

## 오디분말의 추출 방법에 따른 생리활성 및 항균효과에 미치는 영향

김 송 기<sup>1</sup> · 강 근 옥<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>롯데호텔, <sup>2</sup>국립한경대학교 영양조리과학과

### Effects of Extraction Method on Physiological Activity and Antibiosis of Mulberry Powder

Song-Gi Kim<sup>1</sup> and Kun-Og Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Lotte Hotel, Seoul 100-721, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anyang 456-749, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to analyze the physiological activity and antibiosis of mulberry powder by extract method. The total phenol content of mulberry powder extracted with methanol was 82.9 mg/g, while that of powder extracted with water was 46.9 mg/g. Extractions with methanol were therefore more effective than with water. The total flavonoid contents of mulberry powder extracted with methanol was 13.0 mg/g, while that of powder extracted with water was 9.4 mg/g. Also, the nitrite-scavenging ability of mulberry powder was lower than ascorbic acid and BHT. The SOD-like activity of mulberry powder extracts, natural antioxidant, and artificial antioxidant at 5 mg/mL arranged in order of decreasing concentration were ascorbic acid (98.3%) > BHT (88.1%) > water extract (9.8%) > methanol extract (3.0%). And, the OH radical scavenging activities of mulberry powder extracts and natural antioxidant at 5 mg/mL in order of decreasing concentration was ascorbic acid (97.0%) > methanol extract (46.2%) > water extract (35.8%). The antimicrobial effects of mulberry powder extracted with methanol could be detected on *Bacillus cereus* (10,000 µg/disc) and *Staphylococcus aureus* (10,000 µg/disc).

Key words : Mulberry powder, extract method, physiological activity, antibiosis.

#### 서 론

약용식물, 과일, 채소 등에 함유된 천연물질에 대한 관심이 커짐에 따라 천연 식품소재에 함유된 기능성 물질을 규명함으로써 보다 부가가치가 높은 식품소재 및 식품으로 제공하고자 하는 연구가 국내외에서 이루어져 왔다(Hassimotto *et al* 2005, Ku *et al* 1999, Rice-Evans *et al* 1996).

이 가운데 뽕나무의 기능성에 대한 연구 결과들이 알려지면서 단순히 누에의 사료공급원에서 식품 또는 약용의 부가가치를 지닌 소재로 탈바꿈하고 있다. 즉, 뽕나무에 다양한 생리활성 물질이 함유되어 있어 이의 생리적, 약리적 작용에 대한 연구들이 많이 보고됨에 따라 기능성 식품, 화장품 및 의약품 신소재로서의 가능성도 제시되고 있다(Kim *et al* 2007, Oh *et al* 2002). 특히 항산화 작용에 있어서는 뽕나무의 잎, 뿌리, 껍질, 상백피 및 열매에서 분리한 물질이나 추출물 또는 부가 생성물을 이용한 *in vitro* 또는 *in vivo* 관련 연구들이 수행되었다(Chen *et al* 2005, Chung *et al* 2003, Tewari *et al* 2005, Zadernowski *et al* 2005).

이 중 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매인 오디(mulberry)는 5월부터 6월에 걸쳐 과실이 검은 색 또는 자홍색을 나타낼 때 채취하여 식용하거나 건조한 후 사용하고 있다. 오디 추출물은 flavonoids, stilbenes, prenylflavonoids, coumarin 및 deoxynojirimycine 등의 항산화, 항간독성 및 항 당뇨병 생리활성물질을 함유하고 있으며, 항당뇨, 항염증 및 항고지혈증 등의 여러 생리작용이 보고되었다(Oh *et al* 2002, Asano *et al* 2001).

항산화 작용의 메커니즘은 free radical 형성에 관여하는 효소를 억제하거나, 미량원소들을 chelation시킴으로써 반응을 억제하는 작용과 활성산소를 소거하는 작용 및 항산화제의 방어진절 또는 보호작용을 포함한다(Kim HB 2005).

지금까지 수행된 오디와 관련된 연구를 살펴보면 우선 오디를 식품가공 시 첨가하여 기능성을 활용하고자 한 연구로 오디 쿠키(Park *et al* 2008), 오디 식빵(Lee *et al* 2008), 오디 추출액을 첨가한 오디 편(Kim *et al* 2003), 오디 와인의 최적 발효 조건 및 발효 특성(Kim *et al* 2008a), 오디분말 차(Cho & Kim 2007) 등이 보고되었다. 그리고 오디 제품의 인체 적용에 관련해서는 오디분말 차 급여가 중년 남, 녀의 혈청 지질 및 심혈관계에 미치는 영향(Kim *et al* 2006)과 오디추출

\* Corresponding author : Kun-Og Kang, Tel : +82-31-670-5181, Fax : +82-31-670-5187, E-mail : cocco-9522@hanmail.net

물이 중년 남성의 항고지혈증에 미치는 효과(Kim *et al* 2008b) 등의 연구가 있다.

또한 오디의 생리활성에 관한 연구로는 용매에 따른 뿌잎과 오디의 생리활성효과(Ju *et al* 2009), 뿌잎 및 뿌잎 차의 항산화능(Kim *et al* 2007), 뿌나무 품종 및 시기별 뿌잎과 오디의 항산화능(Kim HB 2005), 오디추출물의 신경세포 보호 활성 및 항균 활성(Kim *et al* 2005) 등이 있다.

