

## 표고버섯 첨가가 복어육수의 항산화 활성에 미치는 영향

†김계영 · 박인식 · 김성훈\*

동아대학교 식품영양학과, \*영산대학교 동양조리학과

### The Effect of Added Shiitake Mushroom on Antioxidative Activity of Puffer Fish Stock

†Gye Yeong Kim, Inshik Park and Sung Hun Kim\*

Dept. of Food Science and Nutrition, Dong-A University, Busan 49315, Korea

\*Dept. of Oriental Cuisine and Culinary Art, Yongsan University, Busan 48015, Korea

#### Abstract

This research aimed to improve the healthy properties of puffer fish broth, which has been utilized in Korean and Japanese food. Various healthy foods such as garlic, onion, mushroom, and cauliflower were added as ingredients to puffer fish stock, and the antioxidative activity of each stock was measured by assaying the DPPH and ABTS radical scavenging activities, reducing power and amount of polyphenol. Shiitake was the most effective in increasing the antioxidative activity of puffer fish stock. The high antioxidative activity of shiitake mushroom seems to be correlated with the amount of polyphenol content in puffer fish broth. The antioxidant activities of puffer fish stock increased proportionally with increasing amount of added shiitake, which in turn was due to the increased amount of total polyphenol in the stock.

Key words: puffer fish, stock, shiitake mushroom, antioxidative activity

#### 서 론

산소는 호흡을 하는 모든 호기적인 생물에게 산화를 통하여 에너지를 생성하는데 필수적이다. 그러나 산소는 생존을 위해서 필수적이지만 산소는 에너지를 획득하는 호흡과정 또는 환경에 따라서 해로운 물질로 전환된다. 산소는 호흡과정 또는 환경요인에 의하여 불안정하며, 반응성이 높은 라디칼인 활성산소종(Reactive Oxygen Species: ROS)으로 전환된다. 활성산소종에 초과산화물 라디칼(superoxide radical), 일중항산소(singlet oxygen), 과산화수소(hydrogen peroxide)와 하이드록시 라디칼(hydroxy radical)이 있다. 활성산소종은 반응성이 매우 높아 생체내에서 효소와 같은 단백질을 불활성화하고, 다당류를 분해하며, DNA의 절단과 생체막의 파괴에 의하여 세포에 심각한 손상을 일으킨다. 활성산소종을 생성하는 환경요인으로는 약물의 과용, 오염 환경에 노출 및 방사선 노출 등이 있다(Choi 등 2006; McKee & McKee 2009).

식습관과 환경오염으로부터 체내에 활성산소종이 축적은 고혈압, 암, 동맥경화, 심근경색, 파킨슨병, 루게릭병, 알츠하이머병 등 많은 질병 및 노화를 유발하는 주요 원인으로 간주되고 있다. 활성산소종은 생물체에서 항산화효소에 의하여 분해되거나 항산화제(antioxidant)에 의하여 제거될 수 있다. 생물체내의 항산화효소에는 superoxide dismutase, peroxidase 및 catalase가 있으며, 이들 효소는 활성산소종을 분해하여 물을 생성시켜 무독화 한다. 그리고 다양한 항산화제는 라디칼에 전자를 제공하여 환원시켜 라디칼을 제거한다(McKee & McKee 2009).

표고버섯(*Lentinula edodes*)은 한국, 중국 및 일본에서 수천 년 동안 식품 및 의약품으로 사용되고 있으며, 버섯류에서 두 번째로 많이 재배되고 있다. 표고버섯은 고 영양 식품으로, 다양한 생리활성도 함유하고 있다. 표고버섯은 부패되기 쉬우므로, 장기간 보관을 위하여 건조가 필요하며, 건조 방법과 정도에 따라서 영양가 및 생리활성에는 차이가 생긴다. Zhang

† Corresponding author: Gye Yeong Kim, Dept. of Food Science and Nutrition, Dong-A University, Busan 49315, Korea, Tel: +82-51-200-5655, E-mail: tktrmvls44@hanmail.net

