

버섯 첨가가 압출성형 대체육의 품질 특성에 미치는 영향

조선영¹ · 류기형^{1,*}

¹공주대학교 식품공학과, 식품 및 사료 압출성형 센터

Effects of mushroom composition on the quality characteristics of extruded meat analog

Sun Young Cho¹ and Gi-Hyung Ryu^{1,*}

¹Department of Food Science and Technology, Food and Feed Extrusion Research Center, Kongju National University

Abstract This study was conducted to investigate the effects of mushroom composition (0, 4, 8, and 12%) on the quality characteristics of an extruded meat analog. The meat analog blend was isolated soy protein, wheat gluten, and corn starch (50:40:10). The extrusion condition was set to 55% feed moisture, 170°C barrel temperature, and 150 screw speed by high moisture extrusion using a twin-screw extruder equipped with a cooling die. The integrity index, hardness, cohesiveness, springiness, chewiness, and cutting strength of the meat analog increased with the increasing mushroom content, while its water holding capacity and nitrogen solubility index (NSI) decreased. The protein digestibility decreased with the increasing mushroom content, while the DPPH radical scavenging activity significantly increased. In conclusion, the incorporation of mushrooms into the investigated meat analog enhanced its texture and antioxidant level.

Keywords: extruded meat analog, high moisture extrusion, mushroom, texturization

서 론

현대인의 식생활 수준 향상으로 건강에 대한 소비자의 관심이 증가하면서 식품 소비 패턴이 점차 저지방 가공육, 저지방 유제품 등으로 건강 기능성화 되고 있다(Hong 등, 1988a). 이에 기존의 육류의 맛과 기능을 지니고 있으면서 고단백, 저지방에 비교적 저렴한 대두 단백질 재료들로 구성된 식물성 대체육은 주로 조직대두 단백질과 밀 글루텐, 소량의 전분, 채소 등으로 만든 순식물성 제품이며, 생리활성 기능성이 높은 대두 제품에 대한 시장 수요가 해마다 증가하는 것은 세계적인 추세이다(Cho와 Ryu, 2017).

기존의 육제품의 건강 기능성을 향상시키기 위한 첨가소재의 하나로 사용되어온 버섯은 자연식품, 저칼로리, 무공해 식품이다(Hong 등, 1988). 버섯은 진핵생물의 분류 중 하나인 균계에 속하며, 보통 담자균과 대형 자낭균으로 의학적 효능을 지녀 예로부터 약재로 사용되기도 하였으며 식재료로써 널리 그 효능과 맛을 인정받아 왔다(Dey 등, 2008). 버섯은 저지방과 높은 식이섬유의 함유로 고지방 식단의 밸런스를 조절하는 기능적 소재이며 양질의 단백질뿐만 아니라 탄수화물과 비타민, 특유의 향미와 조미성분을 함유하고 있다(Manzi 등, 2001; Refai 등, 2014). Refai 등(2014)의 연구에서 우유페이에 건조 버섯 분말 8%를 첨가하였을 때 기존의 무첨가 우유보다 향미 면에서 소비자 기호도를 향상시켰다는 보고가 있다. 또한, 버섯에 함유된 베타글루

칸은 보리나 귀리에 함유된 베타글루칸에서 찾을 수 없는 면역 향상 기능을 지니고 있다(Bohn와 BeMiller, 1995; Moradali 등, 2007).

첨가소재로써 버섯은 식품의 단백질 상호작용을 증진시키며 특히, 느타리버섯은 다른 버섯류보다 다양하고 풍부한 폴리페놀 화합물을 함유하여 강한 항산화능을 지닌다(Jung 등, 1996). 버섯류 중 가장 널리 재배되는 느타리버섯은 자실체의 균사 조직이 치밀하여 육질감이 뛰어나고 각종 아미노산이 다량 함유되어(Yeob 등, 2016; Jo, 2012), Lee (2019)의 연구에서 노랑느타리버섯 분말 함량의 증가에 따라 크립스프의 아미노산 함량이 증가하였다고 보고한 바 있다. 또한, 버섯에 있는 수용성 식이섬유는 겔화를 통해 조직화 작용을 촉진하는 기능도 지닌다(Refai 등, 2014). 식육 가공 제품의 결합제로도 사용되고 있는 식이섬유는 수분과 지방을 흡수 또는 흡착하는 성질 있으며 이로 인해서 수분과 지방과의 결합력을 높여주어 가열수율과 조직감을 향상시킬 수 있다고 하였다(Choi 등, 2015).

