



Research Article

Biological activity of *Polyozellus multiplex* extracts and physicochemical and sensory quality characteristics of *yanggaeng* with its extract powder

까치버섯(*Polyozellus multiplex*) 추출물의 생리활성과 이를 첨가한 양갱의 이화학적 및 관능적 품질 특성

Dong-Ha Jeon¹, Eun-Ho Lee¹, Hye-Jin Park¹, Gi-Un Cho¹, Myung-Uk Kim², Seung-Yeol Lee³,
 Byong-Oh Kim¹, Young-Je Cho^{1*}

전동하¹ · 이은호¹ · 박혜진¹ · 조기운¹ · 김명욱² · 이승열³ · 김병오¹ · 조영제^{1*}

¹School of Food Science & Biotechnology/Research Institute of Tailored Food Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Marine Industry Research Institute for East Sea Rim, Uljin 38541, Korea

³School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹경북대학교 식품공학부/특수식품연구소, ²환동해산업연구원 영덕로하스수산식품지원센터,

³경북대학교 응용생명과학부



OPEN ACCESS

Citation: Jeon DH, Lee EH, Park HJ, Cho GU, Kim MU, Lee SY, Kim BO, Cho YJ. Biological activity of *Polyozellus multiplex* extracts and physicochemical and sensory quality characteristics of *yanggaeng* with its extract powder. Korean J Food Preserv, 29(7), 1105-1119 (2022)

Received: May 25, 2022
Revised: October 16, 2022
Accepted: October 17, 2022

***Corresponding author**
 Young-Je Cho
 Tel: +82-53-950-7755
 E-mail: yjcho@knu.ac.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract Total phenol content (TPC) of *Polyozellus multiplex* was the highest at 97.22±0.91 mg/g when extracted with 70% ethanol. ABTS radical cation decolorization of both water and 70% ethanol extract samples was greater than 95.00%. The TBARS inhibition activity of *P. multiplex* extracted with 70% ethanol was higher than that of water extract samples and anti-oxidation activity was identified as 80% or more at 50-200 µg/mL TPC concentration. The α-glucosidase inhibitory activity of *P. multiplex* showed above 85.0% in both water and 70% ethanol extracts at 150 µg/mL phenolics. Hyaluronidase inhibitory activity was 46.28% and 27.52% in the water and 70% ethanol extracts at 200 µg/mL TPC concentration, respectively. The white and red *yanggaeng* color values of L, a, and b were all changed with the added extracted powder. Rheological analysis of hardness, springiness, and chewiness, demonstrated decreases as the extracted powder content increased. However, as the added extracted powder increased, cohesiveness was not affected. As a result of the sensory test, it was determined that for white and red *yanggaeng*, the addition of 0.5% (white) and 1.0% or less (red) of the extracted powder is appropriate, respectively. Considering the intrinsic color of *P. multiplex* powder extracts, it is thought that it may be desirable to manufacture it based on red *yanggaeng*. Therefore, it was thought that can be expected biological activities of *yanggaeng* prepared with *P. multiplex* extracted powder.

Keywords anti-oxidant, anti-diabetes, anti-inflammation, anti-gout, *Polyozellus multiplex*

1. 서론

급변하는 사회변화와 복잡한 산업구조 속에 살고 있는 오늘날의 현대인들은, 바쁜 생활 속에서 운동 부족과 과도한 스트레스 및 영양의 불균형 섭취 등의 요인에 의해서 건강 악화와 각종 성인병, 만성질환 등에 쉽게 노출될 수가 있다. 최근 우리나라의 경제 수준이 높아지면서 건강에 대한 관심이 커지고 있으며, 이와 더불어 건강을 유지시켜주는 healthy food에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한, 기능성 식품을 제조할 수 있는 식품 소재에 함유된 생리활성 성분과 이들의 다양한 생리기능에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 기존의 식품원료로 먹어왔던 소재 중에서 주변에서 쉽게 구할 수 있을 뿐 아니라 아직 생리기능이 많이 연구되지 않은 천연 약용자원을 이용하여 각종 질병의 예방과 치료에 효과가 있는 유효성분을 탐색하려는 시도가 많이 이루어지고 있다(Chae 등, 2004). 식물에 존재하는 생리활성 물질은 주로 페놀성 화합물이 주요 역할을 담당하며, 이들 페놀성 화합물들은 수용성인 플라보노이드류와 단순 페놀류, 페놀산, 페닐프로파노이드류, 페놀성 퀴논류들로서, 항균, 항알레르기, 항산화, 항종양, 항암, 충치 예방, 고혈압 예방, 심장질환 및 당뇨병 예방 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Azuma 등, 1999; Ham 등, 1997; Hatono 등, 1991; Huang 등, 1992).

활성산소(oxygen free radical)는 세포의 에너지 대사 과정 중 생성되며, 인체 내에 항산화 방어기작의 균형을 잃으면 생체 내의 세포와 조직을 공격하고 다양한 염증성 질환과 노화의 원인이 된다(Cho 등, 2008; Li 등, 2000). 최근 식물에 함유되어 있는 생리활성 물질에 대한 관심이 높아지면서 국내·외적으로 이러한 생리활성 물질을 함유한 신소재 식물을 소재로 한 안전하고 효능이 우수한 천연 항산화제에 대한 관심이 고조되고 있으며(Branen, 1975; Choe와 Yang, 1982), 다양한 약용작물 소재의 천연물에 대해서 노화 억제, 생체방어, 질병 예방 등 다양한 생리활성 작용에 대하여 연구되고 있다(Cho 등, 2008; Shim 등, 2005).

까치버섯(*Polyozellus multiplex*)은 식용버섯으로 알려져 있으며(Park과 Lee, 1999), 알려진 효능으로는 항균, 항종양, 지질과산화 저해활성 및 항치매 효과 등이 보고되고 있으며(Hwang 등, 1997), 버섯재배 중 발생하는 2차 대사산물

인 esgost-4,6,8,22-tetraen-3-one, polyozellin, p-anisic acid, p-hydroxy benzoic acid, 4-methoxy-6-methyl-2H-pyran-2-oen 성분이 분리 동정되어 보고되고 있다(Han, 2009).

우리나라의 전통 음식 중 하나인 양갱은 색과 향이 다채롭고 부드러운 식감을 가지고 있어서 예로부터 잔치 음식이나 후식으로 이용되어 왔으며, 현대에도 에너지를 보충할 수 있는 기호 식품으로 이용되면서 수요가 증가하는 추세이다(Pyo와 Joo, 2011). 최근 다양한 기능성을 가지는 부재료를 첨가한 기능성 양갱 제품에 대한 연구들이 많이 진행되고 있으나(Lee 등, 2021), 아직 까치버섯을 이용한 양갱 제품 개발에 대한 연구는 전무한 실정이다. 양갱의 경우, 첨가되는 부재료에 따라 화학적 성질이나 물리적 성질이 변화할 수 있으며, 이는 가공 공정뿐만 아니라, 유통 단계에 있어서도 품질에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에(Pyun 등, 1978) 이에 대한 연구는 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 국내에 자생하는 까치버섯으로부터 추출한 phenolic compounds를 이용하여 항산화 효과, 항당뇨, 항통풍, 항염증 등의 기능성 식품 활성을 측정 한 후 식품에 접목하기 위해 양갱에 첨가하여 고부가가치 기능성 소재로서의 활용 가능성을 살펴보고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에서 사용된 까치버섯(*Polyozellus multiplex*)은 2016년도에 강원도 양양에서 채취하여 시판 중인 자연산 까치버섯을 구매하여 이물질 제거 후 45℃ dry oven(FO-600M, Jeiotech, Daejeon, Korea)에서 건조시키고, 분쇄기(RT-08, Rong Tsong Precision Technology, Taichung, Taiwan)를 이용하여 40 mesh 크기로 분쇄하여 분말 상태로 4℃ 냉장고에서 저장하며 시료로 사용하였다.

2.2. 추출물 제조

건강기능식품 활성평가를 위한 시료 추출물은 열수 추출물에 까치버섯 분말 1 g을 증류수 200 mL에 침지하여 추출물이 100 mL가 될 때까지 가열한 후 냉각시켜 24시간 동안 교반 추출하였으며, ethanol 추출물은 까치버섯 분말

1 g에 100 mL의 ethanol을 농도별(10-100%)로 가하여 24시간 동안 실온에서 교반 추출하였다. 각 추출물은 filter paper(No. 1, Whatman, Buckinghamshire, UK)로 여과한 후 필요에 따라 rotary vacuum evaporator(Eyela NE, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 후 total phenolic content(TPC) 농도를 조절하여 시료로 사용하였다. 양갱 제조를 위한 추출건조물은 1 g을 100 mL의 70% ethanol을 가하여 24시간 동안 실온에서 교반 추출하여 여과하고, 여과한 추출물의 ethanol을 rotary vacuum evaporator로 모두 휘발시킨 후 total volume을 증류수로 맞추어 동결건조(freeze dryer, FD8518, Ilshinbiobase, Yangju, Korea)하여 시료로 사용하였다.

