

## 뽕잎오디쌀이 흰쥐의 혈당농도와 체지방 및 혈청지질 분획에 미치는 영향

한찬규<sup>1\*</sup> · 김성수<sup>1</sup> · 최상윤<sup>1</sup> · 박주현<sup>2</sup> · 이복희<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원  
<sup>2</sup>중앙대학교 식품영양학과

### Effects of Rice Added with Mulberry Leaves and Fruit on Blood Glucose, Body Fat and Serum Lipid Levels in Rats

Chan-Kyu Han<sup>1\*</sup>, Sung-Soo Kim<sup>1</sup>, Sang Yoon Choi<sup>1</sup>, Ju-Hun Park<sup>2</sup>, and Bog-Hieu Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food & Nutrition, Chung-Ang University, Gyeonggi 456-756, Korea

#### Abstract

This study was performed to investigate the effects of rice added with mulberry leaves and fruit on blood glucose, body fat and serum lipid levels in Sprague-Dawley male rats for 4 weeks. Mulberry rice diet was prepared with mixture of 50% of purified AIN-diet and 50% of formulated rice consisting of soybean, barley, polished rice, black rice, uncleaned rice bud, mulberry leaves and fruit. The experimental animals were fed the mulberry rice diet (group A) and the purified AIN-diet (group B, diabetic control) for 4 weeks in rats injected with streptozotocin. In terms of observing hypolipidemic effect of mulberry rice, rats were fed either high-fat diet (13% fat) with additional lard, corn oil, cholesterol to AIN-diet (group C, control) or mulberry rice diet mixed with high fat diet (group D) for 4 weeks. Blood glucose level at the 4th week of group A had increased 5 mg/dL compared with that of day 0, while group B increased 51 mg/dL. However, the glucose levels of the groups A and B at the final day were 156 mg/dL (12.4% decrease compared with B) and 178 mg/dL, respectively. As for hypolipidemic effect, weight gain and body fat were 8% lower in the group D and serum triglyceride level also 19% lower in the group D compared with those of group C ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** mulberry leaves and fruit, blood glucose, body fat, serum lipids

#### 서 론

뽕나무(*Morus alba* L.)는 열대지방에서부터 온대지역에 걸쳐 널리 분포하는 뽕나무과(Moraceae), 뽕나무속(Morus)에 속하는 식물자원으로 예로부터 뽕잎과 그 열매인 오디는 향당뇨, 항염증, 항고지혈을 위한 식용 혹은 약용자원으로 이용되어왔다(1-5). 유효성분으로는 flavonoids, stilbenes, prenylflavonoids, coumarin 등이 보고되었다(6). 한방에서 오디는 상심, 상실(桑實), 오심 등으로 불리며, 소갈(消渴)의 치료에 사용되었다. 생리활성과 관련한 연구로는 오디의 항당뇨효능(2), 꾸지뽕나무의 과산화지질 억제효과(4), 뽕나무 오디추출물의 항염증 및 항산화작용(5), 쥐 적출 대동맥의 수축 및 이완작용에 미치는 효과(7) 등이 있다. 오디는 주로 anthocyanin 계통의 색소를 가지고 있으며, cyanidin-3-glucoside와 cyanidin-3-rutinoside가 주요성분이며 그 비율은 7:3 정도로 분포한다. Anthocyanin 색소는 노화억제, 당뇨병성 망막장애의 치료, 시력개선효과 및 항산화작용 등

다양한 생리활성을 갖는 것으로 보고된 바 있다(8). 이외에도 오디에 존재하는 영양성분은 일반 과실에 비해 전반적으로 높고, 특히 Ca, K 및 비타민 C 함량은 후지사과에 비해 각각 14배, 2배, 18배 높고, 감귤에 비해 비타민 C 함량은 1.5배 높고(9) 항산화성분인 chlorogenic acid가 함유된 것으로 보고되었다(10).

지금까지 우리나라의 식생활은 대부분 쌀밥을 주식으로 섭취하면서 보리나 콩을 혼식하였으나 경제성장에 따른 급속한 산업화, 핵가족화 및 맞벌이 부부의 증가로 쌀밥위주의 식생활이 인스턴트식품으로 대체되어 간편화되고 있기 때문에 혼식은 더욱 어려워지고 있다. 쌀밥에 곡류나 두류 및 기능성 물질을 적량 혼합하면 쌀밥만을 섭취할 때보다 필수 아미노산, 비타민, 무기질, 식이섬유 등에서 영양적 보완이 되고 영양결핍이나 성인병을 예방할 수 있음에도 불구하고 혼합취반에 따른 조리의 번거로움과 기호성 등의 문제로 인해 쉽게 일상화하지 못하고 있다. 최근에는 균형적인 영양섭취를 위해서 여러 곡물을 반죽으로 혼합한 후 압출성형기술

\*Corresponding author. E-mail: ckhan@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9236, Fax: 82-31-709-9876

을 이용하여 쌀알형태로 성형시킨 재성형 잡곡쌀 제품이 개발되어 시판되고 있으며 국내산 곡류, 잡곡류 및 두류 등을 이용한 혼합쌀의 영양성, 간편성, 기호성 및 생리기능성을 충족시킬 수 있는 주식개념의 조립형 혼합쌀의 개발요구가 높아지고 있다.

