

## 오디의 가공형태에 따른 Streptozotocin 유발 당뇨쥐의 혈당 및 지질의 상태에 미치는 영향\*

김형진 · 최상원 · 조성희<sup>§</sup>

대구가톨릭대학교 식품영양학과

### Effects of Various Mulberry Products on the Blood Glucose and Lipid Status of Streptozotocin-induced Diabetic Rats\*

Kim, Hyung-Jin · Choi, Sang-Won · Cho, Sung-Hee<sup>§</sup>

Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Daegu 712-702, Korea

#### ABSTRACT

The study aim was to investigate the effects of three types of mulberry products on the blood glucose and lipid statuses and peroxidative state under diabetic condition. The three types were mulberry liquor prepared by adding 30% ethanol to the crushed fresh fruit, mulberry wine and vinegar by fermentation. For diet experiment the mulberry liquor (M-Liquor), wine (M-Wine), and vinegar (M-Vinegar) were prepared as powders by freeze-drying of the respective product and were added to the diet at the level of 1% and mulberry fruit powder (M-Powder) at the level of 5%. Sprague-Dawley female rats weighing  $150 \pm 10$  g were randomly assigned to one normal group, and five diabetic groups induced by one intraperitoneal injection of streptozotocin (STZ) at the level of 50 mg/kg. The normal and diabetic control (DM-Control) groups were fed diet without the mulberry products. During twenty-one days of experimental diet, blood glucose was maintained at a low level in the M-Liquor group compared with the DM-Control group. However, serum insulin level was higher in both M-Liquor and M-Vinegar groups after the experimental diet period. Serum levels of total cholesterol and triglyceride (TG) were lower in M-Liquor but HDL-/total cholesterol ratios were higher in the four M groups. The TG liver level was lower in M-Powder and M-Vinegar groups but the cholesterol level was lower in M-Powder than in the DM-Control group. Serum levels of thiobarbituric acid reactive substances were not different among the groups but the liver levels of these substances were lower in the four M groups than in DM-Control. Serum GOT and GPT levels were not changed by the mulberry products. These results indicated that mulberry liquor is the most effective among the four mulberry products for normalizing blood glucose and lipid status and that all the mulberry products were effective in enhancing antioxidant defense in the diabetic state. (Korean J Nutr 2010; 43(6): 551~560)

**KEY WORDS:** mulberry liquor, mulberry vinegar, diabetic rat, blood glucose, serum lipid, TBARS.

#### 서론

오디 (mulberry)는 뽕나무과 (*Moraceae*)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무 (*Morus alba* L.)의 열매로서 5월부터 6월에 걸쳐 과실의 색이 검은색 또는 자홍색으로 나타낼 때

채취하여 식용하거나 건조한 후 한약재로 사용하고 있다. 한방에서는 오디를 '상심 (桑心)'라 하며 백발을 검게 하고 소갈 (消渴), 즉 당뇨를 완화시키고 빈혈, 고혈압, 관절통 및 대머리 치료에 효능이 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 이를 바탕으로 오디의 생리적인 역할을 과학적으로 조사하고자 오디의 성분 조사와 오디 주스, 추출물 및 오디박을 이용한 *in vivo* 기능성 실험이 시행되어 왔다. 영양소 함량을 보면 오디는 유사 열매인 딸기, 블루베리, 라즈베리에 비하여 칼슘, 철, 아연 및 마그네슘 등의 무기질 함량이 높다.<sup>2)</sup> 오디의 생리활성 물질 중 함량이 가장 높은 것은 색소인 antocyanin이며 그 외 flavonoid 등 phenol 성분도 높다. 오디의 antocyanin 함량은 품종별로 차이가 많아서 신선물 100 g

접수일 : 2010년 10월 7일 / 수정일 : 2010년 12월 6일

채택일 : 2010년 12월 9일

\*This study was supported by Technology Development Project for Agriculture and Fisheries, Gyeongsangbukdo, Republic of Korea, 2009.

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail: shcho@cu.ac.kr

당으로는 20에서 320 mg에 이른다고 보고되고 있으나<sup>3)</sup> 건물당으로는 0.75% 내외로 비슷하며 구성 antocyanin들, 즉 cyanidin 3-glucoside와 cyanidin 3-rutinoside의 함량의 차이가 많다고 보고되어 있다.<sup>4,5)</sup> 오디 flavonoid 중 가장 함량이 높은 것은 rutin으로 건물 당 60~300 mg%,<sup>5-7)</sup> 그 외 isoquercitrin, quercitrin, quercetin 등이 건물 당 10 mg% 미만에서 수십 mg%, piceid 및 4-prenylmoracin은 대체로 10 mg% 이상 함유되어 있는 것으로 보고되었다.<sup>5)</sup> 오디의 페놀화합물로 resveratrol 및 moracin 배당체가 있으며 1-deoxynojirimycin 및  $\gamma$ -aminobutyric acid도 오디에 함유되어 있는 것으로 보고되었다.<sup>8,9)</sup>

오디 추출물에서 가장 많이 보고된 기능은 항산화능으로 *in vitro* 자유라디칼 소거능,<sup>2,7,10-12)</sup> *in vivo* 당뇨동물실험에서 간조직<sup>13)</sup>과 적혈구<sup>14)</sup>의 thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) 감소, 간조직의 lipofuscin 감소,<sup>13)</sup> 적혈구와 간조직의 항산화 효소 활성 증가<sup>13,14)</sup> 등이다. 오디 추출물의 *in vitro* 신경세포 보호 및 항균작용도 항산화능으로 설명되고 있다.<sup>15)</sup> 또한 사람들에게 오디 추출물을 섭취시켰을 때 항산화지표 중 하나인 혈청 FRAP (ferric-reducing ability in plasma)가 증가되었다.<sup>16)</sup> 이 항산화 기능은 오디에 함유된 플라보노이드를 위시킨 페놀성 화합물에 기인한 것으로<sup>7,12)</sup> 사료된다. 오디에 대하여 항당뇨 및 혈청 지질상태 개선 효과도 보고된 바 있다. 당뇨 생쥐에게 냉동 건조 분말액을 투여하였을 때<sup>17)</sup> 뿐 아니라, 오디박을 제거한 오디즙을 공급하였을 때<sup>14)</sup>도 혈당강하효과가 있었으며 이 결과로부터 오디 식이섬유소에 부가하여 다른 생리기능 성분도 혈당강하에 작용하는 것으로 해석되었다. 오디의 혈청 지질 개선 효과는 당뇨취<sup>13,14)</sup>에서 뿐 아니라 고지혈증 유발취<sup>18)</sup>와 정상 중년 남성<sup>19)</sup>에서 보고되었다. 최근에 오디 에탄올 추출물이 신생 혈관세포 U-373-MG에서 matrix metalloproteinase-9와 plasmin 분비에 영향을 미치고 있어 암 진행에서 중요한 angiogenesis를 변화시킬 수 있음을 시사한 바도 있다.<sup>20)</sup>

