

마우스에서 흰목이버섯 (*Tremella fuciformis* Berk)의 장·단기적 항스트레스 효과

고민석¹ · 이승진¹ · 강상모^{1,2*}

¹건국대학교 대학원 생물공학과, ²건국대학교 미생물공학과

Effect of *Tremella fuciformis* Berk on Anti-stress activities during Long-Term and Short-Term in Mice

Min Seok Ko¹, Seung Jin Lee¹, and Sang Mo Kang^{1,2*}

¹Department of Bioengineering at the Postgraduate School, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea

²Department of Microbial Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea.

Abstract The objective of this study was to evaluate the protective effect of aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk (Tf AE) against stress during long-term and short-term in ICR mice. All the animals were randomly divided into two groups which had been bred for 5 months that were treated by immobilization stress for 8 weeks (total 7 months breeding, equivalent to human beings aged 20) with or without Tf AE, and one out of two groups was continuously bred until they become 18 months old (equivalent to human beings aged 60) without Tf AE. Afterwards, the changes of serum and hepatic metabolites were investigated on the basis of the index of stress-related *in vivo* oxidative damage. As a result, it was found that stress increases serum triglyceride (TG) and aspartate aminotransferase (AST) and decreases serum HDL-cholesterol in the long-term (total 18 months breeding) and short-term (total 7 months breeding). In addition, stress concerned the decrease of total antioxidant status (TAS) and superoxide dismutase (SOD) as well as the increase of malondialdehyde (MDA) in liver. On the other hand, Tf AE-fed groups reversed all these biochemical indices. These results suggest that stress in one's youth causes negative results in TG, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST, TAS, SOD and MDA measured in one's senescent. The administration of Tf AE in the stressed mice decreases serum TG and AST that are increased by stress, and exerts influence on the increase of serum HDL-cholesterol. Also Tf AE recovered the values of liver TAS, SOD and MDA in the stressed mice. In conclusion, Tf AE represented protective effect in the stressed mice to some degree.

Keywords: liver tissue, serum, stress, *Tremella fuciformis* Berk

서 론

스트레스란 생체에 가해지는 강압적인 요구나 불쾌한 상황에 대한 신체의 비특이적인 반응 (nonspecific response)으로 생체는 이에 대응하거나 적응하기 위해 다양한 생리적 변화를 일으킨다(1). 강도가 높은 자극이 장기간 생체에 작용하면 생체가 적응할 수 있는 범위를 넘게 되어 체내의 항상성이 깨지게 되고, 이는 면역기능의 저하, 내분비

기능장애, 두통, 암, 소화기 장애, 순환기 장애, 신경정신계 장애 등을 유발할 수 있다(2). 스트레스 받으면 뇌에서도 신경화학적 변화 (neurochemical change)가 일어난다(3). 그 결과 dopamin의 대사가 항진되고(4, 5) serotonin의 합성과 대사가 증가되어 그 대사산물인 5-hydroxyindoleacetic acid (5-HIAA)의 함량이 증가한다(6). 이러한 대사율의 증가로 생체 내 산소이용률이 증가되고(7) 이에 따라 산소 소비량이 증가하여 활성산소의 생성이 증가한다고 보고되고 있다(8). 그러나 이들은 인체내 항산화계에 속하는 catalase나 superoxide dismutase (SOD)의 효소에 의하여 물로 변하면서 인체에는 아무런 독성을 나타내지 않는다(9). 하지만 활성산소가 생체 필요량 이상으로 다량으로

*Corresponding author

Tel: +82-2-450-3524, Fax: +82-2-3437-8360

e-mail: kangsm@konkuk.ac.kr

생성될 경우 생체내 방어기구가 이들의 일부를 제거하지 못하게 되고 생성장소로부터 외부로 유출된 활성산소는 세포내 거대분자 즉 단백질, 지질, 핵산 등과 결합함으로써 생체내 산화적 손상 (oxidative damage)을 일으켜 다양한 질병을 유발하게 된다(10).

따라서, 과도한 스트레스로 인한 활성산소의 생성으로부터 생체를 보호하려면 외부로부터 방어기구의 역할을 할 수 있는 항산화적인 물질을 섭취해 주는 것이 중요할 것으로 보인다.

항산화제 개발은 주로 식품첨가물로서 연구 개발되어 왔으나 최근에는 각종 질병 및 노화 등에 활성산소 및 과산화물이 직접적인 원인으로 작용한다는 사실이 밝혀지면서 항산화제 연구는 노화억제 및 질병치료제를 위한 목적으로 많이 연구되고 있다(11). 그러나 항산화제는 독성 및 낮은 활성 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있어(12, 13), 안전하고 활성이 높은 항산화 물질을 식품재료를 포함한 천연물로부터 탐색하려는 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히, 활성산소 및 과산화물 제거에 항산화 물질이 몇몇 버섯에 존재한다는 사실이 밝혀져 버섯에서도 항산화제 개발을 위한 연구가 이뤄지고 있다(14).

흰목이버섯 (*Tremella fuciformis* Berk)은 이담자균강 (Heterobasidiomycetes) 흰목이목 (Tremellales) 흰목이과 (Tremellaceae)에 속하며 일반명은 흰 젤리버섯 (white jelly fungus) 혹은 은이 (銀耳, silver ear)로 불리고 일본명으로 '시로키쿠라게'로 불리며, 중국에서는 예로부터 이 버섯을 상식하면 면역체계가 활성화되어 암과 노화를 막는 것은 물론 고혈압이나 동맥경화도 예방할 수 있다고 하여 버섯시장에서 인기가 높은 버섯이다(15, 16).

흰목이버섯은 약 70%가 glucuronoxylomannan의 구조인 β -glucan으로 되어 있다. 이러한 흰목이버섯의 구조는 Ukai 등(17)이 흰목이버섯으로부터 열수추출하여 산성다당류를 분리 정제하였으며 구조는 α -1-3 결합을 갖는 D-mannose를 main chain으로 측쇄에 β -D-xylose와 β -D-glucuronic acid를 갖는 고점성 다당류라고 보고하였다. Fraser 등(18)은 정제된 glucuronoxylomannan을 분리하여 흰목이버섯 자실체의 glucuronoxylomannan은 xylose와 glucuronic acid, mannose가 1:2.77:4.9의 비율로 이루어져 있는 것을 밝혔다.