2.3. Total phenol content (TPC) 측정

각 추출물의 TPC는 Folin과 Denis(1912)의 방법에 준하여 측정하였으며, 시료 추출물 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 5 mL를 첨가하고, 1 N Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 넣어 잘 섞어 5분간 방치한 후 5% Na₂CO₃ 1 mL를 가하였다. UV-visible spectrophotometer (Optizen 3220UV Mecasys, Daejeon, Korea)로 725 nm에서 1시간 이내에 흡광도를 측정하였으며, 이를 gallic acid를 이용한 표준 곡선으로부터 양을 환산하였다.

2.4. 항산화 효과 측정

2,2-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거효과 측정은 Fellegrini 등(1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 7 mM ABTS 5 mL와 140 mM K₂S₂O₈ 88 μ L를 혼합하여 암실에서 14-16시간 반응시켜 radical을 생성시킨 후, 이를 absolute ethanol과 약 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도값이 0.7 ± 0.02 가 되도록 조절한 ABTS solution을 사용하였다. 시료 50 μ L와 ABTS solution 1 mL를 혼합하여 30초간 vortex한 후 1분 30초간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거 효과(%)는 $(1 - \text{샘플 흡광도} / \text{대조구 흡광도}) \times 100$ 로 계산하였다. Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 저해효과 측정은 Burge와 Aust(1978)의 방법에 준하여 측정하였다. 1% linoleic

acid와 1% Tween 40으로 emulsion을 제조하고, 시료 0.2 mL에 emulsion 0.8 mL를 혼합한 후 50°C water bath에서 10시간 이상 반응시켰다. 반응 후 반응액 1 mL에 TBA reagent 4 mL를 가하고 15분간 증탕한 다음 10분간 냉각시키며, 15분간 2,000 rpm으로 원심분리하였다. 원심분리한 반응액을 실온에서 10분간 방치한 후 상층액을 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하여 저해율(%)은 $(1 - \text{샘플 흡광도} / \text{대조구 흡광도}) \times 100$ 로 계산하였다.

2.5. 항당뇨 효과 측정

2.5.1. α -Glucosidase 저해효과

α -Glucosidase 저해효과 측정은 Tibbot과 Skadsen (1996)의 방법에 준하여 측정하였다. 50 mM sodium succinate buffer(pH 4.2)에 p -nitrophenol- α -D-glucopyranoside(PNPG)를 용해시켜 1 mg/mL 농도로 기질을 만들고, 기질 1 mL와 효소액 0.1 mL를 혼합하여 반응구에는 시료 0.1 mL를 넣고, 대조구에는 시료 대신 증류수 0.1 mL를 넣어 37°C에서 30분간 반응시킨 후 발색시약 1 N NaOH 0.1 mL를 첨가하였고, 흡광도 470 nm에서 저해율(%)은 $(1 - \text{샘플의 } p\text{-nitrophenol content} / \text{대조구의 } p\text{-nitrophenol content}) \times 100$ 로 계산하였다.

2.5.2. α -Amylase 저해효과

α -Amylase 저해효과 측정은 agar diffusion 방법 (Davidson, 1989)에 준하여 측정하였다. Plate는 5 g의 agar와 5 g의 soluble starch를 증류수에 녹여 끓인 후, 121°C로 15분간 멸균하고 15 mL씩 petri dish에 부어 굳혀서 사용하였다. 제작한 plate에 지름 10 mm disc paper를 올린 후 시료액 0.8 mL와 효소액 0.2 mL(1,000 U/mL)를 혼합해 disc paper에 각각 분주하고, 대조구에는 시료액 대신 증류수를 넣어 37°C에서 3일간 배양한 후 I₂/KI solution(5 mM I₂ in 3% KI) 5 mL를 가하여 15분간 염색시킨 후 저해율(%)은 $(1 - \text{샘플 area} / \text{대조구 area}) \times 100$ 로 계산하였다.

2.6. 항염증 효과 측정

Hyaluronidase(HAase) 저해효과 측정은 Tolksdort 등

(1949)의 방법에 준하여 측정하였다. 2 mM sodium phosphate buffer(pH 6.9)에 녹인 HAase(100 U/mL) 0.5 mL를 혼합하여 38°C에서 5분간 반응시키고, 0.3 M phosphate buffer(pH 5.3)에 녹인 기질(5 mg/mL) 0.5 mL를 넣어 다시 38°C에서 45분간 반응시켰다. 반응 후, 0.24 M acetate buffer(pH 3.75)에 녹인 알부민 용액 5 mL를 첨가한 후 5분간 방치한 후 600 nm에서 투과도를 측정하여 저해율(%)은 $(1 - \text{샘플 투과도} / \text{대조구 투과도}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.7. 통풍 억제효과 측정

Xanthin oxidase(XOase) 저해효과 측정은 Stirpe 등 (1969)의 방법에 준하여 측정하였다. 반응구는 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.5)에 녹인 기질액 2 mM xanthine 3 mL에 효소액(0.05 U/0.1 mL) 0.1 mL와 시료 0.3 mL를 넣고, 대조구에는 시료 대신 증류수를 0.3 mL 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시키고, 반응종료 시 약으로 20% TCA 1 mL를 가한 후 혼합액을 원심분리하여 단백질을 제거하고, 생성된 uric acid를 흡광도 292 nm에서 측정하여 표준 곡선으로부터 양을 환산하여 저해율(%)은 $(1 - \text{샘플의 uric acid content} / \text{대조구의 uric acid content}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.8. 까치버섯 추출건조물을 첨가한 양갱의 제조

까치버섯 추출건조물을 첨가한 양갱은 Kim 등(2014)의 방법에 준하여 백양갱과 적양갱 두 가지 종류로 제조하였다. 양갱에 첨가되는 까치버섯 추출건조물의 첨가비율은 양갱 대비 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 정하였다. 까치버섯의 추출

건조물을 첨가한 양갱의 제조방법은 Table 1의 재료 배합 비율과 같이 먼저 한천을 20분간 물에 불리고 85°C에서 가열하여 녹인 후, 소금, 까치버섯 추출건조물(양갱대비 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%)을 넣고 녹인 다음, 올리고당과 양금을 넣고 약한 불에 5분간 가열시킨 양갱을 틀에 부어 실온에서 굳힌 후 4°C에서 15시간 냉장시키고, 실온에서 1시간 동안 방치시킨 뒤 실험에 사용하였다. 백양갱과 적양갱을 제조 후 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 일정한 크기(15 mm×15 mm×10 mm)로 절단하여 실험에 사용하였다.

2.9. 까치버섯 추출건조물을 첨가한 양갱의 품질 평가

2.9.1. 양갱의 색도 측정

양갱의 색도는 색차계(JP/CR-300 series, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였고, 각 처리군당 6개의 시료를 사용하여 평균값으로 나타내었다. 색차(total color difference, ΔE)는 $([(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2})$ 으로 계산하였다.

2.9.2. 양갱의 기계적 조직감 측정

양갱의 기계적 조직감은 rheometer(Compac-100, Sun Science Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였고, 측정 시 사용조건은 test type은 texture, sample height는 10 mm, sample width는 15 mm, adaptor type은 circle, adaptor area(diameter)는 5 mm, table speed는 120 mm/min으로 설정하였다.

