

비자 추출물의 식품부패균에 대한 항균효과 및 항산화활성

임 태 진 · 최 무 영^{1)†}

상지대학교 동물생명자원학부 · 상지대학교 식품영양학과¹⁾

Antimicrobial Effects on Food-Borne Pathogens and the Antioxidant Activity of *Torreya Nucifera* Extract

Tae-Jin Rhim · Moo-Young Choi^{1)†}

Dept. of Biotechnology in Division of Animal and Life Resources, Sangji University, Wonju, Korea

Dept. of Food and Nutrition, Sangji University, Wonju, Korea¹⁾

ABSTRACT

This study investigates antimicrobial effects of food-borne pathogens and the antioxidant activity of *Torreya nucifera* extract. The growth of food-borne pathogens including *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans* was inhibited by the extract. The antimicrobial activity of the extract was highest for *Staphylococcus aureus* among seven gram-positive bacteria and for *Pseudomonas aeruginosa* among six gram-negative bacteria. The extract exhibited slightly lower DPPH radical-scavenging activity, but its ABTS radical-scavenging activity was higher than that of α -tocopherol. The results demonstrate the extract's antimicrobial effects on food-borne pathogens as well as potent antioxidant capacity and suggest that *Torreya nucifera* may be used as a natural antibacterial agent and an effective antioxidant in food.

Key words: *Torreya nucifera*, antimicrobial activity, DPPH radical, ABTS radical

I. 서론

사회가 발전하고 시대가 변화하면서 식생활의 간편화나 다양화와 더불어 단체급식이나 외식의 기회가 많아지고 있다. 또한, 지구 온난화 현상 및 실내온도 상승 등 환경변화로 인하여 국내·외 가공식품, 냉동 및 냉장식품과 즉석식품에서 다양한 유해 미생물에 의

해 야기되는 식중독 사고는 증가하고 규모면에서도 집단화·대형화하고 있는 실정이다. 식품의 부패 및 변질은 주로 미생물 작용에 의해 일어나는데 이를 방지하기 위해 식품보존제 등 다양한 방법들을 사용하여 저장기간의 연장을 시도하고 있다. 근래에는 소비자의 건강 지향적 요구가 증대되어 합성보존제의 기피 현상이 사회전반에서 일어나고 있으며, 또 안전성이

접수일: 2015년 9월 17일 심사일: 2015년 10월 19일 게재확정일: 2015년 10월 30일

[†]Corresponding Author: Moo-Young Choi Tel: +82-33-730-0497 E-mail: mychoi@sangji.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

문제시되는 합성보존제 대신에 천연소재로부터 얻은 천연 성분 즉 항균성 물질을 이용하여 식품저장 중 일어나는 식품의 변질을 방지하여 식품의 신선함과 안정성을 동시에 만족시키려는 노력이 수반되고 있다. 따라서 식용 및 약용으로 이용되고 있는 천연물을 이용하여 천연보존제 개발에 대한 많은 연구들이 활발히 진행되고 있다(Lee et al. 2004; Choi & Rhim 2010; Seo et al. 2010; Choi et al. 2013).

한편, 체내에서 생성되는 활성산소는 세포내 항산화효소에 의해 조절되거나 식품으로부터 섭취되는 항산화성분에 의해 소거되는 것으로 알려져 있다(Kim et al. 2012). 즉, 항산화제는 인체 내의 대사과정에서 발생하는 유해한 활성산소에 의한 지질 과산화반응 등의 산화작용을 억제하여 세포막 및 적혈구 파괴를 방지하고, 발암물질의 생성을 억제하고, 세포의 노화를 억제하는 물질로써, 천연항산화제와 합성항산화제가 있다. Butylated hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene(BHT)와 같은 합성항산화제는 우수한 항산화효과 및 경제성에도 불구하고 과량으로 섭취할 경우 암 유발 가능성 등의 안전성이 논란이 되고 있다. 따라서 천연물질로부터 안전성과 항산화력이 우수한 물질을 탐색하는 노력과 항산화제 개발을 위한 연구가 활발히 행해지고 있다(Rhim & Choi 2010; Kim et al. 2013).

비자나무(*Torreya nucifera* Siebold et Zuccarini)는 우리나라의 남부지방과 일본에 자생하는 주목과의 상록교목으로 비자나무의 성숙된 종자에서 종피를 제거하고 건조한 것을 비자라 하며, 식욕증진, 소화촉진, 변비 및 치질 등의 약리작용을 나타내며 구충제로 이용된다(Kim 1966; Lee 1993). 또한, 비자에서 추출한 기름은 식용하며, 머릿기름이나 연료로도 사용되어 왔다(Endo et al. 2006). 또, 비자나무 종자, 잎, 줄기에서 추출한 성분들의 생리활성 효과(Jeon et al. 2009), 정유의 피부 항염증 효과(Yoon et al. 2009), dehydroabietinol의 고지혈증 및 동맥경화 예방 및 치료제 가능성(Im et al. 1980), 미용소재(Lee et al. 2012), lignans의 퇴행성 뇌신경계 질환의 예방이나 치료제(Jang et al. 2001)등에 대한 연구가 있으나, 항균 및 항산화에 대한 연구는 아직까지

미비한 실정이다.

