

정상식이 마우스의 체중과 간 조직 항산화계 효소활성에 미치는 *Monascus pilosus* 발효 빵잎차 열수추출물의 효과

이상일¹, 이예경², 김순동², 이인애², 최종근³, 서주원^{2*}

¹계명문화대학 식품영양조리학과, ²명지대학교 생명과학정보학부, ³청운대학교 화장품과학과

Effects of Hot-Water Extract of Mulberry Leaf Tea Fermented by *Monascus pilosus* on Body Weight and Hepatic Antioxidant Enzyme Activities in Mouse Fed a Normal Diet

Sang-Il Lee¹, Ye-Kyung Lee², Soon-Dong Kim², In-Ae Lee², Jongkeun Choi³
and Joo-Won Suh^{2*}

¹Department of Food, Nutrition and Culinary Arts, Keimyung College

²Division of Bioscience and Bioinformatics, Myongji University, Yongin

³Department of Cosmetic Science, Chungwoon University

요 약 본 연구에서는 빵잎차와 *Monascus pilosus*로 발효시킨 빵잎차가 ICR mouse의 체중과 간 조직 항산화계 효소류의 활성에 미치는 영향을 조사하고자 음용수 대신 1% 열수 추출액을 8주간 급여하고 체중, 장기중량, 혈액 및간기능 바이오 마커들의 변화를 관찰하였다. Mice는 빵잎차(UMI)와 발효빵잎차의 열수추출액 급여군(FMI) 및 정상대조군(NC) 등 3개 군으로 나누었다. 차 추출액을 급여한 군들은 유의한 차이는 보이지 않았으나 NC군에 비하여 체중 증가량이 감소하였고, LDL-콜레스테롤, 동맥경화 지수는 유의한 수준의 감소를 보였으며, 간 조직의 lipid peroxide (LPO) 함량 및 xanthin oxidase (XO) 활성의 감소와 glutathione S-transferase (GST) 활성의 유의적인 증가를 관찰할 수 있었다. 이상의 실험결과, 빵잎차 및 *M. pilosus*로 발효시킨 빵잎차는 체중감소 효과가 있으며 간 조직 손상과 관련된 항산화계 효소의 활성을 높여 주는 효과가 있는 것으로 사료된다.

Abstract In this study, to evaluate the anti-obesity effects of mulberry leaf tea and its fermented product by *Monascus pilosus*, we investigated body and organ weight, blood and liver biomarkers in mice fed 1% tea infusions instead of water for 8 weeks. Mice were divided into three groups such as a normal control (NC), unfermented mulberry leaf tea infusion (UMI) and fermented mulberry leaf tea infusion (FMI). Although it is not significant, tea infusion groups showed reduction of body weight gains compared with NC group. Moreover, contents of LDL-cholesterol and lipid peroxide (LPO), atherogenic index, and xanthin oxidase (XO) activity were significantly decreased, and glutathione S-transferase (GST) activity was significantly elevated. The results from this study suggested that UMI and FMI may have an anti-obesity activity, upregulate antioxidant enzymes and reduce levels of oxidants related to liver damage.

Key Words : Antiobese, Fermentation, *Monascus pilosus*, Mulberry leaf tea, ROS-scavenging enzymes

본 연구는 농림수산식품부 농림바이오기술산업화지원사업(810007-03-3-SB110)에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Joo-Woon Suh(Myongji Univ.)

Tel: +82-31-330-6190 email: jwsuh@mju.ac.kr

Received May 10, 2013

Revised (1st August 13, 2013, November 6, 2013)

Accepted November 7, 2013

1. 서론

뽕나무(*Morus alba*)는 중국이 원산으로 장미목, 뽕나무과에 속하는 교목성 낙엽수로 73속 1,000여종이 열대 지방부터 온대지역에 걸쳐 널리 분포하고 있으며, 우리나라에는 5속 13종이 알려져 있다[1]. 과거에 주로 누에를 사육하기 위하여 뽕나무를 재배하던 것에서 벗어나 최근에는 열매(오디)가 와인이나 주스로 개발되어 상품화 되었다. 또한 누에 및 뽕나무를 이용한 생물 신소재 개발 연구가 활발히 진행되어 오디, 껍질 및 뿌리(상백피) 등을 고부가가치 천연물 소재 산업 및 식·의약용 기능성 소재로 개발하고 이를 생약, 기능성 식품 그리고 화장품 등으로 제품화하고 있다[2]. 뽕잎은 본초강목과 동의보감에 소갈증, 뇌졸중에 효과가 있다고 기록되어 있으며, 간을 보호하고, 고혈압, 신경통, 중풍예방 등 성인병의 예방과 치료에 효과가 알려져 있다[3]. 뽕잎에는 칼슘, 칼륨 등의 미네랄과 펙틴, 셀룰로스 등의 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있으며, 1-deoxynojirimycin, N-Methyl-1-deoxynojirimycin 및 flavonoid 등의 유효 물질이 알려져 있다. 최근 이들 소재의 다양한 생리활성을 밝히기 위한 연구들이 많이 이루어지고 있다[3]. 특히, 뽕잎은 혈압강화 효과를 가지는 γ -aminobutyric acid와 모세혈관 강화 작용을 나타내는 rutin의 함량이 높아 노인성 치매, 혈당강하와 혈압상승억제 효과 및 동맥경화를 예방하며[4], 식욕 및 포만감을 조절하여 체중을 감소시키는 항비만 효과, 항암, 항염, 항산화 및 항고지혈증에 효과가 있는 것으로 알려져 있다[5,6]. 뽕잎에 풍부한 anthocyanin은 라디칼을 소거하고 지질의 산화를 방지할 뿐만 아니라 혈액의 지질 균형을 유지시켜준다. 또한, 뽕잎은 중금속을 제거하는 효능이 탁월하며 노화억제와 암예방에 효과가 있다[5,6]. 뽕잎은 차로도 이용되고 있으며, 주로 뽕잎을 증기로 찌서 말린 증차와 고열로 튀어낸 튀음차로 제조되고 있다[2].

최근 차의 효능을 더하고 부가가치를 높이기 위하여 효소처리 또는 특정한 미생물을 사용한 발효 연구가 활발하게 진행되고 있다. 발효는 차에 독특한 향과 색깔을 부여할 뿐만 아니라 세포벽에 결합된 기능성 성분들의 추출수율을 높일 수 있음이 밝혀졌으며, 식물체가 가지는 유해성분을 분해시켜 제거하고 새로운 기능성 성분들이 생성됨으로 기존의 차에 비하여 고품질의 차를 생산할 수 있어 이에 대한 관심이 증대되고 있다[7,8].

