

발효천마의 총 폴리페놀 함량 변화 및 라디칼 소거능

박미란, 유 철¹, 장영남¹, 안병용^{1*}

무주군약초영농조합, ¹전북대학교 한약자원학과

Change of Total Polyphenol Content of Fermented *Gastrodia elata* Blume and Radical Scavenging

Mi Ran Park, Chul Yoo¹, Young Nam Chang¹ and Byung Yong Ahn^{1*}

MJ Health Foods Co., Ltd., Muju 568-844, Korea

¹Department of Oriental Medicine Resources, Chonbuk National University, Iksan-si 570-752, Korea

Abstract - This study was conducted to compare and analyze change of content of polyphenol and *p*-hydroxybenzyl alcohol (HBA), which is an index-component, and antioxidant activity between fermented *Gastrodia elata* Blume and non-fermented *G. elata* Blume. The polyphenol contents before and after the fermentation were 108.65 and 389.99 mg/mL respectively, and the content of index-component HBA increased from 2.46 mg/g before fermentation to 7.94 mg/g after fermentation. In comparison between the non-fermented *G. elata* Blume extract (NFGEx) and fermented *G. elata* Blume extract (FGE) in DPPH, ABTS, and superoxide radical scavenging assay, we found that FGE showed more activity than NFGEx as the extract was more concentrated. Especially, the superoxide radical scavenging activity was increased more than twenty times in FGE. In conclusion, we confirmed increase in the electron donating ability and radical scavenging when the dried *G. elata* Blume is fermented, and its further feasibility as an antioxidant.

Key words - Antioxidant activity, *p*-Hydroxybenzyl alcohol, Fermentation, *Gastrodia elata* Blume, *Saccharomyces cerevisiae*

서 언

최근 현대사회가 복잡해짐에 따라 다양한 스트레스와 불규칙한 식생활로 인해 만성질환 발병률이 증가하고 있어 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 식물계에 널리 분포되어 있는 총 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가진 2차 대사산물로서 항산화 활성과 항암 및 항균 작용을 하는 생리활성물질로 알려져 있으며(Ferrerres *et al.*, 2009), 대부분의 식물체들에서 항산화 활성을 나타내는 화합물은 주로 폴리페놀물질들이며 천연 항산화제로서 잘 알려져 있다(Huang *et al.*, 1992). 강한 항산화 효과를 나타내는 천연 항산화제에 대한 연구는 오래전부터 진행되어 왔으며, 대부분 flavonoids, catechins, phenolic acids 등의 phenolic antioxidants들은 지질과 산화물을 줄여주고 superoxide

와 같은 활성산소종에 의한 손상을 줄여준다(Ahn *et al.*, 2009). 활성산소종은 정상적인 대사과정 중에서 지속적으로 생성되는 부산물로 DNA손상, 암, 동맥경화, 심장질환 등 다양한 질병과 노화의 원인으로 알려졌다(Aruoma *et al.*, 1991). 이러한 활성산소나 라디칼을 제거하여 노화를 억제시키고 질병을 예방하고자 활성산소종을 제거하는데 관여하는 항산화제에 대한 관심이 집중되고 있으며(Valko *et al.*, 2007), 최근에 각종 생약제나 과일, 채소와 같은 천연물 유래의 항산화제 개발과 이를 이용하려는 연구가 증가하고 있는 실정이다(Maski *et al.*, 1995).

천마(天麻, *Gastrodia elata* Blume)는 난초과(*Orchidaceae*) 식물에 속하는 다년초로써 담자균류인 뿔나무 버섯 속(*Armillaria mellea*) 균사와 공생하며 땅속의 괴경을 가지며, 한방에서의 천마는 고혈압, 두통, 마비, 신경성질환, 당뇨병, 간질, 어지럼증 등의 증상에 대하여 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Lee, 1990). 천마는 gastrodin, vanillyl