Table 1. Formulas for preparation of yanggaeng with different contents of *Polyozellus multiplex* extract powder (unit: g)

Ingredients	Control	Content (% w/w)			
		0.5	1.0	1.5	2.0
Bean paste	100	99.5	99	98.5	98
Extracted powder from <i>Polyozellus multiplex</i>	0	0.5	1	1.5	2
Oligosaccharide	10	10	10	10	10
Agar powder	2	2	2	2	2
Salt	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Water	70	70	70	70	70

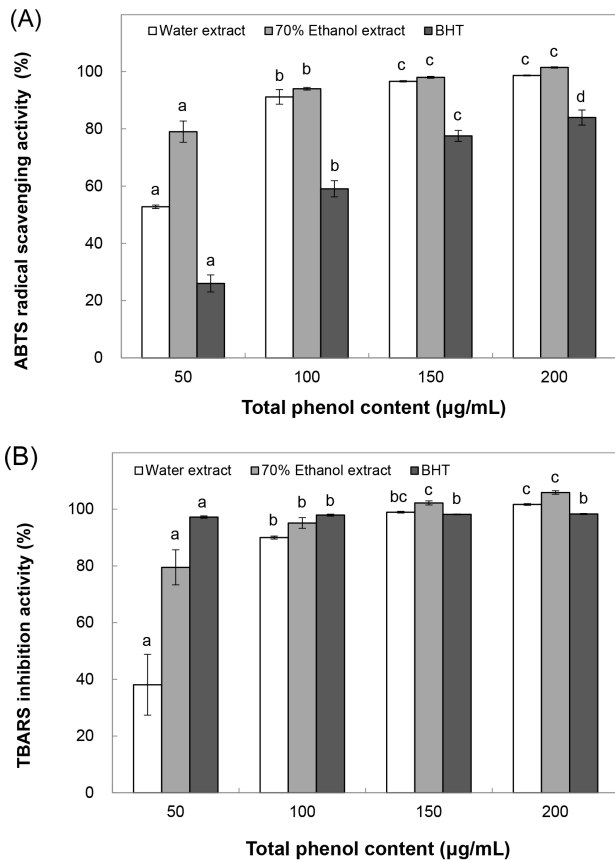


Fig. 1. ABTS radical scavenging activity (A) and thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) inhibitory activity (B) of *Polyozellus multiplex* extracts. The positive control concentration was used as the dry weight content ($\mu\text{g/mL}$). Mean \pm standard deviation ($n=3$). Means with different letters (a-d) above bars are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range tests.

2.9.3. 양갱의 pH, 당도 및 수분활성도 측정

까치버섯 양갱 1 g에 10배의 증류수를 가하여 25분 동안 40°C 에서 sonication(Powersonic 420, Hawsin, Gwangju, Korea)을 시켜준 다음, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상층액을 취하여 pH meter(Orion 3-Star, Thermo, Beverly, MA, USA)로 pH를 3회 반복 측정하였으며, 당도는 0-53% 범위의 디지털 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 양갱의 수분활성도는 water activity meter(Labmaster-aw, Novasina AG, Pakistan, Switzerland)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다.

2.10. 까치버섯 추출건조물을 첨가한 양갱의 관능적 기호도 평가

까치버섯 추출건조물을 첨가한 양갱의 관능평가는 냉장 보관된 양갱을 실온에서 일정한 크기($15\text{ mm}\times 15\text{ mm}\times 10\text{ mm}$)로 절단하여 식품공학전공 학부생 20명을 대상으로 관능적 기호도 평가를 실시하였다. 평가항목은 맛, 향, 점성, 경도, 씹힘성, 탄력성, 전체적 기호도로 분류하였으며, 5점 척도법(1점, 매우 싫다; 2점, 약간 싫다; 3점, 좋지도 싫지도 않다; 4점, 약간 좋다; 5점, 매우 좋다)을 사용하여 평가하였다. 본 관능평가는 경북대학교 생명윤리심의위원회(IRB)의 심의를 통해 승인(IRB 승인번호: KNU-2021-0265)을 받은 후 진행하였다.

2.11. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 평균 \pm 표준편차 (mean \pm SD)로 표시하였고, 자료의 통계처리는 IBM SPSS statistics 22 for windows(IBM Corp., Armonk, New York, NY, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료 간 유의차를 $p<0.05$ 수준으로 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 까치버섯 추출물의 TPC와 항산화 효과

까치버섯의 생리활성을 검증하기 위한 추출 수율을 확인하기 위해 비교적 안전한 용매인 물과 70% ethanol 이용하여 TPC를 측정하였다. 그 결과는 Table 2와 같이 열수 추출물은 $23.45\pm 0.48\text{ mg GAE/g}$ 으로 나타났고, 70% ethanol 추출물에서는 $97.22\pm 0.91\text{ mg GAE/g}$ 으로 매우 높게 나타났다. 이상의 결과와 같이, 동일한 원료에서 유래된 추출물이지만 추출 용매와 추출 조건에 따라 용출되는 phenolic compounds의 수율이 다를 수 있음을 확인하였으며, 이

Table 2. Total phenol content in *Polyozellus multiplex* extracts

Extracts type	Total phenol content (mg GAE/g)
Water extract	23.45 ± 0.48
70% Ethanol extract	97.22 ± 0.91

러한 결과가 생리활성에 영향을 미칠 것으로 판단하여 이후 실험에서는 TPC 농도를 동일하게 조절하여 시료로 사용하였다.

ABTS radical 소거능은 ABTS와 potassium persulfate의 반응으로 생성된 ABTS free radical이 추출물의 항산화 성분에 의해 제거되면서 radical의 청록색이 무색으로 탈색되는 원리를 이용한 항산화 활성 측정법으로 소수성과 친수성 모두 적용할 수 있다(Han 등, 2015; Hwang 등, 2013). ABTS radical 소거능을 측정한 결과 Fig. 1(A)에서와 같이 까치버섯 추출물은 50-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도에서 열수 및 70% ethanol 추출물에서 모두 positive control인 BHT보다 높은 항산화력을 나타내었다. 열수 및 70% ethanol 추출물 50-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도에서 각각 52.77-98.65%, 79.01-100.00%가 나타났고, 70% ethanol 추출물 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도에서는 98.65%의 매우 우수한 항산화력을 나타내었으며, 특히 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 저농도에서도 대조구인 BHT보다 높은 효과가 있음을 알 수 있었다. Lee 등(2013)은 생약재의 ABTS radical 소거능 측정 시 생약재 열수 추출물인 단삼, 황금, 상황버섯, 작약 추출물을 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도 처리 시 각각 54.0, 46.3, 42.8, 32.8%의 ABTS radical 소거효과가 나타났다고 보고하여 본 연구결과와 비교하였을 때 까치버섯 추출물의 ABTS radical 소거효과가 매우 우수함을 확인할 수 있었다.

TBARS는 불포화 지방산을 함유한 지질이 산화되어 지질과산화물인 malondialdehyde(MDA)와, thiobarbituric acid (TBA)가 반응하여 생성되는 붉은 색소를 비색 정량하여 지질 손상의 지표로 널리 이용되고 있다(Park 등, 2011; Park 등, 2017). TBARS 저해효과를 측정한 결과, Fig. 1(B)에서와 같이 열수 추출물과 70% ethanol 추출물의 경우 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도에서 각각 98.93, 100.00%의 항산화력이 나타났고, positive control로 사용한 BHT의 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도의 98.17%보다 모두 높은 항산화력을 나타내는 것으로 확인되었다. Lee 등(2014)이 청미래덩굴 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 열수 및 70% ethanol 추출물의 TBARS 저해율을 측정한 결과, 각각 63.2, 82.2%의 저해효과가 나타났다고 보고한 것과 비교하였을 때, 까치버섯 추출물의 TBARS 저해효과가 더 우수한 것을 확인할 수 있었다. 특히 70% ethanol 추출물이 positive control인 BHT 및 열수 추출물에 비해

훨씬 우수한 항산화 효과를 나타내었다. 이상의 결과를 통해 까치버섯 추출물은 수용성 및 지용성 물질에 대한 항산화력이 모두 뛰어난 효능을 나타내는 것을 확인하였으며, 추출물에 함유된 TPC의 농도 의존적으로 항산화 효능이 증가하는 것을 입증할 수 있었다.

