

## 목이버섯 품종간 생리활성 비교 연구

조세현 · 김태호 · 유영복<sup>1</sup> · 오진아<sup>1</sup> · 장미향<sup>2</sup> · 박기문\*

성균관대학교 식품생명공학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과, <sup>2</sup>전남농업기술원

### A Comparative Study on the Physiological Activities of *Auricularia* spp.

Sehyun Jo, Taeho Kim, Youngbok Yu<sup>1</sup>, Jina Oh<sup>1</sup>, Mihyang Jang<sup>2</sup>, and Kimoon Park\*

Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea

<sup>1</sup>Mushroom research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA

<sup>2</sup>Jeonnam Agricultural Research & Extension Services

**Abstract** This study investigated the physiological effects of three species of *Auricularia* known as *Auricularia polytricha* (JNM21001), *Auricularia auricula-judae* black (JNM21002), and *Auricularia auricula-judae* brown (JNM21012). In the ORAC assay, *Auricularia* spp. showed antioxidant activities in the order of JNM21001>JNM21012>JNM21002. All *Auricularia* spp. strongly inhibited the action of  $\alpha$ -amylglucosidase up to 60%. In order to further test *in vivo* anti-obesity effects, high fat diet induced ICR obese mice fed a diet containing 20% fat were used. All *Auricularia* spp. supplementation during high fat diet feeding significantly reduced body weight gain, epididymal fat pads weight, and lowered the food efficiency ratio compared to the high fat control (HFC) group. In particular, the group fed with JNM21012 had a lower average daily body weight gain of 0.45 g/day, demonstrating similar levels to the normal diet fed group. The group fed with JNM21012 significantly reduced serum triglycerides (42%), total cholesterol (81%), and LDL-cholesterol level (66%) compared with the HFC group.

**Keywords:** *Auricularia auricula-judae*, *Auricularia polytricha*, physiological activity, obesity

## 서 론

버섯은 기능성 소재로서 전세계적으로 활발하게 연구가 진행되고 있으며 당과 단백질, 핵산 등이 풍부하고 특히  $\beta$ -glucan과 vitamin D 전구체인 ergosterol 등을 함유하고 있어 한방의약의 소재로도 많이 이용되고 있다(1,2).

버섯의 생리활성에 대한 연구는 돼구알버섯(*Calvatia gigantea*) 으로부터 버섯 최초의 항암성분인 calvacin이 분리되면서 시작되었고(3), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*)의 콜레스테롤 저하 작용(4), 흰목이버섯(*Tremella fuciformis*)의 glucuronoxylomannan에 의한 혈당강하 작용(5), 동충하초(*Cordyceps sinensis*)의 nucleoside 유도체인 cordycepin에 의한 HIV-1 역전사 효소 활성 억제작용(6), 좁나무싸리버섯(*Clavicornia pyxidate*)의 clavicornic acid에 의한 항균 작용(7) 등 다양한 생리활성이 연구되었다. 또한 버섯의 유효성분인  $\beta$ -D-glucan을 비롯한 glucuronoxylomannan, glucomannan 등의 다양한 다당체에 의한 강력한 보습작용으로 세포 활성 및 콜라겐의 생성을 촉진함으로써 피부의 노화방지 효과를 나타내는 것으로 보고되었고 UV에 의한 피부 손상을 방지하고 염증

이나 자극 등을 완화시켜줄 뿐 아니라 면역 증강작용도 갖는 등 다양한 기능성을 나타내는 것으로 밝혀졌다(8,9). 지금까지 목이버섯에 관련된 연구로는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 제거 활성 및 FRAP(ferric reducing ability of plasma), total polyphenol 함량을 측정 한 항산화 효과에 대한 연구(10)와 MALDI-TOF와 NMR을 이용한  $\beta$ -glucan의 구조 및 형태적 특성 분석이 보고되었다(11). 또한 흑목이버섯 유래 polysaccharide에 대한 생리활성 등 목이버섯 유래의 기능성 물질에 대한 생리활성 효과 및 구조분석(12), 그리고 marker를 이용한 목이버섯 분류(13) 등이 보고되었다. 그러나, *Auricularia* spp.를 대표하는 식용버섯인 털목이버섯과 흑목이버섯의 생리활성에 대한 비교 연구는 거의 수행되지 않았고, 특히 흑목이버섯의 야생종인 갈색목이버섯에 대한 생리활성 연구는 전무하여 본 연구에서는 갈색목이버섯과 흑목이버섯, 털목이버섯의 생리활성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 공시균주

본 실험에 사용한 목이버섯은 한국종균배양소에서 분양 받은 종균을 전라남도 농업기술원에서 2011년 2월에 재배를 시작하여 약 65일간 배양한 털목이버섯(*Auricularia polytricha*, JNM 21001) 및 흑목이버섯(*Auricularia auricula-judae* black, JNM21002), 갈색목이버섯(*Auricularia auricula-judae* brown, JNM21012)를 사용하였다.

