

채소수로 제조한 된장의 항산화 효과 연구

김도희 · 신예지* · †강명화**

호서대학교 식품영양학과 대학원생, *호서대학교 식품영양학과 학부생, **호서대학교 식품영양학과 · 기초과학연구소 교수

A Study on the Antioxidant Effect of Doenjang Prepared with Vegetable Water

Do Hee Kim, Ye Ji Shin* and †Myung Hwa Kang**

Graduate Student, Dept. of Food & Nutrition, Hoseo University, Chungnam 31499, Korea

*Undergraduate Student, Dept. of Food & Nutrition, Hoseo University, Chungnam 31499, Korea

**Professor, Dept. of Food & Nutrition · Institute of Bacal Sciences, Hoseo University, Chungnam 31499, Korea

Abstract

This study compared and analyzed the antioxidant effect of Doenjang prepared from vegetable water, and explored the optimal addition ratio of vegetables of 5 kinds and the possibility of application to Doenjang. The sample is three kinds of vegetable water (VW1, VW2, VW3) prepared by adding different ratios of radish, carrot, green onion, onion and shiitake mushroom and Doenjang prepared using it. Doenjang was aged and fermented at about 40°C for 40 days, and then separated and used only solids. The content of their antioxidant compounds was measured the content of total phenolic acid contents and total flavonoid contents. In addition, the antioxidant effect was measured by electron donating activity, SOD-like activity, ABTs radical scavenging activity and reducing power. The total phenolic acid contents and total flavonoid contents were high at VW3 and that Doenjang made with VW3. Electron donating activity and SOD-liked activity were high at VW2 and Doenjang made with VW2. ABTs radical scavenging activity was high in Doenjang made of VW3, and Reducing power was high in VW3. Therefore, if Doenjang is prepared with vegetable water prepared by properly mixing 5 types of vegetables, the possibility of developing Doenjang with high antioxidant effect was suggested.

Key words: antioxidant effect, different proportion, Doenjang, vegetable water

서 론

된장은 대두, 쌀, 보리, 밀 또는 탈지대두 등에 누룩균 등을 첨가하여 배양한 후 식염을 혼합하여 발효·숙성시킨 것 또는 메주를 식염수에 담가 발효하고 여액을 분리하여 가공한 것이다(Ministry of Food and Drug Safety 2021). 된장은 콩 단백질의 분해로 생성된 아미노산의 구수한 감칠맛, 탄수화물의 분해와 발효 그리고 숙성과정 동안 생성된 당류, 유기산, 에스테르 등의 향이 어우러져 맛을 낸다(An 등 1987). 콩 발효식품 내 이소플라본, 제니스테인, 리놀레산 등은 항암, 혈전용해, 면역증진 및 항산화 작용이 있는 것으로 연구되었다(Pratt & Birac 1979; Hwang JH 1997; Kang 등 2000). 그러나

된장에는 항산화 물질을 다량 함유하는 긍정적인 면도 있지만 다량의 소금을 첨가한 염수로 제조되기 때문에 짠맛과 나트륨 과잉섭취에 대한 염려도 제기되었다. 한식된장의 소금 함량은 15~20%로 높기 때문에 과잉섭취 시 고혈압, 뇌졸중, 신장병 등과 같은 성인병이 나타날 수 있다고 한다(Kim 등 1995; Mok 등 2005).

Choi 등(2015)은 옷 발효 추출물을, Oh 등(2014)은 다시마 추출물과 보리를, Lee 등(2003)은 약용 식물을, Park 등(2016)은 황칠 발효액을 첨가한 된장을 개발하였다. 이뿐만 아니라 뿌리채소 분말 가루(Paek 등 2019), 버섯 분말 가루(Lee 등 2004a), 고추씨(Ku 등 2009), 작두콩(Lee 등 2009a) 등도 첨가하였다. 이처럼 된장에 첨가하는 재료에 관한 연구는 활발하

† Corresponding author: Myung Hwa Kang, Professor, Dept. of Food & Nutrition · Institute of Bacal Sciences, Hoseo University, Chungnam 31499, Korea. Tel: +82-41-540-5973, Fax: +82-41-548-0670, E-mail: mhkang@hoseo.edu

게 이루어졌으나 염수와 재료 간의 연구는 매우 부족한 실정이다. 한 가지 채소보다는 각각의 성분과 효능이 있는 채소들이 어우러진 혼합 추출물인 채소수를 이용하여 짠맛 이외에 감칠맛과 항산화성을 높인다면 된장의 맛과 기능성에 좋은 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 녹색 채소즙으로 건강에 좋다고 알려진 ‘녹즙’, 하루 채소 권장량의 일부를 충족시켜 준다는 ‘하루야채’ 등 건강에 도움을 준다는 채소 복합 추출물의 소비는 꾸준히 증가하며, 그 종류도 다양해지고 있다. 야채 및 과일에는 플라보노이드와 폴리페놀성 화합물이 다량 함유되어 있어 유리기 소거작용, 지질의 산화 및 염색제 손상 억제 효과를 나타낸다고 보고되었다(Lee 등 2004b). 무, 무청, 우영, 표고버섯 및 당근을 혼합한 에탄올 추출물이 암세포의 증식을 유의적으로 억제하였다(Park & Park 2016). 이처럼 육수를 끓일 때도 한 가지 재료보다는 여러 가지 재료를 혼합하면 맛뿐만 아니라 기능적으로도 우수하다.

