

뿌리채소 분말을 첨가한 된장의 페놀성 물질의 조성, 함량 및 항산화 특성

백 현 영¹ · 곽 은 정^{1,2*}

¹영남대학교 식품과학과 박사졸업, ²영남대학교 식품공학과 교수

Phenolic Composition, Phenolic Content, and Antioxidant Activity of *Doenjang* Added with Root Vegetables Powder

Hyun-Young Paek¹ and Eun Jung Kwak^{1,2*}

¹Ph. D. Graduate, Dept. of Food Science, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Republic of Korea.

²Professor, Dept. of Food Science and Technology, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Republic of Korea

ABSTRACT

To increase the functional ability of *doenjang*, *doenjang* containing four kinds of root vegetable powder, such as *deodeok*, balloon flower root, burdock root, and lotus root, was fermented for 40 days at 30°C. The phenolic composition, phenolic compound content, and antioxidant activity of root vegetable *doenjang* were investigated. The flavonol, phenolic acid, total polyphenol, and total flavonoid content tended to increase with fermentation time. Epicatechin, catechin, and rutin were detected as flavanol. Caffeic acid, *p*-coumaric acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, hydroxybenzoic acid, ferulic acid, sinapic acid, and syringic acid were the phenolic acids in root vegetable *doenjang*. The free radical scavenging activity of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) as well as the ferric reducing antioxidant power (FRAP) of root vegetable *doenjang* increased with increasing fermentation time. The contents of phenolic compounds and the antioxidant activity of burdock root *doenjang* were the highest among the root vegetable *doenjang*. The lotus root *doenjang* and control also contained a high content of phenolic compounds and antioxidant activity. These results show that burdock root powder could be potent material to make *doenjang* with high functional ability.

Key words: *doenjang*, root vegetable, phenolic compound, antioxidant activity

서 론

된장은 대표적인 발효조미식품으로 발효과정 중 미생물에 의해 대두로부터 생성된 맛, 향기물질 그밖에 다양한 건강기능성 물질을 함유한다. 대두의 대표적인 건강기능성 물질로는 phenolic acid, flavonol, isoflavone 등이 있으며, 된장은 이들 성분들에 의해 항산화(Lee SJ 등 2016), 항암(Shim JH 등 2015), 항혈전(Kwon SH & Shon MY 2004), 항돌연변이 및 고혈압예방(Lee CH 등 2006), 면역증진(Lee CH 등 2011) 등 다양한 인체 생리기능성을 갖는 것으로 밝혀졌다.

현대의학 및 생활수준의 향상으로 평균수명이 늘어나고, 만성질환의 증가로 질병 발생의 원인과 예방에 대한 관심이 높아지면서 이러한 질환을 일으키는 주범인 활성산소를 제거하기 위한 방법으로 식품에 존재하는 항산화물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 다양한 생리활성물질을

함유하고 있는 더덕, 도라지, 우엉, 연근 등의 뿌리채소는 천연약물 및 건강 보조식품으로 이용될 뿐 아니라, 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있어 소비자들의 건강기능성 식품에 관한 관심이 높아지고 있으며, 항산화활성이 우수하여 최근 소비가 급격히 증가하고 있는 추세이다(Kwak SJ 등 2012).

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과에 속하는 다년생 덩굴식물로 폐와 신장을 보호하는 약용식물인 동시에 건강 식품으로 이용되고 있다. 더덕의 기능성은 뿌리에 함유되어 있는 inulin과 saponin 성분에 의하며, 천식, 해독, 거담 및 편도선염 질환치료, 항산화(Kang YH 2009), 항종양(Kim SH 등 2009), 항산화 효과에 의한 세포보호(Kim SH 등 2008) 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

도라지(*Platycodon grandiflorum*)도 초롱꽃과에 속하는 다년생 초본식물로 주요 약리성분은 inulin, saponin으로 알려져 있고, 약리작용으로는 진해, 거담, 항균(Jung MH 2019), 혈당강하(Kim TY 등 2020), 항암(Kim SH & Chung MJ 2015), 항산화(Kim CH 등 2010) 등이 있다.

우엉(*Arctium lappa*)은 국화과에 속하는 2년생 초본식물로

* Corresponding author : Eun Jung Kwak, Tel: +82-53-810-2983, Fax: +82-53-810-4662, E-mail: kwakej@ynu.ac.kr

특유의 향과 뿌리의 섬유질, 당질 및 fructan 성분으로 인하여 단맛과 씹히는 질감이 있으며, 아시아 지역을 중심으로 다양하게 소비되는(Imahori Y 등 2010) 채소이다. 최근에는 항염증(Kim YJ 등 2012), 항산화 활성(Moon JS 등 2017) 등의 연구가 보고되면서 건강식품으로 관심이 증대되고 있다.

연근(*Nelumbo mucifera* G.)은 수련과 연(蓮)속의 다년생 초본 수생식물로 풍부한 양의 단백질과 간 기능 회복, 숙취 제거에 효과가 있는 aspartic acid 함량이 높고, 무기질로는 potassium, sodium, calcium, magnesium 등이 다량 함유되어 있다(Yang HC 등 2007). 연근의 약리효과로는 항혈전(Ahn SM 등 2018), 혈압강하(Park IB 등 2005), 간보호 효과(Lee JJ 등 2006), 당뇨병 예방(Ko BS 등 2006) 등에 대한 연구가 보고되었다.

된장의 건강기능성을 보다 강화하기 위해 유백피(Son DY 2008), 버섯(Lee SJ 등 2004), 꾸지뽕열매 발효물(Lee ES 등 2014), 여주분말(Hwang CE 등 2017) 등을 첨가한 된장이 개발되었다. 유백피 된장(Son DY 2008)은 대조구 된장에 비해 항산화 활성이 높고 기호도가 향상되는 것으로 보고되었고, 표고, 상항 및 영지버섯을 첨가한 된장(Lee SJ 등 2004)은 항산화, 돌연변이 유발 억제 작용 및 암세포 생존 억제작용이 있는 것으로 보고되었다. 꾸지뽕 열매 발효물 첨가 된장(Lee ES 등 2014)은 항산화 활성이 발효를 통하여 상승하였고, 여주분말 첨가 된장(Hwang CE 등 2017)은 발효 후 총 phenolics, isoflavone-aglycone과 phenolic acid 함량의 높은 증가로 이에 따른 항산화 활성과 α -glucosidase 저해활성이 증가하여 항산화와 항당뇨 활성의 개선이 보고되었다.

