

쌀눈기름의 급여가 Streptozotocin으로 유발한 당뇨 마우스의 혈액 및 간조직 중의 지질 수준에 미치는 영향*

이성현**§ · 전해경** · 이연숙***

농촌진흥청 농업과학기술원 농촌생활연구소,** 서울대학교 식품영양학과***

The Effect of Rice Germ Oil Supplement on Serum and Hepatic Lipid Levels of Streptozotocin-Induced Diabetic Mice*

Lee, Sung Hyeon**§ · Chun, Hye Kyung** · Lee, Yeon Sook***

Agriproduct Science Division, National Rural Living Science Institute,** NIAST, RDA, Suwon, Kyonggi 441-853, Korea
Department of Food and Nutrition,*** Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of rice germ oil supplement on the lipid metabolism of insulin-dependent diabetic mice. Streptozotocin-induced diabetic mice were fed three kinds of experimental diets with 20% lipid, composed of 20% lard (L); 10% lard and 10% rice germ oil (LRGO); and 20% rice germ oil (RGO), respectively, for 7 weeks. Diet intake, body weight, organ weight and lipid levels of serum, liver and feces were measured. There was no significant difference in diet intake, body weight and organ weight among the experimental groups. But the concentrations of serum triglyceride in the LRGO and RGO groups, and of serum total cholesterol in the RGO group, were significantly lower than those of the L group fed the 20% lard diet. The levels of hepatic total lipid of the RGO group, and of hepatic total cholesterol of the LRGO and RGO groups were significantly lower than those of the L group. The contents of total lipid and total cholesterol excreted in the feces of the LRGO and RGO groups were higher than those of the L group. These results suggest that rice germ oil can reduce the levels of total cholesterol concentrations in the serum or livers of insulin-dependent diabetic mice, and that the hypolipidemic effect of rice germ oil may be due to increasing fecal lipid excretion and decreasing lipid absorptivity. (*Korean J Nutrition* 36(6) : 543~548, 2003)

KEY WORDS : rice germ oil, streptozotocin induced diabetic mice, lipid level.

서 론

당뇨병 (Diabetes mellitus)은 암 및 순환기계질환과 더불어 3대 질병의 하나로 지목되고 있으며,¹⁾ 당뇨병 관리가 잘 되지 않은 환자에서는 고지혈증, 고혈압, 동맥경화 등의 합병증을 동반한다.²⁾ 경제발전과 생활양식의 변화에 따른 당뇨병 유병률의 증가는 잘 알려진 사실로, 우리나라에서 1970년에 약 1% 미만으로 추정되었으나 1998년에는 국민 전체의 2.2%이었으며, 60~69세의 연령에서는 10.1%로 보고되었다.³⁾ 또한 통계청의 사망원인통계연

보⁴⁾에 의하면 당뇨병의 사망률은 1990년 인구 십만 명당 11.8명에서 2001년 23.8명으로 증가하는 추세로, 당뇨병에 관련된 문제는 개인 뿐 아니라 사회·경제적으로 미치는 영향이 크다.⁵⁾

당뇨병에서는 고중성지방혈증, 고콜레스테롤혈증 및 지방간 등이 초래되기 쉽고, 이로 인한 각종 심장혈관계 합병증이 당뇨병 환자의 주요 사망원인이 되고 있다.⁶⁾ 따라서 당뇨병 환자는 혈당뿐 아니라 체내 지질 수준의 관리가 필요하며, 최근 식사요법에 의한 효과가 보고되면서 섭취하는 식품의 종류 및 지방 급원의 선정에 대한 관심이 높아지고 있다.

혈청 지질 수준에 저하 효과가 있는 것으로 알려진 유지는 어유,⁷⁾ 올리브유⁸⁾ 및 쌀겨기름⁹⁻¹²⁾ 등이며, 포화지방산과 불포화지방산의 비율과 조성 특히 ω -3계 지방산,⁷⁾ β -sitosterol¹³⁾ 및 γ -oryzanol^{10,12,14)} 함량 등이 관련된 것으로 보고되었다. Thomsen 등⁸⁾은 성인에서 버터를 급

접수일 : 2003년 4월 7일

채택일 : 2003년 6월 3일

*This research was supported in part by '2003 publication grant of Research Institute of Human Ecology, Seoul National University'.