이상에서 볼 때 오디의 식품이용에 대한 무한한 가능성과 활용성에도 불구하고, 오디의 추출 방법에 따른 생리활성에 대한 분석은 다소 미흡한 실정이며, 또한 항균성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 그러므로 본 연구에서는 오디분말의 활성성분을 추출 수율이 높은 메탄올 및 극성용매인 물의 두 가지 방법으로 추출하고(Lee *et al* 2011, Kwon *et al* 2010), 그 추출액에 대한 항산화성 등 생리활성 및 항균성 효과를 분석하여 오디의 산업적 활용에 대한 자료로 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용된 오디는 전북 진안 산으로 송사랑 식품에서 열풍건조하여 분말가공한 것을 구입(2010년 5월)하여  $-40^{\circ}\text{C}$ 에 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 일반성분 측정

오디의 일반성분은 AOAC법(AOAC 1995)에 따라 측정하였다. 즉, 수분은  $105^{\circ}\text{C}$  상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 semi micro Kjeldahl법(Nx6.25), 조회분은  $550^{\circ}\text{C}$  회화법, 조섬유는  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-KOH}$ 법으로 정량하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조단백, 조회분, 조섬유를 뺀 값으로 하였으며, 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 내었다.

#### 2) 오디추출물 제조

오디분말 100 g을 정확히 칭량하여 10배의 메탄올 및 물을 각각 첨가한 후, 환류냉각장치를 이용하여 5시간 동안 추출하였다. 각각의 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 여과하고, 남은 잔사에 다시 용매를 가하여 위와 동일한 방법으로 3반복 추출하여 제조하였다. 이 추출물을  $40^{\circ}\text{C}$ 에서 감압농축(Rotary evaporator N-1000, EYELA, Japan)하고, 용매가 완전히 제거된 상태에서 다시 동결건조하여 측정시료로 사용하였다. 수율의 측정은 추출에 사용한 시료의 건물에 대한 추출물의 총 고형분 함량의 백분비로 하였다. 제조된 오디추출물은 냉동실( $-40^{\circ}\text{C}$ )에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 3) 총 폴리페놀 화합물 측정

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Denis법(Folin & Denis 1912)에 의하여 분석하였다. 즉, Folin-Denis 시약은 sodium tungstate 10 g, phosphomolybdic acid 2 g, phosphoric acid 5 mL를 100 mL 용량 플라스크에 넣고 증류수로 정용한 후 삼각 플라스크에 옮겨 2시간 동안 환류 조작하여 사용하였다. 실험방법으로는 캡 튜브에 증류수 7 mL,  $100\ \mu\text{g/mL}$ 의 농도로 제조한 시료용액 1 mL를 넣은 후 Folin-Denis 시약 0.5 mL를 첨가하여, 정확히 3분 후에 sodium carbonate 포화용액 1 mL, 증류수 0.5 mL를 넣고 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 탄닌산(tannic acid, Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준곡선 작성에 이용한 탄닌산의 농도는 25, 50, 75 및  $100\ \mu\text{g/mL}$ 이었다. 총 폴리페놀 함량은 시료 g중의 mg tannic acid로 나타내었다.

### 4) 총 플라보노이드 측정

총 플라보노이드 함량(Kang *et al* 1996)은  $200\ \mu\text{g/mL}$  농도로 제조한 시료 용액 1 mL와 diethylene glycol 10 mL를 혼합하고, 여기에 1 N NaOH 용액 1 mL를 가하여 잘 혼합한 후  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 반응시켜 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 quercetin(Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준곡선 작성에 이용한 quercetin의 농도는 50, 100, 150 및  $200\ \mu\text{g/mL}$ 이었다. 총 플라보노이드 함량은 시료 g중의 mg quercetin으로 나타내었다.

### 5) 아질산염 소거능 측정

아질산염( $\text{NaNO}_2$ ) 소거능은 Kato *et al*(1987) 방법으로 측정하였다. 즉, 1 mM  $\text{NaNO}_2$  용액 2 mL에 2 mg/mL 농도로 조제한 시료용액 1 mL를 가하고 0.1 N HCl(pH 1.2), 0.2 M 구연산완충액(pH 3.0 및 pH 6.0)으로 각각 pH 1.2, 3.0 및 6.0으로 조정된 다음, 반응액의 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL와 Griess 시약(30% 초산용액에 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 이 혼합액을 15분간 실온에서 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산량을 구하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율로 나타내었다.

$$N(\%) = 1 - \frac{A - C}{B} \times 100$$

N : 아질산염 소거능

A : 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

B : 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 시료 대신에 증류수를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

C : 시료 추출물 자체의 흡광도

### 6) SOD(Supeoxide Dismutase) 유사활성능 측정

SOD 유사활성능은 Kim *et al*(2001)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉, 각 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM tris+10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol(containing 10 mM HCl) 0.5 mL를 가하고 실온에서 10분간 방치한 후, 1 N HCl 1 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 SOD 유사활성능은 아래의 식으로부터 구하였다.

$$\text{SOD 활성능(\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A : 시료 첨가구의 흡광도