오디는 현재 농축물, 시럽, 주스 등<sup>21,22)</sup>으로 가공되어 주로 식품착색료와 의약품 소재로 활용되고 있고 식품으로는 와인<sup>22-26)</sup>과 같은 발효식품과 분말차<sup>27)</sup>의 제조가 시도되었다. 오디 분말이나 추출액을 떡<sup>28,29)</sup> 다식,<sup>30)</sup> 케이크<sup>31)</sup> 및 아이스크림<sup>32)</sup>에 첨가한 바 있으며 이들에 대하여는 제조 조건 및 제품의 안전성과 관능적인 측면이 조사되었을 뿐, 생리적인 효과에 대하여는 항산화능 외에는 조사된 바가 거의 없다. 일반적으로 과일 와인의 발효 및 숙성과정에서 폴리페놀화합물들의 구성과 함량의 변화가 동반되는데 특히 함유된 생리활성물질이 저분자화되어 소화 흡수가 용이하게

되고 생리활성이 증가하며 유산균 및 식초균의 증식에 따른 효과도 증가하는 것으로 보고되고 있다.<sup>22,25)</sup> 그동안 여러 과일 와인의 항산화 및 항노화 등 생리적 효능을 조사하여 보고되고 있으나<sup>26)</sup> 오디와인 및 오디식초의 대한 생리작용 연구는 매우 적은 실정이다. 따라서 오디를 이용한 고부가가치의 오디주 및 오디식초를 생산하기 위해서는 제품의 제조기술 개발 뿐만 아니라 제품이 지니고 있는 생리활성을 조사할 필요가 있다.

이에 따라 본 연구에서는 오디를 이용한 두 종류의 오디주, 즉, 침출주와 발효주 및 오디식초의 생리활성을 오디분말과 비교 관찰함으로써 향후 오디 제품 개발 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 오디 (mulberry, *Morus alba* L.)는 2009년 6월중순경 경북 하양에서 직접 재배한 뽕나무 품종 “익수뽕”에서 수확한 오디를 사용하였다. 오디분말 (mulberry powder)은 생오디를 동결건조한 후 믹서기로 약 20 mesh 정도로 분쇄하여 제조하였다. 오디 침출주 (mulberry liquor)와 발효주 (mulberry wine) 및 식초 (mulberry vinegar)의 제조는 아래의 방법<sup>33)</sup>에 의거하였다. 오디침출주를 제조하기 위하여 생오디 5 kg 정도를 손으로 으깨어 30% 알코올용액 15 L에 담근 후 3개월간 침출하고 이를 착즙하여 airlock이 설치된 carboy에 넣고 60일간 숙성시켰고 최종제품의 에탄올 농도는 13.5%였다. 오디발효주를 제조하기 위하여는 10 kg의 생오디를 정선하여 150 ppm 메타중아황산칼륨 함유 이온수 10 L를 넣고 발로 으갠 후 오디추출액의 pH (5.5) 및 당도 (6 Brix)를 측정하고 다음 pH 3.6이 되도록 구연산 및 식용 황산용액으로 조정하였다. 이어서 최종 12% 알코올을 목표로 목적하는 당도 24 Brix로 맞추기 위해 1차 설탕 2.5 kg을 첨가 (당도: 18 Brix)하고 교반 후 6시간 방치하였다. 여기에 효모 (fermivin, France) 5 g을 따뜻한 이온수 100 mL에 풀어서 30분정도 두었다가 살포한 후 1일 후 충분히 교반하여 1차 발효 (23℃, 2~3일)하였다. 이 후 4일이 지난 다음 비중이 1.020 (4.6 Brix)이 되었을 때 부직포로 압착 여과한 후 2차 설탕 2.5 kg을 가하고 용해시킨 후 carboy에 옮겨 담고 airlock을 설치하였다. 이것을 서늘한 곳에 옮겨 2차 발효 (18℃, 10일)한 후 racking 처리하고 원심분리 (8,000 rpm, 30분)한 다음 최종적으로 막여과 (0.25  $\mu$ m) 후 병입하여 18℃ 숙성실에서 6개월 숙성하였다. 오디식초는 오디발효주 (12%

알코올)를 희석하여 알코올 농도가 6%로 되게 한 후 초산균 (*Acetobacter* sp.)을 접종하여 호기적 교반 배양 후 식초를 제조하였다. 이렇게 제조된 오디 침출주와 발효주 및 식초를 동물에게 섭취시키기 위하여 동결 건조하여 얻은 고형성분을 분말로 만들었다.

### 실험동물 식이와 당뇨유도

실험동물은 체중  $130 \pm 10$  g내외의 Sprague-Dawley종 암컷을 바이오제노믹스사 (Korea)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 본 사육 전 환경에 적응시키기 위해 일반 고형사료 (퓨리나 실험용 쥐사료 5053)로 일주일간 예비사육하여 체중이  $150 \pm 10$  g 정도되었을 때, 난괴법에 의해 총 6군으로 나누며 각 군에 10마리씩 배정하였다. 이 중 1군은 정상군 (Normal)으로 streptozotocin를 투여하지 않았으며 나머지 다섯 군의 쥐에게 0.1 M citrate 완충용액 (pH 4.5)에 용해시킨 STZ를 체중 kg당 50 mg의 용량으로 복강에 주사하여 당뇨를 유도하였다. STZ 투여 후 하루 중 일정한 시간 (오후 3~4시)에 꼬리정맥에서 혈액을 취하여 혈당측정기 (Blood glucose monitoring kit, ARJTAY, Inc., Japan)을 이용하여 혈당을 측정하였다. 초기에 상승된 혈당이 동물실험에서는 비교적 약한 당뇨로 여겨지는 180 mg/100 mL<sup>34)</sup>이 되는 동물들을 당뇨동물로 선정하였으며 식이기간 중 600 mg/100 mL 이상으로 급격히 상승하여 혈당농도를 정확히 알 수 없는 동물들은 대상에서 제외하였다. STZ 투여와 함께 시작한 실험식이에 따라 당뇨대조군 (DM-Control), 오디분말군 (M-Powder), 오디침출주 (M-Liquor), 오디발효주 (M-Wine) 및 오디식초군 (M-Vinegar)의 다섯군으로 나누어 사육하였으며 상기 서술한 당뇨 기준에 의거하여 각 군에 선정된 동물의 수는 당뇨대조군과

오디분말군은 각각 9마리, 오디침출주군은 10마리, 오디발효주와 오디식초군은 각각 8마리였다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같이 AIN-93 식이<sup>35)</sup>를 기초로 하였으며 정상군과 당뇨대조군의 식이는 동일하였고 오디분말군 (M-Powder)에는 오디분말을 5%, 오디침출주 (M-Liquor), 오디발효주 (M-Wine) 및 식초군 (M-Vinegar)에는 각각의 고형성분을 식이의 1%되게 하여 기본식이에 첨가하였다. 식이에 오디 시료 첨가량은 시료에 함유된 총 페놀량에 근거하였다.<sup>33)</sup> 본 연구에서 사용한 익수병 분말의 총 페놀함량은 1.1%로 오디분말식이에 총 페놀함량은 550 mg/kg였다. 오디주의 총 페놀 함량은 약 22 mg%이며 고형물질 함량이 0.5 g% 내외이므로 오디주 건조분말의 페놀함량은 44 mg/g으로 1 kg 식이에는 약 440 mg의 페놀을 함유되었다. 오디식초 건조물의 경우는 오디주를 2배로 희석하여 제조하였으므로 초기 페놀함량이 오디주 건조물의 1/2정도로 간주되지만 두 차례의 발효를 거치는 동안에 물질의 변화가 예상되어 초기의 페놀 함량을 반드시 맞출 필요는 없다고 생각되어 오디주 분말과 같이 식이의 1%로 하였다. 식이는 4℃에서 보관하였으며 매일 일정 시간에 공급하여 자유로이 섭취하게 하였다. 식이 섭취량은 매일 측정하였으며 체중은 3일에 한번 측정하였다. 사육실의 환경은 실내 온도 20~22℃, 명암주기 12시간 (light 6:00~18:00)으로 유지하였다. 총 식이기간 24일이 지난 후 동물을 희생하여 혈청 및 간을 취하여 분석에 사용하였다. 동물실험은 대구가톨릭대학교 실험동물 관리규정에 의거하여 시행되었다.

