

## 대두올리고당이 흰쥐의 장내 균총, 지질 대사 및 면역 능력에 미치는 영향\*

김지영<sup>1)§</sup> · 김우경<sup>2)</sup> · 김혜영<sup>3)</sup> · 김미현<sup>1)</sup> · 김숙희<sup>1)</sup>

이화여자대학교 식품영양학과,<sup>1)</sup> 단국대학교 식품영양학과,<sup>2)</sup> 용인대학교 식품영양학과<sup>3)</sup>

### Effects of Soyoligosaccharides and Varing Dietary Fats on Intestinal Microflora, Lipid Profiles and Immune Responses in Rats\*

Kim, Ji-Young<sup>1)§</sup> · Kim, Woo-Kyung<sup>2)</sup> · P. Kim, Hye-Young<sup>3)</sup>  
Kim, Mi-Hyun<sup>1)</sup> · Kim, Sook-He<sup>1)</sup>

Department of Food and Nutrition,<sup>1)</sup> Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea  
Department of Food Science and Nutrition,<sup>2)</sup> DanKook University, Seoul 140-714, Korea  
Department of Food and Nutrition,<sup>3)</sup> YongIn University, YongIn 449-714, Korea

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of soyoligosaccharides on intestinal microflora, transit time, lipid profiles and immune responses. Forty-eight male rats of Sprague-Dawley strain were divided into six groups(SYS: soybean oil-sucrose, SYO: soybean oil-oligo, SES: sesame oil-sucrose, SEO: sesame oil-oligo, BFS: beef tallow-sucrose, BFO: beef tallow-oligo). soyoligo-groups(SYO, SEO, BFO) were fed the diet containing 5% soyoligosaccharides, but control groups not fed them and all groups were fed 20% fats for 4 weeks. The number of fecal bifidobacteria tended to increase after soyoligosaccharides feeding. The significant increase was found in SEO group compared to SES in that of fecal bifidobacteria. Stool wet weight, dry fecal weight and stool water content were increased significantly in soyoligo-groups(SYO, SEO, BFO) compared to control groups(SYS, SES, BFS) and gastrointestinal transit time(TT) tended to increase. Soyoligosaccharides lowered plasma cholesterol in SEO group significantly more than did other groups. soyoligo-groups(SYO, SEO, BFO) tended to decrease liver triglycerides compared to control groups. Plasma IgG concentration increased in beef tallow groups(BFS, BFO) than that in other dietary fat groups. Soyoligosaccharides and kinds of fats had no effects on plasma C<sub>3</sub> concentration and mitogenesis of the spleen cells. Soyoligosaccharides had no effects on plasma leptin and insulin concentration, but kinds of fats did, so that sesame groups were decreased significantly in plasma leptin concentration, but increased significantly in plasma insulin concentration, compared to other dietary fat groups. In conclusion, dietary soyoligosaccharides changed the composition of the intestinal microflora beneficially with sesame oil and partially had effect on plasma and liver lipid profiles. (*Korean J Nutrition* 33(6) : 597~612, 2000)

**KEY WORDS:** soyoligosaccharides, bifidobacteria, plasma cholesterol, gastrointestinal transit time, plasma IgG.

## 서 론

최근 우리 나라에서 동물성 식품과 지방의 섭취가 증가<sup>1)2)</sup> 하는 등의 식생활의 변화로 인하여 질병의 발병 양상과 사망 원인 또한 변화되어져 왔는데<sup>3)</sup> 이러한 양상으로 만성퇴행성 질환이 증가하고 있는 실정이다.<sup>4)5)</sup> 한국인의 1998년

도 사인 중 심장순환계 질환으로 인한 사망률이 인구 10만 명당 123.7명으로 사망 원인중 1위이며 이중에서도 뇌혈관 질환, 동맥경화증, 허혈성 심질환에 의한 사망률이 계속 증가하고 있다.<sup>6)</sup> 심순환계질환의 위험인자는 흡연, 당뇨, 고혈압, 비만 및 고지혈증 등인데 특히 고지혈증은 독립적인 위험 인자로 알려지고 있다.<sup>7)8)</sup> 고지혈증은 혈장 콜레스테롤이나 중성 지방이 증가된 상태인데 그 유발 요인은 인종, 성별, 나이 등의 유전적 요인과 환경적 요인 등이 작용하는 것으로 보인다.<sup>9)10)</sup> 동맥경화증이나 허혈성 심질환의 독립적인 위험인자로 고콜레스테롤혈증이 생각되고 있는데,<sup>11)12)</sup> 서구화되고 있는 식생활로 인한 동물성 식품과 지방 섭취량의

채택일 : 2000년 9월 15일

\*This research was supported by a grant from the Ministry of Health and Welfare

§To whom correspondence should be addressed.

증가가 가져오는 고콜레스테롤혈증<sup>13)</sup>도 주목하여야 한다. 우리 나라는 미국과는 달리 아직까지 허혈성 심질환에 의한 사망율은 낮으나, 급성 심근경색증이나 협심증 등의 허혈성 심질환이 빠른 속도로 증가하고 있다.<sup>11)</sup> 또한, 뇌혈관질환의 경우는 특히 고중성지방혈증이 주요한 위험인자로 생각되어 지는데, 특히 한국인과 같이 고당질 식사를 주로 해왔던 민족의 경우 고중성지방혈증을 중요하게 다루어야 한다고 생각된다.<sup>10),11)</sup> 이러한 사실에 더하여 현대인의 건강에 대한 불안감, 건강 장수에 대한 욕망, 생물 공학적인 첨단 기술의 도입과 소비자의 필요에 부응하는 신제품을 개발하려는 식품 업계의 사고 등에 힘입어<sup>19)</sup> 앞서 언급한 질환들의 예방과 치료가 기대되는 기능성 식품에 대한 관심이 많아지고 있다. 그래서, 최근 기능성 올리고당을 중심으로 한 여러 측면의 연구가 전진되고 있다.<sup>14),15)</sup>

올리고당은 glucose, galactose, fructose와 같은 단당류가 2~8개 정도가 결합한 당질이며, 소화 효소에 의하여 분해되지 않는 당질을 일컫는다.<sup>18),19)</sup> 올리고당은 난소화성이기 때문에 소화 흡수되지 않으면서 대장에 도달되어 비피더스균에 선택적으로 이용되어 비피더스균을 증식시키며,<sup>19),20)</sup> 발효되어 장내 균총을 개선하고<sup>18),21)</sup> 단쇄지방산을 생성하며<sup>19)</sup> 장내의 pH를 저하시키고<sup>19)</sup> 대변의 성질 개선<sup>18)</sup> 및 장내 부패를 억제<sup>18),19)</sup>하는 등의 효과를 발휘한다. 이외에도 혈청내의 콜레스테롤 함량이 비피더스균에 의하여 감소한다고 하는<sup>14),22)</sup> 등의 체내 영양대사에 미치는 효과와 면역 기능에 미치는 효과 또한 기대되고 있다.<sup>14),15)</sup>

대두올리고당은 대두로부터 대두 단백질을 제조할 때 배출되는 대두 유청을 원료로 하여 분리 정제하여 제조되며 raffinose, stachyose, sucrose 및 단당류가 주성분인 가용성 당류의 혼합물이다. In vitro 실험으로는 주로 올리고당의 물리적 성질,<sup>16)</sup> 당의 소화성과 분해력<sup>17)</sup> 등에 관한 연구가 많다. 올리고당은 열이나 산에 더욱 안정하며 식품의 부패 방지 및 보존 효과를 가지고 있는 것으로 보고되고 있으며 실제로 여러 가지 식품 가공에 이용되고 있다. 효소 사용 없이 유청으로부터 얻기 때문에 생산비가 많이 드나 청량감이 있고 내열, 내산성이 높은 가공상 이점이 있어 음료 제조에 많이 이용되고 있다.<sup>18)</sup> 대두올리고당의 생리적 특징을 보면, 인간이 장기간 섭취해온 대두 중의 당류로 안정성이 확인된 물질이고 유효 성분은 raffinose, stachyose 등의 galactose 화합물로 화학 구조가 이미 밝혀져 있다.<sup>18),20),23)</sup>

그러므로, 본 연구에서는 대두올리고당의 장내 균총의 개선 뿐만 아니라, 혈액의 지질 성상에 미치는 효과와 면역 기능 및 대장 통과 기능에 미치는 영향에 대해 연구하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 동물의 사육 및 식이

생후 5주된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 48마리를 실험식이 시작 전 2주 동안 고행배합사료(삼양사료)로 적응시킨 후, 이들을 체중에 따라 난피법에 의해 각 군에 8마리씩 6군으로 나누어, 한 마리씩 스테인레스 사육장에 격리하여 사육하였다. 실험동물은 각각 다른 세가지(참기름, 콩기름, 우지) 지방 급원을 사용한 고지방 식이에 동결 건조한 대두올리고당(Soybean oligosaccharides extract, 현대약품)을 각 5%씩 첨가하여 제조된 실험 식이로 4주간 사육하였고 식이와 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다. 본 실험에 사용한 실험 식이는 AIN-93G 식이<sup>24)</sup>를 바탕으로 하였고, 실험식이의 탄수화물 급원으로는 옥수수 전분(corn starch, 신동방)을, 지방 급원으로는 대두유(soybean oil, 신동방), 참기름(sesame oil, 해표), 우지(beef tallow, 롯데삼강)를 사용하였으며, 단백질 급원으로는 casein(edible acid casein, Murray Goulburn Co-operative Co., Australia)을 사용하였다. 무기질과 비타민 혼합물은 시약급을 사용하여 각각 총 식이 무게의 3.5%와 1%의 수준으로 첨가하였다. 각 실험 식이의 식이 조성은 Table 1에 나타내었으며, 지방 급원의 지방산 조성은 Table 2에 나타내었다. 식이 섭취량은 일주일에 3회 측정하였으며, 체중은 일주일에 1회, 일정한 시간에 측정하였다. 이상에서 측정된 식이 섭취량과 체중을 이용하여 실험 기간의 체중 증가량을 같은 기간에 섭취한 식이량으로 나누어 식이효율(food efficiency ratio, FER)을 산출하였다.

$$FER = \frac{\text{Body weight gain for experimental period(g)}}{\text{Food intake for experimental period(g)}}$$

### 2. 혈액과 장기의 채취

실험기간 종료 전 48시간 동안의 분변을 수거하여 분변 중의 수분함량을 측정하였다. 사육기간이 끝난 실험 동물을 희생시키기 전에 12시간을 절식시킨 후, ethyl ether 로 마취, 개복하여 심장에서 주사기를 이용하여 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액은 응고되는 것을 막기 위해 EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate)가 들어있는 원심분리관에 담아 2,500rpm에서 30분간 원심 분리하여 혈장과 적혈구를 분리하고 혈장은 생화학적 분석을 위해 냉동보관하였다. 혈액을 채취한 후에 즉시 간을 분리하여 생리식염수에 세척한 후 무게를 측정하고 바로 -70℃에서 냉동보관하였고, 신장, 흉선, 그리고 부고환 지방을 떼어 무게를

**Table 1.** Composition of experimental diet(g/Kg diet)

Group <sup>1)</sup>	SYS	SYO	SES	SEO	BFS	BFO
Corn starch	399.49	399.49	399.49	399.49	399.49	399.49
Casein	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Sucrose	100.00	50.00	100.00	50.00	100.00	50.00
Soyoligosaccharides		50.00		50.00		50.00
Soybean oil	200.00	200.00				
Sesame oil			200.00	200.00		
Beef tallow					200.00	200.00
Fiber	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Mineral mixture <sup>2)</sup>	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Vitamin mixture <sup>4)</sup>	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
L-Cystine	3.00		3.00	3.00	3.00	3.00
Choline bitartrate	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Tert-butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014

1) SYS: soybean oil + sucrose(10% of diet weight)

SYO: soybean oil + sucrose(5% of diet weight) + oligosaccharide(5% of diet weight)

SES: sesame oil + sucrose(10% of diet weight)

SEO: sesame oil + sucrose(5% of diet weight) + oligosaccharide(5% of diet weight)