3.2. 까치버섯 추출물의 항당뇨 효과

3.2.1. α -Glucosidase 저해효과

소장에 존재하는 α -glucosidase는 이당류의 소화효소로, 섭취된 다당류는 α -amylase에 의해 이당류로 분해되고, 분해된 이당류는 α -glucosidase에 의해 단당류로 분해되며 체내로 흡수된다. 이때 α -glucosidase를 억제하면 이당류가 단당류로 분해되는 것을 막아 소장에 있는 용털의 흡수를 지연시켜 식사 후 혈당의 급격한 증가를 막아준다(Lee 등, 2014). 까치버섯의 α -glucosidase 저해 효과를 측정한 결과는 Fig. 2에서와 같이 50-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도의 모든 농도 구간 열수 및 70% ethanol 추출물에서 각각 54.24-91.76%, 74.35-95.18%의 매우 높은 저해효과가 확인되었다. Lee 등(2003)의 연구 결과에 따르면, 복분자 열매의 열수 및 ethanol 추출물은 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 모두 20%의 α -glucosidase 저해가 나타났었다고 보고하였다. 따라서 까치버섯 열수 및 70% ethanol 추출물의 α -glucosidase 저해효과가 매우 우수한 것으로 확인되

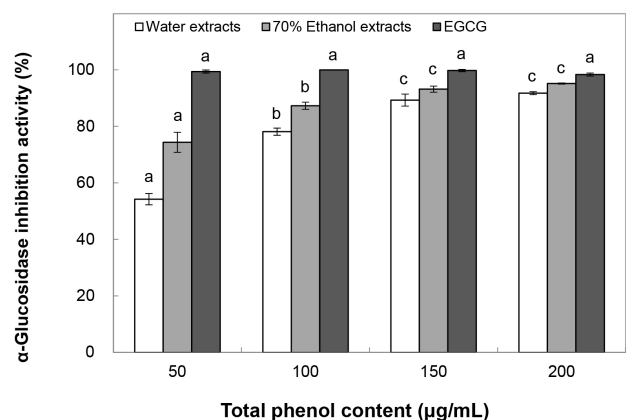


Fig. 2. α -Glucosidase inhibitory activity of *Polyozellus multiplex* extracts. The positive control concentration was used as the dry weight content ($\mu\text{g}/\text{mL}$). Mean \pm standard deviation (n=3). Means with different letters (a-c) above bars are significantly different at $p < 0.05$ by a Duncan's multiple range tests (a, lowest content level. c, highest content level).

었다. 혈당조절효소의 저해효과를 위한 기능성 소재로 활용하기에 까치버섯 열수 및 70% ethanol 추출물 모두 효과적이라 판단되었다.

3.2.2. α-Amylase 저해효과

α-Amylase 저해제는 소장에서 전분을 가수분해하여 glucose를 생성하는 액화효소인 α-amylase를 저해하여 전분의 분해를 감소시키고, glucose의 흡수를 지연시켜 혈

당을 조절하는 목적으로 이용된다(Kim 등, 2014). 이러한 원리를 이용하여 agar diffusion 방법으로 pancreatin α-amylase 저해효과를 측정한 결과는 Table 3 및 Fig. 3과 같이 나타내었다. 그 결과, 까치버섯 70% ethanol 추출물의 경우 처리 농도가 높아질수록 효능이 증가하는 양상을 나타내었으며, 매우 높은 농도의 800 μg/mL TPC 농도로 처리하였을 때 38.84% 저해 효과를 나타내었다. 반면, 까치버섯 열수 추출물에서는 효능이 나타나지 않았다. Lim 등(2010)

Table 3. α-Amylase inhibitory activity of *Polyozellus multiplex* extracts

Extracts type	Inhibitory activity (%)			
	Phenolics content (μg/mL)			
	100	200	400	800
Water extract	- ¹⁾	-	-	-
70% Ethanol extract	10.74±2.48 ^{2)a3)}	24.79±3.79 ^b	32.23±3.79 ^c	38.84±1.43 ^d
Acarbose ⁴⁾	6.72±2.52 ^a	22.69±3.85 ^b	45.38±1.46 ^c	63.87±5.25 ^d

¹⁾None.

²⁾Mean±standard deviation (n=3).

^{3)a-d} Means with different letters in the same raw are significantly different at p(0.05 by a Duncan's multiple range tests (a, lowest content level, d, highest content level).

⁴⁾The positive control concentration was used as the dry weight content (μg/mL).

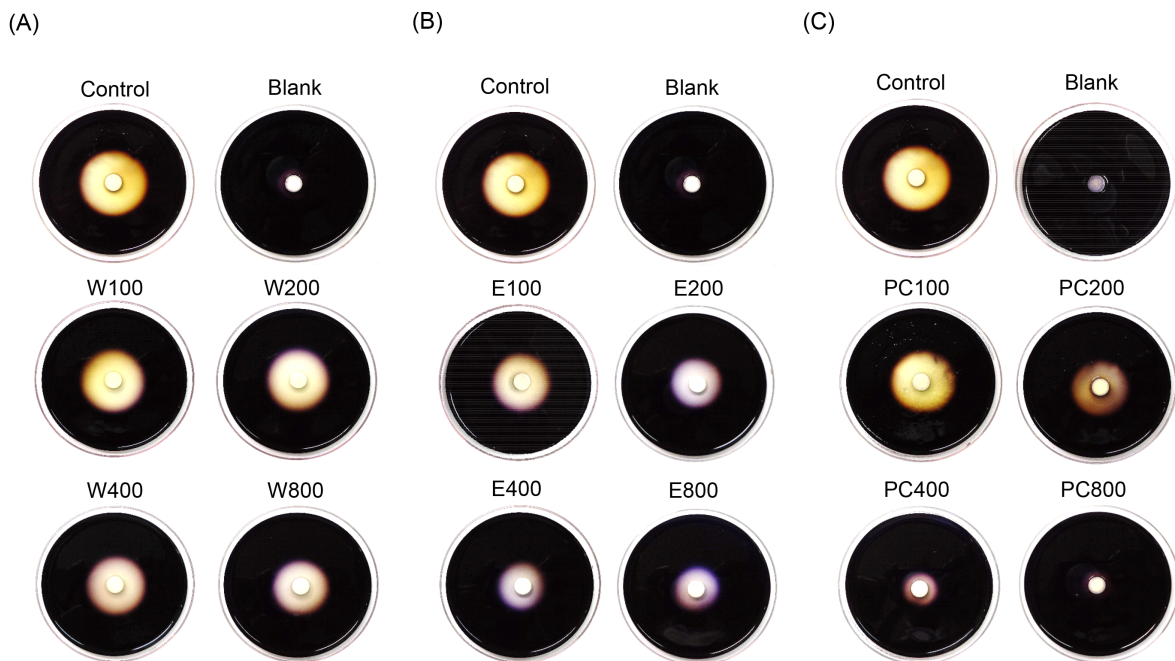


Fig. 3. α-Amylase inhibitory activity of *Polyozellus multiplex* extracts by disc method. (A) water extract, (B) ethanol extract, (C) acarbose as positive control.

은 오갈피나무 속 식물의 α -amylase 저해효과를 측정된 결과 섬오갈피나무, 오가나무, 오갈피나무 추출물에서 10,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도 처리 시 각각 19.97%, 6.97%, 4.79%의 저해율을 나타냈다고 보고하여, 까치버섯 70% ethanol 추출물의 α -amylase 저해효과가 다소 우수한 것으로 판단되었다. 또한 positive control로 정제물 acarbose를 사용하여 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도로 처리하였을 때 45.38%의 저해효과를 나타낸 것과 비교하였을 때, 혼합물인 70% ethanol 추출물의 α -amylase 저해효과는 매우 우수한 것으로 사료되었다.

3.3. 항염증 효과

Hyaluronic acid(HA)는 glucuronic acid와 N-acetylglucosamine이 반복해서 연결된 점액성 고분자 다당류로, 진피층의 섬유아세포에서 생성되어 표피 및 진피의 주요 구성세포의 세포 간 matrix의 역할을 한다. Hyaluronidase(HAase)는 고분자 HA의 glucuronic acid와 N-acetylglucosamine의 $\beta(1\rightarrow4)$ 결합을 가수분해하는 효소로 HAase의 저해에 의해 HA는 고분자 형태를 유지하게 되며, 고분자 HA는 염증형성에 있어서 중요한 macrophage의 phagocytic ability를 저해하기 때문에 항염증 효과를 기대할 수 있다(Lee 등, 2003). 까치버섯 추출물의 HAase 저해효과를 측정된 결과, Fig. 4에서와 같이 까치버섯의 열

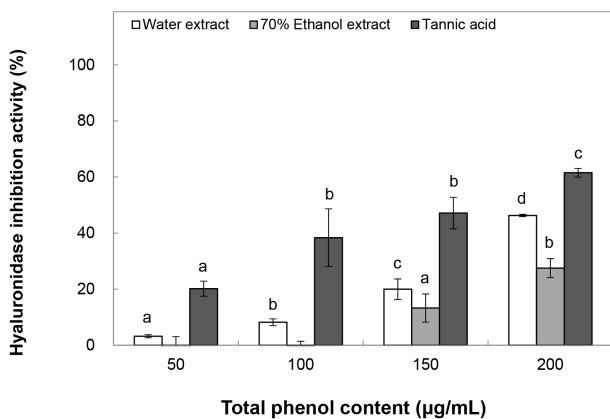


Fig. 4. Hyaluronidase inhibitory activity of *Polyozellus multiplex* extracts. The positive control concentration was used as the dry weight content ($\mu\text{g}/\text{mL}$). Mean \pm standard deviation (n=3). Means with different letters (a-d) above bars are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range tests (a, lowest content level. d, highest content level).