### 목이버섯 추출물 제조

$\beta$ -Glucan을 함유하는 수용성 다당류를 추출하기 위하여 40°C

\*Corresponding author: Kimoon Park, Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi 440-746, Korea

Tel: 82-31-290-7806

Fax: 82-31-290-7816

E-mail: pkm1001@skku.edu

Received February 8, 2012; revised March 14, 2012;

accepted March 20, 2012

로 48 h 열풍건조한 버섯 자실체를 조분쇄한 후 20배의 100% methanol을 첨가하고 100°C에서 2 h 환류추출하여 methanol 층을 제거하고 남은 잔사에 50배의 증류수를 가하여 100°C에서 3 h 환류추출한 다음 여액을 감압농축하여 열수추출물을 제조하였다.

**Oxygen radical absorbance capacity (ORAC)**

75 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)로 제조한 300 mM AAPH 용액(2,2'-azobis (2-amidino-propane) dihydrochloride, Wako, Tokyo, Japan)은 4°C에 보관하면서 사용하였으며, fluorescein sodium salt(Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)는 75 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)에 250 nM로 제조하여 사용하였다. Fluroscein을 37°C water bath에서 15 min 정지 후 fluroscein과 시료(2 mg/mL), AAPH를 최종 부피 비로 각각 2.7, 0.01, 0.02 mL씩 첨가하였고 형광분광 광도계(LS55, Perkinelmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 37°C에서 40 min 동안 측정하였다. Excitation 파장은 493 nm, emission 파장은 515 nm에서 측정하였고 결과는  $\mu\text{M TE(Trolox equivalent)/g sample}$ 로 나타내었다.

**$\alpha$ -Amyloglucosidase 저해활성**

$\alpha$ -1,4 및  $\alpha$ -1,6 글루코시드결합을 분해하는 효소인  $\alpha$ -amyloglucosidase(70 Unit/mL, Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 버섯추출물이 효소활성을 저해함으로써 단당류의 소화흡수를 저해하는 정도를 분석하여 간접적인 항당뇨 활성을 측정하였다. 즉,  $\alpha$ -amyloglucosidase를 50 mM sodium acetic acid (pH 5.0)로 희석하고 기질로 20 mg/mL의 maltose용액을 사용하였다. 10 mg/mL 농도의 목이버섯 열수추출물 100  $\mu\text{L}$ 와  $\alpha$ -amyloglucosidase 100  $\mu\text{L}$ 를 넣고 37°C에서 10 min 정지 후 동량의 기질을 첨가하여 1 h 반응시키고 0.2 M NaOH로 반응을 종결시킨 다음 0.2 M acetic acid를 첨가하여 중화시켰다. 그리고 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS) 환원당 정량법에 의하여 동량의 DNS를 넣고 90°C에서 10 min 가열하고 실온으로 냉각 후 40% potassium sodium tartrate 1 mL를 첨가한 다음 575 nm에서 흡광도를 측정하였다. 반응 후 생성되는 glucose를 분석하여 목이버섯의  $\alpha$ -amyloglucosidase 저해활성을 확인하였으며 positive control로 acarbose(Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

**항염 실험**

Mouse macrophage cell line인 Raw 264.7를 한국세포주은행(KCLB)에서 분양받아 사용하였고 배지는 DMEM(Dulbecco's Modified Eagle's Medium, WelGENE Inc, Daegu, Korea)에 10% heat-inactivated FBS(fetal bovine serum, HyClone, South Logan, UT, USA), 1% penicillin-streptomycin(BioWhittaker, Inc: 10,000 U/pen/mL, 10,000  $\mu\text{g}$  strep/mL, Lancaster, MA, USA)을 첨가하여 사용하였다. 염증반응은 내독소인 LPS(Lipopolysaccharide, Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 Raw 264.7 cell에 처리하고 버섯추출물을 첨가하여 생성되는 염증 유발물질인 nitric oxide(NO)량을 Griess 시약으로 측정하였다. 즉, 세포배양 상등액과 Griess 시약을 1:1로 혼합하여 96-well plate (Costar, New York, NY, USA)에 반응 후 측정하였으며 positive control로 Dexamethasone(Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 1  $\mu\text{g/mL}$ 를 사용하였다.

**Table 1. Composition of diets (%)**

Ingredients	Dietary groups <sup>3)</sup>				
	NC	HFC	JNM21001	JNM21002	JNM21012
Corn Starch	39.8	26.8	26.8	26.8	26.8
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Dextrinized corn starch	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
Sucrose	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Mineral mixture <sup>1)</sup>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture <sup>2)</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L-Cystine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline chloride	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>tert</i> -Butyl hydroquinone	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
Cellulose	5.0	5.0	2.0	2.0	2.0
<i>Auricularia</i> spp. powder	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0
Lard	0.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Soybean oil	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

<sup>1)2)</sup>AIN-93 mineral and AIN-93 vitamin mixture.