흰목이버섯의 생리활성에 관한 연구로는 Ukai 등(19)이 흰목이버섯으로부터 분리한 산성다당류를 가지고 동물 실험을 통해 sarcoma 180에 대한 항 종양활성을 실험한 결과 원산지에 따라 37~64%의 활성을 나타낸다고 보고하였다. 또한 흰목이버섯 추출물이 다이어트 및 콜레스테롤의 증가를 억제하는 작용이 있다는 결과도 보고되고 있다(20, 21).

따라서 본 연구에서는 마우스의 수명은 20개월로(22), 사람의 수명은 80세로 가정하여 ICR 마우스를 사람의 나이 20대에 해당되는 5개월까지 사육하고, 8주간의 심리적 스트레스를 유발하는 것으로 알려져 있는 immobilization

stress (고정화 스트레스)를 가한 후 사람의 나이 노년기에 해당되는 18개월 될 때까지 사육하여(22) 스트레스로 인한 생체내의 산화적 손상지표 변화를 보았다. 그리고 사람의 나이 20대에 받은 스트레스가 노년기인 60대 이상에 접어들었을 때에 혈청과 간의 대사산물 변화에 있어 천연의 식품재료로 사용하고 있는 흰목이버섯이 장단기적으로 얼마나 보호하는지 알아보았다. 또한 흰목이버섯 식이가 과도한 스트레스에 노출되어 있는 현대인들을 위해 안정성이 확보되는지도 보았다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 생후 4주령된 ICR계 25~30 g의 숫컷 마우스로 Japan SLC, Inc.로부터 분양받아 실험실 환경 (온도는 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 45%)에서 자유식으로 사육하였다. 일반 고형사료로 1주일간 적응시킨 후 난괴법에 의해 5개월간 사육하여 8주간 스트레스를 가한 마우스의 경우 20마리씩 4개의 군으로 분류하였으며, 5개월까지 사육하여 8주간 스트레스를 가한 후 총 18개월간 사육할 마우스의 경우 25마리씩 4개의 군으로 나누었다. 사육 후 최종 실험에 사용한 마우스는 각 군당 12마리로 하여 희생시켜 혈액 등을 채취하였다.

식이 섭취를 위한 흰목이버섯 추출물은 서울의 경동시장에서 건조한 자실체를 구입하여 환류냉각 열수추출 (reflux extraction)을 이용하여 추출하였다. 즉, 건조 자실체 100 g을 분쇄하고 30배 가수하여 가열순환식 추출조에 넣고 100°C 에서 6시간 동안 환류시켜 추출하여 얻어진 용액과 동일한 배수로 재가수하여 혼합하고 6,000 rpm에서 10분간 원심분리한 뒤 상층액을 분리하였다. 분리된 상층액은 다시 여과하고 동결건조하여 실험에 사용하였다(23). 건조된 흰목이버섯 자실체 100 g에서 열수추출물 4 g을 얻었다. 모든 실험군의 물과 흰목이버섯 추출물은 오후 12시에 공급하였는데 실험 식이를 섭취하는 군에게는 물과 흰목이버섯 추출물을 10 mg/kg mouse로 식수에 녹여주어 실험군에 공급하였다.

스트레스 처리 방법

스트레스 없이 7개월간 사육한 대조군 (C-7)과 5개월간 사육하여 8주 동안 스트레스를 가한 스트레스 실험군 (S-7), 스트레스 없이 흰목이버섯 추출물을 식이한 대조군 (T-7)과 8주 동안 스트레스를 가하며 흰목이버섯 추출물을 식이한 스트레스 실험군 (S+T-7), 18개월 동안 스트레스 없이 사육한 대조군 (C-18), 5개월간 사육하여 8주간의 스트레스 후 총 18개월 동안 스트레스 없이 사육한 실험군 (S-18), 18개월 동안 스트레스 없이 흰목이

버섯 추출물을 식이한 대조군 (T-18), 5개월간 사육하여 8주간의 스트레스 후 총 18개월 동안 스트레스 없이 흰목이버섯 추출물을 식이한 실험군 (S+T-18)으로 분류하였다.

실험동물의 스트레스 모델로는 immobilization stress (부동화 스트레스)를 실시하였다. 모든 스트레스 부하는 흰쥐의 활동이 활발한 밤주기 (어두운 상태)에 실시하여 부동화시키므로써 스트레스를 배가하고자 하였다. 스트레스 부하군의 피험동물은 스트레스 case (10cm × 25cm)에 넣고 거꾸로 세운 상태로 40분간 유지시켰다(24). 대조군과 스트레스 부하군은 희생 후 혈액 및 장기를 채취하여 스트레스 효과를 확인하였다.

실험동물의 희생과 조직의 적출

실험동물의 혈액을 채취하기 위하여 실험 종료 12시간 절식 후 diethyl ether로 마취하여 심장에서 혈액을 취하였고 여기에 1 unit/mL blood 농도의 heparin을 첨가하여 분석 시까지 혈액의 응고를 방지하였다. 채취한 혈액은 1시간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하여 분석하였다.

간 조직은 즉시 적출하여 실험전까지 -70 °C에서 보관하여 조직의 중량을 측정된 뒤 x15 volume의 PBS (phosphate buffered saline)를 가하여 homogenizer로 마쇄한 뒤 3000 rpm으로 10분간 원심분리하여 불용성의 물질을 제거한 후 상층액을 조직 시료로 사용하였다.

혈청 성분 분석

혈청 중 triglyceride (TG), HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, aspartate aminotransferase (AST) 농도는 측정용 kit (Bayer, NY, USA)를 이용하여 자동분석기 ADVIA 1650 (Bayer, U.S.A)을 이용하여 분석하였다.

간조직 성분 분석

간조직 내 total antioxidant status (TAS)는 TAS kit (RANDOX Laboratories Ltd, Ardmore, UK)를 이용하여 Hitachi 7150 (Hitachi, Japan)으로 분석하였다. SOD 활성 측정은 SOD kit (Cayman.U.S.A)를 이용하여 EIA reader (Molecular device, USA)로 분석하였다. Malondialdehyde (MDA) 측정은 BIOXTECH LPO-586 assay kit를 사용하여 측정하였다.

