pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 28. No. 1, 34~39 (2015)
http://dx.doi.org/10.9799/ksfan.2015.28.1.034

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

식용 버섯의 조리방법에 따른 Jurkat 세포주 DNA 손상 보호 효과

조윤정 · 김경희 · †육홍선
충남대학교 식품영양학과

Protective Effect of Edible Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*) according to Different Cooking Methods on DNA Damage of Jurkat Cell Line

Yun-Jeong Cho, Kyoung-Hee Kim and †Hong-Sun Yook
Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

In this study, portective effect on DNA damage several mushrooms (*Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*) according to cooking methods was investigated using Comet assay. Three edible mushrooms were cooked by grilling, blanching, pan-frying, or by preparing '*Jeon*' (traditional Korean pancake). Cells were incubated in medium with 4 kinds of samples for 48 h (37℃) were further treated with hydrogen peroxide (H_2O_2) for 5 min as an oxidative stimulus. Oxidative damage was evaluated by single-cell gel electrophoresis (Comet assay) and quantified by tail DNA% (TD), tail length (TL), tail moment (TM). Though oxidative DNA damages expressed as TD, TL, TM of 4 cooked samples were higher than raw sample, which means lower protective activities, all samples including raw sample had significantly higher protective effects than the positive control ($p<0.05$). The protective effect on DNA damage of cooked samples decreased much more when soybean oil added, likely due to the thermal oxidation of oil during cooking. Although heat treatment could degrade protective effect on DNA damage of mushrooms, the cooked mushroom had significant effect on oxidative stress. In conclusion, grilling and blanching were the most advantageous cooking methods to protect oxidative DNA damage induced by H_2O_2.

Key words: oxidative stress, DNA protective effect, mushroom, cooking, comet assay

서 론

버섯균류는 영양학적 가치와 독특한 향기, 물성 및 맛을 가지는 식품으로써, 탄수화물, 단백질, 지질, 비타민 및 무기질 등 각종 영양소를 다양하게 함유하여 예로부터 식용으로 널리 이용되어왔다. 이는 면역활성, 항산화능, 항균, 항바이러스 및 항종양 효과가 있다고 보고됨에 따라 약용으로서의 가치 또한 증가하고 있다(Moradali 등 2007; Nakajima 등 2002; Hui 등 2001; Mizuno 등 1998). 버섯은 신선한 상태로 섭취하기보다는 데치거나 굽기, 볶는 등 가열조리를 통해 요리로 섭취하는 것이 일반적인데(Lee 등 2004), 화식, 양식 및 중화식 외에 각 나라의 전통과 습관에 따라 조리되어 이용되고 있다(Kim 등 2002).

식품을 조리하는 과정은 식품 매트릭스와 단단하게 결합되어 있는 영양소나 생리활성 물질의 분리를 통해 생체 이용도를 향상시키는 긍정적 역할을 할 뿐만 아니라, 물질들의 화학적 분해 및 용출로 인한 함량을 감소시키는 등 부정적인 역할을 하기도 한다(Hwang & Kim 2011; Pellegrini 등 2010). 따라서 식품 중 영양소의 이용률을 극대화하기 위해서는 생리활성물질의 조리과정 중의 손실과 증가를 알아 손실을 최소화하는 것이 필요하다. 채소가 조리과정 중 상당량의 생리활성 물질의 함량이 증가와 감소를 동반한다는 보고는 현재

† Corresponding author: Hong-Sun Yook, Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: +82-42-821-6840, E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr

까지 다양한 방법을 통해 이루어지고 있으나(Lim 등 2007; Han 등 1999; Trukmen 등 2005; Sultana 등 2008), 다양한 조리법과 함께 가공되어 섭취가 이루어지는 버섯의 조리방법에 따른 변화 연구는 미비한 실정이며, 조리방법에 따른 영양소와 생리활성 변화 추이를 알아보는 것은 의미 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

