

## 탄수화물급원의 차이가 흰쥐 체내 지질함량에 미치는 영향

하 태 열\* · 김 혜 영

한국식품개발연구원 쌀이용연구센터

### Effect of Several Carbohydrate Sources on Lipid Metabolism in Cholesterol Fed Rats

Ha, Tae-Youl · Kim, Hye-Young

Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute, Songnam, Korea

#### ABSTRACT

The effects of several carbohydrate sources on plasma, liver and fecal lipid contents of rats fed diet containing sucrose, corn starch, brown rice, milled rice or wheat flour with 0.3% cholesterol for four weeks were investigated.

Plasma triglyceride and total cholesterol increased significantly in sucrose group, and decreased significantly in milled rice group compared to other three groups. There were no significant differences in plasma lipid contents among corn starch, brown rice and wheat flour groups. The contents of liver triglyceride and cholesterol in brown rice group decreased significantly compared to other four groups. Fecal excretion of total cholesterol in rice and wheat flour groups was significantly higher than in sucrose and corn starch groups. The contents of fecal bile acid increased significantly in milled rice and brown rice groups compared to other three groups. Fecal bile acid content of wheat flour group was similar to those of sucrose and corn starch group.

From these results, it is suggested that rice has a possibility of hypolipidemic effect in cholesterol fed rat. (*Korean J Nutrition* 29(2) : 199~205, 1996)

**KEY WORDS** : carbohydrate sources · plasma lipids · liver lipids · fecal cholesterol.

#### 서 론

생체내에서의 지질대사는 식이성분 특히 지질을 비롯한 당질, 단백질 등의 열량급원과 미량성분들, 또는 식이패턴에 의해서 변화하며, 그 식이성분의 량과 질은 지질대사를 조절하는 중요한 인자로 알려져 왔다<sup>1)</sup>. 식이성분 중 탄수화물급원이 체내 지질대사에 미치는 영향에 대해서는 옛부터 동물실험 및 임상실험을 통하여 많은 연구가 이루어져 왔다. 예를 들면 glucose, sucrose와 같은 단순당류는 starch와 같은 다당류에 비하여 체내 지질함량을 높히며, 지방급원으로서 동물성 지방을 급여하

채택일 : 1996년 1월 5일

였을 때에는 이들 탄수화물급원의 차이가 더욱 현저하다고 알려져 왔다<sup>2,3)</sup>. 또한 sucrose는 starch에 비하여 간장중의 지방산 합성관련 효소 활성도를 증가시키고<sup>4,5)</sup> 동시에 혈중 중성지방함량도 높히는 것으로 보고되어 있다. 고중성지방혈증은 고당질식이, 고열량에 의해 유발될 수 있고 또한 한국인의 고지혈증은 주로 고중성지방혈증에 의한 것이 많으며 이는 허혈성심질환과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다<sup>6)</sup>. 이와 같이 지질대사에 미치는 탄수화물 급원의 영향에 관해서는 sucrose와 starch간의 비교연구는 비교적 많이 수행되어 왔으나 starch의 종류에 따른 연구는 당질대사를 중심으로만 주로 연구되어 왔을 뿐이다<sup>7-9)</sup>. 그러나 최근 식품섭취량의 변화를 보면 동물성 식품, 설탕의 섭취는 증가하는

반면 곡류의 섭취는 급격하게 감소하고 있고 이와 동시에 질병의 형태에 있어서도 만성퇴행성질환이 증가함에 따라 곡류섭취의 중요성이 대두되고 있다<sup>10)11)</sup>. 근년들어 지질대사에 미치는 식이섬유의 중요성이 알려지면서 식이섬유와 지질대사, 특히 콜레스테롤대사와의 관계에 관해서는 많은 연구결과들이 보고되어 왔으나<sup>12-14)</sup> 전분급원에 따른 지질대사와의 관련성에 관해서는 연구가 매우 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 식생활에 있어서 주요 탄수화물 급원인 쌀과 밀, 옥수수전분, 설탕이 체내 지질대사에 미치는 영향을 조사하기 위하여 흰쥐에게 탄수화물 급원으로서 현미, 백미, 밀가루, 옥수수전분, 설탕을 첨가한 식이를 급여하여 4주간 사육한 뒤 혈장, 간장, 및 변중의 각종 지질함량 및 담즙산 배설량을 비교 분석하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험식이 및 사육조건