최근 소비자들은 된장과 같은 전통장류에서도 맛, 영양뿐 아니라, 항암효과와 같은 건강기능성을 기대하고 있다(Paek HY 등 2016). 뿌리채소는 특유의 향과 맛, 건강기능성 성분을 함유하여 소비자들의 식품에 대한 높은 요구를 충족할 수 있는 식품소재로 사료된다. 이에 본 연구에서는 건강기능성이 강화된 된장을 개발하기 위해 구입이 용이하고 오래전부터 이용된 뿌리채소 중 다양한 생리활성물질을 함유하는 뿌리채소(더덕, 도라지, 우엉, 연근)분말을 첨가하여 된장을 제조한 후 발효기간에 따른 된장의 phenol성 화합물의 조성 및 함량과 항산화특성에 대해 알아보고, 건강기능성이 향상된 된장개발의 기초자료를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 실험재료 및 시약

시료 된장제조에는 낱알형 개량식 메주(문화메주, 경북), 정제염[(주)일천, 전북], 국내산 더덕, 도라지, 우엉, 연근분말은 자연초(www.jhurb.com)에서 구입하여 사용하였다. Cate-

chin, epicatechin, rutin, caffeic acid, *p*-coumaric acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, hydroxybenzoic acid, ferulic acid, sinapic acid, syringic acid, Folin-Ciocalteu reagent, sodium nitrite, aluminium chloride hexahydrate, gallic acid, quercetin, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azinobis-(3-ethyl benzothiazoline-6-sulphonic acid(ABTS) diammonium salt, potassium persulfate는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Chromatography에는 HPLC급 water와 acetonitrile을 Duksan(Ansan, Korea)에서 구입하였다.

2. 된장 제조

뿌리채소 분말을 첨가한 된장은 Lee KH 등(2016)의 방법을 참고로 개량메주:소금:물을 각각 33:13:54의 비율로 혼합하여 제조하였다. 제조에 사용한 개량메주는 증자한 대두에 *Aspergillus oryzae*를 접종하고 발효시킨 후 건조한 것이며 발효가 잘 되도록 믹서기[HM-331(NW), Hanil, Korea]로 분쇄하였다. 다음 분쇄한 메주 1,015 g과 뿌리채소 분말 140 g에 소금물(물 1,890 g에 소금 455 g을 넣어 완전히 용해)을 넣어 균일하게 혼합하였다. 대조구의 경우, 메주 1,155 g을 소금물과 혼합하여 제조하였다. 이어 미리 알코올로 소독해 둔 투명용기(PCT 소재, 1 L용량)에 700 g씩 담아 30°C의 incubator(HB-103-2, Hanback, Korea)에서 40일간 발효하면서 10일 간격으로 채취하여 시료로 사용하였다. 예비실험에서 뿌리채소 분말 첨가량은 원료 총중량(3.5 kg)의 3~5%가 되도록 하여 된장을 제조한 결과, 4% 첨가 시 적당한 되기의 된장제조가 가능하여 4%(140 g)로 결정하였다. 이하 더덕(*deodeok*)된장, 도라지(ballon flower root)된장, 우엉(burdock root)된장, 연근(lotus root)된장으로 하였다.

3. 시료액 제조

실험에 사용한 시료액은 된장 2 g에 60% 에탄올 8 mL를 가하고 실온에서 혼합기(SLRM-3, Seolin Bioscience, Korea)를 이용하여 100 rpm에서 1시간 추출한 다음 여과지(No.2, Advantec, Tokyo, Japan)로 여과한 여액을 10 mL 메스플라스크로 표정하였다. 시료액은 총 polyphenol, 총 flavonoid, 항산화능 측정에 추가적으로 회색하지 않고 사용할 수 있는 농도가 되도록 예비실험을 통해 결정하였다. 시료 HPLC 분석에는 표정한 용액을 0.45 μ M membrane filter로 여과하여 사용하였다.

4. 실험방법

1) Flavonol 및 Phenolic Acid 조성 및 함량 측정

된장의 flavonol 및 phenolic acid 함량과 조성은 Vasco C

등(2009)의 방법을 변형하여 측정하였다. 기기는 Shimadzu Prominence HPLC LC 20AD(Japan)를 사용하였고, Synchronis C18(250 mm × 4.6 mm id, particle size 5 μm, Thermo, USA) column을 사용하여 시료액을 분리하였고, diode array detector(DAD)를 이용해 250 nm, 280 nm 및 320 nm의 파장에서 검출하였다. 유속은 0.5 mL/min으로 하여 40분간 분석하였고, injection volume은 20 μL로 하였다. 이동상으로 A용액은 1% formic acid, B용액은 acetonitrile을 사용하였다. 0분에 A용액을 95%(B용액 5%)로 하여 20분에는 A용액 70%(B용액 30%)로 B용액의 비율을 높였고, 30분에 A용액 70%(B용액 30%)를 유지하다가, 31분에 A용액 95%(B용액 5%)로 처음과 같은 조건으로 돌아간 후, 40분까지 A용액 95%(B용액 5%)로 column을 세척하였다. Flavonol 표준물질로는 catechin, epicatechin 및 rutin을, phenolic acid 표준물질로는 caffeic acid, *p*-coumaric acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, hydroxybenzoic acid, ferulic acid, sinapic acid, syringic acid를 사용하였다. Flavonol 및 phenolic acid 표준물질은 1 mg/mL의 농도로 methanol에 용해한 후 단계적으로 희석하여 0~50 mg/L의 범위의 검량선($R^2=0.999$)을 작성하여 정량하였다. 그리고 각 flavonol 및 phenolic acid 함량은 μg/g(fw)으로 나타내었다.

2) 총 Polyphenol 화합물 함량 측정

된장의 총 polyphenol 화합물 함량은 Arnous A 등(2001)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 시료액 2.4 mL와 Folin-Ciocalteu 용액(Sigma-Aldrich, USA) 0.15 mL를 혼합한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 polyphenol성 함량은 gallic acid (Sigma-Aldrich, USA)를 표준물질로 하여 검량선을 작성하여 구한 후 mg/g(fw)으로 나타내었다.

3) 총 Flavonoid 함량 측정

된장의 총 flavonoid 함량은 Shen Y 등(2009)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 시료액 0.5 mL와 증류수 2 mL를 혼합한 후 5% sodium nitrite 0.15 mL, 10% aluminium chloride hexahydrate 0.15 mL, 1 M NaOH 1 mL를 첨가하여 15분 방치한 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 flavonoid 함량은 quercetin(Sigma-Aldrich, USA)을 표준물질로 하여 검량선을 작성하여 구한 후 mg/g(fw)으로 나타내었다.

4) 항산화 활성

(1) DPPH Radical 소거능 측정

뿌리채소 된장의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능은 Brand-Williams 등(1995)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료액 0.5 mL에 methanol에 용해한 0.1 mM DPPH

용액 2.5 mL를 혼합하여 암실에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 다음의 식으로부터 구하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 시료 흡광도, B: 시료 무첨가구 흡광도

(2) ABTS Radical 소거능 측정

뿌리채소 된장의 2,2'-azino-bis-(3-ethyl benzothiazoline-6-sulphonic acid(ABTS) radical 소거능은 Re R 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 1:1 비율로 하여 실온의 암실에서 12~16시간 방치해 ABTS radical을 만들었다. ABTS radical은 734 nm에서 흡광도가 0.7 ± 0.002 가 되도록 메탄올로 희석하였다. 다음 시료액 10 μL와 ABTS 용액 3 mL를 혼합하여 30분간 방치한 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 다음의 식으로부터 구하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity(\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 시료 흡광도, B: 시료 무첨가구 흡광도

(3) FRAP법에 의한 항산화능 측정

뿌리채소 된장의 Ferric reducing antioxidant power(FRAP)법에 의한 항산화력은 Benzie IFF & Strain JJ(1996)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료액 90 μL와 FRAP용액(0.3 M acetate buffer 25 mL, 10 mM tripyridyl triazine 2.5 mL, 20 mM FeCl₃ 2.5 mL, 증류수 3 mL 혼합액) 2.91 mL를 혼합한 후 37도에서 30분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하고 흡광도 값으로 표시하였다.