Hydrogen peroxide와 같은 활성 산소종은 DNA 사슬의 손상과 함께 세포 손상을 야기하여 여러 가지 질병의 직접적, 간접적인 요인이 되며(Kim 등 2010), 항산화 물질(antioxidant)은 활성 산소종으로 유발된 산화적 스트레스를 제거함으로써 유전 독성에 대한 1차적 방호기작으로 작용한다고 알려져 있다(Yu & Lee 2013). 버섯에는 항산화 기능에 관여하는 여러 성분 중 페놀성 화합물이 주를 이루고 있으며, 활성산소를 조절할 수 있는 천연 항산화제로서의 이용 가능성이 제기되고 있다(Yang 등 2002; Mus 등 2002). Vitamin C, flavonoids 등의 인체세포에 대한 항돌연변이 효과의 보고와 같이 지금까지 항산화 물질의 항돌연변이 효과를 Comet assay로 본 연구는 활발히 이루어지고 있지만(Duthie 등 1997a; Duthie 등 1997b; Noroozi 등 1998), 항산화 물질이 포함된 식품류의 유전독성학적 비교연구는 콩나물과 김치, 녹황색 채소즙을 대상으로 살펴본 것 이외에는 거의 없다(Zhu & Loft 2001; Ji 등 2000; Joen 등 2003). 더욱이 식용 버섯의 조리방법에 따른 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상 감소 효과에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 주요 식용 버섯 3종(표고, 느타리, 팽이)의 조리방법에 따른 유전독성학적 방호 효과의 변화를 *in vitro* Comet assay를 이용하여 DNA 손상 감소 효과를 통해 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

1. 조리 및 추출 방법

실험에 사용한 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*), 팽이버섯(*Flammulina velutipes*), 표고버섯(*Lentinula edodes*)은 대전광역시 유성구 홈플러스에서 구입하였으며, 비가식 부분을 제거하고, 수돗물로 세척하여 물기를 제거한 후 0.5×0.5×0.5 cm의 크기로 세절하여 조리에 사용하였다. 굽기(grilling)는 버섯 200 g을 기름을 두르지 않은 팬에 70~80℃로 2분간 구웠고, 데치기(blanching)는 버섯 200 g을 500 mL의 조리수를 이용하여 100~110℃로 2분간 데쳤다. 볶기(pan frying)는 버섯 200 g을 20 g의 기름을 두르고, 70~80℃로 2분간 볶았으며, 전(*Jeon*)은 버섯 200 g을 밀가루반죽(밀가루: 계란: 물=1:2:1)을 입혀 70~80℃에서 20 g의 기름을 두르고 구웠다. 조리된 버섯은 9배의 해당하는 80% ethanol(Samchun Pure Chemical Co., LTD., Pyeongtaek, Korea)을 이용하여 1시간 초음파 추출을 3회 실시하였으며, 추출액을 감압 여과한 후(Whatman, No.2, UK) 감압농축기(EYELA: Rotary evaporator N-1000, Tokyo, Japan)로 용매를 제거하고 동결 건조하여(FD 8518, Ilshin Lab Co. Ltd., Dongducheon, Korea) 사용하였다. 동결건조 시료는 −20℃에 보관하여 실험에 사용하였다. 시료는 사용 전 Phosphate Buffer Saline(PBS, Gibco BRL Life Technologies Inc., Grand Island, NY, USA)에 녹인 후 0.22 μm filter(Merck Milliporre Ltd., Tullagreen Carrigtwohill County Cork, Ireland)를 이용하여 여과하여 사용하였다.

2. 세포 배양조건 및 시료의 pre-treatment

ATCC에서 분양 받은 Jurkat cell(TIB-152, ATCC, Manassas, VA, USA)을 6-well plates에 2.5×10^4 cells/mL로 seeding한 후 10%의 heat-inactivated fetal bovine serum(Welgene, Daegu, Korea)과 1% Antibiotic-Antimycotic(Gibco BRL Life Technologies Inc., Grand Island, NY, USA)가 포함된 RPMI 1640(Welgene, Daegu, Korea)에 조리된 버섯 시료를 느타리와 팽이버섯은 농도 250 μg/mL, 표고버섯은 100 μg/mL로 각각 처리하여 48시간 동안 37℃, 5% CO_2 incubator(Sheldon Manufacturing, Inc., Comelius, OR, USA)에서 배양하였다. 시료의 농도는 예비실험을 거쳐 효과가 거의 나타나지 않는 저농도와 독성이 나타나기 시작하는 고농도를 제외한 후 선정하였다.