B : 시료 무 첨가구의 흡광도

단, A, B는 대조구의 흡광도를 제외한 수치임

### 7) Hydroxyl Radical 소거활성 측정

Hydroxyl radical 소거활성은 Chung *et al*(1997)의 방법에 따라 EDTA가 포함된 Fenton 반응계( $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HO} \cdot + \text{HO}^-$ )에서 분석하였다. 즉, 10 mM FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 용액, 10 mM EDTA · 2Na 용액, 10 mM 2-deoxyribose 용액을 각각 0.2 mL 혼합한 Fenton 반응 혼합물에 1, 2 및 5 mg/mL의 시료용액 0.2 mL, 0.1 M phosphate buffer 용액(pH 7.4) 1.2 mL를 넣어 총 용액 1.8 mL로 조제하였다. 여기에 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 0.2 mL를 가하여 혼합한 후 37°C에서 1시간 반응시켰다. 다시 2.8% TCA(trichloroacetic acid) 시약 1.0 mL와 1% TBA(thiobarbituric acid) 1.0 mL를 가하여 끓는 물에서 10분간 반응시키고, 실온에서 급냉한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 hydroxy radical 소거능은 아래의 식으로부터 구하였다.

$$\text{Hydroxy radical 소거능(\%)} = 1 - \frac{A_s - A_o}{A_c - A_o} \times 100$$

A<sub>s</sub> : 시료 첨가구의 흡광도

A<sub>c</sub> : 시료 무 첨가구의 흡광도

A<sub>o</sub> : 37°C에서의 반응이 생략된 시약 혼합물의 흡광도

### 8) Paper Disc법에 의한 항균성 측정

항균성은 paper disc법(Kim *et al* 2000)을 이용하여 측정하

였다. 측정에 사용된 균주는 대표적인 식품 유해세균으로 Gram 양성균(*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*)과 Gram 음성균(*Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*)을 각각 사용하였다.

실험은 우선 각 시험균주를 해당 액체배지에 24시간 전배양하고, 평판배지의 조제는 각각의 생육배지로 멸균된 1.5% agar를 살레에 20 mL씩 분주하여 응고시킨 후, 각 시험균 액을 0.1 mL씩 첨가하여 멸균된 유리봉으로 배지 위에 고르게 퍼지도록 도포하여 사용하였다. 오디추출물들을 각각 일정농도로 주입한 paper disc(8 mm, Toyo Roshi Kaicha Ltd., Japan)를 평판배지 위에 흡착시키고 멸균 수 30 μL를 주입한 후 37°C에서 24시간 배양하여 paper disc 주변의 inhibition clear zone(8 mm : no inhibition, 8~9 mm : very slight inhibition, 9~10 mm : slight inhibition, 10~14 mm : moderate inhibition)의 직경(mm)을 측정하여 오디추출물에 대한 항균성을 비교 분석하였다.

### 3. 통계 처리

실험결과는 SAS package(release 8.01)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

본 연구에 사용한 오디분말의 일반성분은 Table 1과 같다. 오디분말 수분함량은 18.8%였으며, 조단백 9.6%, 조지방 8.0%, 당 47.3%, 조섬유 8.8% 그리고 조회분은 4.6%이었다.

### 2. 추출 수율

오디분말의 메탄올 추출 시 수율은 74.2%이었고, 물 추출에서는 5.3%로 메탄올 추출 수율이 물 추출에 비해 약 15배 정도 더 많았다(Table 2). 이러한 연구 결과는 뽕잎의 전처리 조건에 따른 항산화능 연구(Kim HB 2005)에서 뽕잎의 물 추출보다 메탄올 및 에탄올 추출 시 수율이 더 높았다는 보고와 같았다. 그러나 Rho SJ(2011)의 연구에서는 칩분말의 물 추출률은 38.3%이고, 메탄올 추출률은 20.4%이며, Kim OS(2011)의 연구에서도 모시 잎분말의 물 추출률은 22.5%이고, 메탄올 추출률은 13.7%로 물 추출 시 수율이 더 높다고 하여 본 연구와 다른 결과를 보였는데, 이는 시료의 차이에 의한 것으로 사료된다.

### 3. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량

식물이나 식품에는 생리활성을 가지는 각종 phytochemical이 다양하게 함유되어 있는데, 이 중 폴리페놀 화합물은

**Table 1. Approximate composition of the mulberry powder**

Items	Amount (%)
Moisture	18.8±0.5 <sup>1)</sup>
Crude protein	9.6±0.2
Crude lipid	8.0±0.2
Carbohydrate	47.3±0.2
Crude fiber	8.8±0.2
Crude ash	4.6±0.1

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D., *n*=3.

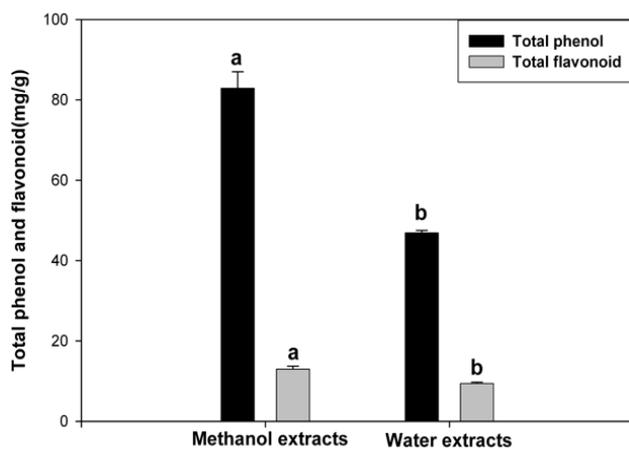
**Table 2. The extraction yields of mulberry powder methanol and water extract**

Classification	Extraction yields (%)
Methanol extracts	74.2±0.2 <sup>1)</sup>
Water extracts	5.3±0.2

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D., *n*=3.