식물성 콩 단백질에 부족한 영양소와 풍미를 보완하기 위해 첨가된 참치튀김(Cho와 Ryu, 2017)이나 닭고기(Mgard 등, 1985), 돼지고기(Liu 등, 2005)와 같은 동물성 부원료는 대체육의 조직감을 감소시켰으나, 녹차를 첨가한 Ma와 Ryu (2019)의 연구에서는 녹차 첨가량이 증가할수록 폴리페놀과 단백질의 상호작용에 의해 경도와 섬유질 조직화가 증가하였다. 현재, 양송이버섯을 첨가한 식물성 대체육(Ahirwar 등, 2015)의 경도와 관능평가 및 조직감에 대한 연구가 수행되었으나 이는 열만을 가한 단순 대두 반죽으로서, 열, 압력과 전단력을 이용한 압출성형 대체육에 버섯을 첨가한 이화학적 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 대체육의 조직감 및 품질 개선을 위하여 우수한 부원료인 버섯 첨가가 압출성형 대체육의 품질특성에 미치는 영향에 대하여 살펴보고자 한다.

*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Food and Feed Extrusion Research Center, Kongju National University, Yesan, Chungnam 32439, Korea
Tel: +82-10-8880-0906
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr
Received May 27, 2020; revised June 24, 2020;
accepted July 22, 2020

재료 및 방법

재료

본 실험은 원료로 분리대두단백(Solae Co., St. Louis, Missouri, USA), 밀 글루텐(Roquette Freres, Lestrem, France), 옥수수 전분(CJ, Ansan, Korea), 느타리버섯 분말(Ingreen, Pocheon, Korea)을 사용하였다.

분석시약은 난하이드린(ninhydrin, Duksan Chemical Co., Ansan, Korea), 에틸렌글리콜(ethylene glycol, Daejung Chemical Co., Goryeong, Korea), 아세트산(acetic acid, Daejung Chemical Co.), 아세트산나트륨(sodium acetate, Duksan Chemical Co.), 염화제일 주석(stannous chloride II, Kokusan Chemical Co., Kitasaiwai Nishi-ku, Japan)을 구입하여 사용하였다.

압출성형 공정

본 실험에 사용된 압출성형기는 실험용 동방향 쌍축압출성형기(THK31T, Incheon Machiney Co. Incheon, Korea)로 스크루 직경은 30.0 mm, 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이었고, 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 사출구는 직사각형 형태로 가로 50 cm, 세로 7 cm의 크기를 지닌 냉각 사출구를 사용하였으며 단면은 Fig. 2와 같다. 대체육의 원료는 분리대두단백 50%, 글루텐 40%, 옥수수 전분 10%를 섞은 것을 기본배합(base)으로 하여 기본배합 100%, 기본배합 96%에 버섯분말 4%, 기본배합 92%에 버섯분말 8%, 기본배합 88%에 버섯분말 12%인 총 네 개의 시료를 실온에서 수작업으로 혼합하여 사용하였다.

압출성형 공정은 수분함량 55%, 스크루 속도 150 rpm, 바렐 온도를 170°C로 하여 냉각 사출구를 통해 20°C로 사출하였으며, 용융물의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

압출성형한 시료는 4°C의 냉장고(FR-S690FXB, Klasse Auto Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 비닐 팩에 보관하였으며 가로 1.5 cm, 세로 1.5 cm, 높이 1 cm의 크기로 잘라 물리적 특성을 측정하였다. 또한, 동결건조한 시료를 가정용 분쇄기(FM-909T, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 50-70 mesh의 분말을 시료로 화학적 특성을 측정하였다.

조직감 분석

압출성형 대체육 시료의 조직감 분석(texture profile analysis)을 위해 사용된 Texture analyzer는 Sun Rheo-meter (Compac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)로 Samard 등(2019)의 분석 방법에 따라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 각 10회씩 측정하여 평균값을 산출하였다. 측정 조건은 probe angle type (65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동 속도 100 mm/min, 지지대간의 거리 1.5 cm였다.