한편, *Monascus*속 곰팡이는 8세기경 중국 당나라에서부터 사용되기 시작하여, 아시아 여러 나라에서 홍국의 제조, 식품의 보존과 질병치료에 이용하고 있으며, 현재 약 20종이 분리 동정되어 있다. 또한 적색계와 황색계의

여러 색소를 생산하며 주요 색소에는 6종류가 있다[9]. 홍국에 포함된 색소성분인 rubropunctatin, monascorubin, monascin, ankaflavin, rubropunctamine 및 monascorubramine 등은 항균 및 항암효과가 알려져 있다[12]. 특히, cholesterol 생합성을 저해하는 monacolin K 및 mevinolin 같은 statin계 2차 대사산물을 생합성 함으로써 동맥경화의 예방과 골 형성을 촉진 하는 것으로 보고되고 있다[10]. 또한, monacolin K는 항진균, 항당뇨, 항고혈압, 항콜레스테롤 및 항암 등의 효과가 있으며[11], 최근 본 연구자들은 *Monascus*속 미생물을 액체 배양하여 얻은 균사체의 ethanol 추출물이 고지방식으로 유도한 비만쥐에서 항비만 효과와 비만으로 손상된 간의 기능을 증진시키는 효과가 있음을 보고한 바 있다[13]. 또한 *Monascus pilosus*로 발효시킨 뽕잎차의 품질특성과 항산화 활성을 보고한 바 있으며[14], 최근 고지방 식이로 비만이 유도된 마우스에 발효 뽕잎차 분말의 급여가 체중과 간 조직 항산화계 효소에 미치는 영향을 조사한 결과 비정상적인 상태에서의 비만 해소와 ROS 생성계 효소의 저해와 소거계 항산화 효소의 활성화를 관찰할 수 있었다[15]. 따라서 본 연구에서는 이와 별도로 *M. pilosus*로 발효시킨 뽕잎차의 고부가가치 건강기능성 소재 개발을 위하여 뽕잎을 차로 음용하는 조건에서의 생리활성을 검토하고자 발효차 열수추출물을 정상식이 마우스에 급여하고 체중과 혈청지질 및 간 조직 항산화계 주요 효소활성에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 뽕잎 및 균주

본 실험에 사용된 뽕잎(*M. alba leaves*)은 2011년 6월 경에 경북 경산시 남산면 안심리에서 채취한 것을 사용하였으며, 균주는 한국중균협회에서 분양받은 *M. pilosus* IFO 4480을 사용하였다.

2.2 뽕잎의 발효

Lee[15]등의 방법에 따라 *M. pilosus*로 고체 발효를 행하였다. 먼저, 생 뽕잎을 1 × 2 cm 크기로 자른 후 40 °C에서 2일간 건조시켰으며(unfermented mulberry leaves: UF), 건조시킨 뽕잎에 물을 가하여 총 수분 함량이 30%가 되게 조절한 다음, 2 L들이 polypropylene bag에 300 g씩 넣고 air filter를 부착하여 121 °C에서 90분간 살균하였다. 살균시킨 뽕잎에 미리 준비한 *M. pilosus* 배양액 50 mL를 접종하고 30 °C에서 15일간 배양한 다음, 40 °C에

서 수분함량이 2% 내외가 되도록 건조시킨 후 1.5 mm 체로 쳐서 발효빵잎차를 제조하였다. *M. pilosus* 중 배양액은 glucose(5%), peptone (2%), KH₂PO₄(0.8%), 0 MgSO₄·7H₂O (0.05%), CH₃COOK(0.2%), NaCl(0.1%)을 함유하는 배지에 균주를 접종하고 150 rpm의 진탕배양기에서 따로 10일간 배양하여 사용하였다.

2.3 동물실험

실험동물은 4주령의 평균체중 21-24 g의 ICR(Crljori: CD-1), SPF/VAF outbred mice (Orient Ltd., Sungnamsi, Korea)를 basic pellet chew인 5L79 diets (PMI Nutrition, LLC, Brentwood, MO, USA)로 1주일간 예비 사육하여 실험실 환경에 적응시켰다. 실험군은 Table 1에서와 같이 3개로 나누어 실시하였다. Basic pellet chew(5L79 diets, PMI Nutrition, LLC, Brentwood, MO, USA)를 급여하고 음용수로 증류수를 급여한 군(NC), basic pellet chew를 급여하고 음용수대신 비발효 빵잎차(UM) 1% 용액(1 tea bag 기준, 100 °C의 열수로 3분간 추출한 추출액을 20 °C로 냉각)을 급여한 군(UMI) 그리고 basic pellet chew를 급여하고 음용수 대신 *M. pilosus*로 발효한 빵잎차(FM) 1% 용액을 급여한 군(FMI) 등 3개 군으로 구분하여 8주간 실험하였다.

실험식은 전문제조회사인 Feeds Lab (Guri-si, Gyeonggi-do, Korea)에 의뢰하여 실험 식이를 제조한 다음 4 °C에서 보관하면서 매일 신선한 식이를 공급하였다. 실험동물은 stainless steel cage에 넣어 사육하였고, 온도 및 습도는 23±2 °C, 60±5%로 조정하였으며, 명암주기는 12시간 간격으로 설정하였고, 차추출물 또는 음용수 및 사료는 자유 섭취시켰다.

[Table 1] Experimental groups and ingredients of diets (%)

Compositions	NC ⁴⁾	UMI	FMI
Basic pellet chew (5L79 diets) ¹⁾	100	100	100
Water	○		
UMI ²⁾		○	
FMI ³⁾			○

¹⁾The diets for animal experiments manufactured in PMI Nutrition, LLC, Brentwood, MO, USA. Guaranteed analysis: crude protein 18%, crude fat 5%, crude fiber 5%, ash 8%.

²⁾UMI: unfermented mulberry leaf tea infusion(1%).

³⁾FMI: fermented mulberry leaf tea infusion(1%).

⁴⁾NC; normal control group.

2.4 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율 측정

체중과 식이섭취량은 매일 일정시간에 측정하였으며, 식이효율(feed efficiency ratio, FER)은 1주간의 체중증가량을 1주간의 식이섭취량으로 나눈 값으로 하였다.

2.5 혈청 ALT 활성 및 지질함량

혈청 alanine aminotransferase (ALT) 활성도는 Reitman과 Frenke[16]의 방법에 준하여 kit시약(Asan Pharm., Seoul, Korea)을 사용하여 측정하였으며 혈청 1 mL당 분당 NADH의 흡광도를 0.001 감소시키는 Karmen unit로 나타내었다[17]. 혈청중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량은 각각 kit 시약(AM 157S-K, AM 202-K, AM 203-K, Asanpharm Co., Korea)으로 측정하였으며, LDL-콜레스테롤함량은 Friedewald 등[18]의 방법에 따라 계산하였다. Atherogenic index (AI)는 계산식 [(total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol]에 의하여 산출하였다.

2.6 효소활성 측정 시료 준비

8주간 사육 후, 12시간동안 물을 제외한 사료를 금식시키고 ether 마취한 다음, 하대정맥으로부터 채혈하였다. 채취한 혈액은 실온에서 응고시킨 다음 4 °C, 2,500×g에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하고 -70 °C에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 장기의 적출은 빙냉의 생리식염수로 간을 관류한 다음 수행하였으며, 각 장기의 무게를 측정하였다. 적출한 간 조직 일정량에 4배량의 0.25 M sucrose 용액을 넣고 마쇄한 후 균질액을 10,000×g (4 °C)에서 30분간 원심분리하고 postmitochondrial fraction을 취하여 효소 활성도 측정에 이용하였다.