등(2013)은 다양한 건조방법 중에서 50°C에서 통풍 건조하는 것이 총 페놀, 아미노산, 우론산, 중성 당 함량이 높고, 아울러 항산화 활성이 높다고 보고하였다. Ko 등(2008)은 표고버섯은 UV-B로 조사하여 표고버섯에 함유되어 있는 비타민 D<sub>2</sub>의 함량이 상승함을 보고하였다. 표고버섯에는 항산화, 항암, 항당뇨, 항염증, 저혈압, 저콜레스테롤, 항바이러스 효과가 있음이 보고되었다(Mizuno 등 1995; Zhang 등 2007; Sasidharan 등 2010). 표고버섯에 존재하는 다당류인 lentinan은 항암, 항바이러스 및 항균에 작용하는 활성물질이며(Hearst 등 2009), eritadenine(2(R),3(R)-dihydroxy-4-(9-adenyl)butyric acid)은 표고버섯 저콜레스테롤 작용을 하는 활성으로 보고되었다(Kaneda 등 1964). 쥐에 관한 동물실험에서 eritadenine을 식이에 첨가한 쥐에서 콜레스테롤 수준이 낮아짐이 확인되었다(Sugiyama 등 1993). Minato 등(1999)은 상온에서 저장한 표고버섯은 항암활성인 lentinan 함량이 급격하게 감소하나, 저온에서 보관한 경우에는 lentinan의 분해가 적다고 보고되었다. 그리고 표고버섯에 함유되어 있는 lentinan 분해효소인 glucanase의 작용에 기인한다고 보고하였다. 그리고 표고버섯을 상온에서 저장하는 경우에 표고버섯의 갈변을 유발하는 polyphenol oxidase의 활성이 상승한다고 보고하였다. Hendayani 등(2011)은 쥐에서 표고버섯을 첨가한 고지방 식이는 체중, 중성지방 및 총 지질의 증가를 억제함을 확인하였고, Shouji 등(2000)은 표고버섯이 충치예방에 효과가 있음을 보고하였다. 표고버섯의 물 추출물은 지방의 과산화를 억제하는 항산화 효과가 높았으며, 항산화 활성은 추출물에 존재하는 페놀 함량과 직접적인 상관관계가 있음이 보고되었다(Cheung & Cheung 2005; Cheung 등 2003).

복어는 우리나라 및 일본 연근해에 40여종이 서식하고 있으며, 식용으로 사용하는 복어류에는 밀복, 자주복, 황복, 참복, 은복, 까치복, 복섬, 검복 및 줄복 등 10 여종이 있다(Yoon 등 2009). 복어는 단백질 함량이 높은 식품으로 영양적으로 우수하며, IMP의 함량도 많은 식미가 우수한 식품이다. 복어에 관한 연구는 주로 복어가 지니는 독성(Jang 등 2003; Jeon 등 2000), 복어 육과 껍질 농축물의 이화학적 특성(Kim 등 2010), 부산 수산시장에서 판매되는 복어류의 독성(Jeong 등 1994), 복어의 정미성분(Yun 등 2009), 저장 중 이화학적, 기계적, 관능적 특성(Mun 등 2012a) 및 저장에 따른 아미노산 및 핵산성분 변화(Mun 등 2012b) 등이 있다. 그리고 복어를 새로운 식품소재로 활용하기 위한 연구로 밀가루에 복어 분말을 5% 첨가하여 국수를 제조하는 경우에 국수의 품질에 크게 영향을 미치지 않으면서 전반적인 기호도 면에서 우수하다고 보고되었다(Park 등 2013).

육수는 공중에서 왕에게 바치기 위하여 만든 것에서 유래하였으며, 고기국물을 의미한다. 다양한 재료를 사용하여 다

양한 육수가 개발되었다. 육수의 재료로는 버섯, 멸치, 다시마, 닭, 조개, 가다랑어, 양지머리, 새우 등이 가장 많이 사용되고 있다. 식물성 식품에서 추출된 phytochemical의 항산화 활성에 관한 연구는 많이 수행되었으나, 육수의 항산화 활성에 관한 연구는 미약하다. 최근에 동양 면 요리 육수의 항산화 활성 비교에서 일본식 육수가 상대적으로 항산화 활성이 높다고 보고되었다(Kim & Park 2013). 그러나 복어육수에서 항산화 활성을 향상시키기 위한 연구는 수행된 것이 미미하다. 따라서 본 연구는 영양성분이 풍부하며, 항산화 활성이 높고, 식품으로 널리 이용되는 표고버섯(Zhang 등 2007; Zhang 등 2013)을 복어육수의 재료로 사용하여 표고버섯의 첨가가 복어육수의 항산화 활성에 미치는 효과에 관한 연구를 수행하여 복어육수의 기능성 향상을 이루기 위하여 시도하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 복어는 검은 밀복으로 부산시내 수산시장에서 구입하였고, 양파, 표고버섯, 마늘, 켈리플라워는 부산시내의 마트에서 구입하였다. 그리고 gallic acid, BHT, Folin-Ciocalteu 시약, 2,2'-azinobis 3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)등 실험에 사용된 시약은 Sigma Chemical Co(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 본 실험에서 흡광도 측정에는 spectrophotometer(Ultraspac 3000, Pharmacia Biotech, England)를 이용하였다.