수 및 70% ethanol 추출물 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도 처리 시 각각 46.28, 27.52%의 저해율이 나타났으며, 열수 추출물의 경우 농도 의존적으로 저해효과가 증가하였다. 이러한 결과를 통해 까치버섯 열수 추출물이 항염증 효과를 가지는 기능성 소재로 활용 가능할 것으로 기대되었다.

3.4. 통풍 억제효과

통풍은 혈장 속 요산(uric acid)이 체외로 빠져나가지 못해 관절에 축적되면 심한 통증을 유발하는 염증성 질환이며, xanthin oxidase(XOase)는 purine 대사 시 xanthine을 기질로 하여 purine을 요산으로 전환시키는 역할을 한다(Kwon 등, 2012; Zanabaatar 등, 2010). 까치버섯 추출물의 XOase 저해효과 측정 결과, Fig. 5에서와 같이 까치버섯 열수 추출물은 고농도의 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$ TPC 농도에서 41.11%의 저해율을 나타냈으며, 70% ethanol 추출물 또한 동일 농도에서 76.79%의 우수한 저해율을 나타냈다. 이상의 연구 결과들을 종합하면, 까치버섯 추출물로부터의 항산화, 항당뇨, 통풍 억제 및 항염증 등의 우수한 생리활성을 확인할 수 있었으며, 이러한 생리활성을 식품에 적용하여 기능성 식품의 제조에 활용될 수 있을 것으로 기대되었으며, 특히 혈당조절 효능은 70% ethanol 추출물을, 항염증 효능은 열수 추출물을 사용하는 것이 더 효과적인 것으로 사료되었다.

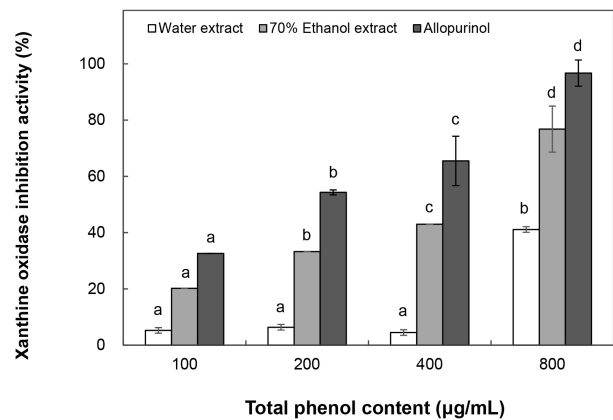


Fig. 5. Xanthine oxidase inhibitory activity of *Polyozellus multiplex* extracts. The positive control concentration was used as the dry weight content ($\mu\text{g}/\text{mL}$). Mean \pm standard deviation (n=3). Means with different letters (a-d) above bars are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range tests (a, lowest content level. d, highest content level).

3.5. 까치버섯 추출물이 첨가된 양갱의 이화학적 특성

3.5.1. 양갱의 색도

항산화력을 비롯하여 혈당조절기능과 항염증 효능이 있는 까치버섯 추출물의 효과를 알아보았고, 이러한 결과를 바탕으로 식품으로서 활용성을 평가하기 위해 양갱을 제조하여 실험하였다(Fig. 6). 양갱은 까치버섯 고유의 검정색을 고려하여 까치버섯 추출 건조물(0.5-2.0%)을 첨가하여 백양금과 적양금을 베이스로 두 종류로 제조하였다(Han과 Chung, 2013). 양갱의 색도 측정 결과는 Table 4와 같이, 명도를 나타내는 L값은 백양갱은 51.52, 적양갱은 29.61로 대조군이 가장 높았다. 백양금 및 적양금 베이스의 까

치버섯 추출건조물 첨가군의 농도가 0.5-2.0%로 증가함에 따라 각각 30.34-23.73, 26.61-22.99의 범위로 대조군보다 낮게 나타났다. 이는 까치버섯 추출건조물 자체가 가지는 고유한 색상인 검정색이 반영되어 첨가 농도가 증가할수록 L값이 유의적으로 감소해 명도가 낮아지는 것으로 예상된다.

a값은 양의 값을 가질 경우 적색도를 나타내고, 음의 값을 가질 경우 녹색도를 의미하는데(Jeong 등, 2018), 백양금의 경우 대조군은 -0.52로 나타났으며, 까치버섯 추출분말의 함량이 0.5-2.0%로 증가함에 따라 a값은 -1.98에서 -0.48로 유의적으로 증가하는 양상을 나타내었다. 이는 까

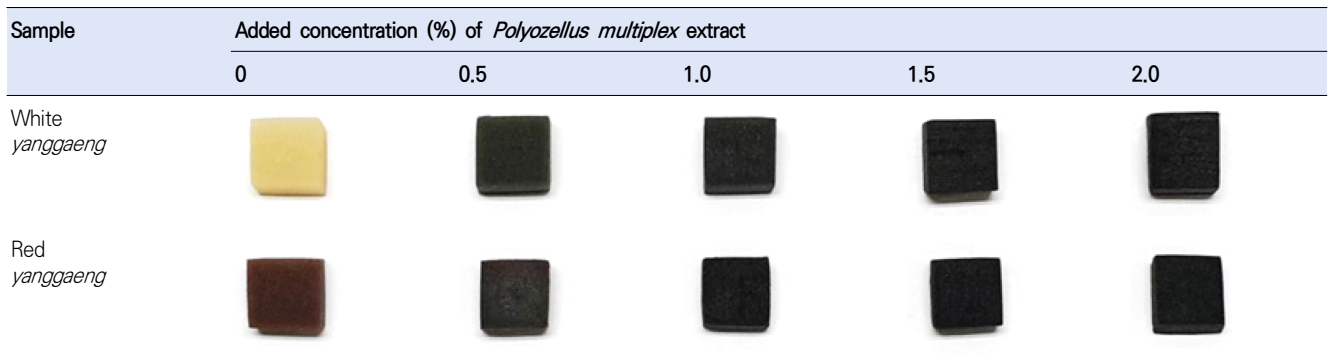


Fig. 6. White and red yanggaeng with different contents of Polyozellus multiplex extract powder.

Table 4. Color value of yanggaeng with different contents of Polyozellus multiplex extract powder

	Extracts content (%)	Color value ¹⁾			
		L	a	b	ΔE
White yanggaeng	Control	51.52±0.24 ^{2)e3)}	-0.52±0.04 ^d	6.39±0.09 ^d	0
	0.5	30.34±0.42 ^d	-1.98±0.08 ^a	2.83±0.24 ^c	21.53
	1.0	27.02±0.26 ^c	-1.19±0.07 ^b	1.71±0.14 ^b	24.96
	1.5	24.77±0.33 ^b	-0.67±0.06 ^c	1.46±0.23 ^a	27.21
	2.0	23.73±0.47 ^a	-0.48±0.13 ^d	1.31±0.14 ^a	28.25
Red yanggaeng	Control	29.61±0.39 ^d	5.70±0.09 ^a	5.36±0.15 ^c	0
	0.5	26.61±0.27 ^c	1.12±0.07 ^d	2.63±0.28 ^b	6.13
	1.0	23.77±0.30 ^b	0.01±0.09 ^c	1.69±0.10 ^a	8.95
	1.5	23.87±0.37 ^b	-0.16±0.13 ^b	1.54±0.18 ^a	9.06
	2.0	22.99±0.54 ^a	-0.30±0.09 ^a	1.48±0.22 ^a	9.74

¹⁾L-value, degree of lightness (+100=white, 0=black); a-value, degree of redness (+100=red, -80=green); b-value, degree of yellowness (+70=yellow, -70=blue); ΔE, overall color difference.

²⁾Mean±SD.

^{3)a-e}Values with different alphabet in the column were significantly different among group at p<0.05 level by a Duncan's multiple range test.

