

Fructooligosaccharide의 섭취에 의한 인체의 腸內細菌 및 糞便 성상의 변화

강국희 · 김경민 · 최선규
성균관대학교 생명자원과학대학 낙농공학과

Effects of the Fructooligosaccharide Intake on Human Fecal Microflora and Fecal Properties

Kook-Hee Kang, Kyung-Min Kim and Sun-Gyu Choi
Department of Dairy Science, Sung Kyun Kwan University

Abstract

To study the effects of the fructooligosaccharide (FOS) intake on the intestinal microflora, the FOS (8 g) was served to each of 5 volunteers (adult men 23~28 years old) after every lunch for 4 weeks. Changes in fecal microflora, fecal moisture, and fecal pH were observed during the FOS intake and after the FOS intake, respectively. The fecal moisture content of the control period (4 weeks before the intake of FOS) was $81.77 \pm 1.18\%$. The moisture content of the feces increased significantly at the end of the 4th week of FOS intake, and these effects lasted for 3 weeks after stopping FOS intake. The fecal pH before FOS intake was 6.56 ± 0.09 , while it decreased significantly ($p < 0.01$) during the period of FOS intake. The pH reduction lasted for 4 weeks after stopping the intake of FOS. The log fecal number of Bifidobacteria during the period was 7.88 ± 1.43 (CFU/g of wet feces) and it increased significantly during the FOS intake. After stopping the intake of FOS, the number of Bifidobacteria returned to those of control period. The log fecal number of Lactobacilli before the intake was 6.76 ± 1.34 and significantly increased in 3 weeks due to the FOS intake. After stopping the intake of FOS, however, the number of Lactobacilli returned to those of control period. No remarkable changes were observed in the number of coliforms throughout all durations.

key words: fructooligosaccharide, Bifidobacteria, Lactobacilli, fecal moisture content, fecal pH

서 론

최근 건강을 추구하는 사회적 요구가 높아짐에 따라 장내균총과 건강의 관련성에 대하여 폭넓게 검토되고 있으며, 특히 Bifidobacteria가 주목을 받는 장내 세균이 되었다. 그러나, Bifidobacteria를 직접 섭취할 경우 소화관을 통과하면서 HCl, pepsin, lysozyme 그리고 bile acid의 영향에 의해 사멸할 가능성이 높기 때문에 장내에 정착되어 있는 Bifidobacteria의 성장촉진에 관심이 높아졌다. 따라서 식품첨가물로서 개발되고 있는 각종 oligosaccharide가 감미료로서 뿐만 아니라 특정 장내 유익세균의 생육을 촉진시킨다는 사실이 밝혀지면서^(1,2) 그 이용성이 점차 확대되고 있고⁽³⁾,

그러한 oligosaccharide를 섭취하였을 경우 어느 정도로 장내 유익세균의 증식촉진 효과를 나타내는지에 대한 연구보고도 많아지고 있다.

Bifidobacteria의 성장에 필요한 성장촉진인자에 대하여 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔다. 모유에는 lactose-containing oligosaccharide가 0.3~0.6% 함유되어 있고⁽⁴⁾ 이러한 oligosaccharide는 Bifidobacteria의 성장촉진인자로서 중요한 역할을 한다^(5,6). 또한, Bifidobacteria의 성장촉진인자로서 잘 알려진 lactulose는 *in vitro* 실험에서는 성장촉진 효과가 없으나 인공 영양아에게 공급하면 Bifidobacteria의 증식을 촉진시킨다. Hoffmann 등⁽⁷⁾은 lactulose를 장내에서 다른 세균이 이용하지 못하고 Bifidobacteria만이 에너지원으로 이용할 수 있는 선택적인 탄소원이라고 보고하였고, Yazawa 등⁽⁸⁾은 raffinose, stachyose, oligomer와 같은 dextran oligomer 등도 역시 Bifidobacteria가 이용할 수

Corresponding author: Kook-Hee Kang, Department of Dairy Science, Sung Kyun Kwan University, Suwon, Kyonggi-do 440-746, Korea

있는 선택적인 탄소원이라고 하였다.