식물계에 널리 분포하며, 2차 대사산물은 다양한 구조를 나타낸다. 특히 페놀성 화합물이 생체 내에서 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려지면서(Sato *et al* 1996, Fitzpatrick *et al* 1993), 식품에서 페놀성 물질을 확인하려는 연구가 수행되었다(Lim JH 2009, Choi & Kang 2009).

본 연구에서는 오디분말 추출물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정하였는데, Fig. 1과 같이 메탄올로 추출한 오디의 총 폴리페놀 함량은 82.9%, 물 추출물은 46.9%로

**Fig. 1. Total phenol and flavonoid contents of mulberry extracts.**

<sup>a,b</sup> Means with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple test (*p*<0.05).

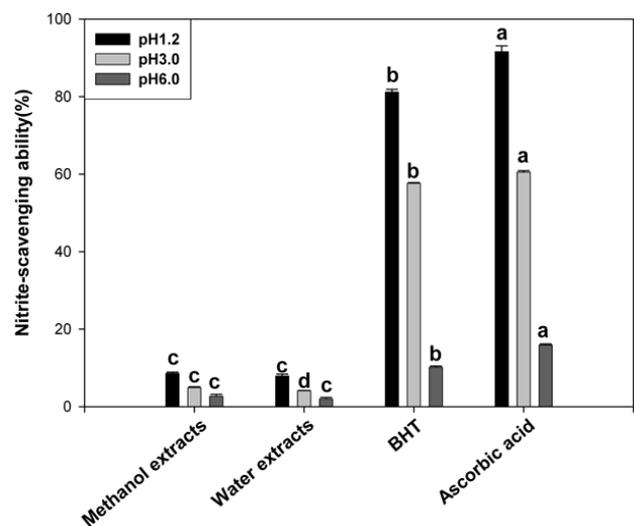
나타났다. 그리고 오디분말 메탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량은 13.0%, 물 추출물은 9.4%로 물보다 메탄올로 추출했을 때 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 더 많았으며, 생리활성 성분이 함유되어 있음을 확인할 수 있었다.

그리고 물 추출한 매실 농축액의 총 페놀함량은 5.85%였고, 메탄올로 추출했을 때는 10.08%였으며, 플라보노이드 함량은 물 추출 시 0.17%, 메탄올 추출 시 1.29%였다고 한 연구(Lim JH 2009)에서도 두 성분 모두 물보다는 메탄올로 추출했을 때 더 함량이 높았다고 하여 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. 또한 Hwang SJ(2007)의 죽엽 분말에 대한 물 및 아세톤 추출에서 총 페놀함량이 물 추출물의 경우 2.16 mg%, 아세톤 추출물의 경우 6.28 mg%로 아세톤 추출물에서 함량이 더 높았다고 보고한 바 있다.

#### 4. 아질산염 소거능

질산염이 많이 함유된 식품을 다량 섭취하게 되면 methemoglobin증 등 중독 증상을 일으킬 수 있으며, 아질산염과 nitroso화 반응은 위장 내의 낮은 산성 조건에서 쉽게 일어나서 발암물질인 nitrosamine을 생성한다(Bartsh *et al* 1988, Kyun *et al* 2007). 이러한 nitroso 반응을 억제하기 위해서는 nitrosamine 생성 기질인 amine의 생성을 억제하거나 식품의 아질산염을 소거해야 하며, 또한 아질산염 소거능이 우수한 식품을 아질산염과 아민이 존재할 수 있는 생식품 및 가공식품과 함께 섭취함으로써 nitrosamine에 의한 암 발생 등 유해물질생성을 예방할 수 있다.

본 연구에서 오디의 아질산염 소거능을 측정할 결과, Fig. 2와 같이 메탄올 추출액은 pH 1.2, 3.0 및 6.0에서 각각 8.6,

**Fig. 2. Nitrite-scavenging abilities of mulberry extracts.**

<sup>a~d</sup> Means with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple test (*p*<0.05).

4.9 및 2.7%로 pH가 증가할수록 아질산 소거능이 꾸준히 감소하였다. 그리고 물 추출액은 pH 1.2, 3.0 및 6.0에서 각각 7.0, 4.1 및 2.0%로 메탄올 추출물에서와 같이 pH가 증가할수록 감소하였으며, 메탄올 추출물에서 보다 낮은 아질산염 소거능을 나타내었다. Roh SJ(2011)은 칩의 물 추출물(pH 1.2)의 아질산염 소거능은 500, 1,000 및 2,000 ppm에서 6.3, 14.4 및 30.3%였고, 메탄올 추출물(pH 1.2)은 27.3, 54.7 및 68.5%로 추출물의 농도가 높을수록, 또 물 추출보다는 메탄올 추출시에 아질산염 소거능이 더 크다고 하여 본 연구와 유사하였다. Ha *et al*(2001)도 칩 시료의 아질산염 소거능이 물 추출물에서는 59.4%이고, 에탄올 추출물은 61.0%로 더 높다고 한 바 있다. 그리고 Lee *et al*(2000)의 연구에서는 토마토, 매실, 자두 및 포도주스의 아질산염 소거작용이 pH 1.2일 때 58.0~100%, pH 4.2에서 29.0~100%, pH 6.0에서 18.0~82.9%로 반응용액의 pH가 산성영역에 가까울수록, 시료의 첨가량이 많을수록 높게 나타났다.