BFS: beef tallow + sucrose(10% of diet weight)

BFO: beef tallow + sucrose(5% of diet weight) + oligosaccharide(5% of diet weight)

2) Content of Purified Oligosaccharides

3) Mineral mixture: AIN-93G mineral mixture(g/kg mix)<sup>2)</sup>

Calcium carbonate, anhydrous 357.00; Potassium phosphate, monobasic 196.00; Potassium citrate, tri-potassium, monohydrate 70.78; Sodium chloride 74.00; Potassium sulfate 46.60; Magnesium oxide 24.00; Ferric citrate 6.06; Zinc carbonate 1.65; Manganous carbonate 0.63; Cupric carbonate 0.30; Potassium iodate 0.01; Sodium selenate, anhydrous 0.01025; Ammonium paramolybdate, 4 hydrate 0.00795; Sodium meta-silicate, 9 hydrate 1.45; Chromium potassium sulfate, 12 hydrate 0.275; Lithium chloride 0.0174; Boric acid 0.0815; Sodium fluoride 0.0635; Nickel carbonate 0.0318; Ammonium vanadate 0.0066; Powdered sucrose 221.026

4) Vitamin mixture: AIN-93 Vitamin mixture(g/kg mix)<sup>2)</sup>

Nicotinic acid 3.000; Ca Pantothenate 1.600; Pyridoxine-HCl 0.700; Thiamin-HCl 0.600; Riboflavin 0.600; Folic acid 0.200; D-Biotin 0.020; Vitamin B-12(cyanocobalamin) 2.500; Vitamin E(all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate, 500IU/g) 15.000; Vitamin A(all-trans-retinyl palmitate, 500,000IU/g) 0.800; Vitamin D3(cholecalciferol, 400,000IU/g) 0.250; Vitamin K(phyloquinone) 0.075; Powdered sucrose 974.655

**Table 2.** Fatty acid composition of soybean oil, sesame oil and beef tallow (% of fatty acid)

Fatty acid	Soybean oil <sup>1)</sup>	Sesame oil <sup>2)</sup>	Beef tallow <sup>3)</sup>
Palmitic acid C16 : 0	10.0	8.3	25.8
Stearic acid C18 : 0	4.0	5.9	25.7
Oleic acid C16 : 1	25.0	34.7	30.7
Linoleic acid C18 : 2 n-6	54.0	49.6	3.2
Linolenic acid C18 : 3 n-3	7.0	1.5	-

1) Present Knowledge in Nutrition, 7th Edition

2) Korean Journal of Nutrition 15(1), 1982

3) Food Composition Table

추정하였다.

### 3. 생화학적 분석

#### 1) 비피더스 균수 측정

쥐의 분변을 채취한 후, 비피더스균 수를 측정하였다. 실험식이 섭취 시작 시점과, 4주째 되는 날에 쥐의 항문을 자극하여 분변을 인위적으로 채취하였다. 채취한 분변 0.5g을

곧바로 4.5ml의 멸균 phosphate buffer(0.2M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.2M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH7.0, 0.1% polypeptone)에 넣어 잘 균질화시키고 십배로 희석하였다. 시험에 사용된 *bifidobacterium* 선택용 배지는 TPY 배지(trypticase-phytone-yeast extract)를 사용하였는데, 적당한 배율의 멸균형기 희석용액을 50배씩 취해 배지에 도달하고, 혐기적 배양을 위해 anaerobic jar(Difco USA)에 넣어 37°C에서 48시간 배양하였다. 48시간동안 혐기적으로 배양한 뒤에 배양된 집락의 수를 측정하고 여기에 희석배수를 곱하여 분변 1g당 균수(log cfu colony forming unit/g wet feces)로 나타내었다.

#### 2) 장 통과시간

Marker로 사용한 carmine red를 0.5%의 농도로 각 실험식에 첨가하여 급여하였고 배시각 Marker의 변 중 배설을 48시간동안 체크하였다. 실험식 급여 시작시간과 marker가 변 중에 처음 나타나기까지의 시간 간격을 장 통과시간으로 하였다.<sup>17)2)</sup>

### 3) 혈액과 간의 지질수준 분석

혈장의 총 지방은 Frings법<sup>36)</sup>을 사용하여 측정하였다. 혈장의 total cholesterol과 중성지방은 kit(영동제약, 한국)를 이용하여 효소 비색법으로 각각 파장 500nm와 546nm에서 비색정량하였다. 간의 총 지방은 Bligh와 Dyer<sup>37)</sup>의 방법을 이용하였는데 이렇게 추출한 간의 총 지방을 chloroform으로 녹인 후, 간의 total cholesterol과 중성지방은 혈장과 동일한 방법으로 kit(영동제약, 한국)를 사용하여 비색정량하였다.

### 4) 비장세포의 면역 증식 능력 측정

비장세포의 증식능력을 측정하여 면역기능의 지표로 이용하였다. 즉, 비장세포를 분리하여 ConA(Concanavalin A, Sigma)로 자극시킨 후 증식능력을 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide)를 이용하여 측정하였다. 본 실험에서 사용한 mitogen은 Con A, PHA(Phytohematoglutin, Sigma), PWM(Pokeweed mitogen, Sigma)으로 ConA와 PHA는 T-세포를 자극하고, PWM은 T-세포와 B-세포를 자극하여 T-세포 의존형 B-세포의 증식을 유도하는 mitogen이다. 쥐를 희생 직후 비장을 무균적으로 적출하여 즉시 RPMI 1640(Sigma) medium 용액에 넣어 남아있는 지방을 제거한 후 scapel을 이용하여 single cell dispersion을 만들었다. 이 single cell suspension 7ml을 15ml의 배양용 시험관(Falcon oxnard, CA)에 넣고 1,800rpm에서 10분간 원심분리하여 2회 세척 한 후 10% fetal bovine serum을 함유한 RPMI 1640 용액에 세포를 넣어 96 well round bottom microtiter plate의 각 well당 세포수가  $2.5 \times 10^5$ 개가 되도록 각 well에 100 $\mu$ 씩 분주하였다. 각 well에 Con A, PHA, PWM을 10 $\mu$ 씩 첨가하였고 control well에는 mitogen을 첨가하지 않았다. 분주된 plate는 37°C, humidified CO<sub>2</sub> incubator에서 68시간 배양하였다.

MTT(3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide)는 살아 있는 세포의 미토콘드리아 내에서 불용성의 푸른색 formazan product로 전환된다. 이것을 녹여 ELISA reader로 흡광도를 측정하면 이 흡광도는 살아 있는 세포의 수와 비례한다. 배양이 끝나면 MTT(3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide, Sigma: 5mg/ml PBS)를 10 $\mu$ 씩 각 well에 분주하고 다시 4시간 동안 배양하였다. 배양이 끝나면 상층액을 제거한 후 DMSO(Dimethylsulfoxide, Sigma)를 각 well에 150 $\mu$ 씩 첨가하여 cell을 녹인 후 1시간 동안 shaking한 후 ELISA reader(Multiskan Mcc/340 MK2)로 492nm에서 흡광

도를 측정하였다. Mitogen에 의한 세포증식지도는 stimulation index로 구하였다.<sup>38)</sup>

$$\text{stimulation index} = \frac{\text{mitogen을 넣은 well의 흡광도}}{\text{mitogen을 넣지 않은 well의 흡광도}}$$

### 5) 혈장의 면역 글로블린, C<sub>3</sub> 수준 측정

녹십자(주)에 의뢰하여 실험 동물의 혈장 IgG, C<sub>3</sub>의 수준을 측정하였다

### 6) 혈장의 insulin과 leptin의 농도 분석

혈장의 insulin과 leptin 농도는 실험 종료일에 12시간 공복시킨 후, 혈액을 얻어 렙틴 측정용 kit(Linco Research Inc., St. Charles., USA), 인슐린 측정용 kit(Linco Research Inc., St. Charles., USA)를 이용하여 gamma-counter로 측정하였다.

## 4. 자료 분석

본 연구의 모든 분석 결과는 SAS program을 이용하여 각 군의 평균과 표준 오차를 계산하였고, 지방 종류와 올리고당 섭취효과는  $\alpha = 0.05$  수준에서 이원배치 분산분석(two-way analysis of variance)하였고, 각 실험군 평균치간의 유의성은 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.<sup>39)</sup>

## 실험결과 및 고찰

### 1. 실험 동물의 사육 효과

#### 1) 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율

4주 사육 후, 실험 동물의 하루 평균 식이 섭취량, 시작 당시의 체중, 최종 체중, 체중 증가량 및 식이 효율을 Table 3에 제시하였다. 실험 동물의 체중 증가량 및 식이 섭취량은 식이 올리고당의 섭취 유무와 지방의 종류의 영향을 받지 않았다. 실험 동물의 시작 당시의 체중은 유의적인 차이가 없었으나 최종 체중은 식이 지방 종류의 영향으로 참기름군과 콩기름군간에 유의적인 차이가 있었으며, 참기름군이 가장 높고 우지군, 콩기름군의 순이었고, 올리고당의 영향은 없었다. 식이 효율은 식이 올리고당의 섭취 유무와는 관계가 없었으나 섭취한 지방 종류에 따라 유의적으로 참기름군이 가장 식이 효율이 높았고, 다음으로 우지군, 콩기름군의 순이었다. 체중 증가량에서 식이 지방 군간의 유의적인 차이는 없었으나, 참기름군이 가장 높고, 다음으로 우지군, 콩기름군의 순으로 낮은 경향을 볼 수 있어, 식이 효율이 높은 군이 체중의 증가를 가져오는 결과를 볼 수 있었다.

한편, Kim 등<sup>17)</sup>의 실험에서는 자일로올리고당을 흰쥐에게 식이 무게의 5, 10, 15%로 섭취시켰는데 올리고당을 식이 무게의 10, 15%로 섭취시킨 군의 식이 효율이 대조군에 비하여 유의적으로 낮았다. 그리고, Fiordaliso 등<sup>30)</sup>도 고당분 식이를 제공한 쥐들에게서 10%의 oligofructose를 섭취시킨 경우 그렇지 않은 군에 비해 식이 섭취량이 높은 경향이었고 체중 증가량에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 하여 식이 효율이 대조군에 비해 약간 낮아지는 것으로 보이며 본 연구 결과와는 다른 경향을 보였다. 대두올리고당, 고순도분자올리고당, 프락토올리고당의 세가지 올리고당을 대상으로 실험한 Choi 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 하루 평균 체중 증가량과 식이 섭취량 및 이로부터 계산한 식이 효율이 실험군과 대조군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 경우도 올리고당을 식이 무게의 5%로 첨가한 것이었음

을 생각하면, 5% 정도의 식이 섭취가 하루 평균 체중 증가량과 식이 섭취량 및 식이 효율에 영향을 주지 못하였을 것으로 생각되며, 올리고당의 섭취가 식이 효율을 낮출 가능성에 대해 더 높은 식이 농도로의 실험이 필요하다고 생각된다.