조직잔사지수

압출성형 대체육 시료의 조직 정도를 평가하기 위해서 조직잔사지수(integrity index)를 Han 등(1989)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 5 g에 100 mL의 증류수를 섞은 후 80°C의 water bath에서 30분간 침지, 복원시킨 후 121°C로 15분간 가압·가열하여 흐르는 물에 냉각시켰다. 냉각된 시료에 증류수를 부어 100 mL로 정용하고 homogenizer로 17530×g으로 1분간 균질화시킨 후 20 mash의 체로 걸러내었다. 잔사는 흐르는 물로 30초간 씻어낸 후 105°C에서 3시간 건조 후 건물량의 무게를 시료의 무게로 나눠주어 다음 식(1)에 따라 산출하였다.

$$\text{Integrity index (\%)} = \frac{\text{Dry residue wt.}}{\text{Sample wt.}} \times 100 \quad (1)$$

보수력

압출성형 대체육 시료의 수분 보유능력을 측정하기 위하여 보수력(water holding capacity)을 다음과 같이 측정하였다(Lin 등, 2002). 건조된 시료 5 g에 100 mL의 증류수를 섞은 후 50°C의 water bath에 12시간 동안 침지, 복원시키고 20 mesh체에 걸러서 5분 동안 수분을 배출시켰다. 수분이 빠진 시료의 무게를 재고 다음 식(2)에 따라 산출하였다.

$$\text{Water holding capacity} = \frac{\text{Wet sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (2)$$

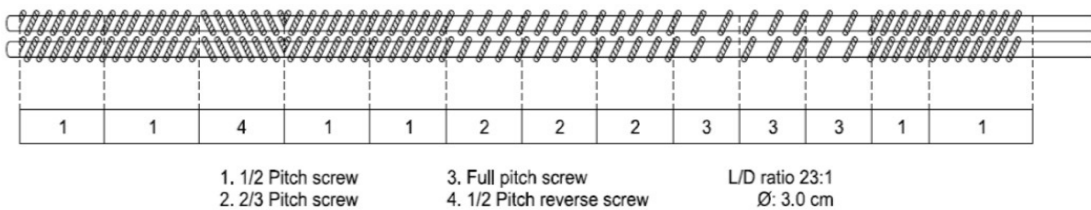


Fig. 1. Screw configuration used in the experiment (Model THK 31T).

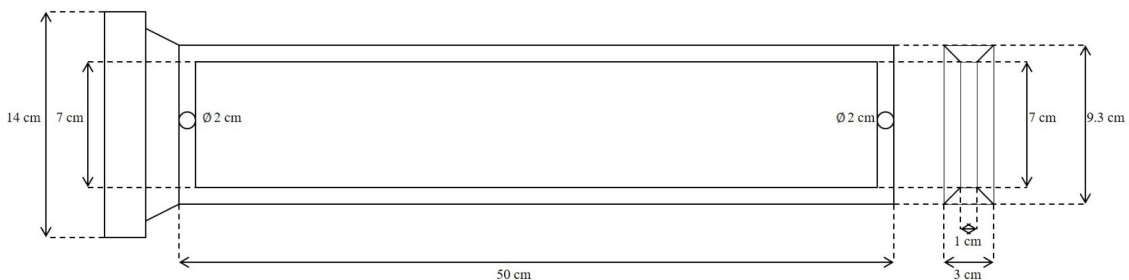


Fig. 2. Schematic diagram of long slit cooling die configurations.

수용성 질소지수

압출성형 대체육 시료의 수용성 질소지수(nitrogen solubility index, NSI)의 실험은 Capritar 등(2010)의 방법을 응용하여 사용하였다. 시료 1.5 g을 0.5%의 KOH 용액 75 mL에 넣고 30°C의 Shaker (SI-300R, Jeiotech, Seoul, Korea)에 1.29×g으로 교반하였다. 그 중 50 mL를 취하여 1,818×g에서 20분 동안 원심분리한 후 0.5 mL의 상등액을 최종적으로 취하여 Ninhydrin (Starcher, 2011) 방법으로 수용성 질소함량(soluble nitrogen content)을 측정하였다. 총 질소함량 값은 시료 1.5 g을 6 N의 염산 100°C에 24시간 동안 완전히 가수분해하여 75 mL의 증류수에 녹인 후 상등액 0.5 mL를 취하여 Ninhydrin (Starcher, 2011) 방법으로 측정하여 다음 식(3)에 대입하였다.

$$NSI (\%) = \frac{\text{Soluble nitrogen content}}{\text{Total nitrogen content in sample}} \times 100 \quad (3)$$

