

표고버섯 보충이 제 2 형 당뇨병 환자의 혈당, 지질 대사 및 항산화 효소 활성화에 미치는 영향

장지호* · 김민선* · 김정연* · 최웅환** · 이상선*§

한양대학교 생활과학대학 식품영양학과,* 한양대학교 의과대학 내분비내과학교실**

Effects of Mushroom Supplementation on Blood Glucose Concentration, Lipid Profile, and Antioxidant Enzyme Activities in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus

Chang, Ji Ho* · Kim, Min Sun* · Kim, Jung Yun* · Choi, Woong Hwan** · Lee, Sang Sun*§

Department of Food & Nutrition,* Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Department of Internal Medicine,** College of Medicine, Hanyang University, Seoul 133-792, Korea

ABSTRACT

The present study was carried out to evaluate the physiological effects of mushroom supplementation on blood glucose levels, lipid profile, and antioxidant enzyme activities in subjects with type 2 diabetes mellitus. Subjects were randomized into either a control group or mushroom supplementation group. Mushroom supplementation was provided 3 times a day for 4 weeks. We found that total dietary fiber intake was about 2.5 times higher (30.3 g vs. 12.3 g) in subjects receiving mushroom supplementation than in the control group. Two groups maintained the same food intake and amount of activity, exercise during the supplementation. We observed no difference in age, height, weight, BMI (body mass index), blood pressure between the groups. Nutrient intake did not differ appreciably between the two groups, except for fiber intake, during the supplementation. Fasting blood glucose levels and 2-hour postprandial blood glucose levels were significantly lower in those ingesting mushroom than in controls. Furthermore, the concentrations of low-density lipoprotein cholesterol were decreased significantly in the mushroom supplementation group. Small changes were observed in the concentration of total cholesterol, triglyceride, high-density lipoprotein cholesterol of those supplemented with mushroom, but these changes were not statistically significant. Activities of superoxide dismutase and catalase with mushroom supplementation were higher than in controls, but and glutathione peroxidase activity was not affected. The levels of thiobarbituric acid reactive substance of mushroom group were lower than control group, but were not significant. We conclude that addition of mushroom influences glycemic control and may be effective in lowering blood lipids and improving antioxidant enzyme activities. Accordingly, such effects may reduce risk factors for cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes. However, to confirm these effects and to make dietary recommendations for patients with type 2 diabetes, further studies are necessary. (*Korean J Nutr* 2007; 40(4): 327~333)

KEY WORDS: mushroom, glycemic control, blood lipid levels, antioxidant enzyme activities.

서 론

전 세계적으로 당뇨병 환자의 발병률은 꾸준히 증가하는 추세에 있다. 특히 급속한 경제성장을 하고 있는 아시아 지역의 당뇨병 발병률은 매우 빠른 속도로 증가하고 있으며¹⁾ 우리나라도 예외는 아니다. 우리나라의 경우 1981년 약 1.5%

이던 당뇨병 유병률이 2001년에는 30세 이상 남자는 9%, 여자는 8.3%까지 증가하였고, 전문가들은 앞으로도 계속 당뇨병 환자들이 폭발적으로 증가할 것으로 예견하고 있다.²⁾ 특히 당뇨병은 심혈관 및 뇌혈관질환의 주요한 위험요인으로 알려져 있으며, 당뇨병 환자들의 경우 당뇨병이 없는 사람들에 비해 심혈관질환 위험이 2~4배 이상 높은 것으로 보고 되고 있다.³⁾ 당뇨병은 만성적인 관리를 필요로 하는 질환으로 치료를 위한 비용 뿐 아니라 치료시 발생하는 내성 문제로 인해 당뇨관리시 식이치료가 중요하다.⁴⁻⁷⁾ 이러한 식이치료를 위해 자연 식품의 영양학적 및 생리활성 측면에서 높은 가치가 인식되어지고 있다.^{8,9)} 이러한 식품에 포함되어

접수일 : 2007년 4월 24일

채택일 : 2007년 5월 23일

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : leess@hanyang.ac.kr

있는 미량의 phytochemical 등에 대하여 영양학적, 생화학적, 의학적으로 관심이 매우 높으며 여러 가지 질병을 억제하는 것으로 알려져 여러 자연 식품의 생리활성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.⁹⁾

버섯은 탄수화물, 단백질, 지질, 무기질 및 비타민 등의 영양소를 골고루 함유하고 있을 뿐만 아니라 독특한 맛과 향기를 지니고 있어 예로부터 널리 이용되어 왔으며 자연 식품, 저칼로리식품 및 무공해식품으로도 진가가 인정되는 식품이다.¹⁰⁻¹²⁾ 특히 버섯의 항암작용, 생체기능조절 및 뇌졸중, 심장병 등 성인병에 대한 예방과 개선 효과가 보고됨에 따라 버섯에 대한 관심은 더욱 높아지고 있다.¹³⁾