### 2. 복어육수의 제조

냉동된 복어(5마리)를 실온에서 해동하고, 독을 제거하였다. 그리고 독을 제거한 복어뼈를 수집하여 독성을 제거하기 위하여 끓는 물에서 데치기를 하였다. 그리고 맑은 육수를 위해 즉시 얼음물에 담근 후 육수제조 재료로 이용하였다. 복어뼈(380 g)는 물 1.5 L를 넣어 뚜껑을 덮고 열탕을 하였다. 육수가 끓기 시작하면 불을 줄여서 5분간 계속 열탕 후, 거품을 제거하였다. 그리고 이것을 즉시 얼음물로 육수를 식힌 후, 여과하여 복어육수의 실험재료로 이용하였다. 100 g의 마늘, 양파, 표고버섯 및 켈리플라워를 각각 복어육수 1.0 L에 첨가하여 열탕 하였으며, 끓기 시작한 후 30분이 경과 후에 불을 약하게 하여 각각의 식품재료가 복어육수에 추출되게 하였다. 제조한 복어육수는 얼음물로 식혀서 본 실험의 재료로 이용하였다.

### 3. 복어 육수의 항산화 실험 DPPH 라디칼 소거능 측정

구입한 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)용액에 에탄올

을 가하고, 진탕하여 분광광도계의 흡광도 값이 520 nm에서 1.0~1.2가 되도록 에탄올을 가하였다. 그리고 복어육수 시료 용액 0.2 mL에 DPPH용액 0.8 mL를 가하여 10분 동안 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료 용액 대신에 같은 양의 증류수를 가하여 진탕하고, 방치한 후 흡광도를 측정하였다(Blois 1958). 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래식에 의하여 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%)=

$$\left(1 - \frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}}\right) \times 100$$

#### 4. ABTS radical 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 활성 측정은 Re 등의 방법을 변형하여 실시하였다(Re 등 1999). ABTS 라디칼 소거능의 측정을 위한 시약은 7.4 mM 2,2'-azidobis 3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS)와 2.6 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합한 후, 실온인 압소에서 24 시간 동안 방치하여 ABTS+를 형성시켰다. 그리고 734 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 에탄올을 가하여 희석하여 실험에 사용하였다. 그리고 조제된 ABTS 용액 950  $\mu$ L에 시료 50  $\mu$ L를 첨가한 후 10분 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료 용액 대신에 같은 양의 증류수를 가하여 흡광도를 측정하였으며, 시료의 ABTS 라디칼 소거능은 아래식에 의하여 계산하였다.

ABTS 라디칼 소거능(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}}\right) \times 100$$

#### 5. 환원력 측정

환원력의 측정은 Oyaizu(1986)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 환원력의 측정은 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250  $\mu$ L와 1% potassium ferricyanide 250  $\mu$ L, 그리고 시료 100  $\mu$ L를 가하고 진탕하였다. 그리고 혼합용액을 50°C에서 30분 동안 반응시켰으며, 반응 후에 10% trichloroacetic acid 250  $\mu$ L를 가하였다. 위 반응액을 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후에 상등액만을 500  $\mu$ L 취한 후 증류수 500  $\mu$ L, 0.1% ferricchloride 100  $\mu$ L를 가하고, 혼합한 반응액의 흡광도를 700 nm에서 측정하였다. 환원력의 표준물질은 BHT를 이용하여 표준곡선을 작성하고, 시료의 환원력은 복어육수 1.0 mL에 해당하는 환원력을 BHT의 용량(mg)으로 표시하였다.

#### 6. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin & Denis(1912)법을 일부 변형하

여 측정하였다. 총 폴리페놀의 함량의 측정 방법으로 먼저 시료 400  $\mu$ L에 2배로 희석한 Folin 시약 400  $\mu$ L를 첨가하고, 잘 혼합한 후 3분간 방치한 후에 400  $\mu$ L의 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 첨가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 방치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량의 표준곡선은 다양한 농도의 gallic acid를 사용하여 위와 같은 방법으로 700 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였다. 복어육수의 총 폴리페놀 함량은 gallic acid에 해당하는 양으로 표기하였다.

#### 7. 통계분석

본 실험에서 측정한 실험 결과는 SPSS 통계프로그램을 이용하여 통계처리 하였다. 실험결과는 평균과 표준편차를 구하고, 실험 그룹 간 비교에는 one-way analysis of variance (ANOVA)와 Duncan's multiple-range test를 실시하였으며, 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 식품재료에 따른 항산화 활성의 변화