§To whom correspondence should be addressed.

여한 경우에 올리브유를 공급하였을 때보다 혈중 중성지방 농도가 증가한다고 하였고, Chung 등⁷⁾은 어유를 급여하였을 때 당뇨병 환자의 혈청 중성지방이 감소한다고 하였으며, Bhatena 등¹⁵⁾은 성인에게 어유를 급여하였을 때 다른 혼합 식물성유를 급여한 경우보다 혈장 중성지방이 감소한다고 보고하였다. 쌀겨기름은 흰쥐에서 대두유에 비하여 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도 감소효과가 있었으며,⁹⁾ 고콜레스테롤 및 고중성지방혈증 환자에서 혈중 총콜레스테롤 및 중성지방 농도 감소효과가 있었다.¹⁶⁾ 또한 최근 당뇨병 관리에 이용되고 있는 식품 중의 하나는 쌀눈기름으로서, 지방산 조성은 쌀겨기름과 유사하나 γ -oryzanol 함량이 쌀겨기름보다 2배 이상 많은 것으로 분석되었고,¹⁷⁾ 김포지역의 일부 당뇨병 환자들이 쌀눈기름을 복용한 경우 혈압이 낮아졌다고 보고되었으나¹⁸⁾ 쌀눈기름이 당뇨병 모델에서 체내 지질 수준 및 대사과정에 어떤 영향을 줄 수 있는지에 대한 자료는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당뇨마우스에게 쌀눈기름 첨가 식이를 급여하여 지질 대사에 미치는 영향을 검토하고 당뇨병 관리 측면에서 쌀눈기름의 역할에 대한 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험동물의 종류와 사육

실험동물은 생후 4주령 (체중 22 ± 2 g)의 수컷 ICR (Institute of Cancer Research) 마우스에 streptozotocin 으로 당뇨를 유발시켜 사용하였다. 즉, 14시간 이상 절식시킨 마우스의 복강에 citrate buffer (4°C, pH 4.2)에 용해한 streptozotocin (Sigma Co., USA)을 체중 100 g당 6.5 mg 수준에서 투여하고 48시간 후에 비공복 혈당 (random blood glucose) 농도가 200 mg/dl 이상인 마우스만을 당뇨가 유발된 것으로 선별하였다. 혈당은 꼬리정맥에서 채취한 약 50 μ l의 혈액을 glucose oxidase 방법을 이용한 blood glucose sensor (Medisense, USA)로 측정하였다.

본 실험에서는 혈당과 체중을 기준으로 실험군당 10 마리씩 완전임의 배치하였으며, 실험에 이용된 마우스는 stainless steel wire cage에서 한 마리씩 분리 사육하였다. 실험동물 사육실의 환경은 온도 22 ± 2 °C, 상대습도 $60 \pm 5\%$ 로 조절하였고, 명암은 12시간 주기 (light : 6 : 00 a.m.~6 : 00 p.m.)가 되도록 하였다. 모든 실험식은 자유섭취방법 (ad libitum)으로 7주간 급여하였으며, 실험식이 및 음용수 섭취량은 주 2~3회, 체중은 주 1회 일

Table 1. Composition of experimental diets¹⁾ (g/kg diet)

Ingredient	Groups		
	L	LRGO	RGO
Casein	150	150	150
Corn starch	545	545	545
Lard	200	100	—
Rice germ oil	—	100	200
α -Cellulose	50	50	50
DL-Methionine	3	3	3
Cholin chloride	2	2	2
Mineral Mix. ²⁾	35	35	35
Vitamin Mix. ³⁾	10	10	10
Cholesterol	5	5	5

1) L (lard 20%), LRGO (lard 10% + rice germ oil 10%), RGO (rice germ oil 20%)

2) AIN-76 Mineral mixture (ICN, USA)

3) AIN-76 Vitamin mixture (ICN, USA)

정한 시간에 측정하였다.