### 시료 수집 및 전처리

총 식이기간 24일이 지난 후 동물을 희생하여 혈청과 간

**Table 1.** Diet compositions of six experiment groups with or without streptozotocin

Group	Normal	DM-Control	M-Powder	M-Liquor	M-Wine	M-Vinegar
Diet (g/kg diet)						
Corn starch	400	400	350	390	390	390
Casein	200	200	200	200	200	200
Dextrin	200	200	200	200	200	200
Sucrose	55	55	55	55	55	55
Beef tallow	20	20	20	20	20	20
Soybean oil	30	30	30	30	30	30
Min mix	35	35	35	35	35	35
Vit mix	10	10	10	10	10	10
Cellulose	50	50	50	50	50	50
Mulberry product <sup>1)</sup>	—	—	50	10	10	10
Streptozotocin <sup>2)</sup>	—	+	+	+	+	+

1) Mulberry powder, liquor, wine and vinegar were prepared as described in Methods and Materials 2) One intraperitoneal injection of streptozotocin was given at the level of 50 mg/kg bw

을 취하여 분석에 사용하였다.식이실험 종료 후 실험동물을 12시간 절식시킨 후 가벼운 에테르 마취 하에서 개복하여 복부 대동맥으로부터 혈액을 채혈하고 간조직을 채취하였다. 혈액은 실온에서 30분간 방치한 후  $1,500 \times g$ 에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하여, 간조직은 액체질소로 급속 냉동하여 분석시까지  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 보관하였다.

## 분석방법

### 혈당 및 혈청 인슐린 측정

혈당은 식이기간 중에 3~4일에 한번씩 꼬리정맥으로부터 혈액을 채취하여 상기 '2. 실험동물 식이와 당뇨유도'에서 서술한 바와 같이 혈당계를 이용하여 3~4일 한번씩 추적 조사하였다. 혈청 인슐린은 식이종료 후 혈청으로부터 Shibayagi 사 (Shibayagi Co., Ltd. Gunma, Japan)의 Rat Insulin ELISA Kit (S-type)을 사용하여 측정하였다.

### 혈청 및 간조직 지질 측정

식이종료 얻은 혈청으로부터 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방 측정은 아산제약 (Asan Co. Korea)의 enzymatic Kit를 사용하여 각각 비색 정량하였고 HDL-콜레스테롤/총콜레스테롤의 비율을 산정하였다. 간조직의 중성지방과 콜레스테롤은 지질을 chloroform : methanol 혼합액 (2 : 1, v/v)으로 추출한 후 유화제로서 triton X-100 : ethanol 혼합액 (1 : 1, w/w)으로 처리한 후<sup>36)</sup> 각각의 kit시약 (Asan Co. Korea)를 사용하여 흡광도를 측정하였다.

### 혈청 및 간조직 과산화지질과 혈청 GOT, GPT, BUN 측정

혈청 및 간조직의 지질과산화의 지표로 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)를 측정하였으며 분석은 Yagi<sup>37)</sup>와 Ohkawa 등<sup>38)</sup>의 방법에 의거하여 1,1,3,3-tetraethoxypropane을 표준물질로 사용하여 측정하였다. 혈청 GOT, GPT는 아산제약의 AM 101 kit를, BUN은 AM165 kit를 사용하여 측정하였다.

## 통계처리

실험결과는 SAS (ver 9.1)을 사용하여 분산분석 (ANOVA)으로 실험군 간에 차이를 조사하고 Tukey's HSD test에 의하여 유의성 차이를  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

## 결 과

### 체중의 변화와 식이효율

실험동물들에게 STZ 투여 후 식이 21일간 동안의 체중 변화와 식이섭취량 및 식이효율 (food efficiency ratio)이 Table 2에 나타나 있다. 초기 체중은 143~153 g으로 군간에 유의적인 차이가 없었으나 21일 후의 체중은 STZ를 투여하지 않은 정상군 (Normal)군에 비하여 STZ 투여군들 (DM-Control, M-Powder, M-Liquor, M-Wine, M-Vinegar)에서 낮은 경향을 보여 주었다. STZ 투여군들의 증체량 감소는 12일부터 나타났으며 이들의 체중은 이 후 계속 정상군에 비하여 낮았다. 정상군의 3주 후 증체량이  $95.6 \pm 9.8$  g인데 비하여 당뇨-대조군 (DM-Control)의 체중 증가는  $43.9 \pm 5.3$  g으로 가장 낮고 오디시료를 섭취시킨 당뇨군들도 정상군보다 낮았다. 오디 시료 섭취 군 중에서 오디분말군 (M-Powder)이  $65.8 \pm 8.4$  g으로 높고 다른 오디군들 (M-Liquor, M-Wine, M-Vinegar)의 증체량은 당뇨-대조군 보다 높은 경향이었으나 유의성은 없었다. 실험군들의 증체량과 달리 식이섭취량은 정상군에 비하여 STZ를 투여한 다섯 군에서 모두 높은 경향이었고 이에 따라 이들의 식이효율이 정상군에 비하여 현저히 낮았다.

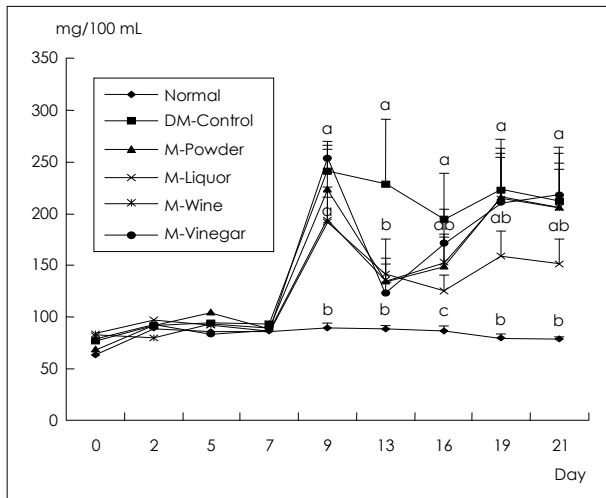
### 혈당 변화와 인슐린 수준

실험군들에게 STZ 투여 혈당 변화가 Fig. 1에 나타나 있다. STZ 투여 후 7일까지는 당노가 별로 유발되지 않아 군간에 차이가 없었으나 7일 이후 9일부터 고혈당이 나타나 당노를 유발하지 않은 정상군 (Normal)의 혈당이  $90 \pm 5$  mg/100 mL인데 비하여 당뇨대조군 (DM-Control)은  $242 \pm 24$  mg/100 mL이었고, 오디분말군 (M-Powder)은 224

