Med.* 34: 1507-1516 (2003)
- Juan, S., Federico, V.P. and Jose, V. The role of mitochondrial oxidative stress in aging. *Free Rad. Biol. Med.* 35: 1-8 (2003)
- Lin, M.T. and Beal, M.F. The oxidative damage theory of aging. *Clin. Neurosci. Res.* 2: 305-315 (2003)
- Rajindar, S.S., Robin, J.M. and William, C.O. Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis. *Free Rad. Biol. Med.* 33: 575-586 (2002)
- Earl, R.S. Importance of individuality in oxidative stress and aging. *Free Rad. Biol. Med.* 33: 597-604 (2002)
- Lucio, A., Anna, P., Mauro, C., Agnese, S., Pasqualina, C., Gianfranco, D.R. and Maurizio, T. Modulation of ion channels by reactive oxygen and nitrogen species: a pathophysiological role in brain aging? *Neurobiol. Aging* 23: 819-834 (2002)
- Kim, M.J., Byun, M.W. and Jang, M.S. Physiological and antibacterial activity of bamboo (*Sasa coreana Nakai*) leaves. *J. Korean Soc. Food Sci. Technol.* 25: 135-142 (1996)
- Michiko, F. Difference between bamboo shoots and vegetables in thermal disintegration of tissues and polysaccharides fractionated by successive extraction. *J. Food Sci.* 55: 739-745 (1990)
- Kim, N.K., Cho, S.H., Lee, S.D., Ryu, J.S. and Shim, K.H. Chemical properties of hot water extracts from bamboos (*Phyllostachys sp.*). *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 469-474 (2001)
- Kim, N.K., Cho, S.H., Lee, S.D., Ryu, J.S. and Shim, K.H. Functional properties and antimicrobial activity of bamboo (*Phyllostachys sp.*) extracts. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 475-480 (2001)
- Baek, J.W., Jung, S.H. and Moon, G.S. Antimicrobial activities of ethanol extracts from Korean bamboo culms and leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 1073-1078 (2002)
- Kim, M.J., Kim, B.K. and Jang, M.S. Effect of bamboo (*Pseudosasa japonica Makino*) leaves on the quality and sensory characteristics of dongchimi. *J. Food Sci. Nutr.* 1: 159-167 (1996)
- Chung, D.K. and Yu, R.N. Antimicrobial activity of bamboo leaves extract on microorganisms related to kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 1035-1038 (1995)
- Shin, M.K. and Han, S.H. Effects of methanol extracts from bamboo (*Pseudosasa japonica Makino*) leaves extracts on lipid metabolism in rats fed high fat and high cholesterol diet. *Korean J. Die. Culture* 17: 30-36 (2002)
- Zang, Y., Wu, X.Q. and Yu, Z.Y. Comparison study on total flavonoid content and anti-free radical activity of leaves of bamboo, *Phyllostachys nigra*, and *Ginkgo biloba*. *China J. Chinese Mat. Medica* 27: 254-257 (2002)
- Kweon, M.H., Hwang, H.J. and Sung, H.C. Identification and antioxidant activity of novel chlorogenic acid derivatives from bamboo (*Phyllostachys edulis*). *J. Agric. Food Chem.* 49: 4646-4655 (2001)
- Hu, C., Zhang, Y. and Kitts, D.D. Evaluation of antioxidant and prooxidant activities of bamboo (*Phyllostachys nigra var.*) Henonis leaf extract *in vitro*. *J. Agric. Food Chem.* 48: 3170-3176 (2000)
- Roberta, R.E., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
- Miller, N.J., Rice-Evans, C., Davies, M.J., Gopinathan, V. and Milner, A.A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84: 407-412 (1993)
- Blois, M.S. Antioxidant determination by the use of stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200 (1958)
- Gray, J.I. and Dugan, L.R. Inhibition of nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40: 981-984 (1975)