그러나 Ju *et al*(2009)은 오디 추출물에서 pH가 증가할수록 아질산염 소거능 활성이 감소하는 경향을 보인다고 한 것은 본 연구와 같으나 에탄올 추출물보다 물 추출물에서 활성이 더 높다고 하여 본 연구와 다른 결과를 제시하였고, Park *et al*(2002)의 연구에서도 썩 물 추출물 1,000 ppm에서의 소거능은 pH 1.2에서 37%이고, 에탄올 추출물은 27%로 물 추출물보다 낮다고 보고하여 아질산염 소거능은 시료의 종류, 추출 방법, 용매 등에 따라 다소 차이를 나타내는 것으로 사료된다.

오디추출물과 합성 항산화제 butylated hydroxytoluene(BHT) 및 천연 항산화성 비타민 ascorbic acid와의 아질산염 소거능 비교를 보면 pH 1.2, 3.0, 6.0에서 BHT의 아질산염 소거능은 81.2, 57.6 및 10.2%이었고, ascorbic acid는 91.6, 60.5 및 15.9%이었다. 이에서 아질산 소거능이 가장 큰 물질은 ascorbic acid이며, 오디의 아질산 소거능은 합성 항산화제인 BHT나 천연 항산화제인 ascorbic acid보다 떨어지는 것을 알 수 있었으며, Koh *et al*(2005)도 ascorbic acid 및 BHT의 아질산염 소거능은 각각 93.8 및 72.2%로 석류씨보다 더 높다고 하여 본 연구와 같은 결과를 나타내었다.

### 5. SOD(Superoxide Dismutase) 유사활성능

Superoxide dismutase(SOD)는 생체 내에서 superoxide radical을 산소로 산화시켜주는 천연 항산화제(Hong *et al* 2007)로, SOD는 세포 내 활성산소를 과산화수소로 전환시키는 반응의 촉매 효소이며 SOD에 의해 생성된 과산화수소는 catalase 또는 peroxidase에 의해 물분자와 산소분자로 전환되는 중요한 효소 중의 하나이다( $2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ ).

이러한 SOD와 똑같은 것은 없지만 superoxide anion의 활성을 억제시키는 물질 즉, SOD 유사활성 측정법이 분석에 널

리 이용되고 있는데, 본 연구에서도 이를 이용해 오디추출물에 함유된 SOD 활성을 측정하였다. Fig. 3과 같이 1, 2 및 5 mg/mL에서 메탄올 추출물의 SOD 활성능은 각각 1.2, 2.4 및 3.0%이었고, 물 추출물의 SOD 활성능은 각각 4.5, 5.4 및 9.8%로 물 추출물에서 더 높은 것으로 나타났다. 비교군인 BHT의 SOD 활성능은 1, 2 및 5 mg/mL에서 각각 40.3, 73.8 및 88.1%이었고, ascorbic acid의 SOD 활성능은 77.7, 96.4 및 98.3%로 오디의 SOD 활성능이 더 낮았으나, 오디에도 superoxide anion의 활성을 억제시킬 수 있는 SOD 유사활성을 나타내는 생리활성 물질이 함유되어 있음을 알 수 있었다. Ju *et al*(2009)도 오디 물 추출물이 에탄올 추출물보다 SOD 활성능이 더 높다고 하였다. 또한 Lim JH(2009)도 매실 물 추출액의 SOD 활성능이 1,000, 5,000 및 10,000 ppm에서 17.98, 23.16 및 24.11%이었고, 메탄올 추출액은 6.13, 14.71 및 23.02%로 물 추출물에서 SOD 활성이 더 높다고 하였으며, 비교군인 ascorbic acid의 SOD 활성능은 33.79, 88.15 및 91.46%로 매실에 비해 SOD 활성능이 더 높았다고 하여 본 연구와 같은 결과를 보고하였다.

### 6. Hydroxyl Radical 소거활성

가장 강력한 활성산소로 알려진 hydroxyl radical의 생성량은 반응성 산화대사물에 의해 deoxyribose가 파괴되어 aldehyde가 생성되며, DNA 손상에 의한 돌연변이, 암 등의 발생과도 밀접한 관계가 있다. 따라서 hydroxyl radical을 소거하는 효과는 항산화제로서 그 의의가 크다고 할 수 있다. Fenton 반응에 의해서 생성된 hydroxyl radical 소거활성을 측정 한 결과, Fig. 4와 같이 1, 2 및 5 mg/mL 메탄올 추출물에서