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과 근채류로 항산화 비타민, 페놀계 및 방향족 아민, 플라보노이드계 색소 등의 항산화 효과를 내는 물질이 다량 함유되어 있다(Kang & Kang 1997; Son 등 1998). 당근(*Daucus carota* L.)은 β -carotene이 풍부하여(Krinsky NI 1988) 이들은 체내에서 불포화 지방산과 과산화기의 작용으로 일어나는 연쇄반응을 차단하는 효과가 있다(Krinsky NI 1989). 대파(*Allium fistulosum* L.)는 비타민 A와 C, 비타민 B군 등과 아연, 철분, 칼륨 등의 무기질이 풍부히 함유되어 있다. 대파의 잎, 줄기, 뿌리 중 잎에서 가장 높은 항산화 활성과 항균 활성이 보고되었다(Han & Kim 2017). 양파(*Allium cepa* L.)는 퀘세틴과 퀘시트린 등의 플라보노이드 성분과 allyl propyl disulfide, diallyl disulfide 등의 매운맛 성분이 함유되어 있는 기능성 채소로 알려져 있다(Kim & Lee 2001; Lee 등 2010; Lee 등 2014). 표고버섯(*Lentinus edodes*)은 감칠맛을 내는 구아닐산이 다량 함유되어 있고(Jo 등 2010; Kim & Chung 2017) 항종양, 항균, 항산화 작용 및 혈중의 콜레스테롤 농도를 저하시키는 효과가 있다고 알려져 있다(Kitzberger 등 2007).

따라서 본 연구에서는 단일 소재로 항산화 효과가 있다고 알려진 무, 당근, 대파, 양파 및 표고버섯의 혼합비율을 달리

하여 제조한 채소수와 이에 소금을 첨가하여 제조한 된장의 항산화 효과를 분석하여 항산화 효과가 높은 채소수가 물 대신 사용 가능한지를 탐색하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

무, 당근, 양파, 대파, 건 표고버섯과 다시팩 보자기 및 물 등의 재료는 시판용을 2020년 07월 SSG.COM에서 구입하여 사용하였다. 장 제조에 사용된 메주는 일품농산물에서, 천일염과 대추는 SSG.COM에서 구입하였고, 건고추, 숯, 향아리 뚜껑은 11번가에서 2020년 09월에 구입하였다.

2. 채소수 제조

무, 당근, 양파, 대파는 껍질을 벗겨 3×3 cm 크기로 썰었고, 건 표고버섯은 불리지 않고 건조상태 그대로 사용하였다. 시판되고 있는 야채수 제품을 바탕으로 본 연구에 사용하는 채소들의 비율을 참고하여 다양하게 채소수를 제조한 후, 전자공여능을 측정한 결과 Table 1과 같이 VW 1, 2, 3의 비율에서 활성이 좋았던 비율을 선택하여 채소수로 사용하였다. 채소수는 냄비에 Table 1과 같이 각종 재료를 계량하여 넣은 다시팩과 생수 5 L를 넣고, 뚜껑을 덮어 강불로 끓기 시작하면 뚜껑을 살짝 열어 약불로 20분간 가열한 후, 불을 끄고 뚜껑을 덮어 24 hr 동안 냉장고에서 숙성하였다. 채소수는 3,000 rpm에서 5 분간 원심분리(MF 550, Hanil Science Industrial, Daejeon, Korea)하고 여과지(Whatman #20, Whatman, Buckinghamshire, UK)를 이용하여 감압여과(HJD 260HV, Hanjin Air Tech, Kyoung Gi-Do, Korea)한 후, -65°C에서 4일간 동결건조(FD 5508, Ilshin Lab, Korea) 하였다. 채소수 동결건조 분말은 1.0 mg/mL의 농도로 희석하여 각종 항산화 실험에 사용하였다.

3. 된장 제조

된장 제조 전날, 채소수에 천일염을 첨가하여 18%의 염도(염도계 종류)로 적정하였고, 향아리는 열탕 소독하여 건조

Table 1. Addition ratio of vegetables for the production of vegetable water

Sample	Food items (%)					Total
	Daikon	Carrot	Green onion	Onion	Shiitake mushroom	
VW ¹⁾ 1	54.1	20.8	11.3	12.5	1.3	
VW2	60.7	17.3	10.5	10.8	0.7	100
VW3	22.2	22.2	22.2	22.2	11.2	

¹⁾ VW: vegetable water.

시킨 후 사용하였다. 메주와 채소수의 비율은 1:4이며, 홍고추 1개, 대추 2개, 불에 달군 숯 1조각을 넣고 뚜껑을 닫아 약 40°C에서 40일 동안 숙성·발효(IL-21, JEIO TECH, Kyunggi-do, Korea)시켰다. 고형분과 여액으로 분리하여 고형분만을 각종 실험에 사용하였다.

4. 된장 추출물 제조

된장 추출물 제조는 된장과 물을 1:10의 비율로 혼합하여 100°C의 heating mantle(WHM12014, DAIHAN Scientific Co., Ltd. Gangwon-do, Korea)에서 2시간 환류 냉각 추출하였다. 추출물은 원심분리(Hanil Science Industrial) 후, 감압여과(Hanjin Air Tech)하여 감압농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)로 농축하고 -65°C에서 4일간 동결건조(Ilshin Lab)하였다. 동결건조한 된장 분말은 1.0 mg/mL의 농도가 되도록 물에 용해하여 각종 항산화 실험에 사용하였다.