2. 실험식이의 종류

실험식은 AIN-76 조성에 근거하여 정제된 원료로 배합하였으며, 옥수수전분 (동방 (주)), 비타민 및 미네랄 혼합물 (ICN ; AIN-76)을 기본으로 하였다 (Table 1). 지방 공급원은 라이드 (L)와 쌀눈기름 (RGO)으로 라이드는 (주)롯데 삼강, 쌀눈기름은 김포 쌀눈농산에서 구입하였다. 실험식은 지방 20%, 콜레스테롤 0.5% 수준의 고지방·고콜레스테롤 식이로, 라이드 20% 첨가식을 대조군으로 하였고, 라이드 10%와 쌀눈기름 10% 첨가식이 및 쌀눈기름 20% 첨가식의 총 3종으로 구성하였다.

3. 시료 채취 및 분석

실험식이 급여 7주에는 대사케이지에서 4일간 실험동물의 대변을 수집하였고, -70°C 이하에서 냉동보관 하였다가 하루 평균 배설되는 지질함량 분석에 이용하였다. 실험식이 급여 7주째에는 14시간 절식시킨 후 안정맥에서 혈액을 채취함으로써 희생하였고, 3000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 혈청을 지질 농도 분석에 사용하였다. 간 신장, 심장 및 부고환주위의 지방은 적출하여 무게를 측정하였고, 간은 액화질소로 급속 냉동시켜 -70°C 이하에서 냉동보관 하였다가 지질함량 분석에 이용하였다.

혈청 중성지방과 총콜레스테롤 농도는 건식 생화학분석기 (Ektachem, USA)로 측정하였고, 간조직과 대변으로 배설되는 총지질 함량은 Folch 등의 방법,¹⁹⁾ 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법²⁰⁾ 그리고 중성지방 함량은 Biggs 등의 방법²¹⁾을 이용하여 분석하였다.

4. 통계 처리

실험결과는 SAS 8.1 프로그램을 이용하여 평균과 표준

오차 (mean ± SE)로 표시하였고, ANOVA test 후 Duncan's multiple range test하여 실험군 사이의 유의한 차이를 p < 0.05 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 식이 및 음용수 섭취량, 체중 변화 및 조직의 무게

1) 식이 및 음용수 섭취량과 체중의 변화

Streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스에서 사육 7주 동안의 식이 및 음용수 섭취량과 실험 초기 및 최종 체중을 Table 2에 제시하였다. 하루 평균 식이 및 음용수 섭취량은 모든 실험군 사이에 유의적인 차이가 없었고, 각 실험군의 최종 체중은 대조군의 최종 체중과 유의적인 차이가 없었으나 RGO군에서 낮은 경향을 보였다. 당뇨 마우스의 체중변화는 Fig. 1에 나타내었는데, 실험 초기에는 실험군 사이에 유의적인 차이가 없었으나 실험 초기 1주 동안에 체중이 감소하거나 체중 증가량이 적은 것을 볼 수 있었고, 이것은 streptozotocin 투여에 의한 insulin 생성 부족으로 당뇨가 유발되면 에너지 대사에 이상이 발생하기 때문이다.²²⁾ 또한 실험 1주부터 4주 사이에는 당뇨 마우스에서 체중 증가를 보였으나 실험식이 급여 최종 시점인 7주 쯤에는 당뇨를 유발시킨 실험초기보다 대체적으로 체중이 감소하였다. Kim 등²³⁾은 streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스에서 전체적인 체중 감소를 보고하였으나

Table 2. Body weight, food intake and water intake of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks

Groups	Body weight		Food intake (g/d)	Water intake (ml/d)
	Initial (g)	Final (g)		
L	28.2 ± 0.4 ^{1)NS2)}	26.7 ± 0.7 ^{NS}	5.84 ± 0.26 ^{NS}	29.0 ± 0.9 ^{NS}
LRGO	27.2 ± 0.4	27.3 ± 0.7	5.58 ± 0.34	29.0 ± 0.9
RGO	28.3 ± 0.4	25.7 ± 0.8	5.61 ± 0.22	27.6 ± 1.7

1) Values are mean ± SE (n = 10)

2) NS: Not significant

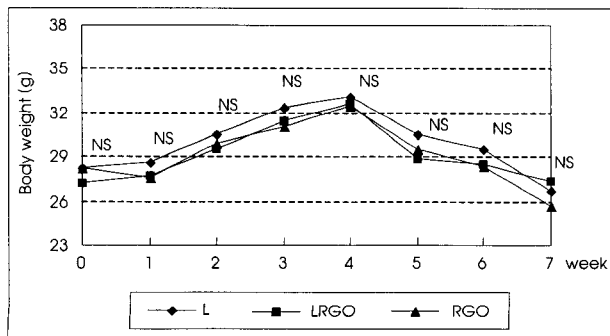


Fig. 1. Changes of body weight in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks. NS: Not significant.