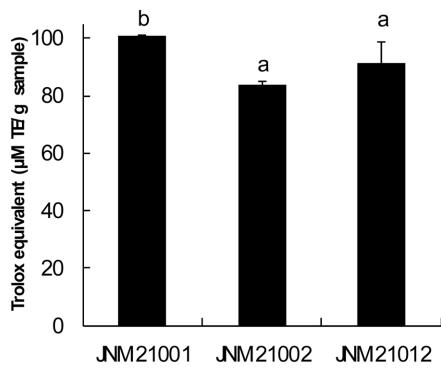
<sup>3)</sup>NC: Normal diet control, HFC: High fat diet control, JNM21001: High fat diet containing 3% dried *Auricularia polytricha*, JNM21002: High fat diet containing 3% dried *Auricularia auricula-judae* black, JNM21012: High fat diet containing 3% dried *Auricularia auricula-judae* brown

**동물실험**

실험동물은 평균 체중이 15±2 g인 3주령의 수컷 ICR mouse (Orient Bio Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하였다. 1주간 일반식이로 적응시킨 후 4주간 목이버섯 급여효과를 실험하였고, 사육실은 12 h 간격으로 명암을 조절하였으며 온도는 22-25°C, 습도는 50-60%를 유지하였다. 사료와 음수는 자유롭게 섭취하도록 하였으며 증체량 및 사료 섭취량은 3일 간격으로 일정한 시간에 측정하였다. 실험군은 5군으로 나누어 각 군마다 8마리씩 실험하였으며, 일반식이군(normal control group, NC)과 전체 식이 중 지방량을 20% (w/w) 첨가한 고지방식이군(high fat control group, HFC)을 대조군으로 하였으며, 고지방식이에 3종의 목이버섯 분말 3%를 각각 첨가한 JNM21001군 및 JNM21002군, JNM21012군으로 구분하였다. 각 실험군별 식이조성은 Table 1과 같이 AIN-93G(14)를 기본으로 하여 pellet의 형태로 제조한 후, 동결건조하여 4°C에서 보관하면서 급여하였다. 목이버섯의 급여효과를 확인하기 위하여 증체량과 식이효율을 측정하였고, 혈액성분 및 장기 분석을 위하여 희생 전 12시간 절식시킨 마우스를 ether로 마취시킨 다음 심장으로부터 혈액을 채취하여 209xg에서 10분간 원심분리한 혈청을 분석하였다. 혈청 성분분석은 Hitachi 7600-110 (Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 glucose 및 triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, BUN(blood urea nitrogen), creatine, uric acid 등을 분석하였다. 또한 간 및 신장, 비장, 고환, 부고환은 적출 후 phosphate buffered saline(PBS) buffer로 세척하고 여과지(No. 42, Whatman, Maidstone, Kent, England)를 이용하여 수분을 완전히 제거한 다음 무게를 측정했다.

**통계처리**

통계처리는 SPSS(version 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, 각 실험의 평균 차에 대한 통계적 유의성 검증은 Duncan의 다중검증법(DMRT,



**Fig. 1.** Trolox equivalent (µM TE/g sample) of hot water extract from *Auricularia* spp. (JNM21001: *Auricularia polytricha*, JNM21002: *Auricularia auricula-judae* black, JNM21012: *Auricularia auricula-judae* brown). Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p < 0.05$ .

Duncan's multiple range test)을 사용하여 5% 유의수준에서 각 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

### 결과 및 고찰

#### Oxygen radical absorbance capacity assay (ORAC)

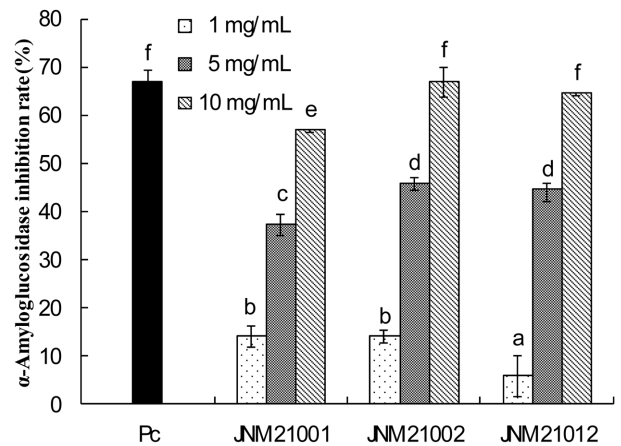
ORAC지수는 수소전자의 전달이론을 바탕으로 radical chain breaking antioxidant capacity를 측정하는 방법으로 친수성 및 소수성 성분 모두에 반응하기 때문에 응용범위가 넓은 장점을 가지고 있다(15,16). AAPH에 의한 peroxyradical의 생성과 소멸에 따른 fluorescence의 감소를 Trolox equivalent(µM)로 환산한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 JNM21001(털목이)은 시료 g당  $101.16 \pm 0.08 \mu\text{M}$ , JNM21012(갈색목이)는  $91.57 \pm 7.40 \mu\text{M}$ , JNM21002(흑목이)는  $83.87 \pm 1.14 \mu\text{M}$ 의 순으로 높게 나타났으며 JNM21001만이 유의적 차이를 보였다. 따라서, 목이버섯 중 JNM21001 및 JNM21012는 양송이버섯( $86.33 \mu\text{M}$ ) 및 잎새버섯( $39.33 \mu\text{M}$ ), 표고버섯( $62.67 \mu\text{M}$ )(17)에 비해 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다.