Kohmoto 등⁽⁹⁾은 isomaltooligosaccharide를 매일 13.5 g 씩 2주간 섭취한 실험에서 장내 유익균의 생육촉진 효과가 있었다고 보고하였다. Kashimura 등⁽¹⁰⁾은 8명에게 palatinose (6-0- α -D-glucopyranosyl-D-fructofuranose)를 10일 동안 매일 12 g 또는 24 g를 섭취시켰을 때 Bifidobacteria를 제외한 모든 균에서 유의적인 균수의 변화가 없었다고 하였다. 또한, Benno 등⁽¹¹⁾은 7명에게 매일 15 g의 raffinose를 4주 동안 섭취하게 한 후 분변의 균총과 pH를 조사하였는데 섭취동안 Bifidobacteria의 수는 현저히 증가하였고 lecithinase-negative *Clostridium*과 Bacteroidaceae는 섭취전보다 현저히 감소하였다고 하였다. 총균수에 대한 Bifidobacteria는 11.6~15.5%에서 58.2~80.1%로 증가하였고 pH는 섭취전이나 후보다 섭취하는 동안 낮았다. 또한 Bacteroidaceae는 60.1~61.8%에서 6.4~28.6%로 감소하였다. Tsutomu 등⁽¹²⁾은 건강한 9명의 사람에게 partially hydrolysed guar gum (PHGG)을 섭취시켰을 때 *Bifidobacterium* sp.와 *Lactobacillus* sp.의 수가 증가하고 분변 pH가 현저하게 감소하였다고 하였다.

Johansson 등⁽¹³⁾은 5×10^6 /ml의 Lactobacilli를 함유한 fermented oatmeal soup을 사람에게 먹었을 때 Enterobacteriaceae의 수가 1,000배 정도 감소하였다고 보고하였다.

Fructooligosaccharide ($1^F(1-\beta$ -D-fructofuranosyl)_n, sucrose, GF_n(n=2~5))는 생체내의 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 난소화성당(難消化性糖)이며, Bifidobacteria, *Bacteroides fragilis* group, Peptostreptococcus 및 *Klebsiella* 등과 같은 장내세균에 의해서는 이용되지만 그 밖의 장내세균 *Clostridium perfringens*, *Escherichia* 등에 의해서는 잘 이용되지 못하는 것이 인정되어 Bifidobacteria가 선택적으로 이용할 수 있는 oligosaccharide로 인정되고 있다⁽¹³⁾. Hidaka 등⁽¹⁴⁾은 건강한 성인에게 fructooligosaccharide를 매일 8 g씩 3주간 급여한 실험에서 분변의 휘발성 지방산이 증가하였고 부패산물의 양이 감소하였으며, 분변균수의 변화에 있어서 총균수는 분변 g당 10.0 (Log₁₀)에서 10.2로, Bifidobacteria 수는 8.8에서 9.3으로, Lactobacilli 수는 6.9에서 7.5으로 각각 증가하였다고 보고하였다.

이와같이 외국에서는 장내균총에 영향을 미칠 수 있는 인자들을 조절함으로써 장내균총의 조성을 바람직하게 변화시키려는 노력이 활발하게 이루어지고 있고 특히 oligosaccharide에 의한 Bifidobacteria의 장내 증식 효과에 관해 연구보고되고 있으나 국내에서는 아직까지 인체에 대한 응용효과의 연구보고가 없다.

최근 국내에서도 fructooligosaccharide을 비롯하여 galactooligosaccharide, xylooligosaccharide, isomaltooligosaccharide 등 여러가지 oligosaccharide가 생산되어 식품에 널리 이용되고 있는데 그 효능에 대한 검정이 요구되고 있다. 일본이나 다른 외국에서 그 효능이 실험적으로 인정되었다 하더라도 식습관, 생활환경, 그리고 유전 등의 요인에 따라 다소 달라질 수 있으므로 한국인을 대상으로 한 실험적 검정이 중요하다고 본다.

