

고지방 식이 마우스에서 로스팅 유무에 따른 차가버섯의 지질대사 개선 효과

김나은, 이미옥, 장미희, 정병희*

(주)해송KNS 기업부설연구소

Improvement of Lipid Metabolism of *Inonotus obliquus* and roasted *Inonotus obliquus* extracts in mice a fed high-fat diet

Kim, N. E., M. O. Lee, M. H. Jang and B. H. Chung*

Research and Development Institute, Haesong KNS, Chuncheon 24232, Korea

*Corresponding author: Chung, B. H. (E-mail: dal2982001@gmail.com)

ABSTRACT

Received: 1 December 2017

Revised: 1 February 2018

Accepted: 5 February 2018

This study was conducted to investigate the effects of *Inonotus obliquus* and roasted *Inonotus obliquus* extract powder on lipid metabolism in C57BL/6J mice fed a high-fat diet (HFD). Mice were randomly divided into five groups: normal diet (ND) group, HFD group, HFD group with 1% *Inonotus obliquus* extract powder (HFD-I) group, HFD with roasted *Inonotus obliquus* extract powder condition 1 diet (HFD-RI1) group, and HFD with roasted *Inonotus obliquus* extract powder condition 2 diet (HFD-RI2) group. After 10 weeks, the HFD-I, HFD-RI1, and HFD-RI2 groups had a significantly reduced epididymal adipose tissue weight. Plasma triglyceride, total cholesterol, and low-density lipoprotein-cholesterol levels were significantly decreased in the HFD group compared to those of the ND group. Furthermore, the atherogenic index and cardiac risk factor were suppressed in the HFD-I, HFD-RI1, and HFD-RI2 groups, with a significant decrease detected in the HFD-RI1 group compared to the HFD group. These results suggest that roasted *Inonotus obliquus* extract powder may be an effective anti-obesity material by reducing plasma triglyceride and cholesterol levels.

Keywords: Anti-obesity, C57BL/6J mouse, *Inonotus obliquus*, Lipid metabolism, Roasting

서론

최근 경제 성장과 더불어 국민소득이 향상되어 식생활에서 지질 섭취량이 증가하고 식이섬유의 섭취량은 감소하고 있으며 그 결과로 비만 인구도 크게 증가하고 있는데, 비만은 단순히 체중이 증가하고 몸집이 비대해져 생활에 불편을 주는 문제뿐만 아니라 혈중 지질 농도를 높여 동맥경화와 심장병을 초래하고 인슐린 저항성을 높여 당뇨병이나 생리 불순, 암과 같은 합병증을 유발한다. 또한 고지혈증과 고혈압, 동맥경화, 지방간, 관절이상, 그리고 뇌졸중 등과 같은



만성 퇴행성 질환의 주요 원인이기 때문에 비만의 예방과 치료는 매우 중요하게 대두되고 있다(Lee, 1992; Lew, 1985; Kim et al., 2003; Ahn et al., 2008; Woo et al., 2008).

비만을 사전에 예방하기 위하여 식사와 운동 요법이 권장되고 있지만 노력과 시간이 많이 필요하고 효과가 단시간에 나타나지 않기 때문에 보조식품이나 약물요법, 더 나아가서는 외과적 수술을 통한 치료가 증가하고 있는 상황이다. 따라서 비만 치료를 위한 약물의 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 현재 식욕이나 지방의 소화흡수를 억제하기 위해 개발된 약물들은 시중에 일부 유통되고 있으나 지방변이나 배변 실금 등의 부작용도 꾸준히 제기되고 있는 상황이므로 사용이 매우 제한적인 것이 현실이다(Apfelbaum et al., 1999; Yum, 2001; Jung et al., 2003). 그러므로 인공적인 치료제들의 부작용을 최소화하기 위하여 천연물질로부터 체중조절에 효과적인 기능성 소재를 탐색하고 그 효과를 연구하는데 이목이 집중되고 있다(Schwartzmann et al., 2001).

북위 45°의 한랭 다습한 지역에서 주로 자생하는 차가버섯(*Inonotus obliquus*)은 러시아의 시베리아가 주요 지역이며 핀란드나 노르웨이 같은 북유럽 등지에서도 자생하고 있고, 국내에서도 일부 지역에서 자생하는 것으로 보고되고 있다(Shashkina et al., 2006; Guk et al., 2013). 현재 차가버섯과 관련된 연구를 살펴보면, 주요 생리활성 성분인 베타글루칸(β -glucan)과 폴리페놀(polyphenol) 등을 통한 항산화 효과와 항암 효과들이 많이 연구되어 있고 일부 연구를 통하여 항비만 효능에 대한 가능성이 언급되고 있다(Najafzadeh et al., 2007; Lee et al., 2007; Park et al., 2005; Kim et al., 2007; Sung et al., 2008; Youn et al., 2009; Kim et al., 2006; Burczyk et al., 1996; Hwang et al., 2003). 최근의 차가버섯의 항비만 관련 연구들을 살펴보면 3T3-L1 전지방세포주가 지방세포로 분화된 후 나타나는 지방구의 증가가 차가버섯 또는 발효 차가버섯 추출물 처리 이후 감소하였다는 보고가 있으며(Chung et al., 2016; Kim et al., 2017), 고지방 식이 유도 비만 마우스에서 차가버섯 추출물을 경구투입하였을 때 지질대사 개선에 효과가 있고(Kim et al., 2009; Kim et al., 2016), 그 효과가 베타글루칸의 증가와 관련이 있다는 연구도 보고되어 있다(Kang et al., 2012). 본 저자는 이전 연구에서 로스팅 차가버섯이 분화된 지방세포의 지방구 억제 및 관련 단백질 발현인자의 감소에 있어서 차가버섯보다 그 효능이 높다는 것을 확인하였으므로(Kim et al., 2017), 후속 연구로 C57BL/6J 마우스 동물모델에서 로스팅 차가버섯이 고지방 식이로 유도된 비만쥐의 지질대사를 개선시키는지 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