현미 및 백미는 국립종자연구소로부터 구입한 1993년 산 동진벼를 각각 도정한 후 70 메쉬로 분말화 하여 사용하였고 밀가루는 시중에서 구입한 박력분을 이용하였다. 실험동물은 4주령 된 SD계 흰쥐 숫컷을 화학연구소로부터 구입하여 1주일간 일반고형사료(삼양사, 원주)를 주어 환경에 적응 시킨 후 무작위로 각군 6~7마리씩 5군으로 나눴다. 실험군은 탄수화물의 급원에 따라 설탕군, 옥수수 전분군, 현미군, 백미군, 밀가루군으로 나누었고, 식이의 조성은 AIN-76 diet 조성에 의거하여 각 탄수화물 급원시료의 일반성분 분석치에 따라 각군 모두 단백질과 지방함량이 동일하도록 casein, corn oil, 탄수화물 급원의 첨가량을 조절하였으며 각군 모두 콜레스테롤을 식이의 0.3% 되게 첨가하였다(Table 1). 실험식사와 물은 자유섭취케 하였고 식이섭취량과 체중은 매격일로 측정하여 4주간 사육하였다.

Table 1. Composition of the experimental diets(g/kg)

	Sucrose	Corn starch	Brown rice	Milled rice	Wheat
Casein	200.0	200.0	150.8	155.7	141.0
DL-Methionine	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Carbohydrate	647.0	647.0	710.0	700.0	715.0
Cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Corn oil	50.0	50.0	34.4	44.5	43.0
Mineral Mix <sup>1)</sup>	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin Mix <sup>2)</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Choline chloride	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cholesterol	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

1) AIN-76 mineral mix.

2) AIN-76 vitamin mix.

### 2. 시료채취

사육이 끝난 실험동물은 12시간 동안 절식시킨 뒤 pentobarbital로 마취하여 복부대동맥으로 부터 heparin 처리된 튜브에 채혈하고 간장, 신장, 심장, 췌장을 적출하였다. 혈액은 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 얻었고 각조직은 생리식염수 냉용액으로 가볍게 씻은 뒤 trimming하여 무게를 잰 뒤 분식시까지 -70℃에서 보관하였다. 분변은 사육원료 일주일전부터 실험 종료일까지 채취하여 35℃에서 풍건한 후 분말화하여 -70℃에서 보관하였다.

### 3. 각종 지질 및 담즙산의 분석

혈장중 중성지방, 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, 인지질 함량은 각각의 검사 kit(Eiken, Japan)를 이용하여 측정하였다. 간장중 지방은 Folch법<sup>15)</sup>으로 추출하여 감압건고하고 무게를 재어 총지질 함량을 구하였다. 간장의 총지질중 중성지방, 총콜레스테롤, 인지질 함량은 혈장과 동일하게 분석하였다. 분변중의 지질도 Folch법에 의하여 추출하였는데, 즉, 0.5g의 건조된 분변을 15ml의 클로로포름 : 메탄올(2 : 1, V/V) 혼합용액으로 추출하여 감압건고시킨 후 간장과 동일한 방법으로 각종 지질을 분석하였다. 변의 담즙산은 에탄올로 추출하여 감압건고후 담즙산 검사 kit(Kyokutou, Japan)를 이용하였다.

### 4. 통계처리

실험식이에 의한 결과는 평균±표준오차로 나타내었으며 통계처리는 SAS를 이용하였고 각군에 따른 유의차는 분산분석 후 Duncan의 다중비교법으로 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 체중, 식이효율 및 장기무게