2.7 간 조직 지질함량

Folch 등[19]의 방법에 따라 중성지방의 함량과 총콜레스테롤의 함량을 kit 시약 (AM 157S-K, Asan Pharm Co. Ltd., Korea, AM 202-K, Asan Pharm Co. Ltd., Korea)으로 각각 측정하였다. 시료는 chloroform과 methanol (2 : 1) 혼합액에 간 조직 마쇄액 일정량을 가해 잘 혼합한 다음 방치하여 분리된 유기용매 부분 일정량을 취해 질소가스 존재 하에서 건조시켜 준비하였다.

2.8 간 조직 GSH 및 LPO의 함량 측정

간 조직의 glutathione (GSH)의 함량은 Ellman[20]의 방법에 따라 일정량의 간 조직 마쇄균질액에 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid)를 넣어 생성되는 2-nitro-5-mercapto-benzoic acid의 흡광도를 412nm에서

측정하였으며 간 조직 g당 GSH μmole 로 나타내었다. lipid peroxide (LPO)의 함량은 Ohkawa 등[21]의 방법에 따라 thiobarbituric acid (TBA) 용액을 넣어 반응시키고 n-butanol을 가하여 TBA-reactive substance를 추출한 다음 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 함량은 간 조직 g당 malondialdehyde (MDA) nmole로 나타내었으며, MDA 분자흡광계수 ($\epsilon=1.5 \times 10^5 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)를 이용하여 산출하였다.

2.9 간 조직 XO, SOD, GST 및 GPX 활성의 측정

간 조직 XO(xanthine oxidase)의 활성은 Stirpe와 Della Corte[22]의 방법에 따라 측정하였으며, 활성도는 분당 단백질 1 mg이 기질인 xanthine으로부터 생성시킨 uric acid의 양을 nmole로 나타내었다. SOD활성은 Martin 등[23]의 방법에 따라 superoxide anion radical에 의해 hematoxylin으로부터 생성되는 hematin을 560 nm에서 측정하였으며 효소원을 가하지 않은 대조군의 흡광도를 50% 억제하는 효소량을 1 unit로 하여 1 mg의 단백질이 hematoxylin의 자동산화를 억제하는 정도를 U (Unit)로 나타내었다. GST 활성은 Habig 등[24]의 방법에 따라 효소에 의해 기질인 1-chloro-2,4- dinitrobenzene과 GSH이 반응하여 생성되는 thioether의 흡광도를 340 nm에서 측정하는 다음 흡광계수($\epsilon=9.5 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)를 이용하여 활성도를 계산하였으며 분당 단백질 1 mg이 생성시킨 thioether의 μmole 로 나타내었다. GPX 활성은 Paglia 등[25]의 방법에 따라 1 mM EDTA 함유 50 mM phosphate buffer(pH 7.0) 용액 일정량에 1 mM sodium azide, 0.2 mM NADPH, 1 mM GSH, 1 unit glutathione reductase 및 일정량의 효소원과 기질인 0.25 mM hydrogen peroxide를 가해 25°C에서 반응시키는 동안에 생성된 oxidized glutathione을 환원시키는데 소모된 NADPH를 340 nm에서 측정하여 결정하였다. 이때 NADPH의 함량은 분자흡광계수 ($\epsilon=6.22 \text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$)를 이용하여 계산하였으며, 효소의 활성도는 1 mg의 단백질이 1분간 산화시킨 NADPH의 함량을 nmole로 나타내었다.

2.10 단백질 측정

단백질의 정량은 Lowry 등[26]의 방법에 따라 750nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 결정하였으며, bovine serum albumin (BSA)을 표준 단백질 시료로 사용하였다.

2.11 간 조직 검사

8주간 사육한 흰쥐 간 조직을 절취하여 10% neutral formalin에 고정시킨 다음, 알코올 탈수, 파라핀 포매하여

microtome으로 4 μm 두께로 잘라 hematoxylin과 eosin으로 염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

2.12 통계 처리

모든 실험결과는 SPSS ver. 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) software package을 이용하여 분석하였다. 데이터를 실험동물 5마리에 대한 평균과 표준편차로 나타내었고, 유의성 검증은 Duncan's multiple range test에 의해 $p < 0.05$ 의 수준에서 사후 검정을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 체중, 식이섭취량 및 식이효율

*Monascus pilosus*로 발효시킨 뽕잎차 열수 추출액을 음용수 대신에 8주간 급여하면서 항비만 효과와 관련하여 체중증가율, 식이섭취량 및 식이효율 등을 관찰한 결과를 Table 2 및 Fig. 1에 나타내었다. 주당 체중증가량은 NC ($0.86 \pm 0.03 \text{g}$), UMI ($0.74 \pm 0.01 \text{g}$), FMI (0.69 ± 0.02) 순으로 나타났고 (Table 2, Normal diet group), 실험시작 2주 후부터는 NC군에 비해 UMI와 FMI군 모두에서 지속적으로 낮은 체중증가율을 보였다(Fig. 1). 하지만, 식이섭취량은 NC군에 비해 오히려 UMI군과 FMI군은 20.78 및 15.77% 각각 증가하였고, calorie 섭취량 또한 식이섭취량과 유사한 결과를 나타내었다. 그리고 음용수 대신으로 섭취한 차 열수추출물의 양은 UMI군과 FMI군에서 NC군에 비해 53~56% 정도 많이 섭취하였으며 UMI군과 FMI군과의 유의차는 없었다.

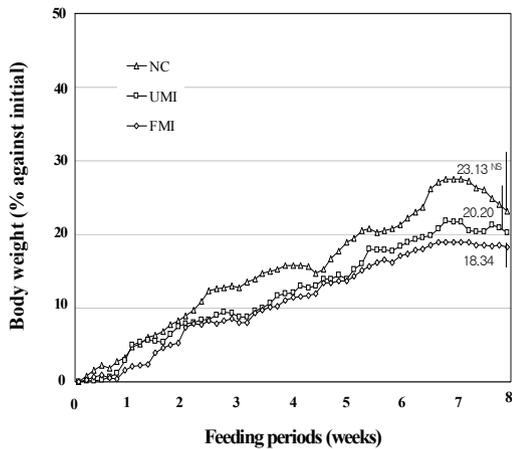
[Table 2] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on body weight, feed intakes and feed efficiency ratio of mouse fed a normal diets for 8 weeks

Measurements	NC ²⁾	UMI ³⁾	FMI ³⁾
Initial body weight (g)	29.81±1.42	29.45±1.16 ³⁾	30.28±1.26
Final body weight (g)	36.70±2.20	35.40±1.64	35.83±1.19
Feed intakes (g/week)	43.52±2.35 ^{b)}	52.56±3.08 ^{a)}	50.24±3.65 ^{a)}
Calorie intakes(kcal/week)	162.28±8.76 ^{b)}	195.85±11.47 ^{a)}	187.39±13.61 ^{a)}
Weight gain(g/week)	0.86±0.03 ^{a)}	0.74±0.01 ^{b)}	0.69±0.02 ^{b)}
Water intakes(mL/week)	54.16±4.32 ^{b)}	84.56±6.30 ^{a)}	83.12±6.51 ^{a)}
FER ¹⁾	0.02±0.00 ^{a)}	0.01±0.00 ^{b)}	0.01±0.00 ^{b)}

¹⁾Feed efficiency ratio.