치버섯 추출건조물의 함유량이 증가할수록 녹색에서 적색에 가깝게 변화하는 것으로 예측할 수 있었다. 반면, 적양금 베이스의 경우, 대조군의 a값은 5.70으로 가장 높게 나타났으며, 까치버섯 추출분말의 함량이 0.5-2.0%로 증가함에 따라 a값은 1.12에서 -0.30으로 유의적으로 감소하는 양상을 나타내었다. 이는 적양금이 가지는 적색이 까치버섯 추출분말의 첨가로 인해 농도 의존적으로 녹색으로 변화하는 것으로 예측할 수 있었다.

b값은 양의 값을 가질 경우 황색도를 나타내고, 음의 값을 가질 경우 청색도를 각각 의미하는데(Jeong 등, 2018), 백양금 및 적양금 대조군의 경우 각각 6.39, 5.36을 나타내었다. 까치버섯 추출건조물 첨가군의 농도가 증가할수록 백양갱, 적양갱 모두 b값이 2.83-1.32, 2.63-1.48로 낮아지는 경향으로 나타났다. 이상의 결과를 종합해보면 까치버섯 고유의 검정색 분말이 L값, a값, b값 모두에 영향을 주는 것으로 판단되었으며, 양갱 제조에 첨가되는 부재료의 특성에 따라 각기 다른 색도 특성을 나타낼 수 있을 것이라 판단되었다.

3.5.2. 양갱의 기계적 조직감

까치버섯 추출 건조물(0.5-2.0%)을 첨가하여 제조한 양갱의 기계적 조직감을 측정된 결과, Table 5와 같이 정도

는 백양갱 대조군이 7,460.50 g/cm²로 가장 높았고, 농도 의존적으로 6,999-3,779.83 g/cm²로 경도가 낮아지는 것으로 나타났다. 이 결과는 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 증가하여 한천에 의한 응고력이 감소한 결과로 사료된다. 적양갱의 정도도 0.5-2.0% 첨가군에서 5,028.50-3,321.17 g/cm²로, 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 정도는 낮아지는 것으로 나타났다. 탄력성은 백양갱의 대조군이 322.85%로 가장 높았으며, 백양갱은 314.14-268.94%의 범위로 나타났고 적양갱은 282.16-180.88%의 범위로 나타나, 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 증가할수록 탄력성이 떨어지는 것으로 나타났다. 응집성은 백양갱 대조구가 47.80%이었고, 적양갱 대조구가 71.29%이었으며, 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-1.5% 첨가군이 61.75-60.02%로 나타났으며, 2.0%에서 64.86%로 가장 높았지만 첨가군 간의 유의적인 차이는 나타내지 않았다(p>0.05). 적양갱 까치버섯 추출건조물의 1.5% 첨가군이 66.22%로 가장 높았지만 0.5-2.0% 첨가군 간의 유의적 차이를 나타내지 않았다. 씹힘성은 백양갱 및 적양갱의 대조군이 각각 250.74, 143.10 g이었고, 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 144.84 g으로 가장 높게 나타났다. 이는 적양갱 대조군과 비슷한 범위를 나타내었다. 백양갱 까치버섯 추출건조물 첨가군이 144.84-76.29 g으로 나타났으며, 적양갱 까치버섯 첨

Table 5. Texture characteristics of yanggaeng with different contents of *Polyozellus multiplex* extract powder

	Extracts content (%)	Texture			
		Hardness (g/cm ²)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Chewiness (g)
White yanggaeng	Control	7,460.50±266.39 ^{1)e2)}	322.85±26.88 ^c	47.80±4.63 ^a	250.74±11.83 ^d
	0.5	6,999.00±188.98 ^d	314.14±18.10 ^c	61.75±5.68 ^b	144.84±13.65 ^c
	1.0	5,170.17±276.53 ^c	294.44±19.61 ^{bc}	61.47±3.36 ^b	97.45±7.60 ^b
	1.5	4,775.50±309.09 ^b	270.01±17.43 ^{ab}	60.02±3.03 ^b	84.98±2.20 ^a
	2.0	3,779.83±256.20 ^a	268.94±26.53 ^a	64.86±3.18 ^b	76.29±5.53 ^a
Red yanggaeng	Control	6,089.50±453.37 ^e	293.70±25.92 ^c	71.29±1.31 ^b	143.10±6.89 ^c
	0.5	5,028.50±278.32 ^d	282.16±21.51 ^b	65.23±4.33 ^a	112.79±8.12 ^b
	1.0	4,173.83±369.44 ^c	220.30±22.49 ^b	64.08±5.81 ^a	107.69±5.47 ^b
	1.5	3,723.33±94.96 ^b	217.63±28.19 ^a	66.22±2.86 ^a	96.28±10.55 ^a
	2.0	3,321.17±342.57 ^a	180.88±24.43 ^a	63.58±4.86 ^a	95.55±6.76 ^a

¹⁾Mean±SD.

^{2)a-e)}Values with different letters in the same column were significantly different among group at p<0.05 level by a Duncan's multiple range test.

가군이 112.79-95.55 g의 범위로 나타나, 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 증가할수록 응집성도 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 양갱 제조 시 까치버섯 추출건조물의 첨가는 양갱의 물성에 많은 영향을 미치며, 첨가량이 증가할수록 경도를 비롯한 대부분의 조직감이 낮아지는 것으로 사료되었으며, 관능적 정도에 대한 기호도를 분석하여 물성이 나빠지지 않는 범위 내에서 첨가량을 결정하는 것이 바람직하다고 판단되어 이후 관능평가를 실시하였다.

3.5.3. 양갱의 pH, 당도 및 수분활성도

까치버섯 추출건조물(0.5-2.0%)을 첨가하여 제조한 양갱의 pH 및 당도의 측정결과는 Table 6과 같이 나타났다. 까치버섯 추출건조물을 첨가하지 않은 대조군의 pH는 백양금, 적양금 각각 6.23, 6.22로 나타났다. 백양갱 및 적양갱의 까치버섯 추출건조물 첨가량에 따른 pH는 각각 6.20-6.13, 6.20-6.02로 나타났고, 첨가량이 증가할수록 pH는 낮아졌다. 이는 숙지황 농축액 첨가 양갱(Oh 등, 2012)에 대한 연구에서 숙지황의 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 백양금 및 적양금 자체의 당도는 각각 3.3, 3.33 °Brix로 나타났다. 까치버섯 추출건조물을 0.5-1.5% 첨가한 백양갱은 3.3 °Brix로 대조군과 같았고, 2% 첨가한 백양갱은 2.9

°Brix로 감소하였다. 까치버섯 추출건조물 0.5%를 첨가한 적양갱은 3.43으로 대조군보다 높은 당도를 나타내었고, 1.0-2.0% 추출물을 첨가한 적양갱은 2.83-2.87 °Brix로 감소하였다. 이는 양갱 제조 시 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 증가한 만큼 당도가 높은 bean paste의 함량이 감소하였기 때문인 것으로 사료되었다. 백양금 및 적양금의 수분활성도(Aw) 측정 결과는 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 0.5-2.0%로 증가함에 따라 백양갱, 적양갱 각각 0.955-0.956, 0.951-0.952 Aw로 나타났고, 모두 수분활성도가 대조군에 비해 유의적으로 증가하는 양상을 보여주었다. Park 등(2009)은 파프리카 분말의 첨가량에 따라 양갱의 수분활성도를 측정하였으며, 그 결과 파프리카 분말 첨가량이 증가함에 따라 수분활성도가 점차적으로 증가하였다고 보고하여 본 실험과 유사한 경향을 나타내는 것으로 확인할 수 있었다.

3.6. 까치버섯 추출물이 첨가된 양갱의 관능적 기호도 평가

까치버섯 추출건조물(0.5-2.0%)을 첨가하여 제조한 양갱의 관능적 기호도 조사 결과는 Table 7과 같이, 점성은 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3.1점으로 가장 높게 평가되었고, 대조군이 2.9점, 1.0-2.0% 첨가군이 2.7-2.3점으로 대조군보다 낮은 점수를 받았으며, 적양갱

Table 6. pH, sugar content, and water activity value of *yanggaeng* with different contents of *Polyozellus multiplex* extract powder

	Extracts concentration (%)	Responses		
		pH	Sugar content (°Brix)	Water activity (Aw)
White <i>yanggaeng</i>	Control	6.23±0.03 ^{1)ab2)}	3.30±0.10 ^c	0.952±0.00 ^a
	0.5	6.20±0.01 ^b	3.30±0.00 ^c	0.955±0.00 ^b
	1.0	6.28±0.01 ^c	3.30±0.00 ^c	0.958±0.00 ^c
	1.5	6.13±0.02 ^a	3.30±0.00 ^b	0.956±0.00 ^{bc}
	2.0	6.13±0.02 ^a	2.90±0.00 ^a	0.956±0.00 ^{bc}
Red <i>yanggaeng</i>	Control	6.22±0.01 ^c	3.33±0.06 ^b	0.950±0.00 ^a
	0.5	6.20±0.01 ^{bc}	3.43±0.06 ^b	0.951±0.00 ^a
	1.0	6.16±0.01 ^b	2.83±0.06 ^a	0.953±0.00 ^b
	1.5	6.10±0.04 ^b	2.83±0.06 ^a	0.953±0.00 ^b
	2.0	6.02±0.03 ^a	2.87±0.06 ^a	0.952±0.00 ^b

¹⁾Mean±SD.