단백질 소화율

압출성형 대체육의 단백질 소화율 실험(protein digestion index)은 Mertz 등(1984)의 방법을 사용하였다. 총 단백질 함량은 시료 0.2 g을 취하여 Ninhydrin (Starcher, 2011) 방법으로 측정하였다. 소화되지 않은 단백질의 값은 시료 0.2 g을 0.084 N의 염산을 가한 pepsin 용액에 넣고 37°C의 온도에서 1.61×g으로 교반한 후 2 M의 NaOH 용액 2 mL를 가하여 1,818×g으로 원심 분리하였다. 상등액을 제거 후 잔사에 0.1 M의 potassium phosphate buffer를 넣어 원심분리 하는 작업을 두 번 반복하였고 남은 잔사를 30°C의 드라이 오븐에 넣고 완전히 건조 시킨 후 잔사의 질소 함량을 Ninhydrin (Starcher, 2011) 방법으로 측정하여 다음 식(4)에 대입하였다.

$$\text{Protein digestibility (\%)} = \frac{\text{Total protein content} - \text{Undigested protein content}}{\text{Total protein}} \times 100 \quad (4)$$

DPPH 라디칼 소거 활성

압출성형 대체육의 DPPH 라디칼 소거활성(DPPH radical scavenging activity) 실험은 Brand-Williams 등(1995)의 방법을 사용하였다. 시료 1 g을 PBS 시약 10 mL에 넣고 2시간 동안 추출한 후 1818×g으로 30분 동안 원심 분리하였다. 그 중 상등액 0.1 mL를 취하여 methanol에 녹인 DPPH 시약 3.9 mL에 넣고 실온의 암실에서 30분 동안 반응시킨 후 분광광도계 515 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 공시험도 역시 같은 방법으로 시행하고 산출된 흡광도를 이용하여 다음 식(5)에 대입하였다.

$$\text{DPPH Radical scavenging activity (\%)} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100 \quad (5)$$

A₀: Absorbance of the blank
A₁: Absorbance of the sample

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS (version 23.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 유의적 차이가 있는 항목에 대해서 p<0.05 수준에서 그 결과를 Duncan's multiple range test 로 검정하였다.

결과 및 고찰

조직감

버섯의 첨가가 압출성형 대체육 시료의 조직화에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 측정된 조직감 분석 값은 Table 1에 나타내었다. 경도(hardness)와 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 절단강도(cutting strength) 모두 버섯 첨가함량이 4%에서 12%로 증가할수록 값이 증가하는 패턴을 나타내었다. 이는 버섯의 첨가로 압출성형 대체육의 조직화가 촉진되어 내부 결합력이 강화된 결과이다. 또한, 이는 대체육에 녹차 첨가함량을 0, 5, 10, 15로 달리하였을 때, 녹차 첨가함량이 증가할수록 경도와 절단강도가 모두 유의적 증가를 보였다는 Ma와 Ryu (2019)의 보고와도 일치하였다. 반면에, 동물성 부원료인 참치 부산물을 첨가한 Cho와 Ryu (2017)의 대체육 연구에서는 참치 첨가함량이 증가할수록 경도와 응집성, 탄성, 씹힘성이 모두 감소하는 경향을 보였다. 이는 조직을 연화시키는 동물성 부원료과는 달리, 식물성 부원료인 버섯에 함유된 식이섬유와 다양한 폴리페놀 화합물은 조직화를 촉진하고 단백질과의 상호작용에 의해 대체육의 결합력과 견고성을 증대시키는 것으로 생각된다(Ma와 Ryu, 2019; Refai 등, 2014; Kim 등, 2003).

압출성형 대체육 시료의 조직감을 실험결과와 총체적으로 비교, 분석하기 위하여 촬영한 조직구조 사진은 Fig. 3에 나타내었다. 버섯 첨가함량 0%인 (A)는 모양이 일정하지 않은 섬유상 구조를 이루고 있다. 버섯 첨가함량 4%인 (B)에서는 섬유상 조직의 유의적 증가가 두드러지며, 8%인 (C)에서는 섬유상 조직의 증가뿐만 아니라 일정한 방향으로 힘을 가했을 때 조직 간의 결합 정도가 증가하였음을 볼 수 있다. 12%인 (D)에서는 섬유상 구조층이 일정하고 서로 단단하게 결합되어 뚜렷한 나선형 모양을 이루고 있다. 이는 조직감 분석의 연구 결과와 같이 버섯의 첨가함량이 증가할수록 압출성형 대체육의 결합력이 증가하여 내부의 층구조가 견고해지고 섬유상 조직이 향상되었음을 확인할 수 있다. 또한, 이는 Samard 등(2019)의 연구에서 압출성형 대체육에 글루텐을 첨가하였을 때 대체육의 섬유상 구조가 유의적으로 증가하였다고 보고한 바, 버섯에 함유된 섬유질뿐만 아니라 버섯의 단백질이 대체육의 이황화 결합을 증가시켰다고 생각된다.