사육중 체중변화, 식이 섭취량, 식이효율에 미치는 각

**Table 2.** Body weight gain, food intake, food efficiency ratio and protein efficiency ratio(Mean±SEM)

	Sucrose	Corn starch	Brown rice	Milled rice	Wheat
Initial BW(g)	112.0 <sup>ns</sup> ± 4.10	115.6 ± 5.82	113.9 ± 3.76	112.5 ± 5.25	113.5 ± 5.08
Final BW(g)	308.0 <sup>ab</sup> ± 9.03	319.5 <sup>ab</sup> ±11.59	319.3 <sup>ab</sup> ± 7.34	334.6 <sup>a</sup> ± 9.86	306.3 <sup>b</sup> ±10.84
Weight gain(g)	196.1 <sup>b</sup> ± 5.74	203.9 <sup>ab</sup> ± 7.61	205.4 <sup>ab</sup> ± 7.02	221.5 <sup>a</sup> ± 5.89	192.8 <sup>b</sup> ± 6.14
Food intake(g)	481.6 <sup>b</sup> ±40.17	503.2 <sup>ab</sup> ±38.86	517.3 <sup>ab</sup> ±35.72	553.3 <sup>a</sup> ±39.32	493.9 <sup>b</sup> ±45.03
Food efficiency ratio	0.41 <sup>ns</sup> ± 0.007	0.41± 0.006	0.40± 0.003	0.41± 0.008	0.39± 0.013
Protein efficiency ratio	2.04 <sup>ns</sup> ± 0.038	2.03± 0.032	1.98± 0.016	2.00± 0.021	1.96± 0.069

Values with different superscript within a column are significantly different at p < 0.05

**Table 3.** Concentrations of plasma triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol and phospholipid in the experimental rats(Mean±SEM)

	Triglyceride	Total cholesterol	HDL cholesterol	Phospholipid (mg/100ml)
Sucrose	83.44±9.86 <sup>a</sup>	105.2 ±5.71 <sup>a</sup>	46.77±4.53 <sup>ns</sup>	130.8 ±13.89 <sup>a</sup>
Corn starch	49.58±7.74 <sup>b</sup>	97.43±3.53 <sup>ab</sup>	39.70±1.36	113.6 ± 4.55 <sup>ab</sup>
Brown rice	42.15±6.61 <sup>b</sup>	78.22±4.22 <sup>bc</sup>	43.82±1.73	109.1 ± 2.30 <sup>ab</sup>
Milled rice	32.90±8.91 <sup>c</sup>	69.03±7.58 <sup>c</sup>	42.65±4.60	97.68± 8.36 <sup>ab</sup>
Wheat	57.60±9.11 <sup>ab</sup>	77.57±5.53 <sup>bc</sup>	46.18±2.47	91.97± 2.52 <sup>b</sup>

Values with different superscript within a column are significantly different at p < 0.05

중 탄수화물급원의 차이는 Table 2에 나타난 바와 같다. 체중증가량은 군간의 통계적 유의차는 없었으나 백미군이 가장 높은 편이었고 밀가루군이 가장 낮았으며 현미군과 옥수수 전분군은 거의 비슷한 값을 나타내었다. 식이섭취량에 있어서는 백미군 > 현미군 > 옥수수 전분군 > 밀가루군 > 설당군의 순으로 백미군이 가장 높았으며 설당군이 가장 낮았다. 식이효율 및 단백질 이용효율에서는 각군에 따른 별다른 차이가 없고 거의 비슷한 값을 나타내었다. 백미군에 있어서 식이효율은 다른군과 거의 동일하였으나 체중증가율이 높았던 것은 식이섭취량이 높았던 때문으로 사료된다. 이는 지방원을 옥수수유로 하여 현미와 백미를 섭취시켜 현미와 백미의 체중증가를 비교한 결과 백미군이 현미군보다 다소 높은 체중증가를 보였다는 김미경과 원은주<sup>16)</sup>의 연구결과와 유사한 경향이다. 한편 박옥진<sup>17)</sup>은 고지방식이, 고콜레스테롤식이, 설당식을 비교한 실험에서 설당식이 옥수수전분식보다 체중증가율이 높았으며 이는 섭취량의 증가에 의해 나타난 현상이라고 보고하고 있으나 본 실험에서는 설당식이군의 체중증가율이 전분식에 비하여 낮게 나타나 상반된 결과를 보이고 있으나 이는 설당군의 식이섭취량이 낮았기 때문으로 사료되었다.

