

## 압출성형된 울무 시리얼 식이가 고지방섭취 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

강병선 · 원혜진\* · 함영태\* · 김혜경\*\* · 김병용\*

경희대학교 식품공학과

\*중앙대학교 생물공학과

\*\*한서대학교 식품생물공학과

## Effects of Extruded Job's-tear Cereal on Lipid Metabolism in High Fat Fed Rats

Byung-Sun Kang, Hye-Jin Won\*, Young-Tae Hahm\*,  
Hye-Kyung Kim\*\* and Byung-Yong Kim\*

Dept. of Food Science and Technology, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea

\*Dept. of Biotechnology, Chung Ang University, Anseong 456-756, Korea

\*\*Dept. of Food and Biotechnology, Han Seo University, Seosan 356-820, Korea

### Abstract

Coronary heart disease (CHD) is caused by elevated blood lipids and the death rate from CHD is continuously increasing in recent years. In Korea, death rate from CHD is more than 30%. Recently, it has been reported that Job's tear decreases blood cholesterol level. However, most of the reports used Job's tear itself. Therefore, we have examined the effect of extruded Job's-tear cereal on blood and liver lipid levels in rats fed with a high fat diet for 5 weeks. The energy intake and body weight gain were higher in Job's tear cereal group (JFD) than in high fat fed group (HFD). Blood triglyceride concentration was significantly reduced in JFD group ( $p < 0.05$ ). And Atherogenic Index was decreased about 20% in JFD suggesting favorable effect of Job's-tear cereal on hyperlipidemia. Liver lipids levels were not affected by Job's-tear cereal.

**Key words:** Job's-tear cereal, extrude, blood lipids

### 서 론

울무(Job's-tear)는 화본과에 속하는 일년생 재배식물로 열량 및 수분 함량은 곡류와 비슷하지만 단백질 함량은 곡류에 비해 두배 이상으로 월등히 높으며, 지질 함량 역시 높다. 울무는 한의학에서는 薏苡仁(의이인)이라고 불리며, 예로부터 한약재로 건우, 이뇨, 자양 등에 효과가 있으며 위, 간, 신장질환이나 신경통, 당뇨병 등의 치료에 사용되어 왔다. 근래에는 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는 작용이 있으며, 울무의 약효 성분 중 coixol이라는 성분은 진통작용을 가지고 있고, 종자에 있는 coixenolide 성분과 같은 항암작용을 하는 기능성 물질들이 있는 것으로 알려져 있다(1). 또한 울무는 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장, 간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여하는 것으로 밝혀졌다(2). 그러나 울무가공식품의 형태는

많지 않아 차류가 주종을 이루고 미숫가루, 울무효소 등이 있을 뿐이다. 또한 이러한 가공식품을 섭취했을 때 위에서 열거한 울무의 효과를 나타내는 양에 대한 자료도 없다. 우리나라에서는 울무는 대부분이 단순 가공하여 부가가치가 낮은 울무쌀이나 울무차로서 사용되고 있다(3, 4). 근래에 공정의 단순화 및 연속적인 생산과 제품의 다양화를 위하여 식품의 압출성형 생산방법이 많이 사용되어지고 있다. Extruder를 이용한 압출팽화법은 열과 기계적 에너지에 의해 비교적 짧은 시간내에 제품을 제조할 수 있으며(5), 식품 단위공정에서 행하는 여러가지 단위공정을 일련의 단일 반응기내에서 동시에 처리할 수 있는데, 열처리, 혼합, 분리 압착, 배열, 팽화, 성형 등이 동시에 이루어진다(6). 최근 우리나라에는 고혈압, 동맥경화증 등의 순환기계 질환 발생이 증가 추세에 있어 사회의학적으로 문제가 되고 있다. 이러한 질환은 혈중 콜레스테롤과 중성지방의 농도에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있

\* To whom all correspondence should be addressed

며, 순환기계 질환의 개선 방법으로 의약품이 아닌 자연 식이에 의한 기능성 식품개발에 대하여 많이 연구되어지고 있다. 이에 울무가 항암 및 순환계 질환의 예방 및 치료에 유용하다고 생각되나 생체내에서의 작용 및 성분 등에 대한 연구는 극히 제한되어 있으며, 기존의 특수영양성분에 관한 연구들은 여러 가공공정을 거친 후의 성분의 효과에 대해서는 거의 연구되어 있지 않았기에(7), 본 연구에서는 가공공정을 거친 후의 최종 울무제품의 생리활성의 유효성을 살펴보았다.