3. 산화적 스트레스의 유발

6-well plate의 세포를 PBS로 세척한 후 200 μM H_2O_2 (Samchun Pure Chemical Co., LTD., Pyeongtaek, Korea)를 100 μL 넣은 뒤 ice에서 5분 동안 반응시킨 다음 PBS로 세척하였다. Positive control을 위해 시료를 처리하지 않고 PBS(Gibco BRL Life Technologies Inc., Grand Island, NY, USA)만 처리된 cell에 200 μM H_2O_2(Samchun Pure Chemical Co., LTD., Pyeongtaek, Korea)를 처리하였으며, negative control에는 PBS(Gibco BRL Life Technologies Inc., Grand Island, NY, USA)만 처리하고, H_2O_2는 처리하지 않았다.

4. Single-cell gel electrophoresis

상기의 과정을 마친 cell의 DNA 손상을 측정하기 위해 Comet assay를 실시하였다. Single-cell gel electrophoresis(SCGE)는 DNA의 손상을 분석하기 위한 간단하고 세밀한 기술로, 본 연구에서는 Singh 등(1988)의 방법을 변형하여 수행하였다. Frosted slide에 0.5% Normal melting agarose(NMA, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 50 μL와 75 μL로 2번 코팅한 후 Jurkat cell 30 μL와 0.75% Low melting agarose(LMA, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 75 μL 현탁액을 골고루 분산시킨 후 cover glass로 덮어 4℃의 냉장온도에 저장

하였다. Gel이 굳으면 그 위에 0.75% LMA 75 μL를 도포하여 한겹 더 코팅하였다. 미리 차게 준비해 두었던 lysis buffer(2.5 M NaCl, 100 mM $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$, 10mM Tris at pH 10, 1% Triton X-100 v/v, Na-lauroysarconinate, dimethyl sulfoxide, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에 slide를 담그어 1시간 동안 암실에 보관하면서 cellular protein을 제거하는 lysis 과정을 거쳤다. Lysis가 끝난 slides는 electrophoresis buffer(0.3 M NaOH, 1 mM $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$, pH>13, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에 40분 저장하였다가 electrophoresis chamber에 배열하고, 25 V, 300 mA(Electrophoresis Power Supply-EPS 301, Amersham Biosciences, Uppsala, Sweden)에서 20분 동안 unwinding 시켰다. 전기영동이 끝난 slide는 tris buffer(pH 7.5)에 5분씩 3회 세척한 후 에탄올에 5분 담갔다가 건조시켰다.

5. Image analysis

Comet image 분석을 위해 ethidium bromide(20 μg/mL, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)로 nucleotide를 염색하여 형광현미경(Leica DM 2000, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany)에서 관찰하고, Comet image analyzing system이 설치된 컴퓨터에서 분석하였다. DNA 손상 정도는 핵으로부터 이동한 DNA 파편의 거리(tail length, TL), tail 내 함유된 DNA % (tail DNA, TD), 그리고 TL에 TD를 곱해준 tail moment(TM) 값을 측정하였다.

6. 통계처리

모든 실험군은 2개의 slide 내의 cell을 각 100개씩 측정하였으며, 그 결과는 SPSS Statistics 21.0 software(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계처리를 하였다. 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 분산분석(ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test로 $p<0.05$ 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 조리 방법에 따른 버섯의 DNA 손상 보호 효과

