

올리고당을 사용한 스푼지 케이크가 흰쥐의 소화관 생리와 혈청지질에 미치는 영향

이선영[†] · 이미라 · 이경애*

충남대학교 식품영양학과

*순천향대학교 식품영양학과

Effects of Cakes Containing Sponge Oligosaccharides on Blood Lipids and Intestinal Physiology in Rats

Sun-Yung Ly[†], Mi-Rha Lee and Kyong-Ae Lee*

Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University, Asan 337-745, Korea

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of oligosaccharides(fructo- or isomalto-) contained in sponge cake on blood lipids and intestinal physiology in rats. The experimental diet was mixed with 30% sponge cakes. Normal male Sprague-Dawley rats weighing about 530g were randomly assigned to three groups and placed on experimental diets and deionized water at free access for 25 days. Rat in control group received a diet mixed with sponge cake containing sucrose only at 21.58g/100g diet and rats in the other two groups received diets mixed with sponge cakes of which 40% sucrose was replaced with each oligosaccharide. The results obtained were as follows: No significant differences in efficiency of food, liver weight and intestinal length were observed among groups. The cecal contents and cecal wall weights were increased more in fructooligosaccharide(FO) group than control. The pH of cecal contents decreased significantly in two oligosaccharide groups. The water contents of fresh feces in FO group were the highest and the those of two oligosaccharide groups were higher than that of control. Dry fecal weight increased significantly in isomaltooligosaccharide(IMO) group. Total serum cholesterol concentration was significantly lower in FO group. Serum triglyceride(TG) was not significantly different among three groups at $p < 0.05$, but serum TG of FO group was lower than those of other groups. In conclusion, 40% replacement of sucrose with oligosaccharides in sponge cake may have beneficial effects on lipid metabolism and intestinal function in rats.

Key words: fructooligosaccharide, isomaltooligosaccharide, sponge cake, blood lipid, intestinal function

서 론

최근 식품에 응용되고 있는 올리고당들은 단당류가 2~10개 정도의 중합도로 구성되어 있으며, 대개가 난 소화성의 당으로 간미도는 설탕에 비해 뒤떨어지나, 단당류나 이당류에 비해 적은 에너지를 발생시키며 혈당 저하(1)효과와 함께, 중성지방과 콜레스테롤 저하 등 지방 대사 개선효과(2,3)를 보여주는 것으로 보고되고 있다. 그 외에 비피더스균 증식의 촉진(4,5), 변비개선효과(6) 등 많은 생리적 효과가 밝혀지면서 생산력이 강화되고 식품에의 응용은 지속적으로 늘어나고 있는 실정

이다. 특히, 프락토올리고당(fructooligosaccharide, FO)은 충치균에 의해 이용되지 못하여 인체의 소화 효소에 의해 분해되지 않고, 보습성이 큰 비피더스균의 증식 인자로 장의 건강을 도와주는 등의 건강 개선효과를 줄 수 있으므로 음료, 과자류와 같은 유아용 식품에서부터 성인병 방지를 위한 조리용 간미료에 이르기까지 다양하게 이용되고 있는 기능성 올리고당이다(7). 그러나 과다 복용시는 설사를 유발하는 것으로 알려져 있으므로 개체에 따라 적정 양을 섭취하는 것이 중요하다. 이에 반해 이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide, IMO)은 인체의 장에서 부분적으로 소화되어 장점막에