표고버섯은 당뇨로 인한 혈당의 증가를 억제하는 효과를 가진다고 보고되고 있다. Kim 등¹⁰⁾의 연구에서 당뇨 유발 쥐에게 표고버섯 분말가루를 섭취시켰을 때 혈당이 유의적으로 감소함을 보고하였으며, Cho 등¹¹⁾의 연구에서는 표고버섯 당뇨군이 대조 당뇨군에 비해 혈당이 유의적으로 낮아져 표고버섯가루의 혈당 증가 억제 효과를 밝혔다. 또한, 버섯류에 함유된 담자균류 다당체들이 기존의 면역강화기능 외에도 혈당 및 콜레스테롤 감소기능과 지질과산화억제 및 항산화효소 활성화와 관련된 다수의 논문들이 보고됨에 따라 생체방어성 식이섬유로서의 새로운 효능도 기대되어진다.^{9,14,15)} 그러나 대부분 생리활성에 대한 연구는 되어있으나 일부 추출물의 형태로 연구되어져 식품으로서의 가치를 평가할 수 있는 자료가 부족하므로 과학적이고 실증적인 연구가 필요하다. 또한, 당뇨병환자의 경우 산화스트레스 증가, 유리기 증가, 지질과산화 증가로 인해 항산화제의 보충이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 항산화 효과를 나타내는 성분을 함유한 것으로 밝혀진 표고버섯을 섭취했을 경우 당뇨환자의 혈당, 지질농도, 지질과산화 및 항산화 효소 활성에 미치는 영향을 검토하여 국민 건강에 기여함과 동시에 기능성 식품으로서의 이용을 증대시키고자 한다.

연구 방법

연구대상

본 연구는 한양대학병원 내분비내과 입원환자 및 외래환자 중 혈액의 일반화학검사와 포도당 부하 검사로 제 2형 당뇨병으로 진단된 환자를 대상으로 하였다. 대상자는 신장 질환, 위장관 질환 중 저자극식이처방을 받은 환자나 수술 등 스트레스가 심한 환자, 해당 식품에 알레르기를 일으키는 환자는 실험에서 제외하였으며 혈당조절이 안정된 40세에서 70세 사이의 제 2형 당뇨병환자를 대상으로 하였다. 대상자들은 본 연구의 취지에 동의하여 연구에 참여하기로 서면으로

동의하였으며 실험을 끝까지 수행할 수 있었던 환자 20명을 연구대상자로 하였다. 연구대상자들은 대조군 (CG) 과 실험군인 표고버섯 섭취군 (MG)으로 10명씩 무작위로 배정하였다. 실험 전에 영양교육을 실시하여 실험기간동안 평상시의 식사 섭취량, 일일 활동량, 운동량을 유지하도록 하였다. 대조군은식이섬유만 추가로 공급하지 않을 뿐 모든 조건을 실험군과 동일하게 하였다. 연구를 위한 관찰기간은 조정 후 4주로 하며, 연구기간동안 전화를 이용하여 식사량, 운동량을 유지하도록 하며 실험군에게는 보충물 섭취 교육도 실시하였다.

신체 계측

신체계측으로 신장 및 체중을 측정하였으며, 조사된 신장과 체중에 의해 체질량 지수 (body mass index, BMI)를 계산하였다. 체중은 실험전과 4주 후에 측정하여 변화를 관찰하였다. 혈압은 10분 이상 안정 상태를 유지시킨 후 표준 전자 압력계로 수축기 혈압과 확장기 혈압을 측정하였다.

식이섭취량 조사

연구 대상자들의 식사섭취량 조사는 실험 전에는 24시간 회상법 (24 hr recall method)을 이용하여 일대일 면접법으로 실시하였고, 실험기간동안은 대상자들에게 매일 섭취한 음식을 식사일지에 기록하도록 하였다. 병원 방문시 조사자와 면담을 통해 이를 확인하였다. 식사일지를 평가하여 부적합한 상태인 경우 연구대상에서 제외시켰다. 영양 교육시 식품모델, 계량컵, 계량스푼을 제시하여 대상자들에게 눈대중량을 익히도록 하여 식사일기를 쓰는데 도움을 주었고, 실험기간동안 특별식이나 외식은 되도록 제한하도록 하였고, 식사 구성 및 총 섭취량과 운동량이 실험 시작전과 큰 변동이 없도록 교육시켰다. 또한 실험기간동안은 당뇨치료약물을 제외한 영양제보충을 제한하도록 하였다. 식사섭취량은 컴퓨터 영양소 분석 프로그램 (CAN PRO 3.0)으로 분석하여 일일 식사에 포함된 총 열량과 3대 영양소, 식이섬유소의 양 등을 비교 분석하였다.