조직잔사지수와 수용성 질소지수

조직잔사지수는 수화시킨 압출성형 시료의 조직화 정도를 나타내주는 인자 중 하나로, 압출 시 전단력에 의해 형성된 내부결

Table 1. Texture profile analysis and cutting strength of extruded meat analog with mushroom.

Mushroom contents (%)	Hardness (g/cm ²)	Springiness (%)	Coheisiveness (%)	Chewiness (g)	Cutting strength (g/cm ²)
0	2214.01±0.91 ^{d1)2)}	99.43±0.93 ^d	79.06±1.15 ^d	2227.82±0.08 ^d	465.02±1.95 ^d
4	2980.47±0.56 ^c	99.25±0.40 ^c	86.81±0.63 ^c	2436.02±0.90 ^c	551.62±1.31 ^c
8	3314.89±1.31 ^b	99.77±0.82 ^b	88.06±0.71 ^b	2461.86±0.93 ^b	624.04±1.24 ^b
12	3879.04±1.07 ^a	100.82±0.91 ^a	90.56±0.62 ^a	3206.95±1.24 ^a	705.56±0.39 ^a

¹⁾The values are presented as means±standard deviation.

²⁾Different letters within a column indicate statistically significant differences by Duncan's multiple range test.

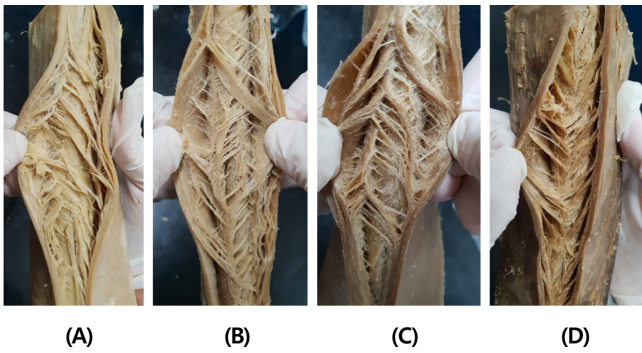


Fig. 3. Digital photographs of meat analogue with mushroom under different mushroom contents (A) 0% (B) 4% (C) 8% (D) 12%.

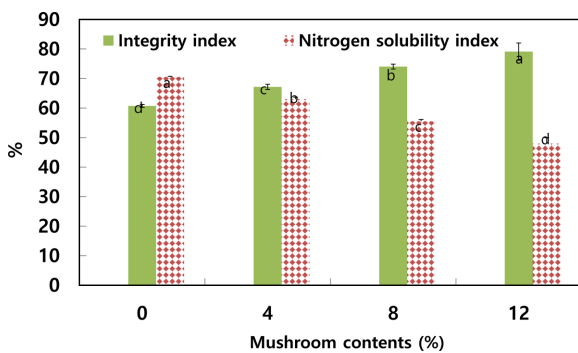


Fig. 4. Integrity index and nitrogen solubility index of extruded meat analog with mushroom. ^{a-d}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

합의 정도를 측정하는 방법이다(Ning과 Villota, 1994). 버섯 첨가 압출성형 대체육 시료의 조직잔사지수는 기본배합 시료가 60.73%, 버섯 첨가 함량이 4, 8, 12%일때, 조직잔사지수가 각각 67.12, 74.02, 79.12%로 첨가 함량이 증가할수록 값도 증가하였다(Fig. 4) 조직감 분석에서 버섯의 첨가로 조직감 요인인 응집성(cohesiveness)과 경도(hardness)가 증가한 것으로 볼 때, 버섯의 첨가가 조직 내부결합력을 강화시켜 조직잔사지수가 증가한 것으로 생각된다.