*교신저자(E-mail) : ahn2002@jbnu.ac.kr

alcohol, vanillin, benzaldehydes, *p*-hydroxybenzyl alcohol 등의 약리성분이 함유되어 있어 체내에서 생리활성을 가진 것으로 보고되었고(Taguchi *et al.*, 1981; Huang, 1989), 생천마로부터 4,4-dihydroxy-diphenyl methane 등의 phenolic compounds의 존재를 확인하였다(Zhou *et al.*, 1980). 또한, 들깨유를 기질로 한 천마추출물의 항산화력은 합성항산화제인 BHT보다 높게 나타내었고 천마추출물의 농도가 증가할수록 항산화력도 증가하였음을 보고하였으며(Kim *et al.*, 1997), 천마는 DPPH, FRAP 라디칼 소거능에서 높은 활성능이 있음을 보고하였다(Heo *et al.*, 2006). 천마의 주요성분인 *p*-hydroxybenzyl alcohol과 vanillin은 DPPH, superoxide, hydroxyl 라디칼 소거능에서 강력한 항산화 효과가 있으며, *in vitro*, *in vivo*에서 항산화제로서 탁월한 효과가 있음을 보고하였다(Liu and Mori, 1992, 1993). 이와 같이 천마를 식품소재로 이용하기 위해 다각적인 연구가 요구되며, 최근에 천연물을 발효나 효소를 처리하여 다양한 생리활성 연구가 진행되고 있으나 천마는 아직까지 발효를 이용하여 생리활성을 규명한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 효모를 이용한 천마의 발효시 항산화 소재로서의 이용가능성을 확인하기 위하여 발효 전과 후의 총 폴리페놀 함량과 지표성분인 *p*-hydroxybenzyl alcohol 함량 변화 및 항산화활성을 비교하였으며, 식품소재로써 다양한 활용가능성을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 천마는 무주군 안성 농협에서 2010년 10월에 구입한 후 물로 수세하여 표면 흙과 이물질을 제거한 다음 일정 두께로 세절하여 50°C 열풍건조기를 이용하여 건조한 시료를 분말화하여 시료로 사용하였다. 효모 (*Saccharomyces cerevisiae*, KCCM 50583)는 한국미생물보존센터에서 분양받아 사용하였고, *p*-hydroxybenzyl alcohol, folin-ciocalteu's reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)는 Sigma(St. Louis, MO, USA)사에서 구입하여 사용하였으며, reduced nicotinamide adenine dinucleotide(NADH), phenazine methosulfate (PMS), nitro blue tetrazolium(NBT), quercetin, 6-hydroxy

-2,5,7,8,-tetramethychroman-2-carboxylic acid 및 potassium persulfate는 ACROS(New Jersey, USA)사에서 구입하여 사용하였다.

균주배양 및 발효천마의 제조

효모균(*S. cerevisiae*, KCCM 50583)배양은 YEPD 배지를 이용하여 멸균기(AC-60, Han Yang Scientific Equipment, Seoul, Korea)에서 121°C에 15분간 멸균을 한 후 효모균을 접종하였고 진탕배양기(VS-8480SR, Scientific, Bucheon, Korea)에 넣은 후 150 rpm에서 34°C로 3일 동안 배양하였다. 천마발효는 멸균된 발효용기에 건천마 분말 200 g을 취하고 증류수 600 mL를 첨가한 뒤 잘 혼합시킨 것과 건천마 분말 200 g을 취하고 당10%와 증류수 600 mL를 첨가한 발효용기를 121°C에 15분간 멸균한 다음 각각의 시료에 효모 배양액 5%(v/v)를 접종한 후 150 rpm에서 34°C로 발효 기간(1, 3, 5, 7, 9, 12일)별 배양한 발효액을 발효 조건 설정을 위한 시료로 사용하였다.

발효 최적 조건 설정을 위한 발효기간에 따른 이화학적 특성 모니터링

pH 및 °Brix 측정

발효기간(1, 3, 5, 7, 9, 12일)에 따른 pH는 pH 측정기(D-51, Horiba, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였고 당도는 빛에 대한 물질의 굴절률을 이용하여 용액의 농도를 측정하는 휴대용 굴절 당도계(N-1E, Atago, Kyoto, Japan)를 이용하여 상온에서 측정하였다.

지표성분인 *p*-hydroxybenzyl alcohol(HBA) 함량 분석

지표성분인 HBA 함량 분석은 1,000 ppm stock solution으로 제조한 다음 농도가 각각 25, 50, 100 ppm이 되도록 제조하여 표준원액으로 사용하였다. 발효기간(1, 3, 5, 7, 9, 12일)별 시료를 80% 에탄올로 10배 희석한 후 6,000 rpm에 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 Syringe filter (Minisart RC15, Sartorius, Germany)를 사용하여 여과한 다음 발효 조건 설정을 위한 분석용 시료로 사용하였다. HBA의 분석은 Table 1의 조건에 따라 HPLC를 이용하여 분석하였다. 이 조건을 바탕으로 HBA의 검량선을 Fig. 1에 표시하였으며, 모두 R²=0.9996 이상의 직선성을 나타내었다. HBA의 동정은 표준품의 retention time과 peak area를 비교하여 동정하였고, 자동분석기에 의해서 계산된 함

Table 1. Operating conditions of HPLC

Parameter	Conditions
Instrument	Waters 2695
Wavelength PDA detector	220 nm
Mobile phase	A: D.W, B: ACN A:B = 70:30 (v:v)
Flow rate	1 mL/min
Injection volume	10 µL
Oven temperature	30°C
Column	Analysis of Atlantis dC ₁₈

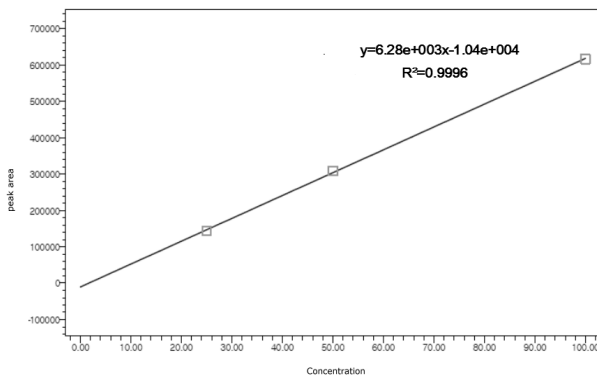


Fig. 1. Standard curves of HBA.