따라서 본 연구에서는 현재 시판중인 fructooligosaccharide가 장내 유익세균 Bifidobacteria, Lactobacilli 등의 생육촉진에 어느 정도 효능이 있는지 검토하기 위하여 한국 성인 남자 5명의 희망자를 선발하여 응용 효과를 시험하였기에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

시험 대상자 선발 및 실험계획

본 실험을 위하여 본교의 기숙사에 있는 학생으로서 설사, 변비, 기타 소화기 질환이 없는 건강한 남학생 5명을 실험실시 4주 전에 선발하였다. 선발된 학생들의 나이는 23~28세(평균 26세), 신장은 168~178 cm(평균 175 cm), 체중은 65~75 kg(평균 70 kg)이었다. 선발된 학생들은 성균관대 기숙사에서 하루 3식의 식사를 동일하게 섭취하도록 하였다. 시험기간 중에는 장내세균의 생육에 영향을 줄 수 있는 항생제, 영양제, 우유와 유제품, 알콜류의 섭취를 금하였으며 김치의 섭취는 한국인의 일상적인 반찬이므로 금하지 않았다.

본 실험의 전체기간은 12주로서 시험대상자의 평상시 분변균총을 파악하기 위하여 fructooligosaccharide (FOS)의 섭취전 4주를 control로 하였고, FOS의 섭취기간 4주, 섭취중단 후 4주로 구분하였으며 매주 1회씩 분변을 채취하여 Bifidobacteria 수, Lactobacilli 수, Coliforms 수, 수분함량 그리고 pH를 측정하였다.

Fructooligosaccharide의 조성분과 급여방법

시험에 사용한 fructooligosaccharide (FOS)는 체일제

Table 1. Content of components in fructooligosaccharides

Components	Content (%)
Glucose	28.99
Sucrose	14.94
GF ₂ (1-kestose)	27.72
GF ₃ (nystose)	18.94
GF ₁ (1 ^F - β -fructofuranosyl nystose)	6.71
GF ₅	2.71
Total of Fructooligosaccharides	56.08

당 (Cheil Food & Chemicals Inc.) 인천공장에서부터 공급받았으며 그 구성성분은 GF₂, GF₃, GF₄, GF₅, Glucose 그리고 sucrose이며 그 조성표는 Table 1과 같다. 모든 시험대상자에게 매일 19.02 g(순수 fructooligosaccharide 8 g 상당량)의 시료를 60°C 정도의 온수 150 ml에 녹여서 점심 식사 후에 섭취하게 하였으며 마시는데 걸리는 소요 시간은 5분이내로 하였다.

분변의 시료 채취

시료의 채취는 姜 등⁽¹⁵⁾의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 배변 직후에 채취, 10분 이내에 회석하여 4°C의 혐기조건하에 두었다. 분변의 채취 부위는 마지막으로 체내에서 배출된 부분으로 하였으며, 채취량은 약 20 g으로 하였다. 채취된 분변은 잘 섞은 다음, 여기서 약 1 g을 취해 멸균유리균질기에 넣고 분변 9배량의 CO₂로 치환된 멸균혐기회석용액(0.85% NaCl, 0.1% L-cystein HCl, 0.1% sodium thioglycolate)을 넣어 10분간 균질시킨 후 십진 회석하여 균수를 측정하였다.

배지 및 혐기배양

시험에 사용된 선택배지는 Mitsuoka⁽¹⁶⁾의 방법에 준하였다. Bifidobacteria는 BL agar(榮研化學(株))에 항생물질을 첨가한 BS agar, Coliforms은 desoxycholate agar (Difco), Lactobacilli는 M-LBS agar (BBL)를 선택배지로 사용하였으며, 모든 선택배지는 혐기조건을 위해 멸균된 O₂ free-CO₂ 가스로 치환하여 사용하였다.