[†]To whom all correspondence should be addressed

대한 자극이 약하므로 안전성이 양호한 비피더스균의 증식 인자로 알려져 있다(6). 최근 들어 이러한 올리고당들을 케이크류에 이용하고자 하여 설탕의 일부를 올리고당으로 대치하여 구워낸 케이크의 품질 특성을 검토한 연구 보고가 몇 편 있었다(8,9). 그러나 Kim 등(10)이 FO나 IMO의 열안정성과 pH안정성을 검토한 논문을 통해 얻은 결과에 의하면 10%의 당액으로 만든 FO는 pH 5.5에서 60분간 가열하였을 때 90°C 이상에서 분해되기 시작하여 120°C에서는 분해 속도가 급격히 증가하였으며 140°C에서는 94%가 분해되어 열과 산에 비교적 불안정함을 알 수 있었다. 반면, 동일 조건하에서 IMO는 140°C에서도 5% 정도만 분해되어 열안정성이 매우 우수한 것으로 나타났다. Lee 등의 선행 연구(11)에서 올리고당을 함유한 스폰지 케이크를 굽는 동안의 중심부의 온도변화를 측정하였는데 케이크를 굽는 동안 중심부의 최대 온도는 86~90.7°C로서 100°C에 미치지 못하므로 중심부에서는 FO도 비교적 열분해를 적게 받았을 것으로 사료되었다. 그러나 비록 스폰지 케이크 반죽의 pH가 산성이 아니므로 Kim 등(10)의 산성 조건에서와 같이 열안정성이 낮지는 않더라도 스폰지 케이크의 표면으로 갈수록 내부의 온도는 높아질 것이므로 FO의 분해는 어느 정도 진행될 것으로 보인다. 그외에 난소화성인 FO의 경우와는 다르게 IMO는 생체의 소화효소에 의해 상당량 분해되는 것으로 알려져 있어 케이크의 질감을 개선시키는 효과는 좋을지라도 생체내에서의 영양생리학적인 효과는 다양하게 나타나지 않을 수도 있다. 특히 올리고당은 설탕에 비해 가격이 비싼 편이므로 올리고당을 함유한 제품류의 개발에는 최종제품의 영양생리적인 효과가 검토되고 이를 기대할 수 있어야 제품으로서의 가치를 지닐 수 있다고 본다. 따라서 본보에서는 선행 연구(11)에서 물리적, 관능적인 특성이 검토된 올리고당 함유 스폰지 케이크의 영양생리학적인 효과를 검토하기 위한 목적으로 우선 흰쥐에 스폰지 케이크 각각을 식이의 30%를 대치하여 25일간 공급하고 난 후 식이 효율, 맹장 조직 및 내용물의 무게, pH, 변비설량 및 변수분함량, 혈청 지방과 혈중 요소질소(BUN) 등을 측정하여 얻은 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험 동물

3주령된 Sprague-Dawley계 흰쥐 수컷 21마리를 화학 연구소에서 구입하여 성숙기의 월령이 될 때까지 5개 월동안 심양사의 고형사료로 사육하여 체중이 530.1±51.24g이 되었을 때 실험에 사용하였다. 실험군은 난괴

법에 의해 6마리씩 3군으로 나누었다. 각각의 실험식이 섭취군은 설탕 스폰지 케이크 섭취군(S-C), 프락토올리고당 스폰지 케이크 섭취군(FO-C), 이소말토올리고당 스폰지 케이크 섭취군(IMO-C)으로 분류한 후 AIN-76에 준하여 조제한 기본식이로 일주일간 적응시킨 후 본 실험식이를 25일간 섭취시켰다. 체중은 일주일에 한 번 측정하였고, 식이섭취량은 이를 간격으로 기록하였다.

실험 식이

실험에 사용된 스폰지 케이크의 제조법은 전 연구 보고(11)에 기술한 바와 같다. 즉, 설탕으로 만든 스폰지 케이크와 설탕의 40%를 각각 프락토올리고당과 이소말토올리고당으로 대치하여 만든 스폰지 케이크를 실험재료로 사용하였다. 각 스폰지 케이크의 일반 성분 분석 결과는 Table 1에 제시하였다. 실험식이는 3가지 스폰지 케이크의 전조분말 30%와 AIN-76에 준하여 조제한 기본식이 70%를 혼합하여 조제하였으며, 스폰지 케이크의 일반 분석에서 얻어진 단백질, 지방, 당의 함량에 근거하여 각 군의 실험식이내 3대 열량 영양소의 함량이 같도록 조정하여 조제하였다(Table 2). 프락토올리고당과 이소말토올리고당의 실험식이내 최종 함유율은 4.43%이었다. 실험기간 동안 식이와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다.