량을 시료 중 함량과 추출물 중 비율을 산출하여 값을 나타내었다. 발효 기간 설정 후 천마추출물과 발효천마추출물에서의 HBA의 함량 비교 분석은 이와 같은 동일한 방법으로 실시하였다.

발효천마의 생리활성

추출물의 제조

추출물은 5일 동안 발효시킨 천마발효액을 동결건조(FD 5510 SPD, Ilshin, Gwangju, Korea)하여 얻은 분말 5 g 과 건천마 분말 5 g을 취하여 각각 80% 에탄올 75 mL에 현탁시킨 후 상온에서 4시간 동안 추출한 다음 6,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 감압 농축(N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)한 후 건조하여 분말화된 시료를 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 법으로 측정하였다(Zhou *et al.*, 1980). 추출물을 일정농도로 희석시킨 다음

희석액 1 mL에 Folin-Ciocalteu's reagent 1 mL을 가하고 3분간 정치시킨 후 10% Na₂CO₃용액 1 mL을 가하여 혼합한 다음 실온에서 1시간 정치시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 증류수로 녹여 농도가 0, 25, 50, 100, 200 및 400 µg/mL 용액이 되도록 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료추출물의 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 자체가 매우 안정한 free radical로서 517 nm에서 특징적인 광흡수를 나타내는 보라색 화합물이다. DPPH는 알코올 등의 유기용매에서 매우 안정적이며 항산화 기작 중 proton-radical scavenger에 의하여 탈색되어 항산화 활성을 육안으로 쉽게 관찰할 수 있는 장점이 있다. DPPH 라디칼 소거능의 측정은 Biosis 등(1958)의 방법에 의해 측정하였다. 3.49 mg DPPH를 100 mL methanol에 녹인 다음 시료 200 µL에 0.1 mM DPPH 2 mL를 가한 뒤 희석시킨 후 실온에서 30분 동안 반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식에 의해 저해율을 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%)=

$$\left(1 - \frac{\text{시료무첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능의 측정은 Re 등(1999)의 방법에 의해 측정하였다. 7 mM ABTS 600 µL와 7.35 mM K₂S₂O₈ 300 µL을 혼합시킨 후 암소에서 14시간 동안 반응시킨 뒤 80 mL 증류수와 희석시킨 다음 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.7 ± 0.02가 되도록 조절한 ABTS solution을 사용하였다. 0.05~10 mg/mL의 농도로 맞춘 시료용액 20 µL와 ABTS solution 2 mL를 6분 동안 반응시킨 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식에 의해 저해율을 계산하였다.

ABTS 라디칼 소거능(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{시료무첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

Superoxide 라디칼 소거능

Superoxide 라디칼 소거능의 측정은 Fontana 등(2001)의 방법을 참고하여 측정하였다. Phosphate buffer(pH 7.4) 0.4 mL에 시료 0.4 mL, NADH 365 μM 0.4 mL, NBT 250 μM 0.4 mL, PMS 75 μM 0.4 mL를 첨가 후 실온에서 5분 동안 반응시킨 다음 562 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식에 의해 저해율을 계산하였다.

$$\text{Superoxide 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료무첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계처리

본 연구의 결과는 평균 ± 표준편차로 나타내었고, 각 실험군 간의 비교분석은 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

발효기간에 따른 이화학적 특성 변화

효모균(*S. cerevisiae*) 발효의 최적 조건을 설정하기 위한 당무첨가구와 당첨가구(10%)를 달리한 발효기간(1, 3, 5, 7, 9, 12일)에 따른 pH, °Brix 및 HBA 함량의 변화를 확인한 결과는 다음 Table 2와 같다. 당무첨가구와 당첨가구의 pH 값은 발효가 진행될수록 감소하는 경향을 보였으나 발효 5일 경과 후 큰 변화가 없었으며, 당무첨가구와 당첨가구의 pH 값은 유의적인 차이가 없는 것으로 확인되었다. °Brix 함량 값은 당무첨가구에 비해 당첨가구에서 높

게 나타났으며, 당무첨가구와 당첨가구 모두 효모균 발효시 발효기간이 지날수록 감소하는 것으로 확인되었다. 특히, pH와 °Brix 함량 모두 발효 5일 경과 후 큰 변화가 없는 것으로 나타내었다.