항산화 활성의 측정에 사용한 복어육수는 복어의 뼈만을 이용하여 실험방법에서 기술한 방법으로 제조하였다. 육수의 항산화 활성의 측정은 라디칼의 소거능을 측정하는 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 산화상태를 환원시키는 환원력도 측정하였다. 라디칼은 강력한 산화력을 지니는 물질로서 질병을 유발하는 등 유해한 물질이며, 라디칼을 제거하는 물질은 항산화 활성이 높은 것으로 여겨진다. 그리고 건강에 유의한 식품은 일반적으로 라디칼을 소거하는 항산화 물질이 다량 함유되어 있다. 따라서 건강에 유의한 식품으로 많이 이용되는 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 복어 육수 부피의 10%(w/v)를 첨가하여 실험방법에 따라서 복어육수를 제조하고, 첨가한 식품이 복어육수의 항산화 활성에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1). 식품을 첨가하지 않은 대조군(A)의 DPPH 라디칼 소거능은 1.94±0.47%로 낮았으나, 마늘(B), 양파(C), 표고버섯(D) 및 컬리플라워(E)를 첨가한 복어육수는 9.09±0.22, 20.30±0.13, 97.38±2.52 및 73.39±2.76%였다. 육수 추출에 첨가한 식품 중에서 표고버섯이 첨가된 복어육수의 항산화 활성을 가장 높았고, 컬리플라워 첨가 육수도 높은 항산화력을 보였다. 그러나 양파 및 마늘을 첨가한 복어육수의 항산화 활성은 상대적으로 낮았다. DPPH 라디칼을 50% 제거하는데 필요한 육수의 양으로 정의되는 IC<sub>50</sub>은 표고버섯이 첨가된 육수(D)는 4.75±0.13%였으며, 컬리플라워를 첨가한 육수에서는 IC<sub>50</sub>은 6.76±0.25%였다. 복어육수 제조에 식품을 첨가하지 않은 대조군(A), 마늘을 첨가한 육수(B) 및 양파를 첨가한 육수(C)는 항산화력이 상대적으로

**Table 1. Effect of added garlic, onion, shiitake mushroom, cauliflower on reducing power and amount of polyphenols in puffer fish stock**

Sample	(%)	DPPH RSA	IC <sub>50</sub>	ABTS RSA	IC <sub>50</sub>
A		1.94±0.47	-	21.84±0.61	-
B		9.09±0.22	-	31.03±0.28	-
C		20.30±0.13	-	45.42±0.17	-
D		97.38±2.52	4.75±0.13	95.26±2.71	1.87±0.49
E		73.39±2.76	6.76±0.25	88.35±2.36	3.12±0.85

The amounts of added foodstuff were 10%(w/v).

These values are means±standard deviation of triplicate determinations.

Symbols: A, control(puffer fish stock); B, puffer fish stock added with garlic; C, puffer fish stock added with onion; D, puffer fish stock added with shiitake mushroom; E, puffer fish stock added with cauliflower.

미약하였다.

복어육수에 함유되어 있는 ABTS 라디칼 소거능 활성도 조사하였다. Table 1에서 식품재료를 첨가하지 않은 대조군 육수(A)의 ABTS 라디칼 소거능은 21.84±0.61%였으나, 마늘(B), 양파(C), 표고버섯(D) 및 컬리플라워(E)를 10%(w/v) 첨가한 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능은 각각 31.03±0.28, 45.42±0.17, 95.26±2.71 그리고 88.35±2.36%였다. 따라서 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능은 표고버섯, 컬리플라워, 양파, 마늘 첨가 및 무첨가 대조군 순이었다. 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능도 DPPH 라디칼 소거능과 같이 표고버섯이 첨가된 육수가 가장 높았다. 그리고 각각 육수의 IC<sub>50</sub>은 무첨가(>1,000), 마늘(>1,000), 양파 (>1,000), 표고버섯(1.87±0.49%) 및 컬리플라워(3.12±0.85%)로 표고버섯 첨가 육수가 IC<sub>50</sub>이 가장 낮았다. 표고버섯을 첨가하여 제조한 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능의 IC<sub>50</sub>은 1.87±0.49%로 DPPH 라디칼 소거능의 IC<sub>50</sub>인 4.75±0.13%보다 낮았다. 따라서 복어육수는 ABTS 라디칼을 DPPH 라디칼보다는 더 잘 소거하였으며, 컬리플라워를 첨가하여 제조한 복어 육수의 경우에도 동일한 경향을 보였다. ABTS 라디칼은 다양한 pH 범위에서 항산화제와 잘 반응하며(Lemańska 등 2001), 친수성 및 소수성 용액에서 모두 잘 작용한다고 보고되었다(Awika 등 2003). 본 연구에서도 육수에 존재하는 항산화 활성이 DPPH보다 ABTS에 잘 작용하였다.

Fig. 1은 복어육수의 제조 시 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 복어육수의 10%(w/v)를 첨가하여 실험방법에 따라 복어육수를 제조한 후, 복어육수에 존재하는 환원력 및 총 페놀함량을 측정하였다. Fig. 1(A)은 각 복어육수의 환원력을 BHT로 환산하여 표기한 것으로 복어육수 1 mL에 해당하는 BHT의 양을 BHT의 표준곡선에 이용하여 측정하였다. 육수제조에 이용한 식품재료 중에서 표고버섯(D) 첨가 육수의 환원력이 가장 높았으며, 컬리플라워(E), 양파(C), 마늘(B) 첨

가 및 무첨가 대조군(A) 순으로 유의적으로 환원력이 높았다.