시료 수집

섭취 조건을 일정하게 하기위해 실험 최종일에 12시간 절식 시킨후 diethyl ether로 마취시키고 심장에서 혈액을 채취하여 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻어 분석전까지 -70°C에서 냉동보관하였다. 간은 떼어 생리식염수에 가볍게 씻어 혈액을 제거하고, 여과자로 수분을 제거한 뒤 무게를 기록하였다. 소장은 떼어 전체 길이를 재고, 맹장은 내용물이 보존된 상태로 적출하여 지방을 떼어내고, 전체 무게를 기록하였다.

Table 1. Proximate composition of sponge cakes (%)

Ingredients	S-C ¹⁾	FO-C ²⁾	IMO-C ³⁾
Reducing sugar	28.6	22.3	21.3
Starch	37.7	35.3	34.9
Crude protein	6.03	5.70	5.81
Crude fat	4.43	4.63	4.18
Moisture	29.6	30.4	33.9
Crude ash	0.28	0.53	0.55

¹⁾S-C: Sucrose sponge cake

²⁾FO-C: Fructooligosaccharide was replaced 40% sucrose of sponge cake.

³⁾IMO-C: Isomaltooligosaccharide was replaced 40% sucrose of sponge cake.

Table 2. Composition of experimental diets (%)

Ingredient	Group	S-C ¹⁾	FO-C ²⁾	IMO-C ³⁾
Corn starch		35	35	35
Casein		14	14	14
Corn oil		3.5	3.5	3.5
Sucrose		10.5	10.5	10.5
Cellulose		3.5	3.5	3.5
Sponge cake powder		30	30	30
AIN-76 vitamin mix		0.7	0.7	0.7
AIN-76 mineral mix		2.45	2.45	2.45
Choline chloride		0.14	0.14	0.14
DL-Methionine		0.21	0.21	0.21

¹⁾S-C group: 70% AIN-76 basal diet + 30% sucrose sponge cake

²⁾FO-C group: 70% AIN-76 basal diet + 30% fructooligosaccharide sponge cake

³⁾IMO-C group: 70% AIN-76 basal diet + 30% isomaltooligosaccharide sponge cake

맹장 내용물은 5ml의 증류수가 든 vial에 넣어 침지시킨 후 균질화하여 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상층액에서 pH를 측정하였다. 내용물을 뺀 맹장 조직은 생리식염수에 깨끗이 씻어 여과지에서 수분을 제거한 뒤 무게를 기록하였다. 맹장 함유물의 무게는 총 맹장무게에서 맹장조직의 무게를 뺀 값으로 계산하였다.

변의 수분함량, 변 배설량

변의 수분함량과 배설량은 실험식이 섭취 2주 후에 측정하였다. 변 수분함량은 오전 10시와 밤 10시 2번에 걸쳐 쥐의 항문을 자극하여 직장내 보유된 변을 얻었다(fresh feces). 변은 -70°C에서 24시간 냉동시켰다가 감압 냉동건조기에서 항량에 이를 때까지 건조시킨 후, fresh한 변의 무게에서 건조된 변의 무게를 빼 변의 수분함량을 구했다. 변 배설량은 fresh한 변을 받은 이후 일주일 동안 매 24시간 배설된 변을 수집하였고, 이를 건조시킨 무게의 평균으로 나타내었다.

혈청의 생화학적 분석

혈청내 중성지방은 glycerophosphate oxidase(GPO)를 비롯한 다단계 효소법(12)을 이용한 kit시약(영동제약)을 사용하여 측정하였고, 총콜레스테롤은 cholesterolesterase와 cholesterol oxidase효소(13)를 이용한 kit(영동제약)시약을 사용하여 측정하였다. BUN은 urease효소법(14)을 이용한 kit시약(영동제약)을 사용하여 측정하였다.

통계 방법

실험 결과는 평균과 표준편차로 표시하였으며, 실험

군들의 평균값간의 차이가 있는지는 one-way ANOVA를 이용하여 $\alpha=0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였고, 각 군간의 차이는 사후 검정법인 SNK(Student-Newman-Keul's) multiple range test로 검정하였다. 모든 통계분석은 SAS통계 package program을 이용하였다.