²⁻⁴⁾See Table 1.

⁵⁾Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$).



[Fig. 1] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on body weight gain (% against initial) of mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1 and 2. Values are means (n=5), and the values of the final week are mean ± standard deviations (n=5). Different superscripts in the final week indicate significant differences (p<0.05).

이상의 결과에서 UMI 및 FMI군 모두에서 식이섭취량과 섭취열량 모두 NC군에 비해 현저하게 높음에도 불구하고 체중 증가율이 낮게 나타나는 현상은 뽕잎과 발효뽕잎 열수추출액이 식이효율을 감소시켜 체중감소효과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 비발효뽕잎과 발효뽕잎의 체중감소효과를 비교했을 때 평균값으로는 UMI군에 비하여 FMI군에서 다소 낮으나 식이섭취량과 섭취열량이 UMI에서 다소 높음을 감안할 때 양군간의 차이는 없는 것으로 보인다. 이것은 고지방식이로 비만을 유도한 흰쥐에 *M. pilosus*로 발효시킨 뽕잎차를 분말 형태로 고지방식에 첨가하여 유의한 수준의 체중 감량 효과를 보고한 Lee 등[15]의 실험과 비교되는 것으로 정상식이의 본실험의 체중 감소 효과가 상대적으로 작았다. 따라서 발효뽕잎차는 비정상적인 체중 증가를 막지만 과도한 체중의 감소를 유도하지는 않고 정상체중을 유지하도록 돕는 것으로 사료된다. 또한, Park 등[27]은 뽕잎 추출물이 PPAR γ (peroxisome-proliferator activated receptor γ) agonist로 작용하여 식이 섭취량을 감소시킴으로서 항비만 효과가 나타난다고 보고하였으나, 본 실험 결과에서는 체중 감소와 섭취 칼로리와는 다른 결과를 보인 것을 볼 때 뽕잎차의 열수추출물은 다른 기작으로 항비만 효과를 나타내는 것으로 사료된다. 또한 *Monascus*속 미생물로 발효시킨 홍국은 소화불량을 개선

할 뿐만 아니라[28] 항비만 효과가 있는 것으로 알려져 있다[29]. 따라서, *M. pilosus*로 발효시킨 뽕잎차 열수 추출물의 체중감소효과는 뽕잎의 성분과 미생물 발효에 의해 생성된 성분들의 복합효과로 사료된다. 한편, UMI 및 FMI군에서 물 섭취량이 현저히 높은 것은 본 실험에서 노배설량을 측정하지 않아 정확한 기전은 알 수 없으나 차의 이노작용과 관련이 있는 것으로 생각된다.

3.2 장기중량 및 부고환 주변지방의 함량

8주간 사육한 다음 mouse의 체중 100 g당 장기중량을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 간 중량은 NC군이 3.71%인데 비하여 UMI군과 FMI군은 각각 3.76% 및 3.81%이었으며, 신장, 심장 및 고환의 중량에서도 비슷하게 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 식이 섭취량 및 열량의 과잉상태에서는 당대사의 불균형과 과잉으로 생성되는 glucose flux 및 비정상적인 RNA와 DNA의 합성으로 간을 비롯한 장기들의 중량이 증가하는 것으로 알려져 있으나[30], 본 실험에서 차 열수추출물을 급여한 경우 섭취량이 증가했음에도 불구하고 장기의 중량에서 차이가 관찰되지 않았다. Lee 등[15]은 고지방식에 더하여 발효뽕잎 혹은 비발효뽕잎 분말의 급여는 비만으로 비대해진 장기들의 중량을 현저히 감소시킴을 보였다. 따라서 뽕잎 및 뽕잎발효물은 고지방식에 의한 장기들의 비대를 막지만 정상수준에서의 장기의 중량감소를 초래하지는 않는 것으로 사료된다.

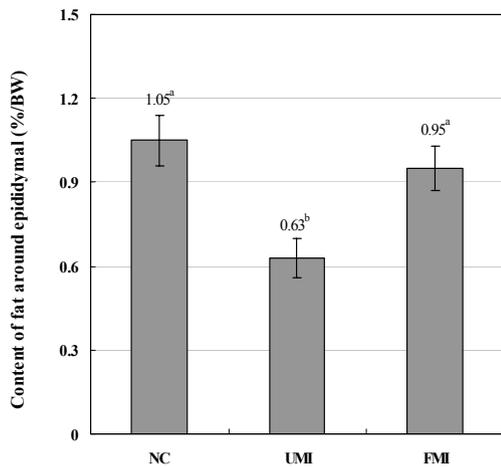
한편, 부고환주변지방의 함량은 NC군이 1.05%로 FMI군의 0.95%와 유의적인 차이가 없었으나 UMI군에서는 0.63%로 NC군과 FMI군에 비하여 그 함량이 감소하였다 (Fig. 2). 이와 같이 비발효뽕잎차를 음용수 대신으로 음용한 경우에 부고환 주변지방의 함량이 상당한 수준으로 감소하는 현상이 어떤 기전에 의해 나타나는지는 추후 지속적인 연구가 요망된다.

[Table 3] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water (normal diets) on organs weight in mouse fed a normal diets for 8 weeks

	(% against body weight)		
Organs	NC ¹⁾	UMI ²⁾	FMI ³⁾
Liver	3.71±0.08	3.76±0.12 ⁴⁾	3.81±0.13
Kidney	1.75±0.09	1.79±0.11	1.74±0.14
Heart	0.54±0.04	0.56±0.05	0.57±0.04
Testis	0.69±0.06	0.66±0.04	0.66±0.06

¹⁻³⁾See Table 1.

⁴⁾Values are mean ± standard deviations (n=5), different superscripts in the same row indicate significant differences (p<0.05).



[Fig. 2] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the content of fat around epididymal in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).

3.3 혈청 및 간 조직 지질 함량

8주간 사육한 다음 mouse의 혈청에서의 지방함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 중성지방(TG), 총콜레스테롤(TC), HDL-cholesterol의 함량은 실험군간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나 LDL-cholesterol의 함량에서 FMI군은 NC군에 비하여 유의적으로 낮은 경향을 나타내었으며 동맥경화지수도 동일한 경향을 나타내었다. 동맥경화증 발병과 비례관계가 있는 것으로 알려진 TG와 혈중 cholesterol의 대부분은 lipoprotein의 형태로 LDL을 형성하며[31], 또한 *Monascus*속 미생물의 2차 대사산물인 monacolin K는 cholesterol 생합성에 관여하는 HMG-CoA reductase의 저해제로 LDL-cholesterol 함량이 감소됨과 더불어 HDL-cholesterol은 증가하고 동맥경화 지수가 감소됨이 알려졌다[32]. 또한, 실제 임상실험에서도 TG, TC 및 LDL-cholesterol의 농도가 감소한 것으로 나타났다[33]. 따라서 FMI군에서 유의적으로 LDL-cholesterol의 함량이 낮은 것은 발효 추출물의 monacolin K에 의한 효과로 생각된다.