5. 총 페놀성 화합물 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(Singleton 등 1999)으로 하였다. 채소수와 된장 추출물 0.1 mL에 2%(w/v) Na₂CO₃ (Yakuri pure chemicals, Kyoto, Japan) 2 mL와 Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-aldrich, Steinheim, Germany) 2 mL를 첨가하여 실온에서 30분간 반응시킨 후, UV-visible spectrophotometer (Shimadzu UV-1800, Kyoto, Japan)를 이용하여 파장 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 검량선은 catechin(Sigma-aldrich, Steinheim, Germany)을 0~1.0 mg/mL 농도로 희석하여 표준물질 제조 후, 검량선을 작성하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 계산하였다.

6. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Kim 등(2012a)의 방법을 사용하였다. 채소수와 된장 추출물 0.5 mL에 Diethylene glycol (Daejung Chemicals & Metals, Gyeonggi-do, Korea) 5 mL와 1N NaOH(Daejung Chemicals & Metals, Gyeonggi-do, Korea) 0.5 mL 첨가하였다. 이들은 혼합한 후 37°C의 water bath(BS-21, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 1시간 동안 방치 후, 420 nm의 UV-visible spectrophotometer(Shimadzu)에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Rutin(Sigma-aldrich, Steinheim, Germany)을 사용하여 0~1.0 mg/mL의 농도가 되도록 희석한 후 검량선을 작성하여 계산하였고, 모든 실험은 3회 반복하였다.

7. 전자공여능 측정

전자공여능은 채소수와 된장 추출물 0.5 mL에 DPPH (Sigma-aldrich, Steinheim, Germany) 시약 3 mL를 첨가하여 30분간 517 nm의 UV-visible spectrophotometer(Shimadzu)에서

흡광도의 변화를 측정하였다(Brand-Williams 등 1995). 모든 실험은 3회 반복하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{전자공여능(\%)} = 100 - (A/B) \times 100$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무 첨가군의 흡광도

8. SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund & Marklund(1974)의 방법에 따라 측정하였다. 채소수와 된장 추출물 0.2 mL에 tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL와 0.2 mM pyrogallol(Sigma-aldrich, Steinheim, Germany) 0.2 mL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 1N-HCl (Daejung Chemicals & Metals, Gyeonggi-do, Korea)로 반응을 정지시킨 후, UV-visible spectrophotometer(Shimadzu)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{SOD 유사활성(\%)} = 100 - (A/B) \times 100$$

A: 시료 무 첨가군의 흡광도

B: 시료 첨가군의 흡광도

9. ABTs radical 소거능 측정

ABTs radical 소거능은 2.6 mM potassium persulfate (Yakuri pure chemicals, Kyoto, Japan)와 7.4 mM ABTs (Sigma-aldrich, Steinheim, Germany)를 동량으로 혼합하여 제조한 ABTs 용액을 실온의 어두운 곳에서 24시간 반응시켰다. ABTs 용액과 phosphate-buffered saline(pH 7.4)을 혼합하여 흡광도가 0.7±0.03으로 되도록 하여 실험에 사용하였다. ABTs 용액 950 µL에 채소수와 된장 추출물 50 µL를 첨가하여 실온에서 10분간 방치한 후, 파장 732 nm에서 UV-visible spectrophotometer (Shimadzu)를 이용하여 흡광도를 측정하였다(Shin & Lee 2011). 모든 실험은 3회 반복하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{ABTs radical 소거능(\%)} = 100 - (A/B) \times 100$$

A: 시료 첨가군의 흡광도

B: 시료 무 첨가군의 흡광도

10. 환원력 측정

환원력은 채소수와 된장 추출물 1 mL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 1.25 mL와 1% potassium ferricyanide (Duksan Pure Chemicals, Gyeonggi-do, Korea) 1.25 mL를 첨가

하였다. 이를 50°C의 water bath(Jeio tech)에서 20분간 반응시키고 10% trichloroacetic acid(Daejung Chemicals & Metals, Gyeonggi-do, Korea) 1.25 mL를 첨가하여 10분간 4°C에서 반응시켰다. 그 후 2.5 mL를 취하고 증류수 5 mL와 0.1% ferric chloride(Kokusan Chemical works, Yokohama, Japan) 1.25 mL를 혼합한 후 700 nm의 UV-visible spectrophotometer(Shimadzu)에서 흡광도를 측정하였다(Yen & Duh 1994). 표준물질은 BHT(Kanto Chemical, Tokyo, Japan)를 이용하여 0~1.0 mg/mL의 범위의 농도로 희석하여 표준곡선을 작성하였고, 모든 실험은 3회 반복하였다.

11. 통계 분석

본 연구 결과는 SPSS statistics(ver. 27.0, SPSS Inc., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였다. 모든 결과는 평균과 표준편차(mean±SD)로 나타내었으며, 일원배치 분산분석(ANOVA)을 통하여 실험군 간의 비교분석을 하고 사후분석으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 채소수와 채소수로 제조한 된장에 따른 차이는 *t*-test를 통해 $p < 0.05$ 의 수준에서 유의성을 검증하였다. 각 평가 항목 간 상관관계는 Pearson 상관계수(Pearson correlation coefficient)로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 총 페놀성 화합물 함량

채소수와 된장의 총 페놀성 화합물의 함량 측정 결과는 Table 2와 같다. 채소수의 총 페놀성화합물 함량은 VW1, VW2, VW3 각각 6.11, 6.11, 6.65 mg CE/g이었다. 된장은 VW1, VW2, VW3 각각 11.67, 11.19, 11.56 mg CE/g으로 3종 모두 된장을 담근 후에 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). Kim 등(1994)은 된장에 syringic acid, p-coumalic acid, ferulic acid, caffeic acid 등의 화합물이 함유되어 있다고 보고한 바 있는데, 본 연구 된장의 총 페놀성 화합물 함량이 높게 나타난