참기름과 들기름, 우지를 식이 무게의 7, 15, 30%의 지방 식이로 흰쥐에게 섭취시킨 실험에서는 지방의 종류는 상관없이 섭취 지방량만이 하루 평균 식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이 효율에 영향을 주었으나,<sup>31)</sup> 본 실험에서는 섭취한 지방 종류에 따라 식이 효율이 유의적으로 차이가 있었다

2) 장기 무게

Table 4과 같이 간, 신장, 부고환 지방의 무게와 각 장기

Table 3. Initial weight, final weight, weight gain, diet intakes and food efficiency ratio(FER) for 4 weeks

	Initial weight(g)	Final weight(g)	Weight gain (g/week)	Diet intakes (g/week)	FER
SYS	244.1 ± 6.6 <sup>1)ns2)</sup>	365.0 ± 20.0 <sup>ns</sup>	30.2 ± 5.3 <sup>3)</sup>	204.7 ± 42.4 <sup>ns</sup>	0.150 ± 0.029 <sup>f</sup>
SYO	241.1 ± 10.0	375.8 ± 34.5	33.7 ± 8.2	194.4 ± 26.4	0.175 ± 0.041 <sup>c</sup>
SES	244.5 ± 8.8	402.5 ± 21.9	39.5 ± 5.0	191.6 ± 38.5	0.210 ± 0.038 <sup>a</sup>
SEO	239.7 ± 17.2	393.7 ± 45.9	38.5 ± 10.1	162.3 ± 19.8	0.235 ± 0.041 <sup>d</sup>
BFS	243.4 ± 10.7	391.8 ± 40.3	37.1 ± 8.9	174.5 ± 26.4	0.211 ± 0.033 <sup>b</sup>
BFO	236.7 ± 9.2	379.0 ± 29.0	35.6 ± 6.1	199.7 ± 21.9	0.180 ± 0.034 <sup>e</sup>
S.F <sup>3)</sup>	NS <sup>4)</sup>	OIL <sup>5)a</sup>	NS	NS	OIL <sup>**</sup>

- 1) Mean ± SD(n = 8)
- 2) Values with different alphabet or ns within the column were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA
- 4) NS Not significant at α = 0.05
- 5) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows  
OIL: Effect of oil is significant at α = 0.05
- \* Statistical significance between SE(SES, SEO) and SY(SYS, SYO)
- \*\* Statistical significant difference among oil groups(SE > BF > SY) at β = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 4. Organs(Liver, Kidney, Epididymal fat pat(EFP)) weight and weight per 100g body weight of experimental animals(g)

	Liver	Liver /100g B.W	Kidney	Kidney /100g B.W.	EFP	EFP /100g B.W.
SYS	10.33 ± 0.61 <sup>1)k2)</sup>	2.83 ± 0.17 <sup>c</sup>	2.91 ± 0.21 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.10 <sup>bc</sup>	5.18 ± 1.34 <sup>b</sup>	1.51 ± 0.45 <sup>b</sup>
SYO	11.36 ± 1.14 <sup>c</sup>	3.03 ± 0.19 <sup>bc</sup>	2.97 ± 0.33 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.09 <sup>bc</sup>	6.70 ± 2.53 <sup>ab</sup>	1.75 ± 0.54 <sup>ab</sup>
SES	13.92 ± 1.50 <sup>a</sup>	3.45 ± 0.25 <sup>d</sup>	3.00 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.05 <sup>d</sup>	7.52 ± 2.06 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.47 <sup>ab</sup>
SEO	13.72 ± 2.39 <sup>ab</sup>	3.47 ± 0.29 <sup>d</sup>	2.85 ± 0.36 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.02 <sup>d</sup>	7.71 ± 2.34 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.46 <sup>ab</sup>
BFS	11.99 ± 1.78 <sup>bc</sup>	3.06 ± 0.30 <sup>bc</sup>	3.34 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.07 <sup>a</sup>	8.62 ± 2.27 <sup>a</sup>	2.17 ± 0.40 <sup>a</sup>
BFO	12.15 ± 1.75 <sup>bc</sup>	3.19 ± 0.27 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.31 <sup>ab</sup>	0.83 ± 0.04 <sup>ab</sup>	7.98 ± 1.69 <sup>a</sup>	2.10 ± 0.41 <sup>a</sup>
S.F <sup>3)</sup>	OIL <sup>4)a*</sup>	OIL <sup>**</sup>	OIL <sup>**</sup>	OIL <sup>**</sup>	OIL <sup>**</sup>	OIL <sup>*</sup>

- 1) Mean ± SD(n = 8)
- 2) Values with different alphabet within the column were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
- 3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA
- 4) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows  
OIL: Effect of oil is significant at α = 0.05
- \* Statistical significant difference between BF(BFS, BFO) and SY(SYS, SYO) at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
- \*\* Statistical significant difference among oil groups(liver & liver/100g wt SE > BF > SY, kidney. BF > SY, SE, kidney/100g bw BF > SY > SE, EFP: BF, SE > SY) at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

**Table 5.** Organs(spleen and thymus) weight and weight per 100g body weight of experimental animals(g)

	Thymus	Thymus /100g B.W.	Spleen	Spleen /100g B.W.
SYS	0.47 ± 0.17 <sup>1)ns,2)</sup>	0.13 ± 0.04 <sup>1b)</sup>	0.60 ± 0.11 <sup>c</sup>	0.16 ± 0.03 <sup>b</sup>
SYO	0.49 ± 0.13	0.13 ± 0.03	0.64 ± 0.11 <sup>bc</sup>	0.17 ± 0.03 <sup>b</sup>
SES	0.55 ± 0.08	0.14 ± 0.02	0.76 ± 0.13 <sup>ab</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>ab</sup>
SEO	0.61 ± 0.19	0.15 ± 0.04	0.82 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>a</sup>
BFS	0.60 ± 0.10	0.15 ± 0.02	0.73 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.19 ± 0.03 <sup>ab</sup>
BFO	0.49 ± 0.13	0.13 ± 0.04	0.71 ± 0.11 <sup>ab</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>ab</sup>
	S.F <sup>3)</sup>	NS <sup>4)</sup>	OIL <sup>5)</sup>	OIL <sup>**</sup>

1) Mean ± SD(n = 8)

2) Values with different alphabet or ns within the column were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA

4) NS Not significant at α = 0.05

5) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows

OIL. Effect of oil is significant at α = 0.05

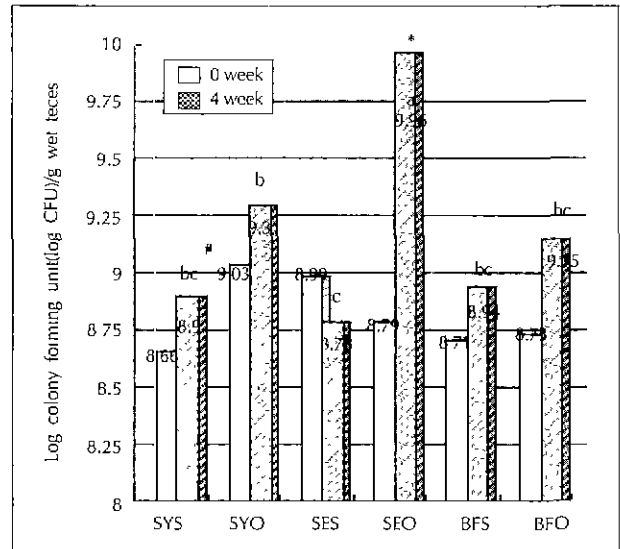
\*. Statistical significant difference among oil groups(SE, BF > SY) at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

\*\* Statistical significant difference between SE(SES, SEO) and SY(SYS, SYO) at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

의 100g당 체중으로 본 무게 모두 올리고당의 섭취에 따른 영향은 없었고, 식이 지방 종류에 따른 차이가 나타났다. 간의 무게와 100g당 체중으로 본 간의 무게 모두 가장 무게가 많이 나간 군이 참기름군이었고 다음으로 우지군, 콩기름군의 순으로 모든 식이 지방군간에 유의적인 차이가 있었다. 신장의 무게와 100g당 체중으로 본 신장의 무게 모두 무게가 많이 나간 군부터 우지군, 콩기름군, 참기름군의 순이었다. 신장 무게의 경우는 우지군이 다른 지방군들보다 유의적으로 무게가 많이 나갔으며, 100g당 체중으로 본 신장의 무게는 모든 식이 지방군간에 유의적인 차이가 있었다. 부고환 지방의 무게와 100g당 체중으로 본 부고환 지방의 무게 모두 우지군의 무게가 가장 많이 나갔고, 다음으로 참기름군이었으며 콩기름군의 무게가 가장 적었다. 부고환 지방의 무게는 다른 식이 지방군들에 비하여 콩기름군만이 유의적으로 무게가 적었으며, 100g당 체중으로 본 부고환 지방의 무게는 우지군과 콩기름군에만 유의적인 차이가 있었다. Table 5를 보면 비장의 무게는 역시 올리고당 섭취의 영향은 없으나, 식이 지방 섭취에 따른 영향으로 높은 군부터 참기름군, 우지군, 콩기름군의 순이었으며, 콩기름군이 다른 군에 비하여 유의적으로 무게가 적었다. 100g당 체중으로 본 신장의 무게 역시 신장의 절대 무게와 같이 높은 군부터 참기름군, 우지군, 콩기름군의 순이었으며, 참기름군과 콩기름군에만 유의적인 차이가 있었다. 흉선의 무게는 절대 무게나 100g당 체중으로 본 무게나 모든 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

**2. 비피더스균 증식 효과**

대두올리고당의 영향으로 인한 비피더스균의 증식 효과



**Fig. 1.** The number of fecal *Bifidobacteria* in rats(log CFU : colony forming unit/g wet feces). #: Values with different alphabet among groups were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test. \*: Statistical significance of difference was calculated by students t-test between 0 and 4 week.

를 관찰한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 실험 식이 섭취를 시작하기 전에는 비피더스균 수에서 군간의 차이가 없었고, 4주 후에는 식이 지방의 종류에 따라 대두올리고당과 식이 지방의 상호작용이 비피더스균 수에 미치는 영향에 있어서 유의적인 차이가 있었다. 식이 지방 종류에 따라 가장 비피더스균 수가 많은 것은 참기름군이었으며 다음은 우지군, 콩기름군의 순이었다. 대두올리고당 섭취에 따른 비피더스균 수의 영향을 보면 참기름군만이 대두올리고당을 섭취한 군(SEO)이 섭취하지 않은 대조군(SES)보다 비피더스균 수가 유의적으로 높았고, 콩기름군이나 우지군도 높은 경향

을 보였다. 실험 시작 주와 4주 후의 비피더스균의 증식을 비교하면, SES군은 비피더스균 수가 감소하는 경향을 보였으며 SEO군은 유의적으로 비피더스균 수가 증가하였고, 다른 군들은 모두 증가하는 경향을 보였다. 이는 식이 지방급원의 종류에 따라 비피더스균 증식이 영향을 받은 결과로 생각된다.

우리 나라에서는 올리고당의 생리 활성에 대한 연구가 많이 수행되지 않았으나 구미나 특히 일본에서는 많은 연구가 진행되었다.<sup>29)</sup> Campbell 등<sup>29)</sup>의 연구에서는 셀룰로즈 5%와 프락토올리고당과 올리고프락토즈, 자일로올리고당을 각각 식이의 6%로 하여 2주간 쥐에게 섭취시켰을 때, 대조군보다 올리고프락토즈, 자일로올리고당을 섭취시킨 군에서 유의적인 비피더스균 수의 증가를 보였다. 일본의 Hayakawa 등<sup>30)</sup>의 연구에서 성인 남자 6명에게 3주간 대두올리고당을 매일 10g씩 먹였을 때 비피더스균 수가 유의적으로 2.2배 증가하였다. Wada 등<sup>31)</sup>은 대두올리고당을 각각 1.5g, 3.1g, 6.2g/day씩 9명의 성인에게 섭취하게 한 결과 6.2g 섭취군에서는 1주 후에, 1.5g 섭취군에서는 3주 후 비피더스균 수가 유의적인 증가를 보여, 이전의 연구들에서보다 훨씬 적은량의 대두올리고당을 섭취하는 것으로도 비피더스균 증식 효과가 나타남을 보였다. 프락토올리고당과 올리고프락토즈, 갈락토올리고당을 섭취시킨 후에도 비피더스균이 유의적으로 증가한 여러 연구가 보고되었다.<sup>29,31,36)</sup> 국내에서 이루어진 Choi 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 대두올리고당을 쥐에게 4주간 식이 무게의 5%로 섭취시켰을 때, 유의적이지는 않으나 대장내의 비피더스균이 증가하는 경향을 보였다. 대장 내에서는 올리고당이 비피더스균에 의해 선택적으로 이용되어 장내 균총에서의 점유율이 높아지는 것과 동시에 그 대사산물인 lactate, acetate, butyrate, propionate 등이 생산되어 장내 pH가 저하된다.<sup>19)</sup> 한편, Campbell 등<sup>33)</sup>의 연구에