HBA 함량은 당무첨가구에 비해 당첨가구에서 높게 나타내었으며, 발효기간이 지날수록 증가하였으나 발효 5일 경과시 당무첨가구 2.98 mg/g, 당첨가구 3.56 mg/g으로 가장 높게 나타내었다. 이러한 결과로 보아 효모균 발효시 34°C에서 발효기간 최적 조건은 발효 5일로 판단된다.

발효천마의 총 폴리페놀 함량

비발효천마와 발효천마의 총 페놀 함량은 각각 108.65, 389.99 mg/mL로 나타내었다(Fig. 2). Moon 등(2004)의 연구에 따르면 당귀와 흑두의 총 페놀 함량이 각각 0.52,

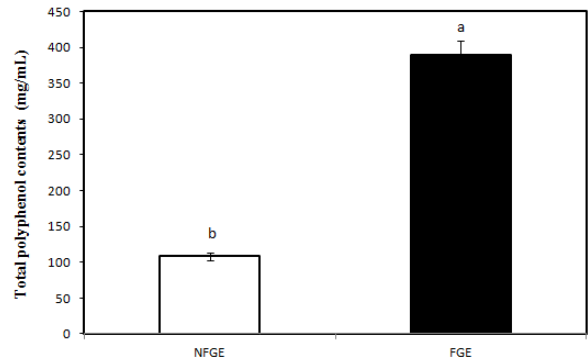


Fig. 2. Total polyphenol contents in non-fermented and fermented *G. elata* Blume. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume. FGE: fermented *G. elata* Blume. Values represent the means ± SD (n = 3). Mean with the same upper case letter were not significantly different (p < 0.05).

Table 2. Changes of pH, soluble solid (°Brix) and content of HBA during the fermentation process of *G. elata* Blume by *S. cerevisiae*

Fermentation time (days)	No sugar			Sugar 10%		
	pH	°Brix	HBA	pH	°Brix	HBA
1	4.54	12	2.90	4.52	17	3.08
3	4.52	11	2.93	4.48	16	3.16
5	4.43	10	2.98	4.43	15	3.56
7	4.43	10	3.00	4.43	13	3.50
9	4.42	9	2.94	4.43	13	3.46
12	4.42	9	3.15	4.43	13	3.44

0.55 mg/g로 나타내었고 Lee 등(2011)은 두충, 어성초, 오가피, 우슬, 홍화, 해동피에서 각각 42.18, 58.98, 23.25, 5.97, 60.79, 30.60 mg/mL로 나타내었음을 보고하였는데 본 연구와 비교한 결과 천마의 페놀 함량이 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있었으며, 이는 실험 조건과 방법에 차이로 사료된다. Kang 등(2011)의 경우 꾸지뽕추출물과 꾸지뽕 발효추출물에서 각각 8.13, 9.53 mg/mL로 발효에 의해 페놀 함량이 증가하였음을 보고하였는데 본 연구와 견주어 볼 때 발효에 의해 증가된 결과는 유사하였으나 발효천마의 페놀 함량이 매우 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 발효균주와 균주접종량의 차이로 인한 것으로 판단된다. 또한, Lee 등(2003)의 연구에 의하면 천마의 증자조건 별로 총 페놀 함량을 측정된 결과 예측된 최대값이 309.47 mg/mL로 나타내었는데 이는 실험방법의 차이로 인한 것으로 해석되며, 천마의 페놀성 물질인 *p*-hydroxybenzyl alcohol, *p*-hydroxybenzaldehyde, vanillyl alcohol, vanillin 등의 증가로 인해 폴리페놀 함량도 높아진 것으로 판단된다. 페놀성 물질은 식물의 고유한 색을 부여하는 동시에 식품의 맛에 깊이 관여하며, 천연물에서 얻어지는 항산화성 물질은 주로 phenolic compound와 flavonoid 류의 화합물로서 특히, caffeic acid, chlorogenic, gentistic acid 등이 강한 항산화 효과가 있음을 보고하였다(Chung, 1999). 따라서 발효 중 protease, amylase, lipase 등의 효소가 분비하여 페놀성 물질들이 증가하는데 기인한 것으로 판단되며, 발효에 의해 항산화 활성도 증가되리라 예상된다.