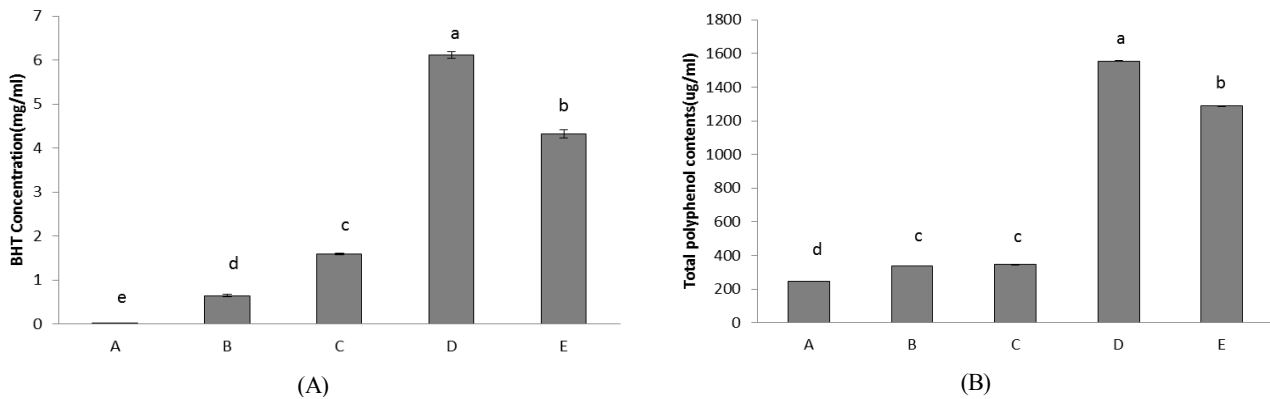
표고버섯을 첨가한 복어육수가 항산화 활성 측정에 사용한 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 그리고 환원력 측정에서 가장 높은 항산화 활성이 보였으며, 컬리플라워, 양파, 마늘 및 무첨가 대조군 순으로 높은 항산화 활성을 보였다. 표고버섯에 존재하는 항산화 활성은 가열에 의하여 증가한다고 보고되었으며(Choi 등 2006), 보라색 가지의 경우에도 다양한 가열방법에 의하여 DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능이 증가한다고 보고되었다(Chumyarn 등 2013). 표고버섯은 가열에 의하여 항산화 활성이 증가하므로, 가열에 의하여 만들어지는 육수에 적합한 식품으로 여겨진다.

식품에 존재하는 항산화 활성은 주로 총 폴리페놀 화합물에 기인한다고 보고되었다. 따라서 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 첨가한 복어육수의 총 폴리페놀 화합물을 측정하였다(Fig. 1B). 첨가한 식품재료로 제조한 복어육수 중에서 표고버섯(D)을 첨가한 복어육수에 총 폴리페놀이 가장 많았고, 컬리플라워(E)를 첨가한 육수에서도 상대적으로 총 폴리페놀이 많았다. 그리고 양파(C)와 마늘(B)을 첨가한 복어육수 사이에는 총 폴리페놀 함량에 유의적인 차이가 없었으며, 함량은 표고버섯이나 컬리플라워 첨가 육수에 비하여 적었으나, 대조군 복어육수(A)에 비하면 유의적으로 많았다.

따라서 복어육수의 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 환원력과 같은 항산화 활성은 복어육수에 포함되어 있는 총 폴리페놀의 함량과 직접적인 상관관계가 있음이 확인되었다.

## 2. 표고버섯의 농도에 따른 항산화 활성의 변화

표고버섯을 첨가하여 제조한 복어육수가 다른 식품재료를 첨가하여 제조한 복어육수에 비하여 항산화 활성 및 총 폴리페놀 함량이 높았으므로, 첨가하는 표고버섯의 농도에 따른 복어육수의 항산화 활성을 측정하였다(Fig. 2).