보충물의 종류 및 섭취량

국내산 표고버섯을 이용하여 열풍 건조한 분말상태를 복용하기에 편리하도록 환의 형태로 만들었다. 표고버섯 보충물 섭취군은 하루 3회, 4주 동안 복용하도록 하였다. 보충물의 섭취량은 American Diabetes Association의 식이섬유소의 권장량¹⁶⁾의 2배가 되는 양으로 계산하여 보충물의 양을 결정하였고 이는 건강상 무리한 효과를 나타내지 않는 양으로 당뇨병식 1,800 kcal를 기준으로 할 때 식이섬유 17.5 g을 포함하도록 표고버섯의 양으로 하루에 36 g을 섭취하도록 하였다. 따라서 보충물은 표고버섯 가루 36 g을 12 g씩 3

회 환의 형태로 매일 병원처방 식사와 함께 4주 간 복용하였다.

생화학적 분석

혈당 및 지질 농도

대상자들의 혈액은 12시간 공복 후 채혈하였다. Glucose 함량 측정은 GOD (Glucose oxidase)-POD (Peroxidase) Colorimetry 효소법¹⁶⁾에 의하여 측정하였으며, Total cholesterol (T-C), triglyceride (TG), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C)은 혈액 자동분석기기인 HITACHI 7600-110 Auto Biochemistry Analyzer (Hitachi Electronics, Japan)를 이용하여 측정하였다. HbA_{1c}는 HPLC법으로 측정하였다.¹⁷⁾

지질과산화물 농도

Thiobarbituric acid를 이용한 Sinnhuber와 Yu¹⁸⁾의 방법을 이용하여 지질과산화물의 농도를 나타내는 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)의 농도를 측정하였다.

항산화 효소 활성

Superoxide dismutase (SOD) 활성은 pyrogallol법^{19,20)} 이용하여 측정하였으며, catalase (CAT)는 Aebi²¹⁾와 Clai-borne²²⁾방법을 이용하여 측정하였다. glutathione peroxidase (GSH-Px)는 Flohe와 Gunzler의 방법²³⁾을 변형하여 측정하였다.

통계분석

모든 실험 결과는 평균값 (mean)과 표준오차 (standard error, SE)를 계산하였다. SPSS 11.0 (Statistical Package For Social Science 11.0)을 이용하여 두 그룹간의 비교는 independent t-test에 의해 p < 0.05 수준에서 유의성을 검증하였으며, 각 그룹별로 보충물 섭취 전후의 차이는 Student's t-test에 의해 p < 0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

일반적인 특징

연구 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 신장, 체중 모두 두 군간에 차이를 보이지 않았으며, 체질량지수 (BMI)는 평균 24 kg/m²로 WHO의 기준으로 모두 정상범위에 속하여 서구와는 달리 우리나라 당뇨병 환자의 70~80%가 비비만형이라는 다른 연구 결과²⁴⁾와 일치하였다. 수축기혈압은 120~126 mmHg이었고, 이완기혈압은 79~80

mmHg로 각 군 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

영양소 섭취 상태

Table 2에서 4주간의 실험기간동안 각 군의 영양소 섭취 상태를 살펴보면, 총 칼로리 섭취에 대한 열량영양소들의 기여비율 (protein: fat: carbohydrate, PFC ratio)은 대조군이 15 : 15 : 70, 표고버섯군이 15 : 14 : 71로 열량 및 3대 열량 영양소의 섭취량에 있어서 두군 간에 유의한 차이는 없었다.

Table 1. General characteristics of subjects

Group	CG	MG
Sex (M/F)	4/6 ¹⁾	2/8
Age (year)	54.9 ± 2.4 ²⁾	50.9 ± 3.6
Height (cm)	162.3 ± 2.7	161.2 ± 1.8
Weight (kg)	64.4 ± 1.6	62.9 ± 2.3
BMI (kg/m ²)	24.3 ± 0.6	24.2 ± 0.6
BP (mmHg)		
Systolic BP	126.0 ± 5.2	120.0 ± 3.6
Diastolic BP	79.0 ± 2.7	80.0 ± 3.0

1) Values are N.