결과 및 고찰

체중증가, 식이섭취량, 식이효율

실험기간 동안 각 군의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 3에 표시하였다. 각 실험군에서 실험식이에 의한 평균 식이섭취량은 차이가 없었으나, 체중증가량은 FO-C군에서 다소 적은 경향을 보여주었으며 식이효율은 FO-C<IMO-C<S-C순으로 나타났다. FO와 같은 난소화성 올리고당은 체내의 소화효소에 의해 분해되지 않고, 대장에서 장내 세균에 이용되어 단쇄지방산이 생성되어 흡수되므로 소량의 에너지원이 될 수는 있으나 이 양은 다른 단당류, 전분 등 가소화성 당류가 생성하는 에너지에 비해 매우 낮아 1.6kcal/g정도로 보고된 바 있다(15). 반면, IMO는 생체의 소화효소에 의해 분해되므로 체내 이용률이 높아 3.0kcal/g이상의 에너지를 생성한다고 보고된 바 있다(15). 본 연구의 실험기간이 25일 정도의 짧은 기간이었던 것과 실험 대상이 530g 내외의 체중증가가 거의 없는 나이의 쥐였으므로 각 군간에 식이효율에 있어 유의적인 차이는 볼 수 없었던 것으로 생각되나 FO의 체지방에 대한 영향에 대해서는 좀 더 연구가 되어야 할 것으로 보인다.

장기 무게 및 맹장내용물의 변화

간, 소장 길이, 맹장 조직량(cecum wall)과 맹장 내용물의 무게는 Table 4와 같다. 간 총 무게는 3군간에 유의적 차이를 보이지 않았으나, 100g 단위체중당 간의 무게는 FO-C군이 S-C군보다 7% 정도 적은 것으로

Table 3. Body weight gain, food intake and food efficiency ratio(FER) in rats fed different types of oligosaccharides

Group ¹⁾	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER(%) ⁴⁾
S-C	1.91±0.66 ^{2)NS3)}	20.41±1.01 ^{NS}	9.38±3.36 ^{NS}
FO-C	1.54±0.76	21.07±1.39	7.32±3.75
IMO-C	1.98±1.29	22.66±3.70	8.41±4.44

¹⁾Refer to the legend in Table 2.

²⁾Mean±SD(n=6)

³⁾NS: not significantly different

⁴⁾FER(%)={Weight gain(g)/Food intake(g)}×100

Table 4. Weight of liver, cecal contents, cecal wall and length of small intestine in rats fed different types of oligosaccharides

Group ¹⁾	Liver		Small intestine length(cm)	Cecal contents ⁴⁾ (g/100g B.W.)	Cecal wall (g/100 g B.W.)
	Total weight	g/100gBW			
S-C	15.12±2.58 ^{2)NS³⁾}	2.66±0.28	115.7±6.4 ^{NS}	0.38±0.18 ^{b5)}	0.12±0.02 ^b
FO-C	13.16±1.69	2.48±0.12	113.7±7.2	1.01±0.17 ^a	0.23±0.03 ^a
IMO-C	15.20±3.27	2.68±0.62	114.5±6.8	0.52±0.15 ^b	0.13±0.02 ^b

¹⁾Refer to the legend in Table 2.²⁾Mean±SD(n=6)³⁾NS: not significantly different⁴⁾Cecal contents: total cecal weight-cecal wall weight⁵⁾Values in a column with different superscripts are significantly different among groups(p<0.05).

로 나타났다. FO가 간에서 지방산이나 포도당의 합성을 억제한다는 연구보고는 있었으나, 본 연구에서는 간에 대한 성분분석이나 효소활성을 측정하지 않았으므로 특정 대사의 변화를 볼 수는 없었다.

소장의 길이는 3군간에 유의적인 차이가 없었다. Oh와 Ly(16)는 약 10%의 불용성 식이 섬유원이 섞인 식이를 4주간 흰쥐에 섭취시켰을 때 소장의 길이가 유의적으로 길어졌다고 보고하였으나 본 논문에서 흰쥐에게 섭취시킨 수용성 섬유식이는 비록 섭취량이 Oh와 Ly(16)의 논문에서 사용되었던 양에 비해 상대적으로 적기는 하였으나 상부 소화관 벽을 자극하는 효과는 크지 않았던 것으로 보인다.