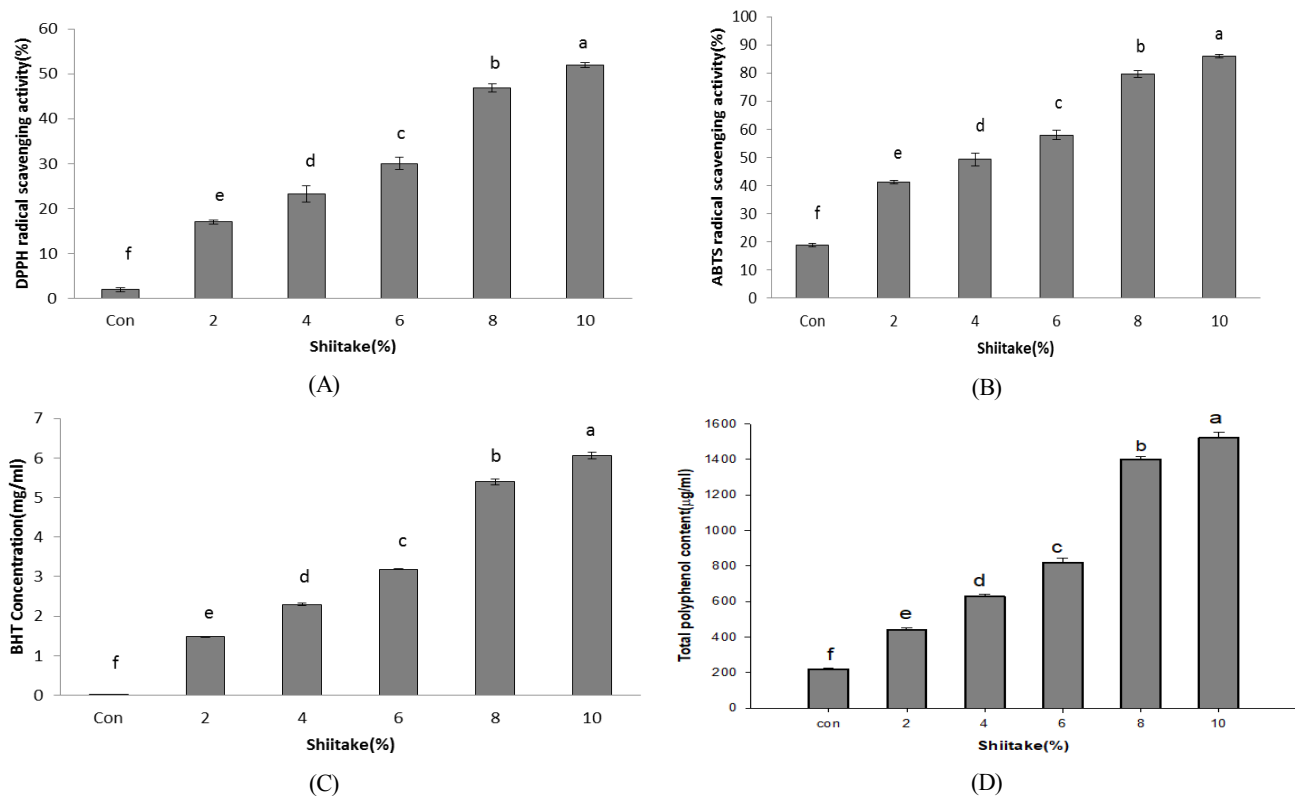
**Fig. 1. Reducing power(A) and polyphenol content(B) of puffer fish stock added with garlic, onion, shiitake mushroom, cauliflower.** The amounts of added foodstuff were 10%(w/v). <sup>a-c</sup> Mean in the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple-range test. These values are means  $\pm$  standard deviation of triplicate determinations. Symbols: A, control; B, puffer fish stock added with garlic; C, puffer fish stock added with onion; D, puffer fish stock added with shiitake mushroom; E, puffer fish stock added with cauliflower.

표고버섯의 농도를 0, 2, 4, 6, 8 및 10%(w/v)로 다양하게 복어육수에 첨가하여 제조한 복어육수의 DPPH 라디칼 소거능(Fig. 2A), ABTS 라디칼 소거능(Fig. 2B) 및 환원력(Fig. 2C)을 조사하였다. 표고버섯이 첨가된 복어육수의 항산화 활성, 즉 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력은 표고버섯의 첨가량이 증가할수록 측정된 항산화 활성이 유의적으로 증가하였다. Cheung 등(2003)은 식품에서 총 폴리페놀의 함량이 높으면 식품의 항산화 활성도 비례하여 증가한다고 보고하였다. Turkmen 등(2005)은 추출한 마테차에서 총 페놀함량과 항산화 활성과는 직접적인 상관관계가 있음을 확인하였다. 따라서 첨가하는 표고버섯의 양이 증가하면 복어육수의 항산화 활성이 증가하는 것은 표고버섯에서 추출되어 복어육수에 존재하는 폴리페놀 화합물의 양이 증가하기 때문으로 추정되어 육수 제조에 첨가하는 표고버섯의 양에 따른 복어육수에 존재하는 폴리페놀 함량을 측정하였다. Fig. 2(D)에서 복어육수에 표고버섯을 첨가함에 비례하여 복어육수에 폴리페놀 함량이 비례적으로 증가하였으며, 그 결과로 표고버섯 첨가 복어육수의 항산화 활성이 증가하는 것으로 판단된다. Dermiki 등(2013)은 건조한 표고버섯을 열수에서 추출한 추출액이 저온에서 추출한 추출액에 비하여 맛 성분인 5'-뉴클레오티드의 함량이 높았으며, 저온에서 추출한 경우에는 표고버섯 특유의 휘발성성분의 함량이 높다고 보고하였다. 따라서 표고버섯을 첨가하는 복어육수를 제조하는 것은 복어육수의 항산화 활성뿐 아니라, 육수의 맛에도 기여할 것으로 판단된다. 표고버섯에 존재하는 lentinan은 항암, 항바이러스 및 항균활성(Hearst 등 2009), 그리고 eritadenine (2(R),3(R)-dihydroxy-4-(9-adenyl)butyric acid)은 저콜레스테롤 활성으로 보고되었다(Kaneda 등 1964). 따라서 표고버섯