8주간 사육한 mouse의 간 조직 TG와 TC 함량을 조사한 결과 UMI와 FMI군의 간 조직 TG 함량은 8.49~10.80 mg/g tissue로 유의적인 차이를 보이지 않았으며(Fig. 3), 총콜레스테롤의 함량에서도 UMI 및 FMI군은 10.26~10.41 mg/g tissue로 NC군의 10.59 mg/g tissue보다 낮았으나 유의한 차이를 보이지는 않았다. Lee 등은 고지방식

이로 비만을 유도한 mouse에서 발효뽕잎차가 비정상적으로 증가한 중성지방과 총콜레스테롤의 함량을 낮출 뿐만 아니라 HDL-cholesterol을 높이고 LDL-cholesterol을 낮추는 효과를 확인하였다[15]. 따라서 뽕잎을 monacolin K를 생산하는 *Monascus*속 미생물로 발효한 것은 지질대사 이상에 의한 성인병을 예방하고 비정상적인 지질 상태를 정상수준으로 회복시켜주는 효과가 있는 것으로 사료된다.

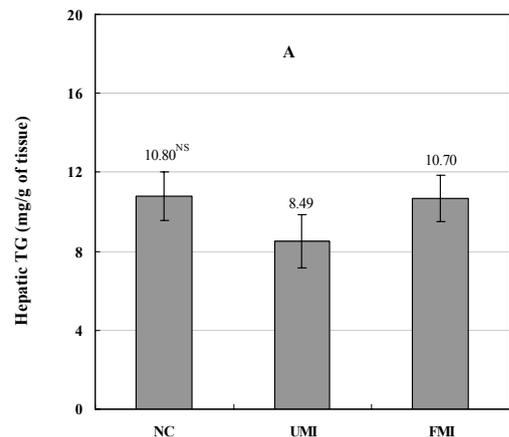
[Table 4] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the content of lipid profiles in serum of mouse fed a normal diets for 8 weeks

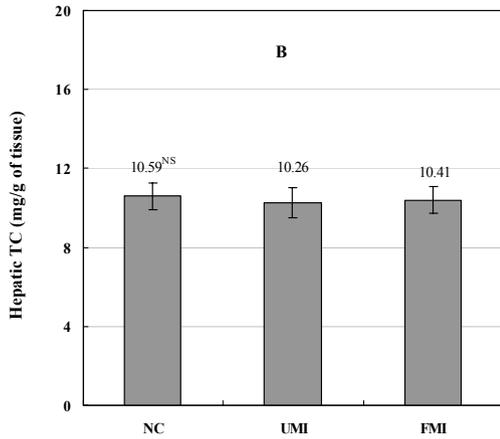
Measurements ¹⁾	NC ²⁾	UMI ³⁾	FMI ⁴⁾
TG	72.16 \pm 3.13	70.15 \pm 3.86 ⁵⁾	70.10 \pm 3.43
TC	113.78 \pm 5.69	111.40 \pm 7.24	109.55 \pm 8.22
HDL-chol	53.25 \pm 3.20	54.87 \pm 3.84	55.71 \pm 3.06
LDL-chol	46.10 \pm 2.94 ^a	42.50 \pm 2.65 ^{ab}	39.82 \pm 2.39 ^b
AI	1.14 \pm 0.07 ^a	1.03 \pm 0.06 ^{ab}	0.97 \pm 0.06 ^b

¹⁾TG; triglyceride, TC; total cholesterol, HDL-chol; HDL-cholesterol, LDL-chol; LDL-cholesterol=[total cholesterol - (triglyceride/5)] + HDL-cholesterol, AI; atherogenic index=(Total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol.

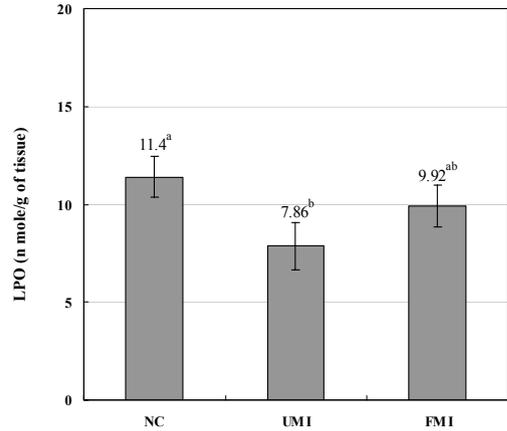
²⁻⁴⁾See Table 1.

⁵⁾Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the same row indicate significant differences (p<0.05).





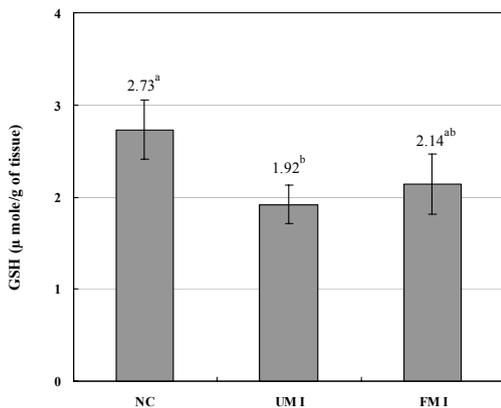
[Fig. 3] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the content of hepatic TG (triglyceride) and TC (total cholesterol) of mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).



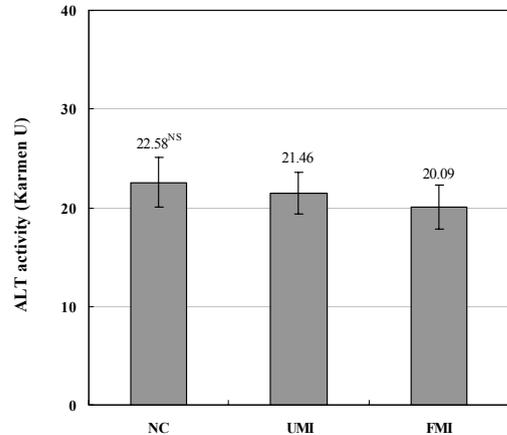
[Fig. 5] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the content of hepatic LPO (lipid peroxide) in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).

3.4 간 조직 GSH, LPO 함량 및 혈청 ALT 활성

간 조직 GSH 및 LPO의 함량과 혈청 ALT의 활성 변동을 조사한 결과는 Fig. 4~6과 같다. 간조직 g당 GSH 함량은 NC군 2.73 μ mole, UMI군 1.92 μ mole, FMI군 2.14 μ mole로 FMI군은 NC군과 유의차가 없었으나 UMI군은 NC군에 비하여 조금 낮았다. LPO의 함량은 실험군들에서 NC군보다 낮은 함량을 나타내었으나 FMI군은 NC군과 유의차는 없었다.



[Fig. 4] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the content of hepatic GSH (glutathione) in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).