조리된 버섯의 DNA 손상 감소 효과에 대한 결과는 Table 1~3 및 Fig. 1~3에 나타내었다. 네 가지 방법에 따라 조리된 버섯 모두 양성 대조군(positive control)에 비하여 DNA 손상 감소 효과가 나타났으나, 그 정도는 각각 달랐다. Positive control의 DNA 손상 정도를 100으로 놓고 상대적인 점수로 나타냈을 때, 세 가지 버섯 모두 조리하지 않은 것의 손상 정도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 느타리버섯의 경우, 생 것(12.17) < 구운 것(14.5) < 데친 것(29.65) < 볶은 것(37.57) < 전(52.21)의 순으로, 팽이버섯의 경우 생 것(6.71) < 데친 것(10.15) < 구운 것(10.18) < 전(19.85) < 볶은 것(24.68)의 순으로, 표고버섯은 생 것(21.08) < 구운 것(27.78) < 데친 것(28.78) < 볶은 것(31.18) < 전(31.63)의 순으로 DNA의 손상이 나타났다.

Table 1~3에는 버섯의 조리방법에 따른 DNA 손상 감소 효과를 3가지 지표로 나타냈다. 먼저, 조리된 느타리버섯을 처리한 후의 DNA 손상 정도를 tail DNA %(TD) 지표로 본 결과, 생 것(6.42%) < 구운 것(6.63%) < 데친 것(7.31%) < 볶은 것(8.61%) < 전(10.98%)의 순으로 나타났고, 팽이버섯은 데친 것(4.8%) < 생 것(5.12%) < 구운 것(6.22%) < 전(7.59%) < 볶은 것(8.57%)의 순으로 났으며, 표고버섯은 생 것(9.06%) < 데친 것(9.48%) < 구운 것(10.38%) < 전(11.21%) < 볶은 것(12.21%)의 순으로 나타났다.

핵으로부터 이동한 DNA 파편의 거리인 tail length(TL)는 느타리버섯의 경우 생 것(26.23 μm) < 구운 것(28.71 μm) < 데친 것(38.62 μm) < 전(40.51 μm) < 볶은 것(43.55 μm)의 순으로 나타났고, 팽이버섯은 생 것(14.64 μm) < 구운 것 (22.99 μm) < 데친 것(24.41 μm) < 전(30.02 μm) < 볶은 것(33.77 μm) 순으로, 표고버섯은 생 것(40.96 μm) < 볶은 것(43.96 μm) < 데친 것(50.45 μm) < 구운 것(51.24 μm) < 전(51.24 μm)의 순으로 나타났다. 세 가지 종류의 버섯 모두 조리군이 비조리군에 비해 비교적 높은 TL 값을 나타냈으며, 느타리버섯의 경우 굽기를 제외한 모든 조리법이, 팽이버섯과 표고버섯의 경우 모든 조리법이 비조리군에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈다.

TL와 TD를 곱하여 두 가지를 모두 반영한 값인 tail moment (TM)로 본 DNA 손상 감소 효과에서 조리된 느타리버섯의 TM 값은 구운 느타리버섯을 제외한 모든 군이 생 것의 값(2.42)보다 유의적으로 높았으며, 조리군 중에서는 구운 것(2.31)이 가장 낮은 값을 나타냈다. 팽이버섯 역시 조리군이 생 것(1.23)보다 높은 값을 나타냈고, 조리군 중에서는 데친

Table 1. Levels of DNA damage expressed as tail DNA, tail length, tail moment of *Pleurotus ostreatus*

		Tail DNA (%)	Tail length (μm)	Tail moment
Negative		1.12±0.22[d1)]	5.39±0.41[d]	0.10±0.03[e]
Positive		32.67±1.40[a]	85.39±2.31[a]	30.97±1.83[a]
Pleurotus ostreatus	Raw	6.42±0.65[c]	26.23±1.60[c]	2.42±0.36[de]
	Grilling	6.63±0.67[c]	28.71±1.63[c]	2.31±0.31[de]
	Blanching	7.31±0.56[c]	38.62±1.97[b]	3.46±0.34[cd]
	Pan frying	8.61±0.77[c]	43.55±2.34[b]	4.96±0.66[bc]
	Jeon	10.98±0.96[b]	40.51±2.27[b]	5.91±0.71[b]

[1)] Values with different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ after Duncan's multiple range test. All values are mean±S.E.