에 존재하는 생리활성 물질은 다양한 질병의 치료 및 예방에 이용될 수 있으므로 표고버섯이 첨가된 복어육수는 생리활성, 기능적인 면에서 우수할 것으로 판단된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 건강에 유익한 식품으로 널리 이용되는 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 육수제조에 이용하고, 각 복어육수의 환원력, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 폴리페놀 함량을 측정하였다. 복어육수 제조에 이용한 식품재료 중에서 표고버섯을 첨가한 경우에 복어육수의 환원력, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능이 가장 높았고, 또한 폴리페놀의 함량이 가장 많았다. 복어육수를 대조군으로 하고, 여기에 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 10% 첨가하여 제조한 복어육수의 DPPH 라디칼 소거능이 각각  $9.09 \pm 0.22\%$ ,  $20.30 \pm 0.13\%$ ,  $97.38 \pm 2.52\%$  및  $73.39 \pm 2.76\%$ 였다. 그리고 식품재료를 첨가하지 않은 대조군 육수의 ABTS 라디칼 소거능은  $21.84 \pm 0.61\%$ 였으나, 마늘, 양파, 표고버섯 및 컬리플라워를 첨가한 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능은 각각  $31.03 \pm 0.28\%$ ,  $45.42 \pm 0.17\%$ ,  $95.26 \pm 2.71\%$  그리고  $88.35 \pm 2.36\%$ 이었다. 따라서 식품을 첨가하여 제조한 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능도 표고버섯, 컬리플라워, 양파, 마늘 및 무첨가순으로 높았다. 복어육수의 DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능은 표고버섯이 첨가된 육수가 가장 높았다. 표고버섯을 첨가한 복어육수의 ABTS 라디칼 소거능의  $IC_{50}$ 은  $1.87 \pm 0.49\%$ 로 DPPH 라디칼 소거능의  $IC_{50}$ 인  $4.75 \pm 0.13\%$ 에 비하면 낮으므로 복어육수는 ABTS 라디칼을 DPPH 라디칼 보다는 더 잘 소거하였다. 그리고 컬리플라워를 첨가한 복어



**Fig. 2. DPPH radical scavenging activity(A), ABTS radical scavenging activity(B), reducing power(C) and total polyphenol contents(D) of puffer fish stock added with garlic, onion, shiitake mushroom, cauliflower.** The amounts of added foodstuff were 10%(w/v). <sup>a-d</sup> Mean in the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple-range test. These values are means  $\pm$  standard deviation of triplicate determinations. Symbols: A, control; B, puffer fish stock added with garlic; C, puffer fish stock added with onion; D, puffer fish stock added with shiitake mushroom; E, puffer fish stock added with cauliflower.

육수의 경우에도 동일한 경향을 보였다. 복어육수 추출에 첨가하는 표고버섯의 농도를 2, 4, 6, 8 및 10%(w/v)로 다양하게 변화시켜서 복어육수의 환원력, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능을 측정할 경우에 첨가하는 표고버섯의 첨가량에 비례하여 복어육수의 환원력, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능이 농도에 비례하여 직선적으로 증가하였다.