**2. 혈액 및 간장중의 지질함량**

탄수화물 급원에 따른 혈액중의 중성지방, 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, 인지질의 함량 변화는 Table 3과 같다. 우선 중성지방 함량을 보면 설당군이 다른 4군에 비하여 가장 높았고 백미군이 가장 낮았으며 통계적으로

유의차가 있었다. 또한 옥수수전분군, 현미군, 밀가루군은 거의 비슷한 값을 보여 백미가 혈중중성지방 농도를 낮추는 효과가 있는 반면 설당은 혈중중성지방을 높이는 것으로 나타났다. 일반적으로 설당식을 섭취한 흰쥐에서는 복합전분식보다 혈중 중성지방이 증가하는 것으로 알려져 있고<sup>18)</sup> 이는 사람을 대상으로 한 실험<sup>19,20)</sup>에서도 확인되어 있으며 설당에 의한 고중성지방혈증은 허혈성 심질환의 위험요소로서 작용할 가능성이 크다고 알려져 있다. 흰쥐의 정상식이에서 전분대신 설당으로 대체하게 되면 lipogenesis에 관련된 rate-limiting enzymes 예를 들면, glucokinase, G6PDH, 6-phosphogluconate dehydrogenase, fatty acid synthetase 등의 효소활성이 전분식보다 유의하게 증가하여 결국 혈중중성지방의 증가로 나타난다고 보고되어 있으며<sup>21)22)23)</sup> 이외에도 설당에 의한 고중성지방혈증은 내인성 중성지방의 증가, VLDL-TG로서의 분비증가 등도 그 작용기전의 하나로 설명되어 지고 있다<sup>24,25)</sup>. 총콜레스테롤 농도에 있어서도 각군간에 통계적인 유의차를 보였는데, 설당군이 가장 높았고 다음은 옥수수전분군이었고 백미군이 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 백미군은 옥수수전분군, 설당군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었으나 현미군, 밀가루군과는 통계적인 유의차가 없었으며 HDL콜레스테롤은 탄수화물급원에 따른 차이를 보이지 않았다. 인지질의 농도는 설당군, 옥수수전분군이 다른 3군에 비하여 높은 경향을 나타내었고 밀가루군은 설당군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮은 값을 보였다. Carrol과 Hamilton<sup>26)</sup>은 토끼에게 수종의

**Table 4.** Contents of liver total lipid, triglyceride, total cholesterol, and phospholipid in the experimental rats (Mean  $\pm$  SEM)

	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol	Phospholipid (mg/g wet weight)
Sucrose	90.75 $\pm$ 9.85 <sup>ns</sup>	37.93 $\pm$ 1.44 <sup>a</sup>	7.57 $\pm$ 1.25 <sup>a</sup>	38.54 $\pm$ 1.42 <sup>b</sup>
Corn starch	90.47 $\pm$ 3.60	38.75 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	6.18 $\pm$ 0.33 <sup>ab</sup>	38.02 $\pm$ 1.03 <sup>b</sup>
Brown rice	86.55 $\pm$ 9.69	30.45 $\pm$ 2.73 <sup>b</sup>	4.81 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	37.96 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>
Milled rice	96.83 $\pm$ 6.96	37.55 $\pm$ 2.56 <sup>a</sup>	5.61 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	39.34 $\pm$ 0.92 <sup>ab</sup>
Wheat	91.13 $\pm$ 7.73	34.67 $\pm$ 3.77 <sup>ab</sup>	4.98 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>	41.67 $\pm$ 1.02 <sup>a</sup>

Values with different superscript within a column are significantly different at  $p < 0.05$ .