### 재료 및 방법

#### 재료

울무가루는 경기도 연천군에서 1997년에 재배한 것을 도정하여 600 μm이하의 것을 사용하였다.

#### 압출성형기를 이용한 cereal의 제조

본 연구에 사용한 압출성형 장치는 동방향 쌍축압출성형기로서 스크류는 완전 맞물림형이며, 스크류 직경은 31.0 mm, L/D 비율은 20, 모터 용량은 7.5 hp이었다. Barrel은 3개로 구성되어 있으며, 토출구의 직경은 3.0 mm이었다(8). 울무제품 제조에 사용한 수분함량은 25%이며, 충분한 수분 흡수를 위하여 물을 첨가한 후 24시간 밀봉 방치하여 압출성형 원료로서 사용하였다. 수분을 조절한 울무를 압출성형기의 원료 사입구로 75 g/min의 속도로 주입하였으며, 쌍축 스크류의 회전 속도는 300 rpm, barrel의 온도는 125°C로 고정하여 압출성형하였다.

#### 실험동물 및 식이조성

실험동물은 3주령의 Sprague-Dawley 수컷을 사용하였으며 일주일 동안 고형 배합 사료(삼양사료)로 적응시킨 후 고지방 식이군(HFD)과 여기에 extruder를 통해 제조한 울무제품 50%를 첨가한 울무제품군(JFD)으로 나누어 5주일 동안 사육하였다.

본 실험의 대조군은 45.5%의 에너지를 lard로 구성된 고지방식을 사용하였고, 실험 식이는 울무 시리얼 제품 50%를 마쇄하여 첨가하고 대조군 식이와 일반성분이 유사하도록 조정하였다. 본 실험에 사용된 울무 시리얼의 성분조성은 Table 1에 나타내었으며, 대조군과 울무제품을 이용한 식이 조성은 Table 2에 나타내었다. 대조군 및 울무제품군의 에너지 구성비는 총에너지 중 당질 39%, 단백질 16%, 지방 45%로 구성되었다.

체중과 식이섭취량은 일주일에 한번씩 식이 공급 전에 측정하였고, 식이이용효율(food efficiency ratio, FER)은 총 식이섭취량(kcal)에 대한 체중증가량(g)의 비율로 구하였다.

**Table 1. General composition of extruded Job's-tear cereal**

Composition	Contents (%)
Water	10.0
Protein	16.3
Carbohydrate	65.7
Lipid	5.0
Ash	1.5
Cellulose	1.5

**Table 2. Composition of experimental diet (g/100 g)**

	HFD <sup>1)</sup>	JFD <sup>2)</sup>
Casein	20.0	11.0
DL-Methionine	0.3	0.3
Min-mix <sup>3)</sup>	4.0	3.0
Vit-mix <sup>4)</sup>	1.0	1.0
Choline-bitartrate	0.2	0.2
Cellulose	2.0	1.0
Lard	25.0	20.5
Sucrose	10.0	3.0
Corn starch	37.5	10.0
Coix L. product	-	50.0

<sup>1)</sup>High fat diet

<sup>2)</sup>High fat diet with extruded Job's-tear cereal

<sup>3)</sup>AIN-76 mineral mix

<sup>4)</sup>AIN-76 vitamin mix

Food efficiency ratio (FER) =

$$\frac{\text{Weight gain (g)}}{\text{Total food intake (kcal)}} \times 100$$

#### 시료 채취

5주일간 실험 사육이 끝난 동물은 12시간 절식시킨 후 단두하여 희생하였으며, 희생 직후 단두된 부위로부터 혈액을 채취하였다. 혈액은 20분간 얼음에 방치 후 4000 rpm으로 15분간 원심 분리한 후 상층액을 분리하고 이를 액체질소에 보관하여 지질분석에 이용하였다. 희생 직후 개복하고 간을 적출하여 간 무게를 측정하였으며 0.9% NaCl 용액으로 세척한 후 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.4)로 균질화하여 액체질소에 보관하여 지질 분석에 이용하였다.