차가버섯 추출물의 제조

차가버섯 원물은 (주)아르프라이프사(Artlife, Tomsk, Russia)에서 구입하였으며, 차가버섯의 로스팅은 SMART 1500 (IMEX Corporation Ltd., Seoul, Korea)을 이용하여 차가버섯의 유용성분인 베타글루칸이 파괴되지 않는 저온 조건과 수분 분무 유무에 따른 로스팅을 진행하였다(Table 1). 이후 차가버섯 원물과 시료인 로스팅 차가버섯을 증류수에 침지시켜 70°C에서 24시간동안 추출하였으며, 완성된 추출액을 filter paper (Whatman paper No. 2)를 사용하여 감압여과장치로 여과/분리하고 대형회전농축기로 70°C water bath에서 60 rpm의 속도로 회전시키며 감압농축을 실시하였다. 완성된 농축액은 deep freezer에서 24시간 냉동시킨 후 동결건조기에서 3일 이상 차가버섯 시료의 분말화를 위한 동결건조를 진행하였으며, 동결건조가 끝난 후 시료를 분쇄하여 냉동보관하고 실험에 사용하였다.

Table 1. Roasting conditions of *Inonotus obliquus*

		CE ¹⁾	RCE1	RCE2
Mode		Roast color: Medium		
Bean Temp. Mode (°C)	1st	-	78	78
	2nd	-	83	83
	Color	-	88	88
Aging Set Mode (sec)	Aging water	-	-	5
	Aging time	-	-	60

¹⁾CE, *Inonocus obliquus* extract; RCE1, roasted *I. obliquus* extract 1; RCE2, roasted *I. obliquus* extract 2.

실험동물의 사육 및 식이조성

본 연구에 사용된 실험동물은 비만에 감수성이 있어 고지방 식이를 통한 항비만 효과에 많이 사용되는 4주령 수컷 C57BL/6J 마우스를 (주)다비엘(Daehan Bio Link, North Chungcheong, Korea)사에서 구입하였다. 1주일동안 일반 표준식이와 물을 급여하여 사육 환경에 적응시킨 후 45마리를 난괴법(Randomized complete block design)으로 5그룹(Normal diet, ND; High fat diet, HFD; High fat diet with 1% Chaga extract, HFD-I; High fat diet with 1% roasted

Table 2. Composition of experimental diets¹⁾

Ingredient	Normal diet		High-fat diet		
	ND	HFD	HFD-I	HFD-RI1	HFD-RI2
Casein, 80 mesh	200	200	200	200	200
L-Cystine	3	3	3	3	3
Corn starch	315	-	-	-	-
Maltodextrin 10	35	125	125	125	125
Sucrose	350	68.8	68.8	68.8	68.8
Cellulose, BW200	50	50	50	50	50
Soybean oil	25	25	25	25	25
Lard	20	245	245	245	245
Mineral Mix S10026	10	10	10	10	10
Dicalcium phosphate	13	13	13	13	13
Calcium carbonate	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Potassium citrate · 1H ₂ O	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Vitamin Mix V10001	10	10	10	10	10
Choline Bitartrate	2	2	2	2	2
FD&C Yellow dye#5	0.05	-	-	-	-
FD&C Blue dye#1	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Extract	-	-	1% of high fat diet		
Total	1,055.05	773.85	773.85	773.85	773.85
Protein (Kcal%)	19.2	26.2	26.2	26.2	26.2
Carbohydrate (Kcal%)	67.3	26.3	26.3	26.3	26.3
Fat (Kcal%)	4.3	34.9	34.9	34.9	34.9
kcal/gm	3.85	5.24	5.24	5.24	5.24

¹⁾Formulated by E.A. Ulman, Ph. D., Research Diets, Inc., 8/26/98 and 3/11/99.

²⁾ND, normal diet; HFD, high-fat diet; HFD-I, HFD with 1% Chaga extract; HFD-RI1, HFD with 1% roasted Chaga extract 1; HFD-RI2, HFD with 1% roasted Chaga extract 2.

Chaga extract 1, HFD-RI1; High fat diet with 1% roasted Chaga extract 2, HFD-RI2)으로 나누었다. 실험 식이는 표준식이를 한 정상식이군(4.3 Kcal%)과 고지방식이군(34.9% Kcal%), 고지방식이군에 1%의 차가버섯 원물 및 로스팅 차가버섯 추출분말을 첨가한 식이군으로 나누어 10주 동안 사육하였다(Table 2).