#### α-Amyloglucosidase 저해활성

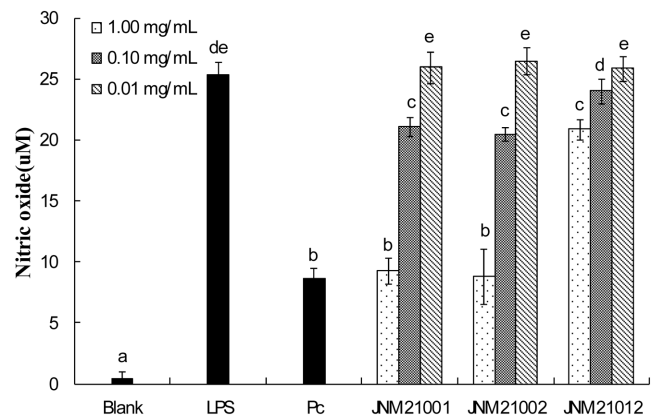
α-Amyloglucosidase의 저해활성을 측정한 결과 Fig. 2와 같이 3 품종 간의 유의적인 차이는 없었으나 목이버섯 3품종 모두 높은 저해활성을 나타냈으며 JNM21002(흑목이)가 전반적으로 가장 높은 활성을 나타냈다. 이와 같이 목이버섯류의 α-amyloglucosidase 저해활성은 10 mg/mL 처리시 57에서 64%로 느타리버섯 중 생리활성이 가장 뛰어난 것으로 알려진 노랑느타리버섯의 50% 저해활성(18)이나 갈색양송이 품종인 다향의 35% 저해활성(19)에 비해 우수한 것으로 나타나 제2형 당뇨와 관련된 기능성 소재로서의 활용가능성을 제시하였다.

#### 항염 활성

염증이 발생하면 대식세포는 NO와 cytokine을 생산하여 감염 초기에 생체방어에 중요한 역할을 한다. 일반적으로 NO는 체내 방어기능과 신호전달기능 등 다양한 생리기능을 가지고 있으나 과량의 NO는 염증반응을 촉진시킨다(20). 대식세포인 Raw 264.7 세포에 염증성 매개물질을 증가시키는 LPS(100 ng/mL)를 처리하여 NO생성을 유도한 후 목이버섯 열수추출물을 1, 0.1, 0.01 mg/mL로 처리한 결과는 Fig. 3과 같다. 즉, LPS를 단독으로 처리했을 때 NO는  $25.34 \pm 1.02 \mu\text{M}$ 이 생성 되었으나 목이버섯 3품종 모



**Fig. 2.** α-Amyloglucosidase inhibition activity of hot water extract from *Auricularia* spp. (Pc: Acarbose (10 mg/mL), JNM21001: *Auricularia polytricha*, JNM21002: *Auricularia auricula-judae* black, JNM21012: *Auricularia auricula-judae* brown). Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p < 0.05$ .



**Fig. 3.** Nitric oxide inhibition activity of hot water extract from *Auricularia* spp. (Pc: Dexamethasone (1 µg/mL), JNM21001: *Auricularia polytricha*, JNM21002: *Auricularia auricula-judae* black, JNM21012: *Auricularia auricula-judae* brown). Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p < 0.05$ .

두 농도 의존적으로 NO생성을 억제하였다. 특히, JNM21001(털목이)와 JNM21002(흑목이)는 1 mg/mL 처리시 Dexamethasone 1 µg/mL을 처리한 positive control과 동등 수준의 저해활성을 나타냈다. 양송이버섯과 빨나팔버섯을 1 mg/mL 농도로 처리한 경우 각각 40% 및 60%의 NO 생성 억제력을 나타낸 연구결과(21)와 비교하였을 때 JNM21002는 65.31%로 항염활성이 우수한 것으로 나타났다.

#### 고지방식이로 비만을 유도한 ICR 마우스의 체중 증가 및 식이 섭취량

ICR mice의 체중변화를 확인한 결과는 Table 2와 같이 1주 순화기간을 포함한 ICR mice의 초기 체중은  $24.18 \pm 1.28$ 에서  $25.02 \pm 1.24$  g였으나, 4주 사육 후에는  $36.82 \pm 1.35$ 에서  $41.72 \pm 2.95$  g으로 5군 모두 체중이 증가하였다. 1일 증체량의 경우 일반식을 급여한 NC군은  $0.45 \pm 0.00$  g, 고지방식을 급여한 HFC군은  $0.60 \pm 0.06$  g로 나타났으며, 목이버섯 3%를 첨가하여 급여한 JNM21001

**Table 2. Body weight gain and food efficiency ratio of dietary groups**

Performance	Dietary groups <sup>1)</sup>				
	NC	HFC	JNM21001	JNM21002	JNM21012
Initial body weight (g)	24.18±1.28 <sup>a2)</sup>	25.02±1.24 <sup>a</sup>	24.63±1.42 <sup>a</sup>	24.61±1.41 <sup>a</sup>	24.28±1.11 <sup>a</sup>
Final body weight (g)	36.82±1.35 <sup>a</sup>	41.72±2.95 <sup>b</sup>	39.84±3.73 <sup>ab</sup>	39.33±2.69 <sup>ab</sup>	36.87±2.32 <sup>a</sup>
Body weight gain (g/day)	0.45±0.00 <sup>a</sup>	0.60±0.06 <sup>b</sup>	0.54±0.08 <sup>ab</sup>	0.53±0.05 <sup>ab</sup>	0.45±0.04 <sup>a</sup>
Food efficiency ratio (g/day)	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.01 <sup>c</sup>	0.16±0.02 <sup>bc</sup>	0.15±0.02 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=8). Means with the same superscripts in each row are not significantly different at  $p<0.05$ .