따라서, 본 연구는 천연보존제 및 항산화제 개발을 위한 연구의 일환으로 비자를 이용하여 식품부패균에 대한 항균력 및 항산화 효과를 검증하여 새로운 기능성식품이나 식품첨가물 소재로서의 개발가능성을 조사하였다.

II. 연구방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 비자는 2014년 5월 전남 영암에서 건조된 것을 구입하여 시료로 사용하였다.

2. 사용균주 및 배지

비자 추출물의 항균실험에 사용한 식품부패균주는 그람양성 7균주(*Bacillus cereus* KCTC 1012, *Corynebacterium diphtheria* KCCM 40413, *Staphylococcus aureus* KCTC 1928, *Bacillus subtilis* KCCM 11316, *Listeria monocytogenes* KCTC 3569, *Staphylococcus mutans* KCCM 40105 및 *Enterococcus faecalis* KCCM 41578)와 그람음성 6균주(*Pseudomonas aeruginosa* KCCM 11952, *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028, *Yersinia enterocolitica* ATCC 23715, *Salmonella* Enteritidis KCCM 12021, *Escherichia coli* KCTC 2441 및 *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43895)와 효모 4균주(*Candida utilis* KCCM 11245, *Candida albicans* KCCM 11282, *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 50562 및 *Candida tropicalis* KCCM 50662) 총 17 균주를 사용하였다. 균의 생육배지로는 모든 균주에 대하여 tryptic soy broth(TSB, BD, Sparks, MD, USA)를 사용하여 30°C 배양기에서 18~24시간 배양하였다. 항균성 실험에 사용한 고체배지는 tryptic soy agar(TSA, BD, Sparks, MD, USA)였다.

3. 항균성물질의 추출

건조된 비자 585.64 g을 마쇄하여 수직으로 환류냉각관을 부착시킨 원형 플라스크에 넣어 95% 에탄올(Daejung Chemical & Metals Co., Gyeonggi-do, Korea)을 첨가하여 혼합한 후 heating mantal(E105,

Minsung Scientific Co., Seoul, Korea)로 80℃에서 4시간 강열 환류 추출하였다. 이 과정을 3회 반복하여 얻은 추출액을 여과지(Whatman No. 1)로 여과하여 불순물을 제거하였다. 여과된 용액은 감압농축기(Eyela N-1 NW, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 45℃에서 감압, 농축하였다. 이 농축물을 동결건조기(Eyela FUD-1200, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 동결 건조시킨 후 적당한 농도로 희석하여 사용하였다. 이때 조추출물의 회수량은 48.98 g이었다.

4. 비자 추출물의 항균활성 측정

항균효과 실험을 하기 위하여 paper disc-diffusion 방법(Board & Lovelock 1975)을 사용하였다. 각 시험균주는 사면배지에서 배양된 것을 1 백급이를 취하여 10 mL의 TSB배지에 접종한 후 30℃ 교반 배양기에서 18시간 배양하였다. 배양한 각 균주 100 μ L를 petri dish에 넣고 여기에 멸균된 TSA배지 10 mL를 분주하여 고루 섞은 후에 완전히 굳힌 다음 멸균된 8-mm paper disc(Roshi Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)를 배지표면에 얹고 밀착시킨 후 추출물(0.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg)을 dimethyl sulfoxide(DMSO)로 녹인 후 흡수시켜 건조시킨 다음 30℃ 배양기에서 24시간 배양하여 paper disc 주위의 저해환(mm)의 크기를 측정하여 항균력을 비교하였다. 대조군은 DMSO를 사용하여 동일한 방법으로 점적하였다.

5. 미생물의 생육곡선 측정

비자 추출물을 DMSO로 녹인 후 TSB배지에 250, 500, 1,000, 2,000 mg/L 농도별로 첨가하였다. 각 시험 균주는 사면배지에서 배양된 것을 1 백급이를 취하여 10 mL의 TSB배지에 접종한 후 30℃ 교반 배양기에서 24시간 배양하였다. 배양한 배양액을 각 100 μ L씩 접종하고(10^6 cells/mL) 30℃에서 72시간 배양하면서 분광광도계(Beckman DU650, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 6시간마다 660 nm에서 흡광도를 측정하였고, 추출물을 넣은 broth를 blank로 사용하였다. 성장 억제효과는 blank의 흡광도값을 100%로 기준하여, blank의 흡광도값에 대한 추출물의 흡광도

값의 비율로 나타내었다.

6. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Malterud et al.(1993)의 방법에 따라 측정하였다. DPPH 용액(45 μ g/mL)을 추출물과 혼합한 다음 515 nm에서 흡광도의 감소를 30초 간격으로 5분간 측정하였다. 라디칼 소거활성은 pyrogallol용액(125 μ g/mL)의 흡광도 감소를 100%로 기준하여 표기하였다. 또한, 양성대조군으로 α -tocopherol을 사용하여 DPPH 소거활성을 비교 조사하였다.

7. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거활성 측정

ABTS 라디칼 소거활성은 Erel(2004)의 방법에 따라 측정하였다. 추출물에 0.35 M acetate 완충용액과 0.89 mM ABTS 용액 및 0.44 mM hydrogen peroxide 용액 등을 첨가하고, 혼합한 뒤 5분 후에 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. Trolox를 표준시약으로 사용하여 표준곡선을 작성하였고, ABTS 라디칼 소거활성은 μ M Trolox equivalent로 표기하였다. 또한, 양성 대조군으로 α -tocopherol을 사용하여 ABTS 라디칼 소거활성을 비교 조사하였다.

8. 통계 처리

본 실험의 통계분석은 PASW statistics 18.0 program (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석하였으며, 결과는 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 실험결과에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 비자 추출물의 항균성 검색

Paper disc 방법으로 비자의 에탄올 추출물을 시험균주에 적용시켜 항균활성을 측정한 결과는 Table 1과

같다. 각 균주에 대한 항균활성은 disc에 점적한 비자 추출물의 농도가 증가함에 따라 항균활성이 높게 나타났다($p < 0.05$). 그람음성균인 *P. aeruginosa*, *E. coli* O157:H7, *Y. enterocolitica*, *E. coli*, *Sal. Typhimurium* 및 *Sal. Enteritidis*에 대해 10 mg/disc에서 저해환의 직경이 각각 13.8 ± 0.26 mm, 13.3 ± 0.32 mm, 10.4 ± 0.11 mm, 13.3 ± 0.32 mm, 10.5 ± 0.00 mm 및 13.2 ± 0.11 mm로 나타났고, 그람양성균인 *B. cereus*, *C. diphtheria*, *Staphy. aureus*, *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *Staphyl. mutans* 및 *E. faecalis*에 대해서는 각각 13.9 ± 0.20 mm, 14.1 ± 0.05 mm, 14.0 ± 0.65 mm, 12.4 ± 0.11 mm, 12.4 ± 0.25 mm, 10.5 ± 0.05 mm 및 10.5 ± 0.05 mm로 나타나, 그람음성균과 그람양성균에서 광범위한 생육 저해 효과가 나타났다. Choe & Kang(2014)은 상산나무 잎 추출물이 그람양성균인

Staphy. aureus, *B. cereus*와 그람음성균인 *P. aeruginosa*, *Strep. mutans*에 대한 항균력을 보고하였고, Choi et al.(2013)은 오미자 추출물이 그람양성균과 그람음성균에 대한 항균력 차이가 관찰되었다고 보고한 바 있다. 이와 유사하게, 본 실험에서도 비자 에탄올 추출물의 농도에 따라 항균력의 차이는 다소 있었지만, 식품부패균에 대해 강한 항균력을 나타내었다.

2. 식품부패균 성장에 미치는 영향

최근 빈번하게 발생하는 식품부패균에 대한 항균 실험의 결과에서 효과가 좋은 그람양성균인 *Staphy. aureus*, 그람음성균인 *P. aeruginosa* 와 효모인 *C. albicans* 3균주를 선정하여 각 균주에 대한 성장에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이, *Staphy. aureus*의 배양에서, 비자 추출물을 첨가

Table 1. Effects of *Torreya nucifera* ethanol extract on growth-inhibiting activity in microorganisms¹⁾