발효 전과 후의 천마 지표성분인 HBA 함량 분석

HPLC로 분석한 결과 얻어진 chromatogram은 Fig. 3과 같으며 발효 전과 후의 지표성분인 HBA 함량을 비교 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 발효 전과 후의 HBA함량은 유의적인 차이가 있음을 나타내었고 HBA 함량이 발효 전 2.46 mg/g에서 발효 후 7.94 mg/g로 증가 되었다. 이러한 결과는 효모균을 이용한 발효에 의해서 HBA 함량이 증가하였음을 확인하였다. HBA는 페놀성 화합물의 일종으로 강력한 항산화제로 알려져 있으며 antioxidant gene의 발현을 통하여 focal ischemic brain 손상을 감소시키는 것으로 보고되었다(Yu *et al.*, 2005). 또한, 천마 에테르분획에서 주성분인 4-hydroxybenzaldehyde가 항산화 효과가 있음을 확인하였고(Ha *et al.*, 2000), 천마의 주성분인 hydroxybenzyl alcohol, vanillyl alcohol, vanillin,

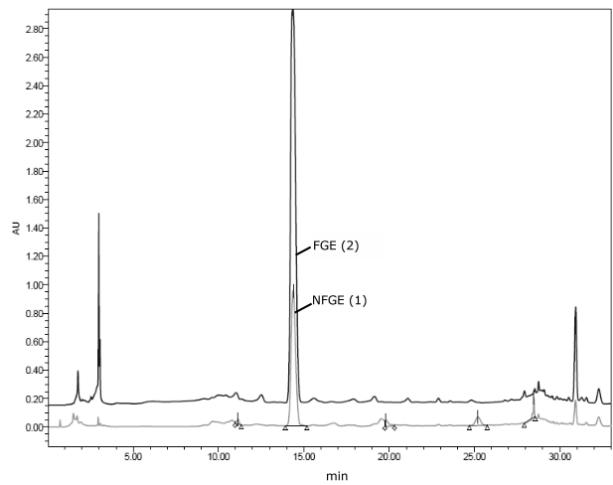


Fig. 3. The HPLC chromatogram of HBA. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume (1). FGE: fermented *G. elata* Blume (2).

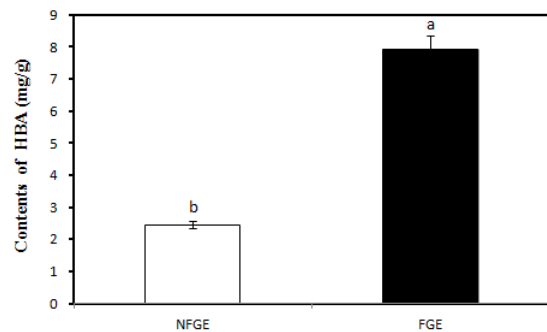


Fig. 4. Comparative analysis of index-component of the non-fermented and fermented *G. elata* Blume by *S. cerevisiae*. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume. FGE: fermented *G. elata* Blume. Values represent the means \pm SD (n = 3). Mean with the same upper case letter were not significantly different ($p < 0.05$).

hydroxybenzaldehyde의 항산화 효과를 비교 분석한 결과 hydroxybenzyl alcohol에서 항산화 효과가 가장 높음을 확인하였다(Jung *et al.*, 2007). 이는 천마의 대표적인 유효성분 중 HBA 성분이 항산화제로서 크게 작용한다고 뒷받침할 수 있다. 이러한 결과를 견주어 볼때 발효 과정으로부터 얻어진 페놀성 성분에 기인하여 HBA 함량이 증가하였으며, 항산화 활성에도 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다.

DPPH 라디칼 소거능

추출물의 농도에 따른 발효 전과 후의 DPPH 라디칼 소

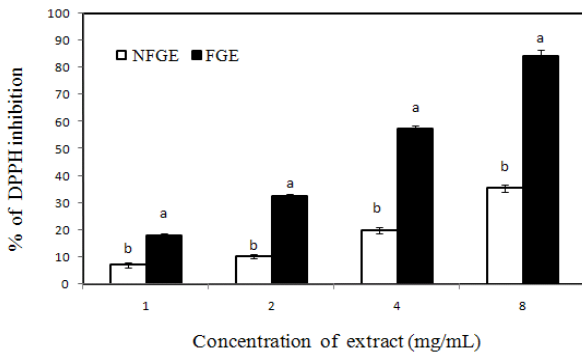


Fig. 5. DPPH radical scavenging assay of non-fermented and fermented *G. elata* Blume. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume. FGE: fermented *G. elata* Blume. Values represent the means \pm SD (n = 3). Mean with the same upper case letter were not significantly different ($p < 0.05$).