것은 이러한 화합물로부터 기인한 것으로 사료된다. 각 재료의 페놀성 화합물로 인하여 비율에 따라 다르게 제조한 채소수와 이로 담근 된장의 총 페놀성 화합물 함량은 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$). Kim 등(2012b)은 무, 파 및 양파의 에탄올 추출물 중 총 폴리페놀 화합물의 함량은 무 19.05 mg/g, 파 68.83 mg/g, 양파 69.07 mg/g로 보고하였다. 또한 쿠키 제조시 표고버섯 물 추출물의 함량을 높일수록 총 폴리페놀 화합물 함량도 유의적으로 증가했다고 한다(Jung 등 2019). Oh 등(2014)은 보리된장에 다시마 추출물의 함량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고했는데 그 이유는 다시마 중 항산화 활성이 강한 물질이 존재하기 때문이라고 하였다.

2. 총 플라보노이드 함량

채소수와 된장의 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 Table 3과 같다. 총 플라보노이드 함량은 VW1, VW2, VW3의 채소수와 된장 각각 6.13, 11.13, 6.02, 10.78, 7.52, 12.51±0.06 mg RE/g이었다. VW1($p < 0.001$)과 VW3($p < 0.001$), VW2($p < 0.01$)는 된장을 담근 후 모든 된장에서 유의적으로 증가하였다. Kang 등(2016)은 전통 된장, 저염 된장, 개량식 된장의 저장 및 숙성기간이 증가할수록 총 플라보노이드 함량이 증가한다고 보고하였다. 플라보노이드의 일종인 대두의 이소플라본은 당 배당체로 존재하고, 발효과정에서 분해되어 아글리콘으로 대사된다(Park 등 2007). 대파를 잎, 줄기, 뿌리로 나누어 제조한 물과 에탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량은 대파 잎이 가장 높았고(Han & Kim 2017), 국내산 채소류 42종 중 총 플라보노이드 함량이 가장 높은 것은 양파였다(Shin 등 2014). 원목에서 재배된 표고버섯 물 추출물의 플라보노이드 함량은 5.78~0.76 mg/g(Seo 등 2018)으로 보고하였다. 각 재료 비율에 따라 다르게 제조한 채소수($p < 0.001$)와 이로 담근 된장($p < 0.01$)의 총 플라보노이드 함량은 대파, 양파, 건 표고버섯 함량이 많은 VW3이 가장 높았고, 그다음 VW1, VW2 순

Table 2. Total phenolic acid contents of three types vegetable water and Doenjang

Sample	Total phenolic acid contents (mg CE ² /g)		<i>t</i> -value
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹ 1	6.11±0.01 ^{b3}	11.67±0.01 ^a	-786.303 ^{***}
VW2	6.11±0.02 ^b	11.19±0.01 ^c	-320.655 ^{***}
VW3	6.65±0.00 ^a	11.56±0.01 ^b	-491.000 ^{***}
<i>F</i> -value ³	1,166.700 ^{***}	1,273.500 ^{***}	

¹) VW: vegetable water.

²) CE: catechin equivalents.

³) Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test (a>b>c).
*** $p < 0.001$.

Table 3. Total flavonoid contents of three types vegetable water and Doenjang

Sample	Total flavonoid contents (mg RE ² /g)		<i>t</i> -value ⁴⁾
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹⁾ 1	6.13±0.09 ^{b3)}	11.13±0.08 ^b	-61.368 ^{***}
VW2	6.02±0.00 ^b	10.78±0.17 ^b	-38.120 ^{**}
VW3	7.52±0.00 ^a	12.51±0.06 ^a	-124.750 ^{***}
<i>F</i> -value ³⁾	582.528 ^{***}	123.690 ^{**}	

¹⁾ VW: vegetable water.

²⁾ RE: rutin equivalents.

³⁾ Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test (a>b).
^{**} $p < 0.01$, ^{***} $p < 0.001$.

이었다. 다시마를 추출하여 보리된장에 첨가한 Oh 등(2014)은 총 폴리페놀 함량의 결과와 같이 총 플라보노이드 함량 역시 다시마 추출물 첨가량에 비례하게 증가하였다고 하며, 이로써 다시마 추출물 내에 플라보노이드 함량이 높아 이와 같은 결과가 나타났다고 보고하였다.

3. 전자공여능

채소수와 된장의 전자공여능 측정 결과는 Table 4와 같다. 전자공여능 측정 결과 VW1, VW2, VW3의 채소수와 된장 각각 16.64, 19.71, 37.79, 28.01, 19.44, 25.09%이었다. VW 1 ($p < 0.001$)과 VW3($p < 0.05$)의 전자공여능은 채소수를 이용하여 된장을 제조하였을 때 유의적으로 증가하였지만, VW 2는 유의적으로 감소하였다($p < 0.001$). Min 등(2018)은 대기업과 중소기업에서 시판하는 된장의 전자공여능이 61.50~92.06% 범위로 나타났다고 보고 한 바 있다. 본 연구에서 제조한 된장은 장 분리 이후에 추가 숙성기간이 없었기 때문에 활성이 약했던 것으로 생각된다. Ahn 등(2012)은 전자공여능이 콩의 발효에 따라 콩 단백질이 분해되어 아미노산 종류와 함량에 의해 차이가 난다고 보고하였다. 무는 열처리 온도가 증가함에 따라 전자공여능이 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하여(Lee 등 2009b) 본 연구의 채소수도 무를 열처리하였기 때문에 전