혐기배양은 Gaspak을 사용한 cold catalyst system (palladium-coated alumina pellets : BBL)으로 하였다. 적당한 회석용액에서 0.1 ml를 취해 각각의 선택배지에 도말한 후 BBL anaerobic jar에 넣어 37°C에서 72시간 혐기배양한 후 계수하였다. 그리고, anaerobic jar에 Gaspak을 넣은 후 보다 나은 혐기조건을 유지하기 위하여 anaerobic jar내의 공기를 진공펌프로 제거한 후 CO₂가스로 3번 치환하였다.

균수의 계수

37°C에서 72시간동안 혐기적으로 배양한 후, 30~300개의 집락이 나타난 plate를 선택해서 집락수를 계수하고 여기에 회석배수를 곱하여 분변 1 g의 균수로 하였다.

분변 pH의 측정

분변의 pH는 pH paper (Advantec, TOYO Co., Japan)를 분변에 직접 접촉하여 측정하였으며, 분변 채취 후 가능한 빨리 측정하였다.

분변 수분함량의 측정

분변의 수분함량(%) 측정은 자동수분측정기(OHA-US[®]MB200, OHAUS Co., USA)로 하였으며 채취한 분변 10 g~15 g을 은박지 위에 고르게 편 후, 190°C에서 1시간동안 방치한 후, 감소한 무게를 수분 증발량으로 계산하여 분변 수분함량으로 하였다.

통계분석

데이터는 SAS (Statistical Analysis System) 통계패키지로 처리하였으며, 각 기간별 유의성 검정은 Paired *t*-test로 하였다.

결과 및 고찰

시험 대상자의 평상시의 분변 상태

시험 대상자의 평상시(control) 분변상태는 Table 2와 같다. pH는 6.42~6.67, 수분함량은 78.79~84.17%, Bifidobacteria 수는 분변 1 g당 7.67~9.42 (log₁₀ number of bacteria), Lactobacilli 수는 5.46~8.29, Coliforms 수는 5.10~7.28로 나타났다. 분변 Bifidobacteria 수와 분변 Coliforms 수는 개인에 따라 100배 정도의 큰 차이를 보였으며, 분변 Lactobacilli 수는 개인에 따라 1,000배 정도의 차이를 보여 개인에 따라 장내세균수에 큰 차이가 있음을 나타내 주었다. 시험대상자 D의 경우, 분변 Bifidobacteria수보다 분변 Coliforms 수가 더 많았으며, 이것은 개인에 따라 장내세균의 우세균이 다를 수 있음을 말해 주는 것이다.

Hidaka 등⁽¹⁴⁾은 평상시 분변 1 g당 Bifidobacteria 수가 8.8, 분변 Lactobacilli 수가 6.9이었다고 하였다. 본 실험에서의 분변 Bifidobacteria 수가 7.88, 분변 Lactobacilli 수가 6.76으로 Hidaka가 보고한 분변 Bifidobacteria 수보다는 적었으나, 분변 Lactobacilli 수는 비슷한 수준을 나타내었다. 김과 강⁽¹⁷⁾은 한국인 유아의 경우, 분변 Bifidobacteria 수가 10.94, 분변 Lactobacilli는 6.94라고 보고하였으며, 장과 박⁽¹⁸⁾은 한국 성인의 분변 중 비피더스균 수가 10, 지⁽¹⁹⁾는 20~40세 한국 남성 9명의 분변검사 결과 Bifidobacteria 수는 9.87, Lactobacilli 수는 7.42라고 보고하였다. 또한 Mitsuoka⁽¹⁶⁾는 성인의 분변 1 g당 Bifidobacteria 수가 9.8 정도라고 하였으며 Kashimura 등⁽⁹⁾은 9.4~9.7이었다고 보고하였다. 이번 시험 대상자의 경우는 분변 중의 Bifidobacteria 수가 7.88로 유아보다 훨씬 낮았는데, 이는 개인적인 차이와 나이의 차이에 따른 것으로 추측된다. 그러나, 비록 개체간의 분변 특성에 의한 편차라고 추측은 할 수 있지만 분석자, 분석시기, 분석방