사육 기간 동안 물과 식이는 자유급식으로 진행하였으며, SPF 사육실(온도 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 습도 $50 \pm 5\%$, 명암 12시간 간격)에서 생육에 적합한 환경을 제공하였으며, 식이섭취량 및 체중은 1주일에 2회 측정하여 평균값을 계산하고 식이 효율(food efficiency ratio, FER)은 10주간의 총 식이 섭취량에 대한 체중 증가량의 비율($\text{FER} = \text{body weight gain(g)}/\text{food intake(g)}$)로 계산하였다(Moon et al., 2010). 본 동물실험은 춘천바이오산업진흥원의 실험동물윤리위원회의 승인(CBF IACUC 2017-011)을 받은 후 규정에 따라 실행하였다.

해부 및 혈액샘플 채취

10주의 사육기간이 종료된 후, 12시간 절식시킨 마우스를 희생시키고 채혈부위를 깨끗하게 소독한 후 심장채혈법에 따라 혈액 샘플을 채취하였다. 혈액은 즉시 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액인 혈청을 분리하고 분석 전까지 -80°C 에서 냉동보관하였다.

장기적출 및 무게 측정

마우스에서 간, 폐, 부고환, 비장, 신장을 각각 채혈 즉시 적출하여 생리식염수에 2~3회 세척한 후 표면의 수분을 거즈를 이용하여 제거하고 무게를 측정하여 기록하였다. 이후 적출된 조직은 즉시 액체질소에 급속냉각시키고 분석 전까지 -80°C 에서 냉동보관하였다.

혈청 중의 지질분석

지질대사의 지표를 분석하기 위하여 분리한 혈청으로 중성지방(Triglyceride, TG)과 총콜레스테롤(Total-cholesterol, TC), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol) 농도를 효소법으로 측정하였으며, 측정에 사용한 kit는 아산제약(Asan Pharmaceutical Co., Korea)에서 구입하여 사용하였다. LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 총 콜레스테롤-(HDL-C + 중성지방/5)의 계산식으로 산출하였다(Friedewald et al., 1972; Shin et al., 2010).

동맥경화 지수 및 심혈관위험지수 측정

동맥경화지수(Atherogenic Index, AI)는 Fiordaliso의 계산법(Shin et al., 2010)에 따라 $\text{AI} = ([\text{TC}] - [\text{HDL-C}]/[\text{HDL-C}])$ 식을 사용하여 분석하였으며, 심혈관위험지수(Cardian Risk Factor, CRF)는 Rosenfeld 계산법(Sim and Kim, 2016)을 이용하여 $\text{CRF} = \text{TC}/\text{HDL-C}$ 의 식으로 값을 구하여 분석하였다.

통계처리

모든 측정은 3회 반복하였으며 측정값의 통계처리는 Student's t-test를 이용하여 독립적인 두 집단에 대한 결과 값을 평균과 표준편차로 나타내었고, 분석결과 $p < 0.05$ 인 것을 유의적인 결과로 판단하였다.

결과 및 고찰

마우스의 체중 변화 및 식이효율 분석

고지방 식이를 통해 비만을 유도한 C57BL/6J 마우스에 차가버섯 원물 및 로스팅 차가버섯의 추출분말을 1% 수준으로 첨가하여 10주간 사육한 결과, 체중 변화 및 식이효율에 미치는 영향은 Table 3과 같았다. 정상군(ND군)의 체중 증가량(12.16 ± 1.68 g)에 비해 고지방식이군(HFD군)과 고지방식이 + 차가버섯 첨가군(HFD-I군), 고지방식이 + 로스팅 차가버섯 조건 1 첨가군(HFD-RI1군)은 각각 21.40 ± 2.20 g, 21.10 ± 1.60 g, 20.13 ± 2.88 g으로 유의적으로 증가하였지만 군간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 반면에, 고지방식이 + 로스팅 차가버섯 조건 2 첨가군(HFD-RI2군)은 19.14 ± 1.83 g의 체중증가량을 보여 HFD군, HFD-I, HFD-RI1군에 비해 유의적으로 체중이 적게 증가한다는 것을 확인하였다. 마우스의 일일섭취량은 $3.59 \pm 1.61 - 3.98 \pm 1.89$ g/day로 실험군간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 식이효율을 살펴본 결과, ND군과 비교하여 모든 군에서 식이효율이 증가한 것으로 확인하였다.

Table 3. Changes in body weight and food intake in mice fed a high-fat diet containing *Inonotus obliquus* extracts

Groups	Body weight (g)		Body weight gain (g)	Food intake (g/day)	FER ¹⁾ (%)
	Initial	Final			
ND ²⁾	19.55 ± 0.72	31.71 ± 1.99	12.16 ± 1.68	3.78 ± 1.64	3.18 ± 0.31
HFD	19.88 ± 0.53	$41.28 \pm 2.24^{**}$	$21.40 \pm 2.20^{**}$	3.85 ± 1.91	$5.51 \pm 0.21^{**}$
HFD-I	18.68 ± 1.98	$39.78 \pm 1.78^{**}$	$21.10 \pm 1.60^{**}$	3.98 ± 1.89	$5.31 \pm 0.83^*$
HFD-RI1	18.53 ± 2.57	$38.08 \pm 1.50^{**,\#\#}$	$20.13 \pm 2.88^{**}$	3.59 ± 1.61	$5.58 \pm 0.97^*$
HFD-RI2	19.46 ± 1.05	$38.60 \pm 1.98^{**,\#\#}$	$19.14 \pm 1.83^{**,\#\#,†}$	3.66 ± 1.67	$5.23 \pm 0.42^{**}$

Values are mean \pm SE (n = 9).

