

대두유와 쌀눈기름의 급여가 인슐린 의존형 당뇨 마우스의 지질대사에 미치는 영향

이성현[§] · 전해경 · 박홍주 · 이연숙¹⁾ · 김해리¹⁾ · 승정자²⁾
농촌진흥청 농업과학기술원 농촌생활연구소[§]
서울대학교 식품영양학과¹⁾
숙명여자대학교 식품영양학과²⁾

Supplementary effect of Soybean oil and Rice germ oil on Lipid Metabolism in
Insulin dependent Diabetic Mice

Lee, Sung Hyeon[§] · Chun, Hye Kyung · Park, Hong Ju · Lee, Yeon Sook¹⁾ · Kim, Harriet¹⁾ · Sung, Chung Ja²⁾
National Rural Living Science Institute, NIAST, RDA, Suwon, Korea[§]
Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea¹⁾
Department of Food and Nutrition, The Sookmyung Women's University, Seoul, Korea²⁾

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the supplementary effects of soybean oil and rice germ oil compared with lard on lipid metabolism of insulin dependent diabetic mice. Streptozotocin-induced diabetic mice were fed three kinds of experimental diets with 20% lipid from lard(L), soy bean oil(SBO) and rice germ oil(RGO) for 7 weeks, respectively. Diet intake, body weight, organs weights and lipids levels of serum, liver and feces were measured. There was no significant difference in diet intake, body and organs weights among experimental groups. But the concentrations of serum triglyceride of SBO and RGO groups, and of serum total cholesterol were lower in RGO group than in the other groups. The hepatic total lipid and total cholesterol levels of RGO group were significantly lower than those of the other groups. The contents of total lipid and total cholesterol excreted in feces of SBO and RGO groups were higher than those of L group, and the significance was shown only in RGO group. These results

접수일: 2003년 8월 20일 채택일: 2003년 9월 5일

§ Corresponding author: Lee, Sung Hyeon, National Rural Living Science Institute, 88-2 Seodundong Gwonseongu Suwon Gyeonggido Korea 441-853 Tel: 82-31-299-0561 Fax: 82-31-299-0553 E-Mail: lshin@rda.go.kr

suggested that soy bean oil and rice germ oil can reduce serum triglyceride and total cholesterol levels and hepatic total lipid concentration of insulin dependent diabetic mice compared with lard as a animal fat source by increasing fecal lipid excretion of these groups. But the significant reducing effects on serum and liver lipid levels were shown only in RGO group, and we need to investigate the hypolipidemic effect of this oil by supplementary level and period.

Key words : lipid source, lard, soybean oil, rice germ oil, diabetic mice, lipid metabolism

I. 서론

당뇨병은 암 및 순환기계질환과 더불어 3대 질병의 하나이며, 당뇨병 관리가 잘 되지 않은 환자에서는 말초혈관 질환, 관상동맥 질환, 동맥 경화 등의 합병증을 동반한다(Dong et al., 1988). 경제발전과 생활양식의 변화에 따른 당뇨병 유병률의 증가는 잘 알려진 사실로, 우리나라에서 1970년에 약 1% 미만으로 추정되었으나 1998년에는 본인에 의해 인지된 당뇨병 유병률로 볼 때 국민 전체의 2.2% 이었으며, 60~69세의 연령에서는 10.1%로 보고되었다(보건복지부, 1999). 당뇨병 관리에는 인슐린 및 경구 혈당 강하제와 같은 약물요법이 이용되고 있으나(Kim et al., 1998), 여러 가지 식품을 이용한 식사요법에 대해 관심이 높아지고 있다. 당뇨병에서는 고중성지방혈증, 고콜레스테롤혈증, 지방간 등이 초래되기 쉽고, 이로 인한 각종 심장혈관계 합병증이 당뇨병 환자의 주요 사망원인이 되고 있어(Cho NH, 2000; Huh KB, 1992), 당뇨병 환자는 혈당과 혈청 지질 수준의 관리가 모두 중요하다.