거능을 비교한 결과는 다음 Fig. 5와 같다. 추출물의 농도가 1, 2, 4 및 8 mg/mL의 범위에서 비발효천마추출물이 각각 7.13, 10.42, 19.82, 35.45%의 억제효과를 나타내었고 발효천마추출물은 각각 17.89, 32.62, 57.53, 84.48%로 비발효천마추출물보다 억제효과가 높았다. Jeon 등 (2011)의 경우 인삼열매추출물과 유산균 발효 인삼열매추출물을 0.1, 1.0% 처리시 각각 24.85, 49.78%에서 54.30, 86.36%로 활성능이 증가하였음을 보여주었다. 이는 본 연구와 유사한 결과로 발효에 의해 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였음을 확인할 수 있었다. 라디칼 소거 작용은 인체의 질병과 노화를 억제시키는데 중요한 역할을 한다고 보고하였으며(Cha and Cho, 1999), DPPH 라디칼 소거활성 효과는 페놀성 화합물에 의한 항산화 작용이며, 이러한 물질의 환원력이 클수록 DPPH 라디칼 소거활성이 크다고 보고하였다(Kang *et al.*, 1995). 본 연구에서 역시 총 폴리페놀 함량이 높게 나온 발효천마가 DPPH 라디칼 소거활성이 높게 나타낸 것으로 보아 페놀성 화합물과 DPPH 라디칼 소거능과의 상관관계가 있는 것으로 여겨지며, DPPH 라디칼 소거에 의한 전자공여능이 페놀성 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 사료된다.

ABTS 라디칼 소거능

발효 전과 후의 ABTS 라디칼 소거능을 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. 추출물의 농도에 따라 발효 전과 후의 활성능을 비교한 결과 대조구인 trolox 보다는 전반적으로 활성능이 낮게 나타났으나 비발효천마추출물보다 발효천마추

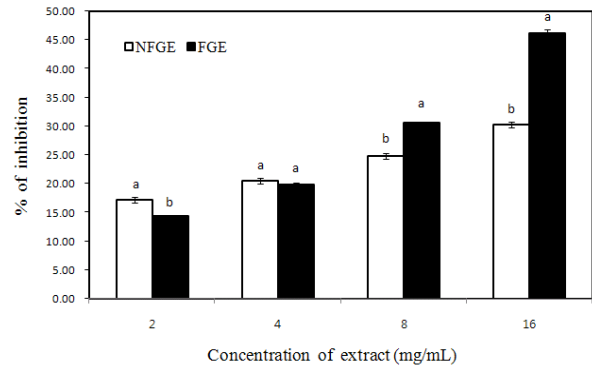


Fig. 6. Total ABTS radical scavenging assay of non-fermented and fermented *G. elata* Blume. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume. FGE: fermented *G. elata* Blume. Values represent the means \pm SD (n = 3). Mean with the same upper case letter were not significantly different ($p < 0.05$).

출물이 높은 활성능을 나타내었다. 추출물의 농도가 2, 4, 8 및 16 mg/mL의 범위에서 비발효천마추출물이 각각 17.20, 20.55, 24.78, 30.32%의 소거율을 나타내었고 발효천마추출물은 각각 14.43, 19.83, 30.61, 46.21%로 다소 차이가 있음을 나타내었다. 이러한 결과로 보아 본 소거활성이 DPPH 라디칼 소거 활성과 비교하여 제거 능력이 다소 낮은 것으로 나타났는데 이러한 소거능의 차이는 측정방법의 차이로 사료된다. Jeng 등(1994)에 의하면 DPPH는 자유라디칼을 ABTS는 양이온 라디칼을 소거하는 점에서 서로 차이가 나며 두 기질과 반응물과의 결합정도가 달라지므로 라디칼 제거 능력에서도 차이가 있음을 보고한 바와 같이 이는 본 연구결과와 유사하였다.

Superoxide 라디칼 소거능

Superoxide를 소거하는 효과를 검증한 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 추출물의 농도가 0.25, 0.5, 1 mg/mL의 범위에서 비발효천마추출물이 각각 2, 2, 1.9%로 억제효과를 나타내었고 발효천마추출물은 각각 26.06, 33.13, 43.17%로 높은 활성능을 보였다. Han 등(2011)의 연구에 의하면 추출물이 1 mg/mL의 농도에서 민들레 잎 추출물과 민들레 뿌리 추출물이 각각 9.50, 8.40%의 활성능을 보였으며, Park 등(2009)의 경우 발효더덕 추출물이 1,000 μ g/mL의 농도에서 21.6%로 나타났다. 이는 발효천마의 활성능이 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 산화물은 체내에서 산화스트레스를 유발하는 것으로 알려져 있으며 노화의 대표적 원

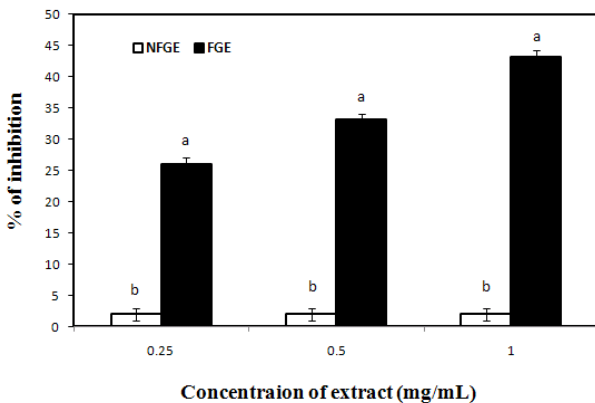


Fig. 7. Superoxide radical scavenging assay of non-fermented and fermented *G. elata* Blume. NFGE: non-fermented *G. elata* Blume. FGE: fermented *G. elata* Blume. Values represent the mean \pm SD (n = 3). Mean with the same upper case letter were not significantly different ($p < 0.05$).