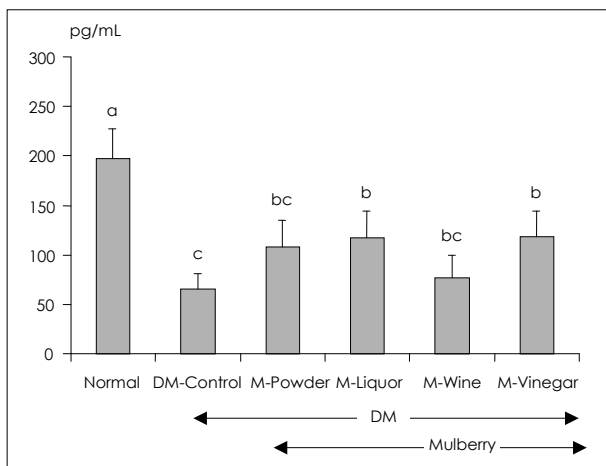
**Table 2.** Body weights, food intakes and food efficiency ratios of six groups of rats during twenty one days of experimental diets

Group (n)	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight increase (g)	Food intake (g)	Food efficiency ratio
Normal (10)	$143.4 \pm 10.3$	$239.0 \pm 21.6$	$95.6 \pm 9.8^a$	$407.4 \pm 58.5$	$0.235 \pm 0.024^a$
DM-Control (9)	$145.4 \pm 7.9$	$189.3 \pm 20.3$	$43.9 \pm 7.3^c$	$445.2 \pm 44.1$	$0.098 \pm 0.012^c$
M-Powder (9)	$145.6 \pm 9.2$	$211.4 \pm 12.8$	$65.8 \pm 8.4^b$	$438.9 \pm 54.6$	$0.150 \pm 0.010^b$
M-Liquor (10)	$153.8 \pm 11.5$	$203.1 \pm 21.6$	$49.3 \pm 6.7^c$	$434.7 \pm 46.2$	$0.113 \pm 0.013^c$
M-Wine (8)	$152.9 \pm 12.1$	$203.0 \pm 21.0$	$50.1 \pm 5.9^c$	$434.5 \pm 35.7$	$0.115 \pm 0.014^c$
M-Vinegar (8)	$149.7 \pm 15.3$	$195.7 \pm 19.2$	$46.0 \pm 6.3^c$	$438.9 \pm 44.1$	$0.105 \pm 0.010^c$

All values are means  $\pm$  SE and values with different superscript alphabet letters in the same column are significantly different at  $p < 0.05$



**Fig. 1.** Changes of blood glucose of normal, diabetic-control and four diabetic mulberry groups during experimental diet period. All values are Means  $\pm$  SE of 8–10 animals in each group described in Methods and Materials. Values with different alphabet letters at the same days are significantly different at  $p < 0.05$ , respectively.



**Fig. 2.** Serum insulin levels of four mulberry groups compared with normal and diabetic control groups after twenty four days of experimental diet period. All values are Means  $\pm$  SE of 8–10 animals in each group described in Methods and Materials. Bars with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

$\pm 39$  mg/100 mL, 오디침출주군 (M-Liquor)은  $192 \pm 24$  mg/100 mL, 오디발효주군 (M-Wine)은  $193 \pm 32$  mg/100 mL 및 오디식초군 (M-Vinegar)은  $253 \pm 17$  mg/100 mL으로 오디침출주 및 오디발효주군에서 다소 낮았다. STZ 투여 후 9일에 급격히 올라갔던 혈당이 당뇨 대조군에서는 다소 낮아지기는 하였으나 21일까지 비슷한 수준을 유지하였으나 오디군들에서는 13일에 낮아졌다가 증가하여 19일 이후 같은 수준으로 21일까지 유지되었다. 식이종료 후 쥐를 희생할 때 (24일째) 측정된 혈당은 이보다 낮아져서 정상군  $85 \pm 56$  mg/100 mL, 당뇨대조군

(DM-Control)은  $190 \pm 27$  mg/100 mL이었고, 오디분말군 (M-Powder)은  $170 \pm 25$  mg/100 mL, 오디침출주군 (M-Liquor)은  $150 \pm 26$  mg/100 mL, 오디발효주군 (M-Wine)은  $170 \pm 28$  mg/100 mL 및 오디식초군 (M-Vinegar)은  $215 \pm 37$  mg/100 mL이었으나 각 군의 혈당 순위는 그대로 유지하였다. 즉, 오디군 중에서 침출주군의 혈당이 지속적으로 낮게 유지되었다.

식이종료 후 측정된 혈청 인슐린은 정상군에 비하여 당뇨가 유발된 5군의 실험군에서 유의하게 낮아졌다 (Fig. 2). 네군의 오디군에서는 당뇨대조군 (DM-Control)에 비하여 침출주 (M-Liquor)와 식초군 (M-Vinegar)에서 유의하게 높았고, 분말 (M-Powder)과 발효주군 (M-Wine)에서도 높은 경향을 보였다.

### 혈청과 간 조직지질

Fig. 3에 제시된 바와 같이 혈청 총콜레스테롤 수준이 당뇨대조군 (DM-Control)에서 정상군 (Normal)에 비하여 유의하게 증가하였으며 오디 산물 섭취로 감소하는 경향이었는데 침출주 (M-Liquor) 섭취시 유의하게 낮아졌다. 혈청 중성지방은 당뇨대조군에서 정상군에 비하여 증가하는 경향이었는데 유의하지는 않았다. 그러나 오디 침출주와 오디식초 섭취로 대조군 (DM-Control)에 비하여 유의하게 낮아졌고 오디분말 (M-Powder)과 발효주는 효과가 없었다. 혈청 HDL-콜레스테롤은 군간에 유의한 차이가 없었으나 동맥경화와 밀접한 HDL-총 콜레스테롤의 비율은 당뇨대조군 (Control)에 비하여 오디 식초를 제외한 모든 오디군에서 유의하게 높았다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 간조직의 중성지방 (TG) 및 콜레스테롤 함량이 당뇨로 (DM-Control) 인하여 정상군 (Normal)에 비하여 증가하였다. 간조직 중성지방은 당뇨 유발된 후 오디분말 (M-Powder)과 오디 식초 (M-Vinegar) 섭취에 의하여 유의적으로 감소하였으며 오디 침출주 (M-Liquor)와 발효주 (M-Wine) 섭취에도 감소하는 경향이 있었다. 간조직 콜레스테롤은 당뇨 유발 (DM-Control)로 정상군 (Normal)에 비하여 증가하는 경향이었는데 당뇨 유발 후 오디분말 섭취로 유의적으로 감소하였다.