5. 통계처리

모든 실험결과는 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 SPSS 25.0 version을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 후 유의적인 차이가 있는 항목에 대해서는 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. Flavonol 조성 및 함량

뿌리채소 된장의 발효 기간 중 flavonol 조성 및 함량의 변화는 Fig. 1에, 총 flavonol 함량은 Table 1에 나타내었다. Catechin, epicatechin, rutin의 3종 flavonol 화합물이 시료 된장에서 검출되었는데, 이들 화합물들은 발효 기간이 증가함

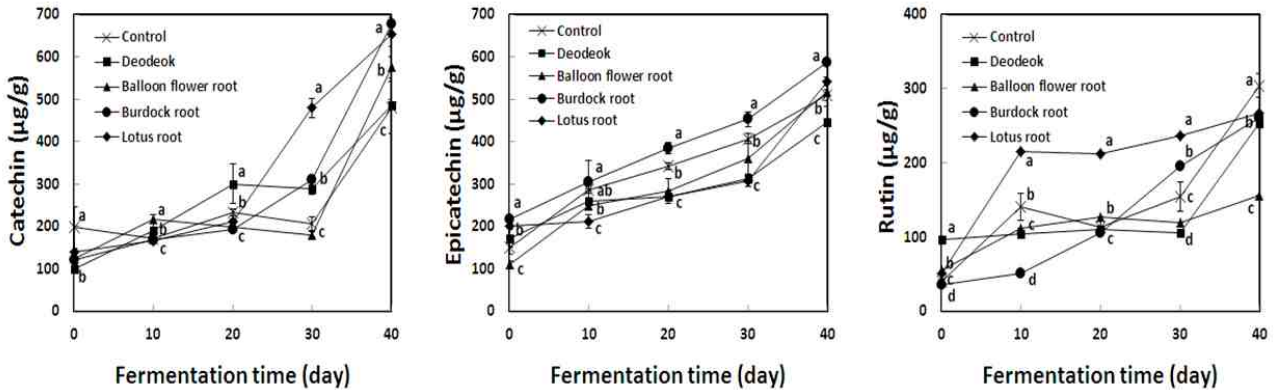


Fig. 1. Changes in catechin, epicatechin, rutin content of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, *Balloon flower root*: *doenjang* with balloon flower root powder, *Burdock root*: *doenjang* with burdock root powder, *Lotus root*: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-d} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p < 0.05$ Duncan's multiple range test.

에 따라 점차적으로 증가하였다(Fig. 1). Catechin의 경우, 제조 당일에 대조구는 뿌리채소 된장보다 유의적으로 높았으나($p < 0.05$), 40일째에는 우엉, 연근된장 > 도라지된장 > 더덕된장, 대조구의 순으로 뿌리채소 된장이 대조구보다 높은 경향을 보였다. Epicatechin도 40일째에는 우엉, 연근된장 > 도라지된장, 대조구 > 더덕된장의 순으로 높아 catechin과 동일하게 우엉, 연근된장의 함량은 유의적 차이 없이 시료 중 가장 높았다($p < 0.05$). Rutin의 경우, 연근된장의 함량은 제조 당일부터 37일경까지 가장 높았으나, 이후 대조구가 급격히 증가해 40일째에는 시료 된장 중 가장 높게 나타났고, 다음은 연근, 우엉, 더덕된장이 유의적 차이 없이 높았고, 도라지된장은 가장 낮았다($p < 0.05$).

Lee KH 등(2016)은 자연 발효시킨 대조구와 *Bacillus subtilis* KACC 15935 및 *Bacillus subtilis* HJ18-9을 접종하여 낱알형 개량메주를 만들어 3종의 된장을 제조하였다. 이들 *Bacillus* 균주를 달리한 된장에서 epigallocatechin, catechin, epicatechin 및 이의 gallate 총 6종의 flavonol 화합물이 검출되었는데, epicatechin 함량이 가장 높았다. 본 연구의 시료된장은 *Aspergillus oryzae*를 접종하여 만든 메주를 사용하여 상기 연구의 자연발효, *Bacillus* 균주로 제조한 메주와 중균의 차이는 있으나, 본 연구에서도 채소분말을 첨가하지 않은 대조구 경우 epicatechin 함량은 catechin보다 높은 경향을 보여 유사하였다.

Catechin, epicatechin 및 rutin 함량을 합한 총 flavonol 함량은 발효 기간이 증가함에 따라 증가하여 40일째에는 우엉, 연근된장이 유의적 차이 없이 가장 높았고, 다음은 대조구, 도라지, 더덕된장의 순으로 높았다(Table 1).

2. Phenolic Acid 조성 및 함량

뿌리채소 된장의 발효 기간 중 phenolic acid의 조성 및 함량의 변화는 Fig. 2에, 총 phenolic acid 함량은 Table 2에 나타내었다. Caffeic acid, chlorogenic acid, syringic acid, sinapic acid, dihydroxybenzoic acid, hydroxybenzoic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid의 8종 phenolic acid가 시료 된장에서 검출되었으며, 이들 phenolic acid는 발효 기간이 증가함에 따라 증가하는 경향이었다.

우엉된장은 caffeic acid, chlorogenic acid, syringic acid, sinapic acid 함량이 다른 된장보다 현저히 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 특히 caffeic acid의 함량이 가장 높았는데, 제조 당일에도 68.15 µg/g으로 다른 된장 1.26~6.38 µg/g보다 11~54배나 높았고, 30일에는 156.52 µg/g까지 증가하다 이후 감소하였다. 우엉된장 중의 caffeic acid는 주로 우엉으로부터 유래한 것으로 사료되는데, 우엉 중에는 caffeoylquinic acid(Liu J 등 2012), chlorogenic acid, caffeic acid(Chen FA 등 2004)가 다량 함유되어 있는 것이 보고되었다. 한편, 대조구에는 dihydroxybenzoic acid 함량이 가장 많았고, chlorogenic acid, sinapic acid의 함유량도 높은 것으로 나타났다.