인이라 할 수 있다. 산화물 중 활성산소는 인체에 매우 독성이 강한 물질로써 생성과 동시에 superoxide의 저해물질인 superoxide dismutase(SOD)에 의해서 독성이 사라지는 것으로 알려져 있다(Maski *et al.*, 1995). Hu 등(2003)에 의하면 건초천마는 DPPH, superoxide, hydroxy 라디칼 소거능에 강력한 작용을 한다고 보고하였다. 따라서 건초천마 분말을 이용한 효모발효에 의해 생성된 활성물질들에 의해 superoxide 라디칼 소거능이 증가한 것으로 판단되며, 앞으로 발효천마에 존재하는 활성물질들에 대한 구체적인 연구의 필요성이 요구된다. 또한, 총 폴리페놀 함량이 높은 발효천마가 항산화 활성도 높은 것으로 사료된다.

적 요

효모를 이용한 발효천마와 비발효천마의 폴리페놀 함량과 지표성분인 *p*-hydroxybenzyl alcohol(HBA) 함량 변화 및 항산화활성을 비교 분석하고자 본 연구를 수행하였다. 발효 전과 발효 후의 총 폴리페놀 함량은 각각 108.65, 389.99 mg/mL으로 나타내었으며, 지표성분인 HBA 함량은 발효 전 2.46 mg/g에서 발효 후 7.94 mg/g로 증가되었다. 비발효천마추출물과 발효천마추출물의 DPPH, ABTS, superoxide 라디칼 소거능을 비교한 결과 추출물의 농도가 증가할수록 비발효천마추출물보다 발효천마추출물의 활성능이 높음을 확인할 수 있었다. 특히, superoxide 라

디칼 소거능을 비교한 결과 발효천마추출물에서 20배 이상의 활성능이 증가되었다. 이상의 결과로부터 건초천마를 발효할 경우 전자공여능 및 라디칼 소거능이 증가됨을 확인하였으며 향후 항산화소재로서의 이용가능성을 확인하였다.

인용문헌

- Amerine, M.A. and C.S. Ough. 1980. Methods for analysis of musts and win. Wiley. New York. USA. pp. 176-180.
- Ahn Y.J., S.Y. Kim, J.H. Ok, H. Wang, C.H. Park, S.H. Kim, Y.S. Heo, Y.H. Jeon and S.N. Park. 2009. Antioxidant activity of *Persicaria perfoliata* extracts. J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 35:235-241 (in Korean).
- Aruoma, O.I., H. Karu, B. Halliwell. 1991. Oxygen free radicals and human disease. J. R. Soc. Health. 111:172-177.
- Biosis, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 26:1199-1204.
- Chung, H.J. 1999. Antioxidative effect of ethanolic extracts of some tea materials on red prepper seed oil. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28:1316-1320 (in Korean).
- Cha, J.Y. and Y.S. Cho. 1999. Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28:1131-1136 (in Korean).
- Fontana, M., L. Mosca and M.A. Rosei. 2001. Interaction of enkephalins with oxyradicals. Biochem. Pharmacol. 61:1253-1257.
- Ferreres, F., D. Gomes, P. Valentano, R. Goncalves, R. Pio, E.A. Chagas, R.M. Seabra and P.B. Andrade. 2009. Improved loquat cultivars: variation of phenolics and antioxidant potential. Food Chem. 114:1109-1027.
- Huang, J.H. 1989. Comparison studies on pharmacological properties of injection *Gastrodia elata*, gastrodin free fraction and gastrodin. Acta Academiae Medicinae Sinicae. 11:147-152.
- Huang, M.T., S.T. Ho and C.Y. Lee. 1992. Phenolic compounds in food and their effects on health(II). Antioxidants and cancer prevention. American Chemical Society. Washington DC. USA. pp. 54-71.
- Hu, J.F., G.Z. Li and M.J. Li. 2003. Protective effect of *Gastrodia elata* Blume and E-gelatin on lead-induced damage to the structure and function of rat hippocampus. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 21:124-127.
- Heo, J.H., J.Y. Park, S.M. An, J.M. Lee, C.Y. Yun, H.M. Shin, T.K. Kwon and S.H. Lee. 2006. Antioxidant and anti-tumor