^{2)ab-c}Values with different letters in the same column were significantly different among group at p<0.05 level by a Duncan's multiple range test.

Table 7. Sensory evaluation of *yanggaeng* with different contents of *Polyozellus multiplex* extract powder

	Item	Sensory evaluation score ¹⁾				
		Control	Extracts concentration (%)			
			0.5	1.0	1.5	2.0
White <i>yanggaeng</i>	Viscosity	2.9±0.8 ^{2)bc3)}	3.1±0.7 ^b	2.7±0.7 ^{ab}	2.7±0.6 ^{ab}	2.3±0.9 ^a
	Hardness	3.2±1.0 ^c	3.3±0.8 ^c	2.5±0.6 ^{ab}	2.7±0.8 ^b	2.1±0.8 ^a
	Chewiness	3.0±0.8 ^{bc}	3.3±1.0 ^c	2.7±0.7 ^{ab}	2.6±0.9 ^{ab}	2.4±0.9 ^a
	Springiness	2.8±1.0 ^{bc}	3.0±0.7 ^c	2.7±0.6 ^{bc}	2.4±0.7 ^{ab}	2.1±0.9 ^a
	Taste	3.3±0.8 ^a	3.3±0.9 ^a	3.1±0.9 ^a	2.7±1.0 ^a	2.8±1.3 ^a
	Flavor	3.2±0.7 ^c	3.1±0.5 ^{bc}	2.9±0.7 ^{abc}	2.6±0.7 ^{ab}	2.4±0.9 ^a
	Overall acceptability	3.3±0.9 ^b	3.4±0.7 ^b	2.9±0.8 ^{ab}	2.9±0.7 ^{ab}	2.5±1.2 ^a
Red <i>yanggaeng</i>	Viscosity	3.3±0.6 ^a	3.8±0.7 ^a	2.9±1.0 ^a	3.1±0.8 ^a	2.9±0.9 ^a
	Hardness	3.2±0.8 ^a	3.1±0.8 ^a	3.1±0.9 ^a	2.9±0.7 ^a	2.8±0.8 ^a
	Chewiness	3.3±0.9 ^a	3.0±1.1 ^a	3.1±1.0 ^a	3.1±0.9 ^a	2.8±0.9 ^a
	Springiness	3.2±1.0 ^a	2.7±1.0 ^a	2.9±1.1 ^a	2.8±0.9 ^a	2.9±1.0 ^a
	Taste	3.6±1.0 ^{bc}	3.8±0.7 ^c	3.6±1.1 ^{bc}	2.8±0.9 ^a	3.1±0.8 ^{ab}
	Flavor	3.5±0.7 ^c	3.1±0.5 ^{abc}	3.3±0.8 ^{bc}	2.8±0.8 ^a	2.9±0.8 ^{ab}
	Overall acceptability	3.7±0.9 ^a	3.5±0.8 ^{ab}	3.6±1.1 ^b	2.8±0.8 ^b	3.1±0.8 ^b

¹⁾Sensory evaluation used a 5-points scale, such as very good (5), slightly good (4), fair (3), slightly bad (2), and very bad (1).

²⁾Mean±SD.

^{3)a-c}Values with different letters in the same row were significantly different among group at p<0.05 level by a Duncan's multiple range test.

까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3.8점으로 백양갱, 적양갱 통틀어서 가장 높게 평가되었다. 적양갱의 대조군은 3.3점 1.0-2.0% 첨가군은 2.9-2.9점을 나타내어 백양갱과 같이 대조군보다 낮은 점수를 받았다. 경도는 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3.3점으로 가장 높게 평가되었고, 대조군이 3.2점, 1.0-2.0% 첨가군이 2.5-2.1점으로 대조군보다 낮은 점수를 받았으며, 적양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-2.0% 첨가군이 3.1-2.8점, 대조군이 3.2점을 받았고 대조군과 첨가군의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 씹힘성은 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3.3점으로 가장 높게 평가되었고 대조군이 3점 1.0-2.0% 첨가군이 2.7-2.4점으로 대조군보다 낮은 점수를 받았으며, 적양갱 까치버섯 추출물의 0.5-2.0% 첨가군이 3.0-2.8점을 받았고, 대조군이 3.3점으로 가장 높게 평가되었고 대조군과 첨가군의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 탄력성은 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3

점으로 가장 높게 평가되었고 대조군이 2.8점, 1.0-2.0% 첨가군이 2.7-2.1점으로 까치버섯 추출건조물의 첨가량이 증가할수록 탄력성이 낮아지는 경향을 나타내었다. 적양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-2.0% 첨가군이 2.7-2.9점, 대조군이 3.2점으로 가장 높게 평가되었으나 유의적 차이는 나타나지 않았다. 맛은 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군과 대조군이 3.3점으로 가장 높게 평가되었고, 1.0-2.0% 첨가군은 3.1-2.8점을 받았고 첨가군과 대조군의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 적양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5% 첨가군이 3.8점으로 가장 높게 평가되었고, 대조군과 1.0% 첨가군은 3.6점으로 두 번째로 높게 평가되었다. 향은 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-2.0% 첨가군이 3.1-2.9점을 받았고, 대조군은 3.2점으로 가장 높게 평가되었으며, 적양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-2.0% 첨가군은 3.1-2.9점을 받았고, 대조군은 3.5점으로 가장 높게 평가되었다. 이는 까치버섯 고유의 향으로 인해 대조군보다 다소

낮은 점수를 받은 것으로 판단되었다. 전체적인 기호도는 적양갱의 대조군이 3.7점으로 가장 높게 평가되었다. 백양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-2.0% 첨가군이 3.4-2.5점을 받았고, 적양갱 까치버섯 추출건조물의 0.5-1.0% 첨가군은 3.5-3.6점으로 높은 선호도를 나타냈다.

이상의 결과를 종합하여 보면 까치버섯 추출건조물을 사용하여 양갱을 제조하였을 때 첨가 농도에 비례하여 관능적 특성이 나빠졌으며, 까치버섯 고유의 검정색과 기능적인 특성과 관능적 특성을 고려할 때 백양금보다 적양금 베이스로 첨가하는 것이 바람직할 것으로 생각되며, 까치버섯 추출건조물의 사용 농도는 백양갱의 경우 0.5% 이하, 적양갱의 경우는 1% 이하의 농도가 적합할 것으로 판단되었다.

4. 요약

본 연구에서는 국내에 자생하는 까치버섯으로부터 추출한 phenolic compounds를 이용하여 항산화 효과, 건강 기능식품 활성 효과를 측정하고, 이를 이용해 양갱에 첨가하여 고부가가치의 기능성 소재로서의 활용 가능성을 확인하고자 하였다. 까치버섯에 함유된 phenolic 물질은 70% ethanol을 용매로 하여 추출하였을 때 97.22 ± 0.91 mg/g으로 가장 많이 용출되었다. 까치버섯 추출물의 항산화력을 확인하기 위해 ABTS radical cation decolorization과 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 저해 효과를 측정한 결과에서, 까치버섯 열수 및 70% ethanol 추출물 모두 매우 높은 항산화 효과를 나타내었다. 까치버섯 추출물의 α -glucosidase 저해효과를 측정한 결과 150 μ g/mL의 TPC 농도에서 열수 추출물과 70% ethanol 추출물 모두에서 85.00% 이상으로 높은 효과가 확인되었다. Hyaluronidase 저해효과는 열수 추출물과 70% ethanol 추출물 200 μ g/mL TPC 농도에서 각각 46.28%, 27.52%의 저해율을 나타냈다. 생리활성이 우수한 까치버섯 추출물을 동결 건조하여 제조한 분말을 첨가한 양갱의 품질 특성을 분석한 결과, 첨가량이 증가할수록 양갱의 명도값(L), 황색도값(b)이 모두 감소하였고, 백양갱 적색도값(a)은 증가하였으나, 적양갱 적색도값(a)은 감소하였다. 기계적 조직감 또한 첨가량이 증가할수록 경도, 탄력성, 씹힘성이 감소하였으나, pH, 당도 및 수분활성에는 크게 영향을 주지 않았다. 관능평가 결

과, 추출 건조물 첨가량은 백양갱은 0.5% 이하, 적양갱은 1.0% 이하가 적절할 것으로 판단되었다. 이상의 연구결과를 통해 까치버섯 추출물은 항산화 활성, 혈당조절, 항염증 효과가 우수한 것으로 확인되었으며, 기능성 식품 소재로서 적용이 가능할 것으로 기대되었다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Jeon DH, Cho YJ. Methodology: Jeon DH, Lee EH. Formal analysis: Lee EH, Cho GU. Validation: Jeon DH, Lee SY, Cho YJ. Writing - original draft: Jeon DH, Park HJ, Kim MU. Writing - review & editing: Park HJ, Cho GU, Kim BO, Cho YJ.