8종 phenolic acid 함량을 합한 총 phenolic acid 함량에 있어서 대조구와 뿌리채소 된장이 다른 경향을 보였는데, 대조구는 30일째까지 증가하다가 이후 변화가 없었으나, 뿌리채소 된장의 함량은 30일째까지 증가하다가 이후 다소 감소하였다(Table 2). 발효 40일째에는 우엉된장의 함량이 가장 높았고, 다음으로 대조구, 연근, 도라지된장이 높았다. 우엉된장의 총 phenolic acid 함량은 199.19 µg/g으로 대조구 79.49 µg/g의 2.5배나 높아, 우엉된장은 대조구보다 높은 생리기능

Table 1. Change in total flavonol contents of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days (µg/g)

Sample ¹⁾	Fermentation time (day)				
	0	10	20	30	40
Control	^D 509.28±35.37 ^{a2)}	^C 607.97±44.12 ^a	^C 688.57± 9.39 ^a	^B 812.59±38.14 ^c	^A 1,294.06±76.90 ^b
Deodeok	^E 367.43±23.31 ^b	^D 555.00±35.23 ^{ab}	^C 682.92±18.17 ^a	^B 707.63±19.19 ^d	^A 1,186.60±19.77 ^c
Balloon flower root	^D 289.82±15.20 ^c	^C 577.90±21.14 ^{ab}	^{BC} 608.32±32.36 ^b	^B 660.63±26.63 ^c	^A 1,284.75±51.69 ^{bc}
Burdock root	^E 374.88±6.51 ^b	^D 524.74±50.87 ^{bc}	^C 683.94±11.93 ^a	^B 910.91±12.68 ^b	^A 1,525.56±34.81 ^a
Lotus root	^E 392.73±1.27 ^b	^D 493.42±23.29 ^c	^C 674.54±16.36 ^a	^B 1,024.66±23.84 ^a	^A 1,462.02±31.84 ^a

1) Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder.
 2) Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with different superscripts in the column are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. ^{A-E} Means with different superscripts in the row are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

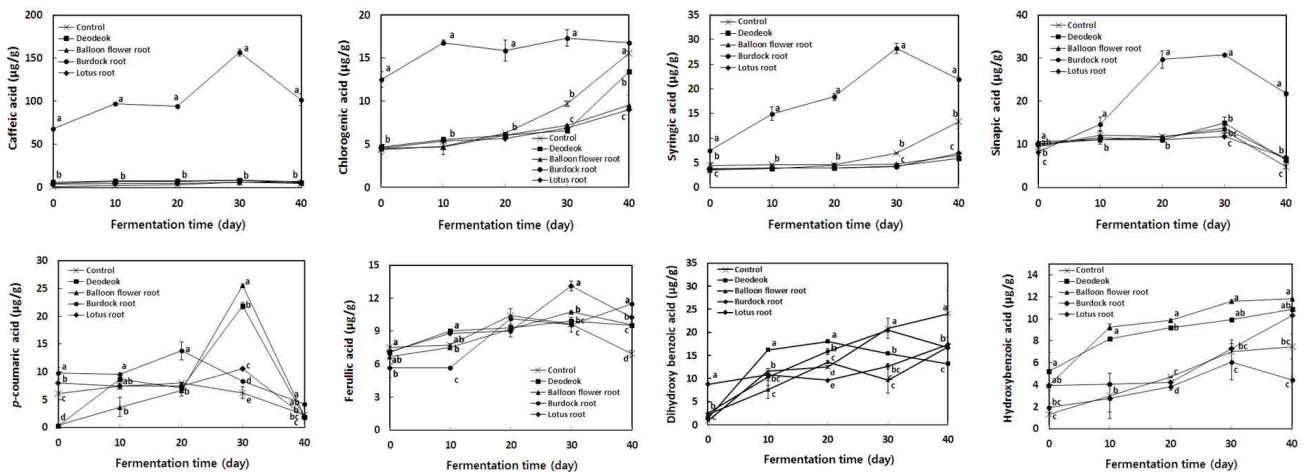


Fig. 2. Change in phenolic acid contents of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-d} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

성을 가질 것으로 사료되었다.

재래식 메주와 된장(Kim MH 등 1994)에서는 caffeic acid와 *p*-coumaric acid 함량이 높았고, *Bacillus* 균주를 달리하여 제조한 된장(Lee KH 등 2016)에서는 hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid 함량이 높았다. *Aspergillus oryzae*를 접종하여 제조한 개량식 된장(Lee JS & Cheigh HS 1997)에서는 syringic acid 함량이 가장 많았고, 다음은 vanillic acid, hydroxybenzoic acid의 순으로 높아 본 시료 된장제조에 사용한 개량메주와 유사하였으나, phenolic acid 조성 과 함량에

는 차이가 있었다. 여주 함유 된장에서는 7종의 phenolic acid가 검출되었는데(Hwang CE 등 2017), protocatechuic acid, chlorogenic acid 함량이 높다고 하여 선행 논문들과 다른 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 원료 대두의 품종, 부재료 첨가, 재료된장의 제조 방법 등이 된장의 phenolic acid의 함량과 조성에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 사료되었다.

3. 총 Polyphenol 화합물 함량

Polyphenol은 과일, 채소, 차, 커피, 두류 등 식물성 식품에

Table 2. Change in total phenolic acid contents of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days

Sample ¹⁾	Fermentation time (day)				
	0	10	20	30	40
Control	^D 35.37±1.68 ^{c2)}	^C 54.15±0.78 ^c	^B 61.38±0.16 ^c	^A 80.20±1.96 ^c	^A 79.49±5.64 ^b
Deodeok	^C 38.88±1.61 ^c	^B 70.84±0.04 ^b	^B 72.58±1.17 ^b	^A 91.73±3.80 ^b	^B 66.52±4.09 ^c
Balloon flower root	^D 36.75±0.04 ^c	^C 54.45±5.06 ^c	^B 68.87±3.01 ^b	^A 91.90±0.20 ^b	^B 70.17±3.92 ^{bc}
Burdock root	^D 116.17±2.16 ^a	^C 172.04±11.33 ^a	^B 202.23±1.71 ^a	^A 277.42±8.17 ^a	^B 199.19±6.77 ^a
Lotus root	^D 50.25±0.52 ^b	^C 55.96±0.19 ^c	^C 55.92±0.17 ^d	^A 72.95±1.72 ^c	^B 69.41±1.41 ^{bc}

¹⁾ Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder.

²⁾ Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-d} Means with different superscripts in the column are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. ^{A-D} Means with different superscripts in the row are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

널리 분포되어 있으며, 항암, 항산화, 혈압강하작용, 간장보호 효과 등을 갖는 식물의 2차 대사산물이다. 현재까지 8,000여종 화합물이 알려져 있으며, 크게 phenolic acid, flavonoid, tannin, lignan, stilbene 등으로 분류된다(Khan H 등 2019).