압출성형 대체육의 수용성 질소지수는 대조군인 0% 시료가 70.54±0.50%이며, 버섯 첨가 함량이 4, 8, 12%일때, 수용성 질소 지수가 각각 63.03, 55.53, 47.98%로 버섯 첨가 함량이 증가할수록 값이 감소하였다(Fig 4). 이는 버섯 첨가함량이 높을수록 값이 증가하는 조직잔사지수와 달리, 압출성형 시료의 조직이 분산되는 정도가 감소할수록 물에 용해되는 단백질의 농도도 감소하여 수용성 질소지수가 감소된 것으로 생각된다. 이는 대체육에 녹차 첨가함량이 높을수록 낮은 수용성 질소지수를 나타낸 Ma와 Ryu (2019)의 연구 결과와도 일치하였다.

보수력

보수력은 조직잔사지수와 함께 수화시킨 압출성형 시료의 조직화 특성을 나타내주는 인자 중 하나로, 유입되는 수분이 육단백질에 결합되는 정도에 따라 그 품질이 결정된다(Ning과 Villota, 1994).

보수력은 0%에서 312.09±0.93%로 가장 높은 값을 나타내었고, 버섯 첨가 함량이 4, 8, 12%일때, 보수력이 각각 297.87,

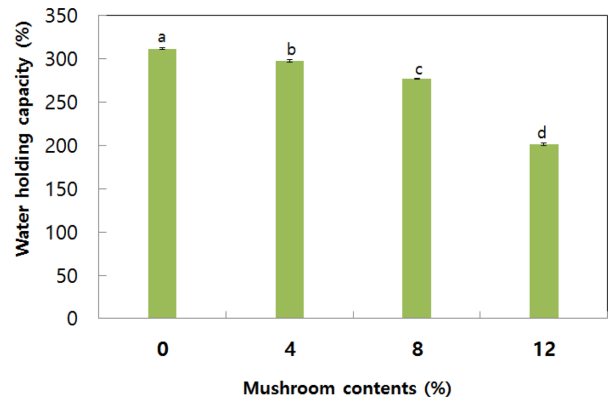


Fig. 5. Water holding capacity of extruded meat analog with mushroom. Different letters indicate statistically significant differences among groups ($p < 0.05$).

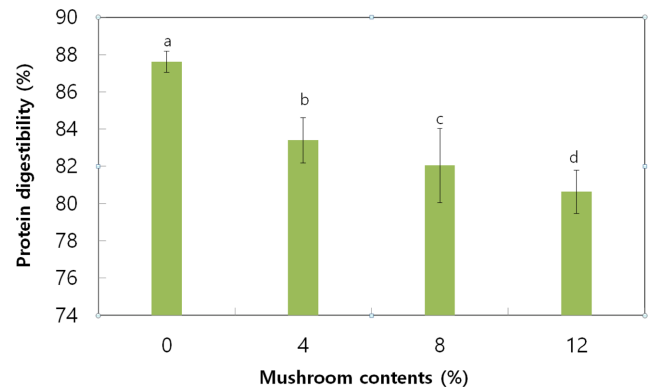


Fig. 6. Protein digestibility of extruded meat analog with mushroom. Different letters indicate statistically significant differences among groups ($p < 0.05$).

277.09, 201.30%로 버섯 첨가함량이 증가할수록 낮은 값을 보여 조직잔사지수(Fig. 5)와 상반된 패턴을 나타내었다. 이는 녹차 첨가함량의 증가에 따라 조직잔사지수는 증가하고 보수력 값은 감소하는 경향을 보인 Ma와 Ryu (2019)의 연구 결과와 일치하였다. 보수력은 주로 대체육 섬유 조직층의 조밀성에 영향을 받는데, 버섯 첨가함량이 높을수록 견고성과 응집성이 증가하여 수분의 보유 공간이 감소하기 때문에 보수력 값이 감소하는 패턴을 나타낸 것으로 생각된다(Lin 등, 2002).

단백질 소화율

단백질 소화율은 인체에서 배설되지 않고 흡수되는 단백질량을 측정하는 실험으로 영양연구의 기초자료 및 원료의 영양학적 가치를 결정하는데 매우 필수적인 자료가 된다(Yoo와 Bai, 2014).

