

# 자일로올리고당의 섭취가 변 내 비피더스 균수, Lactic Acid 농도와 지질대사에 미치는 영향\*

나 미 희 · 김 우 경<sup>§</sup>

단국대학교 자연과학대학 자연과학부 식품영양학전공

## Effects of Xylooligosaccharide Intake on Fecal Bifidobacteria, Lactic acid and Lipid Metabolism in Korean Young Women\*

Na, Mi Hee · Kim, Woo Kyoung<sup>§</sup>

Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

### ABSTRACT

This study investigated the effects of xylooligosaccharide on feces *bifidobacteria* proliferation, lactic acid concentration and lipid metabolism in healthy woman. Fourteen volunteers were randomly assigned to 2 groups : 1.4 g/day xylooligosaccharide intake group, 2.8 g/day xylooligosaccharide intake group. The duration of the study was 28 days. The amount of feces and excretion time were not affected by xylooligosaccharide intake. The color of feces changed to yellow brown, and hardness of stool and effort to evacuation were reduced by xylooligosaccharide intake. Xylooligosaccharide intake reduced the fecal pH significantly after 14 days in 2.8 g/day intake group ( $p < 0.05$ ). The number of fecal bifidobacteria were significantly increased after 28 days in 1.4 g/day intake group ( $p < 0.05$ ), and in 2.8 g/day intake group, the number of fecal bifidobacteria significantly increased after 14 days ( $p < 0.05$ ). Water contents of feces were not affected by xylooligosaccharide intake. The fecal triglyceride and cholesterol concentrations were increased in 2.8 g/day intake group ( $p < 0.05$ ), and in 1.4 g/day intake group, fecal cholesterol concentration only was increased ( $p < 0.05$ ). The fecal lactic acid concentration was significantly increased in 2.8 g/day intake group ( $p < 0.05$ ). Serum triglyceride, cholesterol and glucose concentration were significantly decreased in 2.8 g/day intake group ( $p < 0.05$ ). In conclusion, xylooligosaccharide dietary supplementation may be beneficial to gastrointestinal health and lipid metabolism, and 2.8 g/day intake was more effective than 1.4 g/day intake. (*Korean J Nutrition* 40(2): 154~161, 2007)

**KEY WORDS** : xylooligosaccharide, bifidobacteria, lactic acid, lipid metabolism.

### 서 론

Prebiotics란 사람을 포함한 동물의 장내에서 유익균의 성장이나 활성을 선택적으로 높여 숙주의 건강을 이롭게 해주는 난소화성물질을 말한다.<sup>1)</sup> 기능성 올리고당은 난소화성물질의 하나이며, 자일로올리고당, 프락토올리고당, 이소말토올리고당, 갈락토올리고당 등이 있다.<sup>2)</sup>

기능성올리고당은 장내 소화효소에 의해 분해되지 않고 장내 미생물에 의해 발효되는 다당류로  $\beta$ -glycoside 결합에 의해 2~9개의 단당류를 포함한 감미를 가진 수용성 물

질로 알려져 있다.<sup>2)</sup> 기능성올리고당은 비피더스균의 증식을 선택적으로 촉진하는 대표적인 비피더스인자이다.<sup>3)</sup> 비피더스균은 일반 젖산균과는 달리 담즙에 비교적 높은 저항력을 가지고 있어 장내에서 생존이 가능하며 유기산과 short chain fatty acid (SCFA)를 생성시켜,<sup>4)</sup> 장의 pH를 낮추어 산에 민감한 유해균으로 알려져 있는 *E.coli*, *Clostridium perfringens* 등과 같은 유해균을 억제 시킨다.<sup>5)</sup> 따라서 비피더스균의 증식은 유해균에 의해 생성되는 ammonia, amine 등이 장관에서 흡수되는 속도를 저하시킨다. 또한 비피더스균은 장의 연동운동을 활발하게 하여 변비를 개선하며,<sup>6)</sup> 장내에서 박테리아성 암을 생성하는 효소활성을 방해한다는 보고가 있다.<sup>7)</sup> 그리고 비피더스균은 변으로의 담즙산 배설과 스테로이드 배설을 증가시키고<sup>8)</sup> 간에서의 중성지방 합성을 낮추어,<sup>9)</sup> 혈액내 지방수준을 개선시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.<sup>10)</sup>

접수일 : 2007년 1월 7일

채택일 : 2007년 3월 12일

\*This study was supported by Hyundai Pharm. Ind. Co., Ltd.

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail : Wkkim@dankook.ac.kr

자일로올리고당은 xylan의 가수분해산물로 xylose가 2~6개 중합된 것으로 사람의 소화효소에 의해 분해되지 않고 대장까지 이동하는 저칼로리성 (1.5~3.0 kal/mol)의 난소화성당의 특징을 가지고 있다.<sup>11)</sup> 자일로올리고당은 소량으로도 비피더스균의 활성을 증가시키고,<sup>12)</sup> 부패균의 증식 억제 등의 기능이 다른 올리고당에 비해 우수하다고 알려져 있다.<sup>13)</sup>

이에 본 연구는 젊은 여성을 대상으로 자일로올리고당의 섭취량이 다를 때 변의 pH 변화, 변 내 수분양, 비피더스균의 성장, lactic acid의 농도, 지질 대사와 배변 활동에 어떠한 변화가 있는지 알아보는 것을 목적으로 실시되었다.

## 연구방법

### 1. 실험 대상자

실험대상자는 건강한 여성 16명이었으며, 모두 실험 목적의 설명을 듣고 자발적으로 실험에 참여하였고, 서면으로 실험에 동의하였다. 실험 전에 배변상태와 소화력에 관련된 설문을 하였으며, 변이나 소화에 문제가 있는 대상자들은 제외하여 배변과 소화의 문제가 없는 여성 16명을 대상으로 선정하였다. 실험결과 2명의 실험치의 편차가 커서 통계처리에서 제외하여 14명의 대상자의 결과만을 통계처리 하였다.