#### 시료 분석

혈장중의 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 효소법에 의한 kit(영동제약)를 이용하여 측정하였고, 중성지방 함량은 trinder법에 의한 kit(영동제약)을 사용하여 분석하였다. LDL-콜레스테롤은 Friedwald 등이 발표한 산출방정식을 이용하여 계산하였다(9). 동맥경화증 발생에 중요한 죽종(atheroma) 형성능력을 나타내는 지표로 사용되는 atherogenic index(AI)는 다음과 같은 공식에 의해 계산하였다. 간의 중성지방, 총 콜레스테롤은 Folch 등(10)에 의해 지질을 추출한 후 혈장과 같은 방법으로 측정하였다.

$$\text{Atherogenic index (AI) =} \\ \frac{(\text{total cholesterol conc.}) - (\text{HDL-cholesterol conc.})}{\text{HDL-cholesterol conc.}}$$

**통계 분석**

각 처리군의 측정값은 평균치와 표준오차를 구하였으며 율무 첨가에 의한 통계적 유의성은 Bonfferoni t-test를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 각 실험군 간의 유의성을 검증하였으며, 유의적 차이가 있는 군에 한해서 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**식이섭취량, 체중증가량, 식이효율**

실험군의 5주간의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 3에 나타내었다. 율무제품군(JFD)의 5주간 총 섭취 열량은  $2134.9 \pm 164.0$  kcal로서  $1835.8 \pm 134.0$  kcal인 대조군(HFD)에 비하여 유의적으로 높았다. 체중증가량도 율무제품군에서 유의적으로 높았다. 율무제품군을 섭취한 쥐의 5주간의 총 체중증가량은  $137 \pm 14$  g을 나타내었으며 대조군의 체중증가량은  $86 \pm 8$  g이었다. 또한 식이효율은 대조군과 율무제품군이 각각  $4.8 \pm 0.8$ g/kcal과  $6.6 \pm 1.2$  g/kcal로 율무제품군이 대조군보다 높은 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었다. Aoki와 Tuzihara (11)는 도정한 쌀이나 율무 등을 흰쥐에 급여했을 때 대조군에 비하여 체중 증가량에 유의차가 없었다고 보고하였고, Park 등(12)이 율무쌀 급여군이 대조군에 비하여 증체량, 식이섭취량 및 식이효율 등이 유의차가 없음을 보고한 결과와 유사하게 나타났다. 본 실험에 사용된 율무 시리얼은 압출성형기법에 의하여 가공된 제품으로 율무 자체를 급여했을 때 보다 섭취가 용이하여 섭취량과 체중증가량이 높은 것으로 여겨졌다.

**혈중 지질성분**

혈액중의 지질성분 함량은 Fig. 1에 나타내었다. 혈장

**Table 3. Energy intake, weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diet**

Group	Energy intake (kcal/5 week)	Weight gain (g/5 week)	FER <sup>1)</sup> (g/kcal)
HFD <sup>2)</sup>	$1835.8 \pm 134.0^{4a5)}$	$86.0 \pm 8.0^a$	$4.8 \pm 0.8$
JFD <sup>3)</sup>	$2134.9 \pm 164.0^b$	$137.0 \pm 14.0^b$	$6.6 \pm 1.2$

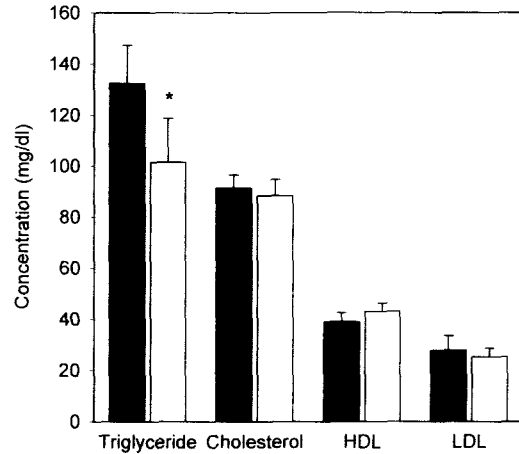
<sup>1)</sup>FER: food efficiency ratio=weight gain (g)/energy intake (kcal)×100.

<sup>2)</sup>HFD: High fat diet.

<sup>3)</sup>JFD: High fat diet with extruded Job's-tear cereal.

<sup>4)</sup>Each value represents mean±SE.

<sup>5)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .



**Fig. 1. Effects of extruded Job's-tear cereal supplement in plasma triglyceride, total cholesterol and HDL- and LDL-cholesterol of rats fed high fat diets for 5 weeks.**

\*Means significantly different at  $p < 0.05$  compared to HFD.

■: High fat diet (HFD).

□: High fat diet with extruded Job's-tear cereal (JFD).