**Table 3. Internal organ weight of dietary groups**

Organ weight (g)	Dietary groups <sup>1)</sup>				
	NC	HFC	JNM21001	JNM21002	JNM21012
Liver	1.34±0.07 <sup>a2)</sup>	1.54±0.09 <sup>ab</sup>	1.59±0.26 <sup>b</sup>	1.44±0.18 <sup>ab</sup>	1.41±0.12 <sup>ab</sup>
Kidneys	0.48±0.05 <sup>a</sup>	0.47±0.03 <sup>a</sup>	0.52±0.08 <sup>a</sup>	0.49±0.04 <sup>a</sup>	0.50±0.03 <sup>a</sup>
Spleen	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.02 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>
Testis	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>a</sup>	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.04 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>

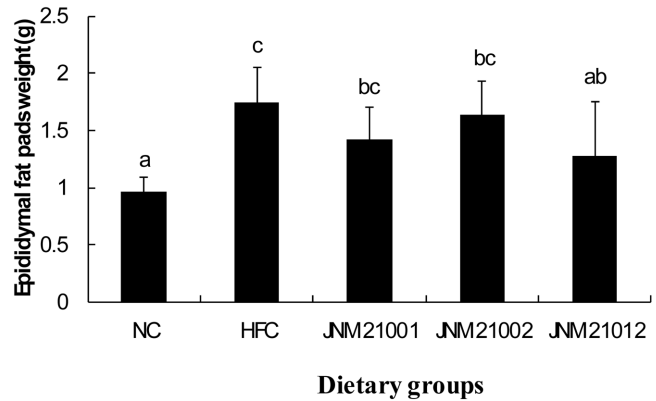
<sup>1)</sup>Refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=8). Means with the same superscripts in each row are not significantly different at  $p<0.05$ .

(털목이)군은 0.54±0.08 g, JNM21002(흑목이)군은 0.53±0.05 g으로 나타났고, 특히, JNM21012(갈색목이)군은 0.45±0.04 g씩 증가하는 것으로 나타나 HFC군과의 유의적 차이를 나타냈다. 식이효율에서도 NC군이 0.11±0.01 g으로 가장 낮았으며 JNM21012, JNM21002, JNM21001, HFC 순으로 증체량과 같은 경향을 나타냈다. 이와 같은 결과는 목이버섯에 다량 함유되어 있는 수용성 식이섬유인 β-glucan의 영향으로 사료되며, 선행 연구에서도 β-glucan을 포함한 보충제를 식이로 공급하였을 때 체지방 감소결과가 확인되었다(22). 따라서 갈색목이버섯 섭취가 고지방식으로 비만을 유도한 마우스에 대해 가장 높은 체중 감소효과를 나타낸 이유는 목이버섯 3품종 중 β-glucan 함량이 가장 높고 털목이와 흑목이보다 수용성 고분자물질이 다량 함유되었기 때문으로 추측되었다(23).

**장기 무게 측정**

실험식이 급여에 따른 처리군별 간, 비장, 신장, 고환 등의 장기 무게는 Table 3에 나타내었다. 간 무게를 측정된 결과, NC군이 1.34±0.07 g으로 가장 낮았으며, 고지방시료군인 HFC군에 비해서 JNM21002(흑목이)군과 JNM21012(갈색목이)군은 감소하는 경향을 나타냈으나 유의적 차이는 없었다. 그리고 신장, 비장, 고환의 경우에서도 처리군 간의 유의적인 차는 나타나지 않았다. 비장은 식세포작용과 면역기능을 수행하는 장기로 면역작용이 활발할 때 증가하지만 실험군 간의 유의적 차이가 없어 목이버섯의 급여가 비장에 관련된 면역활성에는 큰 영향을 미치지 않았다고 판단되었다(24). 4주간의 실험식이를 급여한 후 측정된 부고환 지방조직의 무게는 Fig. 4와 같이 NC군이 0.96±0.13 g으로 가장 낮았으며 고지방식이 대조군인 HFC군이 1.75±0.31 g으로 가장 높게 나타났다. 목이버섯 첨가 식이 군들도 HFC 군보다 모두 낮은 무게를 나타냈으며 그 중 JNM21012(갈색목이)군만이 유의적인 차이를 나타냈다. 부고환 지방조직의 무게는 체지방량과 관련되어 있어 목이버섯의 급여는 고지방 식이로 비만을 유도한 ICR mice에서 체지방 축적을 억제하는 효과가 있음을 보여주었다(25).