서는 새가지 올리고당을 쥐에게 섭취시켰을 때 비피더스균이 유의적으로 증가함과 동시에 butyrate수준이 유의적으로 증가하였다. Kapadia 등<sup>37)</sup>은 7명의 건강한 사람을 대상으로 한 실험에서 4~7일간 대두올리고당을 섭취시켰을 때 대조군이나 오토를 첨가한 다른군과 달리 butyrate와 다른 short chain fatty acid의 수준이 유의적으로 증가하였음을 보고하였다. 다른 올리고당들의 경우 비피더스균이 증가함과 동시에 short chain fatty acid가 증가하는 것을 생각할 때<sup>38)</sup> Kapadia 등의 연구에서는 균수의 측정을 하지는 않았지만, 비피더스균이 증가하였을 것을 생각해 볼 수 있다. 그러므로, 본 실험에서 short chain fatty acid 측정은 수행하지 않았으나, 대두올리고당이 비피더스균의 생육을 촉진하여, short chain fatty acid를 생산하고, 장내 산도를 낮추어 장내 환경을 개선하는 효과를 짐작해 볼 수 있으나 확실하지는 않다. 그러므로, 국내에서 동물과 사람을 대상으로 한 실험이 계속되어야 할 것으로 생각된다

3. 변무게와 장통과시간

건변 무게(dry fecal weight), 변 중 수분 함량(stool water content)과 변무게(stool wet weight), 장 통과시간(Gastrointestinal Transit Time)은 Table 6에 나타내었다

각 군의 건변 무게는 식이 지방의 종류와 대두올리고당의 섭취에 따른 유의적인 차이가 있었는데, 양이 많은 순서부터 우지군, 참기름군, 콩기름군의 순이었고, 지방 종류에 상관없이 올리고당을 섭취한 군이 건변의 무게가 많이 나왔다. Stool wet weight는 지방 종류에 따른 영향은 없었으나 올리고당의 효과는 있어 올리고당이 stool wet weight를 증가시켰다. 수분 함량도 지방 종류는 영향을 주지 않았으나, 올리고당의 섭취가 수분의 함량을 증가시켰다. 올리

Table 6. Dry fecal weight, stool water content, stool wet weight and Gastrointestinal Transit Time(TT)

	Dry fecal weight(g)(n = 8)	Stool water content(g)(n = 8)	Stool wet weight(g)(n = 8)	TT(hour)(n = 3)
SYS	2.36 ± 0.79 <sup>1)2)</sup>	0.40 ± 0.13 <sup>ab</sup>	2.77 ± 0.82 <sup>b</sup>	11.03 ± 1.47 <sup>ns</sup>
SYO	3.05 ± 0.85 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.62 <sup>3)</sup>	3.76 ± 1.22 <sup>ab</sup>	12.33 ± 1.87
SES	3.04 ± 0.45 <sup>ab</sup>	0.39 ± 0.38 <sup>ab</sup>	3.43 ± 0.65 <sup>ab</sup>	10.63 ± 1.56
SEO	3.60 ± 0.86 <sup>3)</sup>	0.48 ± 0.36 <sup>ab</sup>	4.08 ± 0.94 <sup>3)</sup>	12.61 ± 1.56
BFS	3.16 ± 1.46 <sup>ab</sup>	0.21 ± 0.10 <sup>b</sup>	3.38 ± 1.39 <sup>ab</sup>	11.11 ± 2.02
BFO	3.97 ± 1.23 <sup>3)</sup>	0.49 ± 0.35 <sup>ab</sup>	4.46 ± 1.34 <sup>3)</sup>	13.14 ± 1.03
S.F <sup>4)</sup>	OIL, O <sup>4)</sup>	O	O	O

1) Mean ± SD

2) Values with different alphabet or ns within the column were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA

4) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows :

O. Effect of oligosaccharide is significant at α = 0.05

OIL : Effect of oil is significant at α = 0.05

고당의 섭취로 콩기름군의 수분 함량이 가장 많이 증가하였고, 다음은 우지군이었으며 참기름군의 증가 정도가 가장 적었다. 올리고당의 영향이 참기름군에서는 수분 함량의 증가보다는 건변 무게 자체의 증가로 인한 영향이 크고, 콩기름군과 우지군은 건변 무게 자체와 수분 함량 증가 모두 큰 영향을 주고 있다. 건변 무게와 stool wet weight 모두 SEO군과 BFO군이 가장 유의적으로 무게가 많이 나갔으며 다음으로 유의적이지는 않으나 SYO, SES, BFS군의 순이었고, SEO군과 BFO군보다 유의적으로 SYS군이 가장 무게가 적게 나갔다.

장 통과시간은 올리고당 섭취에 따른 영향을 받아서 올리고당 섭취군이 유의적으로 길었다. 개개군간의 비교에서 유의적인 차이가 나타나지 않은 것은 군마다 개체수가 3이므로 개체수가 작은 이유일 것으로 생각된다.

올리고당은 수용성 식이 섬유와 비슷한 역할을 하는 것으로 생각되는데,<sup>37)</sup> 불용성 식이 섬유와 수용성 식이 섬유를 건강한 성인에게 매일 15g씩 섭취시켰을 때 수용성 식이 섬유군은 장 통과시간이 증가하는 경향을 보였고,<sup>38)</sup> 불용성 식이 섬유군은 유의적으로 감소하였다.<sup>35,39)</sup> Tashiro 등<sup>40)</sup>의 연구에서는 무섬유소 식이와 프락토올리고당, 그리고 각각 3가지 식이 섬유소가 있는 식이를 섭취시킨 결과 식이 섬유군들만 유의적으로 건변 무게가 증가하였고, 프락토올리고당도 건변 무게가 증가하는 경향을 보였고, 장 통과 시간은 유의적으로 증가하여 본 실험과 일치하는 결과를 보였다. 그러나, Kim 등<sup>17)</sup>의 연구에서는 자일로올리고당을 식이 무게의 5, 10, 15%로 섭취한 군이 대조군보다 모두 장 통과 시간이 유의적으로 감소하였으며, 자일로올리고당의 농도가 높을수록 장 통과시간이 유의적으로 감소하였다. 그러나, Kapadia 등<sup>37)</sup>의 연구에서는 대두올리고당을 건강한 성인에게 섭취시켰을 때 대조군에 대하여 변 무게(stool wet weight)와 장 통과시간의 차이가 없었다. Kapadia 등의 결과는 올리고당이 수용성 식이 섬유처럼 대장 통과 기능(large-bowel function)에는 효과가 없다는 생각과 일치하는 결과이며,<sup>37)</sup> Kim 등의 연구와는 상반된 결과를 보여 주고 있다.

본 연구에서 건변 무게와 stool wet weight, 변중 수분 함량이 올리고당 섭취에 의한 유의적인 증가 효과가 있었다. 실험에 사용된 개체 수가 적었으므로 개체수를 더 늘려 연구해봐야 할 것이나, 장 통과시간도 올리고당이 증가시켰다. 그러므로, 올리고당이 수용성 식이 섬유소처럼, 변 양을 증가시키고, 장 내에서 천천히 통과하여 장내 영양소의 흡수를 충분하게 할 수 있어 장내 흡수 능력이 감소하는 노인에게 유리하며, 당뇨병 환자의 영양소 흡수에 큰 도움을 줄

것으로 생각된다.

#### 4. 지질 대사

혈액 내의 지방수준은 Table 7에 나타내었다. 혈장의 총 지방량은 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 있었는데, 콩기름군이 참기름, 우지군보다 유의적으로 농도가 높았다. 지방군의 종류에 따라 혈장 총지방에 대한 대두올리고당의 영향은 달랐는데, 콩기름군은 대두올리고당의 섭취가 영향을 주지 않았고, 참기름군과 우지군은 대두올리고당을 섭취한 군들이(SEO, BFO) 농도가 유의적으로 증가하였다. 혈장 총 콜레스테롤도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 참기름군과 우지군이 콩기름군보다 유의적으로 농도가 높았다. 올리고당 섭취의 영향은 참기름군에서만 유의적인 차이가 있어 올리고당을 섭취한 참기름군(SEO)의 농도가 올리고당을 섭취하지 않은 참기름군(SES)보다 낮게 나타났다. 혈장 중성지방도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 우지군과 참기름군이 콩기름군보다 유의적으로 농도가 높았으나 올리고당의 효과는 없었다.

간에서의 지방 조성은 Table 8과 같았다. 간의 총지방량은 식이 지방 종류에 따른 차이가 나타나 콩기름군이 우지군, 참기름군보다 유의적으로 농도가 높았다. 간의 총 콜레스테롤은 우지군이 콩기름군이나 참기름군보다 낮은 경향이었으며, 콩기름에 올리고당을 섭취하지 않은 군(SYS)이 가장 유의적으로 높았고 올리고당을 섭취한 우지군(BFO)이 가장 유의적으로 낮았는데 지방이나 올리고당의 유의적

Table 7. Concentrations of plasma lipid in rats(mg/dl plasma)

	Total lipid	Total cholesterol	Triglycerides
SYS	155.8 ± 23.4 <sup>1)ab2)</sup>	38.68 ± 11.23 <sup>c</sup>	65.80 ± 2.66 <sup>b</sup>
SYO	165.8 ± 19.1 <sup>1)</sup>	43.15 ± 8.42 <sup>ac</sup>	66.38 ± 4.79 <sup>b</sup>
SES	105.2 ± 24.5 <sup>b</sup>	74.33 ± 7.41 <sup>a</sup>	70.20 ± 4.03 <sup>ab</sup>
SEO	166.7 ± 57.7 <sup>a</sup>	54.92 ± 18.50 <sup>b</sup>	69.36 ± 5.51 <sup>ab</sup>
BFS	97.8 ± 14.6 <sup>b</sup>	43.39 ± 14.22 <sup>bc</sup>	71.99 ± 4.58 <sup>a</sup>
BFO	140.3 ± 31.0 <sup>a</sup>	42.12 ± 8.22 <sup>bc</sup>	68.95 ± 4.43 <sup>ab</sup>
S.F3)	OIL*, O <sup>4)</sup>	OIL**, O*OL	OIL**

1) Mean ± SD(n = 8)(Cholesterol SO(n = 7))

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test.

3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA

4) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows

O Effect of oligosaccharide is significant at  $\alpha = 0.05$

OL Effect of oil is significant at  $\alpha = 0.05$

O\*OL: Effect of interaction between oligosaccharide and oil is significant at  $\alpha = 0.05$

\* : Statistical significant difference among oil groups(SY > SE, BF) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test

\*\* : Statistical significant difference among oil groups(SE, BF > SY) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test



**Table 8.** Concentrations of Liver lipid in rats(mg/g liver)

	Total lipid	Cholesterol	Triglycerides
SYS	66.23 ± 20.15 <sup>1)(a2)</sup>	8.30 ± 1.76 <sup>a</sup>	15.50 ± 10.48 <sup>1</sup>
SYO	46.06 ± 11.81 <sup>b</sup>	6.51 ± 3.41 <sup>ab</sup>	10.29 ± 7.17 <sup>ab</sup>
SES	23.99 ± 4.95 <sup>d</sup>	7.08 ± 0.89 <sup>ab</sup>	10.33 ± 7.06 <sup>ab</sup>
SEO	43.71 ± 7.76 <sup>bc</sup>	7.75 ± 1.10 <sup>ab</sup>	6.47 ± 3.16 <sup>b</sup>
BFS	37.51 ± 10.65 <sup>bc</sup>	6.06 ± 2.32 <sup>ab</sup>	7.57 ± 3.79 <sup>b</sup>
BFO	31.49 ± 5.54 <sup>cd</sup>	5.70 ± 2.44 <sup>b</sup>	5.66 ± 3.20 <sup>b</sup>
S.F3)	OIL*, O*OIL <sup>4)</sup>	NS <sup>5)</sup>	OIL*

1) Mean ± SD(n = 8)  
 2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test  
 3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA  
 4) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows.  
 O: Effect of oligosaccharide is significant at  $\alpha = 0.05$   
 OIL: Effect of oil is significant at  $\alpha = 0.05$   
 O\*OIL: Effect of interaction between oligosaccharide and oil is significant at  $\alpha = 0.05$   
 5) NS: Not significant at  $\alpha = 0.05$   
 \*: Statistical significant difference among oil groups(SY > SE, BF) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test

인 영향은 나타나지 않았다. 간 중성지방도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 콩기름군의 함량이 유의적으로 참기름군, 우지군보다 높았다. 올리고당의 섭취가 유의적이지는 않으나 모든 식이 지방군에서 감소시키는 경향을 보였다.