2) Values are mean ± SE

CG: Control group, MG: Mushroom group, BMI: Body Mass Index, BP: Blood pressure

Table 2. Comparison of nutrients intake in subjects between control and mushroom groups during the supplementation

Group	CG	MG
Carbohydrate (g)	409.03 ± 28.00 ¹⁾	409.97 ± 28.54
Fat (g)	38.63 ± 5.12	36.25 ± 1.54
Protein (g)	85.92 ± 3.37	85.04 ± 7.73
PFC ratio ²⁾	15 : 15 : 70	15 : 14 : 71
Fiber (g)	12.3 ± 0.7	30.3 ± 0.7 ^{***3)}
Vit A (μgRE)	640.10 ± 129.03	624.43 ± 149.02
Vit E (mg α-TE)	7.21 ± 0.84	8.86 ± 1.33
Vit C (mg)	80.25 ± 13.40	73.72 ± 5.54
Vit B ₁ (mg)	1.25 ± 0.07	1.18 ± 0.07
Vit B ₂ (mg)	1.07 ± 0.07	0.85 ± 0.08
Niacin (mg)	20.51 ± 0.93	17.34 ± 1.33
Vit B ₆ (mg)	2.24 ± 0.21	2.22 ± 0.20
Folate (μg)	245.13 ± 29.62	288.74 ± 37.10
Ca (mg)	437.41 ± 26.77	439.82 ± 54.82
P (mg)	1169.59 ± 55.81	1134.60 ± 113.87
Fe (mg)	16.44 ± 0.99	15.53 ± 1.07
Zn (mg)	12.70 ± 0.64	11.62 ± 0.96
Na (mg)	3416.19 ± 224.75	3400.95 ± 382.54
Cholesterol (mg)	196.97 ± 41.60	201.09 ± 53.84
Calories (kcal)	2332.47 ± 104.65	2306.29 ± 128.27

1) Values are mean ± SE

2) PFC ratio=Protein: Fat: Carbohydrate

3) There was significantly different between groups by independent t-test, ***: p < 0.001

Table 3. Comparison of blood glucose level before and after the supplementation between control and mushroom groups

	Before	After	Paired t-test ¹⁾
FBG (mg/dl)			
CG	168.3 ± 13.8 ²⁾	170.8 ± 10.9	NS ³⁾
MG	165.6 ± 26.1	135.0 ± 8.8 ⁴⁾	NS
PP-2 hr (mg/dl)			
CG	251.9 ± 25.2	261.6 ± 20.9	NS
MG	248.9 ± 9.2	183.6 ± 17.6*	p < 0.05
HbA _{1c} (%)			
CG	7.9 ± 0.3	7.1 ± 0.3	NS
MG	7.8 ± 0.4	7.1 ± 0.3	NS

1) Before vs after in CG and MG (paired t-test)

2) Values are mean ± SE

3) NS: not significant

4) There was significantly different between groups by independent t-test, *: p < 0.05

FBG: Fasting blood glucose level, PP-2 hr: Postprandial glucose level, HbA_{1c}: Glycosylated hemoglobin A1C level

각 군간 4주 동안 식이섬유 보충물을 포함한 전체 음식물을 통해 섭취한 일일 평균 식이섬유 섭취량은 대조군이 12.3 ± 0.7 g, 표고버섯군이 30.3 ± 0.7 g으로 나타나, 두 군 간 유의적인 차이를 보였다 (p < 0.001). 그 밖의 다른 영양소들은 두군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표고버섯 보충이 혈당에 미치는 영향

표고버섯 보충물의 섭취 전 후의 포도당 및 당화혈색소 (HbA_{1c})의 변화는 Table 3과 같다. 보충물 섭취전 공복시 혈당 농도 (FBG)는 두군 간 차이가 없었고 보충물 섭취 4주 후 대조군은 170.8 ± 10.9 mg/dl이었고, 표고버섯군은 135.0 ± 8.8 mg/dl로 나타나 대조군에 비해 유의적으로 낮게 (p < 0.05) 나타났다. 경구당부하검사 (PP-2 hr)에서도 보충물 섭취후 대조군이 261.6 ± 20.9 mg/dl로 나타났고 표고버섯 군이 183.6 ± 17.6 mg/dl로 나타나 대조군에 비해 유의적으로 낮게 (p < 0.05) 나타났다. 표고버섯군은 보충물 섭취에 따라 248.9 ± 9.2 mg/dl에서 183.6 ± 17.6 mg/dl로 유의적으로 낮아졌다 (p < 0.05). 당화혈색소는 보충물 섭취후 두군이 모두 약간 감소하였으나 유의적인 차이는 없었고 두군 간에도 유의적인 차이가 없었다. 본 연구는 표고버섯 추출군에서 혈당이 유의적으로 감소 (p < 0.05)하여 초기 혈당치에 비해 24.2%까지 감소하였다는 Kim 등¹⁰⁾의 연구와 혈당감소 효과에서는 비슷한 경향을 보였다. 또한, Liyad 등²⁵⁾의 연구에서도 표고버섯 균사체를 당뇨병 유발 흰쥐에게 7일간 급여한 결과 유의적으로 혈당 수치가 23% 감소되었다고 보고하였다. 표고버섯의 섭취가 혈중 glucose 증가에 대한 insulin의 분비 증가 및 췌장 β-cell의 손상을 완화시키는 효과¹¹⁾가 있는 것으로 여겨진다.