자공여능에 영향을 끼쳤을 것이라고 생각된다. Jung 등(2019)은 쿠키에 표고버섯 물 추출물을 많이 첨가할수록 전자공여능이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 약용식물 추출물을 첨가하여 된장을 제조한 Lee 등(2003)은 약용 식물 중 페놀계 화합물과 vitamine C·E 등과 같은 천연 항산화제가 된장 숙성 중에 많이 용출되어 항산화 활성을 높였을 것으로 보고하였다. Lee 등(2004a)은 표고버섯, 영지버섯, 상황버섯 분말을 첨가하여 된장을 제조하였는데, 첨가된 재료의 농도가 다르기 때문에 항산화 효과를 비교하는데 다소 무리가 있었으나 영지버섯 된장이 표고버섯 및 상황버섯 된장보다 전자공여능 효과가 높다고 보고하였다.

4. SOD 유사활성

채소수와 된장의 SOD 유사활성 측정 결과는 Table 5와 같다. 채소수의 SOD 유사활성은 VW1, VW2, VW3 각각 8.34, 14.80, 4.64%이었고, 된장은 VW1, VW2, VW3 각각 35.27, 40.55, 33.70±0.36%이었다. 채소수보다 채소수로 제조한 된장의 SOD 유사활성이 유의적으로 높았다($p < 0.01$, $p < 0.001$). Oh & Kim (2007)은 24시간 발효시켜 제조한 청국장보다 총 7개월의 발효·숙성을 거친 된장의 SOD 유사활성이 크게 증가한 것으로 보고하여 된장의 숙성기간이 길어지면 항산화

Table 4. Electron donating activity of three types vegetable water and Doenjang

Sample	Electron donating activity (%)		<i>t</i> -value ³⁾
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹⁾ 1	16.64±0.01 ^{c2)}	19.71±0.00 ^c	-615.000 ^{***}
VW2	37.79±0.01 ^a	28.01±0.02 ^a	874.303 ^{***}
VW3	19.44±0.02 ^b	25.09±1.33 ^b	-6.010 [*]
<i>F</i> -value ²⁾	2,639,098.500 ^{***}	60.179 ^{**}	

¹⁾ VW: vegetable water.

²⁾ Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test (a>b>c).
^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$, ^{***} $p < 0.001$.

Table 5. SOD-liked activity of three types vegetable water and Doenjang

Sample	SOD-liked activity (%)		<i>t</i> -value ³⁾
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹⁾ 1	8.34±1.07 ^{b2)}	35.27±0.15 ^b	- 35.303 ^{**}
VW2	14.80±0.46 ^a	40.55±0.13 ^a	- 75.281 ^{***}
VW3	4.64±0.66 ^c	33.70±0.36 ^c	- 54.777 ^{***}
<i>F</i> -value ²⁾	88.553 ^{**}	453.799 ^{***}	

¹⁾ VW: vegetable water.

²⁾ Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

^{**} $p < 0.01$, ^{***} $p < 0.001$.

활성이 더욱 증가할 것으로 예측된다. Song 등(2010)은 무말랭이 열수 추출물의 SOD 유사활성이 농도 의존적이었다고 보고하였는데, 무의 함량이 많을수록 활성이 높게 나타난 본 연구 결과와 유사하였다. 이를 통해 무가 열처리되면서 증가 또는 생성되는 유효성분이 항산화 활성에 영향을 끼치는 것으로 생각된다. Kang 등(2004)은 갈변화되면서 생성된 멜라노이딘류에 의하여 생 표고버섯보다 갈변화된 건조 및 갈변 표고버섯에서 SOD 유사활성이 높게 나타났다고 보고한 바 있다. Lee 등(2003)은 약용식물 추출물을 첨가한 된장의 SOD 유사활성이 제조 직후에 3% 미만이었으나 숙성과정을 거친 후에는 10% 내외로 나타나 숙성 기간에 비례하게 활성이 증가한다고 하였다.

5. ABTs radical 소거능

채소수와 된장의 ABTs radical 소거능 측정 결과는 Table 6과 같다. VW1, VW3의 채소수와 된장 각각 19.69, 36.00, 25.47, 38.49%으로 된장 제조 후에 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.01$). Lee 등(2004c)은 콩 발효제품에서 β -glucosidase와 반응하는 aglycone 함량이 항산화 활성에 영향을 끼친다고 보고하였다. 또한, Ahn 등(2012)은 된장 제조법과 발효 미생물의 발효환경에 따라 활성 차이가 다르기 때문에 항산화 효

과에 차이가 나타난다고 보고하였다. Kim 등(2012b)은 무, 양파, 파 등 황을 함유하는 채소의 에탄올 추출물로 ABTs radical 소거능을 측정하였는데, 파 33.17%, 양파 31.03%, 무 19.30%였다고 보고하였다. 각 재료의 소거활성이 채소수에 복합적으로 작용하여 항산화 활성에 영향을 준 것으로 생각된다.