압출성형 대체육의 단백질 소화율은 기본배합 시료가 87.62±0.57%로 가장 높았고, 버섯 첨가 함량이 4, 8, 12%일때, 단백질 소화율이 각각 83.40, 82.04, 80.63%로 버섯 첨가함량이 증가할수록 다소 낮은 값을 나타내었다(Fig. 6). 이는 버섯 첨가함량이 높을수록 낮은 수치를 보인 수용성 질소의 패턴과 거의 일치하며, 동물성 부원료인 참치 부산물 첨가함량의 증가에 따라 수용성 질소지수 및 단백질 소화율이 감소한 Cho와 Ryu (2017)의 보고와도 일치하였다. 이로써 수용성 질소는 인체에 대부분 흡수되는 아미노산이며, 버섯 첨가함량 12%에서 단백질 소화율 값인 80.63±1.16%로, Cho와 Ryu (2017)가 보고한 참치 부산물 15% 첨

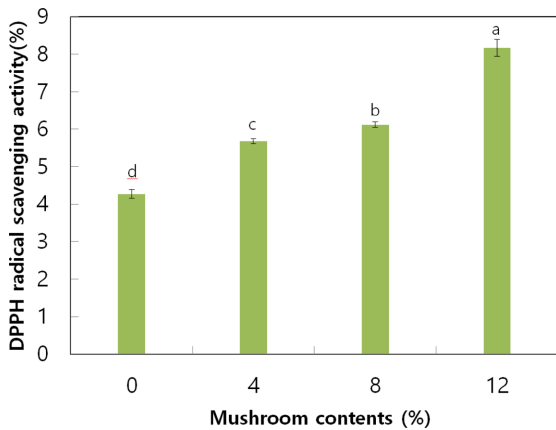


Fig. 7. DPPH radical scavenging activity of extruded meat analog with mushroom. Different letters indicate statistically significant differences among groups ($p < 0.05$).

가 시료의 단백질 소화율 값 $81.34 \pm 0.23\%$ 와 유사한 수치를 나타내어 동물성 부원료와 비교할 때 유의적 차이가 없었다.

DPPH radical 소거활성

DPPH radical 소거 활성은 세포의 산화적 손상의 원인인 프리 라디칼을 제거하고 항염 작용 등을 하는 페놀류 화합물과 같은 항산화 물질을 검출하는 방법으로 널리 활용된다(Yeob 등, 2016). 압출성형 대체육 시료의 DPPH radical 소거 활성의 값은 Fig. 7에 나타내었다. DPPH radical 소거 활성 값은 0%에서 $4.31 \pm 0.12\%$ 로 가장 낮은 값을 나타내었고, 버섯 첨가 함량이 4, 8, 12% 일때, DPPH radical 소거 활성 값은 각각 5.68, 6.12, 8.17%로 버섯 첨가함량이 증가할수록 유의적인 증가를 보였다. 이는 노랑느 타리버섯 분말함량이 증가할수록 크립스프의 항산화능이 유의적으로 증가하였다는 Lee (2019)의 보고와, 새송이버섯 첨가함량이 증가할수록 쿠키의 항산화능이 증가하였다는 Kim 등(2010)의 보고와도 일치하여 버섯에 함유되어있는 다양한 폴리페놀 화합물이 강한 항산화능을 나타낸 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 조직감 및 기능성 면에서 우수한 식물성 대체육의 제조를 위하여 부원료로 버섯을 첨가한 압출성형 대체육의 품질 특성에 대하여 살펴보았다. 대체육의 원료는 분리대두단백 50%, 글루텐 40%, 옥수수 전분 10%를 섞은 것을 기본배합(base)으로 하였다. 버섯 첨가함량을 기본배합 대비 0, 4, 8, 12%로 한 총 네 개의 시료를 수분함량 55%, 스크루 속도 150 rpm, 바렐 온도를 170°C로 하여 냉각 사출구를 통해 20°C로 사출하였다. 압출성형 후 물리적 특성으로 경도, 탄성, 응집성, 씹힘성과 절단 강도, 조직잔사지수, 보수력을 측정하였고, 화학적 특성으로 수용성 질소 지수, 단백질 소화율과 DPPH 라디칼 소거활성을 측정하였다. 버섯 첨가함량이 증가함에 따라 경도, 탄성, 응집성, 씹힘성과 절단 강도가 모두 증가하였으며, 조직잔사지수 역시 증가하였다. 반면에, 버섯 첨가함량이 증가할수록 보수력과 수용성 질소지수는 감소하였으며, 단백질 소화율도 다소 감소하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 버섯 첨가함량의 증가에 따라 유의적인 증가를 나타내었다. 압출성형 대체육에 버섯의 첨가는 대체육의 조직감을 개선하고 항산화 기능성을 부여하는 유효한 공정임을 확인하였다.