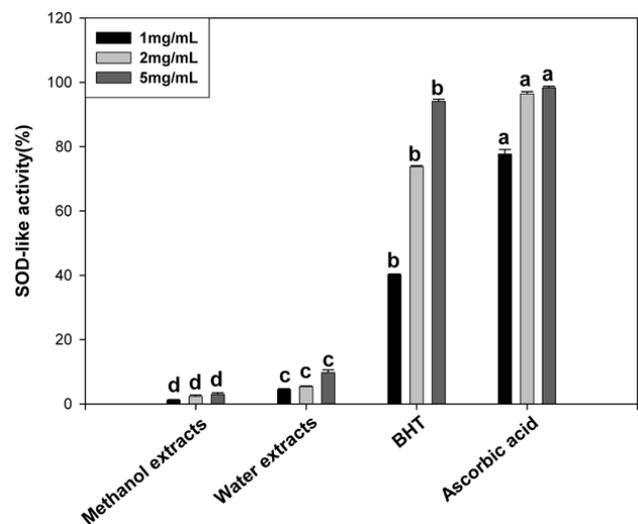


Fig. 3. SOD-like activities of mulberry extracts.

<sup>a~d</sup> Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

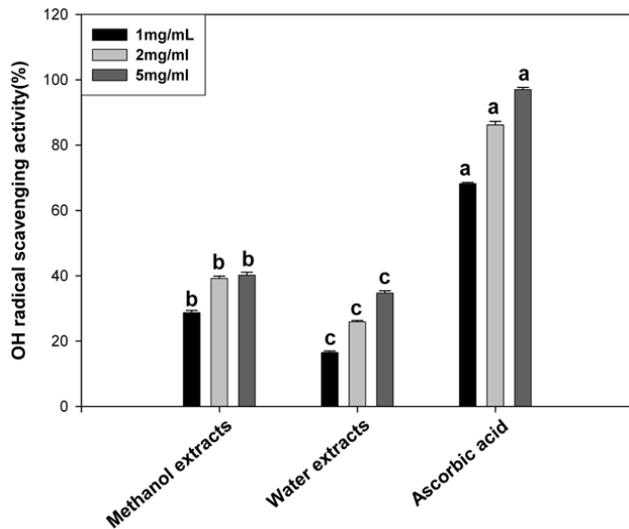


Fig. 4. OH radical scavenging activities of mulberry extracts.

<sup>a-c</sup> Means with the different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

는 각각 28.7, 39.2 및 36.2%이었고, 물 추출물에서는 각각 16.5, 25.9 및 35.8%로 메탄올 추출물에서 더 높은 것으로 나타났다. 비교군인 ascorbic acid의 hydroxyl radical 소거활성능은 1, 2 및 5 mg/mL에서 각각 68.2, 86.2 및 97.0%로 오디 추출물보다 ascorbic acid에서 더 높았다.

## 7. Paper Disc법에 의한 항균성 측정

인공합성 보존제 대신 천연물로부터 식품 보존제를 개발하려는 연구(Choi *et al* 1997, Lee & Lim 1998)가 수행되었으며, 그 일환으로 본 연구에서는 오디의 항균성을 알아보았다. 그 결과, Table 3과 같이 메탄올 추출액의 10,000  $\mu\text{g}/\text{disc}$  농도에서 *Bacillus cereus*와 *Staphylococcus aureus*에 대해서만 적은 항균성이 검출되었을 뿐 1,000~10,000  $\mu\text{g}/\text{disc}$ 의 대부분 농도에서 메탄올 추출물과 물 추출물의 항균성은 측정되지 않았다. 이와 유사한 연구로 Koh *et al*(2005)은 석류씨 기름 추출물의 경우 *Micrococcus luteus*, *Salmonella enteritidis*에서, 물 추출물의 경우 *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*에서 항균효과를 보였고, 에탄올 추출물의 경우 모든 균에 대하여 항균효과를 보이지 않았다고 보고하여 추출 방법에 따라 차이가 있음을 보고하였다. 밀 배아 에탄올 추출물의 항균활성(Choi & Kang 2009)에서는 20,000  $\mu\text{g}/\text{disc}$  농도에서 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*에 대해서만 약간의 가능성을 보였을 뿐 농도 및 추출 방법 모두에서 항균성을 탐지해 낼 수 없었다고 하였고, Hong *et al*(2007)은 꽃감 및 생감의 경우 *Escherichia coli*에 대해서만 약한 항균성을 볼 수 있었으며, 감잎 추출물의 항균성은 측정되지 않았다고 하였

Table 3. Antimicrobial effects of mulberry extracts

Microorganisms tested	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{disc}$ )	Methanol extract (mm)	Water extract (mm)
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 40935	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	±	-
	10,000	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11335	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	±	-
	10,000	+	-
<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	-	-
	10,000	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	-	-
	10,000	-	-

- No inhibition (8 mm).

± Very slight inhibition (8~9 mm).

+ Slight inhibition (9~10 mm).

++ Moderate inhibition (10~14 mm).