통계분석

모든 실험결과는 SPSS (Statistical Package for Social Science 12.0) 프로그램을 이용하여 평균값 (mean)과 표준편차 (SD)를 계산하였다. 7개월과 18개월의 변화를 살펴 보기 위하여 대응표본 t 검정 (paired t-test)를 실시하였고,

각 군 간에 차이를 살펴보기 위하여 유의수준은 $p < .05$, $p < .01$, $p < .001$ 에서 One-way ANOVA를 사용하여 분산 분석하였다. 유의한 차이가 있는 경우 Duncan's multiple range test를 실시하여 각 군별 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

혈액내의 TG 함량 변화

5개월 된 마우스에 8주간 스트레스를 가한 후 바로, 혹은 총 18개월 사육 후 혈청 중 TG의 함량을 측정하였다. 결과는 Table 1과 같다. 7개월 사육된 스트레스군인 S-7군이 435.69 mg/dL로, 대조군인 C-7군에 비해 50% 유의적으로 증가하였으며, 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군은 358.18 mg/dL로 스트레스 군에 비해 18% 유의적으로 감소하였다. 또한 7개월과 18개월 그룹의 스트레스군인 S-7군이 435.69 mg/dL, S-18군이 487.25 mg/dL ($t = -4.278$)로 유의적 차이를 보였으며, 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군이 358.18 mg/dL, S+T-18군이 411.60 mg/dL ($t = -6.286$)로 유의적 차이를 보였다.

Table 1. The serum triglyceride of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk

Groups	Total feeding period (months)		t ²⁾
	7	18	
	C	289.94 ± 17.23 ^{c,1)}	
S	435.69 ± 32.96 ^a	487.25 ± 25.60 ^a	-4.279 ^{***}
T	254.61 ± 21.12 ^d	287.83 ± 17.51 ^c	-4.196 ^{***}
S+T	358.18 ± 25.91 ^b	411.60 ± 13.98 ^b	-6.286 ^{***}

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

1) Mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

2) t-test.

3) ^{*}: $p < 0.05$, ^{**}: $p < 0.01$, ^{***}: $p < 0.001$.

혈중 TG의 함량이 스트레스에 의해 유의적으로 증가 되어 Kissebah(25)의 선행연구와 같은 결과를 나타내었는데, 이는 Howard 등(26)의 보고와 같이 스트레스가 세포 내 지질농도를 조절하는 대식세포 (macrophage)에 영향을 미쳐 TG의 함량이 증가된 것으로 보인다. 흰목이버섯 추출물 투여군이 스트레스 군에 비해 TG의 함량이 유의적으로 낮은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 흰목이버섯 추출물을 식이한 실험군의 혈액 내 TG 함량이 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다는 Cheng 등(20)의 선행 연구의 결과와 당뇨모델 쥐의 지질대사에도 영향을 미쳐

혈액 내 총 TG 양을 유의적으로 감소시켰다는 보고와 같은 결과이다. 이것은 Lee(27)의 실험에서 β -glucan 성분을 함유한 영지버섯 열수추출물을 흰쥐에 투여했을 때 TG의 농도가 떨어지는 것과 같이 흰목이버섯 추출물 역시 β -glucan의 혈청 콜레스테롤 저하에 관한 보고(28)가 있어 동맥경화나 심혈관계 질환을 예방하는 지질대사 개선에 도움이 될 것으로 사료된다.

그리고 사람 나이 20대에 해당하는 7개월 그룹의 스트레스군인 S-7군과 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군보다 사람 나이 60대 이상인 노년기에 해당하는 18개월 그룹의 스트레스군인 S-18군과 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 식이한 S+T-18군의 TG 함량이 유의적으로 높은 것으로 보아 젊었을 때 받은 스트레스가 노년기에도 TG 농도를 높이는데 영향을 준 것으로 사료되었다. 이를 통해 스트레스는 TG의 함량을 증가시키고, 흰목이버섯 추출물은 높아지는 TG를 어느 정도 회복하는데 도움을 주는 것을 알 수 있었다.

혈액내의 HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 함량 변화

앞의 TG 함량 분석에서 사용된 혈청으로 HDL-cholesterol의 함량을 측정하였다. 결과는 Table 2와 같다. 7개월 그룹의 스트레스군인 S-7군은 42.11 mg/dL로 대조군보다 23% 유의적으로 감소하였으며, 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군은 51.09 mg/dL로 스트레스군보다 21% 유의적으로 증가하였다. 7개월과 18개월 그룹의 스트레스군인 S-7군은 42.11 mg/dL, S-18군은 38.98 mg/dL ($t = 2.226$)로 S-18군이 7.4% 감소하여 유의적인 차이를 보였다.

또한 흰목이버섯 추출물을 투여한 T-7군과 T-18이군 모두 대조군인 C-7군과 C-18군보다 유의적으로 높은 값을 보였다.

Table 2. The serum HDL-cholesterol of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk

Groups	Total feeding period (months)		t ²⁾
	(unit: mg/dL)		
	7	18	
C	54.63 ± 5.86 ^{b,1)}	51.91 ± 2.02 ^b	1.521
S	42.11 ± 4.66 ^c	38.98 ± 1.43 ^d	2.226 ³⁾
T	69.82 ± 3.99 ^a	54.13 ± 1.71 ^a	12.514 ^{***}
S+T	51.09 ± 3.28 ^b	47.21 ± 2.10 ^c	3.451 ^{**}

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

1) Mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

2) t-test.

3) ^{*}: $p < 0.05$, ^{**}: $p < 0.01$, ^{***}: $p < 0.001$.

혈중 HDL-cholesterol의 농도가 스트레스로 인하여 유의적으로 저하되는 것으로 나타나 Lehtonen(29)의 선행연구와 같은 결과를 얻었다. 이는 Howard 등(26)의 연구와 같이 스트레스의 영향으로 대식세포가 산화 LDL-cholesterol에 대하여 조절능력을 상실하여 대식세포 내 지질과산화물의 축적과 콜레스테롤의 계속된 축적이 늘어나 결국 HDL-cholesterol의 변이를 일으켜 농도가 감소된 것으로 보인다.

그리고 Table 3에서 7개월과 18개월 그룹에서 LDL-cholesterol의 혈중 농도를 측정된 결과 C-7군은 25.12 mg/dL, T-7군은 22.22 mg/dL, S+T-7군은 40.59 mg/dL, S-7군은 44.72 mg/dL로 T-7군이 스트레스군인 S-7군보다 50% 감소하였으며, 18개월 그룹에서도 흰목이버섯 추출물 식이군들이 상대적으로 감소하는 동일한 결과를 보였다. 이러한 결과는 흰목이버섯 추출물이 소위 악성 콜레스테롤인 LDL-cholesterol의 혈중 농도를 감소시킨다는 Cheng 등(20)의 보고와 같은 결과를 나타낸다.