전분을 급여하여 4주간 사육한 후 혈중 콜레스테롤 농도를 조사한 실험에서 밀전분 > 옥수수 전분 > 쌀전분 > 감자전분의 순으로 밀전분이 가장 높았고 감자가 가장 낮았다고 보고하였으며 또한 그들은 글루코스, 밀전분, 감자전분을 비교한 다른 실험에서도 감자전분이 고콜레스테롤 혈증을 예방하는데 유효하다고 보고하고 있다. 본 실험결과와 비교하면 쌀이 밀전분, 옥수수 전분보다 낮았다는 점에서는 일치하나 밀전분이 옥수수 전분보다 높다는 결과에서는 일치하지 않고 있다. 이상의 결과로 볼 때, 쌀 식이는 혈중 콜레스테롤 및 중성지방의 상승을 억제하는 데 효과적인 것으로 추측되며, 이러한 효과가 쌀전분의 특성에서 오는지의 여부에 대해서는 쌀에서 전분을 직접 분리하여 검토할 필요가 있다고 사료된다. 본 실험에서는 현미군의 혈중 콜레스테롤 농도는 설탕군, 옥수수전분군에 비해서는 유의하게 낮은 값을 보여 혈중 콜레스테롤 저하효과를 나타내었으나 백미보다는 높은 값을 보였다. 일반적으로 현미에 함유되어 있는 미강, 또는 미강유는 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 있고 이는 흰쥐, 햄스터 등의 실험동물에서 뿐만 아니라 사람을 대상으로 한 임상실험에서도 확인되어 있으며 고지혈증 상태일 경우 그 효과가 더 뚜렷하게 나타난다고 알려져 있다. 예를 들면, 고콜레스테롤 혈증 햄스터에게 미강과 미강유를 주었을 때 콜레스테롤 저하효과가 현저하였다는 Kahlon 등의 보고<sup>27)</sup>, 흰쥐에게 미강유를 식이의 10%로 첨가하였을 때 혈중 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤, VLDL콜레스테롤은 유의하게 감소하였고 HDL콜레스테롤은 반대로 증가하였다는 Sharma와 Rumiki의 보고<sup>28)29)</sup>, 고지혈증 환자에게 6주간 미강을 주었더니 혈중 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤, VLDL콜레스테롤의 감소와 HDL콜레스테롤의 증가가 있었다는 보고, 고지혈증 환자에게 미강유를 2주간 및 30일간 급여한 결과 혈중중성 지방 및 콜레스테롤의 현저한 감소가 있었다는 보고<sup>30)</sup> 등이 있다. 또한 미강의 이러한 콜레스테롤 저하 효과는 미강중의 식이섬유, sitosterol, vitamin E와 미강유증의 불포화 지방산에 의한 영향이 크다고 알려져 있으나<sup>31)</sup> 그 자세한 작용기작에 대해서는 아직 분명하지 않다. 따라서 본 실험에서도 현미의 효과

가 백미보다도 크리라고 예상하였으나 백미가 오히려 더 낮은 값을 보여 본 실험조건에서의 혈중지질농도에는 현미중의 미강부분이 크게 영향을 미친다고 보기는 어려웠다. 森와 桐山<sup>32)</sup>은 최근 백미로 부터 분리한 쌀단백질은 혈중 콜레스테롤 수준을 저하시킨다고 보고하고 있어 지금까지 알려진 미강성분 이외의 다른 인자들에 의해 혈중콜레스테롤이 저하하였을 가능성이 있으나 이에 대한 자세한 연구가 요구되어진다.

Table 4에는 탄수화물급원의 차이가 간장중의 총지질함량, 중성지방, 총콜레스테롤, 인지질 함량에 미치는 영향을 나타내었다. 총지질함량은 당질급원에 따라 통계적 유의차가 없었으나 현미군에서 낮은 경향을 보였다. 중성지방 함량은 현미군에서 다른 4군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내었고 다른 4군은 거의 비슷한 값을 나타내었다. 총콜레스테롤은 설탕군, 옥수수전분군은 현미, 백미, 밀가루군에 비하여 높은 값을 보였고 특히, 설탕군은 쌀, 밀군에 비하여 유의하게 높았다. 이와 같이 간장중에서는 현미군은 설탕군, 옥수수전분군에 비해서 유의하게 낮은 값을 나타내었고 백미보다도 낮은 경향을 보여 현미의 섭취는 간장내 중성지방 축적을 억제시키는 효과가 있음을 시사하고 있다. 한편, 간장중에서 나타난 현미와 백미간의 차이는 혈중 지질농도와는 상반된 결과를 보였는데 그 원인으로서는 백미군의 혈중지질이 간장으로 이행되어 간장중에 축적되는 율이 현미보다 높았기 때문으로 사료된다. 이미 언급한 바와 같이 쌀의 hypocholesterolemic effect에 대해서는 미강의 효과에 관한 보고가 대다수이고 미강을 함유하는 현미상태나, 백미를 검토한 보고는 매우 적어 충분한 비교검토가 어려우나 현미와 백미간에 나타난 간장중의 지질함량은 백미식이에 미강을 첨가하였더니 혈중 총지방함량과 콜레스테롤량이 감소하였다는 타의 연구결과<sup>33)</sup>와 유사한 경향이다.