다. 그러나 각종 차류의 항균 작용 연구(Yeo *et al* 1995)에서는 대체로 Gram 음성균보다 양성균에 대한 감수성이 커 병원성 균인 *Enterobacter aerogenes*와 식중독균인 *Vibrio parahaemolyticus* 균주에서는 낮은 농도에서도 효과가 좋았다고 하였다. Kim *et al*(1998)은 민들레에 대하여 메탄올로 항균성 물질을 추출하고, 식품 부패와 오염에 관계하는 5종의 균주에 대하여 항균성을 검색한 결과, 그 활성이 우수하였다고 하였으며, Sung KC(2003)은 썩 정유성분을 1,000 ppm 이상 첨가하였을 경우 *Staphylococcus aureus* 균과 Fungi 균이 5일 후 거의 소멸상태로 관찰되어 썩 추출물의 항균효과가 있다고 하였다. 이와 같이 생리활성 물질이 함유되어 있다고 알려진 다양한 식품에 대한 항균성 실험이 있었지만, 생리활성 효과에 비해 항균성은 많이 확인되지 않는 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

오디의 산업적 활용도를 높이기 위한 기초 연구로 추출

방법을 달리하여 오디의 생리활성 및 항균성을 분석하였다. 오디분말의 메탄올 추출 수율은 74.2%이었고, 물 추출 수율은 5.3%로 메탄올 추출 수율이 물 추출에 비해 약 15배 정도 더 많았다. 메탄올로 추출한 오디의 총 폴리페놀 함량은 82.9%, 물 추출물은 46.9%이고, 오디 메탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량은 13.0%, 물 추출물은 9.4%로 물 추출물보다 메탄올 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 더 많았다. 아질산염 소거능은 메탄올 및 물 추출물에서 모두 나타났는데, pH가 증가할수록 소거능이 감소하였고, 메탄올 추출물보다 물 추출물에서 낮았다. 또한 오디추출물과 항산화제 간의 비교 실험에서는 합성 항산화제인 BHT나 천연 항산화제인 ascorbic acid보다 매우 낮은 것으로 나타났다. 오디 메탄올 추출물의 SOD 활성능은 1, 2 및 5 mg/mL에서 각각 1.2, 2.4 및 3.0%이었고, 물 추출물은 각각 4.5, 5.4 및 9.8%로 물 추출물에서 더 높았다. 비교군인 BHT의 SOD 활성능은 각각 40.3, 73.8 및 88.1%이었고 ascorbic acid의 SOD 활성능은 77.7, 96.4 및 98.3%로 오디의 SOD 활성능이 가장 낮았다. Hydroxyl radical 소거활성은 물 추출물보다 메탄올 추출물에서 더 높았고, 비교군인 ascorbic acid의 hydroxyl radical 소거활성은 오디보다 더 높았다. 그리고 오디의 항균성 실험에서는 10,000 µg/disc 농도의 메탄올 추출액에서 *Bacillus cereus*와 *Staphylococcus aureus*에 대해서만 적은 항균성이 확인되었다.

이상에서와 같이 오디의 활성성분 추출은 물보다 메탄올이 더 효과적임을 알 수 있었으며, 오디에 함유되어 있는 생리활성 물질과 다양한 항산화 효과를 토대로 이를 식품가공에 적극 활용한다면 오디를 재배하는 농가의 수익 증대와 가공식품 섭취를 통한 기능성 증진 효과를 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

## 문 헌

- AOAC (1995) *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. USA. pp 69-74.
- Asano N, Yamashita T, Yasuda K, Ikeda K, Kizu H, Kameda Y, Kato A, Nash RJ, Lee HS, Ryu KS (2001) Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (*Morus alba* L.) and silkworms (*Bombyx mori* L.). *J Agric Food Chem* 49: 4208-4213.
- Bartsh H, Ohshima H, Pignatelli B (1988) Inhibition of endogenous nitrosation: Mechanism and implication in human cancer prevention. *Mit Res* 202: 307-324.
- Chen PN, Chu SC, Chiou HL, Kuo WH, Chiang CL (2005) Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. *Cancer Lett* 21: 1-12.
- Cho MZ, Kim AE (2007) The manufacturing and physiological evaluation of mulberry fruit tea. *Korean J Food & Nutr* 20: 173-178.
- Choi BS, Kang KO (2009) Studies on the analysis of physiological and antimicrobial activity of wheat germ. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 585-592.
- Choi MY, Choi EJ, Lee E, Rhim TJ, Cha BC, Park HJ (1997) Antimicrobial activities of pine needle extract. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 25: 293-297.
- Chung KO, Kim BY, Lee MH, Kim YR, Chung HY, Park JH, Moon JO (2003) *In vitro* and *in vivo* anti inflammatory effect of oxyresveratrol from *Morus alba* L. *J Pharm Pharmacol* 55: 1695-1700.
- Chung SK, Osawa T, Kawakishi S (1997) Hydroxyl radical-scavenging effect of spice and scavenger from brown mustard (*Brassica nigra*). *Biosci Biotech Biochem* 61: 118-123.
- Fitzpatrick DF, Hirschfield SL, Coffey RG (1993) Endothelium dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. *Am J Physiol* 265: H744-H778.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Ha JU, Ryu YK, Park HJ (2001) Nitrite scavenging ability and antioxidative activity of water extract and ethanol extract from *Cassia tora* L. and *Pueraria thunbergiana*. *Korean J Food Sci Ani Resour* 21: 1-9.
- Hassimotto NM, Genovese MI, Lajolo FM (2005) Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *J Agric Food Chem* 53: 2928-2935.
- Hwang SJ (2007) Functional characteristics of bamboo leaf powder and quality characteristics of the steam bread and white pan bread with the powder. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 45-65.
- Ju MJ, Kwon JH, Kim HK (2009) Physiological activities of mulberry leaf and fruit extracts with different extraction conditions. *Korean J Food Preserv* 16: 442-448.
- Kang YH, Park YK, Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
- Kim AJ, Kim MW, Woo NY, Kim MH, Lim YH (2003) Qua-