Table 3. The serum LDL-cholesterol of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk

Groups	Total feeding period (months)		t ²⁾
	(unit: mg/dL)		
	7	18	
C	25.12 ± 2.23 ^{c,1)}	25.93 ± 1.42 ^c	-1.066
S	44.72 ± 2.22 ^a	46.05 ± 1.65 ^a	-1.663
T	22.22 ± 1.20 ^d	23.75 ± 0.83 ^d	-2.431 ³⁾
S+T	40.59 ± 2.92 ^b	42.06 ± 2.23 ^b	-1.722

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

1) Mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

2) t-test.

3) ^{*}: $p < 0.05$.

스트레스군에서 사람의 나이 노년기에 해당하는 18개월 마우스가 사람 나이 20대에 해당하는 스트레스 마우스보다 HDL-cholesterol 농도가 유의적으로 감소한 것을 통해, 젊었을 때의 스트레스가 TG 함량을 높였던 것과 같이 노년기 HDL-cholesterol 농도 감소에도 영향을 미친 것으로 보인다. 또한 18개월 사육하며 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-18군이 스트레스군인 S-18군에 비해 HDL-cholesterol 농도가 21% 유의적으로 증가한 것으로 보아, 스트레스에 대해 흰목이버섯 추출물이 HDL-cholesterol 증가에 긍정적인 효과를 가지는 것으로 보인다.

혈액내의 AST 함량 변화

TG 함량과 HDL-cholesterol의 함량 분석에 사용된 혈청

으로부터 간조직의 손상지표로 사용되는 AST(30)의 함량을 측정하였다. 결과는 Table 4와 같다. 7개월 그룹의 스트레스군인 S-7군이 49.67 U/L로 대조군인 C-7군에 비해 71% 유의적으로 증가하였으며, 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군은 43.77 U/L로 스트레스군인 S-7군에 비해 13% 유의적으로 감소하였다.

Table 4. The serum aspartate aminotransferase of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk (unit: U/L)

Groups	Total feeding period (months)		t ²⁾
	7	18	
C	29.08 ± 3.82 ^{c,1)}	31.75 ± 4.03 ^c	-1.434
S	49.67 ± 6.69 ^a	54.42 ± 3.37 ^a	-2.077
T	29.73 ± 5.24 ^c	32.36 ± 2.94 ^c	-1.256
S+T	43.77 ± 8.22 ^b	43.08 ± 5.66 ^b	0.337

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

1) Mean with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

2) t-test.

스트레스로 인한 AST의 함량증가는 스트레스를 받게 되면 생체 내 생리변화로 혈액에서 AST가 증가한다는 Woo(31)의 연구와 AST는 조직 장애가 생기면 혈중 효소로 유출되며 스트레스를 받거나 shock를 받은 경우도 증가한다고 한 John(32)의 선행연구와 같다.

7개월과 18개월 그룹의 흰목이버섯 추출물 투여군과 대조군에서는 AST의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 이 결과와 흰목이버섯 추출물 추출물을 식이한 실험군의 간 독성 측정 인자인 GPT, GOP 수치가 대조군의 수치와 차이를 나타내지 않는다는(33) 선행연구로 보아 흰목이버섯 추출물이 독성에 문제없는 안전한 천연제제물로 임상적으로 사용할 수 있으리라 사료되었다.

그리고 AST 값에 있어 7개월과 18개월 그룹의 스트레스 후 흰목이버섯 추출물 투여군이 스트레스군보다 각각 13%, 19%로 유의적으로 낮은 값을 보였는데, 이러한 결과는 *Coriolus versicolor* 등 8종의 버섯으로부터 추출한 단백질에 대한 free radical 제거활성도 보고(34)와 Toklu 등(35)이 acetaminophen으로 간독성을 유도한 마우스에서 β-glucan이 산화적 손상으로부터 세포보호 효과를 나타낸다는 보고와 같이 흰목이버섯 추출물도 β-glucan이 간세포에 산화적 손상의 방어 작용을 하여 스트레스에 의한 간손상에 대한 보호 효과가 있음을 암시해 주었다.

간 조직 TAS 함량 변화

앞에서 5개월 된 마우스에게 8주간 스트레스를 가한 후

바로, 혹은 총 18개월 사육 후 혈청 중 TG, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 그리고 AST의 함량을 보았다. 여기서는 이들 마우스의 간 성분 변화들을 보았다. 간의 TAS 함량 측정 결과는 Table 5와 같다. 7개월 스트레스군인 S-7군이 9.23 mmol/L로 대조군인 C-7군에 비해 40% 유의적으로 감소하였으며, 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군이 14.66 mmol/L로 스트레스군에 비해 59% 유의적으로 증가하였다. 7개월과 18개월 스트레스군은 각각 9.23, 7.78 mmol/L (t = 2.684)로 유의적인 차이를 보였다. 또한 흰목이버섯 추출물 식이군인 T-7군은 대조군인 C-7군보다 유의적으로 높은 값을 보였으나 T-18군과 대조군인 C-18군은 유의적인 차이가 없었다.

Table 5. The liver tissue total antioxidant of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk (unit: mmol/L)

Groups	Total feeding period (months)		t ²⁾
	7	18	
C	15.40 ± 1.69 ^{b,1)}	13.88 ± 0.97 ^a	2.709 ³⁾
S	9.23 ± 1.64 ^d	7.78 ± 0.90 ^c	2.684 [*]
T	16.63 ± 1.40 ^a	13.91 ± 0.92 ^a	5.617 ^{***}
S+T	14.66 ± 1.01 ^c	12.74 ± 0.63 ^b	6.184

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

1) Mean with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

2) t-test.

3) *: p<0.05, ***: p<0.001.