References

Ahirwar R, Jayathilakan K, Jalarama Reddy K, Pandey MC, Batra HV. Development of mushroom and wheat gluten based meat analogue by using response surface method ology. *Int. J. Adv. Res.* 3: 923-930 (2015)

Bohn JA, BeMiller JN. D-glucans as biological response modifiers: A review of structure-functional activity relationships. *Carbohydr. Polym.* 28: 3-14 (1995)

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)

Capritar R, Caprita A, Cretescu I. Protein solubility as quality index for processed soybean. *J. Ani. Sci. Biotechnol.* 43: 375-378 (2010)

Cho SY, Ryu GH. Effects on quality characteristics of extruded meat analog by addition of tuna sawdust. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 465-472 (2017)

Choi YS, Jeon KH, Park JD, Sung JM, Seo DH, Ku SK, Oh NS, Kim YB. Comparison of pork patty quality characteristics with various binding agents. *Korean J. Food Cook. Sci.* 31: 588-595 (2015)

Dey RC, Nasiruddin KM, Haque MS, Al Munsur MAZ. Production of oyster mushroom on different substrates using cylindrical block system. *Progress. Agric.* 19: 7-12 (2008)

Han O, Lee SH, Lee HY, Oh SL, Lee CH. The effects of screw speeds and moisture contents on soy protein under texturization using a single-screw extruder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 772-779 (1989)

Hong JS, Lee KR, Kim YH, Kim DH, Kim MK, Kim YS, Yeo KY. Volatile flavor compounds of Korean Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 606-612 (1988)

Jo EK. Physiological and antioxidant activities of subcritical water extracts from gold oyster mushroom(*Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*). MS Thesis. Kyungnam University, Changwon, Korea (2012)

Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Ha HC. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 464-469 (1996)

Kim YJ, Jung IK, Kwak EJ. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *pleurotus eryngii* Powder. *Korea J. Food Sci. Technol.* 42: 183-189 (2010)

Kim SY, Son MH, Ha JU, Lee SC. Preparation and characterization of fried surimi gel containing king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 855-858 (2003)

Lee YR. Quality characteristics of cream soup containing different concentration of *pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* powder. MS thesis. Konkuk University. Seoul, Korea (2019)

Lin S, Huff HE, Hsieh F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *J. Food Sci.* 67: 1066-1072 (2002)

Liu SX, Peng M, Tu S, Li H, Cai L, Yu X. Development of a new meat analog through twin-screw extrusion of defatted soy flour-lean pork blend. *Food Sci. Tech. Int.* 11: 463-470 (2005)

Ma XL, Ryu GH. Effects of green tea contents on the quality and antioxidant properties of textured vegetable protein by extrusion-cooking. *Food Sci. Biotechnol.* 28: 67-74 (2019)

Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem.* 73: 321-325 (2001)

Mertz ET, Hassen MM, Carins-Whittem C, Kirleis AW, Tu L, Axtell JD. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 1-2 (1984)

Mgard D, Kitabatake N, Cheftel JC. Continuous restructuring of mechanically deboned chicken meat by HTST extrusion-cooking. *J. Food Sci.* 50: 1364-1369 (1985)

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

Ning L, Villota R. Influence of 7S and 11S globulins on the extrusion performance of soy protein concentrates. *J. Food Proc. Preserv.* 18: 421-436 (1994)

Refai AE, Zeiny AR, Rabo EA. Quality attributes of mushroom-beef

- patties as a functional meat product. *J. Hygien. Engineer. Design.* 49-62 (2014)
- Samard S, Gu BY, Ryu GH. Effects of extrusion types, screw speed and addition of wheat gluten on physicochemical characteristics and cooking stability of meat analogues. *J. Sci. Food Agri.* 11: 4922-4931 (2019)
- Starcher B. A ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal. Biochem.* 292: 125-129 (2011)
- Yeob SJ, Park HU, Kang SM, Han JG, Lee KH, Cho JH. Phenolic contents and physiological properties of *pleurotus ostreatus* by drying method and 30% fermented ethanol extraction for different periods. *Korean Soc. Mush. Sci.* 14: 215-219 (2016)
- Yoo GY, Bai SC. Effects of different dietary protein sources on apparent digestibility and growth in juvenile river puffer *takifugu obscurus*. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* 47: 383-389 (2014)