6. 환원력

채소수와 된장의 환원력 측정 결과는 Table 7과 같다. 환원력은 VW1, VW3의 채소수와 된장 각각 1.07, 1.02, 1.12, 0.99 mg BHT/g으로 된장 제조 후에 감소하였다($p < 0.01$). VW2는 채소수와 된장 각각 1.07, 1.00 mg BHT/g로 다소 감소하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 메주와 염수를 45일 동안 침지 후 여액을 걸러낸 된장은 환원력이 0.91~1.09 범위로 나타나(Kim 등 2002) 본 연구 결과와 유사하였다. 흰색 양파 열수 추출물은 0.4의 환원력을 나타내어(Kim 등 2004) 양파를 물로 가열 추출한 채소수의 환원력에 영향을 끼친 것으로 생각된다. Kim & Chung(2017)은 표고버섯 분말의 첨가량이 증가할수록 쿠키의 환원력이 유의적으로 증가한다고 보고하였다. 보리된장에 다시마 추출물을 첨가한 Oh 등(2014)의 보고에는 reductone의 연관으로 환원력을 가진 물

Table 6. ABTs radical scavenging activity of three types vegetable water and Doenjang

Sample	ABTs radical scavenging activity (%)		<i>t</i> -value ³⁾
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹⁾ 1	19.69±0.36 ^{b2)}	36.00±0.80 ^b	- 26.204 ^{**}
VW2	29.64±3.09 ^a	32.36±0.12 ^c	- 1.249 ^{NS}
VW3	25.47±0.79 ^a	38.49±0.19 ^a	- 22.142 ^{**}
<i>F</i> -value ²⁾	14.704 [*]	81.369 ^{**}	

¹⁾ VW: vegetable water.

²⁾ Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$.

NS: not significant.

Table 7. Reducing power of three types vegetable water and Doenjang

Sample	Reducing power (mg BHT ² /g)		t-value ⁴⁾
	Vegetable water	Doenjang	
VW ¹⁾ 1	1.07±0.01 ^{b3)}	1.02±0.00 ^a	11.000**
VW2	1.07±0.00 ^b	1.00±0.00 ^{ab}	-
VW3	1.12±0.00 ^a	0.99±0.00 ^b	25.000**
F-value ³⁾	111.000**	6.500 ^{NS}	

1) VW: vegetable water.

2) BHT: BHT equivalents.

3) Different letters in superscripts within the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test (a>b). ** $p < 0.01$.

NS: not significant.

질이 전자공여체로 작용하여 이차 항산화제 역할을 한다는 보고가 있었다(Yoshino & Murakami 1998).

7. 상관관계 분석

채소수와 그 채소수로 제조한 된장의 총 페놀성 화합물, 총 플라보노이드 화합물, 전자공여능, SOD 유사활성, ABTs radical 소거능 및 환원력간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 8과 같다. 채소수의 총 페놀성 화합물과 총 플라보노이드 화합물(0.994**)은 유의적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 반면 채소수의 전자공여능은 총 페놀성 화합물(-0.450)과 총 플라보노이드 화합물간(-0.375)에 유의적이지는 않았지만 음의 상관관계를 나타내었다. 채소수의 SOD 유사활성

은 채소수의 전자공여능(0.875*)과 유의적으로 높은 정의 상관관계를 나타내었고 총 페놀성 화합물과는 유의적으로 높은 음의 상관관계(-0.815*)를 나타내었다. 채소수의 SOD 유사활성은 총 플라보노이드 화합물(-0.761)과는 유의적이진 않았지만 음의 상관관계를 나타내었다. 채소수의 환원력은 총 페놀성 화합물(0.987**)과 총 플라보노이드 화합물(0.989**)간에 유의적으로 높은 정의 상관관계를 나타냈고 전자공여능과 SOD 유사활성은 유의적이진 않았지만 음의 상관관계를 나타내었다. 채소수의 ABTs 라디칼 소거능은 총 페놀성 화합물(0.057), 총 플라보노이드 화합물(0.143), 전자공여능(0.824*), SOD 유사활성(0.487) 및 환원력(0.198)간 유의적이진 않았지만 정의 상관관계를 나타내었고 특히 전자공여능

Table 8. Correlation coefficients among TFC, TPC, VWDPH, VWSLA, VWRP, VWABTs, DTFC, DTPC, DDPH, DSLA, DRP and DABTs of vegetable water and Denjang made with the vegetable water

Factor	VWTPC	VWTFC	VWDPPH	VWSLA	VWRP	VWABTs	DTFC	DTPC	DDPPH	DSLA	DRP	DABTs
VWTPC	1	0.994**	-0.450	-0.815*	0.987**	0.057	0.988**	0.371	0.102	-0.724	-0.565	0.829*
VWTFC		1	-0.375	-0.761	0.989**	0.143	0.969**	0.294	0.182	-0.665	-0.638	0.793
VWDPPH			1	0.875*	-0.311	0.824*	-0.552	-0.996**	0.831*	0.940**	-0.354	-0.850*
VWSLA				1	-0.724	0.487	-0.870*	-0.831*	0.469	0.979**	0.026	-0.967**
VWRP					1	0.198	0.957**	0.230	0.244	-0.612	-0.636	0.730
VWABTs						1	-0.089	-0.855*	0.928**	0.604	-0.700	-0.454
DTFC							1	0.476	-0.012	-0.794	-0.468	0.881*
DTPC								1	-0.878*	-0.909*	0.420	0.802
DDPPH									1	0.610	-0.689	-0.440
DSOLA										1	-0.045	-0.970**
DRP											1	-0.167
DABTs												1

VW: vegetable water, D: denjang, TPC: total phenolic acid contents, TFC: total flavonoids contents, SLA: SOD-liked activity, RP: reducing power.

Significant at ** $p < 0.01$ and * $p < 0.05$.