Table 4. Comparison of blood lipids level before and after the supplementation between control and mushroom groups

	Before	After	Paired t-test ¹⁾
T-C (mg/dl)			
CG	204.6 ± 16.4 ²⁾	188.1 ± 9.0	NS ³⁾
MG	202.3 ± 12.7	178.3 ± 8.1	NS
TG (mg/dl)			
CG	147.0 ± 13.1	164.4 ± 17.8	NS
MG	144.5 ± 28.3	123.0 ± 14.2 ⁴⁾	NS
LDL-C (mg/dl)			
CG	119.8 ± 11.4	113.6 ± 12.2	NS
MG	123.7 ± 9.4	101.1 ± 5.5	p < 0.05
HDL-C (mg/dl)			
CG	44.8 ± 3.7	40.4 ± 1.9	NS
MG	45.0 ± 1.6	47.1 ± 2.9*	NS

1) Before vs after in CG and MG (paired t-test)

2) Values are mean ± SE

3) NS: not significant

4) There was significantly different between groups by independent t-test, *: p < 0.05

T-C: total-cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high density lipoprotein-cholesterol, LDL-C: low density lipoprotein-cholesterol

표고버섯 보충이 지질대사에 미치는 영향

표고버섯 섭취에 따른 지질 농도의 변화는 Table 4에 나타내었다. 총콜레스테롤 농도는 4주간의 실험기간 후 대조군이 204.6 ± 16.4 mg/dl에서 188.1 ± 9.0 mg/dl로, 표고버섯군이 202.3 ± 12.7 mg/dl에서 178.3 ± 8.1 mg/dl로 감소하였으나 유의적인 차이는 아니었다. 혈중 TG 농도는 보충물 섭취 후 대조군에 비해 표고버섯군이 유의적 (p < 0.05)으로 낮게 나타났는데 표고버섯 보충에 따른 혈중 TG 농도의 변화가 대조군은 보충물 섭취후 오히려 약간 올라간 반면 표고버섯군은 섭취 전 144.5 ± 28.3 mg/dl에서 섭취 후 123.0 ± 14.2 mg/dl로 감소하였으나 유의적인 차이는 아니었다. LDL-C는 표고버섯 보충물 섭취 후 감소율 약 18.2%로 유의적 (p < 0.05)으로 감소하였다. HDL-C은 표고버섯 보충물 섭취 후 표고버섯군에서 45.0 ± 1.6 mg/dl에서 47.1 ± 2.9으로 약간 증가하였으나 유의적인 차이는 아니었으며, 섭취 전과 후 모두 정상범위를 유지하고 있었다. 대조군의 경우 섭취 전과 4주 후에 44.8 ± 3.7 mg/dl에서 40.4 ± 1.9 mg/dl 감소하였으나 유의적인 차이는 아니었고 보충물 섭취 후에는 대조군에 비해 표고버섯군이 유의적으로 높게 나타났다 (p < 0.05).

본 연구의 결과, 표고버섯 섭취후 혈중 LDL-C 농도는 유의적으로 감소하였고 (p < 0.05), 혈중 중성지방과 콜레스테롤 농도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 표고버섯 균사체의 섭취가 당뇨병으로 인한 혈장 총콜레스테롤과 중성지방의 증가를 유의적으로 20.7%와 27.1%정도 억제하였다²⁶⁾는 보고, Yang