맹장 내용물의 무게는 각 군간에 유의적인 차이를 보았는데 내용물의 무게가 큰 순서대로 보면 FO-C>IMO-C>S-C군 순이었으며, 특히 FO-C군은 S-C군에 비해 약 3배 가까이 증가된 것으로 나타났다. IMO-C군의 맹장 내용물 무게는 S-C군에 비해 증가하는 경향을 보였다. 맹장 조직량에서도 대조군에 비해 FO-C군만 2배정도 증가되었다. FO에 대한 결과는 5% 프락토올리고당 식이를 제공한 흰쥐군의 맹장 무게가 대조군보다 3배가량 증가되었다고 보고한 Ohta 등(17)이나 7.5%의 올리고당을 섭취시킨 실험에서 흰쥐의 맹장 조직량이 증가하였다고 보고한 Younes 등(18)의 결과와, 그리고 그 외 다수의 연구논문들(19,20)의 결과와 일치하는 것이었다. 난소화성 올리고당인 FO는 상부 소화관에서 소화되지 않고, 직접 맹장으로 이동되어 맹장내에서 장내세균에 의해 분해되면서 장 세균의 증식을 유도하고 맹장 내용물과 맹장 조직의 양을 증가시켰다고 볼 수 있다. 반면 IMO는 체내에서 이용효율이 좋은 편으로 상당량 소화효소에 의해 분해되므로 맹장에서 분해되는 정도는 FO에 비해 낮은 것으로 나타났다. 맹장 조직량의 증가는 올리고당이 맹장에 이르러 장내세균의 증식에 이용되면서 생성된 단쇄 지방산으로 인해 장점막 상피세포의 증식이 유도되어 나타난 결과로 볼 수 있다.

변 배설량과 변의 수분 함량 및 맹장 내용물의 pH

Table 5에 1일 변 배설량과 변내 수분함량과 맹장 내용물의 pH를 제시하였다. 하루에 배설한 변의 건조중량은 대조군에 비해 IMO-C군에서 유의적으로 증가된 것으로 나타났고, FO-C군은 대조군에 비해 약간 많은 것으로 나타나 변분량에 대한 효과는 IMO가 우세한 것으로 나타났다. 그러나 변내 수분함량은 FO-C군>IMO-C군>S-C군 순으로 나타났다. 배변량은 사료섭취량외에도 대장 점막에서 변으로부터 수분을 흡수할 수 있는 시간과 섬유질의 결합 정도, 그리고 대장내 세균량에 의해서도 영향을 받게 되는데(21), 수용성 올리고당은 분변 고형분의 1/3~1/2을 차지하는 장내 세균의 먹이가 되어 이들 세균의 증식을 유도하게 되므로 이러한 효과가 분변의 고형분을 증가시킬 수 있는 한 요인으로 작용할 것으로 보였다. 그러나 올리고당들의 종류에 따라 장세균총들에 의해 이용되는 정도가 다르게 나타나는 것으로 알려져있어, 분변량에 대한 효과도 올리고당의 종류에 따라 다소 달라질 수 있을 것으로 사료된다. 섬유질에 의한 배변량의 증가는 분변이 장내에 머무는 시간을 단축시키므로 대장에서 수분 흡수를 감소시키고, 따라서 배설되는 변내 수분 함량이 증가되는 것으로 알려 있다. 특히 FO나 IMO와 같은 올리고당 자

Table 5. Weight of feces, water contents of fresh feces, pH of cecal contents in rats fed different types of oligosaccharides

Group ¹⁾	Fecal dry weight (g/day)	Water contents (%)	pH of cecal contents
S-C	0.87±0.24 ^{2)b3)}	44.93±2.85 ^c	7.88±0.26 ^a
FO-C	1.07±0.13 ^{ab}	55.22±1.46 ^a	7.34±0.33 ^b
IMO-C	1.15±0.12 ^a	51.48±2.85 ^b	7.51±0.28 ^b

¹⁾Refer to the legend in Table 2.²⁾Mean±SD(n=6)³⁾Values in a column with different superscripts are significantly different among groups(p<0.05).