- lity characteristics of *oddi-pyun* prepared with various levels of mulberry fruit extract. *Korean J Food Cookery Sci* 19: 708-714.
- Kim AJ, Park SJ, Rho JO (2008a) Mulberry fruit extract consumption is inversely associated with hyperlipidemia. *Korean J Food & Nutr* 21: 121-126.
- Kim AJ, Yuh CS, Bang IS (2006) Effect mulberry fruit tea on the serum lipid profiles and cardiovascular disease markers of middle-aged people living in Choongnam. *J East Asian Dietary Life* 16: 408-413.
- Kim HB (2005) Anti-oxidative capacity analysis of water soluble substances according to varieties and maturity stages in mulberry leaves and fruits. *Korean J Seric Sci* 47: 62-67.
- Kim HB, Kang CK, Sung GB, Kang SW, Lee JR (2007) Anti-oxidative capacity of mulberry leaf and its tea. *Korean J Seric Sci* 49: 18-23.
- Kim HB, Kim SY, Lee HY, Kim SL, Kang SW (2005) Protective effect against neuronal cell and inhibitory activity against bacteria of mulberry fruit extracts. *J Crop Science & Biotechnology* 50: 220-223.
- Kim KH, Chun HJ, Han YS (1998) Screening of antimicrobial activity of the Dandelion (*Taraxacum platycarpum*) extract. *Korean J Soc Food Sci* 14: 114-118.
- Kim MS, Lee DC, Hong JE, Chang KS, Cho HY, Kwon YK, Kim HY (2000) Antimicrobial effects of ethanol extracts from Korean and Indonesian plants. *Korean J Food Sci Technol* 32: 949-958.
- Kim OS (2011) Quality characteristics of bakery products added with mosi leaf powder. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 45-67.
- Kim SM, Cho YS, Sung SK (2001) The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.
- Kim YS, Jeong DY, Shin DH (2008b) Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry wine. *Korean J Food Sci Technol* 40: 1-7.
- Koh JH, Moon HJ, Jwang SY, Don JY (2005) Antioxidative and antimicrobial activities of pomegranate seed extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 171-179.
- Ku JM, Yeh DB, Pan BS (1999) Rapid photometric assay evaluating antioxidative activity in edible plant material. *J Agric Food Chem* 47: 3206-3209.
- Kwon JB, Kim MS, Sohn HY (2010) Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and antithrombin activities of the rhizome of various *Dioscorea* species. *Korean J Food Preserv* 17: 391-397.
- Kyun SH, Lee JS, Lee KB, Lee JS (2007) Antioxidative activity of *Gynostemma pentaphyllum* Makino extracts. *Korean J Food Sci Technol* 39: 447-451.
- Lee SB, Lee KH, Lee KS (2008) Quality characteristics of white pan bread with mulberry extracts. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 805-811.
- Lee SH, Lim YS (1998) Antimicrobial effects of *Schizandra chinensis* extract on pathogenic microorganism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 239-243.
- Lee SJ, Chung MJ, Shin JH, Sung NJ (2000) Effect of natural plant components on the nitrite-scavenging. *J Fd Hyg Safety* 15: 88-94.
- Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS (2011) Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 29-36.
- Lim JH (2009) The effect of Maesil (*Prunus mume*) concentrate on the characteristics quality of the wheat flour and products. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 65-80.
- Oh HC, Ko EK, Jun JY, Oh MH, Park SU, Kang KH, Lee HS, Kim YC (2002) Hepatoprotective and free radical scavenging activities of phenyl flavonoids, coumarin and stilbene from *Morus abla*. *Planta Med* 68: 932-934.
- Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS, Choi KH (2002) Antioxidative and nitrite scavenging activities of mugwort and pine needle extracts. *Korean J Food Preser* 9: 248-252.
- Park GS, Lee JA, Shin YJ (2008) Quality characteristics of cookie made with Oddie powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 1014-1021.
- Rho SJ (2011) Physiological effects and quality characteristics of bread and cake products with arrowroot powder. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 53-75.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G (1996) Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radic Biol Med* 20: 933-956.
- Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H (1996) Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agric Food Chem* 44: 37-41.
- Sung KC (2003) A study on the antimicrobial effect of natural artemisia extract using super critical carbon dioxide. *J of Korean Oil Chemists' Soc* 20: 309-315.
- Tewari RK, Kumar P, Sharma PN (2005) Antioxidant responses

- to enhanced generation of superoxide anion radical and hydrogen peroxide in the copper-stressed mulberry plants. *Planta Med* 15: 1-9.
- Yeo SG, Ahn CW, Kim IS, Park YB (1995) Antimicrobial effect of tea extracts from green tea, oolong tea and black tea. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 293-298.
- Zadernowski R, Naczek M, Nesterowicz J (2005) Phenolic acid profiles in some small berries. *J Agric Food Chem* 53: 2118-2124.
- 

접 수: 2012년 4월 18일  
최종수정: 2012년 6월 15일  
채 택: 2012년 6월 19일