Microorganisms	Clear-zone diameter (mm) ²⁾			
	0.0 mg	2.5 mg	5.0 mg	10.0 mg
<i>P. aeruginosa</i>	0.0 ± 0.00 ^a	11.2 ± 0.05 ^b	13.1 ± 0.25 ^c	13.8 ± 0.26 ^d
<i>E. coli</i> O157:H7	0.0 ± 0.00 ^a	10.4 ± 0.57 ^b	12.4 ± 0.57 ^c	13.3 ± 0.32 ^d
<i>Y. enterocolitica</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.05 ^b	10.2 ± 0.10 ^c	10.4 ± 0.11 ^d
<i>E. coli</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.4 ± 0.57 ^b	12.4 ± 0.57 ^c	13.3 ± 0.32 ^d
<i>Sal. Typhimurium</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.05 ^b	10.2 ± 0.05 ^c	10.5 ± 0.00 ^d
<i>Sal. enteritidis</i>	0.0 ± 0.00 ^a	11.5 ± 0.35 ^b	12.4 ± 0.30 ^c	13.2 ± 0.11 ^d
<i>B. cereus</i>	0.0 ± 0.00 ^a	12.1 ± 0.05 ^b	12.3 ± 0.20 ^c	13.9 ± 0.20 ^d
<i>C. diphtheria</i>	0.0 ± 0.00 ^a	11.0 ± 0.17 ^b	12.2 ± 0.15 ^c	14.0 ± 0.05 ^d
<i>Staphy. aureus</i>	0.0 ± 0.00 ^a	12.0 ± 0.30 ^b	13.1 ± 0.05 ^c	14.1 ± 0.65 ^b
<i>B. subtilis</i>	0.0 ± 0.00 ^a	11.2 ± 0.10 ^b	11.9 ± 0.20 ^c	12.4 ± 0.11 ^d
<i>L. monocytogenes</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.2 ± 0.11 ^b	11.2 ± 0.28 ^c	12.4 ± 0.25 ^d
<i>Staphy. mutans</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.00 ^b	10.2 ± 0.05 ^c	10.5 ± 0.05 ^d
<i>E. faecalis</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.11 ^b	10.4 ± 0.05 ^c	10.5 ± 0.05 ^d
<i>C. utilis</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.05 ^b	10.3 ± 0.11 ^c	10.5 ± 0.05 ^d
<i>C. albicans</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.05 ^b	10.3 ± 0.05 ^c	10.5 ± 0.05 ^d
<i>Sacch. cerevisiae</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.00 ^b	10.2 ± 0.00 ^c	10.3 ± 0.05 ^d
<i>C. tropicalis</i>	0.0 ± 0.00 ^a	10.1 ± 0.05 ^b	10.2 ± 0.05 ^c	10.3 ± 0.05 ^d

1) Antimicrobial activity is indicated as the diameter of the clear zone surrounding the paper disc absorbing 0.0, 2.5, 5.0, or 10.0 mg of the soluble solid of *T. nucifera* ethanol extract on a TSA plate inoculated with test microorganisms.

2) Data are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

^{abcd} Values with different superscripts within the same row indicate significant differences at $p < 0.05$.

하지 않은 대조군의 OD₆₆₀값은 배양시간에 따라 증가하여, 배양 48시간에서는 1.396 ± 0.035로 가장 높게 나타났다(p<0.05). 그러나, 비자 추출물의 농도가 250과 500 mg/L인 경우, 72시간 배양 후 OD₆₆₀값은 각각 0.968 ± 0.011, 0.622 ± 0.064로 나타나, 성장 억제효과가 20.5%, 49.0%로 관찰되었으나, 2,000 mg/L에서는 OD₆₆₀값이 0.027 ± 0.011로 나타나, 비자 추출물이 *Staphy. aureus*의 성장을 97.8% 억제시켰다(p<0.05). 따라서 비자 추출물의 농도가 높을수록 *Staphy. aureus*의 성장을 효율적으로 억제시킬 수 있는 것으로 판단되었다. Chung(2000)은 손바닥 선인장 에탄올 추출물 농도가 3.0 mg/mL 이상에서 *Staphy. aureus*에 대한 증식을 지연시켰다고 보고한 바, 본 실험에서 사용한 비자 추출물이 손바닥 선인장 추출물에 비해 *Staphy. aureus*에 대한 증식억제 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다.

비자 추출물의 *P. aeruginosa*에 대한 생육저해 정도를 동일한 방법으로 72시간 동안 살펴본 바 Fig. 2와 같다. 비자 추출물을 첨가하지 않은 대조군의 경우, 배양 후 6시간부터 급속한 균의 증식을 보여, 48시간에는 OD₆₆₀값이 최대인 1.270 ± 0.024으로 나타

났으며, 추출물의 첨가 농도가 높을수록 성장이 억제되었다(p<0.05). 2,000 mg/L 첨가군에서는 배양 12시간에 OD₆₆₀값은 0.227 ± 0.051로 나타났고, 배양 72시간에는 OD₆₆₀값은 0.200 ± 0.014로 나타나, 대조군과 비교하면 80.9%의 성장억제효과를 나타내었다. Bae et al.(2005)는 천초근의 추출물이 1,000 ppm 이상의 첨가가 *P. aeruginosa* 증식을 완만하게 억제시켰다고 보고한 바, 본 실험에서 사용한 비자 추출물이 천초근의 추출물과 유사한 증식억제 효과를 알 수 있었다.