### 2. 실험 디자인

자일로올리고당을 섭취하기 전, 후에 설문지를 통하여 배변과 관련된 설문을 하였고, 변 sample을 얻을 때 마다 변 무게, 배변 시 소요시간에 대한 배변 일지를 작성하였다. 대상자를 2군으로 나누어 28일간 순수 자일로올리고당 (현대약품)을 하루에 각기 1.4 g과 2.8 g씩 섭취시켰다. 섭취량은 중년 남성에게 하루에 자일로올리고당을 1 g과 2 g 섭취 시에 장내 비피더스균이 유의적으로 성장하였다는 연구결과에<sup>6)</sup> 기초하여 설정하였다. 본 연구에 사용한 자일로올리고당 용액은 순도 50%이었으므로 실제로 섭취한 자일로올리고당용액은 각기 2.8 g과 5.6 g이었다. 자일로올리고당용액은 하루에 2번으로 나누어 일정한 시간 (오전 11시와 오후 3시)에 100 ml 생수로 희석하여 섭취하도록 하였다. 변 채취는 자일로올리고당 섭취 전 1번, 섭취 후 7일째, 14일째, 28일째 총 4회에 걸쳐 이루어졌다. 실험대상자가 변을 본 후 실험대상자가 즉시 변 무게를 측정 한 후 용기에 약 10 g 정도의 변을 채취하여 실험자에게 전달하였다. 변 채취 후 바로 변내 pH, 변 내 수분양, 변 내 미생물 실험을 실시하였고, 나머지는 -70℃에 보관하여 변

내 lactic acid와 ammonia 농도를 측정하였다.

## 3. 실험 항목

### 1) 분변 실험

#### (1) 변 무게

배변 시 저울을 이용하여 무게를 측정하였다.

#### (2) 변 내 pH

배변 시 1 g을 취하여 증류수로 10배 희석하고 pH meter를 이용하여 변 내 pH를 측정하였다.

#### (3) 변 내 수분함량

배변 시 일정량을 취하여 105℃ oven에서 건조시켜 변 내 수분양을 측정 하였다.

#### (4) 변 내 미생물

변을 본 후 30분내 0.5 g을 취하여 살균된 phosphate buffer 4.5 ml에 잘 균질화하여 십진 희석하여 10<sup>10</sup>배로 희석하였다. 총균은 BL 배지를 사용하였고, 비피더스균은 비피더스 선택용 배지인 BS 배지를 사용하였다. 10<sup>10</sup>배 희석한 용액 50 µl를 배지에 도말하였으며 혐기적 배양을 위해 anaerobic jar에 넣어 37℃ incubator에서 72시간 배양하였다. 배양한 후 배양된 집락의 수를 계수하였고 여기에 희석배수를 곱하여 분변 1 g당 균수(log cfu: colony forming unit/g wet feces)로 나타내었다.

#### (5) 변 내 지방 농도 분석

건조시킨 변 200 mg을 취하여 CM solution (chloroform : methylalcohol = 2 : 1 v/v)으로 지질을 추출하여 총 지질, 콜레스테롤, 중성지방을 측정하였다. 총 지질은 황산을 가하고 phospho-vanilin reagent를 첨가하여 15분간 반응시키고 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.<sup>14)</sup> 콜레스테롤과 중성지방은 효소법을 이용한 kit (아산제약)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### (6) 변 내 lactic acid 농도

-70℃에 저장한 변을 녹여 막자사발에서 균질화한 후, 시료 1 g을 채취하여 perchloric acid 10 ml와 함께 혼합한 후 원심분리하여 상층액을 얻었다. 상층액에서 효소법을 이용한 kit (Boehringer Mannheim)로 lactic acid 농도를 측정하였다.<sup>15)</sup>

#### (7) 변 내 ammonia 농도

-70℃에 저장한 변을 녹여 막자사발에서 균질화한 후, 시료 3 g을 채취하여 perchloric acid 12 ml와 함께 혼합

한 후 원심분리하여 상층액을 얻었다. 상층액에서 효소법을 이용한 kit (Boehringer Mannheim)로 ammonia 농도를 측정하였다.<sup>16)</sup>

**2) 혈액 실험**

혈액은 자일로올리고당 섭취 전과 후 2번 채취하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 분석할 때까지 -70°C에 보관하였다. 혈청 총 지질은 황산을 가하고 phospho-vanilin reagent를 첨가하여 15분간 반응시키고 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.<sup>14)</sup> 콜레스테롤과 중성 지방은 효소법을 이용한 kit (아산제약)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 포도당은 효소법을 이용한 kit (아산제약)를 사용하여 측정하였다.

**3) 설문지 조사**

자일로올리고당 섭취 전 후의 설문지를 통하여 변의 색, 변의 상태 등을 조사하였다. 변 상태에 대한 설문지는 다른 연구에서 사용된 것을 참고하였으며,<sup>17)</sup> 조사대상자들을 대상으로 변의상태에 대해 교육을 실시하였다.

**4. 통계처리**

모든 실험결과는 SAS (statistical analysis system)를 이용하여 평균과 표준 편차를 구하였고,  $\alpha = 0.05$  수준에서 paired t-test를 통해 자일로올리고당 섭취 전, 후의 차이에 대한 유의성을 검증하였다. 설문지자료는 대상자 수가 적어 응답자수와 백분율만을 산출하였다.