의 중성지방 농도는 대조군에서는  $132.2 \pm 14.9$  mg/dL였으며, 율무제품군에서  $101.4 \pm 17.2$  mg/dL을 나타내어 두군간에 유의적 차이를 나타내었다. 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 대조군의 경우  $91.1 \pm 5.2$  mg/dL과  $27.7 \pm 5.5$  mg/dL이었고, 율무제품군은  $88.2 \pm 6.4$ 와  $25.0 \pm 3.4$  mg/dL로 유의성은 없으나 낮은 경향을 보였다. HDL-콜레스테롤의 경우 대조군은  $38.9 \pm 3.5$  mg/dL을 나타내었고 율무제품군에서는  $42.9 \pm 3.3$  mg/dL를 나타내어 유의적 차이를 보이지 않았으나 높은 수치를 나타내었다. 따라서 율무시리얼 섭취는 고지방 섭취로 인한 혈액중의 높은 중성지방 농도를 낮추어 주는 결과를 보였다. 이는 본 실험에서 고지방 식이를 섭취시켰기 때문에 혈액중의 콜레스테롤보다는 중성지방에 큰 효과를 보인 것으로 여겨지며 콜레스테롤 식이를 섭취시켰을 때 율무 첨가에 의하여 혈청중의 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 등이 개선된 연구 보고들이 있다 (12,13). Woo(13)는 율무첨가군의 혈청중 총콜레스테롤은 낮아지고, HDL-콜레스테롤은 증가되었다고 보고하였고, Park 등(12)은 동물성 유지를 섭취시켜도 율무쌀이 첨가되면 혈장내 콜레스테롤 수준이 식물성 유지를 섭취시킨 수준과 비슷해지며, 이는 율무쌀이 혈장 중성지방 농도를 완화시키는 효과 때문이라고 하였다. 또한 동맥경화 유발 지표로 사용되는 동맥경화지수(AI)는 율무제품군( $1.09 \pm 0.4$ )이 대조군( $1.39 \pm 0.4$ )보다 유의성은 없으나 상대적으로 낮은 수치를 나타내었다. 이는 율무를 섭취시켜서 혈압과 AI가 감소하고 HDL-콜레스테롤이 증가하였으며, 율무 섭취량이 많을수록 체내로 흡수된 콜레스테롤 양이 적은 반면 배출량이 많은 것으로 나타난 결과와 유사하였다(11).

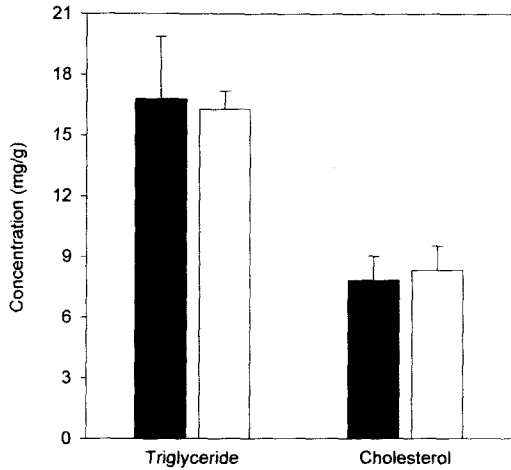


Fig. 2. Effects of extruded Job's-tear cereal supplement in liver triglyceride and total cholesterol of rats fed high fat diets after 5 weeks.  
 ■: High fat diet (HFD).  
 □: High fat diet with extruded Job's-tear cereal (JFD).

간 지질성분

울무제품을 5주간 섭취한 동물의 간장 중의 중성지방과 콜레스테롤 함량은 Fig. 2와 같다. 간의 단위 무게 당 중성지방 함량은 대조군에서 16.8±3.1 mg/g이었고 울무제품군은 16.3±0.9 mg/g로 유의적 차이를 나타내지 않았다. 또한 간의 총 콜레스테롤의 경우도 대조군과 울무제품군의 경우 각각 7.8±1.2 mg/g과 8.3±1.2 mg/g을 나타내어 유의적이지 않았다. 이는 울무제품군의 간장 중의 총 콜레스테롤과 중성지방 함량은 비교적 낮았지만 유의적 차이를 보이지 않았다는 결과(13)와 유사하게 나타났다. 울무와 이에 대응되는 전분을 혼합한 식물성과 동물성 유지를 섭취시켰을 때, 울무 섭취군의 간의 무게, 총 지질 함량, 총 콜레스테롤 함량이 낮게 나타났다는 결과(13)와 xylooligo 당과 같은 식이섬유를 10%, 15% 섭취시킨 실험군에서 간장의 무게가 낮게 나타났으나(14-16), 본 연구에서는 간장의 경우에 있어서 중성지방 함량과 총 콜레스테롤 함량에 울무의 첨가가 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