뿌리채소 된장의 총 polyphenol 함량 변화 결과는 Fig. 3과 같다. 제조 당일에는 대조구가 11.65 mg/g으로 가장 높았고, 다음은 연근된장 10.50 mg/g > 도라지된장 9.87 mg/g, 더덕된장 9.32 mg/g > 우엉된장 9.21 mg/g 순으로 발효 기간이 경과함에 따라 증가하였다($p<0.05$). 우엉된장의 경우, 총 polyphenol 함량은 제조 당일에는 가장 낮았으나, 이후 급격히 증가하여 발효 10일째부터 시료 된장 중 가장 높게 나타났다. 발효 40일째의 총 polyphenol 함량은 12.83~14.55 mg/g 이었고, 우엉, 연근된장이 유의적 차이 없이 가장 높았으며, 다음은 대조구가 높았고, 더덕과 도라지된장의 함량은 유사하였다($p<0.05$). 된장의 총 polyphenol 함량은 발효숙성 과정 중 증가한다고 보고되었으며(Lee KH 등 2016), 발효 과정 중 미생물에 의해 대두로부터 phenolic 화합물이 분해되기 때문인 것으로 알려져 있다(Hwang CE 등 2017). 60일간 발효한 여주 함유 된장(Hwang CE 등 2017)의 총 polyphenol 함량은 13.49~14.52 mg/g으로 본 시료 된장과 유사하였고, 8주 발효한 콩알메주 된장의 총 polyphenol 함량은 7.96~9.65 mg/g으로 본 연구의 대조구 14.03 mg/g보다 낮았다(Jeong EJ 등 2018). 한편, 4종 시판 된장의 총 polyphenol 함량은 3.28~4.47 mg/g의 범위로 대조구의 23~32% 정도로 매우 낮았다(Kang KK 등 2016). 이상의 결과로부터 대두만을 원료로 하여 제조한 된장(Kang KK 등 2016; Jeong EJ 등 2018)의 총 polyphenol 함량도 원료대두, 제조 방법 등에 따라 차이가 크며, 된장의 총 polyphenol 함량을 증가시키기 위해서 우엉이나 연근의 첨가가 적절한 것을 알 수 있었다.

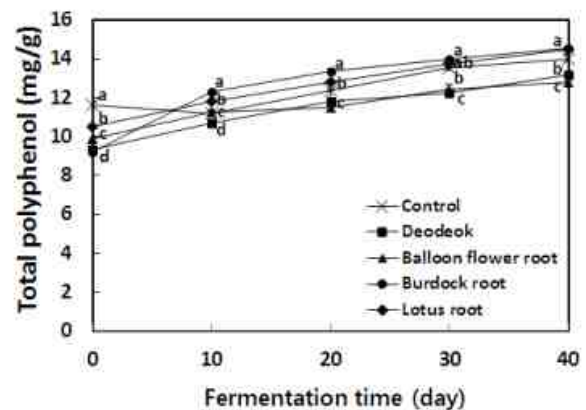


Fig. 3. Changes in total polyphenol content of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-d} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

4. 총 Flavonoid 함량

Flavonoid 화합물은 polyphenol의 일종으로 식물의 잎, 줄기, 열매, 뿌리, 종자 등 식물의 모든 부위에 분포하며(Park JS 등 2002), 두 개의 phenyl 환에 탄소 3개의 환을 가지는 C6-C3-C6의 골격구조를 가진다(Fan M 등 2019). Flavonoid 화합물에는 chalcone, flavone, flavanol, flavan 3,4-diol, proanthocyanidin, anthocyanin 등이 있으며, 식물체내에서는 자

외선 차단, 병원체 방어 등 다양한 식물보호 기능이, 인체에서는 항균, 항염증, estrogen 작용, tyrosinase 저해 작용 및 강력한 항산화 활성을 가진다(Park JS 등 2002).

뿌리채소 된장의 총 flavonoid 함량 변화 결과는 Fig. 4와 같다. 제조 당일에는 우엉된장이 0.89 mg/g으로 가장 높았고, 다음은 도라지된장(0.76 mg/g), 더덕된장(0.73 mg/g)이 높았고, 이어서 연근된장(0.72 mg/g), 대조구(0.70 mg/g)의 순으로 나타났다. 발효기간이 경과함에 따라 모든 시료 된장의 총 flavonoid 함량은 증가하여 40일째에는 우엉된장(1.42 mg/g) > 연근된장(1.10 mg/g), 도라지된장(1.07 mg/g) > 대조구(1.05 mg/g) > 더덕된장(0.97 mg/g)의 순으로 나타났다($p < 0.05$). 특히, 우엉된장의 총 flavonoid 함량은 다른 된장보다 40일째까지 현저하게 증가하여 가장 높은 함량을 나타내었다.

Kang HJ 등(2016)은 유통 중의 전통된장, 저염된장, 개량식 된장을 된장별로 3개씩 구입하여 35°C에서 4주간 저장한 후, 총 flavonoid 함량을 측정된 결과, 각각 약 1 mg/g, 1 mg/g, 1.15 mg/g이라고 보고하였다. 이들 시판된장은 제조일자를 명확히 알 수 없고 제조 후 경과된 시일도 불명확하지만, 저장기간이 증가해도 산도 및 아미노태 질소 함량의 유의적 변화가 없어 발효는 끝났고 숙성과정 상태임을 예측할 수 있었다(Kang HJ 등 2016). 그러나 총 phenol 화합물과 총 flavonoid 함량은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 본 시료된장은 40일간 발효한 숙성되지 않은

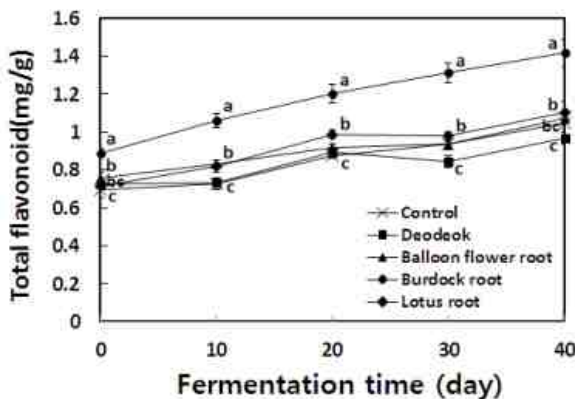


Fig. 4. Changes in total flavonoid of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, *Deodeok*: *doenjang* with *deodeok* powder, *Balloon flower root*: *doenjang* with balloon flower root powder, *Burdock root*: *doenjang* with burdock root powder, *Lotus root*: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

상태의 된장으로 상기 연구에 사용한 숙성 중의 유통된장보다 숙성기간은 짧지만 우엉된장을 제외한 시료된장의 총 flavonoid 함량에는 큰 차이가 없었다. 한편, 우엉된장의 총 flavonoid 함량은 1.42 mg/g으로 숙성이 진행 중인 다수의 유통된장보다 현저히 높은 것을 알 수 있었다. 된장의 발효 중 총 flavonoid 함량의 증가는 isoflavone의 배당체가 β -glucosidase에 의해 aglycone 형태인 genistein과 daidzein의 함량이 증가하기 때문인 것으로 알려져 있다(Kwon SH & Shon MY 2004). 이상의 결과, 우엉, 연근, 도라지분말을 된장 제조에 첨가 시 대조구에 비해 flavonoid 함량이 현저히 증가함에 따라 항산화 기능성이 높은 된장 제조가 가능할 것으로 사료된다.