**연구결과 및 고찰**

**1. 실험 대상자의 일반 사항**

실험대상자 14명의 나이의 분포는 23세에서 26세로 평균 연령은 24.5 ± 1.3세였으며, 1.4 g 섭취군의 평균 나이는 22.3 ± 1.8세, 2.8 g 섭취군의 평균 나이 22.6 ± 1.8세로 유의적인 차이가 없었다.

**2. 변의 특징 변화**

자일로올리고당 섭취에 따른 변의 특징을 알아보기 위하여 올리고당 섭취 전과 후의 변량, 배변 시 소요 시간 등을 조사하였다. 자일로올리고당 섭취 후 1회당 평균 배변량과, 한번 배변 시 걸리는 시간은 1.4 g 섭취군, 2.8 g 섭취군 모두 유의적 차이는 없었으나 배변량은 증가하고 배변 시 걸리는 시간은 감소하는 경향이였다 (Table 1). Lee 등<sup>18)</sup>은 성인 여성을 대상으로 이소말토올리고당이 13.8% 함유된 스펀지 케이크를 섭취시켰을 때 배변량이 증가하는 것을 관찰하여 본 실험결과와 일치하였다.

그리고 설문지를 통하여 올리고당 섭취 전 후 변 상태에 대한 설문 결과는 Table 2와 같다. 변의 색의 경우 1.4 g 섭취군은 큰 변화는 없었으나 2.8 g 섭취군에서 황갈색으로 변화되었다고 답했고, 변의 모양은 1.4 g, 2.8 g 섭취군에서 묽어지는 경향을 보였다. 배변시 힘이 드는 정도에서는 1.4 g 섭취군은 자일로올리고당 전에는 '보통'이 5명이었으나 자일로올리고당을 섭취한 후 '보통' 2명, '쉽다' 4명으로 변화를 보였다. 2.8 g 섭취군에서도 자일로올리고당 섭취 전 '보통'이라고 답한 5명에서 섭취 후 '쉽다' 4명, '매우 쉽다' 1명으로 변화를 보여 올리고당을 섭취할 때 배변 시 힘이 드는 정도가 줄어드는 경향이였다.

**3. 분변 실험**

**1) pH 변화**

자일로올리고당을 섭취하기 전 변의 pH는 1.4 g 섭취군은 7.1, 2.8 g 섭취군은 7.0으로 유의적인 차이가 없었다. 자일로올리고당 섭취 후 1.4 g 섭취군은 7, 14, 28 일째 각각 6.8, 6.7, 6.5로 차이가 없었고, 2.8 g 섭취군은 7, 14, 28일 째 각각 6.4, 6.1, 6.1로 섭취 14일부터 유의적으로 감소하였다 (Table 3).

**Table 1.** Effect of xylooligosaccharide intake on fecal amount and excretion time

	Amount (g/unit)		Time (min/unit)	
	1.4 g	2.8 g	1.4 g	2.8 g
Before	110.7 ± 55.0 <sup>1NS</sup>	114.3 ± 72.5 <sup>NS</sup>	2.7 ± 1.7 <sup>NS</sup>	4.7 ± 3.9 <sup>NS</sup>
28 Days	154.3 ± 72.8	182.9 ± 44.2	2.6 ± 1.3	3.1 ± 1.8

1) Mean ± SD  
NS: not significant

**Table 2.** Effect of xylooligosaccharide intake on characteristic of feces N (%)

		1.4 g		2.8 g	
		Basal	28 days	Basal	28 days
Color	Yellow	1 (14.3)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	2 (28.6)
	Yellow brown	4 (57.1)	5 (71.4)	2 (28.6)	5 (71.4)
	Dark brown	2 (28.6)	1 (14.3)	5 (71.4)	0 ( 0.0)
	Black	0 ( 0.0)	1 (14.3)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
Shape of stool	Very hard lump	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
	Sweet potato	1 (14.3)	1 (14.3)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
	Banana	5 (71.4)	4 (57.1)	4 (57.1)	3 (42.9)
	Doughy	1 (14.3)	2 (28.6)	3 (42.9)	4 (57.1)
	Muddy	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
Effort to evacuation	Force	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
	A little force	0 ( 0.0)	1 (14.3)	1 (14.3)	0 ( 0.0)
	Normal	5 (71.4)	2 (28.6)	5 (71.4)	1 (14.3)
	Easy	1 (14.3)	4 (57.1)	1 (14.3)	5 (71.4)
	Very easy	1 (14.3)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 (14.3)

올리고당은 장내 미생물을 변화시키고 SCFA를 생성시키는 것으로 보고되고 있으며,<sup>19)</sup> Christl 등<sup>20)</sup>은 SCFA가 장내 pH를 낮춘다고 하였다. Campbell 등<sup>21)</sup>은 수컷 쥐에게 식이무게의 6%로 자일로올리고당을 섭취시켰을 때 장내 pH가 감소하였으며, 이는 자일로올리고당의 섭취로 인해 맹장 내 lactate가 증가하였기 때문이라고 보고하였다. 그러나 Alles 등<sup>16)</sup>은 건강한 성인이 trans갈락토올리고당을 하루에 7.5 g, 15 g을 3주 동안 섭취하였을 때 변의 pH에 변화가 없었다고 보고하였다.

**2) 변 내 수분양 변화**

자일로올리고당 섭취 전과 후의 수분량 변화는 1.4 g, 2.8 g 섭취군 모두 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다 (Table 3).

Bouhnik 등<sup>22)</sup>은 건강한 성인에게 하루에 10 g의 trans 갈락토올리고당을 섭취시켰을 때 변 내 수분함량에는 차이가 나타나지 않는다고 보고 하였고, Robinson 등<sup>23)</sup>의 연구에서 하루에 15 g, 30 g의 아라비노갈락탄을 섭취한 성인에게서도 변 내 수분양의 변화를 볼 수 없었다고 보고 하여 본 연구결과와 같았다.