고지혈증은 지방 섭취와 밀접한 관련이 있음이 역학조사 결과 알려졌다(Chung et al., 1993), 식이지방이 혈액 내 지방성분에 미치는 영향은 지방의 총섭취량, 포화지방산과 불포화지방산의 조성 및 ω -3 및 ω -6계 지방산 조성 등에 관하여 연구되었다(Thomsen et al., 1999; Sharma and Rukmini, 1986; Seetharamaiah and Chandrasekhara, 1989; Sumitha et al., 1997). 포화지방산 섭취는 혈

청 내 중성지방과 총콜레스테롤의 함량을 증가시키나, 불포화지방산 섭취는 혈청 지질 성분의 수준을 감소시키며 불포화지방산 중에서도 ω -3 지방산식은 ω -6 지방산식에 비해 혈장 중성지방을 저하시키고 중성지방합성과 관련된 효소들의 활성을 감소시키며 간에서 혈액으로 중성지방 분비를 감소시켜 혈액내 중성지방량을 감소시키는 효과가 큰 것으로 나타났다(Sharma and Rukmini, 1986; Seetharamaiah and Chandrasekhara, 1989; Koba et al., 2000). 혈청 지질 수준에 저하 효과가 있는 것으로 알려진 유지는 어유(Nakamura H, 1996), 올리브유(Rong et al., 1997) 및 쌀겨기름(Bhathena et al., 1991; Raghuram et al., 1989; Park YJ, 1999; Folch et al., 1957) 등이며, 포화지방산과 불포화지방산의 비율과 조성 특히 ω -3계 지방산(Nakamura H, 1996) 및 γ -oryzanol 함량(Zlatkis and Zak, 1968; Biggs et al., 1975) 등이 관련된 것으로 보고되었다. Bhathena 등(Bhathena et al., 1991; Forman et al., 1986)은 성인에게 어유를 급여하였을 때 다른 혼합 식물성유를 급여한 경우보다 혈장 중성지방이 감소한다고 하였고, 정운석 등(Chung et al., 1993 ; Nakamura H, 1996)은 어유를 급여하였을 때 당뇨병 환자의 혈청 중성지방이 감소한다고 보고하였다. Thomsen 등(Rong et al., 1997)은 성인에서 올리브유를 공급하였을 때 버터를 급여한 경우보다 혈중 중성지방 농도가 감소한다고 하였다. 또한 쌀겨기름은 흰쥐에서 대두유에 비하여 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도 감소효과가 있었으며(Sharma

and Rukmini, 1986 ; Bhatena et al., 1991), 고콜레스테롤 및 고중성지방혈증 환자에서 혈중 총콜레스테롤 및 중성지방 농도 감소효과가 있었다 (Raghuram et al., 1989 ; Kim et al., 2000). 그러나 불포화지방산 함량이 높은 옥수수유와 포화지방산 함량이 높은 우지를 식이의 16% 수준에서 10주간 급여하였을 때, 흰쥐의 혈청 총콜레스테롤 수준에 유의적인 차이가 없었던 결과도 있어 (Park YJ, 1999 ; Im and Kim et al., 1995), 지방 급원에 따른 지질 대사는 좀 더 검토·비교되어야 할 것으로 생각한다. 특히 당뇨병에서는 고중성지방혈증, 고콜레스테롤혈증, 지방간 등이 초래되기 쉽기 때문에 지방 급원의 선정은 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 가장 널리 이용되고 있는 대두유와 최근 일부 당뇨병 환자들에서 이용되고 있는 쌀눈기름 및 대표적 동물성 지방 급원 라아드를 가지고 당뇨마우스에서 지질 대사에 미치는 영향을 검토하고, 당뇨병 관리 측면에서 지방 급원에 따른 지질대사 비교를 위한 참고자료로 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 실험동물의 종류와 사육