비자 추출물이 효모인 *C. albicans* 생육저해에 미치는 영향을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 비자 추출물이 포함되어 있지 않은 대조군에서는 배양 후 12시간에 OD₆₆₀값이 0.918 ± 0.007, 48시간에는 1.342 ± 0.011로 나타나, 배양시간이 경과함에 따라 균의 증식이 증가하였다(p<0.05). 비자 추출물의 농도가 높을수록 OD₆₆₀값이 감소하여, 1000 mg/L 농도 첨가 시 배양 후 72시간에는 0.285 ± 0.028로 나타나 대조군과 비교하여 약 75.4%의 성장 저해효과를 나타냈다. 특히, 2,000 mg/L 농도를 첨가하였을 경우, 배양 후 72시간에도 OD₆₆₀값이 0.162 ± 0.031으로 나타나, 대조군에

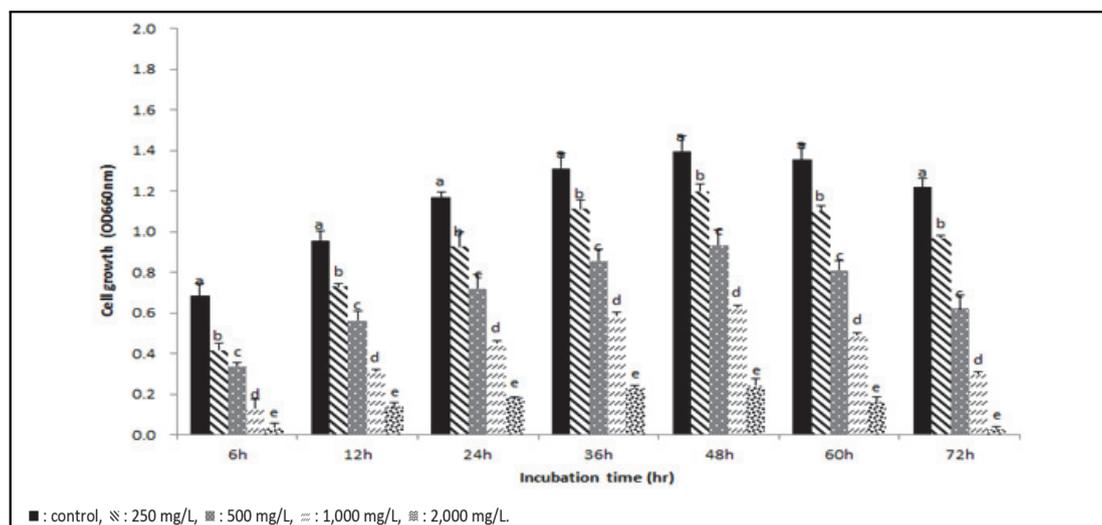


Fig. 1. Effects of the ethanol extract of *T. nucifera* on the growth of *Staphy. aureus*. Each bar represents the mean ± SD of quadruplicate determinations. ^{abcde}Values with different letters within the same group indicate significant differences at p<0.05.

비해 균의 증식이 약 86% 억제되었다($p < 0.05$). Kim et al.(2006)은 감초의 에탄올추출물 *C. albicans* 증식을 억제시켰다고 보고하였으며, 본 실험에서도 비자추출물이 *C. albicans* 대한 증식억제효과를 나타내었다.

따라서, 본 연구에서는 특정 식품부패균을 대상으로 비자추출물의 항균활성을 조사하였으나, 추후 보다 광범위한 식품부패균에 대한 항균성 검색이 필요하리라 사료된다.

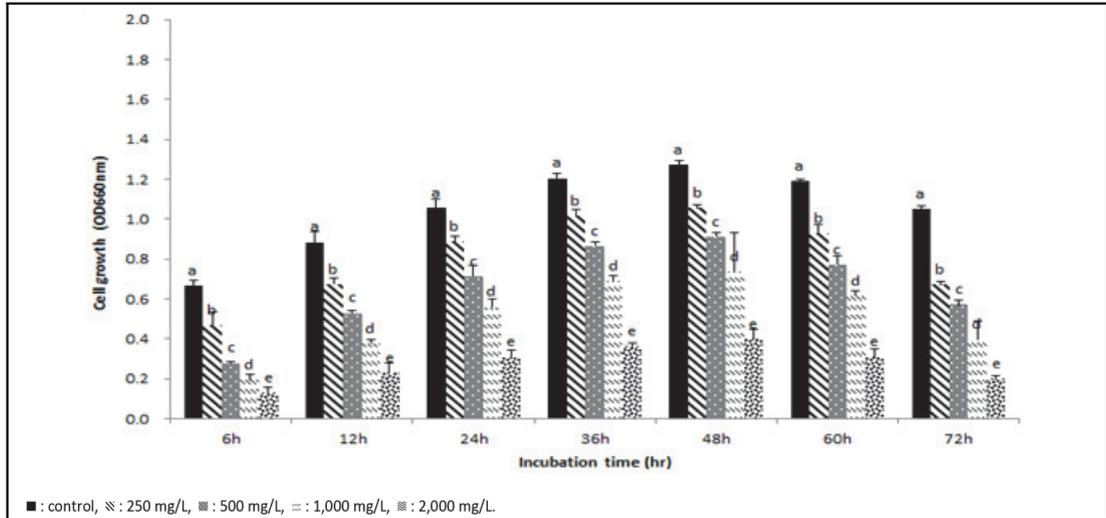


Fig. 2. Effects of the ethanol extract of *T. nucifera* on the growth of *P. aeruginosa*. Each bar represents the mean \pm SD of quadruplicate determinations. ^{abcde}Values with different letters within the same group indicate significant differences at $p < 0.05$.