이에 본 연구는 재성형 뽕잎오디혼합쌀 개발과 관련하여 혼합쌀을 조리했을 때 쌀밥과 유사한 조직감을 주면서 이질감을 주지 않도록 조성물 중의 뽕잎과 오디 첨가량을 각각 10%, 5%로 조절하여 혼합쌀을 제조하고 당뇨유발쥐와 고지방식을 급여한 흰쥐에게 뽕잎오디쌀이 혈당농도와 체지방 및 혈청지질 등에 미치는 영향을 조사하여 기능성 혼합쌀로서의 활용을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험식이

재성형 뽕잎오디쌀 제조에 사용한 대두, 백미, 현미, 보리, 밀 등은 시중제품을 구입하여 사용하였다. 뽕잎은 2005년 5월말부터 6월 중순까지 경북 영천에서 채취한 것을 수세 후 60°C에서 열풍건조한 후 파쇄하여 사용하였고, 오디 역시 경북 영천에서 수확한 것을 급속 동결건조한 후 파쇄하여 사용하였다. 뽕잎오디쌀 조성물은 대두, 보리, 백미, 현미, 발아현미 등 85%, 뽕잎분말 10%, 오디즙 5%로 구성하였다. 혈당실험용 식이는 AIN-93G(11)와 50:50 비율로 혼합하여 재성형하였고 지질실험용 식이는 유지(lard:corn oil:cholesterol=10:2:1) 13%와 기본식이(AIN-93G) 87%를 혼합하여 제조한 고지방식이(high fat diet)와 50:50 비율로 혼합하여 재성형하였다.

#### 실험동물의 사육

실험동물은 평균체중 100~200 g 내외의 Sprague-Dawley 수컷을 바이오제노믹스사로부터 60마리 구입하여 환경이 조절된 사육실(온도 23±1°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간)에서 일반 고형사료로 7일 동안 적응시킨 후 본 실험에 사용하였다. 실험기간 동안 식이와 식수는 자유섭취(*ad libitum*)하도록 하였으며, 사료섭취량과 체중은 7일에 한 번씩 측정하였다.

#### 혈당실험

**실험군:** 실험군은 뽕잎오디쌀식이군(A)과 당뇨대조군

(B)의 두 군으로 하였다. A군은 기AIN-93G(50%)와 뽕잎오디쌀조성물(50%)을 혼합한 사료를 급여하였고, 당뇨대조군은 AIN-93G를 기본식으로 급여하였다. 실험기간은 4주 동안 지속하였으며 실험계획 및 식이의 구성은 Table 1과 같다.

**당뇨유도:** 인슐린의존성 당뇨병과 유사한 실험모델을 만들기 위해서 streptozotocin(STZ, Sigma Chemical Co. Ltd., St. Louis, USA)을 주사하여 당뇨를 유발시켰다. 평균체중이 250 g된 SD계 수컷흰쥐를 30마리 공시하여 실험개시 전 STZ를 체중 kg당 45 mg 농도로 0.1 M citrate buffer(pH 4.0)에 녹여서 0.2 mL씩 복강주사 하였다. STZ 주사 후 7일에 혈당치가 300 mg/dL 내외되는 쥐를 선별하여, 난괴법(randomized complete block design)으로 실험군당 10마리씩 배치하였다(Table 1).

**시료 수집 및 전처리:** 실험이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 안와정맥총(orbital plexus)으로부터 혈액을 채취하여 원심분리관에 넣어 1시간 정도 실온에 방치한 다음 2,500 rpm에서 10분간 원심분리 하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 분석 시까지 -70°C에서 보관하였다. 채혈이 끝난 후 개봉하여 장기조직을 적출하여 차가운 생리식염수에 세척한 후 여과지로 여분의 물기를 제거하고 무게를 측정하였다.

**생화학적 분석방법 및 통계처리:** 실험기간 동안 매주 혈당농도는 혈당측정기(MAccu-Chek<sup>®</sup> Active 610, Roche)로 측정하였고, 혈액 생화학치의 분석방법은 Table 2와 같다. 실험결과는 평균과 표준편차로 표시하였으며, 실험군간 유의성 검정은 SAS 프로그램을 이용하여 Student t-test로 검정하였다.

#### 지질실험

**실험군:** 실험군은 뽕잎오디쌀식이군(C)과 고지방대조군(D)의 두 군으로 나누어 각각 15마리씩 배치하였다. C군은 실험기간동안 고지방식이(50%)와 뽕잎오디쌀 조성물(50%)을 혼합한 사료를 급여하였고, D군은 고지방식이(50%)와 기본식이(50%)를 혼합한 사료를 4주 동안 급여하였다. 실험계획 및 식이의 구성은 Table 3과 같다.