**Table 3.** Effect of xylooligosaccharide intake on fecal pH and moisture contents

		1.4 g	2.8 g
pH	Basal	7.1 ± 0.5 <sup>NS</sup>	7.0 ± 0.6
	7 days	6.8 ± 0.3	6.4 ± 0.5
	14 days	6.7 ± 0.4	6.1 ± 0.4*
	28 days	6.5 ± 0.8	6.1 ± 0.8*
Moisture contents (%)	Basal	76.0 ± 5.9 <sup>NS</sup>	76.9 ± 7.6 <sup>NS</sup>
	7 days	77.6 ± 6.6	79.0 ± 5.1
	14 days	73.6 ± 10.0	77.3 ± 8.7
	28 days	78.0 ± 7.7	81.8 ± 3.9

1) Mean ± S.D  
 NS: not significant  
 \*: significantly different at  $\alpha = 0.05$  between basal and after 7, or 14, or 28 days by paired t-test

**3) 변 내 미생물수 변화**

자일로올리고당 섭취에 따른 총 균수의 변화는 1.4 g, 2.8 g 섭취군 모두 섭취 전 보다 증가하는 경향이었으나 유의적인 차이가 없었다 (Fig. 1A). 비피더스 균수는 올리고당 섭취에 따라 증가하였는데 1.4 g 섭취군에서는 28일째 유의적인 증가를 보였고, 2.8 g 섭취군에서는 섭취 7일 이후에 유의적으로 증가하여 계속 유지되었다 (Fig. 1B).

우리나라에서 젊은 여성을 대상으로 대두올리고당을 하루에 15 g씩 섭취시켰을 때 변 내 총 균수에서는 변화가 없었으나 비피더스균은 증가하였다고 보고 하여 본 연구와 비슷한 결과를 볼 수 있었다.<sup>24)</sup> Gibson 등<sup>25)</sup>은 하루 15 g의 프락토올리고당을 성인에게 섭취시켰을 때 총 균수는 변화가 없었으나 비피더스균은 증가하였다고 보고하고 있다. 또한 건강한 성인에게 7일 동안 10 g씩 프락토올리고당, 대두올리고당, 갈락토올리고당을 군별로 나누어 섭취시켰을 때 총 균수에서는 큰 변화는 없었으나 비피더스균은 모든 군에서 증가하였다고 보고 하였다.<sup>22)</sup> Hsu 등<sup>19)</sup>은 자일로올리고당을 식이무게의 6%로 섭취한 실험동물이 프락토올리고당을 식이무게의 6%로 섭취한 실험동물 보다 비피더스균이 더 증가했다고 하여, 자일로올리고당이 프락토올리고당 보다 비피더스균 증가에 더 효과적이라고 보고하였다.

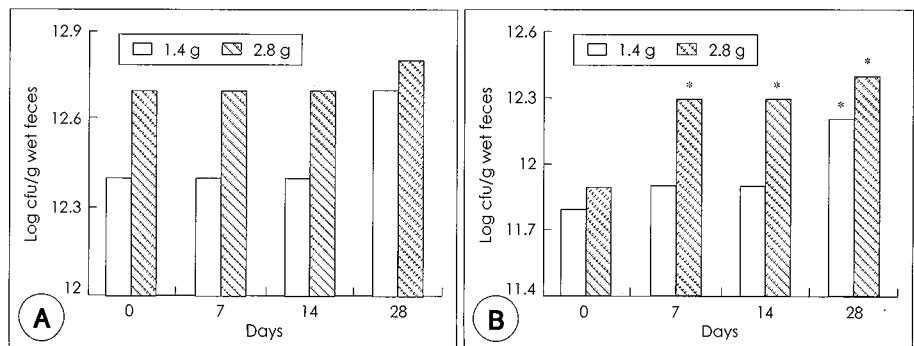
올리고당의 섭취는 비피더스균을 증식시키고 증식된 비피더스균은 lactate와 SCFA를 생성시킨다.<sup>26)</sup> 생성된 SCFA는 장내의 pH를 낮추는데,<sup>27,28)</sup> 본 연구에서도 자일로올리고당의 섭취에 따른 비피더스균이 증가되고 이에 따라 pH가 낮아지는 것으로 나타났다.

**4) 변 내 Lactic acid 농도**

자일로올리고당의 섭취에 따른 변내 lactic acid 농도 변화는 Fig. 2A와 같다. 자일로올리고당 섭취 후 1.4 g 섭취군은 섭취전과 차이가 없었으나 2.8 g 섭취군은 변내 lactic acid 농도가 유의적으로 증가하였다.

Blay 등<sup>29)</sup>은 식이무게의 9%로 프락토올리고당을 단기간

**Fig. 1.** Effect of xylooligosaccharide intake on fecal numbers of bacteria. A: Total bacterium, B: Bifidobacterium. \*: significantly different at  $\alpha = 0.05$  between basal and after 7, or 14, or 28 days by paired t-test.



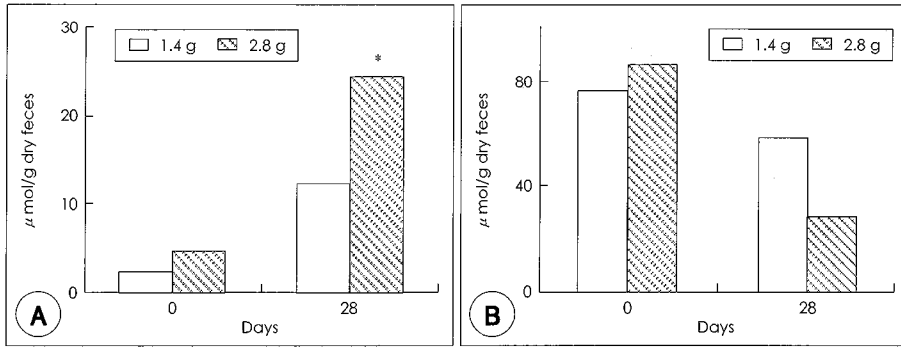


Fig. 2. Effect of xylooligosaccharide intake on fecal lactic acid and ammonia concentration. A: Lactic acid, B: Ammonia. \*: significantly different at  $\alpha = 0.05$  between before and after 28 days by paired t-test.