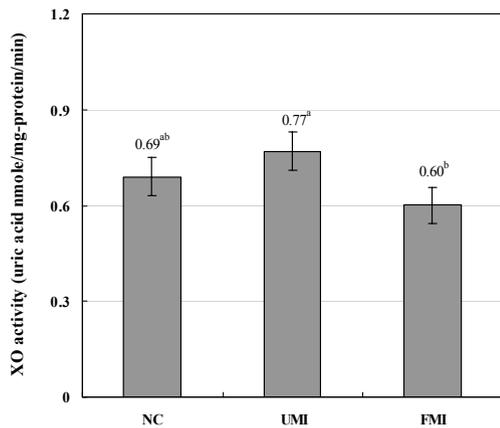
[Fig. 6] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water (normal diets), and high fat diets on the serum ALT activities in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).

한편, ALT는 간장과 심장에 다량 분포하며, 아미노산의 생합성에 관여하는 효소로 약물이나 스트레스 등으로 간 조직이 손상을 받게 되면 그 활성이 증가하게 됨으로 간 손상의 지표로 활용되고 있다. 비만이 되면 간장에 지방이 축적되고 지질과산화물의 생성으로 활성산소종이

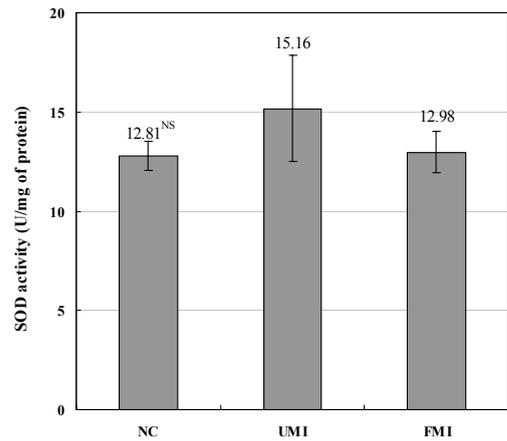
생성되면 간 조직이 손상되면서 이들 효소의 활성이 증가한다. 또한 간염이나 고혈당상태에서도 이들 효소의 활성이 증가하며, 간장의 상대적 중량도 증가한다[16]. 혈청의 ALT활성과 지방함량을 측정한 결과, 실험군간의 유의성은 보이지 않았으나 수치상으로는 FMI군에서 낮은 경향을 보였다[Fig. 6].

3.5 간 조직 XO, SOD, GST 및 GPX 활성

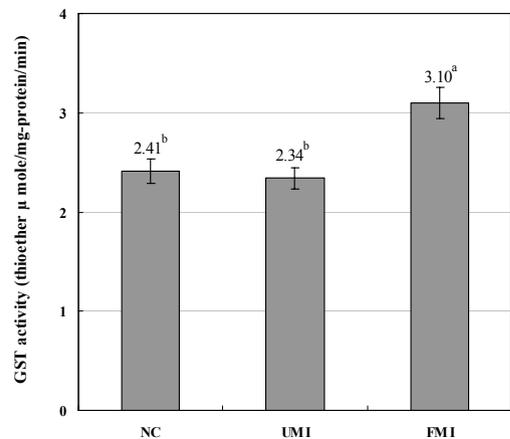
간 조직의 XO와 SOD 활성을 조사한 결과는 Fig. 7~10과 같다. XO 활성 (U : uric acid nmole/g of protein/min)은 UMI군이 0.77 U로서 NC군의 0.69 U와 유의차를 보이지 않았으며, FMI군은 0.60 U로 UMI군 및 NC군 보다 낮은 수준을 유지하였다. SOD 활성(Fig. 8)은 12.81~15.16 U/mg protein으로 실험군간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 한편, GST 활성 (U : thioether μ mole/g of protein/min)은 UMI군에서는 2.34 U로 NC군의 2.41 U와 대등한 활성을 나타내었으나 FMI군은 3.10 U로 NC 및 UMI군에 비하여 현저하게 높은 활성을 나타내었다. 또, GPX의 활성(NADPH nmole/ min/mg-protein)은 FMI군이 NC군과 유사한 활성을 나타내었으나 UMI군에서는 두 군에 비하여 유의적으로 낮은 활성을 나타내었다[Fig. 10].



[Fig. 7] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the hepatic XO (xanthine oxidase) activity in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).



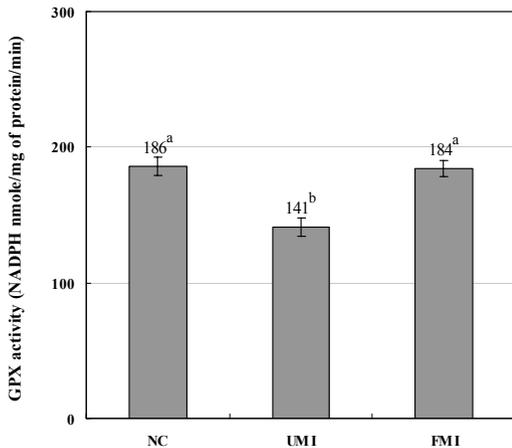
[Fig. 8] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the hepatic SOD (superoxide dismutase) activity in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).



[Fig. 9] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the hepatic GST (glutathione S-transferase) activity in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).

XO는 xanthine oxidoreductase (XOR)의 일종으로 체 내에서 purine의 분해하는 중요한 역할을 수행한다. 정상 생리상태에서는 NAD⁺를 전자수용체로 이용하는 dehydrogenase로 작용하나 병리적 상태에서는 산소 분자

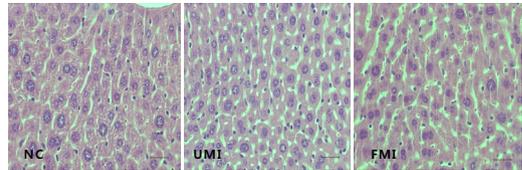
를 전자수용체로 이용하는 XO로 작용하며 이때 superoxide 및 hydrogen peroxide와 같은 ROS를 생성한다[34]. SOD는 ROS 생성계에 의해 생성된 superoxide를 반응성이 낮은 hydrogen peroxide로의 전환에 관여하는 항산화 효소로 알려져 있으며, GST는 selenium 비의존성 항산화 효소로 환원형 GSH를 이용하여 lipid hydrogen peroxide를 대응하는 lipid alcohol로 환원시킬 뿐만 아니라 친전자성 물질과 환원형 GSH의 포함반응에 관여하는 해독효소로 고지방식이에 의한 비만 상태 하에서는 그 활성이 크게 감소한다. GST는 체내에서 phase I 반응에 의해 생성된 electrophilic compounds를 GSH와 결합시켜 무독화시키는 phase II 반응에 관여할 뿐만 아니라 항산화활성도 가지는 효소로 FMI 군에서 활성이 증가한 것은 뽕잎의 발효과정을 통해 생성된 새로운 성분들에 의해 나타난 결과로 생각되며 발효 뽕잎차의 섭취로 acetaminophen 등과 같은 생체 내에서 조직손상이나 발암 등을 유발하는 것으로 알려져 있는 electrophilic compounds를 생성하는 독성물질의 해독에 긍정적인 영향을 줄 것으로 생각된다[35]. GPX는 GSH를 이용하여 hydrogen peroxide뿐만 아니라 ROS에 의해 생성된 LPO를 무독화시키는 효소로 고지방식이하에서는 그 활성이 감소하는 것으로 알려져 있으며[13], 본 연구에서는 정상식이조건으로 군간 차이를 확인할 수 없었다.