## References

- Awika, JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agric Food Chem* 51:6657-62
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cheung LM, Cheung PCK. 2005. Mushroom extracts with antioxidant activity against lipid peroxidation. *Food Chem* 89: 403-409
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem* 81:249-255
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Food Chem* 99:381-387
- Chumyam A, Whangchai K, Jungklang J, Faiyue B, Saengnil K. 2013. Effects of heat treatments on antioxidant capacity and total phenolic content of four cultivars of purple skin eggplants. *Sci Asia* 39:246-251
- Dermiki M, Phanphensophon N, Mottram DS, Methven L. 2013. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat. *Food Chem* 141:77-83
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phospho-molybdic

- compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12:239-249
- Jang HC, Park JU, Kim JH. 2003. A study on the generative reason of the toxicity for the puffer fish. *J Fish Mar Sci Edu* 15:67-80
- Jeong DY, Kim DS, Mee MJ, Kim SR, Byun DS, Kim HD, Park YH. 1994. Toxicity of several puffers collected at a fish market of Busan, Korea. *Bull Korean Fish Soc* 27:682-689
- Handayani D, Chen J, Meyer BJ, Huang XE. 2011. Dietary shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) prevent fat deposition and lower triglyceride in rats fed a high fat diet. *J Obesity* 2011, article ID 258051:1-8
- Jeon JK, Arakawa O, Noguchi T. 2000. Toxicity of puffer fish in Korea. *J Korean Fish Soc* 33:176-178
- Kaneda TK, Arai KTK, Tokuda S. 1964. The effect of dried mushroom, *Crinellus shiitake*, on cholesterol metabolism in rats. *J Jpn Soc Food Nutr* 16:466-468
- Kim RY, Sung NJ, Kim WT, Park JH, Kim YJ, Ju JC. 2010. Physicochemical characteristics of concentrate prepared by puffer muscle and skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 267-273
- Kim SH, Park I. 2013. Comparison of antioxidant activities of various meat broths served with oriental noodles. *Korean J Food Nutr* 26:150-153
- Ko JA, Lee BH, Lee JS, Park HJ. 2008. Effect of UV-B exposure on the concentration of vitamin D<sub>2</sub> in sliced shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) and white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *J Agric Food Chem* 56:3671-3674
- Heong SH, Yoo HJ. 2005. Food Microbiology, 2nd edn. Kwangmoonsa, Seoul, Korea
- Lemańska K, Szymusiak H, Tyrakowska B., Zieliński R, Soffers AEMF, Rietjens IMCM. 2001. The influence of pH on antioxidant properties and the mechanism of antioxidant action of hydroxyflavones. *Free Radical Biol Med* 31:869-881
- McKee T, McKee JR. 2009. Biochemistry. 4th edn, Oxford University Press, Inc., New York, USA, pp.330-335
- Minato K, Mizuno M, Terai H, Tsuchoda H. 1999. Analysis of lentinan, an antitumor polysaccharide, during storage of *Lentinus edodes*, shiitake mushroom. *J Agric Food Chem* 47:1530-1532
- Mizuno T, Sakai T, Chihara G. 1995. Health foods and medicinal usages of mushroom. *Food Rev Int* 11:69-81
- Mun SK, Park JH, Yoo SS. 2012a. A correlation analysis between physicochemical, mechanical characteristics and sensory characteristics of puffer fish fillet under storage conditions. *Korean J Cookery Res* 18:205-219
- Mun SK, Sung KH, Yoo SS. 2012b. Change of free amino acid and nucleotide compound of puffer fish fillet under storage condition. *Korean J Food Cookery* 28:249-255
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44:307-315
- Park BH, Yoo JY, Cho HS. 2013. Quality characteristics of dried noodle with added *Lagocephalus lunaris* powder. *Korean J Food Culture* 28:312-319
- Re R, Pellegrini N, Protegente A, Yang M, Ricevans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26: 1231-1237
- Sasidharan S, Aravindran S, Lathain LY, Vijenthil R, Saravanan D, Amutha S. 2010. *In vitro* antioxidant activity and hepatoprotective effects of *Lentinula edodes* against paracetamol-induced hepatotoxicity. *Molecules* 15:4478-4489
- Shouji N, Takada K, Fukushima F, Hirasawa M. 2000. Anticaries effect of a component from shiitake (an edible mushroom). *Caries Res* 34:94-98
- Sugiyama K, Akachi T, Yamakawa A. 1993. The hypocholesterolemic action of *Lentinus edodes* in evoked through alternation of phospholipid composition of liver microsomes in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 57:1983-1985
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin - Ciocalteu methods. *Food Chemistry* 99: 835-841
- Yun JU, Hwang SM, Oh DH, Nam GH, Choi JD, Oh KS. 2009. Preparation and its taste-active components of grass puffer (*Takifugu niphobles*) extract. *J Agric Life Sci* 43:95-103
- Zhang N, Chen H, Zhang Y, Ma L, Xu X. 2013. Comparative studies on chemical parameters and antioxidant properties of stipes and caps of shiitake mushroom as affected by different drying methods. *J Sci Food Agric* 93:3107-3113
- Zhang M, Cui SW, Cheung PCK, Wang Q. 2007. Antitumor polysaccharides from mushroom: A review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends Food Sci Technol* 18:4-19

Received 10 April, 2017  
 Revised 09 June, 2017  
 Accepted 30 June, 2017