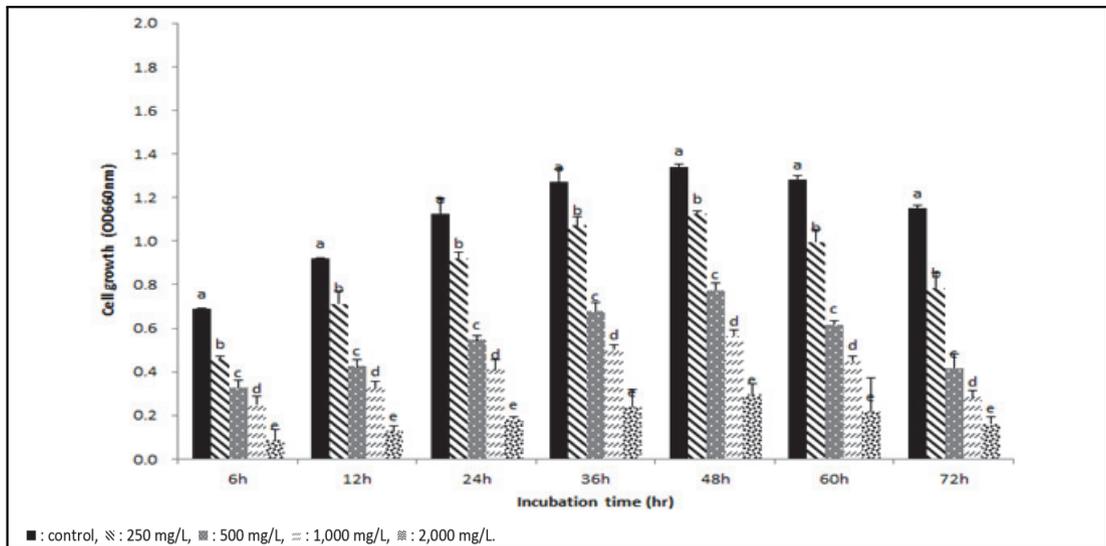


Fig. 3. Effects of the ethanol extract of *T. nucifera* on the growth of *C. albicans*. Each bar represents the mean \pm SD of quadruplicate determinations. ^{abcde}Values with different letters within the same group indicate significant differences at $p < 0.05$.

3. DPPH 라디칼 소거활성

비자 추출물의 농도별 DPPH 라디칼 소거활성은

Fig. 4에 나타나 있다. Pyrogallol의 억제율을 100%로 기준하였을 때, 비자 추출물의 10 µg/mL 농도에

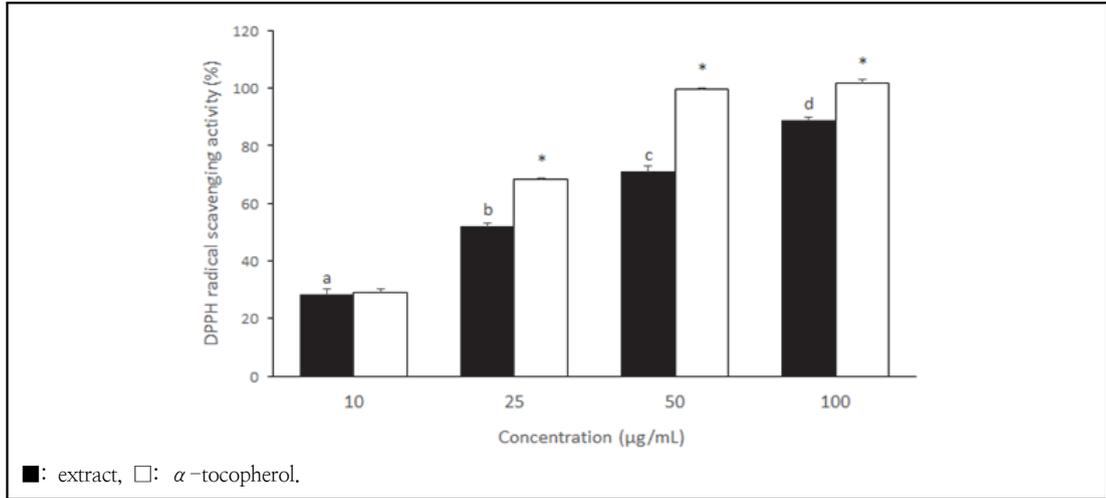


Fig. 4. DPPH free-radical-scavenging activity of *T. nucifera* extract

Results are expressed as % radical-scavenging activity relative to 100% radical scavenging activity for pyrogallol solution as the reference. Each bar represents the mean ± SD of quadruplicate determinations.