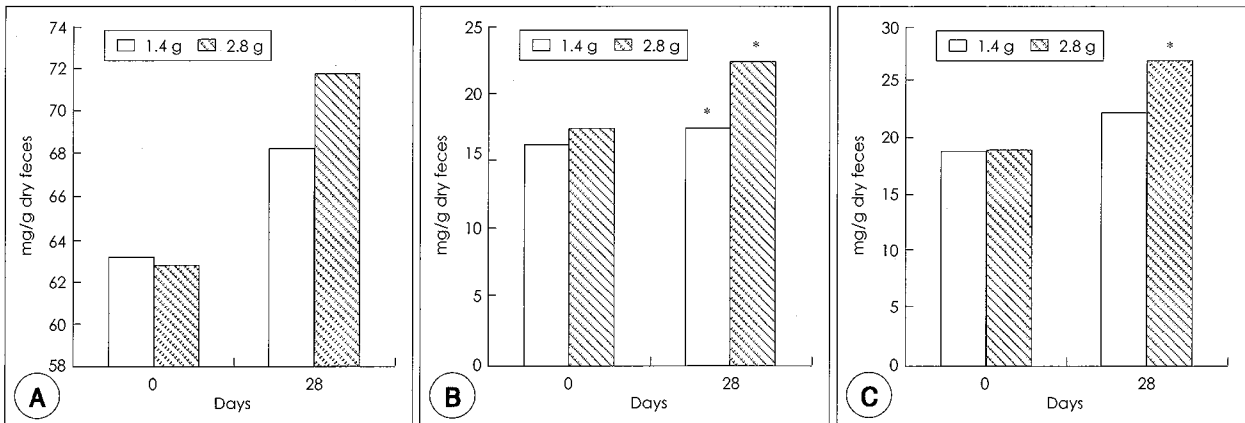


Fig. 3. Effect of xylooligosaccharide intake on fecal lipid profiles. A: Total lipid, B: Cholesterol, C: Triglyceride. \*: significantly different at  $\alpha = 0.05$  between before and after 28 days by paired t-test.

섭취한 실험동물에서 맹장의 lactic acid의 농도가 증가하였다고 보고하고 있어 올리고당 섭취 시 lactic acid가 증가하는 본 연구결과와 일치하였다. 또한 Ten Bruqqencate 등<sup>15)</sup>은 성인 남성에게 하루에 20 g의 프락토올리고당을 섭취시켰을 때 변으로의 lactic acid 배설량이 증가하였다고 보고 하였다. 본 연구에서 변 내 lactic acid 농도 증가는 자일로올리고당의 섭취로 인한 장내 비피더스균의 증가와 일치하였다.

### 5) 변 내 Ammonia 농도

자일로올리고당 섭취에 따른 ammonia 농도 변화는 Fig. 2B와 같다. 자일로올리고당 섭취 후 1.4 g, 2.8 g 섭취군 모두 섭취 전 보다 감소하는 경향이였으나 유의적인 차이는 없었다.

Swanson 등<sup>30)</sup>은 건강한 사람들에게 하루에 3 g의 프락토올리고당을 4주간 섭취시켰을 때 변 내 ammonia 농도가 감소하였다고 보고하고 있어 본 연구와 일치하였다. 올리고당의 섭취로 인한 비피더스균의 증식은 유기산의 생성을 증가시켜 ammonia, amine, indole 등의 해로운 물질들의 생성을 억제하는 것으로 여겨진다.<sup>31)</sup>

### 6) 변 내 지질 농도

자일로올리고당 섭취에 따른 변의 지질농도는 Fig. 3과 같다. 변 내 총지질량은 자일로올리고당 섭취 후 1.4 g, 2.8 g 섭취군 모두 섭취전과 차이가 없었다. 변 내 총 콜레스테롤 농도는 1.4 g 섭취군은 16.2 ± 4.3 mg/g에서 17.4 ± 3.7 mg/g으로, 2.8 g 섭취군은 17.4 ± 3.2 mg/g에서 22.4 ± 5.4 mg/g으로 두 군 모두 유의적으로 증가하였다. 중성지방 농도는 1.4g 섭취군은 섭취 전 후에 차이가 없었으나 2.8 g 섭취군은 섭취 전에 비해 자일로올리고당 섭취 후 유의적으로 증가하였다.

Kim과 Shin은<sup>32)</sup> 실험동물에게 식이무게의 5%로 치커리와 이눌린을 섭취시켰을 때 변 내 총 지방과 콜레스테롤의 배설이 증가하였는데 그 이유는 콜레스테롤의 흡수가 감소되기 때문이라고 하였다. 또한 Sung 등<sup>33)</sup>의 연구에서는 실험동물에게 식이무게의 6%로 프락토올리고당을 섭취시켰을 때 변으로의 콜레스테롤 배설량이 증가하는 경향을 보이고 중성지방의 배설 또한 증가하였다고 보고하였다. Kim 등<sup>13)</sup>의 연구에서 고콜레스테롤 식이에 식이무게의 5%, 10% 및 15%의 자일로올리고당을 섭취한 실험동물의 분변으로 배설된 총지질과 중성지방, 중성콜레스테롤 함량이 대조군

보다 유의적으로 높았다고 보고 하였다. 콜레스테롤은 bacteria에 의해 coprostanol 형태로 전환되는데,<sup>34)</sup> 자일로올리고당의 섭취로 장내 비피더스균의 활성이 촉진되어 콜레스테롤을 중성스테롤인 coprostanone, coprostanol로 전환시켜 변으로의 콜레스테롤 배설이 증가되었다고 하였다.<sup>13)</sup> 또한 젊은 여성이 하루 15 g의 대두올리고당을 섭취했을 때 변 내 총 지질과 콜레스테롤의 농도변화는 큰 차이가 없었다는 보고도 있어<sup>24)</sup> 대두올리고당 보다는 자일로올리고당의 섭취가 변으로의 지방 배설에 더 효과적인 것으로 사료된다.