이상 혈액 및 간장의 지질함량 결과를 종합해 볼 때, 탄수화물급원으로서의 쌀은 설탕 뿐만 아니라 옥수수 전분에 비하여 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 농도의 저하 효과가 시사되었으며 특히 간장의 지질함량에는 현미의 뚜렷한 억제효과가 인정되었다. 한편, 혈중 인슐린 농도

**Table 5.** Fecal weight, total cholesterol and bile acids contents in the experimental rats(Mean ± SEM)

	Weight(g/6days)	Total cholesterol(mg/6days)	Bile acids(mg/6days)
Sucrose	9.28 ± 0.79 <sup>c</sup>	28.30 ± 2.70 <sup>b</sup>	3.33 ± 1.25 <sup>a</sup>
Corn starch	8.56 ± 0.45 <sup>c</sup>	28.64 ± 2.37 <sup>b</sup>	3.40 ± 0.16 <sup>a</sup>
Brown rice	11.92 ± 0.59 <sup>a</sup>	32.21 ± 2.44 <sup>a</sup>	5.43 ± 0.63 <sup>b</sup>
Milled rice	10.68 ± 0.37 <sup>ab</sup>	36.24 ± 2.07 <sup>a</sup>	5.73 ± 0.46 <sup>b</sup>
Wheat	10.87 ± 0.59 <sup>ab</sup>	36.87 ± 3.53 <sup>a</sup>	3.20 ± 0.38 <sup>a</sup>

Values with different superscript within a column are significantly different at p < 0.05

를 측정한 결과<sup>34)</sup> 현미와 백미는 각각 40.89, 42.23 μU/ml로 설탕, 옥수수전분 및 밀가루의 52.01, 50.31, 60.14 μU/ml에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었으며 각종 전분급원을 달리하여 식후혈당 및 인슐린 반응을 조사한 타의 연구<sup>7-9)</sup>에서도 쌀이 설탕, 밀, 옥수수에 비하여 현저하게 낮다고 보고되어 있는 점으로 보아 탄수화물급원에 따른 혈중 지질농도의 변화는 호르몬에 의해서도 영향을 받는 것으로 생각되었다. 즉, 쌀을 섭취함으로써 나타나는 insulin농도의 감소는 간장중 중성지방의 합성을 감소시키고 중성지방의 분해를 촉진시킴으로써 체내 지질농도의 감소를 나타내는 하나의 원인으로도 생각할 수 있다.

### 3. 분변중 지질 및 담즙산 배설량

분변량 및 분변중 콜레스테롤 배설량, 담즙산 배설량의 변화는 Table 5와 같다. 분변량을 보면 현미, 백미, 밀가루군은 설탕, 옥수수전분군에 비하여 유의하게 높았고 그 중에서도 현미가 가장 높은 값을 나타내었다. 흰쥐를 대상으로 백미와 밀가루를 비교검토한 타의 실험<sup>35)</sup>에서도 밀가루와 백미는 비슷한 값을 나타내 본 연구결과와 일치하고 있다. 또한 현미가 백미보다도 변의 배설량이 많았던 것은 김미경과 원은주<sup>16)</sup>, 정경아와 장유경<sup>36)</sup>의 실험결과와도 일치한다. 일반적으로 식이섬유는 변의 용적을 증가시키며, 특히 soluble dietary fiber보다 insoluble dietary fiber가 변배설량이 더 큰것으로 알려져 있으며, 앞에서 언급한 바와 같이 현미의 식이섬유가 본실험에 이용한 다른 탄수화물급원보다 식이섬유 함량이 높으며 그 대부분은 insoluble dietary fiber라는 점으로 미루어 보아 현미군에서 분변량이 가장 많았던 것은 식이섬유의 영향이 컸던 것으로 사료된다. 총콜레스테롤 배설량도 쌀군, 밀가루군이 설탕군, 옥수수 전분군에 비하여 유의하게 높았으며 백미군과 현미군간에는 유의차는 없었으나 백미군이 더 높은 경향을 나타내었으며 밀가루군은 백미군과 거의 비슷한 수준을 나타내었다. 담즙산 배설량은 현미, 백미군이 설탕군, 옥수수 전분군, 밀가루군에 비하여 유의하게 높았으며 밀가루군은 설탕군, 옥수수전분군과 거의 비슷한 값을 나타내었다.

Normand등<sup>37)</sup>은 in vitro실험에서 쌀겨의 식이섬유 조추출물에는 담즙산 결합능이 있다고 보고하였으며 靑江誠一郎<sup>38)</sup>은 백미와 밀가루는 식이섬유함량이 거의 동일함에도 불구하고 담즙산 배설량에서 유의한 차이를 나타내었다는 보고등으로 미루어 볼 때 콜레스테롤의 담즙산으로의 대사는 식이섬유의 함량뿐만 아니라 또 다른 성분의 차이, 예를 들면, 단백질의 차이, 전분특성의 차이등에 기인할 가능성이 시사되었다.