Table 2. Levels of DNA damage expressed as tail DNA, tail length, tail moment of *Flammulina velutipes*

		Tail DNA (%)	Tail length (μm)	Tail moment
Negative		1.12±0.22[e1)]	5.39±0.41[e]	0.10±0.03[d]
Positive		32.67±1.40[a]	85.39±2.31[a]	30.97±1.83[a]
Flammulina velutipes	Raw	5.12±0.61[d]	14.64±1.58[d]	1.23±0.24[cd]
	Grilling	6.22±0.51[cd]	22.99±1.49[c]	1.62±0.20[bcd]
	Blanching	4.8 ±0.44[d]	24.41±1.73[c]	1.37±0.19[cd]
	Pan frying	8.57±0.73[b]	33.77±1.71[b]	3.69±0.43[b]
	Jeon	7.59±0.65[bc]	30.02±2.04[b]	2.86±0.37[bc]

1) Values with different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ after Duncan's multiple range test. All values are mean±S.E.

Table 3. Levels of DNA damage expressed as tail DNA, tail length, tail moment of *Lentinula edodes*

		Tail DNA (%)	Tail length (μm)	Tail moment
Negative		2.36±0.33[d]	8.98±0.74[d]	0.32±0.06[c]
Positive		22.08±1.07[a]	86.2 ±5.35[a]	21.31±2.11[a]
Lentinula edodes	Raw	9.06±0.60[c]	40.96±2.40[c]	4.49±0.45[b]
	Grilling	10.38±0.56[bc]	51.24±2.58[b]	5.92±0.44[b]
	Blanching	9.48±0.78[c]	50.45±2.87[b]	6.13±0.79[b]
	Pan frying	12.21±0.88[b]	43.96±2.70[bc]	6.65±0.72[b]
	Jeon	11.21±0.82[bc]	51.24±2.61[b]	7.37±0.43[b]

1) Values with different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ after Duncan's multiple range test. All values are mean±S.E.

것(1.37)이 가장 낮은 값을 나타냈다. 표고버섯의 경우, 조리군이 생 것(4.49)보다 높은 값을 나타냈고, 조리군 중에서는 구운 것(5.92)이 가장 낮은 값을 나타냈다.

Fig. 1~3은 조리된 세 가지 버섯 추출물을 처리한 세포의 H_2O_2에 의한 DNA 손상을 분석하기 위해 알칼리 전기영동을 실시하고, ethidium bromide로 핵을 염색하여 형광 현미경으로 관찰한 image이다. Fig. 1~3의 N은 음성 대조군으로, 꼬리가 없는 원형 그대로의 핵 모양을 유지하고 있음을 확인하였고, 이와 대조적으로 200 μM H_2O_2를 처리하여 산화적 스트레스를 유발시킨 양성대조군 P는 손상된 DNA 파편이 꼬리를 길게 형성한 것을 관찰할 수 있었다. 양성 대조군의 꼬리 모양과 길이에 비하여 모든 조리된 버섯 추출물을 처리한 군은 짧은 꼬리와 원형에 가까운 핵 모양을 유지하였음이 확인되었다.