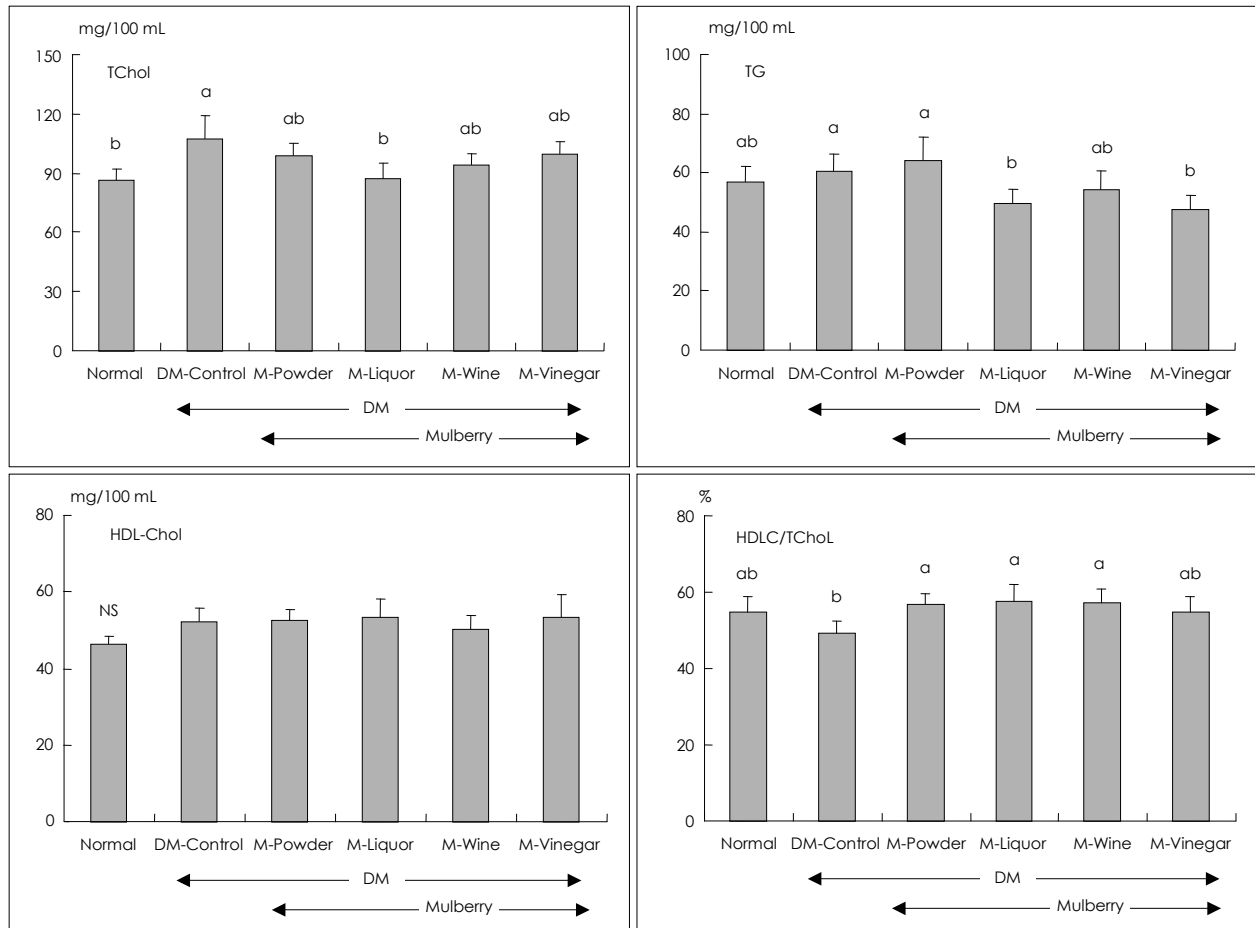
### 혈청 및 간조직 과산화지질 함량과 혈청 GOT, GPT 및 BUN 수준

과산화지질 손상의 지표가 되는 혈청 TBARS 값은 군간에 차이가 없었으나 간조직에서는 당뇨로 인하여 증가된 TBARS 함량이 모든 오디 군에서 유의적으로 낮아졌다 (Fig. 5). 간 손상 지표가 되는 혈청 GOT, GPT 값은 당뇨로 인하여 다소 상승하였으며 오디 시료 중에서 침출주 (M-Li-

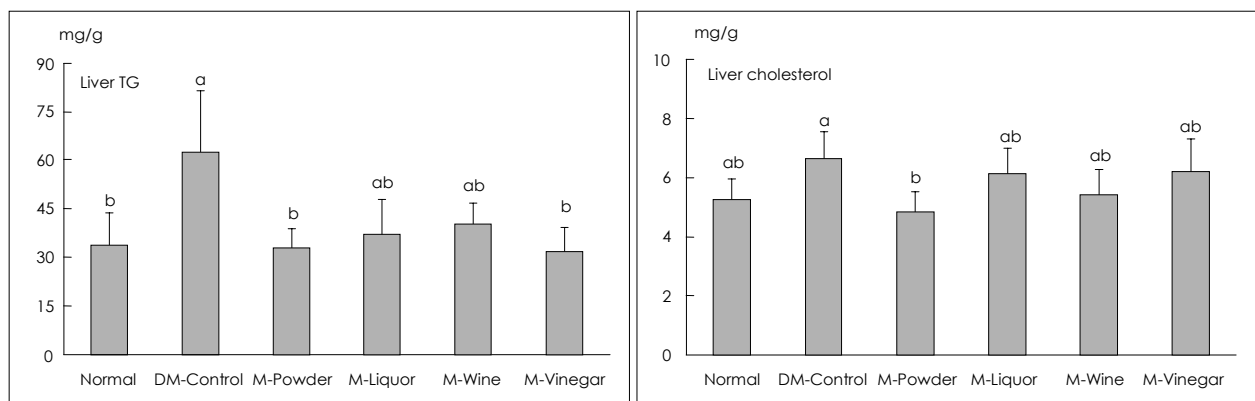
quor)와 식초 (M-Vinegar)를 섭취한 군에서 다소 낮아지는 경향을 보였으나 당뇨 군간에는 차이를 보이지 않았고 단백질 대사 이상을 나타내는 혈청 BUN 값도 군 간에 차이가 없었다 (Table 3).

## 고 찰

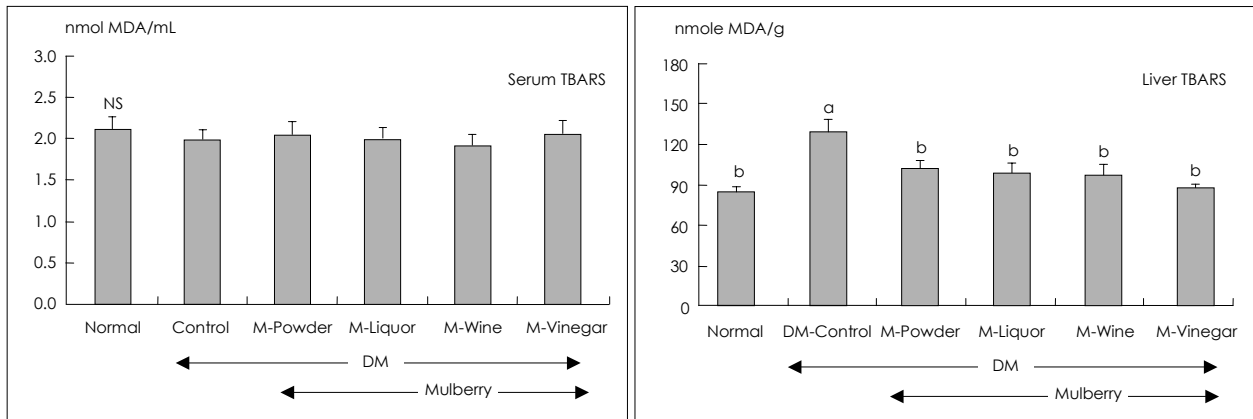
전북 부안과 경북 상주 등 국내 여러 지역에서 뽕나무 재



**Fig. 3.** Serum lipid levels of normal, diabetic control and the four mulberry groups after twenty four days of experimental diet period. All values are Means  $\pm$  SE of 8–10 animals in each group described in Methods and Materials. Bars with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$ .