혈액내 총콜레스테롤 농도는 불포화지방의 비율이 높은 지방의 섭취시에 포화도가 높은 지방의 섭취 경우보다 그 수치가 낮으며,<sup>41)(42)</sup> 특히 지난 연구를 통하여 n-6와 n-3계 다중불포화지방산이 간의 지방산 합성을 억제하여 혈액내 총콜레스테롤의 농도를 낮추며, 포화지방산과 단일불포화지방산은 이러한 효과가 없다고 하였다.<sup>43)</sup> 본 실험에서는 불포화도가 콩기름 다음으로 높고 n-6계 다중불포화지방산의 함량이 높은 참기름군의 혈청 총콜레스테롤 농도가 포화지방의 함량이 가장 높은 우지군보다 높아 상반된 결과를 보여 주었다. 그러나, 본 실험과 같이 고지방식을 섭취시키는 경우는 지방의 종류보다는 지방의 양에 의한 효과가 더 크다고 하며,<sup>44)</sup> 참기름군이 혈청 총콜레스테롤의 농도 뿐만 아니라, 식이 효율과 간 무게, 100g당 간 무게도 다른 식이 지방군보다 높으므로 가능한 결과라 생각할 수 있겠다.

올리고당이 혈액 및 간의 지질 성상을 개선시켰다는 결과들이 보고되고 있는데, 국내에서는 대두올리고당을 비롯하여 올리고당이 지방 대사에 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 형편이다. Ide 등<sup>45)</sup>은 고지방 식이를 먹는 흰쥐에게 식이 8%의 프락토올리고당을 4주 동안 섭취시킨 결과 혈청의 총콜레스테롤과 중성지방 및 간 중성지방 함량이 대조군에 비해 유의적으로 감소하였고, 간 콜레스테롤 함량은 차

이가 없었다고 하였다. Fiordaliso 등<sup>46)</sup>은 식이의 10%에 해당하는 올리고프락토즈를 정상적인 쥐에게 16주 동안 공급해주었을 때 혈장의 중성지질은 25% 감소하였으며 혈장 cholesterol은 15%가 감소한다고 보고하고 있다.

올리고당의 콜레스테롤 저하 효과는 수용성 식이 섬유소가 콜레스테롤을 낮추는 작용과 유사한 것으로 알려져 있는데,<sup>47)</sup> 이러한 식이 섬유의 혈액내 콜레스테롤 저하 효과의 작용 기전은 완전히 밝혀진 것은 아니지만, 몇 가지 가능성을 생각해 볼 수 있다. (1) 식이 섬유가 위장관 내용물의 점성을 높이고 지질의 위와 장의 통과 시간을 감소시켜 흡수율을 저하시킬 수 있고<sup>45)(46)</sup>, (2) 장내 흡수 세포에 micelle의 부착을 방해하여 흡수율이 저하될 수도 있으며,<sup>46)</sup> (3) 대장 내에서 식이 섬유의 발효에 의한 short chain fatty acid 생성과 흡수의 증가로 간에서 콜레스테롤의 생합성을 감소시킬 가능성과<sup>45)(47-50)</sup> (4) 담즙산과 콜레스테롤이 모두 또는 각각 식이 섬유에 흡착되어 이들의 분변 배설량이 증가되어 담즙산의 장간 순환이 감소되고 따라서 간조직에서 담즙산의 생성량과 콜레스테롤 합성량을 증가시켜 혈청 콜레스테롤을 낮추는 가능성을 제시하였다.<sup>41)(43)(50-52)</sup> (3)과 (4)의 가능성은 그 작용이 서로 상반되는데 Topping 등과 Ill-man 등은 수용성 식이 섬유가 혈청의 콜레스테롤을 낮추는 것은 short chain fatty acid 생성으로 콜레스테롤 생성이 방해되는 것보다 콜레스테롤, 즉 스테로이드의 배출 증가로 간의 콜레스테롤 합성이 증가될 가능성이 더 높다고 한다.<sup>50)(52)</sup>

Pectin, guar gum, gum arabic,  $\beta$ -cyclodextrin의 4가지 polysaccharides를 쥐에게 섭취시켰을 때 4가지가 모두 발효되어 short chain fatty acid를 생성하였는데, guar gum은 190%, 다른 식이 섬유군들은 대조군보다 200% 이상 농도가 높았다. Guar gum,  $\beta$ -cyclodextrin은 다른 군보다 혈청 콜레스테롤이 유의적으로 낮았는데 low density lipoprotein 수준과 TG의 수준도 낮아졌으며, HMG Co-A reductase와 cholesterol 7- $\alpha$ -hydroxylase의 활성은 유의적으로 증가하였다. Bile acids의 배출과 혈청 총cholesterol 저하 정도를 보면, pectin은 bile acids의 배출이 54% 증가하고, 혈청 총cholesterol은 대조군보다 22% 감소하였고, guar gum은 bile acids의 배출이 98% 증가하고, 혈청 총cholesterol은 27% 감소하였으며,  $\beta$ -cyclodextrin은 bile acids의 배출이 390% 증가하고, 혈청 총cholesterol은 37% 감소하였다.<sup>52)</sup> 10g의 식이 섬유소를 흰쥐에게 준 Levrat 등의 실험<sup>53)</sup>에서 역시 HMG Co-A reductase와 cholesterol 7- $\alpha$ -hydroxylase의 활성을 높이는 것으로 관찰되었고, 담즙산의 배설도 증가되었으며,<sup>54)</sup> 고

콜레스테롤 식이를 먹은 쥐에 올리고당을 첨가하였을 때 변으로 콜레스테롤 배설량을 높이는 것이 관찰되었다.

본 연구에서는 참기름균만이 올리고당으로 인한 혈장 총콜레스테롤의 저하 효과가 있었으며 비피더스 균의 유의적인 증식도 이 균에서만 있었으므로 그 관련성을 생각해 볼 수 있겠다. 한편, 장내 균총 중 비피더스균을 포함하는 젯산균은 bile salt hydrolase를 분비함으로써 소장에서 분비되는 담즙산을 deconjugation시켜 glycerine이나 taurine이 분리된 유리 담즙산으로의 전환을 촉진시키며 이렇게 유리된 bile acids는 conjugated bile acid보다 재흡수력이 떨어져 재흡수되는 cholesterol의 양이 적어진다. 따라서, 간의 cholesterol 사용을 증가시킴으로써 혈중 cholesterol 수준을 낮추어 주는 것으로 제안되고 있다.<sup>56)</sup> 또한, 식이 섬유와 지방의 종류, 그리고 이 둘간의 상호 효과가 콜레스테롤의 흡수에 영향을 준다는 연구 보고가 있는데, 식이 지방산의 사슬 길이가 길고, 이중 결합의 수가 많을수록 콜레스테롤의 흡수율이 감소한다고 하였다.<sup>56)</sup> 본 실험에서 변으로의 콜레스테롤과 담즙산의 배설을 관찰하지 않았으므로 배설량의 증가로 총콜레스테롤 농도가 감소하였는지는 정확하게 알 수는 없었으며 또한 그 기전을 명확히 알 수는 없었다. 그러나, 대두올리고당의 섭취로 인한 비피더스균의 증식과 혈장 총콜레스테롤의 감소가 참기름균에서 함께 나타난 것을 볼 때, 대두올리고당이 비피더스균의 증식이 일어날 때 혈장 총콜레스테롤의 수준에도 긍정적인 효과를 준다는 것을 생각해 볼 수 있으나, 지방의 종류가 참기름에 국한되어 나타난 효과이므로 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

간의 총콜레스테롤은 올리고당 섭취의 효과가 없었으나, 간의 중성지방은 지방의 종류에 상관없이 올리고당 섭취군이 대조군보다 농도가 낮은 경향이 있었다. 본 실험에서 중성 지방의 농도가 간에서 낮은 경향이 나타났음에도 불구하고 혈장의 중성 지방에 대한 감소 효과가 없었으므로, 혈장 중성 지방에 대한 올리고당의 효과는 없는 것으로 생각된다. 그러나, 혈장과 간의 중성 지방이 올리고당의 종류와 상관없이 올리고당의 섭취로 인하여 유의적으로 감소하였다는 연구가 있으며,<sup>31)30)</sup> 간의 중성 지방은 감소하지 않고, 혈장만 감소하였다는 보고<sup>37)</sup>도 있다. 또한, 각각 프락토올리고당과,<sup>58)59)</sup> 올리고프락토즈가 혈장의 중성 지방을 감소시켰다는 보고도 있으며,<sup>57)60)</sup> 고콜레스테롤 식이 시에 자일로올리고당이 혈장 중성 지방을 감소시켰다는 보고도 있다.<sup>17)</sup>

본 실험에서는 혈장의 중성지방 수준에 올리고당, 특히 대두올리고당이 미치는 효과는 없었으나, 간의 중성 지방의 수준을 낮추는 경향을 보여주고, Choi 등<sup>31)</sup>과 Fiordaliso

등<sup>30)</sup>의 연구에서도 간의 중성 지방이 유의적으로 감소하였으므로 지방간의 예방에 효과가 있을 가능성도 생각해 볼 수 있다.

5. 면역 능력

비장 세포의 면역 세포 증식 능력에 대한 결과는 Table 9에 제시하였다. T-cell의 증식을 유도하는 것으로 알려진 ConA와 PHA, 그리고 B-cell의 증식을 자극하는 PWM에 대해서 올리고당의 첨가 유무와 지방 급원의 종류가 영향을 주지 않았다.

참기름에 많은 linoleic acid와 같은 n-6계 지방산은 T-cell의 기능을 나타내는 mitogen 증식을 억제하는 것으로 알려져 있으며,<sup>61)</sup> 동물 실험에서 n-6계 다중불포화지방산은 감염으로 인한 영향을 증가시킨다고 한다.<sup>62)</sup> n-3계 다중불포화지방산도 면역 조절 능력을 갖는다고 하는데, n-6 Linoleic acid와 n-3 Linolenic acid을 대사시키는 효소가 서로 경쟁하여, 섭취된 n-3계 다중불포화지방산이 세포막의 arachidonic acid를 감소시키고 따라서, PGE<sub>2</sub>나 4-series LTs(leukotriene)으로의 전환을 막는다고 한다.<sup>62)</sup> 참기름과 콩기름등 불포화 지방산이 대부분인 지방의 지방산의 조성을 비교하면 콩기름이 참기름에 비해 n-6계 지방산의 비율도 높으나 n-3계 지방산의 비율이 높아서 이로부터 PGE<sub>2</sub>(prostaglandins)의 생성<sup>63)</sup>이 상대적으로 적어서 참기름보다 면역 능력의 저하가 적다. 그러나, 참기름은 n-6계 지방산의 비율이 높고 콩기름보다 n-3계 지방산의 비율이 낮아 세포막의 구성 물질인 PGE<sub>2</sub>의 생성이 상대적으로 많고,<sup>63)</sup> 세포막의 유동성을 증가시켜 T-cell에 대한 반응성을 억제하여 면역 능력의 저하를 보인다고 보고하였다<sup>64)</sup> 하지만, 본 실험에서는 섭취한 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 없었다.