**시료수집 및 전처리:** 실험종료일 전 흰쥐를 12시간 절식시킨 후 안와정맥총(orbital plexus)으로부터 채혈하여 원심분리관에 넣어 1시간 정도 실온에서 방치한 다음 원심분리하여(2,500 rpm, 10분) 혈청을 분리하였다. 채혈이 끝난 후 흰쥐를 복정중선을 따라 개봉한 다음 장기를 적출하였고,

Table 1. Experimental design for antidiabetic effect of mulberry rice

| Group | Diet  | Animal                   |
|-------|---|--------------------------|
| A     | Basal diet <sup>1)</sup> (AIN-93G, 50%)+Rice added with mulberry leaves, fruit and others <sup>2)</sup> (50%) | STZ-diabetic rats (n=10) |
| B     | Basal diet (100%)   | STZ-diabetic rats (n=10) |

<sup>1)</sup>Basal diet ingredients (g/kg diet): corn starch 397.486, sucrose 100.00, dextrose 132.00, casein 200.00, soybean oil 70.00, cellulose 50.00, mineral mixture 35.00, vitamin mixture 10.00, choline bitatrate 2.50, L-cystein 3.00, t-butylhydroquinone 0.014.

<sup>2)</sup>Soybean, barley, polished rice, black rice, bud uncleaned rice, whole wheat, and other ingredients (85%)+mulberry leave and its fruit (15%).

Table 2. Analytical methods of blood chemicals

| Item                  | Method                         | Sample | Reagent                        | Analyzer        |
|-----------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-----------------|
| Total bilirubin       | Vanadate oxidation colorimetry | Serum  | Total bilirubin reagents       | ADVIA 1650      |
| GOT/GPT <sup>1)</sup> | IFCC <sup>2)</sup>             | Serum  | AST/ALT <sup>3)</sup> reagents | ADVIA 1650      |
| TC <sup>4)</sup>      | Enzymatic method               | Serum  | Cholesterol reagents           | ADVIA 1650      |
| TG <sup>5)</sup>      | Enzymatic method               | Serum  | Triglyceride reagents          | ADVIA 1650      |
| HDL-C <sup>6)</sup>   | Enzymatic method               | Serum  | Direct HDL-cholesterol         | ADVIA 1650      |
| LDL-C <sup>7)</sup>   | Elimination Enzymatic method   | Serum  | HDL-cholesterol                | ADVIA 1650/2400 |
| Glucose               | Enzymatic method               | Serum  | Glucose hexokinase             | ADVIA 1650      |

<sup>1)</sup>SGOT/SGPT: serum glutamic oxaloacetic transaminase/glutamic pyruvic transaminase.

<sup>2)</sup>Enzymatic method by International Federation of Clinical Chemistry (IFCC).

<sup>3)</sup>AST/ALT: SGOT/SGPT.

<sup>4)</sup>TC: total cholesterol.

<sup>5)</sup>TG: triglyceride.

<sup>6)</sup>HDL-C: high-density lipoprotein-cholesterol.

<sup>7)</sup>LDL-C: low-density lipoprotein-cholesterol.

Table 3. Experimental design for hypolipidemic effect of mulberry rice

| Group | Diet  |
|-------|---|
| A     | High fat diet <sup>1)</sup> (50%)+Rice <sup>2)</sup> added with mulberry leaves, fruit and others (50%) |
| B     | High fat diet (50%)+Basal diet <sup>3)</sup> (50%)  |

<sup>1)</sup>High fat diet was formulated with 13% of fat and oil which consisted of lard, corn oil, cholesterol (10%:2%:1%) and 87% of AIN-93G on a basis of weight percent.

<sup>2,3)</sup>See Table 1.

신장주변지방패드(perirenal fat pad)와 정소상체지방패드(epididymal fat pad)를 분리하여 무게를 측정하였다.

**분석방법 및 통계처리:** 혈액 생화학치의 분석방법은 앞서 언급한 Table 2와 같다. 실험결과는 평균과 표준편차로 표시하였다. 실험군간 유의성 검정은 SAS 프로그램을 이용하여 Student t-test로 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 혈당실험

**체중, 식이섭취량 및 식이효율:** 당뇨유발쥐에게 빵잎오디쌀 식이를 4주 동안 급여했을 때 체중은 빵잎오디쌀식이군(A) 385 g, 당뇨대조군(B) 357 g으로 A군이 B군보다 28 g이 더 증가하였다. 일당증체량은 A군(3.53 g)과 B군(2.75 g) 간에 비록 통계적인 차이는 나타나지 않았지만 A군이 B군보다 28% 더 많은 반면, 식이섭취량은 A군이 B군보다 약 15% 적었으며 두 군 간에 유의적인 차이가 있었다(p<0.05). 반면, 식이효율은 차이가 없게 나타났다(Table 4).