**Fig. 4. Epididymal fat pads weight of dietary groups (NC, Normal diet control; HFC, High fat diet control; JNM21001, High fat diet containing 3% of dried *Auricularia polytricha*; JNM21002, High fat diet containing 3% of dried *Auricularia auricular judae* black; JNM21012, High fat diet containing 3% of dried *Auricularia auriculara-judae* brown). Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p<0.05$ .**

**혈액 분석**

혈당은 Table 4에서 보는 바와 같이 NC군이 145.43±26.75 mg/dL, HFC군이 163±18.14 mg/dL, JNM21001(털목이)군이 170.88±19.71 mg/dL, JNM21002(흑목이)군이 185.00±14.79 mg/dL, JNM21012(갈색목이)군이 171.17±25.53 mg/dL로 나타나 고지방식이에 목이버섯을 급여하더라도 혈당저하에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 당뇨병모델인 KK-A마우스에 흑목이 수용성 다당체의 급여가 식후 혈당을 낮춘다는 연구결과(26)가 보고되어 있으나 본 실험에서는 혈당저하효과는 나타나지 않았다.

중성지방 함량은 NC군이 149.57±37.28 mg/dL, HFC군이 169.33±31.95 mg/dL, JNM21001군이 156.00±45.64 mg/dL, JNM21002군이 128.00±25.52 mg/dL, JNM21012군이 71.40±15.13 mg/dL로 나타

**Table 4. Effects of dietary *Auricularia* spp. on the levels of biochemical markers in serum**

Concentration (mg/dL)	Dietary groups <sup>1)</sup>				
	NC	HFC	JNM21001	JNM21002	JNM21012
Glucose	145.43±26.75 <sup>a2)</sup>	163.00±18.14 <sup>ab</sup>	170.88±19.71 <sup>b</sup>	185.00±14.79 <sup>b</sup>	171.17±25.53 <sup>b</sup>
Triglyceride	149.57±37.28 <sup>cd</sup>	169.33±31.95 <sup>d</sup>	156.00±45.64 <sup>cd</sup>	128.00±25.52 <sup>bc</sup>	71.40±15.13 <sup>a</sup>
Total Cholesterol	159.00±27.66 <sup>a</sup>	201.38±27.19 <sup>bc</sup>	184.14±21.10 <sup>ab</sup>	219.57±29.77 <sup>c</sup>	165.00±30.05 <sup>a</sup>
HDL-Cholesterol	84.71±12.63 <sup>a</sup>	96.00±9.87 <sup>ab</sup>	91.86±8.28 <sup>ab</sup>	100.88±15.36 <sup>ab</sup>	90.43±19.31 <sup>a</sup>
LDL-Cholesterol	7.50±2.33 <sup>ab</sup>	10.13±1.05 <sup>b</sup>	8.88±3.04 <sup>ab</sup>	8.38±3.81 <sup>ab</sup>	6.71±2.43 <sup>a</sup>
BUN	23.63±2.72 <sup>a</sup>	23.57±2.88 <sup>a</sup>	23.75±3.20 <sup>a</sup>	21.38±2.33 <sup>a</sup>	22.50±3.07 <sup>a</sup>
Creatinine	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Uric acid	2.06±0.59 <sup>bc</sup>	2.27±0.28 <sup>c</sup>	1.75±0.37 <sup>ab</sup>	1.59±0.43 <sup>ab</sup>	1.7±0.39 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=8). Means with the same superscripts in each row are not significantly different at  $p<0.05$ .

났으며, HFC군이 가장 수치가 높았고 목이버섯 급여군은 대조군에 비해서 감소하는 수치를 나타냈다. 특히, JNM21002군과 JNM21012군은 일반식이군인 NC군보다 낮은 수치를 나타냈으며 HFC군에 대해서 유의적 차이를 나타냈다. 혈액 내 중성지방 농도의 증가는 관상 동맥 심혈관 질환의 주요한 원인으로 알려져 있으며, 비만은 당뇨병 및 고지혈증, 고혈압 등에 영향을 줄 수 있기 때문에 목이버섯의 섭취는 중성지방의 함량을 유의적으로 낮추어 고중성 지방혈증을 개선하는 효과가 있을 것으로 사료된다(27,28).