Kim 등²⁴⁾은 체중 변화에 대해 다른 결과를 제시하고 있으며 이것은 실험동물에게 당뇨를 유발시키기 위해 streptozotocin을 주사한 부위와 투여량 및 실험식이의 종류에 따라 체중에 다른 영향을 줄 수 있는 것으로 보인다.

2) 조직의 무게

Streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스에게 지방급원 및 함량이 다른 3종의 실험식이를 7주간 급여하였을 때, 체중 100 g 당 간, 신장, 심장 및 지방조직의 무게를 Table 3에 제시하였다. 실험 결과 간, 신장, 심장 및 지방조직의 무게는 실험군 사이에 유의한 차이가 없었는데, streptozotocin으로 당뇨를 유발하면 실험동물에서 간장²⁴⁾ 및 신장의 크기²⁵⁾와 심장의 작용 증대로 인한 심장의 무게²⁶⁾가 증가하는 것으로 보고되고 있으며 본 실험식은 streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스 조직의 크기나 무게에는 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.

2. 혈청 및 간조직의 지질 수준

1) 혈청 지질 농도

지방의 급원 및 조성이 다른 실험식이를 섭취한 당뇨 마우스의 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 농도를 Fig. 2에 제시하였다. 혈청 중성지방 농도는 쌀눈기름 급여군 (LRGO, RGO)에서 낮은 경향을 보였는데 쌀눈기름을 10% 첨가한 LRGO군은 L군보다 31% 낮았고, 쌀눈기름을 20% 수준에서 첨가한 RGO군은 대조군 (L)보다 36% 낮아 대조

Table 3. Organ weights of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks (g/100g body wt.)

Groups	Liver	Kidney	Heart	Epididymal fat pad
L	7.20 ± 0.35 ^{1)NS2)}	3.18 ± 0.16 ^{NS}	0.63 ± 0.01 ^{NS}	0.53 ± 0.12 ^{NS}
LRGO	7.23 ± 0.42	3.17 ± 0.13	0.62 ± 0.01	0.61 ± 0.13
RGO	6.79 ± 0.21	3.24 ± 0.17	0.70 ± 0.01	0.57 ± 0.14

1) Values are mean ± SE (n = 10)

2) NS: Not significant

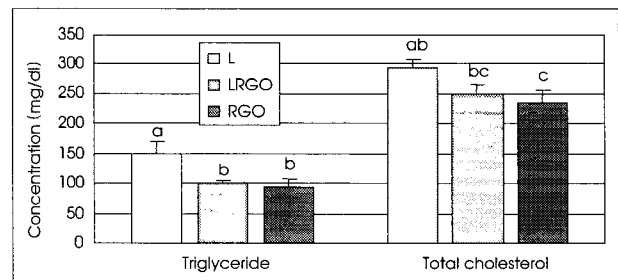


Fig. 2. Comparison of serum triglyceride and total cholesterol concentrations in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks. Bars with different alphabets are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

군 (L)과 유의 ($p < 0.05$)한 차이를 보였다. Ross 등²⁷⁾은 streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 돼지에게 15% 라이드 첨가식을 48주간 급여하였을 때, 혈장 중성지방 농도가 증가하고 동맥경화 발생율이 높다고 하였는데, 본 실험에서 7주간의 쌀눈기름의 급여가 혈장 중성지방 감소에 영향을 준 것으로 나타났다.