TAS의 경우 7개월 그룹과 18개월 그룹의 스트레스군에서 TAS의 함량이 유의적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 Lovin 등(36)의 보고와 같이 스트레스로 인해 활성 산소종이 생성되고 각종 세포들과 반응하여 간조직 세포의 구조적·기능적 변화를 가져와 세포막이 파괴되고 세포 내 SOD와 GSH-Rx도 부분적으로 파괴된 결과로 보인다. S-18군에서는 C-18군, S+T-18군, T-18군의 값보다 TAS 함량이 약 40% 이상 떨어졌으며, 이는 5개월령의 마우스에 8주간 가한 스트레스로 인하여 항산화 시스템에 관련된 DNA에 나타난 변이가 복구되지 않았기 때문으로 추정된다(37, 38). 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군, S+T-18군들에서 TAS 농도 증가는 흰목이버섯 추출물이 세포의 구조적 파괴를 저해한 결과로 판단된다. 또한 세포에서는 에너지를 만들 때 자연적으로 활성산소가 만들어지며 이중 일부가 세포를 파괴하는데(37), 버섯은 비교적 많은 퍼옥시 라디칼 소거능을 가진 폴리페놀류를 가지고 있고(39) 이것이 항산화 활성 등의 중요한 역할을 한다. 그리고 Chen 등(40)은 버섯자실체 추출물 내에 존재하는 flavonoids 및 기타 phenolic 물질이 산화성 생물활성 free radical에 전자를 공여하여 산화

억제하는 효과가 있음을 확인하였다. 또한, 흰목이버섯의 페놀 함량은 16.6 mg/g으로 나타났으며, flavonoid은 83.7 µg/g 함유되어있었다(41). 따라서 흰목이버섯 추출물 식이군이 대조군보다 TAS 값이 유의적으로 높은 것은 흰목이버섯 추출물의 phenol성 물질이 산화억제 역할을 했기 때문이다. 이는 흰목이버섯 추출물에서 페놀성 물질이 항산화제로 작용하므로 추후에 활성 물질의 분리와 역할에 대하여 좀 더 연구가 필요하다고 생각된다.

간 조직 SOD활성 변화

앞의 TAS 함량 분석에 사용된 간으로 SOD 활성을 측정하였다. 활성산소 제거 역할을 하는 효소로 알려진 SOD(42)의 활성 측정 결과는 Table 6과 같다. 7개월 스트레스군인 S-7군이 3.43 U/L로 대조군인 C-7군에 비해 29% 유의적으로 감소하였고, 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군은 4.18 U/L로 스트레스군인 S-7군에 비해 22% 유의적으로 증가하였다. 7개월과 18개월 그룹의 각 스트레스군은 각각의 대조군보다 유의적으로 SOD 활성이 낮은 것을 볼 수 있는데 이는 과산화물의 축적에 따른 산화적 손상이 SOD활성 증가 한계 범위를 넘어서 지속적인 활성산소 발생에 따른 효소 유도능의 저하 또는 효소 단백질의 파괴를 일으켰기 때문이라 사료된다. 실제로 SOD는 체내 1차 방어계의 하나지만 활성산소의 생성 속도가 dismutase 속도보다 빠를 경우 활성산소의 독성이 체내 여러 기능을 손상시키는 것으로 알려져 있다(43). 또한 위 두 그룹처럼 나이가 들면서 매우 유의적으로 SOD의 활성 감소는 활성산소가 생성됨으로 세포손상이나 효소 단백질 자체가 손상된 것에 기인한 것으로 사료된다. 스트레스군 내에서 비교하였을 때 SOD 활성이 흰목이버섯 추출물 투여군이 평균 53% 유의적 증가한 것을 볼 수 있는데 이는 흰목이버섯 추출물이 SOD 활성에 영향을 줄 수 있을 것으로 보여졌다.

Table 6. The liver tissue superoxide dismutase activity of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk

Groups	Total feeding period (months)		t ⁽²⁾
	7	18	
	C	4.82 ± 0.32 ^{b,1)}	
S	3.43 ± 0.63 ^d	3.00 ± 0.16 ^d	2.274 [*]
T	5.40 ± 0.17 ^a	4.55 ± 0.11 ^a	14.606 ^{***}
S+T	4.18 ± 0.19 ^c	3.67 ± 0.18 ^c	6.894 ^{***}

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

¹⁾ Mean with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

²⁾ t-test. ³⁾ *: p<0.05, ***: p<0.001

SOD활성의 감소는 스트레스로 인해 SOD가 손상받는다. 이는 Yun과 Robert(42)의 선행연구결과와 같다. 이는 스트레스가 불포화지방산 함량이 높은 생체막에 과산화적 손상을 가속화시켜 항산화효소인 SOD활성에 영향을 미친 것으로 판단되며, 스트레스와 흰목이버섯 추출물 혼합군에서 SOD활성증가는 항산화 활성 측정에 널리 사용되는 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디칼 소거능을 측정할 결과 10.0 mg/mL의 농도에서 50.1%의 라디칼 소거능이 측정된 보고(42)와 흰목이버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 다른 보고(44)와 유사하여 버섯에 비교적 많이 포함된 비타민 A, C와 β-carotene(45) 그리고 폴리페놀류(46)가 항산화 효과를 나타내어 기여한 결과로 보인다.

7개월과 18개월 그룹의 스트레스군인 S-7군과 S-18군의 유의적 차이와 대조군인 C-7군과 C-18군의 유의적 차이를 통해 20대에 받은 스트레스는 TG, TAS, HDL-cholesterol과 같이 SOD활성 감소와 더불어 두 그룹의 SOD활성 변화가 노화로 인해 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이로써 SOD는 스트레스뿐만 아니라 노화에 의해서도 손상받는 효소(42)라는 보고와 일치하였다.

간 조직 MDA 함량 변화

MDA (malondialdehyde)는 체내의 산화 스트레스를 측정하기 위한 지표의 하나로 지질과산화과정 중 생성되는 이차지질과산화물의 일종이다(47). 앞의 TAS, SOD활성 분석에 사용된 간으로 MDA 함량을 측정하였다. 결과는 Table 7과 같다. 7개월과 18개월 그룹의 흰목이버섯 추출물 투여군이 대조군에 대해 MDA의 유의적인 증가는 없었다. 이는 생체 이물질의 대사 시 약물대사 효소계로부터 생성된 여러 라디칼들이 지질과산화를 증가시켰다는 보고(48)와 달리 흰목이버섯 추출물이 장단기적으로 MDA 값을 높이지 않는 점으로 보아 독성을 나타내지 않는 안전한 천연의 식품재료이며 앞의 여러 결과와 같이 항스트레스용으로 장복하기에 좋다고 생각된다.