Table 2. Fecal microflora and properties of 5 adult men before the intake of fructooligosaccharide

	Subject					Means
	A (n=8) ¹⁾	B (n=8)	C (n=4)	D (n=6)	E (n=5)	
pH ²⁾	6.57±0.07 ^a	6.61±0.11	6.42±0.22	6.67±0.25	6.53±0.10	6.56±0.09 (n=31) ³⁾
Moisture (%) ²⁾	78.79±5.46 ^e	82.11±2.05	82.15±1.48	84.17±2.28	81.64±1.13	81.77±1.18 (n=31)
Bifidobacteria ³⁾	7.67±0.38 ^b	9.00±0.38	9.42±0.38	6.08±0.30	9.19±0.20	7.88±1.43 (n=31)
Lactobacilli ³⁾	5.86±0.64 ^b	5.46±0.52	8.29±0.20	6.07±0.61	8.15±0.33	6.76±1.34 (n=31)
Coliforms ³⁾	5.80±0.61 ^b	6.40±0.77	7.28±0.53	7.32±0.68	5.10±0.24	6.65±1.03 (n=31)

¹⁾ Number of examined samples

²⁾ Mean ± Standard Deviation

³⁾ Mean ± Standard Deviation of Log₁₀ count per gram of wet feces

법이 동일하지 않으므로 이러한 요인들의 차이에 의한 영향도 부정할 수 없다.

Fructooligosaccharide 섭취에 의한 분변의 수분함량의 변화

FOS섭취전(control)의 분변 수분함량을 4주간 측정 한 결과, 평균치는 81.77±1.93%였고 개인차에 의한 범위는 78.79~84.17%였다. 그러나 FOS를 매일 섭취 하는 동안의 분변 수분함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 섭취 1주 후, 섭취 2주까지는 평상시와 비교하여 유의차가 인정되지 않았으며(p<0.05), 섭취 3주째에는 84.56±3.11%로 증가하였으나 유의차는 인정되지 않았고, 섭취 4주째에는 84.66±1.00%로 증가하였으며 평상시와 비교하여 유의차가 인정되었다(p<0.05). 수분함량의 증가현상은 FOS의 섭취를 중단한 후에도 2주간은 그대로 지속되었고 3주째부터 약간씩 감소하였다. 분변의 수분함량의 증가는 FOS와 유산균의 물리적 화학적 작용, 장내 pH의 저하로 인한 장운동의 촉진 등에 의한 것으로 보여진다.

Fructooligosaccharide 섭취에 의한 분변 pH의 변화

FOS를 섭취하기 전인 평상시 분변 pH는 6.56±0.09이었으며, FOS를 섭취하는 동안의 분변 pH는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 섭취 1주째 6.39±0.06, 2주째 6.30±0.06, 3주째 6.30±0.11, 4주째 6.27±0.05로서 평상시의 분변 pH와 비교하였을 때, 통계적 유의차가 인정되었으며(p<0.01), FOS를 섭취함으로써 분변의 pH가 현저하게 저하된다는 것을 나타내었다. FOS 섭취 1주째와 4주째의 분변 pH간에도 통계적 유의차가 인정되어(p<0.01), FOS의 지속적인 섭취가 분