^{abcd}Values with different letters indicates significant differences at p<0.05. *p<0.05 with respect to the extract with in the same group.

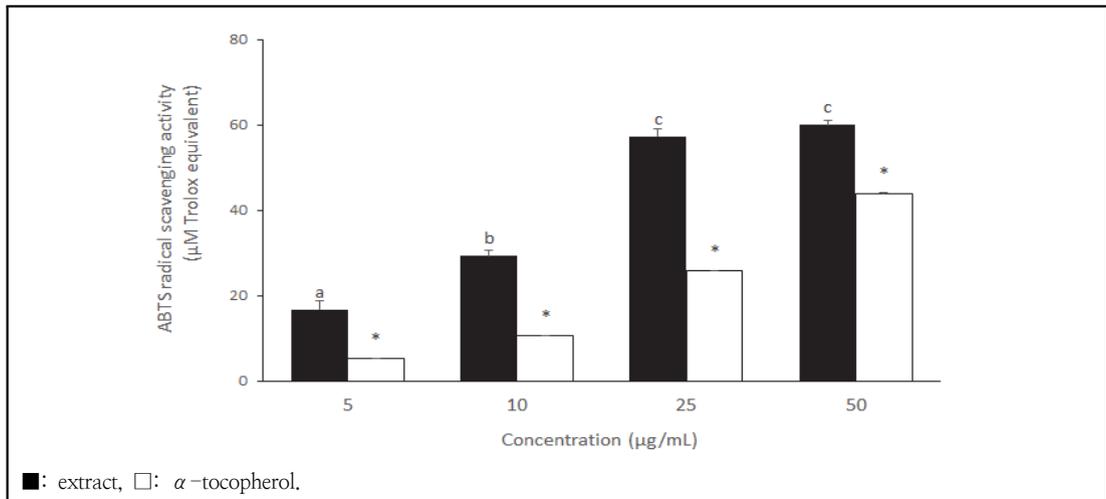


Fig. 5. ABTS radical-scavenging activity of *T. nucifera* extracts

Results were expressed in terms of mM Trolox equivalent. Each bar represents the mean ± SD of quadruplicate determinations.

^{abc}Values with different letters indicate significant differences at p<0.05. *p<0.05 with respect to the extract within the same group.

서 DPPH radical 소거활성은 28.38%이었고, 추출물 농도가 증가할수록 소거활성도 증가하여, 25, 50 및 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도의 추출물은 각각 51.93, 71.06 및 88.74%의 소거활성을 나타내었다. 양성대조군으로 사용한 α -tocopherol의 DPPH 라디칼 소거활성은 10 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 29.12%로 측정되어, 비자 추출물과 α -tocopherol 간의 소거활성에는 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 반면에, 25, 50 및 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 비자 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성이 α -tocopherol에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 낮게 나타났다. 비자 에탄올 추출물의 DPPH 소거활성은 ascorbic acid와 유사하게 보고(Jeon et al. 2009)된 바 있고, 본 연구에서 관찰된 비자의 DPPH 라디칼 소거활성은 항산화 활성이 뛰어나다고 알려진 개머루 덩굴의 소거활성보다도 유사하게 나타났다(Rhim & Choi 2010).

4. ABTS 라디칼 소거활성

비자 추출물의 농도별 ABTS 라디칼 소거활성은 Fig. 5에 나타나 있다. 비자 추출물 5 $\mu\text{g/mL}$ 농도의 ABTS 라디칼 소거활성은 16.64 μM Trolox equivalent 이었으며, 추출물 농도가 증가함에 따라 소거활성도 비례적으로 증가하여, 10 및 25 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서는 각각 29.21 및 57.26 μM Trolox equivalent를 나타내었다. 반면에, 양성대조군으로 사용한 α -tocopherol의 ABTS radical 소거활성은 5, 10, 25 및 50 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 각각 5.23, 10.61, 25.78 및 43.97 μM Trolox equivalent로 측정되었다. 모든 농도에서 비자 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성이 α -tocopherol에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높게 관찰되어, 비자 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성이 α -tocopherol에 비해 탁월함을 알 수 있었다. 본 연구에서 관찰된 비자의 ABTS 라디칼 소거활성은 항산화 활성이 뛰어나다고 알려진 만병초와 소리쟁이의 소거활성보다도 유사하게 나타났다(Rhim & Choi 2011; Rhim et al. 2012).

IV. 요약 및 결론

본 연구는 비자 에탄올 추출물의 식품부패균에 대한 항균효과 및 항산화활성을 조사하였다. 비자 추출

물은 *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* 등의 식품부패균의 증식을 억제하였다. 추출물의 항균활성은 그람양성 7균주 중에서는 *Staphylococcus aureus*, 그람음성 6균주 중에서는 *Pseudomonas aeruginosa*에 대해 가장 높은 저해효과를 나타내었다. 비자 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 α -tocopherol에 비해 약간 낮게 관찰되었으나, ABTS 라디칼 소거활성은 α -tocopherol에 비해 높게 나타났다.