다른 연구에서는 혼합 올리고당의 섭취시 항체의 활성을

Table 9. Mitogen stimulation index by MTT methods in rats

Mitogen response	Con A/Control	PHA/Control	PWM/Control
SYS	1.36 ± 0.77 <sup>1)ns,2)</sup>	0.99 ± 0.05 <sup>m)</sup>	0.99 ± 0.07 <sup>m)</sup>
SYO	1.03 ± 0.05	0.99 ± 0.05	1.00 ± 0.05
SES	1.19 ± 0.32	1.00 ± 0.03	1.06 ± 0.12
SEO	1.21 ± 0.52	0.96 ± 0.07	1.00 ± 0.06
BFS	1.05 ± 0.15	0.98 ± 0.06	0.99 ± 0.04
BFO	1.07 ± 0.16	1.00 ± 0.06	1.02 ± 0.09
S,F <sup>3)</sup>	NS <sup>4)</sup>	NS	NS

1) Mean ± SD(n = 8)  
 2) Values with ns within the column were significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test  
 3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA  
 4) NS Not significant at α = 0.05

자극하여 비특이적 면역 능력이 증가하였다는 보고가 있으며,<sup>67)</sup> 프락토올리고당을 사용한 Oh 등<sup>68)</sup>의 연구에서는 올리고당으로 인한 비장의 mitogen증식에서 ConA와 PHA에 대한 결과는 유의적인 차이가 없었으나, PWM에 대한 결과는 콜레스테롤 섭취군이 유의적으로 낮았으며, 그중 올리고당을 섭취한 군이 더 높은 경향을 보여 콜레스테롤의 섭취가 B-cell의 기능에 부정적 영향을 주고, 이때 올리고당은 B-cell기능에 대한 콜레스테롤의 부정적 영향을 줄이는 효과를 생각해 볼 수 있었다. 콜레스테롤 뿐만 아니라,<sup>69)</sup> 고지방 식이가 면역 기능에 부정적 역할을 한다는 보고가 있는데,<sup>68)</sup> 본 실험에서는 저지방 식이를 대조군으로 사용하지 않아, 고지방 식이가 지방 종류에 따라 혹은 관계없이 어떤 영향을 미쳤는지는 비교할 수 없었다. 어떤 연구에서는 고지방 식이나 저지방 식이간에 immunoglobulin이나 비장의 mitogen 증식 능력 모두 유의적인 차이가 없다고 한다.<sup>70)</sup> 면역 기능에 미치는 영향에 있어서 대두올리고당 뿐만 아니라, 여러 올리고당의 효과, 또한 식이 지방 급원의 종류와의 상호작용 또한 더욱 연구되어야 할 것으로 사료된다.

혈장의 Immunoglobulin과 C<sub>3</sub>의 양을 측정된 결과는 Table 10에 나타내었다. 섭취한 올리고당의 영향은 없었으나 식이 지방 종류의 영향으로 우지군이 다른 식이 지방군들에 비하여 IgG의 수준이 유의적으로 높았으며, 콩기름군, 참기름군의 순으로 농도가 낮았다. 농도가 가장 높았던 우지군에서만 올리고당으로 인한 혈장 IgG의 증가 경향이 나타났다.

우지군의 혈장 내 IgG의 함량이 높은 것은 다중불포화지방산의 함량이 Table 3에서와 같이 참기름군과 콩기름군에

비하여 매우 적어, 세포막의 유동성을 증가시키는 PGE<sub>2</sub>의 생성이 상대적으로 적어지므로 항원과 가장 먼저 반응하는 면역 글로불린<sup>61)</sup>에도 면역 반응성이 더 높기 때문인 것으로 생각된다.<sup>61)</sup> 우지군과의 IgG 함량의 유의적인 차이에 비하여 참기름군과 콩기름군간에는 IgG 함량의 유의적인 차이가 없었던 것은 n-6계 지방산과 n-3계 지방산의 비율에 의한 영향보다는 다중불포화지방산의 함량이 주는 영향이 더 크기 때문인 것으로 사료된다.

C<sub>3</sub>은 모든 식이군 간에 유의적인 차이가 없어 식이 지방과 올리고당 섭취의 영향을 받지 않았다.

Lim 등<sup>62)</sup>의 연구에서는 수용성 식이 섬유를 섭취하였을 때 혈청의 IgG와 IgA의 농도가 불용성 식이 섬유를 섭취한 군보다 유의적으로 높았으며, IgM은 군간의 차이가 없었고, CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 비율 또한 증가하였으며, 민감한 알레르기를 일으키는 IgE<sup>63)</sup>의 농도는 감소하였다. 본 실험에서는 혈장의 IgG의 농도가 우지군에서만 올리고당으로 인한 감소 경향이 나타나, 대두올리고당 섭취가 immunoglobulin과 관련된 면역 기능에는 큰 영향을 주지 않았다. 올리고당, 식이 섬유, 식이 섬유의 발효에 의하여 생성되는 short chain fatty acid, 담즙산의 상호 작용이 면역 기능에 중요한 역할을 한다고 Lim 등<sup>66)</sup>의 연구에서 보고하고 있으며, 올리고당이 수용성 식이 섬유와 기능이 유사하다는 것이 밝혀지고 있으므로<sup>67)</sup> 면역 글로불린을 통하여 면역 기능에 긍정적 영향을 줄 가능성에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

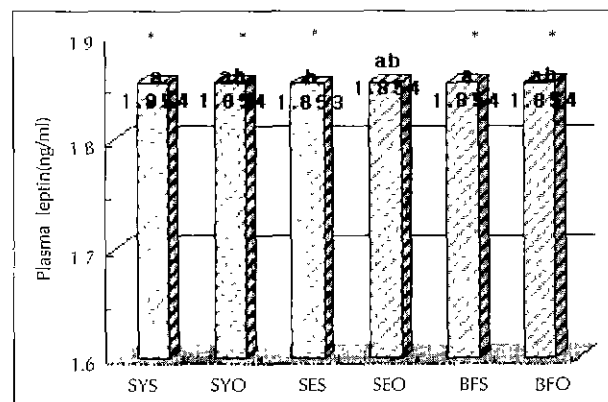
### 6. 혈장의 insulin과 leptin 수준에 미치는 영향

Fig. 2와 같이 혈장의 leptin 농도는 올리고당의 섭취 유무에 따른 차이는 없었으나 식이 지방 종류에 따른 차이가

**Table 10.** Immunoglobulin and C<sub>3</sub> concentration in rats(mg/dl plasma)

	IgG	C <sub>3</sub>
SYS	146.42 ± 46.27 <sup>1)ab2)</sup>	36.19 ± 13.37 <sup>ns)</sup>
SYO	132.01 ± 45.41 <sup>ab)</sup>	27.33 ± 7.55
SES	111.26 ± 28.76 <sup>b)</sup>	31.21 ± 7.85
SEO	112.66 ± 33.14 <sup>b)</sup>	29.11 ± 7.66
BFS	178.17 ± 107.41 <sup>ab)</sup>	32.45 ± 9.01
BFO	213.13 ± 107.26 <sup>a)</sup>	34.99 ± 8.71
S.F <sup>3)</sup>	OIL <sup>4)</sup>	NS <sup>5)</sup>

- 1) Mean ± SD(n = 8)
- 2) Values with different alphabet or ns within the column were significantly different at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test
- 3) Statistical significance of dietary factors by 2-way ANOVA
- 4) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notation used are as follows  
OIL: Effect of oil is significant at  $\alpha = 0.05$
- 5) NS: Not significant at  $\alpha = 0.05$
- \* : Statistical significant difference among oil groups(BF > SY, SE) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test



**Fig. 2.** Plasma leptin concentration in rats. #: Values with different alphabet among groups were significantly different at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test. \*: Statistical significant difference among oil groups(BF, SY > SE) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test.

있어, 참기름군이 다른 식이 지방군보다 유의적으로 농도가 낮았다. 실험군들간에도 유의적인 차이가 있어 SEO군의 평균이 1.8540, BFS군의 평균이 1.8539로 평균이 1.8534인 SES군보다 유의적으로 농도가 높았다. 혈장의 insulin 농도는 Fig. 3에 나타내었는데, 식이 섭취한 올리고당의 영향은 없었으나, 식이 지방 종류의 영향으로 참기름군이 다른 식이 지방군들보다 유의적으로 농도가 높았다. 실험군간에도 혈장의 insulin 농도의 유의적인 차이가 있어 평균이 1.5884인 SES군의 농도가 평균이 1.5653인 SYS군과 평균이 1.5619인 BFS군보다 유의적으로 농도가 높았다

Leptin은 167개의 아미노산으로 구성된 peptide로서 ob gene으로부터 발현되고 지방 조직에서 분비되는 호르몬이다.<sup>70)</sup> Leptin은 식이 섭취량을 감소시키고, 에너지 소비량을 증가시켜 결국 체중의 감소를 가져와 체내의 지방량을 유지하는 역할을 하며,<sup>71)</sup> 체지방량도 감소시키고,<sup>72)</sup> 혈장 leptin 농도와 체지방량은 양의 상관관계가 있다고 한다.<sup>73)</sup> 그러나, 본 연구에서는 부교환 지방의 무게가 높은 군부터 우지군, 참기름군, 콩기름군의 순이었고, 콩기름군의 농도만이 다른 식이 지방군보다 유의적으로 낮았다. 이러한 부교환 지방 무게가 참기름군에서 콩기름군보다 높았으나, 혈장의 leptin 농도는 참기름군이 가장 낮았다. 이러한 결과가 나타난 것은 본 실험의 혈장 leptin 농도는 12시간 절식 후의 농도로써 체내 에너지 저장에 고갈되어 가고 있는 상태이므로 leptin의 분비가 억제되어지는 작용이 크기 때문일 것으로 생각된다. Leptin은 식이 섭취량을 감소시키는 작용을 하는데,<sup>72)</sup> 본 실험에서는 혈장 leptin의 농도가 참기름군이 다른 식이 지방군들보다 유의적으로 작았으나 식이 섭취량은 식이 지방군간에 차이가 없었다.

Kim과 Sung<sup>75)</sup>의 연구에서는 여중생의 혈청 leptin의 농

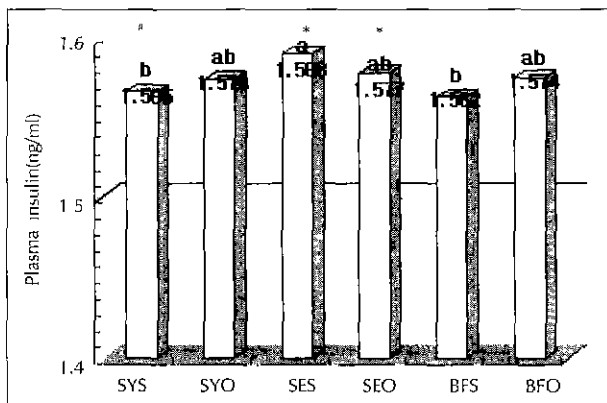


Fig. 3. Plasma insulin concentration in rats. #: Values with different alphabet among groups were significantly different at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test. \*: Statistical significant difference among oil groups(SE > BF, SY) at  $\alpha = 0.05$  by Duncan's multiple range test.

도와 혈청 총 콜레스테롤, 중성 지방의 수준이 유의적인 양의 상관 관계를 보여주고 있다 그러나, Haluzik 등<sup>70)</sup>은 고지혈증인 환자와 건강한 사람을 대상으로 한 연구에서 혈청 leptin 농도와 혈청 지질(총지방, LDL-Cholesterol, LDL-TG)의 농도 사이에 아무 상관 관계가 없다고 보고하고 있는데, 본 연구에서도 혈장의 총지방과 총콜레스테롤, 중성 지방의 농도가 섭취한 식이 지방의 종류에 따라 차이가 있으나, 혈장의 leptin의 농도는 차이가 없었다.

Hurley 등<sup>76)</sup>의 연구에서 혈장의 insulin 농도와 체중 증가량 사이에는 양의 상관 관계가 있다고 보고하고 있다. 본 실험에서는 insulin 농도가 참기름군에서 우지군, 콩기름군에 비하여 유의적으로 가장 높았는데, 체중 증가량이 유의적인 차이는 없었으나, 같은 경향을 보이고 있다.

흰쥐에서 혈장의 중성 지방 수준이 혈장의 insulin 농도와 양의 상관 관계가 있으며, 혈장의 총콜레스테롤의 농도는 상관 관계가 없다고 Noshiro 등<sup>77)</sup>은 보고하고 있다. 본 실험에서도 혈장의 insulin 농도가 참기름군의 농도가 가장 높았고, 다음으로 우지군, 콩기름군의 순으로 차이가 있었는데, 혈장 중성 지방의 농도도 같은 경향을 보여주고는 있으나, 유의적인 상관관계는 없었다.