본 실험에서는 생후 4주령(체중 22±2g)의 수컷 ICR 마우스에 streptozotocin으로 당뇨를 유발시켜 사육하였다. 즉, 14시간 이상 절식시킨 마우스의 복강에 citrate buffer(4℃, pH 4.2)에 용해한 streptozotocin (Sigma Co., USA)을 투여하고 48시간 후에 혈당 (random blood glucose) 농도가 200 mg/dL 이상인 마우스만을 당뇨가 유발된 것으로 선별하였다. 혈당은 일정한 시간에 꼬리정맥에서 채취한 혈액을 가지고 blood glucose sensor(Medisense, USA)로 측정하였다. 본 실험에서는 혈당과 체중을 기준으로 실험군당 10마리씩 완전임의 배치하였으며, 실험에 이용된 마우스는 stainless steel wire cage에서 한 마리씩 분리 사육하였다. 실험동물 사육실의 환경은 온도 22±2℃, 상대습도 60±5%로 조절하였고, 명암은 12시간 주기(light : 6:00 a.m. ~ 6:00 p.m.)가 되도록 하였다. 모든 실험식은 자유섭취방법(ad libitum)으로 급여하였으며, 실험식이 및 음용수 섭취량은 주 2-3회, 체중은

<Table 1> Composition of experimental diets¹⁾

Ingredient	Groups		
	L	SBO	RGO
Casein	150	150	150
Corn starch	545	545	545
Lard	200	-	-
Soy bean oil	-	200	-
Rice germ oil	-	-	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%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%)

²⁻³⁾ AIN-76 Mineral or Vitamin mixture(ICN, USA)

주 1회 일정한 시간에 측정하였다.

2. 실험식이의 종류

실험식이의 AIN-76 조성에 근거하여 정제된 원료로 배합하였으며, 옥수수전분, 비타민 및 미네랄 혼합물(ICN ; AIN-76)과 급원이 다른 3종의 지방을 첨가하여 배합하였다(Table 1). 식이의 지방수준은 20%로 흰쥐를 대상으로 하는 동물실험에서 일반적으로 사용하는 고지방식이의 수준이며(Robert et al., 2001 ; Sundram et al., 1990), 콜레스테롤을 0.5% 수준에서 첨가하여 고지방·고콜레스테롤 식이를 사용하였다. 지방 급원은 동물성 지방으로 라아드(L), 식물성 지방중에서 대두유(SBO)와 쌀눈기름(RGO)으로, 라아드는 (주)롯데 삼강, 대두유는 (주)동방, 쌀눈기름은 김포 쌀눈농산 제품을 사용하여 배합한 3종의 실험식이를 구성하였다.

3. 시료 채취 및 분석

시료 수집 및 분석 준비 : 실험식이 급여 7주째에는 대사케이지에서 4일간 실험동물의 대변을 수집하였고, -70℃ 이하에서 냉동보관 하였다가 하루 평균 배설되는 지질함량 분석에 이용하였다. 실험식이 급여 7주 후에는 14시간 절식시킨 후 안정택에서 혈액을 채취하였고, 3000rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 혈청을 지질 농도

분석에 사용하였다. 간, 신장, 심장 및 부고환주위의 지방은 적출하여 무게를 측정하였고, 간은 액화질소로 급속 냉동시켜 -70℃ 이하에서 냉동보관 하였다가 지질함량 분석에 이용하였다.

4. 시료의 분석 항목 및 방법

혈청 중성지방과 총콜레스테롤 농도는 건식생화학분석기(Ektachem, USA)로 측정하였고, 간 조직과 대변으로 배설되는 총지질 함량은 Folch 등의 방법(1957), 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(1968) 그리고 중성지방 함량은 Biggs 등의 방법(1975)을 이용하여 분석하였다.