혈청 총콜레스테롤 농도도 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군에서 대조군 (L)보다 16%와 32%가 낮았으며, RGO군은 대조군 (L)보다 유의 ($p < 0.05$)하게 낮게 나타났다. 혈청 총콜레스테롤 농도는 동맥경화를 원인으로 하는 심질환 발생의 주요 위험인자로 인식되어 있으며 이는 식이성분에 의하여 영향을 받는다고 알려져 있다.^{28,29)} 흰쥐에게 10%의 쌀겨기름 첨가식을 8주간 급여하였을 때, 혈중 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준이 유의 ($p < 0.05$)하게 감소하였고⁹⁾ 콜레스테롤 저하 효과를 가지는 인자로서는 불포화지방산, γ -oryzanol 및 tocotrienol 등이 제안되었다.¹⁶⁾ 쌀겨기름에는 혈청 총콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 알려진 불포화지방산의 함량이 높고,³⁰⁾ 쌀겨기름에 많은 γ -oryzanol은 체내에서 콜레스테롤의 흡수를 저해하여, 혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 보고되었다.¹⁴⁾ 그러나 불포화지방산 함량이 높은 옥수수유와 포화지방산 함량이 높은 우지를 식이의 16% 수준에서 10주간 급여하였을 때, 흰쥐의 혈청 총콜레스테롤 수준에 유의적인 차이가 없었던 결과도 있다.³¹⁾ Wilson 등³²⁾에 의하면, 쌀겨기름, canola oil 및 옥수수유를 원숭이에게 총열량의 30% 수준에서 4주간 급여하였을 때, 쌀겨기름보다 포화지방산 함량이 적고 단일불포화지방산 함량이 많은 canola oil 섭취군이나, 불포화지방산 함량이 많은 옥수수유 섭취군보다 쌀겨기름섭취군에서 혈청 총콜레스테롤 농도가 낮게 나타났고, 이것은 쌀겨기름에서 지방산 조성 외의 다른 성분이 영향을 준 것으로 해석되었다.

Nicolosi 등³³⁾은 원숭이에게 쌀겨기름을 총섭취 열량의 0~35% 수준에서 급여하였을 때, 총열량의 35%수준으로 급여한 실험동물에서 혈청 총콜레스테롤 농도가 가장 감소했다고 하였다. 또한 Purushothama 등³⁴⁾은 흰쥐에게 쌀겨기름과 땅콩기름을 5%와 20% 수준에서 급여하였을 때, 쌀겨기름 섭취군에서 혈장 총콜레스테롤과 중성지방 농도가 낮았으며, 특히 20% 쌀겨기름섭취군에서 감소 효과가 높았다고 보고하여 본 실험에서 쌀눈기름의 혈청 지질 수준 저하 효과가 쌀눈기름의 급여 수준에 영향을 받은 것과 유사한 결과를 보였다.

2) 간조직의 지질 함량

간조직의 총지질, 중성지방 및 총콜레스테롤 함량을

Fig. 3에 제시하였다. 간조직의 총지질 함량은 RGO군에서 대조군 (L)보다 41%가 감소 ($p < 0.05$)되었고, 중성지방 함량도 RGO군에서 가장 낮았으며 다른 실험군들보다 37%가 감소되었다. 간조직의 총콜레스테롤 함량은 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군에서 각각 대조군 (L)보다 47%와 65%가 낮게 나타났고 유의 ($p < 0.05$)한 수준에서 차이를 보였다. 그리고 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군의 간조직중 총콜레스테롤 함량은 두 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나, 쌀눈기름 20% 급여 (RGO)군에서 10% 급여 (LRGO)군보다 33%가 낮은 수준을 보였다.

Koba 등¹²⁾에 의하면, 쌀겨기름의 γ -oryzanol과 β -sitosterol은 대변으로의 콜레스테롤 배설을 통해 간의 지질 수준을 낮춘다고 하였는데, 쌀눈기름의 간조직에 대한 지질 함량 저하 효과는 쌀눈기름의 급여 수준에 의해 영향을 받고, 중성지방 보다는 총콜레스테롤 함량 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

3. 대변 중 지질 배설량

지방의 급원 및 조성이 다른 3종의 실험식을 당뇨 마우스에게 7주간 급여했을 때, 대변으로 배설되는 지질 수준을 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 대변 중 총지질 배설량은 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군에서 대조군 (L)보다 유