총 콜레스테롤 함량은 대조군인 HFC군에 비해 JNM21001군과 JNM21012군이 각 184.14±21.10, 165.00±30.05 mg/dL로 감소하는 것으로 나타났고 JNM21012군에서 유의적 차이를 나타냈다. 선행연구에서 흑목이를 5%와 10% 첨가하여 흰쥐에게 급여한 결과 총 콜레스테롤 함량이 각 264.20 mg/dL와 171.20 mg/dL로 대조군에 비해 감소되는 것으로 보고(29)되어 있으며, 본 연구결과에서도 JNM21012군은 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추는데 탁월한 효과를 나타냈다. HDL-콜레스테롤 농도는 JNM21001군이 91.86±8.28 mg/dL, JNM21002군이 100.88±15.36 mg/dL, JNM21012군이 90.43±19.31 mg/dL로 HFC군에 비해 JNM21001군과 JNM21012군은 수치가 감소하였다. 또한 LDL-콜레스테롤 농도는 JNM21001군이 8.88±3.04 mg/dL, JNM21002군이 8.38±3.81 mg/dL, JNM21012군이 6.71±2.43 mg/dL로 대조군인 HFC군에 비해 모두 감소하는 결과를 나타냈으나 JNM21012군에서만 유의적 차이를 나타냈다. 혈액 내 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 관상심장질환과 직접적인 상관관계가 있으며, 목이버섯을 섭취한 군에서 전반적으로 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시키고 LDL-콜레스테롤 함량을 낮추는 경향을 보였다(30,31). 따라서, 목이버섯의 섭취가 관상심장질환의 예방에 효과가 있을 것으로 사료되며, 특히 갈색목이가 다른 목이버섯에 비해 우수한 생리활성을 가진 것으로 나타났다. 그리고 목이버섯의 급여가 혈중 BUN과 creatine 농도에는 거의 영향을 미치지 않았으나, 통풍에 관련된 uric acid의 경우 HFC군에 비해 유의적 차이를 감소시키는 것으로 나타나 향후 이에 관련된 연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 목이버섯 품종간의 생리활성을 실험하였다. ORAC assay로 항산화활성을 측정하고 결과 털목이, 갈색목이, 흑목이 순으로 활성이 높게 나타났다.  $\alpha$ -Amyloglucosidase 저해활성을 통한 항당뇨 활성은 3품종 모두 10 mg/mL에서 60% 정도

의 높은 저해활성을 나타냈으며 품종간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Raw 264.7 macrophage의 nitric oxide 생성 저해를 통한 항염활성은 1 mg/mL 처리시 털목이와 흑목이는 dexamethasone 1  $\mu$ g/mL에 상응하는 활성을 나타냈다. 20% 지방을 첨가하여 고지방식이로 비만을 유도한 ICR 마우스의 목이버섯 급여에 따른 항비만 효과를 확인한 결과 모든 군에서 체중 및 증체량, 식이효율의 감소를 확인할 수 있었고 그 중 갈색목이버섯인 JNM21012군은 0.45 g/day로 7% 지방을 첨가한 일반식이(NC) 군과 동일 수준의 증체량을 보였다. 부고환 무게는 털목이 및 흑목이, 갈색목이 모두 고지방식이(HFC) 군에 비해서 낮은 수치를 보였으며, 갈색목이 군은 HFC군과 유의적인 차이를 보였다. 혈액성분 중 triglyceride의 경우 목이버섯 첨가 식이군 모두 HFC군에 비해 낮은 수치를 보였으며 갈색목이 군은 고지방식이 HFC군에 비해 42% 감소시키는 것으로 나타났다. 또한, total cholesterol과 LDL-cholesterol은 털목이와 갈색목이군이 HFC군 보다 낮은 수치를 나타냈으며, 갈색목이군은 HFC군에 비해 각각 81%와 66% 감소하여 유의적인 차이를 보였다. HDL-cholesterol의 경우 각 군간의 유의적인 차이를 보이지 않았지만 NC군에 비해 높은 수치를 나타냈다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 “소규모 재배 버섯의 지역특화 기반구축 연구”의 지원에 의해 이루어진 연구의 일부이며 지원에 감사 드립니다.

## 문 헌

- Zhang L, Yang L, Chen J. Conformational change of the  $\beta$ -D-glucan of *Auricularia auricula-judae* in water dimethyl sulfoxide mixtures. Carbohydr. Res. 276: 443-447 (1995)
- Mattila PH, Piironen VI, Uusi Rauva EJ, Koivistoinen PE. Vitamin D contents in edible mushrooms. J. Agr. Food Chem. 42: 2449-2453 (1994)
- Roland JF, Chmielewicz ZF, Weiner BA, Gross AM, Boening OP, Luck JV, Stevens JA. Calvacin: A new antitumor agent. Science 132: 1897 (1960)
- Kabir YK, Kimura S, Tamura T. Dietary effect of *Ganoderma lucidum* mushroom on blood pressure and lipid levels in spontaneously hypertensive rats (SHR). J. Nutr. Sci. Vitaminol. 34: 433-438 (1998)
- Kiho T, Tsujimura Y, Sakushima M, Usui S, Ukai S. Polysaccharides in fungi. XXXIII. Hypoglycemic activity of an acidic polysaccharide (AC) from *Tremella fuciformis*. Yakugaku Zasshi