5. 통계 분석

실험결과는 SAS 8.1 프로그램을 이용하여 평균과 표준오차(mean±SE)로 표시하였고, ANOVA test 후 Duncan's multiple range test하여 실험군 사이의 유의한 차이를 p<0.05 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

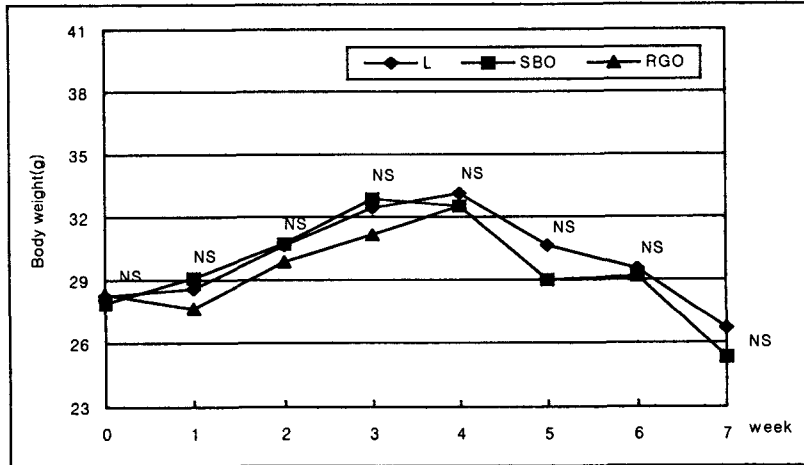
1. 식이 및 음용수 섭취량과 체중의 변화

Streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스에서 사육 7주 동안의 식이 및 음용수 섭취량과 실험 초기 및 최종 체중을 Table 2에 제시하였다. 하루

<Table 2> Food intake, water intake and body weight of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

Groups	Food intake (g/d)	Water intake (mL/d)	Body weight	
			Initial(g)	Final(g)
L	5.84±0.26 ^{NS}	29.0±0.9 ^{NS}	28.2±0.4 ^{NS}	26.7±0.7 ^{NS}
SBO	5.75±0.11	28.2±1.2	27.9±0.5	25.3±0.5
RGO	5.61±0.22	27.6±1.7	28.3±0.4	25.7±0.8

¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%)
Values are mean±SE(n=10), NS : Not significant



<Figure 1> Changes of body weight in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%) NS: Not significant

평균 식이 및 음용수 섭취량은 모든 실험군 사이에 유의한 차이가 없었고, 실험 초기 및 최종 체중도 실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험기간 동안의 당뇨 마우스의 체중변화를 Figure 1에 나타내었는데, 실험 초기 1주 동안에 체중이 감소하거나 체중 증가량이 적은 것을 볼 수 있었고, 이것은 streptozotocin 투여에 의한 insulin 생성 부족으로 당뇨가 유발되면 에너지 이상이 발생하기 때문으로 해석되며(Forman et al., 1986), 실험 7주째에는 당뇨를 유발시킨 실험초기보다 대체적으로 체중이 감소한 경향을 보였다.

2. 조직의 무게

체중 100g 당 간, 신장, 심장 및 지방조직의 무게를 Table 3에 제시하였다. Streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 마우스에게 지방급원이 다른 3종의 실험식이를 7주간 급여하였을 때, 모든 조직의 무게는 실험군 사이에 유의한 차이가 없었다. Streptozotocin으로 유발한 당뇨동물에서 간장(Kim et al., 2000) 및 신장의 크기(Im and Kim, 1995)와 심장의 무게(Lee YJ, 1997)가 증가하였다는 결과가 보고되고 있으나 본 연구에서는 지방급원에 의한 뚜렷한 영향을 찾아볼 수 없었다.

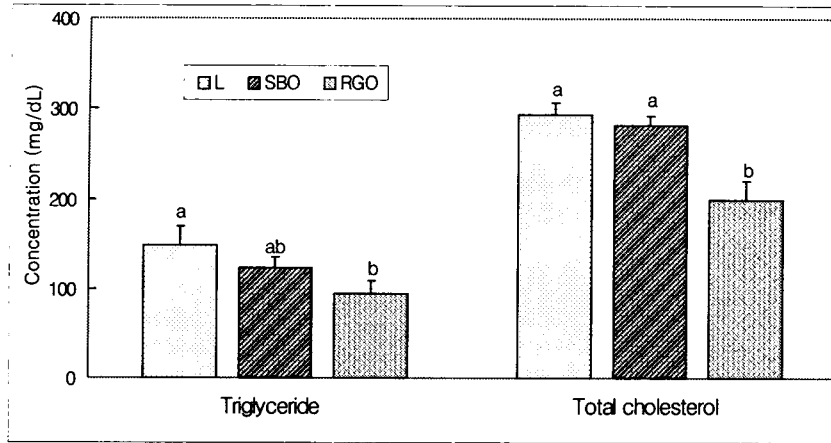
<Table 3> Organ weights of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

(g/100g body wt.)