따라서, 본 연구 결과는 비자 추출물이 식품부패균에 대하여 우수한 항균작용과 항산화능을 나타내어 효과적인 천연보존료 및 항산화제로서 이용될 수 있음을 시사하고 있다. 향후 비자 추출물의 성분 분석을 통해 유효성분들의 생리학적 활성 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- Bae JH, Jang HJ, Jung JI(2005) Antimicrobial effect of *Rubia akane* nakai extract on food-borne pathogens. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(3), 389-394
- Board RG, Lovelock DW(1975) "Some method for microbiological assay". Academic press, New York p 91
- Choe SB, Kang ST(2014) Investigation of antimicrobial activity and stability of *Orixa japonica* Thunb. Leaf extract. Korean J Food Sci Technol 46(1), 39-43
- Choi EJ, Jang SR, Kang OJ, Bang WS(2013) Antimicrobial activity of *Psoralea corylifolia*, *Schisandra chinensis*, and *Spatholobus suberectus* extracts. Korean J Food Sci. Technol 45(4), 495-500
- Choi MY, Rhim TJ(2010) Antimicrobial effect of *Ampelopsis brevipedunculata* extracts on food spoilage or foodborne disease microorganisms. Korean J Plant Res 23(5), 430-435
- Chung HJ(2000) Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus Indica* var. saboten. Korean J Soc Food Sci 16(2), 160-166
- Endo Y, Osada Y, Kimura F, Fujimoto J(2006) Effects of Japanese torrey(*Torreya nucifera*) seed oil lipid metabolism in rats. Nutr 22(4), 553-558
- Erel O(2004) A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. Clin Biochem 37(2), 277-285
- Im HS, Yoon KR, Chung DH(1980) Studies on the lipid components of *Torreya nucifera* seed. Korean J

- Food Sci Technol 12(3), 553-558
- Jang YP, Kim SR, Kim YC(2001) Neuroprotective dibenzylbutyrolactone lignans of *Torreya nucifera*. Plant Med 67(3),470-472
- Jeon HS, Lee YS, Kim NW(2009) The antioxidative activities of *Torreya nucifera* seed extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(1),1-8
- Kim JW, Kim JK, Song IS, Kwon ES, Youn KS(2013) Comparison of antioxidant and physiological properties of Jerusalem artichoke leaves with different extraction processes. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(1), 68-75
- Kim MJ, Chu WM, Park EJ(2012) Antioxidant and antigenotoxic effects of shiitake mushrooms affected by different drying methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(7), 1041-1048
- Kim ND(1966) Study on the anthelmintic principle of *Torreya nucifera*. J pharmaceu Soc Kor 10(1), 30-32
- Kim SJ, Shin JY, Park YM, Chung KM, Lee JH, Kweon DH(2006) investigation of antimicrobial activity and stability of ethanol extracts of licorice Root (*Glycyrrhiza glabra*). J Food Sci Technol 38(2), 241-248
- Lee OK, Lee HB, Son JY(2004) Antimicrobial activities and nitrite-scavenging ability of olive leaf fractions. Korean J Soc Food Cookery Sci 20(2), 204-210
- Lee YG(1993) Illustrated flora of Korea. 5th ed. Hyangmoonsa; Seoul, Korea, p56
- Lee YS, Jeon HS, Joo EY, Kim NW(2012) Development of cosmetic materials using *Torreya nucifera* needles. J Invest Cosmetol 8(3), 157-163
- Malterud KE, Farbrot TL, Huse AE, Sund RB(1993) Antioxidant and radical scavenging effects of anthraquinones and anthrones. Pharmacol 47(1), 77-85
- Rhim TJ, Choi MY(2010) The antioxidative effects of *Ampelopsis brevipedunculata* extracts. Korean J Plant Res 23(5),445-450
- Rhim TJ, Choi MY(2011) The antioxidative effects of *Rhododendron brachycarpum* extracts. Korean J Plant Res 24(4), 456-460
- Rhim TJ, Choi MY, Park HJ(2012) Antioxidative activity of *Rumex crispus* L. extract. Korean J Plant Res 25(5), 568-577
- Seo JK, Kang MJ, Shin JH, Lee SJ, Jeong HG, Sung NJ, Chung YC(2010) Antibacterial and antioxidant activities of solvent extracts from different parts of Hagocho(*Prunella vulgaris*). J Korean Soc Food Sci Nutr 39(10), 1425-1432
- Yoon WJ, Kim SS, Ok TH, Lee NH, Hyun CG(2009) *Torreya nucifera* essential oil inhibits skin pathogen growth and lipopolysaccharide-induced inflammatory effects. Int J Pharmacol 5(1), 37-43