상기와 같은 결과들은 조리 방법에 따른 마늘 추출물의 DNA 손상 보호 효과를 관찰한 결과, 모든 마늘 시료군에서

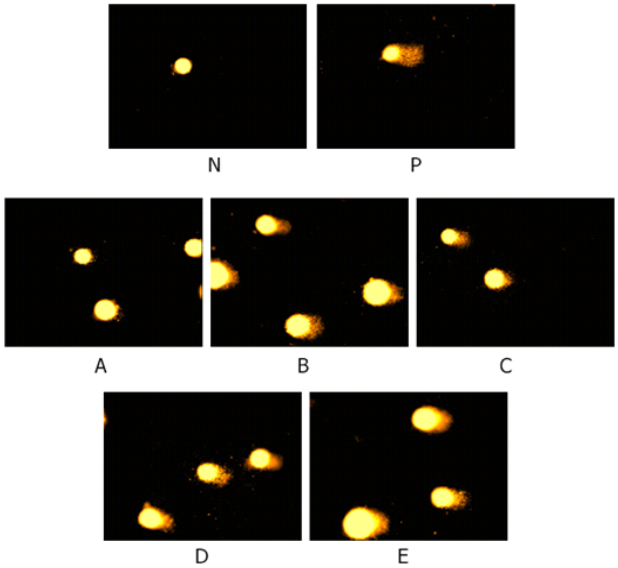

Fig. 1. Micrograph representing images of *Pleurotus ostreatus* obtained from the comet assay. N: PBS-treated negative control, P: PBS and 200 μM H_2O_2-treated positive control, A: Raw *P. ostreatus*+200 μM H_2O_2, B: Grilled *P. ostreatus*+200 μM H_2O_2, C: Blanched *P. ostreatus*+200 μM H_2O_2, D: Pan fried *P. ostreatus*+200 μM H_2O_2, E: *Jeon P. ostreatus*+200 μM H_2O_2

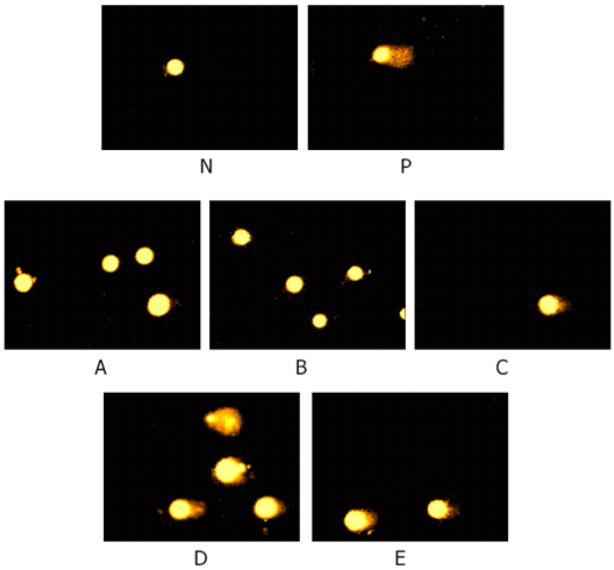

Fig. 2. Micrograph representing images of *Flammulina velutipes* obtained from the comet assay. N: PBS-treated negative control, P: PBS and 200 μM H_2O_2-treated positive control, A: Raw *F. velutipes*+200 μM H_2O_2, B: Grilled *F. velutipes*+200 μM H_2O_2, C: Blanched *F. velutipes*+200 μM H_2O_2, D: Pan fried *F. velutipes*+200 μM H_2O_2, E: *Jeon F. velutipes*+200 μM H_2O_2

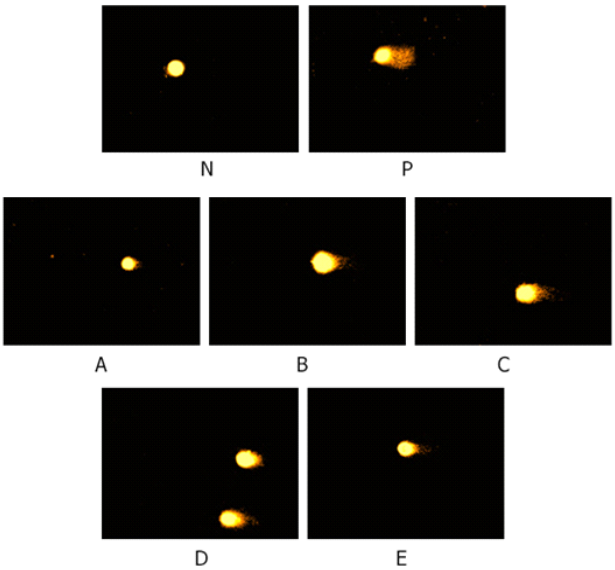

Fig. 3. Micrograph representing images of *Lentinula edodes* obtained from the comet assay. N: PBS-treated negative control, P: PBS and 200 μM H_2O_2-treated positive control, A: Raw *L. edodes*+200 μM H_2O_2, B: Grilled *L. edodes*+200 μM H_2O_2, C: Blanched *L. edodes*+200 μM H_2O_2, D: Pan fried *L. edodes*+200 μM H_2O_2, E: *Jeon L. edodes*+200 μM H_2O_2