Groups	Liver	Kidney	Heart	Epididymal fat pad
L	7.20±0.35 ^{NS}	3.18±0.16 ^{NS}	0.63±0.01 ^{NS}	0.53±0.12 ^{NS}
SBO	6.79±0.32	3.33±0.26	0.58±0.01	0.62±0.19
RGO	6.79±0.21	3.24±0.17	0.60±0.01	0.57±0.14

¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%)

Values are mean±SE(n=10), NS : Not significant



<Figure 2> Comparison of serum triglyceride and total cholesterol concentrations in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

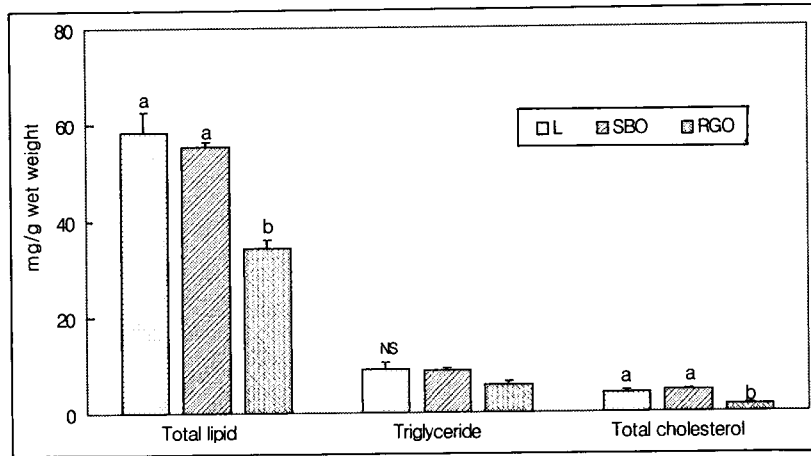
¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%)

a, b; Means with different alphabets are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

3. 혈청 지질 농도

지방의 급원이 다른 실험식이를 섭취한 당뇨 마우스의 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 농도를 Figure 2에 제시하였다. 혈청 중성지방 농도는 대두유군(SBO)과 쌀눈기름군(RGO)에서 대조군(L)보다 낮은 수준을 보였고, 쌀눈기름군(RGO)은 대조군(L)과 유의적인 차이를 나타내었다. 혈청 총콜레스테롤 농도는 대조군(L)과 대두유군(SBO) 사이에 유의한 차이가 없었으나, 쌀눈기름군(RGO)에서 대조군(L)보다 유의적으로 낮았다. Ross 등(1992)은 streptozotocin으로 유발시킨 당뇨 돼지에게 1.5%의 콜레스테롤을 함유하는 15% 라이드 식이를 급여하였을 때, 당뇨 돼지에서 혈장 중성지방 농도가 증가하고 동맥경화 발생율이 높다고 보고하였다. Sharma과 Rukmini(1986)의 연구결과에 의하면 흰쥐에게 10%의 쌀겨기름 식이를 8주간 급여하였을 때, 혈중 총콜레스테롤 수준이 유의($p < 0.05$)하게 감소되었고, Wilson 등(2000)의 연구에서도 쌀겨기름은 canola oil이나 옥수수유보다 불포화지방산 함량이 적지만 혈청