#### 4. 혈액 실험

##### 1) 혈청 지방 농도

자일로올리고당 섭취에 따른 혈액의 지질농도 변화는 Fig. 4와 같다. 혈액의 총 지방량은 1.4 g 섭취군과 2.8 g 섭취군 모두 올리고당 섭취 시 감소하는 경향을 보이나 유의적이지 않았다. 혈액의 총콜레스테롤과 중성지방은 자일로올리고당을 하루에 2.8 g 섭취 할 때 유의적으로 감소하였다.

Delzenne와 Kok<sup>35)</sup>는 실험동물에게 프락토올리고당을 섭취시켰을 때 혈액의 중성지방이 유의적으로 감소하고, 콜레스테롤은 장기간 섭취시 감소하였다고 보고하였다. 이러한 혈액의 중성지방감소는 간으로부터의 VLDL 분비의 감소, fatty acid synthetase의 활성 감소 등이 논의되고 있다.<sup>2)</sup> 또한 자일로올리고당을 실험동물에게 식이무게의 5%, 10%, 15%로 첨가하여 섭취시켰을 때 대조군 보다 혈중 중성지방의 농도와 콜레스테롤의 농도가 유의적으로 감소하였다고 보고하고 있는데 이는 올리고당의 섭취가 콜레스테

롤 미셀이 장벽을 통해 흡수되는 것을 억제시킴으로써 가능하다고 하였다.<sup>36)</sup>

Levrat 등<sup>37)</sup>은 식이무게의 10%로 이눌린을 섭취한 실험동물의 혈액내 지방 농도가 감소하였으며, 그 이유는 이눌린 섭취로 인해 생성된 SCFA의 하나인 propionate가 간의 콜레스테롤 합성을 조절하고 변으로의 담즙산을 분비하기 때문이라고 보고하였다. Fukusima와 Nakano는<sup>38)</sup> prebiotics의 섭취는 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase (HMG-CoA reductase)의 활성을 억제하고 변으로 담즙산 배설을 증가시켜 혈액의 콜레스테롤을 감소시킨다고 보고 하였다. 본 연구에서 자일로올리고당의 섭취는 비피더스균 증식으로 변으로의 콜레스테롤과 중성지방의 배설이 증가되어 혈액의 콜레스테롤과 중성지방이 낮아지는 것으로 사료된다.

##### 2) 혈청 포도당 농도

자일로올리고당 섭취로 인한 혈청 포도당 농도는 자일로올리고당 섭취 전 후에 1.4 g 섭취군은 75.2 ± 9.3 mg/100 ml, 73.0 ± 7.9 mg/100 ml로 차이가 없었으나, 2.8 g 섭취군은 80.0 ± 10.7 mg/100 ml, 72.6 ± 9.9 mg/100 ml로 유의적으로 감소하였다 (Fig. 4).

Agheli 등<sup>39)</sup>은 식이무게의 10%로 프락토올리고당을 실험동물에게 섭취시켰을 때 대조군보다 혈청 glucose가 유의적으로 낮았다고 보고 하였고, Luo 등<sup>40)</sup>은 프락토올리고당의 섭취가 간에서의 glucose 생성을 감소시킨다고 보고 하였다. Boillot 등<sup>41)</sup>은 SCFA 중의 하나인 propionate가 풍부한 식이를 실험동물에게 섭취시켰을 때 혈청 glucose

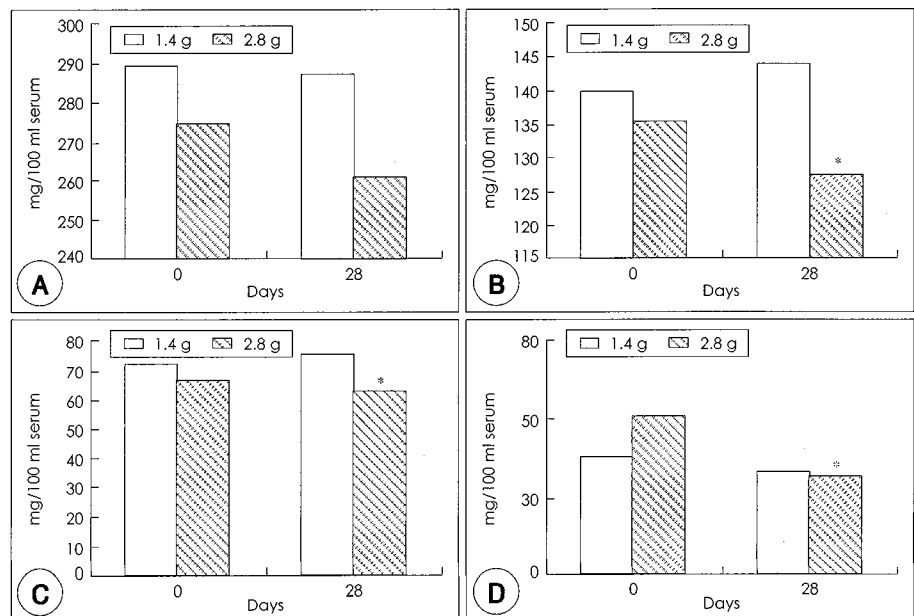


Fig. 4. Effect of xylooligosaccharide intake on serum lipid profiles and glucose concentrations. A: Total lipid, B: Cholesterol, C: Triglyceride, D: Glucose. \*: significantly different at  $\alpha = 0.05$  between before and after 28 days by paired t-test.