¹⁾PER, Food efficiency ratio = body weight change/food intake.

²⁾ND, normal diet; HFD, high-fat diet; HFD-I, HFD with 1% Chaga extract; HFD-RI1, HFD with 1% roasted Chaga extract 1; HFD-RI2, HFD with 1% roasted Chaga extract 2.

** $p < 0.01$ vs. ND; # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$ vs. HFD; † $p < 0.05$ vs. HFD-I

주요 조직 및 부고환 지방의 무게 비교

각 군의 간과 폐, 비장, 신장, 그리고 부고환 지방의 무게를 비교한 결과는 Table 4와 같았다. 간 조직의 무게는 HFD군과 HFD-I군이 ND군에 비하여 유의적으로 증가하였는데, 이러한 결과는 고지방식이를 유지할 경우 간 조직에서 콜레스테롤과 중성지질의 함량이 높아지며 그 영향으로 간의 지질대사 이상을 초래하여 지질 침착을 초래하여 간 조직의 무게를 증가시킨다는 연구결과와 일치하였다(Park et al., 2013; Jayasooriya et al., 2000; Cha et al., 2001). 그리고 HFD-RI1, HFD-RI2의 간 조직 무게는 ND군과 유사한 수준인 것으로 볼 때 차가버섯 자체보다는 차가버섯을 로스팅 하였을 때 그 효과가 나타난다는 것을 알 수 있었다. 폐의 무게는 ND군에 비해 HFD군에서 유의적 증가를 보였으며, HFD-RI1군에서는 HFD군과 비교하여 무게가 유의적으로 감소하였고, 로스팅 조건이 다른 HFD-RI2군에서는 유사한 결과가 나타나지 않았다. 비장의 무게는 ND군과 비교하여 HFD군, HFD-I군, HFD-RI2군에서 유의적으로 증가하였고, HFD-RI1군에서는 수치적으로는 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 신장의 경우, ND군에 비해 HFD군과 HFD-I군에서 유의적으로 무게가 증가하였으며, HFD-RI1군과 HFD-RI2군은 ND군과 비슷한 무게로 측정되었다. 특히 HFD-RI1군 같은 경우에는 HFD군과 HFD-I군과 비교 시 유의적으로 신장의 무게가 감소되어 ND군과 유사한 수준인 것으로 확인되었다.

Table 4. Weights of the major organs of mice fed a high-fat diet containing *Inonotus obliquus* extracts

Groups	Weight (g)				
	Liver	Lung	Spleen	Kidney	Epididymis
ND ¹⁾	1.01 ± 0.07	0.16 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.36 ± 0.03	0.04 ± 0.01
HFD	1.11 ± 0.08*	0.18 ± 0.01**	0.09 ± 0.01**	0.39 ± 0.02*	0.07 ± 0.02**
HFD-I	1.11 ± 0.05**	0.18 ± 0.01	0.1 ± 0.01**	0.39 ± 0.02*	0.07 ± 0.02**
HFD-RI1	1.06 ± 0.06	0.17 ± 0.01 [#]	0.09 ± 0.01	0.35 ± 0.03 ^{###,††}	0.06 ± 0.02
HFD-RI2	1.09 ± 0.09	0.17 ± 0.01	0.09 ± 0.01**	0.37 ± 0.03	0.08 ± 0.02**

Values are mean ± SE (n = 9).

¹⁾ND, normal diet; HFD, high-fat diet; HFD-I, HFD with 1% Chaga extract; HFD-RI1, HFD with 1% roasted Chaga extract 1; HFD-RI2, HFD with 1% roasted Chaga extract 2.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. ND; [#] $p < 0.05$, ^{###} $p < 0.01$ vs. HFD; ^{††} $p < 0.01$ vs. HFD-I

부고환 지방조직의 무게를 확인한 결과, HFD-RI2군(0.08 ± 0.02 g) > HFD군(0.07 ± 0.02 g) > HFD-I군(0.07 ± 0.02 g) > HFD-RI1군(0.06 ± 0.02 g) > ND군(0.04 ± 0.01 g)의 순으로 나타났으며, ND군과 비교하여 HFD-RI1군을 제외한 모든 군에서 부고환 지방조직의 무게가 유의적으로 증가된 것을 확인하였다. 연구 결과에 따르면, 고지방 식이의 섭취는 체내 장기나 피하에 지방을 축적시키고 지질관련 대사에도 이상을 초래하여 각종 대사장애 및 고혈압, 고지혈증 등을 유발하는 것으로 보고되어 있다(Park et al., 2013; Lee, 2009; Despres, 1993). 본 실험에서도 10주간 고지방식을 섭취한 HFD군에서 간과 부고환 지방의 무게가 ND군에 비해 유의적으로 증가된 것을 확인하였으며, 차가버섯 추출분말 첨가 시, 원물 자체보다는 로스팅 차가버섯 추출분말, 특히 조건 1의 차가버섯 추출분말을 첨가하였을 때 간을 포함한 주요 조직의 무게와 부고환 지방조직의 축적량이 적은 것으로 확인되어 내부 장기로 지방이 축적되는 것을 억제하는 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈중 지질농도 분석