5. 항산화 활성

1) DPPH Radical 소거 활성

활성산소는 인체 내에서 질병과 노화를 일으키는 원인물질로서 radical 소거능은 활성산소의 항산화력 및 노화억제 작용의 척도로 이용된다. DPPH radical은 안정한 radical로 cysteine, glutathione과 같은 함황아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine 등에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색되므로 탈색 정도가 항산화 물질의 DPPH radical 소거활성능으로 알려져 있어 항산화 물질의 항산화능 측정에 가장 많이 사용되는 방법이다(Seo YR 2017).

뿌리채소 된장의 DPPH radical 소거활성 측정 결과는 Fig. 5와 같다. 제조 당일의 DPPH radical 소거활성은 우엉된장이 53.68%로 가장 높았고, 다음으로 연근된장 44.04% > 더덕된장 35.58% > 대조구 29.60% > 도라지된장 23.62%의 순서로 나타났다. DPPH radical 소거활성은 발효기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하여($p < 0.05$) 발효 40일째에는 우엉된장 85.56% > 연근된장 72.00%, 대조구 69.64% > 더덕된장 64.97%, 도라지된장 63.37%의 순으로 나타났다. 잠두장과 대두된장(Li CX 2012), 콩알메주 된장(Jeong EJ 등 2018), 여주 함유 된장(Hwang CE 등 2017) 등의 선행연구에서도 된장의 DPPH radical 소거활성은 발효기간이 경과함에 따라 증가하는 것으로 보고되었다. Oh HJ & Kim CS(2007)는 대두, 된장 및 청국장 DPPH radical 소거활성을 비교했을 때 된장이 가장 우수하였는데, 이는 시료 중의 총 polyphenol 함량과 관련이 높았다고 하였다.

우엉된장의 높은 DPPH radical 소거활성은 우엉에 다량 함유된 항산화물질인 caffeoylquinic acid(Liu J 등 2012), chlorogenic acid, caffeic acid(Chen FA 등 2004)와 같은 phenolic acid의 기여에 의한 것으로 사료되었다. 또한 Yamaguchi T 등(2001)의 연구에서도 우엉의 DPPH radical 소거활성은

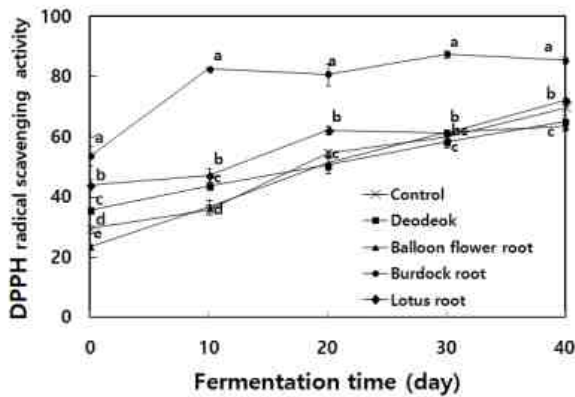


Fig. 5. Changes in DPPH radical scavenging activity (%) of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, Deodeok: *doenjang* with deodeok powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

18가지 채소 중 가장 높았다는 보고가 있어 본 연구결과와 유사하였다.

2) ABTS Radical 소거능

ABTS는 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초로 하며, *in vitro*의 항산화능을 측정하기 위한 방법으로 널리 이용되고 있다. ABTS와 potassium persulfate를 암소에 보관하면서 청녹색 형태인 ABTS radical이 생성되는데 추출물의 항산화력에 의해 ABTS radical이 소거되어 radical 특유의 색이 탈색되는 정도를 분석하여 흡광도 값으로 나타내어 항산화 활성을 평가한다(Kwak IS 2008).

뿌리채소 된장의 radical 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 제조 당일 ABTS radical 소거능은 연근된장과 대조구가 67%로 유의적 차이 없이 가장 높았고, 다음은 우영된장 61.46% > 도라지된장 57.96%, 더덕된장 56.79% 순으로 나타났다. ABTS radical 소거능은 20일까지 발효 기간이 증가함에 따라 증가하였으나, 이후 대조구와 더덕된장은 큰 변화 없이 유지되었고, 도라지된장은 증가하였으며, 우영, 연근된장은 증가되어 된장에 따라 차이를 보였다. 발효 40일째는 우영된장(77.96%), 연근된장(77.86%)이 가장 높았고, 다음 대조구(73.72%), 도라지된장(72.21%) > 더덕된장(68.37%) 순으로 나타났다. 뿌리채소 된장의 ABTS radical 소거능은

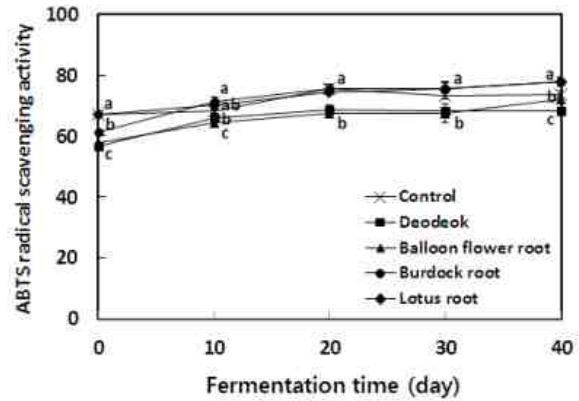


Fig. 6. Changes in ABTS radical scavenging activity (%) of *doenjang* added with root vegetable powder and control *doenjang* during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: *doenjang* without root vegetable powder, Deodeok: *doenjang* with deodeok powder, Balloon flower root: *doenjang* with balloon flower root powder, Burdock root: *doenjang* with burdock root powder, Lotus root: *doenjang* with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

발효기간이 증가함에 따라 증가폭이 크지 않아 DPPH radical 소거능 결과와 차이가 있었다. 한편, 여주 첨가 된장에서도 ABTS radical 소거능은 여주 첨가량을 달리해도 차이를 보이지 않았다(Hwang CE 등 2017).

3) FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Power)법에 의한 환원력 변화

FRAP법에 의한 환원력 측정법은 뿌리채소 된장의 항산화 물질이 Fe^{3+} 를 Fe^{2+} 로 환원시키는 환원력을 이용하여 뿌리채소 된장의 항산화능을 측정할 수 있는 방법이다(Oh SJ 등 2014). 뿌리채소 된장의 FRAP법에 의한 환원력의 결과는 Fig. 7과 같다. 제조 당일에는 우영된장이 0.74로 가장 높았고, 다음 연근된장 0.74, 대조구 0.65, 더덕된장 0.64, 도라지된장 0.60의 순으로 높았다($p < 0.05$). 시료 된장의 FRAP에 의한 환원력은 발효 기간이 증가함에 따라 점차 증가하여 40일째에는 우영된장이 1.38로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 연근된장 1.14, 대조구 1.05가 높았고, 도라지된장과 1.00, 더덕된장 0.98의 순으로 나타났다. 우영된장은 제조 당일부터 급격히 증가하여 발효 30일째까지 다른 시료보다 현저히 높은 수준으로 증가하다가 이후 일정하게 유지하여 다른 된장과 차이를 보였다.