요 약

심장순환기계 질환은 혈중 지질의 상승에서 오며 우리나라의 심장순환기계질환은 증가추세로 전체 사망자의 30% 이상을 차지하고 있다. 최근 울무의 혈중 콜레스테롤 농도 저하 작용 가능성이 알려짐으로서 지질대사에도 관여하는 것으로 밝혀졌다. 본 실험에서는 고지방식이로 유발된 고지혈증 흰쥐에서 울무 가공제품인 울무 시리얼의 급여에 의한 혈청 및 간의 지질 성상 개선 효과를 검토하였다. 5주간 고지방 식이군과 울무 시리얼을 50% 대체하

여 섭취시킨 결과, 울무제품군이 혈액내 중성지방 함량을 감소시켰으며, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량에는 유의성 있는 변화가 없었다. 동맥경화지수는 울무제품섭취에 의하여 약 20%정도 낮게 나타났다. 간장 중의 콜레스테롤과 중성지방 함량은 대조군과 실험군 간에 유의차가 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 울무 가공제품인 울무 시리얼 섭취는 고지방식을 섭취한 흰쥐의 고지혈증 개선 및 심장혈관계 질환의 예방에 효과의 가능성이 있음이 확인되었다.

감사의 글

이 연구는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구결과의 일부로서 연구지원에 감사합니다.

문 헌

1. Ukita, T. and Tanimura, A. : Studies on the anti-tumor component in the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var *Ma-yuen*(Roman.). *Chem. Pharm. Bull. Japan*, **9**, 43-46 (1961)
2. Chung, B.S., Suzuki, H., Hayakawa, S., Kim, J.H. and Nishizawa, Y. : Studies on the plasma cholesterol-lowering component in *Coix*. *Nippon Shokukin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 618-623 (1988)
3. Kim, B.D. : An economic and present status of Yulmu production in Korea. *Korean J. Agricultural Economics*, **19**, 67-77 (1977)
4. Lee, Y.T., Seog, H.M., Lim, S.S., Hong, H.D. and Kim, K.T. : Functional characteristics of Job's-tears flakes subjected to varying degree of heating. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 640-645 (1995)
5. Kim, C.T., Hwang, J.K., Cho, S.J., Kim, C.J. and Kim, H.S. : Effect of screw configurations and process parameters on characteristics of wheat bran extrudates. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 169-178 (1996)
6. Smith, O.B. and Ben-Gera, I. : The application of high temperature short time extrusion cooking in the food industry. In *Food Process Engineering*. Linko, P., Malkki, Y. and Olkku, J. (eds.), Applied Science Publishers, London, p.726 (1980)
7. Ha, T.Y., Lee, S.H. and Lee, H.Y. : The effect of various rice bran extracts on the lipid contents of serum and liver in rat fed with high fat diet. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 178-182 (1997)
8. Ryu, G.H. and Mulvaney, S.J. : Analysis of physical properties and mechanical energy input of cornmeal extrudates fortified with dairy products by carbon dioxide injection. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 947-954 (1997)
9. Friedwald, W.T., Levy, R.I. and Fredrickson, D.S. : Estimation of concentration of low density lipoprotein cholesterol without use of the preparation ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, **28**, 499-502 (1972)
10. Folch, J., Less, M. and Sloanestany, G.H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **26**, 97-509 (1957)
11. Aoki, M. and Tuzihara, N. : Effects of the Hatomugi

- (*Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen*) on the blood pressure, cholesterol absorption and serum lipids level. *Japan J. Home Economics*, **35**, 89-96 (1984)
12. Park, Y.J., Lee, Y.S. and Suzuki, H. : Effect of Coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. *Korean J. Nutr.*, **21**, 88-98 (1988)
  13. Woo, J.S. : Influence of dietary adlay (*Coix lacrymajobi*) on lipid components in serum and liver of rats on hypercholesterolemic diet. *M.S. Thesis*, Gyeongsang National Univ., Korea (1986)
  14. Jang, J.Y., Lee, M.K., Kim, M.J. and Cho, S.Y. : Effect of fiber on serum lipid metabolism in rats with diet-induced cholesterolemia. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 1211-1216 (1998)
  15. Woo, D.H., Kang, H.S., Lee, Y.S., Park, Y.J. and Lee, H.S. : Effects of indigestible dextrin on lipid metabolism in rats fed normal or high fat diet. *Korean Nutr. Soc.*, **31**, 981-990 (1998)
  16. Kim, S.O., Rhee, S.J., Rhee, I.K., Joo, G.J. and Ha, H.P. : Effects of dietary xylooligosaccharide on lipid levels of serum in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 945-951 (1998)

(1999년 4월 24일 접수)