- 114: 308-315 (1994)
6. Muller WEG, Weiler BE, Charubala R, Pfeleiderer W, Leserman L, Sobol RW, Suhadolnik RJ, Schroder HC. Cordycepin analogues of 2',5'-oligoadenylate inhibit human immunodeficiency virus infection via inhibition of reverse transcriptase. *Biochemistry* 30: 2027-2033 (1991)
  7. Erkel G, Anke T, Gimenez A, Steglich W. Antibiotics from basidiomycetes. XLI. Clavicornic acid, a novel inhibitor of reverse transcriptases from *Clavicornia pyxidata* (Pers. ex Fr.) Doty. *J. Antibiot.* 45: 29-37 (1992)
  8. Maeda YY, Chihara G. Lentinan, a new immuno-accelerator of cell-mediated responses. *Nature* 229: 634 (1971)
  9. Chen FF, Cai DL. Research advances in primary biological effects of *Tremella polysaccharides*. *J. Chin. Integr. Med.* 6: 862-866 (2008)
  10. Kho YS, Vikineswary S, Abdullah N, Kuppusamy UR, Oh HI. Antioxidant capacity of fresh and processed fruit bodies and mycelium of *Auricularia auricular-judae* (Fr.) Quel. *J. Med. Food* 12: 167-174 (2009)
  11. Ma Z, Wang J, Zhang L. Structure and chain conformation of  $\beta$ -glucan isolated from *Auricularia auricular judae*. *Biopolymers* 89: 614-622 (2008)
  12. Li S, Xu S, Zhang L. Advances in conformations and characterizations of fungi polysaccharides. *Acta Polym. Sin.* 12: 1359-1375 (2010)
  13. Tang L, Xiao Y, Li L, Guo Q, Bian Y. Analysis of genetic diversity among Chinese *Auricularia auricular* cultivars using combined ISSR and SRAP markers. *Curr. Microbiol.* 61: 132-140 (2010)
  14. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J. Nutr.* 123: 1939-1951 (1993)
  15. Huang D, Ou B, Prior RL. Reviews, The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agr. Food Chem.* 53: 1841-1856 (2005)
  16. Prior RL, Hoang H, Gu L, Wu X, Bacchiocca M, Howard L, Hampsch-Woodill M, Huang D, Ou B, Jacob R. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC)) of plasma and other biological and food samples. *J. Agr. Food Chem.* 51: 3273-3279 (2003)
  17. Dubost NJ, Ou B, Beelman RB. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chem.* 105: 727-735 (2007)
  18. Um SN, Jin GE, Park KW, Yu YB, Park KM. Physiological activity and nutritional composition of *Pleurotus* species. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 90-96 (2010)
  19. Kim HK, Yang ES, Park KM, Kim GH, Kim HH, Lee KS. Chemical components, antioxidant activity, and  $\alpha$ -glucoamylase inhibitory activity of a new mushroom variety 'Dahyang'. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1179-1183 (2011)
  20. Higuchi M, Hisgahi N, Taki H, Osawa T. Cytolytic mechanisms of activated macrophages. Tumor necrosis factor and L-arginine-dependent mechanisms act synergistically as the major cytolytic mechanisms of activated macrophages. *J. Immunol.* 144: 1425-1431 (1990)
  21. Moro C, Palacios I, Lozano M, D'Arrigo M, Guillamón E, Villares A, Martínez JA, García-Lafuente A. Anti-inflammatory activity of methanolic extracts from edible mushrooms in LPS activated Raw 264.7 macrophages. *Food Chem.* 130: 350-355 (2012)
  22. Bourdon I, Yokoyama W, Davis P, Rabert R, Richter D, Knuckles B, Schneer BO. Postprandial lipid, glucose, insulin, and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with  $\beta$ -glucan. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 55-63 (1999)
  23. Nicolosi R, Bell SJ, Bistrian BR, Greenberg I, Forse RA, Blackburn GL. Plasma lipid changes after supplementation with  $\beta$ -glucan fiber from yeast. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 208-212 (1999)
  24. Chandra RK. Cell-mediated immunity in genetically obese mice. *Am J. Clin. Nutr.* 33: 13-19 (1980)
  25. Parrish CC, Pathy DA, Parkes JE, Angel A. Dietary fish oils modify adipocytes structure and function. *J. Cell. Physiol.* 148: 493-502 (1991)
  26. Yuan Z, He P, Cui J, Takeuchi H. Hypoglycemic effect of water-soluble polysaccharide from *Auricularia auricular judae* Quel. on genetically diabetic KK-Ay mice. *Biosci. Biotech. Bioch.* 62: 1898-1903 (1998)
  27. Goldberg IJ. Lipoprotein lipase and lipolysis: Central roles in lipoprotein metabolism and atherogenesis. *J. Lipid Res.* 37: 693-707 (1996)
  28. Assmann G, Schulte H. The prospective cardiovascular m, nster (PROCAM) study: Prevalence of hyperlipidemia in persons with hypertension and/or diabetes mellitus and the relationship to coronary heart disease. *Am. Heart J.* 116: 1713-1724 (1988)
  29. Kim GJ, Kim HS, Chung SY. Effects of varied mushroom on lipid compositions in dietary hypercholesterolemic rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 131-135 (1992)
  30. Blair SN, Kohl III HW, Paffenbarger RS Jr, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women. *J. Am. Med. Assoc.* 262: 2395-2401 (1989)
  31. Smutok MA, Reece C, Kokkinos PF, Farmer C, Dawson P, Shulman R, DeVane-Bell J, Patterson J, Charabogos C, Goldberg AP, Hurley BF. Aerobic versus strength training for risk factor intervention in middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism* 42: 177-184 (1993)