Table 7. The liver tissue malondialdehyde of ICR mice treated by immobilization stress with or without extracts from *Tremella fuciformis* Berk

Groups	Total feeding period (months)		t ⁽²⁾
	7	18	
	C	4.94 ± 1.68 ^{c,1)}	
S	8.90 ± 0.88 ^a	9.62 ± 0.58 ^a	-2.373 [*]
T	4.49 ± 1.51 ^d	5.33 ± 0.78 ^d	-1.713
S+T	6.69 ± 0.90 ^b	7.11 ± 0.54 ^b	-1.382

Notes: C; control, T; aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S+T; stress plus aqueous extracts from *Tremella fuciformis* Berk, S; stress.

¹⁾ Mean with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. Values are mean ± S.D. (n=12).

²⁾ t-test. ³⁾ *: p<0.05.

7개월 스트레스군인 S-7군이 8.90 nmol/L로 대조군인 C-7군보다 80% 증가하였고, 스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-7군이 6.69 nmol/L로 스트레스군보다 25% 감소하는 효과를 볼 수 있었다. S+T-7군은 스트레스군인 S-7군에 비해, S+T-18군은 스트레스군인 S-18군에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 또한 대조군인 C-18군은 C-7군보다 19% 유의적으로 높은 값을 보였다.

사람나이 20대에 해당하는 7개월 그룹의 스트레스 군에서 MDA수치가 유의적으로 높게 나타나 스트레스로 MDA 함량이 증가한다는 Bedossa 등(49)의 선행연구와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 스트레스를 전혀 가하지 않고 흰목이버섯 추출물만을 투여한 T-18군은 5.33 nmol/L로 대조군에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 18개월 그룹의 스트레스 군에서도 MDA 수치가 C-18군, T-18군, S+T-18군보다 높게 나타나, 젊었을 때 받은 스트레스가 노년기의 MDA 함량 증가에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

이는 젊었을 때 받은 일시적 스트레스에 의한 항산화 시스템의 악화로 인해 산화적 손상에 대한 방어력이 약하게 되어 스트레스가 없는 노년기에도 지질과산화는 지속적으로 일어남을 알 수 있었다.

스트레스를 가하면서 흰목이버섯 추출물을 동시에 투여한 S+T군에서 MDA 저하는 Kayali등(50)이 rat에서 β -glucan이 산화적 스트레스에 의한 과산화지질에 항산화 효과가 있다고 보고함과 같이 흰목이버섯 추출물의 β -glucan이 간조직에 활성산소로 인한 지질과산화를 억제한다고 사료된다.

이와 같이 5개월령 마우스를 8주간 하루 40분씩 스트레스를 가한 경우 혈청 TG, HDL, LDL, AST와 간의 TAS, SOD, MDA의 측정항 모든 값에 나쁜 영향을 미치며, 이들 마우스를 총 18개월 될 때까지 사육 후 혈청과 간의 분석한 결과 거의 개선되지 않고 그대로 혹은 대조군에 비해 더욱 악화되었다. 스트레스군(S-18)은 대조군보다 혈청의 TG 61% 증가, HDL 25% 감소, LDL 78% 증가, AST 71% 증가와 간의 TAS 44% 감소, SOD 활성 30% 감소, MDA 64% 증가로 모두 악화되는 것으로 나타났다. 그러나 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 함께 식이한 경우 (S+T-18) 대조군 (C-18)보다 TG 36% 증가, HDL 9% 감소, LDL 62% 증가, AST 36% 증가와 간의 TAS 8% 감소, SOD 활성 14% 감소, MDA 21% 증가로 나타났다. 이들 값의 차를 기준으로 보면 흰목이버섯 추출물을 투여한 S+T-18군이 S-18군의 각 값들에 비해 TG 25% 억제, HDL 16% 증가, LDL 16% 억제, AST 35% 억제와 간의 TAS 36% 증가, SOD 활성 16% 증가, MDA 43% 억제하였다. 이와 같이 혈액과 간조직의 생화학적 지표 (biochemical indices)의 결과, 흰목이버섯 추출물이 세포보호 효과 (cytoprotective effects) 수치 (HDL, TAS, SOD)를 평균 23% 증가시키고 세포 손상의 생화학 수치 (TG, LDL, AST, MDA)를 평균 30%

억제하는 것으로 나타났다.

따라서 본 실험에서는 마우스에 스트레스를 가할 때 흰목이버섯 추출물을 투여한 것이 비투여 경우에 비해 스트레스를 가하지 않고 11개월 사육 후에도 스트레스의 유해를 어느 정도 줄이는 효과를 나타내었다. 이것을 사람의 경우로 환산하여 보면, 20대에 일정 기간 받은 스트레스가 그 후 스트레스 없이 40년 이상을 살아 60대 이상이 되어도 그대로 나타날 수 있다는 것이며 이는 한때 어느 기간 동안 받은 스트레스가 평생 신체적 저해를 유발할 수 있다고 볼 수 있겠다.

그러나 스트레스 시 흰목이버섯 추출물의 투여 효과로 보아 스트레스에 흰목이버섯 추출물은 생체 내 각종 반응을 조절하여 항상성 유지에 어느 정도 효과적이라는 것을 알 수 있다. 따라서 항스트레스용으로 적정량의 흰목이버섯 추출물의 섭취는 현대인들에게 건강유지와 질병방지를 위해 필요하다고 생각되었다.

요 약

본 연구에서는 일정기간 스트레스를 받을 때 흰목이버섯 추출물 식이가 스트레스로 인한 생체내의 산화적 손상지표 변화를 보아 사람의 나이 20대에 받은 스트레스가 노년기인 60대 이상에 접어들었을 때에 혈청과 간의 대사산물 변화에 있어 식품 재료로써 흰목이버섯 추출물의 장단기적 보호 효과와 식이의 안정성을 살펴보았다. ICR 마우스를 사람의 나이 20대에 해당되는 5개월까지 사육한 후, 8주간의 스트레스를 가하고 사람의 나이 노년기에 해당되는 18개월 될 때까지 사육하여 스트레스로 인한 생체 내의 산화적 손상지표로 혈청과 간의 대사산물의 변화를 조사하였다. 그 결과, 스트레스는 장·단기적으로 모두 혈청의 TG, AST 함량을 증가시키고, HDL-cholesterol 함량을 저하시키는 것에 반해, 여기에 흰목이버섯 추출물의 투여는 스트레스를 받은 쥐에서 혈청 TG, LDL-cholesterol과 AST의 함량을 감소시키고, HDL-cholesterol의 함량을 증가시키는 효과를 보여주었다. 스트레스는 간조직의 TAS 함량, SOD활성 감소와 MDA 함량 증가를 야기시켰으며, 스트레스 시 흰목이버섯 추출물의 투여 쥐는 TAS 함량, SOD활성을 증진시키고, MDA의 함량을 저하시키는데 긍정적 영향을 주었다.