**Fig. 4.** Liver levels of triglyceride and cholesterol of normal, diabetic control and the four diabetic mulberry groups. All values are Means  $\pm$  SE of 8–10 animals in each group described in Methods and Materials. Bars with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$ .



**Fig. 5.** Serum and liver TBARS levels of normal, diabetic control and four mulberry groups. All values are Means  $\pm$  SE of 8–10 animals in each group described in Methods and Materials. Bars with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 3.** Serum GOT, GPT and BUN Levels of the six experiment groups

Group (n)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	BUN-E (mg/dl)
Normal (10)	82.3 $\pm$ 4.4 <sup>b</sup>	15.3 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	13.1 $\pm$ 0.8 <sup>NS</sup>
DM-Control (9)	103.1 $\pm$ 4.8 <sup>ab</sup>	21.5 $\pm$ 1.7 <sup>ab</sup>	14.0 $\pm$ 0.9
M-Powder (9)	102.5 $\pm$ 11.0 <sup>ab</sup>	24.8 $\pm$ 5.0 <sup>a</sup>	14.2 $\pm$ 0.9
M-Liquor (10)	92.6 $\pm$ 8.9 <sup>b</sup>	20.8 $\pm$ 1.9 <sup>ab</sup>	14.4 $\pm$ 1.9
M-Wine (8)	115.9 $\pm$ 23.0 <sup>a</sup>	23.3 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	16.2 $\pm$ 3.1
M-Vinegar (8)	88.1 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>	20.1 $\pm$ 0.7 <sup>ab</sup>	14.8 $\pm$ 0.7

All values are Means  $\pm$  SE and values in the same column with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$

배 육성사업이 정부의 지원으로 활성화되어감에 오디와 뽕잎을 이용한 다양한 제품이 개발되고 있다. 오디를 이용한 제품 중에서는 오디즙, 오디엑기스 및 오디주스와 같은 단순 가공식품에서 최근 들어 오디주와 오디식초와 같은 발효제품도 개발되고 있다. 이 제품들의 제조를 뒷받침하는 것은 오디의 1차 산물인 오디분말, 오디즙, 오디박에 대한 향산화 및 항당뇨, 혈청 지질 상태 개선 같은 생리활성 연구들이라고 하겠다. 그러나 제품들은 가공되는 동안 성분의 변화를 수반할 수 있으므로 이들의 건강증진 효과 여부는 완제품을 사용하여 확인할 필요가 있으며 이런 의미에서 본 연구가 시행되었다.

본 연구에서 사용한 오디 가공제품들이 STZ로 유발된 고혈당을 전반적으로 억제하는 경향을 보였으나 이미 보고된 오디분말<sup>39)</sup> 오디즙, 오디박<sup>14)</sup>의 고혈당 억제 효과에 비하여 명확하지는 않았다. 이러한 차이는 혈당 측정 상태가 다른 것이 원인으로 생각된다. 본 연구에서는 전에 보고된 연구들<sup>13,14,39)</sup>과 달리 STZ 투여로 300 mg/100 mL 이상의 고혈당이 발생하는 것이 드물었다. 이는 실험동물이 체중이 작은 암컷을 사용하므로써 STZ 투여 절대량이 작은 것이 원인이 될 수 있겠다. 일반적으로 당뇨 유발을 300 mg/100 mL로 기준으로 하고 있지만 본 연구진의 전보<sup>13,14)</sup>에

서 매우 높은 고혈당으로 인하여 동물의 전반적인 상황이 악화되는 점이 문제였다. 본 연구에서는 이러한 점이 예방되었고 식이기간에 사망하는 것은 한 두 마리에 불과하였다. 다른 연구<sup>34)</sup>에서도 저용량 (30 mg/kg bw)의 STZ 투여로 공복시 혈당이 170 mg/100 mL을 당뇨로 규정한 바 있어 본 결과에서 공복시 혈당 190~250 mg/100 mL은 정상군의 ~90 mg/100 mL과 확실히 구별되어 당뇨로 판단된다. 또한 오디를 사용한 전보들<sup>13,14,39)</sup>에서는 당뇨 유발 전 3주 동안 실험식이 후에 STZ로 당뇨를 유발한 후 9일 후에 측정한 단일 혈당값들이었다. 본 결과에서도 STZ 투여 후 혈당이 상승하는 시점인 7일 지나 13일에 모든 오디 군들의 혈당이 당뇨대조군에 비하여 낮았다. STZ로 혈당이 급격히 증가한 후 오디에 의하여 감소하다가 다시 증가하는 현상은 타 연구에서도 나타난 바 있다.<sup>17,34)</sup> 본 연구에서 식이 후 13일의 오디군들의 혈당이 급격히 떨어진 것이 사료 섭취의 감소 (결과 미제시)에 있었던 것으로 추정된다. 그러나 이 후 사료 섭취에 차이가 없고 식이기간 동안의 총 사료섭취량은 Table 2에 제시된 바와 같이 오디군을 포함한 모든 당뇨군에서 높았다. 오디군들의 혈당이 16일부터는 다시 상승하여 대조군과 유사하게 되었는데 본 실험에서 당뇨 유발 정도가 타 연구들 (350~500 mg/100

mL)<sup>13,14,39)</sup>에 비하여 낮은 것 (200~250 mg/mL)도 한 원인으로 생각된다. 이와 같이 혈당에서는 오디균들의 효과가 뚜렷하지 않았으나 실험 종료시 측정된 혈청 인슐린 수준은 당뇨대조군에 비하여 유의적으로 높아서 오디제품의 섭취로 인슐린에 의한 탄수화물 대사가 호전되고 있음을 알 수 있었다. 오디균에 의한 탄수화물 대사의 호전은 혈청과 간의 지질 상태를 개선하는 하나의 요인으로 작용하는 것으로 보여진다. 식물유래 성분들이 혈청 지질 상태 개선 효과가 총 콜레스테롤이나 중성지방의 감소도 나타나기도 하지만 HDL-콜레스테롤 자체의 증가 또는 HDL/총 콜레스테롤의 비율의 증가 등이 식물의 추출물 및 개별 성분 연구에서 많이 보고되었다.<sup>40-43)</sup> 따라서 본 결과에서 나타난 오디균들의 지질 상태 개선 효과는 탄수화물 대사 변화와는 별개로 독립적인 효과가 있을 가능성이 있다. 여러 연구에서 보고되었던 오디의 항산화작용<sup>2,7,10-14)</sup>은 본 연구에서 오디균들의 간조직 TBARS가 낮은 것으로 확인할 수 있었다.

조사한 오디제품 중에서 오디침출주가 혈당 강하, 인슐린 수준 유지 등의 탄수화물 대사 호전과 혈청 지질 개선 효과가 전체적으로 가장 좋은 것으로 나타났다. 침출주 건조물이 *in vitro*  $\alpha$ -glucosidase 활성 저해효과가 발효주나 식초 건조물보다 높았다는 점<sup>33)</sup>은 본 연구에서 나타난 침출주의 효과와 연관이 있어 보인다. 침출주 및 발효주와 식초에 있는 성분들은 종류와 함량에 다소 차이가 있는 것으로 분석되었다. 오디침출주에는 chlorogenic acid, cyanidin 3-glucoside, rutin 및 quercetin 성분이 높은 함량으로 들어 있는 반면, 오디발효주에는 위의 성분 외에 piceid, caffeic acid, resveratrol 및 4-prenylmoracin 성분 등이 더 함유되어 성분의 종류는 다양하였으나 모든 성분들의 함량은 매우 미량이었다.<sup>33)</sup> 따라서 탄수화물과 지질 대사 개선에 침출주에 함유된 성분들의 작용으로 판단된다. 항산화활성은 오디발효주에서도 다른 오디제품군과 유사하였으므로 비록 각 성분의 함량이 낮아도 항산화능이 강한 resveratrol 등<sup>8)</sup> 총 폴리페놀량이 항산화 작용을 하기에 충분하였던 것으로 사료된다.