혈액 내 중성지방은 복부 지방이 많은 사람에게 높다고 보고되어 있는데 이는 피하지방과 내장지방의 비율이 혈중 중성지방 농도에 영향을 미치기 때문이라고 알려져 있다(Kim, 2000). 본 연구결과에서 혈장 내 중성지방을 분석한 결과, 혈장 내 중성지방은 ND군에 비해 HFD군에서 유의적으로 증가된 것을 확인하였으며, 차가버섯 추출물을 조건별로 처리하였을 경우 HFD-I군은 HFD군과 마찬가지로 ND군보다 유의적으로 증가하였다(Fig. 1A). 반면에 로스팅한 차가버섯 추출분말이 첨가된 식이를 한 HFD-RI1군과 HFD-RI2군은 ND군에 비해 증가하긴 하였지만 유의적인 차이는 나타나지 않아 로스팅 차가버섯 추출분말이 중성지방의 함량을 억제함을 확인할 수 있었다.

총 콜레스테롤은 관상 동맥질환이나 이상지질혈증을 확인하는 주요 지표성분으로 알려져 있으므로(Park et al., 2013), 혈중 총 콜레스테롤의 함량을 측정된 결과 ND군에 비해 HFD군이 총 콜레스테롤 함량을 유의적으로 증가시킨다는 것을 확인하였으며, 차가버섯 추출물을 첨가한 모든 군에서는 ND군과 유사한 낮은 총 콜레스테롤 수치를 보였다. 그리고 이 수치는 HFD군과 비교하였을 때 유의적으로 낮은 것을 확인하였다(Fig. 1B).

지질성분 중 동맥경화를 유발하는 LDL-콜레스테롤을 제거하여 간으로 이동시키는 좋은 콜레스테롤인 HDL-콜레스테롤(Park et al., 2013)의 함량을 분석한 결과, ND군과 비교하여 HFD군, HFD-I군, HFD-RI1군, HFD-RI2군 모두에서 유의적인 증감은 나타나지 않았다(Fig. 1C). 하지만 동맥 혈관 벽에 붙어 동맥경화를 일으키거나 심장질환의 원

인이 되는 LDL-콜레스테롤(Park et al., 2013; Park et al., 2007)의 함량을 분석한 결과, ND군에 비해 HF군은 유의적으로 증가하였으며, 차가버섯 추출분말 첨가군인 HFD-I, HFD-RI1군, HFD-RI2군 모두 고지방 식이로 인해 증가된 LDL-콜레스테롤의 양을 감소시켰다(Fig. 1D). 특히 차가버섯을 로스팅하여 첨가한 HFD-RI1군, HFD-RI2군에서는 HF군에 비해 유의적인 수준으로 LDL-콜레스테롤의 양을 감소시키는 것으로 확인되어 혈중 콜레스테롤 농도 개선이 로스팅한 차가버섯이 도움을 될 것이라고 사료되었다.