따라서 젊었을 때 한때 받은 스트레스는 노년기의 TG, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, AST, TAS, SOD 그리고 MDA의 수치 모두에 있어서 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 7개월과 18개월 그룹의 흰목이버섯 추출물 식이군이 대조군에 대해 MDA의 유의적 감소와 AST의 유의적 차이가 없음은 흰목이버섯 추출물이 장단기적으로 독성을 나타내지 않는 안전한 천연제제로 사용할 수 있으리라 사료된다.

이러한 결과를 통해서 한때 어느 기간 받은 스트레스

는 시간이 지난 노년기까지 혈청과 간조직에 부정적 영향을 주므로, 천연제제로써 흰목이버섯 추출물을 식용하면 어느 정도 장단기적 보호 효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다. 또한 안전한 식품이므로 흰목이버섯 추출물의 식이는 과도한 스트레스에 노출되어 있는 현대인들을 위해 매우 유용할 것이며 장복하므로 노후 질병의 예방에도 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

접수 : 2009년 4월 6일, 게재승인 : 2009년 4월 23일

REFERENCES

- Selye, H. (1976), *The Stress of Life*, pp6-12, McGraw-Hill Publishing Company, New York, USA.
- Elliot, J. R. (1982), *Stress and human health*, In *Analysis and implications for research*, C. Eisdorfer, Ed., pp1-20, Springer, New York, USA.
- Den'etsu, S. and A. Kayo (2002), Neurochemical changes in mice following physical or psychological stress exposures, *Behav. Brain Res.* **134**, 347-354.
- Thierry, A. M., J. P. Tassin, G. Blanc, and J. Glowinski (1976), Selective activation of mesocortical DA system by stress, *Nature* **263**, 242-244.
- Kubo, T., H. Amano, K. Kurahashi, and Y. Misu (1989), Nicotine-induced regional changes in brain noradrenaline and dopamine turnover in rats, *J. Pharmacobiodyn.* **12**, 107-112.
- Fraioli, F., C. Moretti, D. Paolucci, E. Alicicco, F. Crescenzi, and G. Fortunio (1980), Physical exercise stimulates marked concomitant release of β -endorphin and adrenocorticotrophic hormone (ACTH) in peripheral blood in man, *Cell. Mol. Life Sci.* **36**, 987-989.
- Guyton, A. C. (1991), *Textbook of Medical Physiology*, 1st through 8th ed., W. B. Saunders Company, St. Louis, USA.
- Fridovich, I. (1978), The biology of oxygen radicals, *Science* **201**, 875-880.
- Christopher, B., C. N. Eric, Y. Tatsuro, and A. F. James (1991), Kinetic studies of superoxide dismutases: properties of the manganese-containing protein from *Thermus thermophilus*, *J. Am. Chem. Soc.* **113**, 4069-4076.
- de Zwart, L. L., J. H. Meerman, J. N. Commandeur, and N. P. Vermeulen (1999), Biomarkers of free radical damage applications in experimental animals and in humans, *Free Radic. Biol. Med.* **26**, 202-226.
- Scartezzini, P., and E. Speroni (2000), Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity, *J. Ethnopharmacol.* **71**, 23-43.
- Saito, M., H. Sakagami, and S. Fujisawa (2003), Cytotoxicity and apoptosis induction by butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT), *Anticancer Res.* **23**, 4693-4701.
- Stefanidou, M., G. Alevisopoulos, A. Chatziioannou, and A. Koutselinis (2003), Assessing food additive toxicity using a cell model, *Vet. Hum. Toxicol.* **45**, 103-105.
- Diolock, A. T., J. L. Charleux, W. G. Crozier, F. J. Kok, C. Rice, M. Roberfroid, W. Stahl, and R. J. Vina R. J. (1998), Functional food science and defence against reactive oxidative species, *Br. J. Nutr.* **80**, 77-112.
- Park, W. H. and H. D. Lee (1999), *Illustrated Book of Korean Medicinal Mushrooms*, Kyohak Publishing Company, Seoul, Korea.
- Ying, J., X. Mao, and Q. Ma (1987), *Icones of Medicinal Fungi From China*, Science Press, Beijing, China.
- Ukai, S., K. Hirose, T. Kiho, and C. Hara (1974), Polysaccharides in fungi. I. Purification and characterization of acidic heteroglycans from aqueous extract of *Tremella fuciformis*, *Biol. Pharmaceut. Bull.* **22**, 1102-1107.
- Fraser, C. G., H. J. Jennings, and P. Moyna (1973), Structural analysis of an acidic polysaccharide from *Tremella mesenterica* NRRL Y-6158, *Can. J. Biochem.* **51**, 219-224.
- Ukai, S., K. Hirose, T. Kiho, C. Hara, and T. Irikura (1972), Antitumor activity on sarcoma 180 of the polysaccharides from *Tremella fuciformis* Berk, *Biol. Pharmaceut. Bull.* **20**, 2293-2294.
- Cheng, H. H., W. C. Hou, and M. L. Lu (2002), Interactions of lipid metabolism and intestinal physiology with *Tremella fuciformis* Berk edible mushroom in rats fed a high-cholesterol diet with or without Nebacitin, *J. Agric. Food Chem.* **50**, 7438-7443.
- Cheung, P. C. K. (1996), The hypocholesterolemic effect of two edible mushroom: *Auricularia auricula* and *Tremella fuciformis* in hypercholesterolemic rats, *Nutr. Res.* **16**, 1721-1725.
- Livne, E., D. Laufer, and I. Blumenfeld (1997), Comparison of *in vitro* response to growth hormone by chondrocytes from mandibular condyle cartilage of young and old mice, *Calcif. Tissue Int.* **7**, 61-62.
- Lee, S. Y. (2006), *Studies on the Natural Products (Gardenia jasminoides Ellis and Tremella fuciformis Berk) Affecting the Improvement of Perceptive Ability*, Ph. D. Dissertation, Dept. of Food Science and Technology, Dongkuk University, Seoul, Korea.
- Park, S. Y. (2001), *Study on the oxidative damage induced by stress and its recovery in mice*, Ph. D. Dissertation, Dept. of Microbiology, Konkuk University,