- Somogy, M. and Nelson, N. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195: 19-23 (1952)
- Baker, P.R.W. The micro-kjeldahl determination of nitrogen: An investigation of the effects of added salt and catalysts. *Talanta* 8: 57-71 (1961)
- Lien, E.J., Ren S., Bui, H.H. and Wang, R. Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.* 26: 285-294 (1999)
- Maria, G.A., Sonia, P.T., Celestino, S.B. and Julian, C.R.G. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chem.* in Press (2003)
- Rivero, M.D.P., Magarino, S.P. and Gonzalez, M. L. Role of melanoidins in sweet wines. *Anal. Chimica Acta* 458: 169-175 (2002)
- Yen, G.C., Lai, H.H. and Chou, H.Y. Nitric oxide-scavenging and antioxidant effects of *Uraria crinita* root. *Food Chem.* 74: 471-478 (2001)
- Pietta, P., Simonetti, P., Gardana, C. and Mauri, P. Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) of *Ginkgo biloba* flavonol and *Camellia sinensis* catechin metabolites. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 23: 223-226 (2000)
- Yen, G.C., Chang, Y.C. and Su, S.W. Antioxidant activity and active compounds of rice koji fermented with *Aspergillus candidus*. *Food Chem.* 83: 49-54 (2003)
- Do, J.R., Kim, S.B., Park, Y.H., Park, Y.B., Choi, J.S. and Kim, D.S. The nitro-scavenging effects by the component of cassiae torae semen. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 526-529 (1993)
- Lee, G.D., Chand, H.G. and Kim, H.K. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 432-436 (1997)
- Brown, J.M. and Yamamoto, B.K. Effects of amphetamines on mitochondrial function: role of free radicals and oxidative stress. *Pharmacol. Therap.* 99: 45-53 (2003)
- Brune, B., Zhou, J. and Knethen, A. Nitric oxide, oxidative stress, and apoptosis. *Kidney Int.* 84: S22-S24.
- Sonia, S., Prashant, S. and Madhu, D. Nitric oxide- and oxygen-derived free radical generation from control and lipopolysaccharide-treated rat polymorphonuclear leukocyte. *Nitric Oxide* 5: 482-493 (2001)
- Adeghate, E. and Parvez, S. H. Nitric oxide and neuronal and pancreatic beta cell death. *Toxicol.* 153: 143-156 (2000)
- Rakesh, P.P., Joanne, M., Hassan, S., Roger, C.W., Jo, H., Freeman, B.A. and Victor, M.D. Biological aspects of reactive nitrogen species. *Biochim. Biophys. Acta* 1411: 385-400 (1999)
- Weenen, H. Reactive intermediates and carbohydrate fragmentation in Maillard chemistry. *Food Chem.* 62: 393-401 (1998)
- Hofmann, T., Bors, W. and Stettmaier, K. Studies on radical inter-

- mediates in the early stage of the nonenzymatic browning reaction of carbohydrates and amino acids. *J. Agric. Food Chem.* 47: 379-390 (1999)
45. Kirigaya, N., Kato, H. and Fugimaki, M. Studies on antioxidant activity of non-enzymatic browning reaction products, Reaction of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. *Agric. Biol. Chem.* 32: 287-293 (1968)
46. Borrelli, R.C., Mennella, C., Barba, F., Russo, M., Russo, G.L., Krome, K.H., Erbersdobler, F., Faist, V. and Fogliano, V. Characterization of coloured compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products. *Food Chem. Toxicol.* 41: 1367-1374 (2003)
47. Francisco, J.M. and Salvio, J.P. Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chem.* 72: 119-125 (2001)
48. Jing, H. and Kitts, D.D. Chemical and biochemical properties of casein-sugar Maillard reaction products. *Food Chem. Toxicol.* 40: 1007-1015 (2002)

---

(2003년 10월 10일 접수; 2003년 11월 16일 채택)