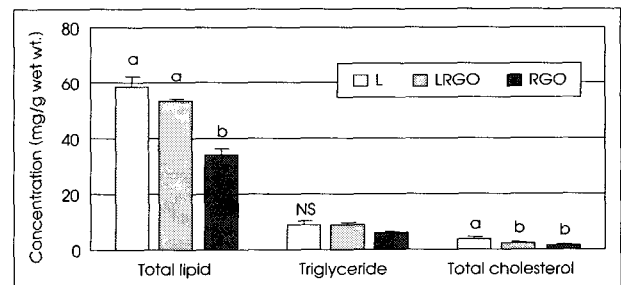


Fig. 3. Comparison of hepatic total lipid, triglyceride and total cholesterol contents in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks. Bars with different alphabets are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. NS: Not significant.

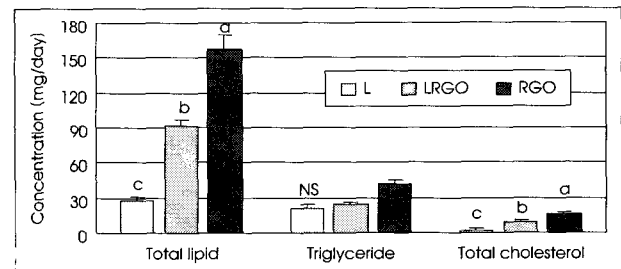


Fig. 4. Fecal excretion of total lipid, triglyceride and total cholesterol of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks. Bars with different alphabets are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. NS: Not significant.

의 ($p < 0.05$)하게 많았다. 특히 RGO군의 대변 중 총지질 배설량은 L군보다 454% 많았으며, 실험식이에서 10% 수준으로 쌀눈기름을 급여한 LRGO군보다 72%가 많이 배설되었다. 이와 같이 쌀눈기름 섭취군에서 변중 지질 배설 효과가 높았던 것은 실험식이 중의 지질 급여 수준을 높게 잡았기 때문으로 보이며 이것은 쌀겨기름의 지질 배설 효과가 실험식이 중의 지방 수준에 따라 다른 결과¹¹⁾를 보인 것과 유사한 결과이다. 대변 중 중성지방 배설량은 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군에서 높았고, RGO군의 대변 중 중성지방 배설량은 대조군 (L)보다 92%, LRGO군보다 69% 많아 중성지방 배설량도 쌀눈기름의 급여 수준에 의해 영향을 받은 것으로 나타났다. 대변 중 총콜레스테롤 배설량도 총지질 배설량과 경향을 같이 하였는데, 쌀눈기름 (LRGO, RGO)군에서 대조군보다 유의 ($p < 0.05$)하게 많았고, RGO군의 대변 중 총콜레스테롤 배설량은 대조군 (L)군보다 268%, LRGO군보다 75% 많은 것으로 나타났다.

이와 같이 지방급원에 따른 대변 중 지질 배설량의 차이는 쌀눈기름 급여 7주에 나타났고, 쌀눈기름의 급여 수준이 높은 군에서 대변 중 지질 배설량이 많았다. 쌀눈기름은 다가 불포화지방산 (대부분이 linoleic acid) 50.1%, 단일불포화지방산 (oleic acid) 31.8%, 포화지방산 18.1%로 라아드보다 단일 및 다가 불포화지방산의 비율이 높고, 204.3 mg/100 g의 γ -oryzanol이 체내 지질 수준 감소에 영향을 준 것으로 보인다.¹⁷⁾ Koba 등¹²⁾과 Rong 등¹⁴⁾은 쌀겨기름에 많은 γ -oryzanol 등이 지질의 흡수율을 감소시켜 대변으로의 지질 배설량을 많게 한다고 하였는데, 쌀눈기름은 쌀겨기름보다 2배가 많은 γ -oryzanol 함량을 보이고 있으며¹⁷⁾ 본 연구에서 쌀눈기름의 대변 중 지질 배설 효과도 이 연구결과와 관련된 것으로 보인다.