당뇨쥐의 경우 사료섭취량이 많음에도 불구하고 체중감소가 현저한 것은 당뇨에 의한 퇴행적 변화로 보고되었고(12), Preston 등(13)도 STZ-당뇨쥐에서 체중감소를 보고한 바 있으며 당뇨유발은 세포내 포도당 이용율을 감소시키며, 또한 간, 근육, 지방조직의 지방 및 체내 단백질로부터 에너지 생산을 감소시켜 체중감소가 일어나는 것으로 알려져 있다(14). 본 실험결과에서 당뇨유발에 의한 체중감소 및 사료효율의 저하와 같은 퇴행적인 변화가 빵잎오디쌀식을 급여함으로써 어느 정도 개선됨을 알 수 있다.

**혈당농도:** 당뇨유발쥐에게 빵잎오디쌀식을 4주 동안 급여하면서 측정된 혈당농도 변화는 Table 5와 같다. 실험전 기준혈당치는 빵잎오디쌀식이군(A)이 286 mg/dL, 당뇨군(B)이 291 mg/dL로 차이가 없었고, 1 주후 혈당치 역시 각각 268, 265 mg/dL로 차이가 없었다. 2 주후 혈당치는 A군이 314 mg/dL로 B군의 389 mg/dL보다 75 mg/dL 감소하였고, 이후 3주에는 각각 260, 310 mg/dL로 50 mg/dL 감소하였고 4주에는 A군과 B군이 각각 291, 342 mg/dL로 빵잎오디쌀식이군이 당뇨군보다 51 mg/dL 감소하였다. 기준혈당(ref-

Table 4. Effect of mulberry rice on weight gain, feed intake and FER in STZ-induced diabetic rats

| Group <sup>1)</sup> | Initial wt. (g)       | Final wt. (g)            | Gain (g/day)            | Diet intake (g/day) | FER <sup>2)</sup>       |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| A                   | 286±6.7 <sup>3)</sup> | 385±17.4 <sup>ns4)</sup> | 3.53±0.48 <sup>ns</sup> | 29.87±0.46*         | 0.12±0.02 <sup>ns</sup> |
| B                   | 280±5.0               | 357±13.5                 | 2.75±0.52               | 35.04±1.03          | 0.08±0.02               |

<sup>1)</sup>Setting in experiment 10 days after STZ-injection.

<sup>2)</sup>FER (feed efficiency ratio)=daily gain/ diet intake.

<sup>3)</sup>Mean±SE (n=10).

<sup>4)</sup>Not significant.

\*Significantly different at p<0.05 by Student t-test. Significant (2-tailed) 0.017.

Table 5. Effect of mulberry rice on blood glucose level of STZ-induced diabetic rats

| Group          | Glucose (mg/dL)        |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                | 0                      | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | Final                |
| A              | 286±9.6 <sup>1)</sup>  | 268±11.3             | 314±18.0             | 260±13.2             | 291±13.2             | 156±5.5              |
| B              | 291±12.3               | 265±10.5             | 389±18.1             | 310±12.9             | 342±12.9             | 178±7.0              |
| Student t-test | 0.3665 <sup>ns2)</sup> | 0.9416 <sup>ns</sup> | 0.3396 <sup>ns</sup> | 0.3841 <sup>ns</sup> | 0.3689 <sup>ns</sup> | 0.5994 <sup>ns</sup> |

<sup>1)</sup>Mean±SE (n=10). <sup>2)</sup>Not significant.

erence blood glucose) 대비 실험 4 주후 혈당치는 뽕잎오디쌀식이군이 5 mg/dL 증가한 반면, 당뇨군은 51 mg/dL 증가하였다. 한편, 해부당일 측정된 공복혈당치는 A군과 B군이 각각 156, 178 mg/dL로 뽕잎오디쌀식이군의 혈당강하 정도가 뚜렷한 것으로 나타났다. 본 실험결과는 뽕잎의 투여방법은 다르지만 당뇨유발마우스에서 뽕 상엽의 수층 및 에탄올 투여군이 공복 시 당뇨대조군에 비해 혈당강하 효과가 있었다고 한 Lee 등(15)의 연구결과와 Alloxan으로 고혈당을 유도한 마우스에게 혐기처리 한 뽕잎분말(20%) 사료를 급여했을 때 당뇨군에 비해 통계적으로 유의한 혈당강하 효과를 보고한 Kim 등(16)의 결과와 유사한 것으로 사료되었다. 이러한 뽕잎의 혈당강하작용은 deoxynojirimycin(DNJ) 성분 증가로 인해 인슐린 농도에는 영향을 주지 않으면서 장내 탄수화물분해효소인 α-glucosidase, α-mannosidase 및 β-galactosidase 작용을 경쟁적으로 억제하기 때문으로 Chung 등(17)과 Jang과 Rhee(18)는 보고한 바 있다.