등²⁷⁾의 표고버섯 exopolymer가 당뇨쥐의 혈장 총콜레스테롤과 중성지방을 감소시켰다는 보고와 Cho 등¹¹⁾의 표고버섯 섭취가 혈장 총콜레스테롤과 중성지방을 낮추었다는 보고 등과 같은 경향을 보였다. 표고버섯에 함유된 β -glucan이 콜레스테롤의 대사를 촉진하는 담즙의 생성을 억제하거나 담즙자체를 흡착제거하는 것으로 해석할 수 있으며, 이는 이들이 식이섬유로서 단순한 배변촉진 기능 외에 섭취한 콜레스테롤의 흡수자체를 억제하거나, 단백질당류의 β -glucan부분이 간내 콜레스테롤의 합성을 억제한 결과²⁸⁾ 라고 제시하였다. 한편, Kim 등¹⁰⁾은 표고버섯의 단백질 다당체를 추출하여 당뇨쥐에 투여했을 때 혈장콜레스테롤에는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 보고하여 표고버섯 자체를 사용한 본 연구와 다른 경향을 보였다. 이는 표고버섯에 함유된 단백질당류외에 비타민 C, 섬유소, 키틴 등의 다른 물질이 관여하였거나 이들의 상호작용에 의한 효과이며, 건강식이의 효과를 어느 특정 성분과 연관시키는 것보다 표고버섯 자체를 섭취함으로써 여러 인자들에 의한 효과를 기대하는 것이 더 합리적임을 보여주는 결과라 생각된다. 표고버섯의 섭취를 통한 혈당관리는 당뇨환자의 고지혈증을 막아 관상동맥질환과 뇌졸중과 같은 합병증을 예방하여 사망률을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

표고버섯보충이 항산화계에 미치는 영향

지질과산화물 농도

지질과산화물 반응은 여러 가지 독성 화합물이나 약물의 조직 손상 기전으로 세포내 산화적 스트레스로 인한 free radical 생성의 증가 및 항산화적 방어 능력의 감소로 인한 것이다. 지질과산화물 함량으로 조직의 과산화적 손상을 알 수 있다. 표고버섯 섭취에 따른 지질과산화 반응물인 malondialdehyde (MDA)를 나타내는 TBARS 수준의 결과는 Table 5에 나타내었다. 표고버섯 군에서의 지질과산화물 농도는 대조군에 비해 낮았지만, 유의적인 차이가 없었다. Kang과 Kim²⁹⁾의 연구에서는 당뇨병 환자에게 항산화비타민의 보충으로 체내 지질과산화물을 감소시킨다고 하였다. 유의적이지는 않지만, 감소 경향을 보이는 본 연구를 통해 지속적인 표고버섯 보충으로 지질과산화물 감소 효과의 가능성을 시사해 주고 있다.

항산화 효소 활성도

표고버섯 섭취에 따른 항산화 효소 활성도의 변화는 Table 5에 나타내었다. SOD와 CAT활성은 대조군에 비해 표고버섯군에서 유의적으로 높았지만, GSH-Px 활성의 경우 두군 간에 차이가 없었다.

Table 5. Comparison of lipid peroxide levels and antioxidant enzyme activities after the supplementation between control and mushroom groups

Group	CG	MG
TBARS (μ g/mg protein)	466.30 \pm 46.19 ¹⁾	375.64 \pm 79.24
SOD (unit/mg protein)	0.19 \pm 0.02	0.24 \pm 0.02 ^{*2)}
CAT (unit/mg protein)	1.54 \pm 0.08	3.97 \pm 0.8 [*]
GSH-Px (unit/mg protein)	0.65 \pm 0.14	0.58 \pm 0.14

1) Values are mean \pm SE
 2) There was significantly different between groups by independent t-test, *: p < 0.05
 TBARS: thiobarbituric acid reactive substance, SOD: superoxide dismutase, CAT: catalase, GSH-Px: glutathione peroxidase

Atalay 등³⁰⁾은 당뇨병 환자에서 낮은 Cu, Zn-SOD와 CAT 활성을 나타냈으며, glutathione reductase (GR)의 활성은 높게 나타났다. 지질과산화 지표인 혈장 TBARS와 혈중 총 glutathione의 농도가 증가하였는데, 이는 산화스트레스에 대한 감수성의 증대와 산화스트레스에 대한 glutathione의 보상적 적응이라고 설명하였다. Cho 등¹¹⁾의 연구에서 당뇨 유발 쥐에게 표고버섯 분말가루를 섭취시켰을 때 GSH-Px의 증가정도를 유의적 (p < 0.05)으로 완화시켰다고 보고하여 본 연구 결과와 상반된 결과를 얻었다. 또한, Kang과 Kim²⁹⁾의 연구에서 적혈구의 CAT활성이 항산화비타민제의 섭취 후에 유의적으로 감소하였다고 하여 본 연구와 상반된 결과를 보였다. 이는 항산화제 섭취시 과산화물의 분해요구가 낮아져 효소의 활성이 감소하고, 지질과산화가 촉진된 상태에서는 방어 작용으로 적혈구내의 SOD나 CAT의 활성이 증가하는 것³¹⁾으로 보인다. 이와 같이 당뇨병 상태에서의 항산화 방어계에 대한 연구결과들은 당뇨의 형태나 조직에 따라서 상반된 결과를 나타내므로 이에 대한 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