국내에서 오디<sup>22-26)</sup> 및 오디와 유사한 야생 열매 과실인 머루,<sup>44)</sup> 복분자<sup>45)</sup>를 활용하여 제조한 술은 발효주가 대부분이다. 이 발효주들은 오디와 유사하게 anthocyanin이 생리 작용을 하는 주요 물질이지만 총 함량은 발효되면서 40% 이하로 감소한다.<sup>24)</sup> 침출주는 과실에 에탄올에 추출하여 제조하므로 효모와 당을 부가적으로 첨가하는 발효주에 비교하여 제조법이 훨씬 간편하다. 본 연구를 위하여 제조된 오디 침출주는 오디발효주와 에탄올 함량은 유사하면서 생리 활성 물질을 더 많이 함유하므로서 기능적인 면에서 발효주

보다 더 우수하다는 것은 매우 의의가 있다. 이는 오디를 활용한 주류 생산을 용이하게 하므로 그 활용도를 높일 수 있다. 본 결과에 의하면 오디 발효제품에서는 오디 식초가 발효주 보다 전반적으로 생리 효능이 좋은 것으로 보인다. 최근에 식초가 조미용에서 건강음료로서의 활용이 높아지고 있다. 음료식초가 건강식품으로 될 수 있는 기본 여건은 음료식초에 함유된 페놀성 항산화물질이 주요 원인이지만<sup>46)</sup> 감식초에서는 면역활성을 가진 다당류가 보고되기도 하였다.<sup>47)</sup> 국내에서 시판되는 음료식초 10종을 대상으로 조사한 연구에 의하면<sup>46)</sup> 오디식초의 총 페놀함량은 타 제품과 유사하여도 플라보노이드 함량과 항산화력은 높은 편이었다. 오디식초가 제조 초기 총 페놀함량이 오디주에 비하여 1/2 정도인 점을 감안하며 식초 발효 중에 유효성분의 증가가 있었을 것으로 추정된다. 오디식초 발효 중에 함량이 증가된 cyanidin 3-glucoside 및 4-prenylmoracin 및 quercetin 등이 항산화능에 기여하였을 것으로 사료되며<sup>8)</sup> 발효주와 차이를 가진 것으로 생각된다. 본 결과로서 오디를 이용한 건강기능제품으로 오디주 및 식초를 개발하여 오디의 활용도를 높일 수 있다고 결론을 내릴 수 있다.

## 요 약

본 연구는 오디를 사용하여 제조된 오디침출주, 오디식초의 당뇨조건에서 혈당과 지질 상태 및 체내 과산화상태에 관한 효과를 조사하고자 시도되었다. 오디침출주는 생오디를 분쇄하여 30% 에탄올을 첨가하여 숙성 제조하였으며 오디발효주와 오디식초는 오디추출액에 설탕을 첨가한 후 효모를 이용하여 발효시켜 오디발효주를 제조하고 이 발효주에 초산균을 접종하여 오디식초를 제조하였다. 상기의 생리 기능을 조사하고자 시행한 식이실험재료는 제조된 오디 침출주, 발효주 및 식초의 동결건조 분말과 생오디를 동결 건조한 오디분말로 4종류였다. 실험동물로는 Sprague-Dawley 암쥐로 체중이  $150 \pm 10$  g 정도 되었을 때 1군의 정상군과 5군의 당뇨군으로 나누고 당뇨군들은 복강으로 streptozotocin (50 mg/kg bw)을 투여하여 당뇨를 유발하였다. 당뇨가 유발된 군들은 당뇨대조군 (DM-Control), 오디분말군 (M-Powder), 오디침출주 (M-Liquor), 오디발효주 (M-Wine) 및 오디식초 (M-Vinegar)군으로 다시 나눈 뒤 오디분말군에게는 분말을 식이의 5%, 침출주, 발효주, 식초군에게는 각기 동결건조한 분말을 식이의 1%로 첨가한 식이를 제공하여 24일간 사육하였다. 실험식이 시작 후 21일 동안 추적한 혈당은 오디침출주군이 당뇨대조군에 비하여 지속적으로 낮게 유지하였으며 다른 오디군들은 식이 13



일 전후로만 유의하게 낮았다. 그러나 식이 종료 후 측정 한 혈청 인슐린은 오디침출주 뿐 아니라 오디식초군에서도 당뇨대조군에 비하여 높았다. 혈청 콜레스테롤과 중성지방도 오디침출주에서 유의하게 낮았으나 HDL-/총콜레스테롤 비율은 모든 오디군에서 증가하였다. 혈청 TBARS 수준은 실험군 간에 차이가 없었으나 간조직 TBARS는 모든 오디군들에서 낮았고 혈청 GOT, GPT, BUN 수준은 오디시료 섭취로 변화가 없었다. 이 결과로서 본 실험에서 사용한 오디제품들은 간 손상을 미치지 않고 오디침출주가 당뇨상태에서 당 및 지질대사 개선 효과가 높다고 생각되며 모든 오디제품은 항산화 효능이 높아 본격적인 제품화가 기대된다.