## 요약 및 결론

탄수화물급원의 차이가 체내 지질대사에 미치는 영향을 검토하기 위하여 4주령의 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 5군으로 나눠 각군 모두 콜레스테롤을 0.3% 되게 식이에 첨가하고 탄수화물급원으로서 설탕, 옥수수전분, 백미, 현미, 밀가루를 각각 급여하여 4주간 사육한 후 각군의 혈장 및 조직중의 지질함량, 분변중의 콜레스테롤 및 담즙산 함량변화를 측정하였다.

그 결과 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 농도는 설탕군이 다른 4군에 비하여 유의하게 높았고 백미군이 가장 낮은 값을 보였으며 HDL-콜레스테롤의 농도는 모든 군에서 비슷한 경향을 보였다. 간장중 총지질 함량은 유의차는 없었으나 현미군이 가장 낮은 값을 보였고 간장중 중성지방 및 콜레스테롤 함량은 현미군에서 다른 4군에 비하여 유의하게 낮은 값을 보였다. 분변량 및 분변중 콜레스테롤 배설량은 현미, 백미, 밀가루군이 설탕, 옥수수전분군에 비하여 유의하게 많았으며 분변중 담즙산의 배설량은 현미, 백미군이 다른 3군에 비하여 유의하게 높은 값을 보였다.

## Literature cited

- 1) Bodwell CE, Erdman JW ed. Nutrient interactions. pp265-285. Marcel Dekker Inc. and New York and Barel. Interacting effects of carbohydrate and lipid on metabolism. 1988
- 2) Antar MA, Litter JA, Lucas C, Buckley GC and Csima A.