요약 및 결론

본 연구는 표고버섯을 이용하여 당뇨 개선효과를 알아보고자 시행되었다. 제 2형 당뇨병 환자들을 대상으로 각각 10명씩 대조군, 표고버섯군 두 군으로 나누어 표고버섯군은 표고버섯 36 g/일을 4주간 섭취한 후, 혈당 및 지질대사, 지질과산화물 함량 및 항산화 효소 활성도를 측정하였다. 보충기간 동안 식사량과 활동량을 정상시와 동일하게 하였고, 약물의 변화가 없도록 조정하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

1) 일반적인 특징으로 연령, 신장, 체중, BMI는 두 군간의 유의적인 차이를 보이지 않았고, BMI는 24 kg/m²으로 정상이었으며, 혈압도 모두 정상이었다. 보충물 섭취전 대상자의 공복 시혈당 (FBG), 식후 2시간 혈당 (PP-2 hr), 당화혈색소

(HbA_{1c})는 다소 높은 수치였으며, 혈중 총콜레스테롤 (T-C), 중성지방 (TG), LDL-C, HDL-C은 두 군 모두 정상범위에 속하였다.

2) 각 군의 실험시작전과 실험기간동안의 평균 섭취 열량, 영양소 섭취량은 유의적인 차이를 보이지 않았고, 표고버섯군 ($p < 0.001$)은 식이섬유 섭취량이 보충 후 유의적으로 증가하였다. 또한, 보충물 섭취기간 동안 열량 섭취량에 대한 단백질 : 지방 : 탄수화물의 비는 대조군은 15 : 15 : 70, 표고버섯군이 15 : 14 : 71로 나타났으며, 두 군 모두 탄수화물 섭취량은 권장량에 비해 높았고, 지방의 비는 다소 낮은 것으로 관찰되었다.

3) 표고버섯군은 보충물 섭취후 PP-2 hr, LDL-C은 유의적 ($p < 0.05$)으로 감소하였다. 또한, FBG, T-C, TG, HbA_{1c}는 감소하는 경향을 보여 표고버섯 보충으로 식후 급격한 혈당 상승을 감소시켰고, 콜레스테롤 감소효과를 보였다. FBG, PP-2 hr, TG 농도는 대조군에 비해 표고버섯 보충후 유의적 ($p < 0.05$)으로 낮아졌다.

4) 지질과산화물 생성 (TBARS) 수준은 대조군에 비해 표고버섯군이 더 낮은 경향을 보였지만, 유의적이지 않았다. 항산화효소 활성도는 SOD, CAT 활성은 대조군에 비해 표고버섯군에서 유의적 ($p < 0.05$)으로 높았다.

이 결과들을 종합해 보면, 제 2형 당뇨병 환자에게 표고버섯은 식후 혈당의 급격한 상승을 억제하고, 지질대사 개선효과와 항산화 효과를 나타냈다. 이는 표고버섯에 함유된 단백질, 다당체, 비타민 C, 섬유소, 키틴 등 한 가지 성분의 단독 효과라기보다는 이들의 상호작용에 의한 효과이며, 표고버섯 자체를 섭취함으로써 여러 인자들에 의한 효과를 기대하는 것이 더 합리적임을 보여주는 결과라 생각된다. 이러한 결과로 보아 표고버섯을 이용한 식이섬유 첨가물은 제 2형 당뇨병 환자에게 미각적인 거부감이나 소화기계의 부작용 없이 혈당 및 지질대사를 개선시키는 효과가 있어 앞으로 식사요법에 표고버섯의 이용을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 보다 많은 환자에서의 장기간의 연구가 이루어져야 할 것이다.