가 감소되었다고 보고 하였는데, 이는 propionate가 pyruvate carboxylase에 영향을 주어 pyruvate pathway를 억제하여 당신생 과정은 억제되고 해당과정은 촉진되기 때문이라고 하였다.

## 요약 및 결론

본 연구는 14명의 젊은 여성을 2 군으로 나누어 28 일 동안 하루에 1.4 g, 2.8 g의 순수 자일로올리고당을 섭취시켰을 때 변 내 pH, 변의 수분양 및 변 내 비피더스균 증식, 변 내 lactic acid, ammonia 농도, 지방대사와 혈청 포도당량에 미치는 영향을 알아보려고 실시되었다.

자일로올리고당 섭취 후 배변양은 두 군 모두 증가하는 경향이었고, 배변 시 걸리는 시간은 두 군 모두 감소하는 경향이였다. 설문지를 통하여 변의 상태를 알아본 결과 변의 색은 2.8 g 섭취군에서 자일로올리고당 섭취 후 흑갈색에서 황토색으로 변화되었고, 변의 모양은 두 군 모두 묽어지는 경향을 보이고 있으며, 배변 시 힘이 드는 정도는 두 군 모두 감소하는 경향이였다. 자일로올리고당의 섭취에 따른 변 내 pH는 2.8 g 섭취군에서 14일 이후부터 유의적으로 감소하였다. 변 내 비피더스균수는 1.4 g 섭취군에서 28일째, 2.8 g 섭취군은 섭취 시 7일 이후에 유의적으로 증가하였다. 자일로올리고당 섭취 후 변을 통한 콜레스테롤 배설은 두 군 모두에서, 중성지방 배설은 2.8 g 섭취군에서 유의적으로 증가하였다. 변 내 lactic acid 농도는 2.8 g 섭취군에서 유의적으로 증가하였다. 혈청 콜레스테롤과 중성지방은 2.8 g 섭취군에서 유의적으로 감소하였다. 혈청 glucose의 경우 2.8 g 섭취군에서 유의적으로 감소하였다.

결과를 종합해보면 자일로올리고당을 하루에 2.8 g 섭취한 군에서 비피더스균의 증가로 인해 lactic acid가 증가하여 변 내 pH가 감소되는 것이 확인되었다. 또한 변으로 지방배설이 증가하고 혈액의 지방농도와 포도당 농도가 감소하였다. 따라서 자일로올리고당의 섭취가 장내 환경을 변화시켜 건강증진에 도움을 줄 수 있는 것으로 여겨진다. 그러나 본 연구의 경우 올리고당을 섭취하지 않은 대조군이 없는 것과 실험 대상자의 균질성 등이 제한점이라고 할 수 있다.

## Literature cited

- Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 125: 1401-1412, 1995
- Fiordaliso M, Kok N, Desaqer JP, Goethals F, Deboyser D, Roberfroid M, Delzenne N. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30: 163-167, 1995
- Gibson GR. Dietary modulation of the human gut microflora using the probiotics oligofructose and inulin. *J Nutr* 129(7 Suppl): 1438S-1441S, 1999
- Kleessen B, Stoof G, Proll J, Schmiedl D, Noack J, Blaut M. Feeding resistant starch affects fecal and cecal microflora and short-chain fatty acid in rat. *J Anim Sci* 75: 2453-2462, 1997
- Koon YS, Lee SY. Effects of bifidobacteria and oligosaccharide on the quality attributes of frozen soy yogurts. *Kor J Soc Food Cookery Sci* 18(1): 43-50, 2002
- Okazaki M, Fujikawa S, Matsumoto N. Effects of xylooligosaccharide on growth of bifidobacteria. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 43(6): 395-401, 1990
- Goldin BR, Gorbach SL. The effect of milk and lactobacillus feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. *Am J Clin Nutr* 39: 756-761, 1984
- Aprikian O, Duclos V, Guyot S, Besson C, Manach C, Bernalier A, Morand C, Remesy C, Demigne C. Apple pectin and a polyphenol-rich apple concentrate are more effective together than separately on cecal fermentation and plasma lipids in rats. *J Nutr* 133(6): 1860-1865, 2003
- Delzenne NM, Kok NN. Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. *J Nutr* 129: 1467-1470, 1999
- Trautwein EA, Rieckhoff D, Erbersdobler HF. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profiles in hamsters. *J Nutr* 128: 1937-1943, 1998
- Rehw BK, Lee JW, Lee CS, Hyun SI, Park YJ, Ahn JB, Yang CG, Yoon SW. Effects of xylooligosaccharides on the growth of intestinal microflora. *Kor J Microbiol Biotechnol* 30(4): 380-387, 2002
- Lee OS, Choi CS, Choi GH, Joo GJ, Rhee IK. Production of xylooligosaccharides with thermostable xylanases from the *Streptomyces thermocyanoeviolaceus*. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 29(4): 221-226, 2001
- Kim SO, Rhee IK, Rhee SJ. Effects of dietary xylooligosaccharide on hepatic UDP-glucuronyl transferase activity and compositions of fecal sterols in rat high cholesterol diet. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 30(6): 1197-1203, 2001
- Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfphosphovanillin reaction. *Am J Clin Pathol* 53: 89-91, 1970
- Ten Bruqqencate SJ, Bovee-Oudenhoven IM, Lettink-Wissink ML, Katan MB, van der Meer R. Dietary fructooligosaccharide affect intestinal barrier function in healthy men. *J Nutr* 136: 70-74, 2006
- Alles MS, Hartemink R, Meyboom S, Harryvan JL, Van Laere KM, Nagengast FM, Hautvast JG. Effect of transoligosaccharides on the composition of the human intestinal microflora and on putative risk markers for colon cancer. *Am J Clin Nutr* 69: 980-991, 1999
- Ku, EJ. Effects of soyoligosaccharide intake on fecal Bifidobacterium and plasma lipids levels in Korean College Women. Ewha Woman's University Thesis, 2001
- Lee MR, Lee KA, Ly SY. Improving effects of fructooligosac-