#### Literature cited

- Kim SK. Beneficial medicine, mulberry fruit. Bonchohak. Seoul: Younglimsa; 1991. p.598-605
- Kim AJ, Kim MW, Woo N, Kim SY, Kim HB, Lim YH, Kim MH. Study on the nutritional composition and antioxidative capacity of mulberry fruit (Ficus-4x). *Korean J Food Sci Technol* 2004; 36(6): 995-1000
- Park SW, Jung YS, Ko KC. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. *J Korean Soc Hort Sci* 1997; 38(6): 722-724
- Kim HB, Kim SL, Moon JY. Quantification and varietal variation of anthocyanin pigment in mulberry fruits. *Korean J Breed* 2002; 34(3): 207-211
- Kim EO, Yu MW, Suh IH, Lee YJ, Im HH, Kang DH, Choi SW. Comparison of physiochemical properties of seven different mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2010; 39(10) in press
- Kim HB, Kim SL. Quantification and variation of rutin in mulberry fruits. *Korean J Sericult Sci* 2004; 46(1): 1-5
- Cha WS, Shin HR, Park JH, Oh SL, Lee WY, Chun SS, Choo JW, Cho YJ. Antioxidant activity of phenolic compounds from mulberry fruits. *Korean J Food Preserv* 2004; 11(3): 383-387
- Lee JY, Moon SO, Kwon YJ, Rhee SJ, Park HR, Choi SW. Identification and quantification of anthocyanins and flavonoids in mulberry (*Morus* sp.) cultivars. *Food Sci Biotechnol* 2004; 13(2): 176-184.
- Kwon YJ, Rhee SJ, Chu JW, Choi SW. Comparison of radical scavenging activity of extracts of mulberry juice and cake prepared from mulberry (*Morus* spp.) fruit. *J Food Sci Nutr* 2005; 10(2): 111-117
- Kim SY, Park KJ, Lee WC. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp fruit extract. *Korean J Med Crop Sci* 1998; 6(3): 204-209
- Kim HJ, Cha JY, Choi ML, Cho YS. Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 2000; 43(2): 148-152
- Shin YW, Lee SK, Kwon YJ, Rhee SJ, Choi SW. Radical scavenging activity of phenolic compounds from mulberry (*Morus* spp.) cake. *J Food Sci Nutr* 2005; 10(4): 326-332
- Kwon EH, Jung MA, Rhee SJ, Choi SW, Cho SH. Antioxidant effects and improvement of lipid metabolism of mulberry fruit, mulberry leaves and silkworm powder with different mixing ratios in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 2006; 39(2): 91-99
- Kwon EH, Jang HS, Kim SW, Choi SW, Rhee SJ, Cho SH. Effects of mulberry juice and cake powder on blood glucose and lipid lowering and erythrocyte antioxidative enzyme activities in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 2007; 40(3): 199-210
- Kim HB, Kim SY, Lee HY, Kim SL, Kang SW. Protective effect against neuronal cell and inhibitory activity against bacteria of mulberry fruit extracts. *Korean J Crop Sci* 2005; 50(S): 220-223
- Kim AJ, Kim HB, Bang IS, Kim SY. The effects of mulberry fruit extract supplementation on the serum mineral contents and oxidative stress markers of middle-aged humans living in Choongnam area. *Korean J Food Sci Technol* 2006; 38(2): 284-289
- Kim TY, Kwon YB, Lee JH, Yang IS, Youm JK, Lee HS, Moon JY. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean J Sericult Sci* 1996; 38(2): 100-107
- Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *Korean J Sericult Sci* 2001; 43(2): 104-108
- Kim AJ, Park SJ, Rho JO. Mulberry fruit extract consumption is inversely associated with hyperlipidemia in middle-aged men. *Korean J Food Nutr* 2008; 21(2): 121-126
- Lee SH, Kim HG. Effect of mulberry extracts on secretion of MMPs and plasmin in U-373-MG cells. *Korean J Biotechnol Bioeng* 2008; 23(2): 142-146
- Kim IS, Lee JY, Rhee SJ, Yun KS, Choi SW. Preparation of minimally processed mulberry (*Morus* spp.) juices. *Korean J Food Sci Technol* 2004; 36(2): 321-328
- Rommel A, Heatherbell DA, Wrolstad RE. Red raspberry juice and wine: Effects of processing and storage on anthocyanin pigment composition, color and appearance. *J Food Sci* 1990; 55(4): 1011-1017
- Jung GT, Ju IO, Choi DG. Quality characteristics and manufacture of mulberry wine. *Korean J Food Preserv* 2005; 12(1): 90-94
- Kim YS, Jeong DY, Shin DH. Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry (*Morus alba*) wine. *Korean J Food Sci Technol* 2008; 40(1): 1-7
- Jung J, Son MY, Jung S, Nam P, Sung JS, Lee SJ, Lee KG. Antioxidant properties of Korean black raspberry wines and their apoptotic effects on cancer cells. *J Sci Food Agric* 2009; 89(6): 970-977
- Minussi RC, Rossi M, Bologna L, Cordi L, Rotilio D, Pastore GM, Duran N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chem* 2003; 82(3): 409-416
- Cho MZ, Kim AJ. The Manufacturing and physiological evaluation of mulberry fruit tea. *Korean J Food Nutr* 2007; 20(2): 173-178
- Kang YS, Cho TO, Hong JS. Quality Characteristics of Jeolpyon with added mulberry fruit powder. *Korean J Food Cookery Sci* 2009; 25(4): 513-519

- 29) Kim AJ, Kim MW, U NLY, Kim MH, Im YH. Quality characteristics of Oddi-Pyun prepared with various levels of mulberry fruit extract. *Korean J Food Cookery Sci* 2003; 19 (6): 708-714
- 30) Lee JH, Woo KJ, Choi WS, Kim AJ, Kim MW. Quality characteristics of starch Oddi Dasik added with mulberry fruit juice. *Korean J Food Cookery Sci* 2005; 21 (6): 629-636
- 31) Lee YJ, Sim CH, Chun SS. Physical and sensory properties of chiffon cake prepared with mulberry powder. *Korean J Food Nutr* 2009; 22 (4): 508-516
- 32) Kim HB, Kim AJ, Yuh CS, Chang SJ. Sensory Characteristics and nutritional analysis of sherbet ice-cream with mulberry fruit. *Korean J Sericult Sci* 2003; 45 (2): 85-89
- 33) Choi SW, Cho SH, Seo IH, Kim EO, Yu MH, Park EJ, Kim HJ. Development of value-added processed products using mulberry (*Morus alba* L.) fruit. Final Report of Technology Development Project for Agriculture and Fisheries, Gyeongsangbukdo, Republic of Korea; 2010. 5. 7, p.20
- 34) Tepper BJ, Kanarek RB. Dietary self-selection patterns of rats with mild diabetes. *J Nutr* 1985; 115 (6): 699-709
- 35) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc committee on the reformation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 1993; 123 (11): 1939-1951
- 36) Omodeo Sale F, Marchesini S, Fishman PH, Berra B. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal Biochem* 1984; 142 (2): 347-350
- 37) Yagi K. A simple fluorometric assay for lipoperoxide in blood plasma. *Biochem Med* 1976; 15 (2): 212-216
- 38) Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 1979; 95 (2): 351-358
- 39) Hong JH, Kim SW, Choi KH, Choi SW, Rhee SJ. Inhibitory effects of mulberry fruit on intestinal disaccharidase activity and hyperglycemia in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutr Sci* 2004; 7 (4): 201-207
- 40) Cho SH, Lee HR, Kim TH, Choi SW, Lee WJ, Choi Y. Effects of defatted safflower seed extract and phenolic compounds in diet on plasma and liver lipid in ovariectomized rats fed high cholesterol diets. *J Nutr Sci Vitaminol* 2004; 50 (1): 32-37
- 41) Cho SH, Rhee SJ, Choi SW, Choi Y. Effects of forsythia fruit extracts and lignan on lipid metabolism. *Biofactors* 2004; 22 (1-4): 161-163
- 42) Cho SH, Choi SW, Lee HR, Lee JY, Lee WJ, Choi Y. Safety and effects on lipid parameters of *Rubus coreanus* and *Atractylodes japonica* on ovariectomized rats. *J Food Sci Nutr* 2004; 9 (4): 361-366
- 43) Jang YH, Choi SW, Cho SH. Effect of *Eisenia bicyclis* and its pill on serum lipid status in rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 2008; 41 (1): 5-12
- 44) Kang BT, Yoon OH, Lee JW, Kim SH. Qualitative properties of wild grape wine having different aging periods. *Korean J Food Nutr* 2009; 22 (4): 548-553
- 45) Choi HS, Kim MK, Park HS, Shin DH. Changes in physicochemical characteristics of Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) wine during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 2005; 37 (4): 574-578
- 46) Lee SM, Choi Y, Kim Y, Kim DJ, Lee J. Antioxidant activity of vinegars commercially available in Korean markets. *Food Engineering Progress* 2009; 13 (3): 221-225
- 47) Hwang YC, Shin KS. Characterization of immuno-stimulating polysaccharides isolated from Korean persimmon vinegar. *Korean J Food Sci Technol* 2008; 40 (2): 220-227