본 실험에서는 대두올리고당의 섭취가 혈장의 insulin 농도에 유의적인 영향을 주지 않았으나, 올리고프락토스를 식이 무게의 10%로 30일간 흰쥐에게 섭취시킨 실험<sup>78)</sup>에서는 올리고프락토스를 섭취한 군의 혈청 insulin의 농도가 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다.

De Schepper 등<sup>74)</sup>의 흰쥐를 대상으로 한 연구에서 혈장의 leptin 농도가 insulin 농도의 변화에 민감하여 서로 양의 상관 관계가 있다고 하는데 이러한 결과는 생쥐를 대상으로 한 Harte 등<sup>79)</sup>의 연구에서도 보고되고 있다. Leptin은 고혈당 상태나 체내 에너지 저장량이 클 때 insulin의 자극에 반응한다. Leptin을 주사한 동물 실험에서 혈청 insulin의 농도가 감소하였다고 Bryson 등<sup>80)</sup>은 보고하고 있다. 탄수화물의 섭취는 지방 세포에서의 leptin의 생성과 수준을 증가시키는데 즉, 포도당의 수준에 의한 대사적인 시그널과 insulin에 의한 내분비계 시그널이 동시에 작용하여 leptin이 분비된다. 분비된 leptin은 pancreatic  $\beta$ -cell의 leptin receptor에 결합하여 insulin 합성을 방해하고, 지방 조직에서 insulin receptor와의 결합을 방해하여, 결국 leptin이 직간접적으로 insulin의 분비를 조절한다.<sup>81)</sup> 즉, leptin은 에너지 저장의 항상성을 유지하는 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.<sup>82)</sup> 본 실험에서는 혈장 insulin이 참기름군에서 가장 농도가 높고, 혈장 leptin은 참기름군에서 가장 농도가 낮았다. 그러나, Leptin과 insulin의 상호

작용이 체내 에너지 대사가 양일 때 활발한 것을 생각하면, 본 실험이 12시간 공복 후의 호르몬의 농도를 측정하였으므로 이러한 두 호르몬간의 역의 관계에 대해 앞의 실험들과 같은 상호 작용임을 명확하게 말할 수 없다.

본 연구 결과 혈장의 leptin 농도는 체지방함량이나 혈중 지질의 농도와의 관계가 없었고, 혈장의 insulin의 농도는 혈장의 중성 지방 함량과 상관관계가 없었으나, 같이 증가하는 경향은 나타났다. 그러므로, 공복 상태가 아닌 에너지 섭취가 충분한 상태에서 leptin 농도와 체지방함량이나 혈중 지질의 농도와의 관계, 그리고, 혈장의 insulin의 농도와 혈장의 중성 지방 함량과 상관관계에 대한 더 많은 연구가 필요하다. 만일 혈장의 insulin의 농도와 혈장의 중성 지방 함량과 상관관계가 밝혀진다면 우리 나라와 같이 고중성지방혈증으로 인한 뇌혈관계질환의 유병율이 높은 상황에서 혈장의 insulin 농도를 질병을 예측하는 index로의 활용을 기대해 볼 수 있다.

### 요약 및 결론

올리고당은 난소화성 당으로서 비피더스균을 선택적으로 증식시키고, 체내의 지질 대사 및 면역 기능을 개선시켜 줄 것으로 기대되고 있다. 그러므로, 식이 지방 종류에 따른 올리고당의 효과를 알기 위해 대두올리고당에 참기름, 콩기름, 우지의 3가지 지방 급원을 달리하여 흰쥐의 장내 세균, 장 통과기능과 지질 대사 및 면역 능력 등을 연구하였다.

비피더스균의 증식은 실험을 시작한 4주 후에 참기름에 올리고당을 첨가한 군이 대조군보다 유의하게 증가하였으며, 콩기름과 우지군에서는 올리고당의 첨가 시에 유의하지는 않으나 증가하는 경향을 보였다. 변 양은 건변의 양과 변 중 수분 함량, stool wet weight, 장 통과 시간 모두를 식이 지방 급원의 차이를 생각지 않을 때, 올리고당의 첨가가 유의적으로 증가시켰다.

지질 대사 결과는 혈장의 총지방량은 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 있었는데, 콩기름군이 참기름, 우지군보다 유의적으로 농도가 높았으며, 지방군의 종류에 따라 혈장 총지방에 대한 대두올리고당의 영향은 달랐는데, 콩기름군은 대두올리고당의 섭취가 영향을 주지 않았고, 참기름군과 우지군은 대두올리고당을 섭취한 군들이(SEO, BFO) 농도가 유의적으로 증가하였다. 혈장 총 콜레스테롤도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 참기름군과 우지군이 콩기름군 보다 유의적으로 농도가 높았다. 올리고당 섭취의 영향은 참기름군에서만 유의적인 차이가 있어 올리

고당을 섭취한 참기름군(SEO)의 농도가 올리고당을 섭취하지 않은 참기름군(SES)보다 낮게 나타났다. 혈장 중성지방도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 우지군과 참기름군이 콩기름군보다 유의적으로 농도가 높았으나 올리고당의 효과는 없었다. 간의 총지방량은 식이 지방 종류에 따른 차이가 나타나 콩기름군이 우지군, 참기름군보다 유의적으로 농도가 높았다. 간의 총 콜레스테롤은 우지군이 콩기름군이나 참기름군보다 낮은 경향이었으며, 지방이나 올리고당의 유의적인 영향은 나타나지 않았다. 간 중성지방도 식이 지방 종류에 따른 유의적인 차이가 나타나 콩기름군의 함량이 유의적으로 참기름군, 우지군보다 높았다. 올리고당의 섭취가 유의적이지는 않으나 모든 식이 지방군에서 감소시키는 경향을 보였다. 참기름군의 경우 식이 효율과 간무게, 100g당 간무게, 콜레스테롤이 다른 군보다 유의적으로 높아 식이 효율과 총 콜레스테롤 농도의 증가가 관련이 있는 것으로 생각되며, 또한 비피더스 균의 증식도 참기름군에서만 유의적으로 증가하였으므로 대두올리고당의 섭취로 인한 비피더스균의 증식과 혈장 총 콜레스테롤의 감소가 참기름군에서 함께 나타난 것을 볼 때, 대두올리고당이 비피더스균의 증식이 일어날 때 혈장 총콜레스테롤의 수준에도 긍정적인 효과를 준다는 것을 생각해 볼 수 있으나, 지방의 종류가 참기름에 국한되어 나타난 효과이므로 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 그리고, 면역 능력에서 Mitogen 증식 능력에 대해서는 T-cell의 증식을 유도하는 것으로 알려진 ConA와 PHA, 그리고 B-cell의 증식을 자극하는 PWM에 대해서 올리고당의 첨가 유무와 지방 급원의 종류가 영향을 주지 않았다. 혈장 면역글로블린과 C<sub>3</sub>의 양을 보면, 대두올리고당의 섭취 영향은 없었으나 식이 지방 종류의 영향으로 우지군이 다른 식이 지방군들에 비하여 IgG의 수준이 유의적으로 높았다. 즉, 대두올리고당이 면역 능력에는 영향을 주지 않았다. 혈장의 leptin 농도는 올리고당의 섭취 유무에 따른 차이는 없었으나 식이 지방 종류에 따른 차이가 있어, 참기름군이 다른 식이 지방군보다 유의적으로 농도가 낮았다. 혈장의 insulin 농도는 식이 섭취한 올리고당의 영향은 없었으나, 식이 지방 종류의 영향으로 참기름군이 다른 식이 지방군들보다 유의적으로 농도가 높았다.

본 연구 결과 올리고당 투여가 섭취한 식이 지방 종류에 따라 장내 균총을 선택적으로 개선하고 건변의 양과 수분 함량, 장 통과시간을 증가시켰다. 올리고당이 수용성 식이 섬유소처럼, 변 양을 증가시키고, 장내에서 천천히 통과하여 장내 영양소의 흡수를 충분하게 할 수 있으므로 장내 흡

수 능력이 감소하는 노인이나 당뇨병 환자의 영양소 흡수에 큰 도움을 줄 것으로 생각된다. 혈액의 콜레스테롤을 개선하는 효과는 식이 지방 급원에 따라 차이가 있으므로 올리고당이 혈장의 콜레스테롤을 효과적으로 낮추어 관상심장 질환의 예방에 도움을 줄 수 있을 것에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다. 간 중성 지방의 경우에는 식이 지방의 종류에 관계없이 대두올리고당이 감소시키는 경향을 보여 지방간의 예방에 효과가 있을 가능성도 생각해볼 수 있다. 본 연구 결과 혈장의 leptin 농도는 체지방 함량이나 혈중 지질의 농도와 관계가 없었다 그러나, 혈장의 insulin의 농도는 혈장의 중성 지방 함량과 상관관계가 없었으나, 같이 증가하는 경향은 나타났다. 그러므로, 공복 상태가 아닌 에너지 섭취가 충분한 상태에서 leptin 농도와 체지방함량이나 혈중 지질의 농도와 관계, 그리고, 혈장의 insulin의 농도와 혈장의 중성 지방 함량과 상관관계에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

현재 올리고당은 식품 산업에 많이 이용되고 있으나, 대부분의 연구가 일본 등의 외국 보고에 근거하고 있으므로 우리나라에서 동물 실험 뿐만 아니라 특히 한국인을 대상으로 한 올리고당의 영양 생리적 활성에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### Literature cited

- National Nutrition Survey Report Ministration of Health and Welfare, 1994
- Lee IH. The effect of Korean dietary life changes on health and diseases. *Korean J Dietary Culture* 8(4) 359-372, 1993
- Kwon TW, Kang SK. Development of food engineering and our dietary life. *Korean J of Dietary Culture* 8(4) 351-357, 1993
- The Bureau Statistics(a). Annual statistical report on the causes of death in 1998(1999)
- Atherosclerosis study group Optimal resources for primary prevention of atherosclerotic disease. *Circulation* 70 157-205, 1984
- Hauner H, Stangl D, Schmatz C, Burger K, Blomer H, Pfeiffer EF. Body fat distribution in men with angiographically confirmed coronary artery disease. *Atherosclerosis* 85. 203-210, 1990
- Park JK, Kim HJ, Park KS, Lee SS, Chang SJ, Shin KC, Kwon SO, Ko SB, Lee EK. The case-control study on the risk factors of cerebrovascular disease and coronary heart disease. *Korean J of Preventive Medicine* 29(3), 1996
- Lusis AJ Genetic factors affecting blood lipoproteins. *J Lipid Research* 29. 397-429, 1988
- Green MS, Heiss G, Rifkind BM, Cooper GR, Williams OD, Tyroler HA. The ratio of plasma high density lipoprotein cholesterol to total and low density lipoprotein cholesterol-age related changes and race and sex differences in selected North American populations. *Circulation* 72 93-104, 1985
- Park YH, Rhee CS, Lee YC. Distribution patterns of serum lipids by age and relation of serum lipids to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Korean J Lipidol* 3: 165-179, 1993
- Lee YJ. Hypercholesterolemia and nutrition of Korean. *Korean J Lipidol* 1(1) 111-122, 1991
- Park HS, Shun ES, Kim SY. Dietary patterns of hypercholesterolemia patients. *Korean J Lipidol* 3(2) 150-159, 1993
- Heo KT. Physiological function of oligosaccharides. *Food Science and Industry* 28(3): 24-28, 1995
- Mitsuoka T. Intestinal flora and dietary factor Japan Scientific Societies Press, Tokyo, pp.975-982, 1983
- Hidaka H, Eida T, Takazawa T, Tounaga T, Tashiro Y. Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora* 5. 37-50, 1986
- Park KH. Kinds and character of functional sugar. Korean Society of Food and Science, Function of oligosaccharides symposium presentation articles 1, 1994
- Kim SO, Lee SJ, Lee IK, Ju KJ. Poor digestion and effect of delaying absorption of bile acids for dietary xylooligosaccharides. *Korean J Food and Nutrition* 27 705, 1998
- Kim CJ. Functional oligosaccharides *National Nutrition* 189: 44-53, 1997
- Lim SD. The relationship between oligosaccharides and bifidobacteria *Food Technol* 8(2): 97-105, 1995
- Suarez FL, Springfield J, Furne JK, Lohrmann TT, Kerr PS, Levitt MD. Gas production in human ingesting a soybean flour derived from beans naturally low in oligosaccharides. *Am J Clin Nutr* 69(1) 135-9, 1999
- Choi EH, Kim HY, Kim YH, Kim WK, Oh SJ, Kim SH. Effect of selected oligosaccharides on fecal microflora and lipid constitution in rats *Korean J Nutrition* 32(3) 221-229, 1999
- Homma N. Bifidobacteria as a resident flora in human beings. *Bifidobacteria Microflora* 35
- Park KH. Development of new materials from carbohydrate. *Food Science and Industry* 25(2) : 73-81, 1992
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC AIN-93 purified diets for laboratory rodents final report of the American Institute Nutrition Ad Hoc Working Committee on the reformulation of the AIN-79A rodent diet. *J Nutr* 23: 1939-1951, 1993
- Park HJ. Effects of chitosan treated with enzymatic methods on lipid and glucose metabolism in normal and diabetes mellitus rats. Department of Food and Nutrition Graduate school, Ewha Womans Univ., 1998
- Frings CS, Dunn RT A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulphosphovanillin reaction. *Am J Clin Pathol* 53. 89-91, 1970
- Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J Biochem Physiol* 37 911-917, 1959
- Bellanti JA. Immunology. basic process, 2nd ed. 132-133, W B. Saunders, Company
- Steel RGD, Torrie JH. In. Principles and Procedures of statistics, 481, Mc Graw-Hill Book Company, NY, 1960
- Fiordaliso M, Kok N, Desager KP, Goethals F, Deboyser D, Roberfrond M, Delzenne N Dietary Oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats *Lipids* 30 163-167, 1995
- Kim WK. The effects of sesame oil, perilla oil, beef tallow on body lipid metabolism and immune response. Department of Food and Nutrition Graduate school, Ewha Womans Univ., 1988
- Campbell JM, Fahey GC, Wolf Jr BW Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. *J Nutr* 127. 130-136, 1997
- Hayakawa K, Mizutani J, Wada K, Masai T, Yoshihara I, Mitsuoka T. Effects of soybean oligosaccharides on human faecal flora. *Microbial Ecology in Health and Disease* 3 293-303, 1990
- Wada K, Mizutani J, Watabe J, Suzuki H, Sirayanagi S. Effects of