- Seoul, Korea.
25. Kissebah, A. H. (1974), Stress hormones and lipid metabolism, *Proc. R. Soc. Med.* **67**, 665-667.
 26. Howard, N. H., M. K. Dieter, A. Poetro, B. B. Gabriele, G. Giuseppe, H. Juliana, P. Hazel, and S. Alex (1994), Biochemical and cytotoxic characteristics of an *in vivo* circulating oxidized LDL, *J. Lipid Res.* **35**, 669-677.
 27. Lee, M. J. (1986), Effect of Young-Ji (*Ganoderma lucidum*) extracts on experimentally induced hepatic damage and hyperlipidemia in rats, Ph. D. Dissertation, Dept. of Microbiology, Chosun University, Gwangju, Korea.
 28. Cheung, P. C. K. (1972), The hypocholesterolemic effect of two Hugh Trowell, ischemic heart disease and dietary fiber, *Am. J. Clin. Nutr.* **25**, 926-932.
 29. Lehtonen, A. J. (1978), The effect of vigorous physical activity at work on serum lipids with a special reference to serum high-density lipoprotein cholesterol, *Acta. Physio. Scand.* **104**, 117-121.
 30. Lim, S. S., M. K. Kim, and J. H. Lee (1997), Effect of *Artemisia princeps* var *orientalis* and *Circium japonicum* var *ussuriense* on liver function body lipid and bile acid of hyperlipidemic rat, *Korean J. Nutr. Soc.* **30**, 797-802.
 31. Woo, Y. S. (1992), Studies on the effects of slaughter stress on the blood picture and serum chemical values of pigs, M. S. Thesis, Dept. of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul, Korea.
 32. John, B. H. (2000), Measurement of lipids and evaluation of lipid disorders In Clinical diagnosis and management by Laboratory Methods, Proc. The Korean Society of Food Science and Technology Conference 2000, Seoul, Korea, pp171-198.
 33. Park, K. J. (2006), Hypoglycemic effects of crude polysaccharides extracted from *Tremella fuciformis* and the composts containing this extracts for antidiabetic effect, Korea patent. 10-2006-0020548.
 34. Liu, F., V. E. C. Ooi, and S. T. Chang (1997), Free radical scavenging activities of mushroom polysaccharide extracts, *Life Sci.* **60**, 763-771.
 35. Toklu, H. Z., A. O. Sehirli, A. Velioglu-Ogünç, S. Cetinel, and G. Sener (2006), Acetaminophen-induced toxicity is prevented by beta-D-glucan treatment in mice, *Eur. J. Pharmacol.* **14**, 133-140.
 36. Lovin, R., W. Cottle, I. Pyke, M. Davanagh, and A. N. Belcastro (1987), Are inducers of free radical damage related to exercise intensity, *Eur. J. Appl. Physiol.* **6**, 313-316.
 37. Lawler, J. M., S. K. Powers, H. V. Dijk, T. Visser, M. J. Kordus, and L. L. Ji (1994), Metabolic and antioxidant enzyme activities in the diaphragm : effects of acute exercise, *Res. Physiol. Neurobio.* **96**, 139-149.
 38. Ji, L. L. (1993), Blood glutathione status during exercise: Effect of carbohydrate supplementation, *J. Appl. Physiol.* **74**, 788-792.
 39. Mattila, P., K. Konko, M. Euroola, J. M. Pihlava, J. Astola, L. Vahteristo, V. Hietaniemi, J. Kumpulainen, M. Valtonen, and V. C. Piironen (2001), Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms, *J. Agric. Food. Chem.* **49**, 2343-2348.
 40. Chen, Q. X., K. K. Song, Q. Ling, X. D. Liu, H. Huang, and H. Y. Guo (2005), Inhibitory effects on mushroom tyrosinase by *p*-alkoxybenzoic acids, *Food. Chem.* **91**, 269-274.
 41. <http://u-lib.nanet.go.kr:8080/dl/DetailView.php> (2009).
 42. Yun, M. K. R. and H. H. Robert (1999), Age related reductions in the activities of antioxidant enzymes in the rat inferior colliculus, *Hear. Res.* **135**, 169-180.
 43. Kellogg, E. W., and I. Fridovich (1975), Superoxide, hydrogen peroxide, and singlet oxygen in lipid peroxidation by a xanthine oxidase system, *J. Biol. Chem.* **25**, 8812-8817.
 44. Cheung, L. M., P. C. K. Cheung, and V. E. C. Ooi (2003), Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts, *Food Chem.* **81**, 249-255.
 45. Murcia, M. A., M. Martínez-Tomé, A. M. Jiménez, A. M. Vera, M. Honrubia, and P. Parras (2002), Antioxidant activity of edible fungi (truffles and mushrooms): losses during industrial processing, *J. Food Prot.* **65**, 1614-1622.
 46. Mattila, P., V. P. Salo, K. Konko, H. Aro, and T. C. Jalava (2002), Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland, *J. Agric. Food. Chem.* **23**, 6419-6422.
 47. Okimoto, K., K. Hamazaki, H. Lwagaki, K. Orita, and A. Mori (1995), Effect of picibanil on the scavenging effect of free radicals produced during liver regeneration in the rat, *Acta. Med. Okayama.* **49**, 75-79.
 48. Chei, H. S. (1994), Lipid peroxidation and its Nutritional Significance, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **23**, 867-878.
 49. Bedossa, P., K. Houglum, C. Trautwein, A. Holstege, and M. Chojkier (1994), Stimulation of collagen α I(I) gene expression is associated with lipid peroxidation in hepatocellular injury : a Link tot issue fibrosis, *Hepatology.* **19**, 1262-1271.
 50. Kayali, H., M. F. Ozdag, S. Kahraman, A. Aydin, E. Gonul, and Z. Odabasi (2005), The antioxidant effect of β -glucan on oxidative stress status in experimental spinal cord injury in rats, *Neurosurg. Rev.* **28**, 298-302.