(0.824^{*})과는 유의적인 상관관계를 나타내었다(0.824^{*}). 채소수로 제조한 된장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 된장의 총 페놀성 화합물과 채소수의 총 페놀성 화합물(0.988^{**}), 총 플라보노이드 화합물(0.969^{**}) 및 환원력(0.957^{**})간에는 유의적으로 높은 정의 상관관계를 나타내었고, 채소수의 SOD 유사활성과는 유의적인 음의 상관관계(-0.870^{*})를 나타내었다. 된장의 총 폴리페놀 화합물과 채소수의 전자공여능(-0.996^{**}), SOD 유사활성(-0.831^{*}), ABTs 라디칼 소거능(-0.855^{*})간에는 유의적인 음의 상관관계를 나타내었다. 된장의 총 페놀성 화합물과 전자공여능, SOD 유사활성, ABTs 라디칼 소거능간에는 음의 상관관계를 나타내었다. 된장중 전자공여능은 채소수의 전자공여능(0.831^{*})과 정의 상관관계를 나타내어 채소수의 전자공여능이 높으면 그 채소수로 제조한 된장도 유의적으로 높은 상관관계로 나타났다. 된장의 환원력에 대한 상관관계를 분석한 결과 유의적이진 않았지만 채소수의 SOD 유사활성이 정의 상관관계를 나타내었고 다른 요인은 모두 음의 상관관계로 나타나 크게 영향을 주지 않는 것으로 생각되었다. 채소수로 제조한 된장의 ABTs 라디칼 소거능에 미치는 영향을 분석한 결과, 채소수의 총 페놀성 화합물(0.829^{*}), 된장의 총 플라보노이드 화합물(0.881^{*})이 유의적으로 높은 정의 상관관계를 나타내었고 채소수의 전자공여능(-0.850^{*})과 SOD 유사활성(-0.967^{**}), 그리고 된장의 SOD 유사활성(-0.970^{**})이 유의적으로 높은 음의 상관관계를 나타내었다. 이상의 결과 채소수로 제조한 된장은 총 페놀성 화합물과 총 플라보노이드 함량과 높은 정의 상관관계로 나타났다. 채소수로 제조한 된장에 대한 모든 활성에 정의 상관관계를 나타내지 않았지만 총 플라보노이드 및 총 페놀성 화합물에 의해 된장의 항산화 활성을 높이는데 기여하는 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

본 연구는 5가지(무, 당근, 대파, 양파 및 표고버섯) 채소의 혼합비율을 달리하여 제조한 채소수와 이를 염수로 이용하여 제조한 된장의 항산화 효과를 분석하여 채소수의 제조시 최적 첨가비율과 염수로 활용 가능성을 탐색하였다. 총 페놀성 화합물 함량과 총 플라보노이드 함량은 VW3와 이로 제조한 된장이 높게 나타났다. 전자공여능과 SOD 유사활성은 VW2와 이로 제조한 된장이 높은 활성을 보였다. ABTs radical 소거능은 VW3로 제조한 된장의 활성이 높았고, 환원력은 VW3가 높았다. 총 플라보노이드 함량과 전자공여능, SOD 유사활성은 채소수의 항산화 효과가 높을수록 이를 이용하여 제조한 된장에서도 높은 항산화 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 물이 아닌 5가지 채소를 적절하게 혼합하

여 제조한 채소수로 된장을 제조한다면 항산화 효과가 높은 된장으로 개발될 가능성이 시사되었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 사회적경제 혁신성장사업(과제번호 P0013046)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Ahn JB, Park JA, Jo HJ, Woo IH, Lee SH, Jang KI. 2012. Quality characteristics and antioxidant activity of commercial Doenjang and traditional Doenjang in Korea. *Korean J Food Nutr* 25:142-148
- An HS, Bae JS, Lee TS. 1987. Comparison of free amino acids, sugars, and organic acids in soy bean paste prepared with various organisms. *Appl Biol Chem* 30:345-350
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol* 28:25-30
- Choi HS, Kang JE, Jeong ST, Kim CW, Kim MK. 2015. Changes observed in Doenjang (soybean paste) containing fermented-*Rhus verniciflua* extract during aging. *Korean J Food Sci Technol* 47:599-607
- Han I, Kim JH. 2017. Antioxidant and physiological activities of water and ethanol extracts of diverse parts of welsh onion. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:426-434
- Hwang JH. 1997. Angiotensin converting enzyme inhibitory effect of Doenjang fermented by *B. subtilis* SCB-3 isolated from Meju, Korean traditional food. *Korean J Food Sci Nutr* 26:775-783
- Jo KA, Lee YJ, Sim CH, Kim KJ, Chun SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake prepared with *Lentinus edodes* powder. *Korean J Food Nutr* 23:218-225
- Jung KI, Choi YJ, Oh JH, Lee JI, Park SY, Kim HR, Jeon BJ, Kim D, Kong CS. 2019. Quality characteristics of cookies added with *Lentinus edodes* water extract. *J Life Sci* 29: 955-963
- 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* 29:785-794
- Kang JA, Kang JS. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triacylglycerol and platelet