총콜레스테롤 농도를 낮추는 것으로 나타났다. 이것은 쌀겨기름에 혈청 총콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 알려진 불포화지방산의 함량이 높고 (Edwards and Radcliffe, 1994), 쌀겨기름에 많은 γ -oryzanol이 체내에서 콜레스테롤의 흡수를 저해하여 혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 수준을 낮추기 때문으로 보고되었다(Rong et al., 1997). 그러나 Purushothama 등(1995)은 쌀겨기름이 땅콩기름과 지방산 조성이 유사하지만 쌀겨기름 섭취군에서 혈장 중성지방과 총콜레스테롤 농도가 낮은 것으로 보고하였으며, 쌀눈기름도 대두유와 지방산 조성이 유사한 것을 고려할 때 쌀눈기름의 혈청 지질 수준 저하효과도 지방산 조성보다는 기능성을 갖는 다른 식이성분에 의해 영향을 받은 것으로 보인다(Lee et al., 2001). 그리고 식이 중 1.5%의 콜레스테롤을 첨가하였을 때 쌀겨기름에 의한 혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 수준 저하효과가 유의하였던 점(Ross and Gurcham, 1992)을 고려하면, 본 연구에서 실험식이 중 콜레스테롤 첨가 수준이 높았을 경우 혈청 지질 수준저하 효과가 더욱 뚜렷하였을 것으로 생각된다.



<Figure 3> Comparison of hepatic total lipid, triglyceride and total cholesterol contents in streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%) NS : Not significant a, b; Means with different alphabets are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

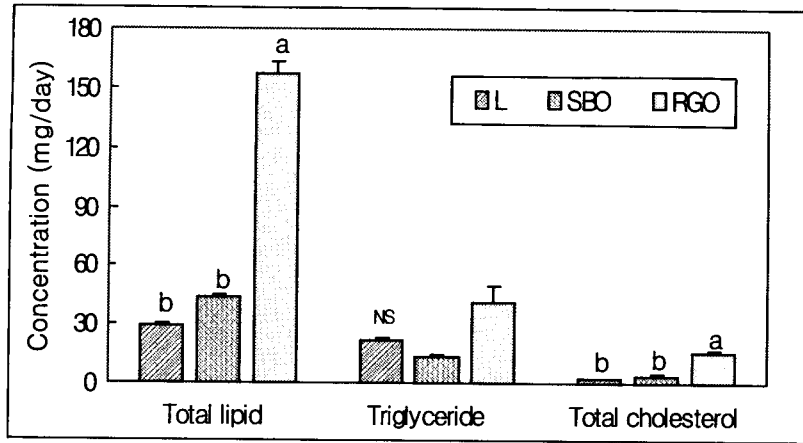
4. 간조직의 지질 함량

간조직의 총지질, 중성지방 및 총콜레스테롤 함량을 Figure 3에 제시하였다. 간조직의 총지질 함량은 대두유군과 쌀눈기름군에서 대조군보다 낮은 경향을 보였으나 쌀눈기름군에서만 대조군보다 유의적인 차이를 나타내었다. 간조직의 중성지방 함량은 모든 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나, 쌀눈기름군에서 낮은 경향을 보였다. 간조직의 총콜레스테롤 함량은 대조군과 대두유군 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 쌀눈기름군은 대조군과 대두유군보다 유의적인 수준에서 낮게 나타났다. Koba 등(2000)에 의하면, 쌀겨기름의 γ -oryzanol과 β -sitosterol이 분으로의 콜레스테롤 배설을 통해 간의 지질 수준을 낮춘다고 하였으며, 쌀눈기름(RGO)에는 쌀겨기름보다 γ -oryzanol과 β -sitosterol 함량이 2배 이상 많기 때문에 쌀눈기름군에서 쌀겨기름군보다 간조직의 총지질, 중성지방 및 콜레스테롤의 수준을 낮출 수 있었던 것으로 보고하였다(Lee et al.,

2001). 그리고 쌀눈기름의 간조직에 대한 지질 함량 저하 효과는 중성지방 보다는 총지질과 총콜레스테롤 함량 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