**혈청 생화학치:** 당뇨유발쥐에게 뽕잎오디쌀식이를 4주 동안 급여하면서 측정된 혈청 생화학치는 중성지방(TG)을 제외하고는 통계적인 차이는 없었다(Table 6). 총 빌리루빈 농도는 뽕잎오디쌀식이군(A)과 당뇨군(B)에서 모두 0.24 mg/dL로 같았다. 간기능치(SGOT, SGPT)는 A군이 B군보다 20% 낮았다. 총콜레스테롤(TC) 농도는 A군이 B군보다 12% 정도 낮았고, 중성지방(TG) 농도는 A군(66.6 mg/dL)이 B군(101 mg/dL)보다 통계적으로 유의하게 낮았다(p<0.05). HDL-콜레스테롤 농도는 A군이 B군보다 낮았고, LDL-콜레스테롤 농도는 두 군 간에 차이가 없었다. 고농도의 혈중 콜레스테롤과 중성지질에 의한 고지혈증은 당뇨병에 수반되는 합병증으로 특히 고콜레스테롤혈증은 허혈성 심질환 및 동맥경화증의 주원인으로 인슐린비의존형 당뇨병환자에게 많이 나타나는 질병이다. 이와 관련하여 Oh 등(19)은 뽕잎추출물을 함유한 음료수를 5주간 섭취시킨 db/db 마우스에서 혈청 중 TG의 감소를 보고한 바 있다.

**지질실험**

**성장률, 식이섭취량, 체지방량:** 뽕잎오디쌀 식이를 4주 동안 급여 후 체중은 뽕잎오디쌀식이군(C)이 353.4 g, 고지방식이군(D)이 374.5 g으로 C군이 D군보다 21 g이 낮았다. 실험기간동안 일당증체량은 C군(8.07 g)이 D군(8.81 g)보다 평균 8.4% 낮았으나, 식이섭취량은 차이가 없었다(Table 7). 일반적으로 비만이 건강상 위험한 이유는 체중의 증가보다는 체지방의 증가에 기인한다는 것은 잘 알려져 있다. 체지방은 형태나 작용에 따라 백색지방(white adipose tissue)과 갈색지방(brown adipose tissue)으로 구분된다. 백색지방은 주로 체내 잉여에너지를 지방으로 저장하며 피하와 장기주변에 위치하는 반면 갈색지방은 열을 생산하는 기능을 하고 목주위에 발달되어 있다(20). 백색지방 중 신장주위지방패드(RFP) 무게는 C군과 D군이 각각 0.77, 0.80 g으로 유사했으며, 정소상체지방패드(EFP) 무게는 각각 0.59, 0.64 g으로 C군이 D군보다 약 8% 낮았으나 통계적인 차이는 없었다.

한편, 뽕잎 및 뽕잎추출물을 상용함에 따른 체지방의 축적 억제는 비만억제 가능성을 시사하고 있다. Chen 등(21)은 흰쥐에 고콜레스테롤식이를 4주 동안 투여하면서 뽕잎의 메탄올 추출물(0.1, 1.0g/kg b.w.)을 실험 종료전 2주 동안 병용 투여했을 때 체중이 각각 11%, 16% 감소하였다고 하였으며, Oh 등(19)은 뽕잎추출물 함유음료를 db/db마우스에 5주 동안 섭취시켰을 때 체중증가량이 감소된 것으로 보고하였다. 본 실험에서도 뽕잎오디쌀식이군의 체중과 체지방이 감소하였으나 통계적으로 유의적이지 않은 것은 혼합쌀을 조리했을 때 쌀밥과 유사한 조직감을 주면서 이질감을 주지 않도록 조성물 중의 뽕잎과 오디첨가량을 각각 10%, 5%로 최소화했기 때문에 체중과 체지방 감소효과가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 사료된다.

**장기무게:** 뽕잎오디쌀식이를 4주 급여한 후 측정된 장기 무게는 실험군간 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 8). 간장무게는 뽕잎오디쌀식이군(C)이 4.52 g으로 고지방식이

Table 6. Effect of mulberry rice on hematochemicals in STZ-induced diabetic rats

| Group          | Concentration            |                           |                           |                          |                          |                             |                             |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                | TB <sup>1)</sup> (mg/dL) | SGOT <sup>2)</sup> (IU/L) | SGPT <sup>3)</sup> (IU/L) | TC <sup>4)</sup> (mg/dL) | TG <sup>5)</sup> (mg/dL) | HDL-C <sup>6)</sup> (mg/dL) | LDL-C <sup>7)</sup> (mg/dL) |
| A              | 0.24±0.02 <sup>8)</sup>  | 126.5±9.52                | 68.6±9.80                 | 53.3±4.11                | 66.6±6.42                | 16.8±1.17 <sup>ns</sup>     | 8.0±0.66                    |
| B              | 0.24±0.03                | 156.1±14.14               | 91.5±10.53                | 60.8±3.54                | 101.0±10.21              | 21.4±1.42                   | 8.6±0.82                    |
| Student t-test | 1.0000 <sup>ns9)</sup>   | 0.0829 <sup>ns</sup>      | 0.1102 <sup>ns</sup>      | 0.1025 <sup>ns</sup>     | 0.0174 <sup>*</sup>      | 0.1082 <sup>ns</sup>        | 0.5364 <sup>ns</sup>        |