양성 대조군보다 낮은 손상도를 보였으나, 조리군의 경우 생마늘보다 낮은 DNA 손상 보호 효과를 나타낸 Kim 등(2010)의 결과와 유사하다. 일반적으로 식품의 조리는 각종 생리활성 물질의 변화를 동반하는데, Sahlin 등(2004)은 채소의 삶기, 굽기, 튀김의 조리에 의해 페놀 함량이 감소됨을 보고하였으며, Manzi 등(2004)은 식용버섯을 구운 후 버섯의 항산화 기능에 관여하는 주요성분인 페놀성 화합물의 함량이 감소하였다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 조리군이 비조리군에 비해 낮은 DNA 손상 보호 효과를 보인 것은 조리 중 일어날 수 있는 페놀 화합물의 감소에서 기인한 것으로 사료된다.

DNA 손상 정도를 조리 방법 별로 비교해 보았을 때, 볶기와 굽기는 동일 온도 조건과 시간으로 조리하였으나, 볶기는 조리 중 대두유를 첨가하였다는 점이 다르며, 볶기의 DNA 손상 보호 효과가 굽기에 비해 낮은 것으로 나타났다. 유지를 가열하면 지방산이 산화 메커니즘을 통해 과산화물을 형성하는데(Lee & Shin 2004), Kim 등(1987)은 유지의 산화 시 생성되는 지질산화 생성물이 DNA를 손상시킨다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 버섯을 구웠을 때보다 볶았을 때의 DNA 손상 보호 효과가 낮은 것은 버섯을 볶을 때 첨가된 대두유가 가열산화에 의해 과산화물을 형성하여 세포의 DNA 손상을 일으킨 것으로 보인다. 전의 경우 또한 구운 것과 비교하였을 때 낮은 DNA 손상 정도를 보였으며, 조리 중 대두유를 사용했다는 점이 볶기와 유사하여 위와 같은 맥락으로 볼 때 유지 산화로 인한 DNA 손상이 일어난 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 식용 버섯의 조리방법에 따른 항산화 생리활성의 평가를 위해 수행되었으며, 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상 감소 효과를 통해 조리방법을 달리한 버섯 추출물의 유전독성학적 방호효과를 살펴보았다. Human lymphocyte에 조리방법을 달리한 3가지 버섯(느타리, 팽이, 표고)의 추출물을 처리하고, hydrogen peroxide(H_2O_2)로 산화적 손상을 준 후, DNA 감소 효과를 Comet assay로 평가한 결과, 모든 시료군에서 산화적 손상에 의한 DNA 손상 감소 효과를 나타냈다. 3가지 버섯 모두 비조리군이 조리군보다 높은 효과를 나타냈는데, 이는 조리과정에 의한 페놀성 화합물의 감소로 인한 것으로 보이며, 조리군 중에서 볶기와 전이 비교적 낮은 DNA 손상 감소 효과를 나타낸 것은 조리 시 첨가되었던 대두유의 가열 산화에 의한 것으로 사료된다. 결론적으로, 조리된 버섯은 생버섯에 비해 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상 감소 효과가 낮으나, 양성 대조군과 비교하였을 때 손상을 유의적으로 감소시킨 것으로 나타났다. 또한, 본 연구에서 사용한 네 가지 조리법(굽기, 데치기, 볶기, 전) 중 DNA 손상 감소에 효과적인 조리법은 대두유를 사용하지 않은 굽기와 데치기인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 한식세계화용역연구사업(한식 우수성 · 기능성 연구, 과제번호 912026-1)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Duthie SJ, Collins R, Duthie GG, Dobson VL. 1997a. Quercetin and myricetin protect against hydrogen peroxide-induced DNA damage (strand breaks and oxidized pyrimidines) in human lymphocytes. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen* 393:223-231

Duthie SJ, Johnson W, Dobson VL. 1997b. The effect of dietary flavonoids on DNA damage (strand breaks and oxidized pyrimidines) and growth in human cells. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen* 390:141-151

Han JS, Kim JS, Kim MS, Choi YH, Minamide T, Huh SM.