5. 대변 중 지질 배설량

지방의 급원이 다른 3종의 실험식이를 당뇨 마우스에게 7주간 급여하였을 때, 대변으로 배설되는 지질 수준을 비교하여 Figure 4에 나타내었다. 대변 중 총지질 배설량은 대두유군과 쌀눈기름군에서 대조군보다 많게 나타났고 쌀눈기름군에서 대조군이나 대두유군과 유의적인 차이를 보였다. 대변 중 중성지방 배설량은 쌀눈기름군에서 대조군이나 대두유군보다 많은 것으로 나타났으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 대변 중으로 배설되는 총콜레스테롤 함량은 대두유군과 쌀눈기름군에서 대조군보다 많은 경향을 보였으나 쌀눈기름군에서만 대조군보다 유의적으로 많게 나타났다. 이와 같이 쌀눈기름이 우리나라의



<Figure 4> Fecal excretion of total lipid, triglyceride and total cholesterol of streptozotocin-induced diabetic mice fed experimental diets for 7 weeks¹⁾

¹⁾ L(lard 20%), SBO(soy bean oil 20%), RGO(rice germ oil 20%) NS : Not significant
a, b; Means with different alphabets are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

대표적 지방급원인 대두유와 지방산 조성이 유사하지만 대변으로 많은 지질 배설량을 보인 것은, 쌀눈기름에 많은 γ -oryzanol 등이 지질 배설량 증가와 관련된 것으로 보인다(Koba et al., 2000 ; Rong et al., 1997 ; Purushothama et al., 1995). 따라서 급원이 다른 지방을 당뇨마우스에게 급여하였을 때, 식이 급여 7주 후에 쌀눈기름군에서 대변 중으로의 지질 배설량이 많았으며, 이것은 지방산 조성 외의 기능성 성분이 관련되어 있는 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 한국인의 주요 식물성 지방 급원인 대두유와 최근 당뇨병 환자에서 소비되고 있는 쌀눈기름이, 대표적인 동물성 지방인 라아드와 비교할 때, 당뇨 모델의 지질 대사에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다. 실험모델은 streptozotocin의 투여로 유발된 인슐린의존형 당뇨 마우스를 이용하였고, 3종류(라아드, 대두유, 쌀눈기름 각각 20% 첨가)의 실험식이를 7주간 급여하여 체

내 지질 수준 및 대변으로의 배설량을 조사하였다. 그 결과 실험동물의 식이섭취량과 체중 및 장기 무게는 실험군 사이에 큰 차이가 없었으나, 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 대두유군과 쌀눈기름군에서 대조군보다 낮은 경향을 보였고, 쌀눈기름군에서 대조군과 유의적인 차이를 보였다. 간의 중성지방 수준은 쌀눈기름 첨가군에서 대조군보다 낮은 경향을 보였으며, 간의 총지질 및 총콜레스테롤 함량도 쌀눈기름 첨가군에서 대조군이나 대두유군보다 낮은 경향을 보였다. 그리고 대변으로의 총지질 및 총콜레스테롤 배설량은 대두유군과 쌀눈기름군에서 대조군보다 많았고 쌀눈기름군에서 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다.

이상의 결과로부터 대두유군과 쌀눈기름군에서 체내 지질 수준이 낮았고, 쌀눈기름군에서 대두유군보다 그 효과가 큰 것으로 나타났다. 따라서 쌀눈기름은 인슐린의존형 당뇨마우스에서 체내 지질 수준 저하 효과가 있는 것으로 밝혀졌으며, 이는 쌀눈기름의 대변 중 총지질 및 총콜레스테롤 배설량 증가와 관련된 것으로 평가되었

다. 그리고 당뇨병 모델에서 쌀눈기름의 체내 지질 대사 개선 효과는 쌀눈기름의 급여 기간 및 수준의 변화 등에 따른 지질대사 연구도 함께 수행되어야 할 것으로 생각된다.