<sup>1)</sup>TB: total bilirubin. <sup>2)</sup>SGOT: serum glutamic oxaloacetic transaminase (AST). <sup>3)</sup>SGPT: serum glutamic pyruvic transaminase (ALT). <sup>4)</sup>TC: total cholesterol. <sup>5)</sup>TG: triglyceride. <sup>6)</sup>HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol. <sup>7)</sup>LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol. <sup>8)</sup>Mean±SE (n=10). <sup>9)</sup>Not significant. \*Significantly different at p<0.05 by Student t-test.

Table 7. Effect of mulberry rice on growth, feed intake and body fat in rats fed high fat diet

| Group          | Final wt. (g)           | Gain (g/day)         | Diet intake (g/day) | Body fat                |                      |
|----------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
|                |                         |                      |                     | RFP <sup>1)</sup>       | EFP <sup>2)</sup>    |
| A              | 353.4±9.9 <sup>3)</sup> | 8.07±0.44            | 22.43±0.25          | 0.77±0.04 <sup>5)</sup> | 0.59±0.02            |
| B              | 374.5±6.3               | 8.81±0.65            | 24.05±0.36          | 0.80±0.07               | 0.64±0.04            |
| Student t-test | 0.0815 <sup>ns4)</sup>  | 0.2870 <sup>ns</sup> | 0.0120 <sup>*</sup> | 0.8570 <sup>ns</sup>    | 0.3601 <sup>ns</sup> |

<sup>1)</sup>RFP: perirenal fat pad. <sup>2)</sup>EFP: epididymal fat pad. <sup>3)</sup>Mean±SE (n=15). <sup>4)</sup>Not significant. <sup>5)</sup>g/100 g of body weight.

\*Significantly different at p<0.05 by Student t-test.

Table 8. Effect of mulberry rice on organ weight in rats fed high fat diet

| Group          | Weight (g/100 g of body weight) |                      |                      |                      |
|----------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                | Liver                           | Spleen               | Kidney               | Testis               |
| A              | 4.52±0.14 <sup>1)</sup>         | 0.22±0.01            | 0.39±0.01            | 0.45±0.02            |
| B              | 4.50±0.11                       | 0.27±0.03            | 0.38±0.01            | 0.41±0.01            |
| Student t-test | 0.9141 <sup>ns2)</sup>          | 0.2657 <sup>ns</sup> | 0.5392 <sup>ns</sup> | 0.0737 <sup>ns</sup> |

<sup>1)</sup>Mean±SE (n=15).

<sup>2)</sup>Not significant.

군(D)의 4.50 g보다 약간 높았고, 비장무게는 C군이 D군에 비해 다소 높았다. 간장, 신장 및 정소무게는 C군이 D군에 비해 약간 높았다.

**혈청 생화학치:** 뽕잎오디쌀 식이를 4주 동안 급여한 후 측정된 혈청 지질은 TG농도를 제외하고 통계적인 차이는 없었다(Table 9). TG농도는 뽕잎오디쌀식이군(57.1 mg/dL)이 고지방식이군(70.3 mg/dL)보다 유의하게 낮았으나(p<0.05) TC, HDL 및 LDL-콜레스테롤 농도는 실험군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

혈중지질 함량은 심혈관계 질환, 당뇨병 등의 진단지표로 이용되고 있다. 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia), 고중성지방혈증 등은 심혈관계 질환의 위험인자로서(22, 23), 혈중 TG 농도를 낮추기 위한 시도가 활발히 전개되고 있다(24,25). 흰쥐에 콜레스테롤을 투여하여 실험적 고지혈증을 유발시킨 상태에서 뽕잎 메탄올 추출물의 섭취는 혈청 TG 농도를 감소시켰으며, 건강한 성인을 대상으로 한 임상 실험에서도 뽕잎분말이 혈청 TG 농도를 저하시킨 것으로 보고하였다(26). 또한 식이콜레스테롤로 고지혈증을 유도한

Table 9. Effect of mulberry rice on serum lipid levels in rats fed high fat diet

| Group          | Concentration (mg/dL)   |                     |                      |                      |
|----------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|                | TC <sup>1)</sup>        | TG <sup>2)</sup>    | HDL-C <sup>3)</sup>  | LDL-C <sup>4)</sup>  |
| A              | 58.7±2.30 <sup>5)</sup> | 57.1±3.28           | 15.3±0.92            | 13.4±0.33            |
| B              | 58.5±1.59               | 70.3±2.74           | 15.6±0.72            | 12.7±0.62            |
| Student t-test | 0.9540 <sup>ns6)</sup>  | 0.0214 <sup>*</sup> | 0.8364 <sup>ns</sup> | 0.5391 <sup>ns</sup> |

<sup>1)</sup>TC: total cholesterol.