- charide and isomaltooligosaccharide contains in sponge cake on the constipation of female college students. *J KOR SOC Food Sci Nutr* 32(4) : 621-626, 2003
- 19) Shu CO, Ligan JK, Chung MC, Hsieh CP, Chan YC. Xylooligosaccharide and fructooligosaccharides affect the intestinal microbiota and precancerous colonic lesion development in rats. *J Nutr* 134(6) : 1523-1528, 2004
  - 20) Christl SU, Bartram HP, Paul A, Kelber E, Scheppach W, Kasper H. Bile acid metabolism by colonic bacteria in continuous culture: effects of starch and pH. *Ann Nutr Metab* 41(1) : 45-51, 1997
  - 21) Campbell JM, Fahey GC Jr, Wolf BW. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acid, pH and microflora in rats. *J Nutr* 127(1) : 130-136, 1997
  - 22) Bounnik Y, Raskine L, Simoneau G, Vicaut E, Neut C, Flourie B, Brouns F, Bornet FR. The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study. *Am J Clin Nutr* 80(6) : 1658-1664, 2004
  - 23) Robinson RR, Feirtag J, Slavin JL. Effects of dietary arabinogalactan on gastrointestinal and blood parameters in healthy human subjects. *J Am Coll Nutr* 20(4) : 279-285, 2001
  - 24) Bang MH, Kim WK. Effects of soyoligosaccharide intake on fecal bifidobacteria and lipid concentration in Korean young women. *Korean J Nutrition* 37(8) : 662-668, 2004
  - 25) Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings JH. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 108(4) : 975-982, 1995
  - 26) Kleessen B, Hartmann L, Blaut M. Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human fecal flora. *Br J Nutr* 86(2) : 291-300, 2001
  - 27) Gibson GR, Wang X. Regulatory effects of bifidobacteria on the growth of other colonic bacteria. *J Appl Bacteriol* 77(4) : 412-420, 1994
  - 28) Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 125(6) : 1404-1412, 1995
  - 29) Blay GL, Michel C, Blottiere HM, Cherbut C. Prolonged intake of fructo-oligosaccharides induces a short-term elevation of lactic acid-producing bacteria and a persistent increase in cecal butyrate in rats. *J Nutr* 129(12) : 2231-2235, 1999
  - 30) Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Wolf BW, Chow J, Garleb KA, Williams JA, Fahey GC Jr. Fructooligosaccharides and *Lactobacillus acidophilus* modify bowel function and protein catabolites excreted by healthy humans. *J Nutr* 132(10) : 3042-3050, 2002
  - 31) Pierre F, Perrin P, Champ M, Bornet F, Meflah K, Menanteau J. Short-chain fructo-oligosaccharides reduce the occurrence of colon tumors and develop gut-associated lymphoid tissue in Min mice. *Cancer Res* 57(2) : 25-228, 1997
  - 32) Kim M, Shin HK. The water soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentration, cecal short chain fatty acid concentration and fecal lipid excretion in rats. *J Nutr* 128(10) : 1731-1736, 1998
  - 33) Sung HY, Jeoung HJ, Choi YS, Cho SH, Yun JW. Effects of chicory inulin and oligosaccharides on lipid metabolism in rats fed a high-cholesterol diet. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 33(2) : 305-310, 2004
  - 34) Beattie ME, Veatch SL, Stottrup BL, Keller SL. Sterol structure determines miscibility versus melting transitions in lipid vesicles. *Biophys J* 89(3) : 1760-1768, 2005
  - 35) Delzenne NM, Kok N. Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 7(2 Suppl) : 456S-458S, 2001
  - 36) Kim SO, Rhee SJ, Rhee IK, Joo GJ, Ha HP. Effects of dietary xylooligosaccharide on lipid levels of serum in rats fed high cholesterol diet. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 27(5) : 945-951, 1998
  - 37) Levrat MA, Favier ML, Moundras C, Remesy C, Demigne C, Morand C. Role of dietary propionic acid and bile acid excretion in the hypocholesterolemic effects of oligosaccharides in rats. *J Nutr* 124(4) : 531-538, 1994
  - 38) Fukushima M, Nakano M. The effects of a probiotic on fecal and liver lipid classes in rats. *Br J Nutr* 73(5) : 701-710, 1995
  - 39) 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
  - 40) Luo J, Rizkalla SW, Alamowitch C, Boussairi A, Blayo A, Barry JL, Laffitte A, Guyon F, Bornet FR, Slama G. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharide by healthy subjects decreased basal hepatic glucose production but had no effect on insulin-stimulated glucose metabolism. *Am J Clin Nutr* 63(6) : 939-945, 1996
  - 41) Boillot J, Alamowitch C, Berger AM, Luo J, Bruzzo F, Bornet FR, Slama G. Effects of dietary propionate on hepatic glucose production, whole-body glucose utilization, carbohydrate and lipid metabolism in normal rats. *Br J Nutr* 73(2) : 241-251, 1995