- soybean oligosaccharides intake on fecal microflora. *ヒフイズス* 5: 51-54, 1991
- 35) Bouhnik Y, Flourie B, D'Agay-bensour L, Pochart P, Gramet G, Durand M, Rambaud JC. Administration of trans-galacto-oligosaccharides increases fecal bifidobacteria and modifies colonic fermentation metabolism in healthy humans. *J Nutr* 127: 444-448, 1997
  - 36) Kim JR, Yook C, Kwon HK, Hong SY, Park CK, Park KH. Physical and physiological properties of isomaltooligosaccharides and fructooligosaccharides. *Korean J Food Technol* 27(2): 170-175, 1995
  - 37) Kapadia SA, Raimundo AH, Grimble GK, Aimer P, Silk DB. Influence of three fiber-supplemented enteral diets on bowel function and short-chain fatty acid production. *J Parenteral & Enteral Nutr* 19(1): 63-68, 1995
  - 38) Cherbul C, Aube AC, Mekki N, Dubois C, Lauron D, Barry JL. Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. *British J Nutr* 77(1): 33-46, 1997
  - 39) Ferguson LR, Harris PJ. Suberized plant cell walls suppress formation of heterocyclic amine-induced aberrant crypt in a rat model. *Chemico-Biological Interactions* 114: 191-209, 1998
  - 40) Tashiro Y, Satchithanandam S, Calver RJ. Gastrointestinal effects of fructooligosaccharides. *Dietary Fiber in Health and Disease*: 221-234, 1997
  - 41) Satchithanandam S, Chandrabhan R, Kharroubi AT, Calvert RJ, Klurfeld D, Tepper SA, Kritchevsky D. Effect of sesame oil on serum and liver lipid profiles in the rat. *International Journal for Vitamin & Nutrition Research* 66(4): 386-392, 1996
  - 42) Fukushima M, Akiba S, Nakano M. Comparative hydrocholesterolemic effects of six vegetable oils in cholesterol-fed rats. *Lipids* 31(4): 415-419, 1996
  - 43) Clarke SD, Jump DB. Dietary polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription. *Ann Rev Nutr* 14: 83-98, 1994
  - 44) Ide T, Moriuchi H, Nihimoto K. Hypolipidemic effects of guar gum and its enzyme hydrolysate in rats fed highly saturate fat diets. *Ann Nutr Metabol* 35: 34-44, 1991
  - 45) Jang SJ, Park YJ. Effect of dietary fiber sources and levels on lipid metabolism in rats fed high lard diet. *Korean J Nutrition* 28(2): 107-114, 1995
  - 46) Ikeda I, Tomari Y, Sugano M. Interrelated effect of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J Nutr* 119: 1383-1387, 1989
  - 47) Kim M, Shin HK. The water-soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentrations, cecal short-chain fatty acid concentrations and fecal lipid excretion in rats. *J Nutr* 128(10): 1731-1735, 1998
  - 48) Bridges SR, Anderson JW, Deakins DA, Dillon DW, Wood CL. Oat bran increases serum acetate of hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 56(2): 453-9, 1992
  - 49) Alles MS, de Roos NM, Bakx JC, van de Lisdonk E, Zock PL, Hautvast GA. Consumption of fructooligosaccharides does not favorably affect blood glucose and serum lipid concentrations in patients with type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 69(1): 64-9, 1999
  - 50) Topping DL. Soluble fiber polysaccharides. Effect on plasma cholesterol and colonic fermentation. *Nutr Rev* 49(7): 195-203, 1991
  - 51) Arjmandi BH, Ahn J, Nathani S, Reeves RD. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J Nutr* 122(2): 246-253, 1992
  - 52) Illman RJ, Topping DL. Effect of dietary oat bran on faecal sterol excretion, plasma volatile fatty acid lipid synthesis in rats. *Nutrition Research* 5: 839-846, 1985
  - 53) Moundras C, Behr SR, Demigne C, Mazur A, Remesy C. Fermentable polysaccharides that enhance fecal bile acid excretion lower plasma cholesterol and apolipoprotein E-rich HDL in rats. *J Nutr* 124: 2179-2188, 1994
  - 54) Levrat M, Favier M, Moundras C, Rmsy C, Demign C, Morand C. Role of dietary propionic acid and bile acid excretion in the hypocholesterolemic effects of oligosaccharides in rats. *J Nutr* 124: 531-538, 1994
  - 55) Oh SJ, Kim WK, Kim YH, Kim HY, Choi EH, Kim SH. Effect of fructooligosaccharide on lipid metabolism in hypercholesterolemic rat. *Korean J Nutrition* 32(2): 129-136, 1999
  - 56) Baek YJ. Utilization of Lactic acid fermented milk and health promotion. *Journal of Korean Dairy Technology and Science Association Proceeding The 47th Autumn Symposium of Korean Dairy Technology and Science Association*, 1998
  - 57) Kok NN, Taper HS, Delzenne NM. Oligofructose modulates lipid metabolism induced by a fat-rich diet in rats. *J Applied Toxicol* 18(1): 47-53, 1998
  - 58) Delzenne NM, Kok NN. Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. *J Nutr* 129(7 suppl): 1467S-1470S, 1999
  - 59) Agheli N, Kabir M, Berni-Canani S, Petitjean E, Boussairi A, Luo J, Bornet F, Slama G, Rizkalla SW. Plasma lipids and fatty acid synthase activity are regulated by short-chain fructo-oligosaccharides in sucrose-fed insulin-resistant rats. *J Nutr* 128(8): 1283-1288, 1998
  - 60) Kok NN, Roberfroid M, Robert A, Delzenne N. Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligofructose in rats. *British J Nutr* 76(6): 881-890, 1996
  - 61) Calder PC. Dietary fatty acids and the immune system. *Lipids* 34: S137-140, 1999
  - 62) Calder PC. Fat chance of immunomodulation. *Immunol Today* 19(6): 244-247, 1998
  - 63) Thomas AK, Erickson KL. *Journal of Nutrition* 115: 1528-1534, 1985
  - 64) Tizard IR. *Immunology (An Introduction) Fourth Edition*
  - 65) Rott IM. *Essential Immunology*. Komunsa, 1991
  - 66) Lim BO, Yamada K, Nonaka M, Kuramoto Y, Hung P, Sugano M. Dietary fibers modulate indices of intestinal immune function in rats. *J Nutr* 127: 663-667, 1997
  - 67) Saksena R, Deepak D, Khare A, Sahai R, Tripathi LM, Srivastava VM. A novel pentasaccharide from immunostimulant oligosaccharide fraction of buffalo milk. *Biochemica et Biophysica Acta* 1428(2-3): 433-445, 1999
  - 68) Kelly DS, Bendich A. Essential nutrients and immunologic functions. *Am J Clin Nutr* 63(6): 994S-996S, 1996
  - 69) Kelly DS, Daudu PA, Branch LB, Johnson HL, Taylor PC, Mackey B. Energy restriction decreases number of circulating natural killer cells and serum levels of immunoglobulins in overweight women. *European J Clin Nutr* 48(1): 9-18, 1994
  - 70) Francoise RJ, Bernard I. Obesity, leptin and the brain. *New England J of Medicine* 324(5): 324-325, 1996
  - 71) Haluzik M, Fiedler J, Nedvidkova J, Ceska R. Serum leptin concentrations in patients with combined hyperlipidemia: relationship to serum lipids and lipoproteins. *Physiological Research* 48(5): 363-8, 1999
  - 72) Stephens TW, Basinski M. The role of neuropeptide Y in the anti-obesity action of the obese gene product. *Nature* 337: 530-2, 1995
  - 73) Kaiyala KJ, Woods SC, Schwartz MW. New model for the regulation of energy balance and adiposity by the central nervous system. *Am J Clin Nutr* 62(suppl): 1123S-1134S, 1995
  - 74) De Schepper J, Zhou X, De Bock S, Smits J, Louis O, Hooghe-Peters E, Vandeplass Y. Study of serum leptin in cafeteria-diet-overfed rats. *Hormone Research* 50(5): 271-275, 1998
  - 75) Kim MH, Sung C-J. The study of relationship among serum leptin, nutritional status, serum glucose and lipid of middle-school girls. *Kore-*

- an J Nutrition* 33(1): 49-58, 2000
- 76) Hurley C, Richard D, Deshaies Y, Jacques H. Soy protein isolate in the presence of constarch reduces body fat gain in rats. *Canadian J Physiol & Pharmacol* 76(10-11): 1000-7, 1998
- 77) Noshiro O, Hirayama R, Shimaya A, Yoneta T, Niigata K, Shikama H. Role of plasma insulin concentration in regulating glucose and lipid metabolism in lean and obese Zucker rats. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders* 21(2): 115-121, 1997
- 78) Kok NN, Morgan LM, Williams CM, Roberfroid MB, Thissen JP, Delzenne NM. Insulin, glucagon-like peptide 1, glucose-dependent insulinotropic polypeptide and insulin-like growth factor 1 as putative mediators of the hypolipidemic effect of oligofructose in rats. *J Nutr* 128(7): 1099-1103, 1998
- 79) Harte RA, Kirk EA, Rosenfeld ME, LeBoeuf RC. Initiation of hyperinsulinemia and hyperleptinemia is diet dependent in C57BL/6 mice. *Hormone & Metabolic Research* 31(10): 570-575, 1999
- 80) Bryson JM, Phuyal JL, Swan V, Caterson ID. Leptin has acute effects on glucose and lipid metabolism in both lean and gold thioglucose-obese mice. *Am J Physiol* 277(3 Pt 1): E417-E422, 1999
- 81) Stricker-krongrad A. Physiological regulation of hypothalamic neuropeptide Y release in lean and obese rats. *Am J Physiol* 273: R2112-R2116, 1997