【인 용 문 헌】

- Bhathena SJ · Berlin E · Judd JT · Kim YC · Law JS · Bhagavan HN · Ballard-Barbash R(1991). 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.
- Biggs HG · Erikson TA · Moorehead WR(1975). A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clinical Chem* 21. 47.
- Cho NH(2000). Analysis of epidemiological characteristic and dangerous factor, *Kor J Lipid and Arteriosclerosis*, 11~16.
- 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(1993). 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.
- Dong SH · Oh DH · Kim SW · Yang IM · Kim JW · Kim YS · Choi YG(1988). Relationship among complications serum lipids and lipoprotein profiles in diabetics. *Kor J Internal Medicine* 35, 510~519.
- Edwards MS · Radcliffe JD(1994). A comparison of the effect of rice bran oil and corn oil on lipid status in the rat. *Biochemical Archives* 10, 87~94.
- Folch J · Less M · Sloanestanley GH(1957). A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Bio Chem* 226, 497.
- Forman S · Estilow ML · Vailenko P(1986). Streptozotocin diabetes alters immunoreactive β -endorphin levels and pain perception after 8wk in female rats. *Diabetes* 35, 1309~1313.
- Huh KB(1992). Insulin Resiistance and Chronic Degenerative Diseases. *J Kor Diabetes* 16, 93~98.
- Im SJ · Kim GJ(1995). Hypoglycemic Effect of Polygonatum Odoratum var. Pluriflorum Ohwi Extract in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Korean J Nutr* 28(8), 727~736.
- Kim HK · Cho DW · Hahm YT(2000). 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.
- Kim WJ · Min HG · Choi YK · Lee TH · Huh KB · Shin SH(1998). Diabetes. *Kor Diabetes Association*
- Koba K · Liu JW · Bobik E · Sugano M · Huang YS(2000). Cholesterol supplementation attenuate the hypocholesterolemic effect of rice bran oil. *J Nutr Sci Vitaminol* 46(2), 58~64.
- Lee SH · Chun HK · Lee YS(2001). 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.
- Lee YJ(1997). Effect of high dosage vitamine E on serum insulin, fatty acid composition and lipid distribution in experimental model rats with impaired glucose tolerance. MS thesis Seoul Nat Univ
- Ministry and health welfare(1999). '98 National

- health and nutrition survey report. Korea institute for health and social affairs.
- Nakamura H(1996). Effect of γ -oryzanol on hepatic cholesterol biosynthesis and fecal excretion of cholesterol metabolites. *Radioisotopes* 25, 371-374.
- Park YJ(1999). Effects of vitamin E supplementation and fat source on kidney function and lipid peroxidation in adriamycin treated rats. Ph D Thesis Seoul Nat Univ.
- Purushothama S · Ranina PL · Hariharan K(1995). Effect of long term feeding of rice bran oil upon lipids and lipoproteins in rat. *Mol Cell Biochem* 146(1), 63-69.
- Raghuram TC · Tao UB · Rukmini C(1989). Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. *Nutr Res Int* 39, 889-895.
- Rong N · Ausman LM · Nicolosi RJ(1997). Oryzanol decrease cholesterol absorption and aortic fatty streaks. *Lipids* 32(3), 303-309.
- Ross LH · Gurcham SS(1992). Effect of guar gum and tocotrienols on cholesterol metabolism on the Japanese quail. *Nutrition Research* 12(1), S117-S127.
- Seetharamaiah GS · Chandrasekhara N(1989). Studies on hypocholesterolemic activity of rice bran oil. *Atherosclerosis* 78, 219-223.
- Sharma RD · Rukmini C(1986). Rice bran oil and hypocholesterolemia in rat. *Lipids* 21(11), 715-717.
- Sunitha T · Manorama R · Rukmini C(1997). 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.
- Thomsen C · Rasmussen O · Lousen T · Holst JJ · Fenselau S · Schrezenmeir J · Hermansen K(1999). Differential effects of saturated and monounsaturated fatty acids on postprndial lipemia and incretin response in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 69(6), 1135-1143.
- Wilson TA · Ausman LM · Lawton CW · Hegsted DM · Nicolosi RJ(2000). Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: beyond fatty acids. *J Am Coll Nutr* 19(5), 601-607.
- Zlatkis A · Zak B(1968). Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29, p.143.