- aggregation in rats fed basal cholesterol supplemented diets. *Korean J Nutr* 30:132-138
- Kang KJ, Park JH, Cho JI. 2000. Control of aflatoxin and characteristics of the quality in Doenjang (soybean paste) prepared with antifungal bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 32:1258-1265
- Kang MY, Kim SY, Yun HJ, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of the extracts from browned oak mushroom (*Lentinus edodes*) with unmarketable quality. *Korean J Food Sci Technol* 36:648-654
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012a. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342
- Kim HJ, Sohn KH, Chae SH, Kwak TK, Yim SK. 2002. Brown color characteristics and antioxidizing activity of Doenjang extracts. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18:644-654
- Kim JD, Choe M, Ju JS. 1995. A study on correlation between blood pressure and dietary Na, K intakes pattern in the family members of normal and cerebrovascular disease patients. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24:24-29
- Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. 2012b. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:577-583
- 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* 23:792-798
- Kim MJ, Chung HJ. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies added with *Lentinus edodes* powder. *Korean J Food Preserv* 24:421-430
- Kim SO, Lee MY. 2001. Effects of ethylacetate fraction of onion on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:673-678
- Kim YH, Shon MY, Sung NJ. 2004. Antioxidant and antimutagenic activities of hot water extract from white and yellow onions after simulated gastric digestion. *J Life Sci* 14:925-930
- Kitzberger CSG, Smânia A Jr, Pedrosa RC, Ferreira SRS. 2007. Antioxidant and antimicrobial activities of shiitake (*Lentinula edodes*) extracts obtained by organic solvents and supercritical fluids. *J Food Eng* 80:631-638
- Krinsky NI. 1988. The evidence for the role of carotenes in preventive health. *Am J Clin Nutr* 7:107-112
- Krinsky NI. 1989. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radic Biol Med* 7:617-635
- Ku KH, Choi EJ, Park WS. 2009. Quality characteristics of Doenjang added with red pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1587-1594
- Lee BK, Lee DS, Ha S, Park SW, Jung YS. 2014. Anti-platelet effects of mixtures of onion and aloe extract. *Yakhak Hoeji* 58:322-327
- Lee CH, Moon SY, Lee JC, Lee J. 2004c. Study on the antioxidant activity of soybean products extracts for application of animal products. *Korean J Food Sci Anim Resour* 24:405-410
- Lee DH, Kim JH, Yoon BH, Lee GS, Choi SY, Lee JS. 2003. Changes of physiological functionalities during the fermentation of medicinal herbs Doenjang. *Korean J Food Preserv* 10:213-218
- Lee HJ, Lee KH, Park EJ, Chung HK. 2010. Effect of onion extracts on serum cholesterol in borderline hypercholesterolemic participants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1783-1789
- Lee HT, Lee MJ, Lee SS. 2009a. Physicochemical characteristics of soybean pastes containing sword bean. *Food Eng Prog* 13:176-182
- Lee SC, Heo C, Lee SH, Kim HP, Heo MY. 2004b. Antioxidative activity and protection of oxidative chromosomal damage by vegetables, fruits extract and their functional liquid formulation. *Yakhak Hoeji* 48:111-116
- Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. 2009b. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:490-495
- Lee SJ, Lee KI, Rhee SH, Park KY. 2004a. Physiological activity in Doenjang added with various mushrooms. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20:365-370
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47:469-474
- Min K, Kwak E, Byeon J, Choi I. 2018. Analysis of the physicochemical characteristics and antioxidant activities with consumer acceptance test in commercial Doenjang products of large corporations and small businesses. *Korean J Food Cookery Sci* 34:576-587
- Ministry of Food and Drug Safety. 2021. Food Safety Korea,

- Food Code. Available from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=32 [cited 21 October 2021]
- Mok CK, Song KT, Lee JY, Park YS, Lim SB. 2005. Changes in microorganisms and enzyme activity of low salt soybean paste (Doenjang) during fermentation. *Food Eng Prog* 9:112-117
- Oh HJ, Kim CS. 2007. Antioxidant and nitrite scavenging ability of fermented soybean foods (Chungkukjang, Doenjang). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1503-1510
- Oh SI, Sung JM, Lee KJ. 2014. Physicochemical characteristics and antioxidative effects of barley soybean paste (Doenjang) containing kelp extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1843-1851
- Paek HY, Kim JH, Kwak EJ. 2019. Quality characteristics of Doenjang added with root vegetables powder. *J East Asian Soc Diet Life* 29:326-335
- Park HR, Park JS. 2016. Antiproliferative activity of convergence of vegetable extract in cancer cells. *J Digit Converg* 14:491-496
- Park JW, Lee YJ, Yoon S. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. *Korean J Food Cult* 22:353-358
- Park SE, Seo SH, Yoo SA, Na CS, Son HS. 2016. Quality characteristics of Doenjang prepared with fermented Hwangchil (*Dendropanax moribifera*) extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:372-379
- Pratt DE, Birac PM. 1979. Source of antioxidant activity of soybeans and soy products. *J Food Sci* 44:1720-1722
- Seo S, Jang Y, Ryoo R, Ka KH. 2018. Antioxidant properties of water extracts from *Lentinula edodes* cultivars grown on oak log. *Korean J Mycol* 46:51-57
- Shin JH, Kim HW, Lee M, Lee SH, Lee YM, Jang HH, Hwang KA, Cho YS, Kim JB. 2014. Content and distribution of flavanols, flavonols and flavanones on the common vegetables in Korea. *Korean J Environ Agric* 33:205-212
- Shin SL, Lee CH. 2011. Antioxidant activities of ostrich fern by different extraction methods and solvents. *J Life Sci* 21: 56-61
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299:152-178
- Son JY, Son HS, Cho WD. 1998. Antioxidant effect of onion skin extract. *Korean J Soc Food Sci* 14:16-20
- Song YB, Choi JS, Lee JE, Noh JS, Kim MJ, Cho EJ, Song YO. 2010. The antioxidant effect of hot water extract from the dried radish (*Raphanus sativus* L.) with pressurized toasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1179-1186
- Yen GC, Duh PD. 1994. Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active-oxygen species. *J Agric Food Chem* 42:629-632
- Yoshino M, Murakami K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds: Application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257:40-44

Received 24 February, 2022

Revised 24 March, 2022

Accepted 06 April, 2022