FRAP법에 의한 환원력은 총 polyphenol 함량 및 총 flavonoid 함량과 밀접한 관련이 있다(Oh SJ 등 2014). Shim

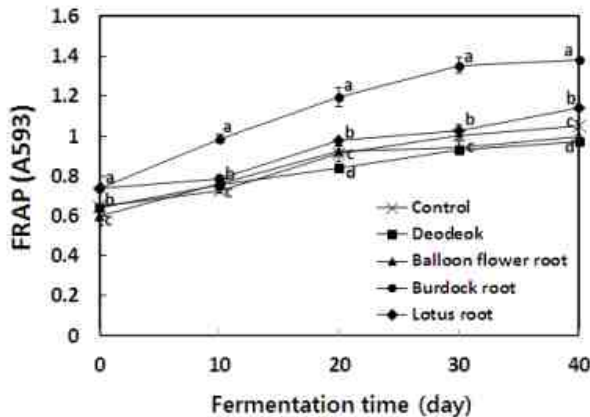


Fig. 7. Changes in FRAP of doenjang added with root vegetable powder and control doenjang during fermentation at 30°C for 40 days.

Control: doenjang without root vegetable powder, Deodeok: doenjang with deodeok powder, Balloon flower root: doenjang with balloon flower root powder, Burdock root: doenjang with burdock root powder, Lotus root: doenjang with lotus root powder. Data are expressed as mean±S.D. (n=3). ^{a-d} Means with different superscripts in the same fermentation time are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

JM 등(2016)도 콩알메주로 제조한 된장을 91일간 발효 시 FRAP법에 의한 환원력은 점차 증가하였다고 하였다. 우영 된장의 FRAP에 의한 환원력이 높은 것은 우영된장의 총 polyphenol 함량과 총 flavonoid 함량이 높았기 때문인 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 전통 발효조미료인 된장의 건강기능성을 강화시키기 위해 더덕, 도라지, 우영, 연근의 4종 뿌리채소 분말을 첨가하여 된장을 제조하고 phenolic 화합물의 조성 과 함량 및 항산화능을 측정하였다. 시료된장의 flavonol, phenolic acid, 총 polyphenol, 총 flavonoid 함량은 발효기간 이 증가함에 따라 증가하는 경향이였다. Flavonol으로는 catechin, epicatechin, rutin이 검출되었고, phenolic acid로는 caffeic acid, chlorogenic acid, syringic acid, sinapic acid, dihydroxybenzoic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid이 검출되었다. DPPH와 ABTS free radical 소거능 및 FRAP에 의한 환원력도 발효기간이 증가함에 따라 증가하였다. 우영된장의 flavonol, phenolic acid, 총 polyphenol, 총 flavonoid 함량 및 항산화능은 시료 된장 중 가장 높았다. 우영된장에 이어 연근된장과 대조구도 항산화성분 함량과 항산화능이 높은 것

으로 나타났다. 이상의 결과, 4종 뿌리채소 중 우영분말을 첨가한 된장은 우영에서 유래한 phenolic 화합물 함량이 증가함에 따라 항산화능도 증가하여 대조구보다 건강기능성이 증가한 된장 제조가 가능한 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- Ahn SM, Sung HJ, Kim JS, Park JY, Sohn HY (2018) *In vitro* anti-thrombosis activities of different parts of *Nelumbo nucifera* Gaertner. Microbiol Biotechnol Lett 46(4): 372-376.
- Arnous A, Makris DP, Kefalas P (2001) Effect of principal polyphenol components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. J Agric Food Chem 49(12): 5736-5742.
- Benzie IFF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Anal Biochem 239(1): 70-76.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT 28(1): 25-30.
- Chen FA, Wu AB, Chen CY (2004) The influence of different treatments on the free radical scavenging activity of burdock and variations of its active components. Food Chem 86(4): 479-484.
- Fan M, Ding H, Zhang G, Hu X, Gong D (2019) Relationships of dietary flavonoid structure with its tyrosinase inhibitory activity and affinity. LWT-Food Sci Technol 107(1): 25-34.
- Hwang CE, Joo OS, Lee JH, Song YH, Hwang IG, Cho KM (2017) Changes of physicochemical properties and biological activity during the fermentation of doenjang with bitter melon (*Momordica charantia* L.). Korean J Food Preserv 24(1): 134-144.
- Imahori Y, Kitamura N, Kobayashi S, Takihara T, Ose K, Ueda Y (2010) Changes in fructooligosaccharide composition and related enzyme activities of burdock root during low temperature storage. Postharvest Biol Technol 55(5): 15-20.
- Jeong EJ, Yoon HS, Kim IJ, Hong ST, Kim SY, Gil NY, Han NS, Eom HJ (2018) Quality characteristics of whole soybean *meju doenjang* prepared with addition times and starter contents. J Korean Soc Food Sci Nutr 47(11): 1159-1168.
- Jung MH (2019) Evaluation of antibacterial, antioxidant