체는 분자내 특성으로 수분 보유력이 크다고 알려져 있는데, 이 효과는 FO가 IMO보다 다소 큰 것으로 보고되었다(10). 본 실험에서도 FO를 함유한 스폰지케이크의 섭취는 변의 함수율을 높이고, IMO함유 스폰지케이크는 변의 고형분을 증가시키는 것으로 나타나, 맹장에서는 FO가 결장내에서는 IMO가 장세균의 증식을 유도하는 효과가 우세한 것으로 볼 수 있었다. IMO가 결장내 세균을 증식시킬 수 있는 이유는 두 가지를 생각해 볼 수 있는데 첫째는 많은 양이라고 생각되지는 않지만 소장관에서 소화효소에 의해서나 맹장의 균에 의해서 분해받지 못한 올리고당의 잔량이 결장내에 이르러 균에 이용될 가능성과 다른 하나는 IMO의 분해 산물인 포도당이 결장에까지 이르러 균에 의해 이용되는 작용으로 볼 수 있다. 그러나 이에 대한 확증은 장관내의 내용물을 분석해 본 후에야 얻어질 것이다.

맹장 내용물의 pH는 대조군에 비해 FO-C군과 IMO-C군에서 유의적으로 낮게 나타났는데, 이는 *Bifidobacteria*나 *Lactobacillus*군과 같이 유기산을 생성시키는 균의 증식을 유도하는 올리고당의 특성이다(18,20,22). Kim 등(10)은 FO나 IMO는 *in vitro*에서나 *in vivo*에서 모두 *Bifidus*군의 증식을 유도하는 효과가 크며, IMO가 FO보다 더 우세한 효과를 보였다고 보고하였으나, 본 실험에서 같은 양을 스폰지 케이크의 형태로 가공하여 흰쥐에 급여하였을 때 맹장내에서 IMO의 활성이 더 크다고 보기는 어려웠다. 결론적으로 본 실험에서 FO를 함유하는 스폰지 케이크가 열처리된 상태로 첨가되었지만, 맹장에 미치는 효과나 변내 수분함량과 맹장 내용물의 pH 저하 등을 고려할 때 장내에서 난소화성을 올리고당으로서 그 기능을 충분히 나타내고 있음을 알 수 있었으며 IMO군에서는 맹장보다는 결장 세균 증식에 대한 효과가 더 뚜렷한 것으로 나타났다.

혈청 중성지방과 총 콜레스테롤, BUN

혈청에서의 중성지방(TG)과 총 콜레스테롤(TC), BUN은 Table 6에 제시하였다. 각 군의 혈청 TG는 FO-C군 < S-C군 < IMO-C군 순으로 나타났으나, 개체 간의 차이가 심하여 통계적인 유의성은 적었다($a=0.054$). 혈청 TC농도 역시 같은 경향을 보여주었으며, FO-C군에서 유의적으로 대조군보다 낮게 나타났고, IMO-C군은 대조군에 비해 오히려 높아지는 경향을 보여주어 지질 대사 개선에 효과적인 것은 FO에만 국한되었다. 프락토올리고당의 혈청지질 감소효과는 여러 가지로 설명되어 왔는데, 그 중 섬유소가 소장내에서 담즙을 흡착하여 배설시키므로서 지방의 흡수를 억제하는 작용, *Bifidobacteria*와 *Lactobacillus*군들을 증식시켜 이 균들이

Table 6. Serum triglycerides(TG) and total cholesterol (TC) concentrations and blood urea nitrogen (BUN) in rats fed different types of oligosaccharides

Group ¹⁾	TG(mg/dl) ²⁾	TC(mg/dl)	BUN(mg/dl) ³⁾
S-C	168.41±56.53 ^{2ab3)}	112.23±21.91 ^a	15.40±3.40 ^{NS4)}
FO-C	140.98±25.53 ^b	79.99±15.05 ^b	13.03±1.56
IMO-C	214.55±55.94 ^a	124.95±24.17 ^a	12.35±0.95

¹⁾Refer to the legend in Table 2.

²⁾Mean±SD(n=6)

³⁾Values in a column with different superscripts are significantly different among groups($p<0.05$).