요약 및 결론

본 연구는 당뇨병 환자들 사이에서 건강보조식품으로 이용되고 있는 쌀눈기름의 급여가 당뇨 모델의 지질 대사에 미치는 영향을 검토하고자 수행되었다. 실험모델은 streptozotocin의 투여로 유발된 인슐린의존형 당뇨 마우스를 이용하였고, 3종류 (20% 라아드, 라아드 10% + 쌀눈기름 10%, 쌀눈기름 20%)의 실험식이를 7주간 급여하여 체내 지질 수준을 조사하였다. 그 결과 실험동물의 식이섭취량과 체중 및 장기 무게는 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나, 쌀눈기름 급여군에서 체내 지질 수준이 낮은 경향을 보였다. 즉, 혈청 중성지방은 첨가수준에 상관없이 쌀눈기름 첨가군에서 대조군보다 유의하게 낮았으며, 혈청 총

콜레스테롤은 쌀눈기름 20% 급여군에서 유의하게 낮게 나타났다. 간의 총지질도 쌀눈기름 20% 급여군에서 대조군보다 유의하게 낮았고, 간의 총콜레스테롤은 급여 수준에 상관없이 쌀눈기름 급여군에서 유의한 차이를 보였다. 또한 대변으로의 총지질 및 총콜레스테롤 배설량도 쌀눈기름 급여군에서 유의하게 높았다.

이상의 결과로부터 쌀눈기름은 당뇨마우스에서 체내 지질 수준 저하 효과가 있는 것으로 밝혀졌으며, 이는 쌀눈기름의 대변 중 총지질 및 총콜레스테롤 배설량 증가와 관련된 것으로 평가되었다. 따라서 쌀눈기름은 당뇨병 모델의 체내 지질 대사에 개선 효과가 있는 것으로 보이나 유형이 다른 당뇨모델, 쌀눈기름의 급여 수준 및 급여 기간에 따른 연구가 보완되어야 할 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) Kim WJ, Min HG, Choi YK, Lee TH, Huh KB, Shin SH. Diabetes. 2nd edition, Korean Diabetes Association, Seoul, 1998
- 2) Dong SH, Oh DH, Kim SW, Yang IM, Kim JW, Kim YS, Choi YG. Relationship among complications serum lipids and lipoprotein profiles in diabetics. Kor J Internal Medicine 35: 510-519, 1988
- 3) National health and nutrition survey report in 1998. Korea institute for health and social affairs, Seoul, 1999
- 4) Summary Report of the Cause of Death Statistics in 2001, Korea national statistical office, Seoul, 2002
- 5) Cho NH. Analysis of epidemiological characteristic and dangerous factor, Kor J Lipid and Arteriosclerosis 10: 11-16, 2000
- 6) Huh KB. Insulin Resistance and Chronic Degenerative Diseases. J Kor Diabetes 16: 93-98, 1992
- 7) Chung YS, Park SW, Kim JA, Lee EJ, Lim SK, Kim KR, Lee HC, Huh KB, Paik IK, Yoon JY, Kim HS, Chang HJ, Lee JH. Effects of ω 3 fatty acid supplementation on serum lipids in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus. J Kor Diabetes 17(3): 267-274, 1993
- 8) Thomsen C, Rasmussen O, Lousen T, Holst JJ, Fenselau S, Schrezenmeier J, Hermansen K. Differential effects of saturated and monounsaturated fatty acids on postprandial lipemia and incretin response in healthy subjects. Am J Clin Nutr 69(6): 1135-1143, 1999
- 9) Sharma RD, Rukmini C. Rice bran oil and hypocholesterolemia in rat. Lipids 21(11): 715-717, 1986
- 10) Seetharamaiah GS, Chandrasekhara N. Studies on hypocholesterolemic activity of rice bran oil. Atherosclerosis 78: 219-223, 1989
- 11) Sunitha T, Manorama R, Rukmini C. Lipid profile of rats fed blends of rice bran oil in combination with sunflower and safflower oil. Plant Food Hum Nutr 51(3): 219-230, 1997
- 12) Koba K, Liu JW, Bobik E, Sugano M, Huang YS. Cholesterol supplementation attenuate the hypocholesterolemic effect of rice bran oil. J Nutr Sci Vitaminol 46(2): 58-64, 2000