- Interrelationship between kinds of dietary carbohydrate and fat in hyperlipidemic patients. *Atherosclerosis* 11 : 191-199, 1970
- 3) Little JA, Birchwood BL, Simmons DA, Antar MA, Kallos A, Buckley GC and Cisma A. Interrelationship between the kinds of dietary carbohydrate and fat in hyperlipoproteinemic patients. *Atherosclerosis* 11 : 173-178, 1970
  - 4) Zankim D, Pardini RS, Herman RH and Sauberlich HE. Mechanism for the differential effects of high carbohydrate diets on lipogenesis in rat liver. *Biochim Biophys Acta* 144 : 2442-251, 1967
  - 5) Zankim D, Pardini RS, Herman RH, Sauberlich HE. Mechanism for the differential effects of high carbohydrate diets on lipogenesis in the rat. *Biochim Biophys Acta* 165 : 374-379, 1968
  - 6) 한국인의 지방산 섭취현황 '제 5 회 국제심포지움. 식이성 지방과 건강. pp87-111, 건국대학교 동물자원센터' 1994
  - 7) Crapo PA, Reaven G, Olefsky J, Alto P, Postprandial plasma-glucose and-insulin responses to different Complex carbohydrates. *Diabetes* 26 : 1178-83, 1977
  - 8) Crapo PA, Insel J, Sperling M, Kolterman OG. Comparison of serum glucose, insulin, and glucagon responses to different types of complex carbohydrate in noninsulin-dependent diabetic patients. *Am J Clin Nutr* 34 : 184-190, 1981
  - 9) Crapo PA, Henry RR. Postprandial metabolic responses to the influence of food form. *Am J Clin Nutr* 48 : 560-564, 1988
  - 10) 1992년도 국민영양조사보고서, 보건사회부, 1994
  - 11) 사망원인통계연보, 대한통계협회, 1991
  - 12) Ullrich IH, Evaluation of high-fiber diet in Hyperlipidemia : A review. *J Am Coll Nutr* 6 : 19-25, 1987
  - 13) Asp NG, Bjorck I, Nyman M. Physiological effects of cereal dietary fibre. *Carbohydrate polymers* 21 : 183-187, 1993
  - 14) Mueller MA, Cleary MP, Kritchevsky D. Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal fed rats. *J Nutr* 113 : 2229-2238, 1983
  - 14) Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
  - 16) 김미경 · 원은주. 지방의 종류를 달리한 현미와 백미식이를 섭취시켰을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 17 : 154-162, 1984
  - 17) 박옥진. 고지방식이, 콜레스테롤식이, 저지방 저설당식이 흰쥐의 혈청지방 및 변지방에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27 : 785-794, 1994
  - 18) Basilio MA, Chanussot F, Villaume C, Lombardo YB and Debry : Effect of carbohydrate type upon obesity and hyperlipidemia in the Zucker fa/fa rat. *Ann Nutr Metab* 28 : 253-258, 1984
  - 19) Akinyanju PA, Qureshi RU, Salter AJ, Yudkin J. Effect of atherogenic diet containing starch or sucrose on the blood lipids of young men. *Nature* 218 : 975-977, 1968
  - 20) Carison LA, Bottiger LE. Ischaemic heart disease in relation to fasting values of plasma triglycerides and cholesterol. *Lancet* 1 : 865-868, 1972
  - 21) Wander, RC and Berdanier, CD. Effects of type of dietary fat and carbohydrate on gluconeogenesis in isolated hepatocytes from BHE rats. *J Nutr* 116 : 1156-1164, 1986
  - 22) Park JHY, Berdanier CD, Deaver OE, Jr Szepeles B. Effects of dietary carbohydrate on hepatic gluconeogenesis in BHE rats. *J Nutr* 116 : 1193-1203, 1986
  - 23) Bouillon DJ & Berdanier CD. Effect of maternal carbohydrate intake on the mitochondrial activity and on lipogenesis by the young and mature progeny. *J Nutr* 113 : 2205-2216, 1983
  - 24) Boogaerts JR, Malone-McNeal M, Archambault-Schexnayder J, Davis RA. Dietary carbohydrate induces lipogenesis and very-low-density lipoprotein synthesis. *Am J Physiol* 246 : E77-E83, 1984
  - 25) Hirano T, Mamo J, Poapst M, Steiner G. Very-low-density lipoprotein triglyceride kinetics in acute and chronic carbohydrate-fed rats. *Am J Physiol* 255 : E236-E240, 1988
  - 26) Carroll KK & Hamilton RGM. Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis. *J Food Sci* 40 : 18, 1975
  - 27) Kahlon TS, Saunders RM, Sayre RN, Chow FI, Chiu MC and Betschart AA. Cholesterol-Lowering effect of rice bran and rice bran oil fractions in hypercholesterolemic hamsters. *Cereal Chem* 34 : 485-489, 1992
  - 28) Shama RD and Rukmini C. Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. *Lipids* 21 : 715-717, 1986
  - 29) Shama RD and Rukmini C. Hypocholesterolemic activity of unsaponifiable matter of rice bran oil. *Indian J Med Res* 85 : 278-281, 1987
  - 30) Raghuram TC, Brahmaji Rao U and Rumiki C. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. *Nutr Rep Intern* 39 : 889-895, 1989
  - 31) Saunders RM. The properties of rice bran as a foodstuff 35 : 632-636, 1990
  - 32) 森田達也 · 桐山修八. 高純度米タンパク質の製造とその發カ抑制作用. 日本營養食糧學會 學術大會 抄録集 12 : 2A-p3, 1993
  - 33) 유춘희 · 김숙희. 미강과 야채첨가식이 흰쥐의 체내대사에 미치는 영향(III) - 지방대사에 미치는 영향을 중심으로 -. *한국영양학회지* 10 : 25-32, 1977
  - 34) 하태열 · 김혜영. 쌀의 영양학적 특성에 관한 연구. *한국식품개발연구원 보고서* : 80-81, 1994

- 35) 이동태 · 김지연 · 황보영숙 · 이혜인 · 정우경 · 백오현. 우리나라 쌀의 영양특성 및 생리활성기능과 조리기술에 관한 연구. 농촌영양개선연수원 보고서 : 39-48, 1993
- 36) 정경아 · 장유경. 곡류급원에 따른 흰쥐의 간과 혈중 지질 농도에 관한 연구. 한국영양학회지 28 : 5-14, 1995
- 37) Normand FL, Ory RL, Mod RR. Interactions of several

- bile acids with hemicellulose from several varieties of rice. *J Food Sci* 46 : 1159-1161, 1981
- 38) 青江誠一郎 · 太田富貴雄 · 綾野雄幸. ラットのコレステロール大謝に及ぼす米ヌカヘミセルロースの影響. 日本營養食糧學會誌 42 : 55-61, 1989