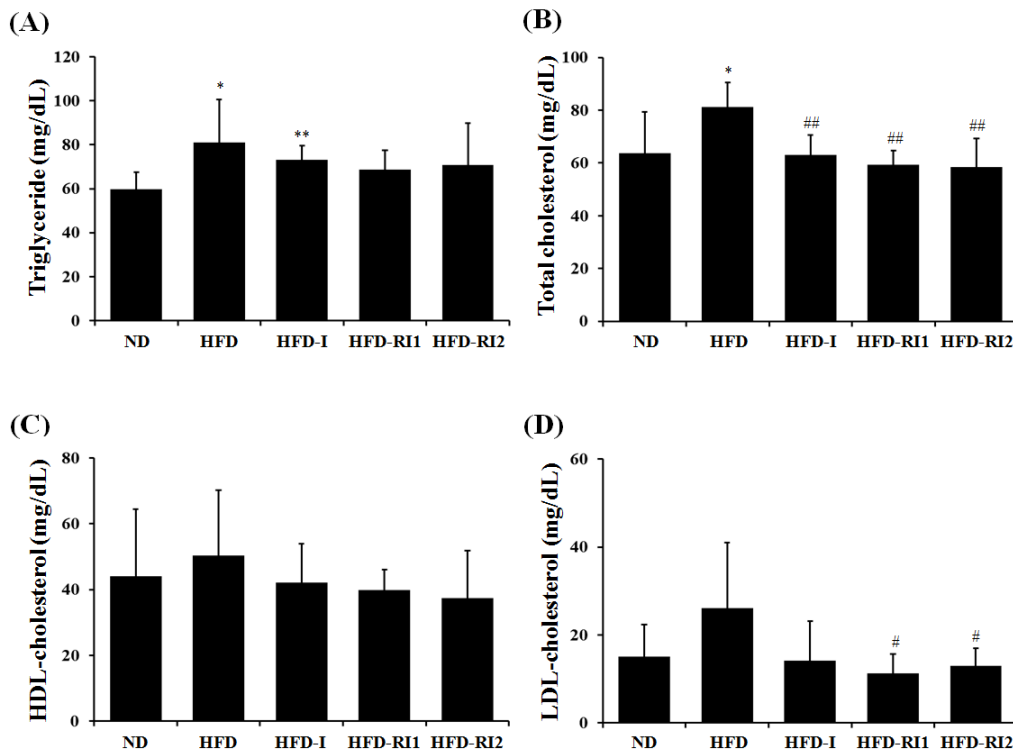


Fig. 1. Effects of *Inonotus obliquus* extracts on plasma lipid profiles in mice fed a high-fat diet. Values are mean \pm SE (n = 9). ND, normal diet; HFD, high-fat diet; HFD-I, HFD with 1% Chaga extract; HFD-RI1, HFD with 1% roasted Chaga extract 1; HFD-RI2, HFD with 1% roasted Chaga extract 2. * p < 0.05, ** p < 0.01 vs. ND; ## p < 0.01 vs. HFD; # p < 0.05 vs. HFD.

동맥경화 및 심혈관질환 지수 분석

혈중에 콜레스테롤 농도가 높으면 동맥경화 발생률이 증가하게 되는데(Park et al., 2013), 그 지표가 되는 것이 바로 동맥경화지수(atherogenic index, AI)이므로 그 함량을 계산하여 분석한 결과, ND군에 비하여 HFD군의 AI 수치가 유의적인 수준은 아니었지만 증가하는 것을 확인하였으며, 차가버섯 추출분말을 첨가한 군에서는 HFD-RI1군에서 HFD군에 비해 그 지수가 유의적으로 감소하여 동맥경화지수를 낮추는 것을 알 수 있었다(Table 5). 다음으로 심혈관지수인 CRF 수치를 확인하였는데, 그 이유는 HDL 콜레스테롤은 심혈관 질환 관련성이 높고 HDL 콜레스테롤의 혈중농도가 낮으면 심장병이나 동맥경화 등의 위험성이 매우 크다고 알려져 보고되어있기 때문이다(Yang et al., 2009; Moon et al., 2010). 따라서 CRF 지수를 확인한 결과, HFD군에서 ND군에 비해 증가된 CRF 지수가 HFD-I군, HFD-RI1군, HFD-RI2군에서 모두 감소하였으며, 특히 HFD-RI1군에서 HFD군과 비교했을 때 유의적인 수준으로 감소되는 것을 확인하였다.

Table 5. Changes of cardiovascular risk predictor on plasma lipid levels in mice fed a high-fat diet containing *Inonotus obliquus* extracts

Index	Group				
	ND ¹⁾	HFD	HFD-I	HFD-RI1	HFD-RI2
AI ²⁾	0.79 ± 0.47	1.26 ± 0.62	0.88 ± 0.54	0.7 ± 0.16 [#]	0.85 ± 0.33
CRF ³⁾	1.79 ± 0.47	2.26 ± 0.62	1.88 ± 0.54	1.7 ± 0.16 [#]	1.85 ± 0.33

Values are mean ± SE (n = 9).

¹⁾ND, normal diet; HFD, high-fat diet; HFD-I, HFD with 1% Chaga extract; HFD-RI1, HFD with 1% roasted Chaga extract 1; HFD-RI2, HFD with 1% roasted Chaga extract 2.

²⁾AI, Atherogenic index

³⁾CRF, Cardiac Risk Factor

[#]p < 0.05 vs. HFD

요약

본 연구에서는 4주령 C57BL/6J 마우스 모델을 이용하여 지질대사 과정에서 차가버섯 추출물의 로스팅 유무에 따라 고지방 식이를 투여할 경우 지질대사를 개선하는지 확인하고자 하였다. 마우스를 난괴법으로 5군(ND: 정상식이군, HFD: 고지방식이군, HFD-I: 고지방식이 + 차가버섯 첨가군, HFD-RI1: 고지방식이 + 로스팅 차가버섯 조건 1 첨가군, HFD-RI2: 고지방식이 + 로스팅 차가버섯 조건 2 첨가군)으로 무작위로 나누고 차가버섯 추출분말을 1% 식이에 첨가하여 10주간 사육하였다. 10주 후 마우스의 체중과 식이섭취량, 식이효율을 확인한 결과, 체중 증가량과 식이효율이 ND군에 비해 HFD군에서 유의적으로 증가하였으며 나머지 군은 증가하는 하였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 주요조직 및 부고환 지방조직의 무게 측정 결과, 간, 폐, 비장, 신장 및 부고환 지방조직에서 모두 ND군에 비해 HFD군의 무게가 유의적으로 증가하였으며, HFD-RI1군의 경우에는 고지방 식이로 증가된 조직의 무게 중 폐와 신장이 유의적으로 감소하는 것을 확인하였고, 유의적이진 않았으나 부고환 지방조직에서의 감소도 확인되었다. 혈중 지질성분을 분석한 결과, 고지방 식이로 인해 증가된 중성지방과 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤은 차가버섯 추출분말을 첨가한 군에서 모두 함량이 감소하였으며, 특히 로스팅 차가버섯 추출분말을 첨가한 군(HFD-RI1, HFD-RI2)에서 유의적인 감소를 나타냈다. 마지막으로 동맥경화지수(AI)와 심혈관질환 지수(CRF)를 분석한 결과, 고지방 식이로 인해 증가된 AI와 CRF가 차가버섯 추출분말을 처리한 모든 군에서 감소하였으며, 특히 로스팅 차가버섯 추출분말 첨가군인 HFD-RI1에서는 유의적인 감소 효과를 보였다. 따라서 이러한 결과들을 통해 차가버섯, 특히 로스팅한 차가버섯이 지질대사 개선에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