- 13) Nakamura H. Effect of γ -oryzanol on hepatic cholesterol biosynthesis and fecal excretion of cholesterol metabolites. *Radioisotopes* 25: 371-374, 1996
- 14) Rong N, Ausman LM, Nicolosi RJ. Oryzanol decrease cholesterol absorption and aortic fatty streaks. *Lipids* 32 (3) : 303-309, 1997
- 15) Bhathena SJ, Berlin E, Judd JT, Kim YC, Law JS, Bhagavan HN, Ballard-Barbash R, Effects of omega 3 fatty acids and vitamin E on hormones involved in carbohydrate and lipid metabolism in men. *Am J Clin Nutr* 54: 684-688, 1991
- 16) Raghuram TC, Tao UB, Rukmini C. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. *Nutr Res Int* 39: 889-895, 1989
- 17) Lee SH, Chun HK, Lee YS. The study for nutritional composition of rice germ oil. The Annual Research Report of National Rural Living Science, pp.351-396, National Rural Living Science Institute, Suwon, 1999
- 18) Lee SH, Chun HK, Lee YS. The effects of rice germ oil supplement on blood glucose, serum lipid and blood pressure levels in diabetic patients. *Kor J Lipid and Arteriosclerosis* 11 (4) : 548-557, 2001
- 19) Folch J, Less M, Sloanestanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Bio Chem* 226: 497, 1957
- 20) Zlatkis A, Zak B. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143, 1968
- 21) Biggs HG, Erikson TA, Moorehead WR. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clinical Chem* 21: 47, 1975
- 22) Forman S, Estilow ML, Vailenko P. Streptozotocin diabetes alters immunoreactive β -endorphin levels and pain perception after 8wk in female rats. *Diabetes* 35: 1309-1313, 1986
- 23) Kim TW, Kweon YB, Lee JH, Yang IS, Youm JK, Lee HS, Moon JY. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean J Seric Sci* 38 (2) : 100-107, 1996
- 24) Kim HK, Cho DW, Hahm YT. The Effects of Coix Bran on Lipid Metabolism and Glucose Challenge in Hyperlipidemic and Diabetic Rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29 (1) : 140-146, 2000
- 25) Im SJ, Kim GJ. Hypoglycemic Effect of Polygonatum Odoratum var. Pluriflorum Ohwi Extract in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Korean J Nutr* 28 (8) : 727-736, 1995
- 26) Lee YJ. Effect of high dosage vitamin E on serum insulin, fatty acid composition and lipid distribution in experimental model rats with impaired glucose tolerance. MS thesis Seoul Nat Univ, 1997
- 27) Ross LH, Gurcharn SS. Effect of guar gum and tocotrienols on cholesterol metabolism on the Japanese quail. *Nutrition Research* 12 (1) : S117-S127, 1992
- 28) Gertler MM, Gam SM, White PD. Serum cholesterol and coronary artery disease. *Circulation* 2: 696-702, 1950
- 29) Bart J, Vlijmen M, Ronald P, Mensink H, Belinda H, Rene F, Offermans G, Marten H, Hofker, Louis M. Effects of dietary fish oil on serum lipids and VLDL kinetics in hyperlipidemic apolipoprotein E*3-Leiden transgenic mice. *J Lipid Res* 39: 1181-1188 1998
- 30) Edwards MS, Radcliffe JD. A comparison of the effect of rice bran oil and corn oil on lipid status in the rat. *Biochemical Archives* 10: 87-94, 1994
- 31) Park YJ. Effects of vitamin E supplementation and fat source on kidney function and lipid peroxidation in adriamycin treated rats. Ph D Thesis Seoul Nat Univ, 1999
- 32) Wilson TA, Ausman LM, Lawton CW, Hegsted DM, Nicolosi RJ. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: beyond fatty acids. *J Am Coll Nutr* 19 (5) : 601-607, 2000
- 33) Nicolosi RJ, Auman LM, Hegsted DM. Rice bran oil lower serum total and low density lipoprotein cholesterol and apo B levels in nonhuman primates. *Atherosclerosis* 88 (23) : 133-142, 1991
- 34) Purushothama S, Ranina PL, Hariharan K. Effect of long term feeding of rice bran oil upon lipids and lipoproteins in rat. *Mol Cell Biochem* 146 (1) : 63-69, 1995