Literature cited

- 1) Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 2004; 27(5): 1047-1053
- 2) Rhee BD. Epidemiological characteristics of diabetes mellitus among Korean population. *J Kor Diabetes Assoc* 2003; 27(3): 173-178
- 3) Cho NH. Prevention of type II diabetes: overview of diabetes prevention trial. *Kor Diabetes Assoc* 2002; 26: 26-37
- 4) Jho HJ, Ryu JH, Ye SH, Kim YI, Huh BY. The discrepancy between the estimation for blood glucose control and the HbA_{1c} value in diabetic patients. *Korean J Promot Dis Pre* 2005; 5: 31-36
- 5) Lim HS, Chun JH, Kim YS, Nam MS. Effect of nutrition education on diabetic management in diabetic patients. *Korean J Nutr* 2001; 34: 69-78
- 6) DeFronzo RA, Ferrannini E. Insulin resistance-a multifaced syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. *Diabetes Care* 1991; 14: 173-194
- 7) Kennedy L, Baynes JW. Non-enzymatic glycosylation and the chronic complications of diabetes. *Diabetologia* 1984; 26: 93-98
- 8) Cho SY, Han YB, Shin KH. Screening for antioxidant activity of edible plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2001; 30: 133-137
- 9) Nam SH, Kang MY. Screening of antioxidative activity of hot-water extracts from medicinal plants. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 2000; 43(2): 141-147
- 10) Kim MW, Park MH, Kim GH. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on blood glucose levels and energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 1997; 30(7): 743-750
- 11) Cho YJ, Kim HA, Bang MA, Kim EH. Effects of dietary mushroom on blood glucose levels, lipid concentrations and glutathione enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 2002; 35(2): 183-191
- 12) Yim SB, Kim MO, Koo SJ. Determination of dietary fiber contents in mushrooms. *Korean J Soc Food Sci* 1991; 7: 69-76
- 13) Kim GJ, Kim HS, Chung SY. Effects of varied mushroom on lipid compositions in dietary hypercholesterolemic Rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1992; 21(2): 131-135
- 14) Chung KS, Choi EC, Kim BK. Studies on constituents of the higher fungi of Korea. An antitumor fraction from the culture filtrate of *Lentinus edodes* DMC7. *Kor J Mycol* 1984; 12: 129-132
- 15) American Diabetes Association. Standards of care for diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28: S4-36
- 16) Pesce AJ, Kaplau LA. Methods in clinical chemistry. Mosby; 1987
- 17) Jeppsson JO, Jermtorp P, Sundkvist G, Englund H, Nylund V. Measurement of hemoglobin A1C by a new liquid-chromatographic assay: methodology, clinical utility, and relation to glucose tolerance evaluated. *Clin Chem* 1986; 32: 1867-1872
- 18) Sinnhuber RO, Yu TC. Characterization of the red pigment formed in the 2-thiobarbituric acid determination of oxidative rancidity. *Food Res* 1958; 23: 626-634
- 19) Marklund S. Pyrogallol Autooxidation. CRC handbook of methods for oxygen radical research; 1984. p.243
- 20) Marklund S, Marklund G. Involvement of the superoxide anion radical in the autooxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 1974; 47: 469-474
- 21) Aebi HE. Catalase. Methods in enzymatic analysis 3rd. Vol 3; 1984. p.273-285
- 22) Claiborne A. Catalase activity. CRC handbook of methods for oxygen radical research; 1984. p.293
- 23) Flohe L, Gunzler WA. Assays of glutathione peroxidase. *Met Enzymology* 1984; 105: 114-121
- 24) Nam MS, Kim KR, Cho JH, Lee KM, Park HY, Lee EJ, Lim SK,

- Lee HC, Huh KB. A study on the folk remedies by the questionnaires in Korean diabetic patients. *J Korean Diabetes Assoc* 1994; 18: 242-248
- 25) Liyad MA, Abdul-Salam SA, Mohammad SS. Effect of fenugreek and lupine seeds on the development of experimental diabetes in rats. *Planta Medica* 1988; 54: 286-290
- 26) Yang BK, Kim DH, Song JH. Production of *Lentinus edodes* mycelia in submerged culture and its hypoglycemic effect in diabetic rats. *Kor J Mycology* 2002; 30(2): 131-135
- 27) Yang BK, Kim DH, Jeong SC, Das S, Choi YS, Shin JS, Lee SC, Song CH. Hypoglycemic effect of a *Lentinus edodes* exo-polymer produced from a submerged mycelial culture. *Biosci Biotechnol Biochem* 2002; 66(5): 707-712
- 28) Yang BK, Park JB, Ha SO, Kim KY, Kym KH, Park KY, Yun JW, Song DH. Hypolipidemic effect of extracts of soybean paste containing mycelia of mushroom in hyperlipidemic rats. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 2000; 28: 228-232
- 29) Kang NE, Kim WK. Effects of antioxidant vitamins supplementation on antioxidative status and plasma lipid profiles in Korean NIDDM Patients. *Korean J Nutr* 1999; 32(7): 775-780
- 30) Atalay M, Laaksonen DE, Niskanen L, Uusitupa M, Hanninen O, Sen CK. Altered antioxidant enzyme defences in insulin-dependent diabetic men with increased resting and exercise induced oxidative stress. *Acta Physiologica Scandinavica* 1997; 161: 195-201
- 31) Matkovic B, Barage SI, Szabo L, Witas H. The effect of diabetes on the activities of the peroxide metabolizing enzymes. *Horm Met Res* 1982; 14: 77-79