Ethics approval

This research was approved by IRB from the Kyungpook National University (approval no. KNU-2022-0007, 2022.01.03.).

ORCID

Dong-Ha Jeon (First author)

<https://orcid.org/0000-0003-2975-3092>

Eun-Ho Lee

<https://orcid.org/0000-0002-5759-639X>

Hye-Jin Park

<https://orcid.org/0000-0001-5682-6539>

Gi-Un Cho

<https://orcid.org/0000-0002-6181-1005>

Myung-Uk Kim

<https://orcid.org/0000-0002-3190-8658>

Seung-Yeol Lee

<https://orcid.org/0000-0003-1676-0330>

Byong-Oh Kim

<https://orcid.org/0000-0003-3951-7245>

Young-Je Cho (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-2365-6294>

References

- Adisakwattana S, Chantarasinlapin P, Thammarat H, Yibchok-Anun S. A series of cinnamic acid derivatives and their inhibitory activity on intestinal α -glucosidase. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 24, 1194-1200 (2009)
- Azuma K, Nakayama M, Koshioka M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamauchi Y, Ito H, Higashio H. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agric Food Chem*, 47, 3963-3966 (1999)
- Branen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc*, 52, 59-63 (1975)
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol*, 52, 302-310 (1978)
- Chae SY, Shin SH, Yee ST, Bae MJ, Park MH, Song MK. Effect of arabinoxylane and PSP on activation of immune cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 278-286 (2004)
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 276-281 (2008)
- Cho YJ, Ju IS, Kwon OJ, Chun SS, An BJ, Kim JH. Biological and antimicrobial activity of *Portulaca oleracea*. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 51, 49-54 (2008)
- Choe SY, Yang KH. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA). *Korean J Food Sci Technol*, 14, 283-288 (1982)
- Davidson PM. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol*, 43, 148-155 (1989)
- Fellegrini N, Ke R, Yang M, Rice-Evans C. [34] Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. *Method Enzymol*, 299, 379-389 (1999)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239-243 (1912)
- Ham SS, Oh DH, Hong JK, Lee JH. Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. *J Food Sci Nutr*, 2, 155-161 (1997)
- Han JM, Chung HJ. Quality characteristics of Yanggaeng added with blueberry powder. *Korean J Food Preserv*, 20, 265-271 (2013)
- Han SR, Noh MY, Lee JH, Oh TJ. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of solvent extracts from *Coriolus versicolor*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 44, 1793-1798 (2015)
- Han YB. Edible Mushroom 1. Korea University Press, Seoul, Korea, p 87-91 (2009)
- Hatano T, Yasuhara T, Yoshihara R, Ikegami Y, Matsuda M, Yazaki K, Agata I, Nishibe S, Noro T, Yoshizaki M, Okuda T. Inhibitory effects of galloylated flavonoids on xanthine oxidase. *Planta Med*, 57, 83-84 (1991)
- Huang MT, Ho CT, Lee CY. Phenolic compounds in food. In: Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II. Maple Press, New York, p 2-7 (1992)
- Hwang JS, Song KS, Kim WO, Lee TH, Koshino H, Yoo ID. Polyozellin, a new inhibitor of prolyl endopeptidase from *Polyozellus multiplex*. *J Antibiotics*, 50, 773-777 (1997)
- Hwang SJ, Park SJ, Kim JD. Component analysis and antioxidant activity of *Oenanthe javanica* extracts. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 227-234 (2013)
- Jeong YB, Hong SH, Park HJ, Kim YS, Kim JT, Lee HD, Hwang YJ, Lee YH, Kim KB. Investigation of color change in Cu-Zn alloys by reflectivity and color difference analysis. *Korean J Met Mater*, 56, 171-176 (2018)
- Kim JH, Lee SY, Park JM, Park JH, Kwon OJ, Lee JY. Antioxidant activity and inhibition activity against α -amylase and α -glucosidase of *Juniperus rigida* Sieb extracts. *Korean J Food Preserv*, 21, 396-403 (2014)

- Kim KH, Kim YS, Koh JH, Hong MS, Yook HS. Quality characteristics of Yanggaeng added with tomato powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 1042-1047 (2014)
- Kwon SC, Jeon TW, Park JS, Kwak JS, Kim TY. Inhibitory effect on tyrosinase, ACE and xanthine oxidase, and nitrite scavenging activities of Jubak (alcohol filter cake) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1191-1196 (2012)
- Lee HS, Kim WY, Yang JE, Park SH, Jhee OH, Ly SY. Quality and characteristics of the Yanggaeng made with mealworm powder. *Korean J Hum Ecol*, 30, 169-179 (2021)
- Lee MK, Lee HS, Choi GP, Oh DH, Kim JD, Yu CY, Lee HY. Screening of biological activities of the extracts from *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 11, 5-12 (2003)
- Lee SJ, Shin JH, Lee HJ, Tak HM, Kang MJ, Sung NJ. Antioxidant and anti-inflammatory activities of functional plant materials. *J Life Sci*, 23, 869-878 (2013)
- Lee SY, Kim JH, Park JM, Lee IC, Lee JY. Antioxidant activity and inhibition activity against α -amylase and α -glucosidase of *Smilax china* L. *Korean J Food Preserv*, 21, 254-263 (2014)
- Li HC, Yashiki S, Sonoda J, Lou H, Ghosh SK, Byrnes JJ, Lema C, Fujiyoshi T, Karasuyama M, Sonoda S. Green tea polyphenols induce apoptosis *in vitro* in peripheral blood T lymphocytes of adult T-cell leukemia patients. *Jpn J Cancer Res*, 91, 34-40 (2000)
- Lim SH, Park YH, Kwon CJ, Ham HJ, Jeong HN, Kim KH, Ahn YS. Anti-diabetic and hypoglycemic effect of *Eleutherococcus* spp. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1761-1768 (2010)
- Oh HL, Ahn MH, Kim NY, Song JE, Lee SY, Song MR, Park JY, Kim MR. Quality characteristics and antioxidant activities of yanggeng with added *Rehmanniae radix* Preparata concentrate. *Korean J Food Cook Sci*, 28, 1-8 (2012)
- Park EY, Kang SG, Jeong CH, Choi SD, Shim KH. Quality characteristics of Yanggaeng added with paprika powder. *J Agric Life Sci*, 43, 37-43 (2009)
- Park HJ, Hong EJ, Hong SH, Cho YJ. Comparison of anti-oxidative activities of gamma-irradiated *Aralia continentalis* extracts for long-term storage of oriental medicine. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 46-55 (2017)
- Park SH, Kim DK, Bae JH. The antioxidant effect of *Portulaca oleracea* extracts and its antimicrobial activity on *Helicobacter pylori*. *Korean J Food Nutr*, 24, 306-311 (2011)
- Park WH, Lee HD. Illustrated Book of Korean Medicinal Mushrooms. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, p 1-560 (1999)
- Pyo S, Joo N. Optimization of Yanggaeng processing prepared with mulberry juice. *Korean J Food Culture*, 26, 283-294 (2011)
- Pyun YR, Yu JH, Jeon IS. Studies on the rheological properties of yangeng. *Korean J Food Sci Technol*, 10, 344-349 (1978)
- Shim JS, Kim SD, Kim TS, Kim KN. Biological activities of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 78-83 (2005)
- Stirpe F, Della Corte E, Lorenzoni E. The regulation of rat liver xanthine oxidase: Conversion *in vitro* of the enzyme activity from dehydrogenase (type D) to oxidase (type O). *J Biol Chem*, 244, 3855-3863 (1969)
- Tibbot BK, Skadsen RW. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol*, 30, 229-241 (1996)
- Tolksdorf S, McCready MH. The turbidimetric assay of hyaluronidase. *J Lab Clin Med*, 34, 74-89 (1949)
- Zanabaatar B, Song JH, Seo GS, Noh HJ, Yoo YB, Lee JS. Screening of anti-gout xanthine oxidase inhibitor from mushrooms. *Korean J Mycol*, 38, 85-87 (2010)