- fractionalities and hair loss prevention effect of *Platycodon grandiflorum*. Korean J Food Nutr 32(5): 553-559.
- Kang HJ, Kim JH, Kim RR, Kim KS, Hong SP, Kim MJ, Yang HJ (2016) Quality characteristics and composition profile of traditional *doenjang* and manufactured *doenjang* during storage time. Korean J Food Nutr 29(5): 785-794.
- Kang KK, Choi SY, Kim JS, Kim GC, Kim KM, Baek DR (2016) Quality characteristics of buckwheat *soksungjang* and factory-style *doenjang*. Food Eng Prog 20(4): 379-385.
- Kang YH (2009) Phenolic compounds and antioxidant activity in cell wall materials from *deodeok* (*Codonopsis lanceolata*). Korean J Food Sci Technol 41(3): 345-349.
- Khan H, Sureda A, Belwal T, Cetinkaya S, Sutar I, Tejada S, Devkota H, Ullah H, Aschner M (2019) Polyphenols in the treatment of autoimmune diseases. Autoimmun Rev 18(7): 647-657.
- Kim CH, Jung BY, Jung SK, Lee CH, Lee HS, Kim BH, Kim SK (2010) Evaluation of antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum*. J Environ Toxicol 25(1): 85-94.
- Kim MH, Im SS, Yoo YB, Kim GE, Lee JH (1994) Antioxidative materials in domestic *meju* and *doenjang* 4. Separation of phenolic compounds and their antioxidative activity. J Korean Soc Food Sci Nutr 23(5): 792-798.
- Kim SH, Choi HJ, Chung MJ, Cui CB, Ham SS (2009) Antimutagenic and antitumor effects of *Codonopsis lanceolata* extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(10): 1295-1301.
- Kim SH, Choi HJ, Oh HT, Chung MJ, Cui CB, Ham SS (2008) Cytoprotective effect by antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* and *Platycodon grandiflorum* ethyl acetate fraction in human HepG2 cells. Korean J Food Sci Technol 40(6): 696-701.
- Kim SH, Chung MJ (2015) Safety and anticancer effects of *Platycodon grandiflorum* extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(4): 516-523.
- Kim TY, Kim SJ, IMM JY (2020) Improvement of blood glucose control in type 2 diabetic *db/db* mice using *Platycodon grandiflorum* seed extract. Korean J Food Sci Technol 52(1): 81-88.
- Kim YJ, Kang SC, Mamkoong S, Choung MG, Sohn EH (2012) Anti-inflammatory effects by *Arctium lappa* L. root extracts through the regulation of ICAM-1 and nitric oxide. Korean J Plant Res 25(1): 1-6.
- Ko BS, Jun DW, Hang JS, Kim JH, Park S (2006) Effect of *Sasa borealis* and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion *in vitro*. Korean J Food Sci Technol 38(1): 114-120.
- Kwak IS (2008) Comparison of different assays for evaluating antioxidant activity of polyphenols and tea extracts. Ph D Dissertation Chonbuk National University, Cheongju. pp 13-98.
- Kwak SJ, Park NY, Kim CG, Kim HR, Yoon KS (2012) Changes in quality characteristics of wild root vegetables during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(8): 1158-1167.
- Kwon SH, Shon MY (2004) Antioxidant and anticarcinogenic effects of traditional *doenjang* during maturation periods. Korean J Food Preserv 11(4): 461-467.
- Lee CH, Kim WC, Rhee IK, Lee OS, Park HD (2006) Changes in the physicochemical property, angiotensin converting enzyme inhibitory effect and antimutagenicity during the fermentation of Korean traditional soy paste (*doenjang*). Korean J Food Preserv 13(5): 603-610.
- Lee CH, Youn Young, Song GS, Kim YS (2011) Immunostimulatory effects of traditional *doenjang*. J Korean Soc Sci Nutr 40(9): 1227-1234.
- Lee ES, Jo SW, Yim EJ, Kim YS, Park HS, Kim MK, Cho SH (2014) Fermentation characteristics of mulberry (*Cudrania tricuspidata*) fruits produced using microbes isolated from traditional fermented food, and development of fermented soybean food. Korean J Food Preserv 21(6): 866-877.
- Lee JJ, Park SE, Lee YM, Lee MY (2006) Protective effects of lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) on hepatic injury induced by alcohol in rats. Korean J Food Preserv 13(6): 774-782.
- Lee JS, Cheigh HS (1997) Composition and antioxidative characteristics of phenolic fractions isolated from soybean fermented food. J Korean Soc Sci Nutr 26(3): 383-389.
- Lee KH, Song J, Jang YJ, Lee EJ, Kim HJ, Oh SK, Woo KS (2016) Changes in phenolic compounds and radical scavenging activity of *doenjang* prepared by fermentation with *Bacillus subtilis* HJ18-9. Korean Soc Food Sci Nutr 45(6): 843-850.
- Lee SJ, Kim IS, Hu WS, Ha ES, Chung JI, Sung NJ (2016) Quality characteristics and antioxidant activity of *doenjang* made from lipoxygenase-free genotypes soybeans. J of Korean Soc Sci Nutr 45(1): 35-43.
- Lee SJ, Lee KI, Rhee SH, Park KY (2004) Physiological acti-

- vity in *doenjang* added with various mushrooms. Korean J Food Cookery Sci 20(4): 365-370.
- Li CX (2012) A comparative study on physicochemical characteristics and antioxidant activities of broad-bean paste and Korean traditional soy bean paste (*doenjang*). MS Thesis Kyunghee University, Seoul. pp 51-59.
- Liu J, Cai YZ, Wong RNS, Lee CKF, Tang SCW, Sze SCW, Tong Y, Zang Y (2012) Comparative analysis of caffeoylquinic acids and lignans in roots and seeds among various burdock (*Arctium lappa*) genotypes with high antioxidant activity. J Agric Food Chem 60(16): 4067-4075.
- Moon JS, Lee JH, You SH (2017) Antioxidant activity and cytotoxicity on cell of *Arctium lappa* L. root extract. J Korean Oil Chemists' Soc 34(1): 41-49.
- Oh HJ, Kim CS (2007) Antioxidant and nitrite scavenging ability of fermented soybean foods (*chungkukjang*, *doenjang*). J Korean Soc Food Sci Nutr 36(12): 1503-1510.
- Oh SJ, Lee HJ, Lee SJ, Chung SH, Sung NJ (2014) Evaluation of quality characteristics and antioxidant activities from *doenjang* ripened for 30 years. J Agric Life Sci 48(4): 253-271.
- Paek HY, Kwak EJ, Joung HS, Cho YS (2016) Study on women's perception and consumption of Korean soybean paste by age. Focus on Daegu region. J East Asian Soc Diet Life 26(4): 334-345.
- Park IB, Park JW, Kim JM, Jung ST, Kang SG (2005) Quality of paste (*doenjang*) prepared with lotus root powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(4): 519-523.
- Park JS, Kim JB, Kim KH, Ha SH, Han BS, Kim YH (2002) Flavonoid biosynthesis: Biochemistry and metabolic engineering. Korean J Plant Biotechnol 29(4): 265-275.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol Med 26(9-10): 1231-1237.
- Seo YR (2017) Quality characteristics of sea tanglewater extract by lactic acid bacteria fermentation added *doenjang*. MS Thesis Youngsan National University, Busan. p 1.
- Shen Y, Jin L, Xiao P, Lu Y, Bao J (2009) Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size, and weight. J Cereal Sci 49(1): 106-111.
- Shim JH, Park ES, Kim IS, Park KU (2015) Antioxidative and anticancer effects of *doenjang* prepared with bamboo salt in HT-29 human colon cancer cells. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(4): 524-531.
- Shim JM, Lee KW, Kim HJ, Kim JH (2016) Proteases and antioxidant activities of *doenjang* prepared with different types of salts during fermentation. Microbiol Biotechnol Lett 44(3): 303-310.
- Son DY (2008) Characterization of soybean paste *doenjang* with added *Umi cortex*. Korean J Food Preserv 15(4): 518-523.
- Vasco C, Riihinen K, Ruales J, Kamal-Eldin A (2009) Phenolic compounds in Rosaceae fruits from Ecuador. J Agric Food Chem 57(4): 1204-1212.
- Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, Kawashima H, Miyabe F, Terao J, Takamura H, Matoba T (2001) Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. Food Sci Technol Res 7(3): 250-257.
- Yang HC, Heo MC, Choi KC, Ahn YJ (2007) Nutritional composition of white-flowered and pink-flowered lotus in different parts. Korean J Food Sci Technol 39(1): 14-19.

Date Received	Jan. 15, 2021
Date Revised	Feb. 18, 2021
Date Accepted	Feb. 19, 2021