[Fig. 10] Effects of unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water on the hepatic GPX (glutathione peroxidase) activity in mouse fed a normal diets for 8 weeks. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).

3.5 간조직의 광학 현미경 관찰

간 조직을 검정한 결과는 Fig. 11와 같다. UMI 및 FMI 군에서는 중심정맥과 간 조직 세포, 세포막 및 sinusoid가 정상 구조를 유지하고 있으며, NC군과의 조직학적인 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 이상의 결과, 뽕잎차와 *M. pilosus*로 발효시킨 뽕잎차는 정상 생리상태에서는 ROS의 생성과 소거가 균형을 이루고 있어 생체의 항산화 활성에 유의한 영향을 나타나지 않았으며 그 결과 조직의 이상 변화가 없는 것으로 사료된다.



[Fig. 11] Light microscopic photographs of liver tissue (bar: 25 μ m) of mouse fed a normal diets with unfermented and fermented mulberry leaf tea 1% infusion instead of water for 8 weeks (HE stain).

4. 결론

뽕잎차의 산업적 가치를 높이기 위한 연구의 일환으로 *M. pilosus*로 발효시킨 뽕잎차를 실제 음용하는 것과 유사한 조건으로 정상식이 mouse에 열수추출물을 급여하여 체중, 장기무게 그리고 혈액 및 간 조직의 생화학활성에 미치는 영향을 고찰하였다. 앞선 뽕잎차 분말과 고지방식이 mouse를 이용한 연구[15]에서는 유의한 수준의 발효뽕잎차의 비만 해소와 ROS 생성계효소의 저해, 소거계 항산화 효소의 활성화를 통한 간 기능 증진과 조직 손상을 예방 또는 경감시키는 유의한 효과를 확인하였다. 본 연구에서도 고지방식이 연구와 같은 정도는 아니지만 의미 있는 바이오마커들의 변화를 관찰할 수 있었다. 차 추출액 급여군은 정상식이군에 비하여 체중 증가량이 감소하고 LDL-콜레스테롤과 동맥경화지수는 유의한 수준의 감소를 나타내었다. 간조직의 LPO 함량과 XO 활성의 감소와 GST 활성의 유의적인 증가를 또한 관찰할 수 있었다. 이상의 결과, 뽕잎차의 열수추출액은 체중감소 효과뿐만 아니라 간 조직 손상을 예방하고, 경감시키는 것으로 사료된다. 이것은 고지방식이 mouse를 이용한 연구결과와 비교할 때, 변화의 폭은 크지 않지만, 정상식이임을 감안한다면 정상인이 뽕잎차를 꾸준히 음용할 경우 급격한 신체의 변화 없이 비만으로 인한 질병을

예방하고 건강을 증진할 수 있다는 면에서 의미가 있을 것으로 사료된다. 더구나 빵잎은 카페인 성분이 함유되어 있지 않으므로 커피나 녹차와 달리 카페인에 민감한 사람도 음용이 가능함으로 산업적 가치가 매우 크다고 할 수 있다.

References

- [1] H. B. Kim, C. K. Kang, G. B. Sung, S. W. Kang, J. R. Lee, "Anti-oxidative capacity of mulberry leaf and its tea", *Korean J Sci*, 49, 18-23, 2007.
- [2] D. C. Kim, M. J. In, H. J. Chae, "Preparation of mulberry leaves tea and its quality characteristics", *J Appl Biol Chem*, 53, 56-59, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3839/jabc.2010.010>
- [3] C. Hansawasdi, J. Kawabata, "α-Glucosidase inhibitory effect of mulberry (*Morus alba*) leaves on Caco-2", *Fitoterapia*, 77, 568 - 573, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2006.09.003>
- [4] J. Y. Chae, J. Y. Lee, I. S. Hoang, D. Whangbo, P. W. Choi, W. C. Lee, J. W. Kim, S. Y. Kim, S. W. Cho, S. J. Rhee, "Analysis of functional components of leaves of different mulberry cultivars", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 15-21, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2003.32.1.015>
- [5] M. Omori, T. Yano, J. Okamoto, T. Tsushida, T. Murai, M. Higuchi, "Effect of anaerobically treated tea (Gabaron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats", *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 61, 1449-1451, 1987.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1271/nogeikagaku1924.61.1449>
- [6] S. Y. Kim, W. C. Lee, H. B. Kim, A. J. Kim, S. K. Kim, "Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol induced hyperlipidemia in rats", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 1217-1222, 1987.
- [7] M. J. Bae, E. J. Ye, "Analysis of active components and quality characteristics in the manufacturing of fermented mulberry leaf (*Morus alba*) tea", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 859-863, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.6.859>
- [8] O. J. Kang, "Production of fermented tea with *Rhodotorula* yeast and comparison of its antioxidant effects to those of unfermented tea", *Korean J Food Cookery Sci*, 26, 422-427, 2010.
- [9] J. Y. Ma, Y. Li, Q. Ye, J. Li, Y. Hua, D. Ju, D. Zhang, R. Cooper, M. Chang, "Constituents of red yeast rice, a traditional Chinese food and medicine", *J Agric Food Chem*, 48, 220-5225, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf000338c>
- [10] M. J. Choi, T. S. Yu, "Effects of red-yeast-rice supplementation on bone mineral density and bone mineral content in ovariectomized rats", *Korean J Nutr* 37, 423-430, 2004.
- [11] M. R. Kang, J. Y. Kim, Y. J. Hyun, H. J. Kim, H. Y. Yeo, Y. D. Song, J. H. Lee, "The effect of red-yeast-rice supplement on serum lipid profile and glucose control in subjects with impaired fasting glucose or impaired glucose tolerance", *Korean J Nutr*, 41, 31-40, 2008.
- [12] L. Martinkova, P. Patakova-Juzlova, V. Krent, Z. Kucerova, V. Havlicek, P. Olsovsky, O. Hovorka, B. Rihova, D. Vesely, D. Vesela, J. Ulrichova, V. Prikrylova, "Biological activities of oligo-ketide pigments of *Monascus purpureus*", *Food Addit Contam*, 16, 15-24, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/026520399284280>
- [13] S. I. Lee, J. W. Kim, Y. K. Lee, S. H. Yang, I. A. Lee, J. W. Suh, S. D. Kim, "Protective effect of *Monascus pilosus* mycelial extract on hepatic damage in high-fat diet induced-obese rats", *J Appl Biol Chem*, 54, 206-213, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3839/jabc.2011.033>
- [14] S. I. Lee, Y. K. Lee, J. Choi, S. H. Yang, I. A. Lee, J. W. Suh, S. D. Kim, "Quality characteristics and antioxidant activity of mulberry leaf tea fermented by *Monascus pilosus*", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 706-713, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.5.706>
- [15] S. I. Lee, Y. K. Lee, I. A. Lee, J. Choi, S. D. Kim, J. W. Suh, "Effects of mulberry leaf tea fermented by *Monascus pilosus* on body weight and hepatic antioxidant enzyme activities in mouse fed high-fat diet", *Korean J Food & Nutr*, 26, 66-77, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9799/ksfan.2013.26.1.066>
- [16] S. Reitman, S. Frankel, "A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases", *Am J Clin Pathol*, 28, 56-63, 1957.
- [17] A. Karmen, "A note on the spectrophotometric assay of glutamicoxaloacetic transaminase in human blood serum", *J Clin Invest*, 34, 131-133, 1955.
- [18] W. T. Friedewald, R. I. Levy, D. S. Fredrickson, "Estimation of the concentration of low-density

- lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge”, *Clin Chem*, 18, 499-502, 1972.
- [19] J. Folch, M. Less, “A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 226, 497-509, 1957.
- [20] G. L. Ellman, “Tissue sulfhydryl group”, *Arch Biochem Biophys*, 82, 70-77, 1959.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861\(59\)90090-6](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861(59)90090-6)
- [21] H. Ohkawa, N. Ohishi, K. Yagi, “Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction”, *Anal Biochem*, 95, 248-254, 1979.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
- [22] F. Stripe, E. Della Corte, “The regulation of rat liver xanthine oxidase”, *J Biol Chem*, 244, 3855-3860, 1969.
- [23] J. P. Martin, J. M. Dailey, E. Sugarmanand, “Negative and positive assays of superoxide dismutase based on hematoxylin autoxidation”, *Arch Biochem Biophys* 255, 329-336, 1987.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861\(87\)90400-0](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861(87)90400-0)
- [24] W. H. Habig, M. J. Pabst, W. B. Jacoby, “Glutathione Stransferase. The first enzymatic step in mercapuric acid formation”, *J Biol Chem*, 249, 7130-7139, 1974.
- [25] E. D. Pagila, W. N. Valentine, “Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase”, *J Lab Clin Med*, 70, 158-169, 1967.
- [26] O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, R. L. Randall, “Protein measurement by folin phenol reagent”, *J Biol Chem*, 193, 265-275, 1951.
- [27] M. Y. Park, K. S. Lee, M. K. Sung, “Effects of dietary mulberry, Korean red ginseng, and banaba on glucose homeostatis in relation to PPAR- α , PPAR- γ , and LPL mRNA expressions”, *Life Sci*, 77, 3344-3354, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2005.05.043>
- [28] M. R. Rhyu, E. Y. Kim, K. S. Chung, “Effect of *Monascus koji* on the quality characteristics of bologna-type sausage”, *Korea J Food Sci Technol*, 35, 229-234, 2003.
- [29] T. Jeon, S. G. Hwang, S. Hirai, T. Matsui, H. Yano, T. Kawada, B. O. Lim, D. K. Park, “Red yeast rice extracts suppress adipogenesis by down-regulating adipogenic transcription factors and gene expression in 3T3-L1 cells”, *Life Sci*, 75, 3195-3203, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2004.06.012>
- [30] Y. G. Wu, L. L. Xia, H. Lin, D. Zhou, H. Qian, S. T. Lin, “Prevention of early liver injury by breviscapine in streptozotocin-induced diabetic rats”, *Planta Med*, 73, 433-438, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-967182>
- [31] T. Gordon, W. B. Kannel, W. P. Castelli, R. Thomase, T. R. Dawber, “Lipoprotein, cardiovascular disease, and death”, *Arth Internal Medicine*, 141, 1128-1131, 1981.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/archinte.141.9.1128>
- [32] T. S. Yu, H. H. Kim, C. G. Yoon, “Hepatic oxygen free radical metabolizing enzyme activities and serum lipid profile in rats fed diet supplem andd with *Monascus pigment*”, *J Korean Soc Fod Sci Nutr*, 33, 244-249, 2003.
- [33] D. Heber, I. Yip, J. M. Ashley, E. A. Elashoff, R. M. Elashoff, V. Liang, W. Go, “Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement”, *American J Clinical Nutr*, 69, 231-236, 1999.
- [34] M. S. Hashim, S. Lincy, V. Remya, M. Teena, L. Anila, “Effect of polyphenolic compounds from *Coriandrum sativum* on H2O2-induced oxidative stress in human lymphocytes”, *Food Chem*, 92, 653-660, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.027>
- [35] T. A. Ajith, U. Hema, M. S. Aswathy, “*Zingiber officinale* Roscoe prevents acetaminophen-induced acute hepatotoxicity by enhancing hepatic antioxidant status”, *Food Chem Toxicol*, 45, 2267-2272, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.001>

서 주 원(Joo-Won Suh)

[정회원]



- 1979년 2월 : 서울대학교 농화학 과 (학사)
- 1986년 9월 : (미국) 캘리포니아 대학, 식품공학 (석사)
- 1989년 9월 : (미국) 캘리포니아 대학, 미생물학 (박사).
- 1990년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 생명과학정보학부 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : 농생명바이오식의약품소재개발사업 단 사업단장

<관심분야>

미생물학, 농업생명공학, 기능성식품, 의약품소재개발

이 상 일(Sang-II Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 영남대학교 대학원 약학과 (약학석사)
- 1989년 8월 : 영남대학교 대학원 약학과 (약학박사)
- 1987년 9월 ~ 현재 : 계명문화대학교 식품영양조리학부 교수

<관심분야>
건강기능성식품

이 인 애(In-Ae Lee)

[정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 식품공학과 (농학 박사)
- 1987년 6월 ~ 1998년 12월 : 한국생명과학연구원 선임연구원
- 1999년 11월 ~ 2009년 10월 : 경북대학교 농업과학기술연구소 연구교수
- 2009년 11월 ~ 현재 : 명지대학교 농생명바이오식의약품소재 개발사업단 연구교수

<관심분야>
생명 과학, 기능성 식품

이 예 경(Ye-Kyung Lee)

[정회원]



- 2002년 8월 : 대구가톨릭대학교 대학원 식품공학과 (이학석사)
- 2006년 8월 : 대구가톨릭대학교 대학원 식품공학과 (이학박사)
- 2000년 3월 ~ 2004년 2월 : 가톨릭상지대학교 식품영양과 조빙교수
- 2004년 3월 ~ 2008년 8월 : 신성대학교 호텔조리계열 조빙교수
- 2008년 6월 ~ 2010년 2월 : 대구가톨릭대학교 해양바이오 센터 연구원
- 2010년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 생명과학정보학부 연구원

<관심분야>
식품가공

최 종 근(Jongkeun Choi)

[정회원]



- 1993년 2월 : 서울대학교 농화학 과 (농학사)
- 1995년 2월 : 서울대학교 농화학 과 (농학석사)
- 2006년 8월 : 서울대학교 화학부 (이학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 화장품과학과 교수

<관심 분야>
구조생물학, 화학정보학, 기능성 식품 및 화장품

김 순 동(Soon-Dong Kim)

[정회원]



- 1974년 2월 : 영남대학교 대학원 가정학과 (이학석사)
- 1980년 2월 : 영남대학교 대학원 가정학과 (이학박사)
- 1996년 3월 ~ 2010년 8월 : 대구가톨릭대학교 식품과학연구소장
- 2010년 8월 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교 명예교수
- 2009년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 생명과학정보학부 연구교수

<관심분야>
식품가공, 발효식품