⁴⁾NS: not significantly different

콜레스테롤을 소비하거나 콜레스테롤 미셀이 장벽을 통하여 흡수되는 것을 억제시키는 작용, 또한 위의 균들에 의해 생성되는 짧은 유기산들의 일부가 대장에서 흡수되어 간의 지방합성효소의 활성을 저하시킨다는 설명이 받아들여지고 있다. FO는 난소화성 섬유질의 효과로 소장에서 혈중 지방의 흡수를 방해하는 작용이 커서 혈청지질에 유의적인 감소를 보여주었지만, IMO는 소장에서 이미 상당량 가수분해되어 지방의 흡수를 방해하는 작용이 미미한 것으로 보이며 비록 대장에서 장세균을 증식시켜 혈청지질 저하 작용을 나타낼 수 있다 하더라도 총 혈청 지질에 미치는 영향은 FO에 미치지 못할 것이라 사료된다.

혈중 요소 질소(BUN)의 농도는 FO-C군과 IMO-C군의 평균치가 S-C군에 비해 낮은 경향을 보였다. 혈중 요소 질소는 맹장에서 박테리아의 단백질 합성에 필요한 질소의 유용한 급원으로 가장 쉽게, 많이 이용하는 성분으로 대장내 세균의 증식이 일어나면 혈액으로부터 질소가 소비되는 것으로 알려져 있다. Younes 등(18)은 프락토올리고당을 섭취시킨 군에서 질소원이 혈액에서 맹장으로 이동되어 가는 속도가 빨라졌음을 발견하였으며, 불용성 섬유소보다 수용성 섬유소와 올리고당을 섭취시켰을 때 그 효과가 더 큰 것으로 보고하였다. 본 실험에서도 올리고당을 함유한 스폰지 케이크를 먹인 흰쥐의 맹장내 내용물과 분변의 건조량 등이 증가된 것으로 보아 장세균에 의한 혈중의 질소 소비량이 증가되었을 것으로 보이나, 통계적 유의성은 없었다.

요 약

본 실험은 가공과정을 통한 올리고당의 생리적 효과가 진존하는지를 알아보기 위하여, 설탕 대신 프락토올리고당과 이소말토올리고당을 40%수준으로 대치하여 구운 스폰지 케이크분말과 AIN-76에 준하여 만든 기본식이를 각각 30:70으로 혼합하여 흰쥐에 25일간 섭취시

켜 다음과 같은 결과를 얻었다. 실험 동물의 일일 섭취량과 체중증가량 및 식이효율은 3군에서 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 간의 무게와 소장 길이도 대조군과 모든 실험군에서 유의적인 차이는 없었다. 맹장 내용물과 맹장 조직량의 무개는 프락토올리고당 섭취군에서만 뚜렷이 증가하는 것으로 나타났다. 맹장 내용물의 pH는 프락토올리고당, 이소말토올리고당 섭취군 모두에서 유의적으로 감소된 결과를 보여주었다. 변내 수분함량은 프락토올리고당 섭취군에서 가장 크게 나타났으며, 이소말토올리고당군에서도 유의적으로 증가되었다. 1일 변 배설량은 프락토올리고당 섭취군과 이소말토올리고당 섭취군에서 모두 증가되었다. 혈청 내 총 콜레스테롤은 프락토올리고당 섭취군에서만 유의적으로 감소하여 혈청 지질 개선 효과를 보여주었다. 혈중 요소 질소(BUN)농도는 올리고당 섭취군이 대조군에 비해 다소 낮은 경향을 보였다. 그러므로 본 연구에서 스폰지케이크 제조시에 첨가되었던 이소말토올리고당은 변배설량과 변내 수분함량의 증가, 맹장 내용물의 pH저하에 효과를 보여주었으며, 프락토올리고당은 맹장 내용물과 맹장 wall의 증가, 변 배설량 및 변내 수분함량의 증가, 맹장 내용물의 pH저하, 혈장 지질 저하 등의 효과를 보여주어 스폰지 케이크의 제조와 같은 열처리 후에도 바람직한 기능성이 충분히 남아 있는 것으로 나타났다.