- activities of crude extracts by *Gastrodia elata* Blume. Korean J. Food Preserv. 13:83-87 (in Korean).
- Han, E.U., E.J. Jung, J.Y. Lee, Y.X. Jin and C.K. Chung. 2011. Antioxidative activity of ethanol extracts from different parts of taraxacum officinale. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40:56-62 (in Korean).
- Ha, J.H., D.U. Lee, J.T. Lee, J.S. Kim, C.S. Yong, J.A. Kim, J.S. Ha and K. H. 2000. 4-Hydroxybenzaldehyde from *Gastrodia elata* Bl. is active in the antioxidation and GABAergic neuromodulation of the rat brain. J. Ethnopharmacol. 73: 329-33.
- Jeng, J.W., Y.C. Lee, S.W. Jung and K.M. Lee. 1994. Flavor components of citron juice as affected by the extraction method. Korean J. Food Sci. Technol. 26:709-712 (in Korean).
- Jeon, J.M., S.K. Choi, Y.J. Kim, S.J. Jang, J.W. Cheon and H.S. Lee. 2011. Antioxidant and antiaging effect of ginseng berry extract fermented by lactic acid bacteria. J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 37:75-81 (in Korean).
- Jung, T.Y., S.I. Suh, H. Lee, I.S. Kim, H.J. Kim, H.S. Yoo and S.R. Lee. 2007. Protective effects of several components of *Gastrodia elata* on lipid peroxidation in gerbil brain homogenates. Phytother Res. 21:960-4.
- Kang, Y.H., Y.K. Park, S.R. Oh and K.D. Moon. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 27:978-984 (in Korean).
- Kang, D.H., J.W. Kim and K.S. Youn. 2011. Antioxidant activities of extracts from fermented mulberry (*Cudrania tricuspidata*) fruit, and inhibitory actions on elastase and tyrosinase. Korean J. Food Preserv. 18:238-243 (in Korean).
- Kim, J.K., W.S. Cha, J.H. Park, S.L. Oh, S.H. Cheon and S.K. Chung. 1997. Studies on the mineral component and antioxidative activity of *gastrodia elata* blume. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products. 4:317-321 (in Korean).
- Lee, Y.B. 1990. Dictionary of oriental medicine. Sam moon dang. p. 814.
- Lee, J.M., Y.H. Kim and S.H. Kim. 2003. Optimal steaming condition of *Gastrodia elata* Blume (Chunma) using response surface methodology (RSM) J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 46:107-112 (in Korean).
- Lee, S.G., H.J. Jeong, E.J. Lee, J.B. Kim and S.W. Choi. 2011. Antioxidant and anti-inflammatory activities of ethanol extracts from medicinal herb mixtures. Korean J. Food Sci. Technol. 43:200-205 (in Korean).
- Liu, J. and A. Mori. 1992. Antioxidant and free radical scavenging activities of *Gastrodia elata* Blume. Neuropharmacol. 31:1287-1298.
- Liu, J. and A. Mori. 1993. Antioxidant and pro-oxidant activities of *p*-hydroxybenzyl alcohol and vanillin: effects on free radicals, brain peroxidation and degradation of benzoate, deoxyribose, amino acids and DNA. Neuropharmacology. 32:659-669.
- Maski, H., S. Skai, T. Astsumi and H. Sakurai. 1995. Active oxygen scavenging activity of plant extracts. Biol. Pharm. Bull. 18:162-166.
- Moon, J.S., S.J. Kim, Y.M. Park, I.S. Hwang, E.Y. Kim, J.W. Park, E.Y. Kim, J.W. Park, I.B. Park, S.W. Kim, W.G. Kang, Y.K. Park and S.T. Jung. 2004. Antimicrobial effect of methanol extracts from some medicinal herbs and content of phenolic compounds. Korean J. Food Preserv. 11:207-213 (in Korean).
- Park, S.J., S.W. Song, D.H. Seong, D.S. Park and S.S. Kim. 2009. Biological activities in the extracts of fermented *codonopsis lanceolata*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38:983-988 (in Korean).
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26:1231-1237.
- Taguchi, H., L. Yosioka, K. Yamasaki and I.H. Kim. 1981. Studies on the constituents *Gastrodia elata* Blume. Chem. Pharm. Bull. 29:55-62.
- Valko, M., D. Leibfritz, J. Moncol, M.T. Cronin, M. Mazur and J. Telser. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int. J. Biochem. Cell Biol. 39:44-84.
- Yu, S.J., J.R. Kim, C.K. Lee, J.E. Han, J.H. Lee, H.S. Kim, J.H. Hong and S.G. Kang. 2005. *Gastrodia elata* Blume and an active component, *p*-hydroxybenzyl alcohol reduce focal ischemic brain injury through antioxidant related gene expressions. Biol. Pharm. Bull. 28:1016-1020 (in Korean).
- Zhou, J., X.Y. Pu and Y.B. Yang. 1980. Phenolic compounds of fresh *Gastrodia elata*. Acta botanica Yunnanica. 2:370-372.

(Received 9 January 2012 ; Revised 13 June 2012 ; Accepted 18 July 2012)