1999. Changes on mineral contents of vegetable by various cooking methods. *Korean J Soc Food Sci* 15:382-387

Hui LC, Guei RC, Chin CC, Jeng LM. 2001. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorate* and *Cordycps millitaris* mycelia. *Food Chem* 74:203-207

Hwang ES, Kim GH. 2011. Different cooking methods for Korean cabbage and their effect on antioxidant activity and carotenoid and tocopherol contents. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 723-721

Jeon EJ, Kim JS, Park YK, Kim TS, Kang MH. 2003. Protective effect of yellow-green vegetable juices on DNA damage in Chinese human hamster lung cell using comet assay. *Korean J Nutr* 36:24-31

Ji ST, Park JH, Hyun CK, Shin HK. 2000. The antigenotoxic effects of Korean native fermented food, *Baechu Kimchi* using comet assay. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:316-321

Kim JM, Jeon GI, Park EJ. 2010. Protective effect of garlic (*Allium sativum* L.) extracts prepared by different processing methods on DNA damage in human leukocytes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:805-812

Kim MG, Kim HM, Rha ES, Yu SH, Chai JK, Hong JS. 2002. Mushroom biology. Hakmunsa, Seoul, Korea. pp. 10-11

Kim SB, Kang JH, Byun HS, Kim IS, Park YH. 1987. The DNA damage by linoleic acid hydroperoxide. *Bull Korean Fish Soc* 20:569-572

Lee JS, Lee KA, Ju YC, Lim GJ, Lee JS. 2004. A study on the recognition and the ways of consuming mushrooms by elementary and middle school students and school dietitian. *Korean J Food Culture* 19:259-266

Lee SR, Shin HS. 2004. The newest food chemistry. Shinkwang pub., Seoul, Korea. pp. 156

Lim YI. 2007. Changes in the contents of carotenoids and cis/trans β-carotenes of fresh and cooked spinach in food-service operations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:117-123

Manzi P, Marconi S, Aguzzi A, Pizzoferrato L. 2004. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem* 84:201-206

Mizuno M, Morimoto M, Minato K, Tsuchida H. 1998. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 62:434-437

Moradali MF, Mostafavi H, Ghods S, Hedjaroude GA. 2007. Immunomodulating and anticancer agents in the realm of macromycetes fungi (macrofungi). *Int Immunopharmacol* 7: 701-724

Mus JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int* 35:519-526

Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2:1205-1211

Noroozi M, Angerson WJ, Lean MEJ. 1998. Effects of flavonoids and vitamin C on oxidative DNA damage to human lymphocytes. *Am J Clin Nutr* 67:1210-1218

Pellegrini N, Chiavaro E, Gardana C, Mazzeo T, Contino D, Gallo M, Riso P, Fogliano V, Porrini M. 2010. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. *J Agric Food Chem* 58:4310-4321

Sahlin E, Savage GP, Lister CE. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *J Food Compos Anal* 17:635-647

Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175:184-191

Sultana B, Anwar F, Iqbal S. 2008. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *Int J Food Sci Technol* 43:560-567

Trukmen N, Sari F, Velioglu S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93:713-718

Yang JH, Lin HC, Mau JL. 2002. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *Food Chem* 77:229-235

Yu GJ, Lee CB. 2013. Protective effect of vitamin C against genomic DNA damage caused by genotoxicants. *Journal of Life Science* 23:963-969

Zhu CY, Loft S. 2001. Effects of Brussel sprouts extracts on hydrogen peroxide-induced DNA strand breaks in human lymphocytes. *Food Chem Toxicol* 39:1191-1197

Received 1 December, 2014
Revised 31 December, 2014
Accepted 5 January, 2015