문 헌

1. Tokunaga, T., Oku, T. and Hosoya, N.: Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharides (neosugar) on growth and gastrointestinal function of the rat. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **32**, 111-121(1986)
2. Delzenne, N. M., Kok, N., Fiordaliso, F., Deboyser, D. M., Goethals, F. M. and Roberfroid, M. B.: Dietary fructooligosaccharides modify lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **57**(suppl), 820s(1993)
3. Fiordaliso, M., Kok, N., Desager, J. P., Goethals, F., Deboyser, D., Roberfroid, M. and Delzenne, N.: Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids.*, **30**, 163-167(1995)
4. Robertfroid, M. B.: Functional effects of food components and the gastrointestinal system: chicory fructooligosaccharides. *Nutr. Rev.*, **54**, s38-42(1996)
5. Bornet, F. R.: Undigestible sugars in food products. *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**(suppl), 763s-769s(1994)
6. Kaneko, T., Kikuchi, H., Yatake, T., Tsuji, K., Kohimoto, T., Shiota, S. and Iino, H.: イソマルトオリゴ糖攝取が 健常人の便性状と消化器症狀に及ぼす影響. *臨床營養*, **82**, 789-794(1993)
7. Park, K. H.: Development of new materials from carbohydrate. *Food Science and Industry*, **25**, 73-81(1992)
8. Kim, C. S. and Lee, Y. S.: Characteristics of sponge cakes with replacement of sucrose with oligosaccharides and sugar alcohols. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **13**, 204-212(1997)
9. Kim, Y. A.: Effects of fructo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide on quality and staling of cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 875-880(1998)
10. Kim, J. R., Yook, C., Kwon, H. K., Hong, S. Y., Park, C. K. and Park, K. H.: Physical and physiological properties of isomaltooligosaccharides and fructooligosaccharides. *Korean J. Food. Sci. Technol.*, **27**, 170-175(1995)
11. Lee, K. A., Lee, Y. J. and Ly, S. Y.: Effects of oligosaccharides on physical, sensory and textural characteristics of sponge cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 547-553(1999)
12. Shephard, M. D. and Whiting, M. J.: Falsely low estimation of triglycerides in lipemic plasma by the enzymatic triglyceride method with modified Trinder's chromogen. *Clin. Chem.*, **36**, 325-329(1990)
13. Savoldi, R., Prandini, B. D. and Donisi, C.: Enzymatic determination of total serum cholesterol by 4-amino-phenazone-phenol: manual and automatic method. *Quad. Sclavo. Diagn.*, **12**, 238-247(1976)
14. Creno, R. J., Wenk, R. E. and Bohlig, P.: Automated micromeasurement of urea using urease and the Berthelot reaction. *Am. J. Clin. Pathol.*, **54**, 828-832(1970)
15. Finley, J. W. and Leveille, G. A.: Macronutrient substitute. In "Present knowledge in nutrition" Ziegler, E. E. and Filer, L. J.(eds), ILSI, Seoul, Korea, pp.590-605(1998)
16. Oh, H. I. and Ly, S. Y.: A study on nutritional characteristics of common Korean dietary fiber rich foods. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.*, **27**, 296-304(1998)
17. Ohta, A., Ohtsuk, M., Baba, S., Adachi, T., Sakata, T. and Sakaguchi, E.: Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides. *J. Nutr.*, **125**, 2417-2124(1995)
18. Younes, H., Garleb, K., Behr, S., Remesy, C. and Demigné, C.: Fermentable fibers or oligosaccharides reduce urinary nitrogen excretion by increasing urea disposal in the rat cecum. *J. Nutr.*, **125**, 1010-1016(1995)
19. Djouzi, Z. and Andrieux, C.: Compared effects of three oligosaccharides on metabolism of intestinal microflora in rats inoculated with a human faecal flora. *Brit. J. Nutr.*, **78**, 313-324(1997)
20. Lee, J. S., Yeom, T. R. and Shin, H. K.: Effects of Jerusalem artichoke and chicory on lipid metabolism in rats. *Korean J. Nutrition*, **31**, 13-20(1998)
21. Eastwood, M. A.: The physiological effect of dietary fiber. An update. *Annu. Rev. Nutr.*, **12**, 19-35(1992)
22. Ohta, A., Baba, S., Ohtsuki, M., Taguchi, A. and Adachi, T.: Prevention of coprophagy modifies manganese absorption in rats fed with fructooligosaccharides. *Brit. J. Nutr.*, **75**, 775-784(1996)