사사

본 연구는 중소벤처기업부의 지역특화산업육성(R&D) 기술개발 사업 과제(과제번호: R0005105) 지원으로 수행된 것으로 이에 감사를 드립니다.

인용문헌(References)

Ahn, J., Lee, H., Kim, S., Park, J., Ha, T. (2008) The anti-obesity effect of quercetin is mediated by the AMPK and

- MAPK signaling pathways. *Biochem Biophys Res Commun* 373(4):545-549.
- Apfelbaum, M., Vague, P., Ziegler, O., Hanotin, C., Thomas, F., Leutenegger, E. (1999) Long-term maintenance of weight loss after a very-low-calorie diet: a randomized blinded trial of the efficacy and tolerability of sibutramine. *Am J Med* 106(2):179-184.
- Burczyk, J., Gawron, A., Slotwinska, M., Smietana, B., Terminska, K. (1996) Antimitotic activity of aqueous extracts of *Inonotus obliquus*. *Boll Chim Farm* 135(5):306-309.
- Cha, J. Y., Cho, Y. S., Kim, D. J. (2001) Effect of chicory extract on the lipid metabolism and oxidative stress in rats. *J Koran Soc Food Sci Nutr* 30(6):1220-1226.
- Chung, B. H., Park, E. H., Lee, M. O., Kim, M. D. (2016) Enhancement of antiobesogenic efficacy of *Inonotus obliquus* by lactic acid bacteria fermentation. *J Agric Life Environ Sci* 28(3):38-45.
- Despres, J. P. (1993) Abdominal obesity as important component of insulin-resistance syndrome. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.) 9(5):452-459.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., Fredrickson, D. S. (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18(6):499-502.
- Guk, M. H., Kim, D. H., Lee, C., Jeong, E. S., Choi, E. J., Lee, J. S., Lee, T. S. (2013) Antioxidant and skin whitening effects of *Inonotus obliquus* methanol extract. *J Mushroom* 11(2):99-106.
- Haglund, O., Luostarinen, R., Wallin, R., Wibell, L., Saldeen, T. (1991) The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J Nutr* 121(2):165-169.
- Hwang, Y. J., Noh, G. W., Kim, S. H. (2003) Effect of *Inonotus obliquus* extracts on proliferation and caspase-3 activity in human gastro-Intestinal cancer cell lines. *Korean J Nutr* 36(1):18-23.
- Jayasooriya, A. P., Sakono, M., Yukizaki, C., Kawano, M., Yamamoto, K., Fukuda, N. (2000) Effects of *Momordica charantia* powder on serum glucose levels and various lipid parameters in rats fed with cholesterol-free and cholesterol-enriched diets. *J Ethnopharmacol* 72(1):331-336.
- Jung, C. H., Choi, I. W., Kim, S. R., Seog, H. M. (2003) Effect of *Molokhia* (*Corchorus olitorius*) and its mucilage on cholesterol metabolism in high cholesterol fed rats. *Korean J Food Sci Technol* 35(3):379-385.
- Kang, S. A., Jang, K. H., Hong, K. H., Choi, W. A., Jung, K. H., Lee, I. Y. (2002) Effect of dietary β -glucan on adiposity and serum lipids levels in obese rats induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(6):1052-1057.
- Kang, S. M., Shim, J. Y., Hwang, S. J., Hong, S. G., Jang, H. E., Park, M. H. (2003) Effects of saengshik supplementation of health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:906-912.
- Kim, B. B., Kim, M. S., Hyun, C. K. (2016) Suppression of adiposity and improvement of fat metabolism in high-fat diet-induced obese mice treated with an *Inonotus obliquus* extract. *Korean Pharmacogn* 47(2):172-178.
- Kim, E. J., Lee, Y. J., Shim, H. K., YoonPark, J. H. (2006) A study on the mechanisms by which the aqueous extract of *Inonotus obliquus* induces apoptosis and inhibits proliferation in HT-29 human colon cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(5):516-523.
- Kim, H. G., Yoon, D. H., Kim, C. H., Shrestha, B., Chang, W. C., Lim, S. Y., Lee, W. H., Han, S. G., Lee, J. O., Lim, M. H., Kim, G. Y., Choi, S., Song, W. O., Sung, J. M., Hwang, K. C., Kim, T. W. (2007) Ethanol extract of *Inonotus obliquus* inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation in RAW 264.7 macrophage cells. *J Med Food* 10(1):80-89.
- Kim, H. K. (2000) Obesity and fat metabolism. *J Korean Soc Study Obes* 9:63-65.
- Kim, K. I., Han, C. K., Seong, K. S., Lee, O. H., Park, J. M., Lee, B. Y. (2003) Effect of whole powder and extracts of *Gastrodiae Rhizoma* on serum lipids and body fat in rats fed high-fat diet. *Korean J Food Sci Technol* 35(4): 720-725.
- Kim, M. A., Jeong, Y. S., Chun, G. T., Cha, Y. S. (2009) Antihyperlipidemic and glycemic control effects of mycelia of *Inonotus obliquus* including protein-bound polysaccharides extract in C57BL/6J mice. *J Korean Soc Food Sci*