<sup>2)</sup>TG: triglyceride.

<sup>3)</sup>HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol.

<sup>4)</sup>LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol.

<sup>5)</sup>Mean±SE (n=15).

<sup>6)</sup>Not significant.

\*Significantly different at p<0.05 by Student t-test.

토끼에게 뽕잎의 부탄을 추출물 및 아세톤 추출물과 추출간사를 14주간 공급했을 때 대조군에 비해 실험군에서 혈청지질 상승억제와 간세포의 지방축적 억제 경향이 보고된 바 있다(27). 또한, HDL-콜레스테롤은 항동맥경화지표로서 조직의 콜레스테롤을 간으로 운반하여 체외로 배설하는 역할을 하는데, 대사성증후군, 당뇨, 심혈관계 질환자의 경우 낮은 HDL 수준을 나타낸다고 하였다(28). 비만에서는 지방대사와 당대사의 이상으로 인하여 이상지혈증(dyslipidemia)이 흔히 동반되는데, 식이에 의해 비만이 유도된 흰쥐에서 혈중 중성지방과 콜레스테롤이 증가하였고, HDL-콜레스테롤은 감소하였다고 보고되었다(29,30).

본 연구에서 뽕잎오디쌀군이 대조군에 비해 혈청 총콜레스테롤 농도는 차이가 없었으나 중성지방 농도는 약 19% 낮은 것으로 나타났다. 이와 관련하여 중성지방을 분해하여 유리지방산과 글리세롤로 분해하는 효소인 혈중 lipase 활성(31)은 고지혈증을 유발했을 때 정상군에 비해 증가하지만 고지혈증유도군에 뽕잎 추출물을 투여할 경우 lipase가 활성화함으로써 체내 지방성분의 말초조직으로의 이행을 억제시키고 지방분해를 촉진하는 것으로 보고된 바 있다(26). 이상에서 뽕잎오디쌀식이는 혈당저하 및 중성지방을 감소시키는 것으로 나타났고, 비록 유의성은 없었으나 다소간 체중과 체지방 감소효과를 확인할 수 있었다.

## 요 약

재성형 뽕잎오디혼합쌀 개발과 관련하여 당뇨유발쥐와 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 뽕잎오디쌀이 혈당농도와 체지방 및 혈청 지질 농도 등에 미치는 영향을 조사하였다. 혈당실험에서 뽕잎오디쌀조성물은 곡류와 잡곡류 등 85%, 뽕잎과 오디즙 15%로 구성하였고, AIN-diet와 50:50 비율로 혼합하여 4주간 급여한 결과 뽕잎오디쌀 급여군은 당뇨대조군보다 실험종료 시 체중은 28% 증가한 반면 공복혈당치는 12.4%, 혈청 중성지방 농도는 34% 감소하였다(p<0.05). 지질실험의 경우 4주 동안 고지방식이(50%)와 뽕잎오디쌀조성물(50%)의 혼합식이와 고지방식이(50%)와 기본식이(50%)의 혼합식이를 급여한 결과 뽕잎오디쌀 급여군은 고지방대조군에 비해 체중과 체지방(EFP)이 각각 8%씩 낮았고, 혈청 중성지방 농도는 약 19% 감소하였다(p<0.05). 이상에서 뽕잎오디쌀식이는 혈당저하 및 중성지방을 감소시키

는 것으로 나타났고, 유의성은 없었으나 다소간 체중과 체지방 감소 효과를 확인할 수 있었다.