- Nutr 38(6):667-673.
- Kim, N. E., Lee, M. O., Jang, M. H., Chung, B. H. (2017) Evaluation of anti-obesity effect of roasted *Inonotus obliquus* in 3T3-L1 cells. J Agric Life Environ Sci 29(3):193-201.
- Lee, H. J. (2009) Hyperlipidemic effect of supplemented onion extract in participants with borderline high cholesterol level. Doctoral Dissertation, M.S. Thesis, Changwon University, Gyeongnam, Korea.
- Lee, I. K., Kim, Y. S., Jang, Y. W., Jung, J. Y., Yun, B. S. (2007) New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. Bioorg Med Chem Lett 17(24):6678-6681.
- Lee, J. H. (1992) Treatment of obesity. J Korean Soc Obes 1:21-24.
- Lew, E. A. (1985) Mortality and weight: insured lives and the American Cancer Society studies. Ann Intern Med 103(6_Part_2):1024-1029.
- Moon, J. H., Sung, J. H., Choi, I. W., Kim, Y. S. (2010) Anti-obesity and hypolipidemic activity of taro powder in mice fed with high fat and cholesterol diets. Korean J Food Sci Technol 42(5):620-626.
- Najafzadeh, M., Reynolds, P. D., Baumgartner, A., Jerwood, D., Anderson, D. (2007) Chaga mushroom extract inhibits oxidative DNA damage in lymphocytes of patients with inflammatory bowel disease. Biofactors 31(3, 4): 191-200.
- Park, S. H., Jang, M. J., Hong, J. H., Rhee, S. J., Choi, K. H., Park, M. R. (2007) Effects of mulberry leaf extract feeding on lipid status of rats fed high cholesterol diets. J Korean Soc Food Sci Nutr 36(1):43-50.
- Park, S. J., Jeon, Y. J., Kim, H. J., Han, J. S. (2013) Anti-obesity effects of *Ishige okamurae* extract in C57BL/6J mice fed high-fat diet. Korean J Food Sci Technol 45(2):199-205.
- Park, Y. M., Won, J. H., Kim, Y. H., Choi, J. W., Park, H. J., Lee, K. T. (2005) In vivo and in vitro anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of the methanol extract of *Inonotus obliquus*. Journal of Ethnopharmacol 101(1):120-128.
- Schwartzmann, G., Da Rocha, A. B., Berlinck, R. G., Jimeno, J. (2001) Marine organisms as a source of new anticancer agents. Lancet Oncol 2(4):221-225.
- Shashkina, M. Y., Shashkin, P. N., Sergeev, A. V. (2006) Chemical and medicobiological properties of chaga. Pharm Chem J 40(10):560-568.
- Shin, J. H., Lee, S. J., Jung, W. J., Seo, J. K., Sung, N. J. (2010) Effect of the plants mixture and garlic composition on serum lipid level of hypercholesterolemic rats. J Life Sci 20(3):396-402.
- Sim, B. Y., Kim, D. H. (2016) Effects of Gamiolnyeo-jeon on lipid metabolism and blood glucose level in db/db mice. Korea J Herbol 31(2):39-45.
- Sung, B., Pandey, M. K., Nakajima, Y., Nishida, H., Konishi, T., Chaturvedi, M. M., Aggarwal, B. B. (2008) Identification of a novel blocker of $I\kappa B\alpha$ kinase activation that enhances apoptosis and inhibits proliferation and invasion by suppressing nuclear factor- κB . Mol Cancer Ther 7(1):191-201.
- Woo, M. N., Bok, S. H., Lee, M. K., Kim, H. J., Jeon, S. M., Do, G. M., Shin, S. K., Ha, T. Y., Choi, M. S. (2008) Anti-obesity and hypolipidemic effects of a proprietary herb and fiber combination (S&S PWH) in rats fed high-fat diets. J Med Food 11(1):169-178.
- Yang, E., Cho, Y., Choi, M., Woo, M., Kim, M., Shon, M., Lee, M. (2009) Effect of young barley leaf on lipid contents and hepatic lipid-regulating enzyme activities in mice fed high-fat diet. Korean J Nutr 42(1):14-22.
- Youn, M. J., Kim, J. K., Park, S. Y., Kim, Y., Park, C., Kim, E. S., Park, K. I., So, H. S., Park, R. (2009) Potential anticancer properties of the water extract of *Inonotus obliquus* by induction of apoptosis in melanoma B16-F10 cells. J Ethnopharmacol 121(2):221-228.
- Yum, K. S. (2001) Orlistat (XenicalR). Korean J Obes 10:25-36.