문 헌

1. Machii H, Koyama A, Yamanouchi H. 2000. Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. FAO Electronic Conference Mulberry for Animal Production. <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry>.
2. Kim TW, Kwon YB, Lee JH, Yang IS, Youm JK, Lee HS, Moon JY. 1996. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean J Seri Sci* 38: 100-107.
3. Kim SY, Park KJ, Lee WC. 1988. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. *Korean J Med Crop Sci* 6: 204-209.
4. Park JC, Choi JS, Choi JW. 1995. Effects of the fractions from the leaves, fruits, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. *Korean J Pharmacogn* 26: 377-384.
5. Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. 2001. Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *Korean J Seri Sci* 43: 104-108.
6. Oh H, Ko EK, Jun JY, Oh MH, Park SU, Kang KH, Lee HS, Kim YC. 2002. Hepatoprotective and free radical scavenging activities of prenylflavonoids, coumarin and stilbene from *Morus alba*. *Planta Med* 68: 932-934.
7. Park SW, Jung YS, Ko KC. 1997. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. *J Korean Soc Hort Sci* 38: 722-724.
8. Hong V, Wrolstad RE. 1990. Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanin. *J Agric Food Chem* 38: 708-715.
9. Yu SM, Choi CM. 1998. Development of processed foods using mulberry fruit. Rural Resource Development Institute, Korea.
10. Shin DH. 1998. Antioxidative substances in mulberry leaves. *J Korean Oil Chemist's Soc* 16: 27-31.
11. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodent: final report of the American Institute Nutrition ad hoc writing committee in the reformulation of the AIN-76A rodent diets. *J Nutr* 123: 1939-1951.
12. Niall MG, Rosaleen AM, Daphne O, Patrick BC, Alan HJ, Gerald HT. 1990. Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes* 39: 626-636.
13. Preston AM, Tome J, Morales JJ, Milan L, Cuevas AA, Medina J, Santiago JA. 1991. Diabetic parameters 58 weeks after injection with streptozotocin in rats fed basal diet supplemented with fiber, mineral and vitamin. *Nutr Res* 11: 895-906.
14. Kim MH, Kim HY, Kim WK, Kim JY, Kim SH. 2001. Effects of soy oligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 34: 3-13.
15. Lee WC, Kim SE, Han SJ, Yun SC. 1993. Effect of number of days after urea foliar spray on mulberry leaf components and silkworm. *Korea J Seric Sci* 35: 86-88.
16. Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Ku HO, Lee HS, Lee KR. 1999. Hypoglycemic effect of mulberry leaves with anaerobic treatment in alloxan-induced diabetic mice. *Korean J Pharmacogn* 30: 123-129.
17. Chung SH, Yu JH, Kim EJ, Ryu KS. 1996. Blood glucose lowering effect of silkworm. *Bull K H Pharma Sci* 24: 95-100.
18. Jang MJ, Rhee SJ. 2004. Hypoglycemic Effects of pills made of mulberry leaves and silkworm powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1611-1617.
19. Oh UJ, Kim GP, Cho YW, Chung SH, Gu SJ. 1999. Effect of beverage containing extract from mulberry leaves on serum glucose and lipid levels in db/db mouse. Annual Meeting of Korean Soc Food Sci Technol, Seoul. p 430.
20. Avram AS, Avram MM, James WD. 2005. Subcutaneous fat in normal and diseased status: 2. Anatomy and physiology of white and brown adipose tissue. *J Am Acad Dermatol* 53: 671-683.
21. Chen F, Nakashima N, Kimura I, Kimura M. 1995. Hypoglycemic activity and mechanisms of extracts from mulberry leaves (folium mori) and cortex mori radiceis in streptozotocin-induced diabetic mice. *Yakugaku Zasshi* 115: 476-482.
22. Inkeles S, Eisenberg D. 1981. Hyperlipidemia and coronary atherosclerosis. *Medicine* (Baltimore) 60: 110-123.
23. Manninen V, Tenkanen L, Koskinen P, Huttunen JK, Mannari M, Heinonen OP, Frick MH. 1992. Triglycerides and LDL-cholesterol concentrations on coronary heart disease risk in the Helsinki Heart Study. *Circulation* 85: 37-45.
24. Cha JY, Cho YS. 1999. Effect of potato polyphenolics on hyperlipidemia in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 274-279.
25. Matsumoto N, Okushio K, Hara Y. 1998. Effect of black tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 44: 337-342.
26. Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ, Kim SK. 1998. Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol induced hyperlipidemia in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1217-1222.
27. Doi K, Kojima T, Harada M, Horiguchi Y, Hujimoto Y. 1999. Effect of various fractions extracted from mulberry leaves on lipid metabolism in rabbit fed a cholesterol diet. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 52: 85-90.
28. Ascaso JF, Fernandez-Cruz A, Gonzalez SP, Hernandez MA, Mangas RA, Millan J, Felipe PL, Pedro-Botet J, Perez-Jimenez F, Pia G, Pinto X. 2004. Significance of HDL-cholesterol in cardiovascular risk prevention: recommendations of the HDL forum. *Am J Cardiovasc Drugs* 4: 299-314.
29. Lee JS, Lee MK, Ha TY, Bok SH, Park HM, Jeong KS, Woo MN, Do GM, Yeo JY, Choi MS. 2006. Supplementation of whole persimmon leaf improves lipid profiles and suppresses body weight gain in rats fed high-fat diet. *Food Chem Toxicol* 44: 1875-1883.
30. Jang JY, Choi HY. 2003. Effects of *Artemisia iwayomogi* oligosaccharide on the blood lipids, abdominal adipose tissues and leptin levels in the obese rats. *Korean J Nutr* 36: 437-445.
31. Schulz H. 1987. Inhibitors of fatty acid oxidation. *Life Sci* 40: 1443-1449.

(2009년 7월 10일 접수; 2009년 8월 11일 채택)