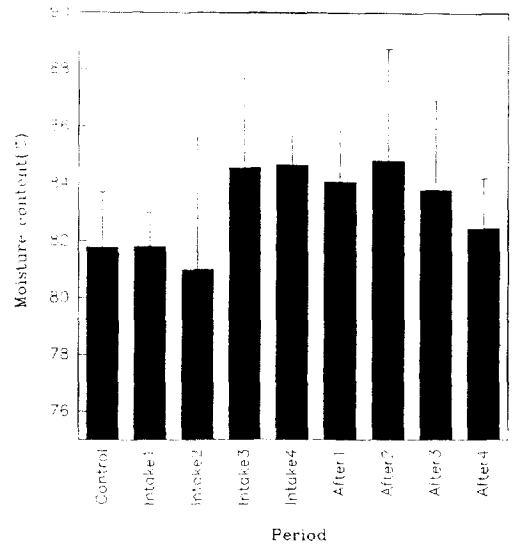


Fig. 1. Effects of the intake of the fructooligosaccharide on fecal moisture content Control: before the fructooligosaccharide intake, Intake1: 1st week during the fructooligosaccharide intake, Intake2: 2nd week during the fructooligosaccharide intake, Intake3: 3rd week during the fructooligosaccharide intake, Intake4: 4th week during the fructooligosaccharide intake, After1: 1st week after the fructooligosaccharide intake, After2: 2nd week after the fructooligosaccharide intake, After3: 3rd week after the fructooligosaccharide intake, After4: 4th week after the fructooligosaccharide intake

변의 pH를 감소시킨다는 것을 알 수 있었다.

FOS섭취를 중단한 후에는 pH가 약간 상승하였으나 FOS를 섭취하기 전의 평상시 pH 수준까지는 회복되지 않고 FOS의 섭취전과 비교해 보면 섭취중단 후 2, 3 및 4주 후의 분변 pH와 유의차가 인정되었다(p<0.01).

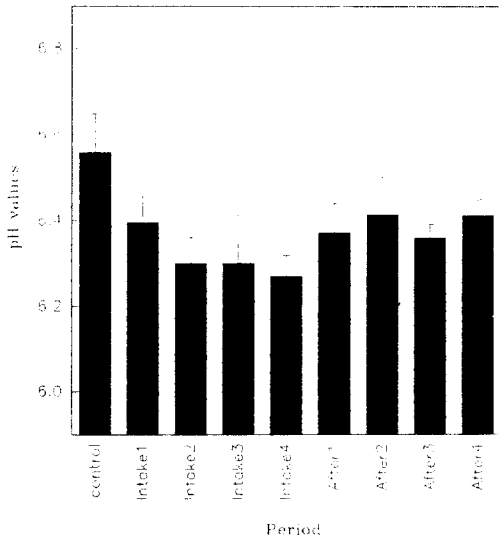


Fig. 2. Effects of the intake of fructooligosaccharide on fecal pH Refer to the notes of Fig. 1

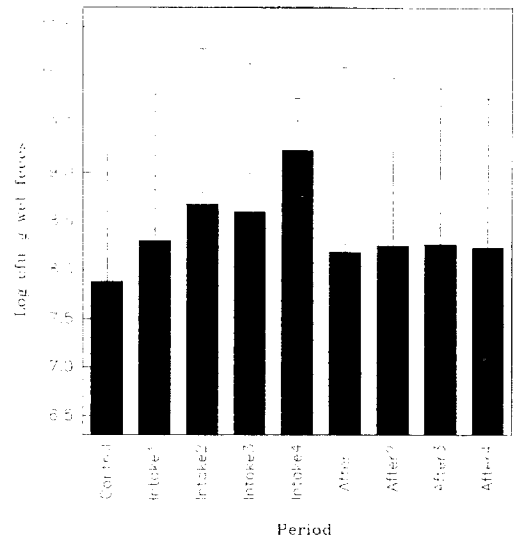


Fig. 3. Effects of the intake of fructooligosaccharide on the number of Bifidobacteria in feces Refer to the notes of Fig. 1

따라서 FOS을 섭취하여 일단 장내세균의 변화가 안정된 다음에는 FOS의 섭취를 중단하더라도 변화된 장내세균에 의하여 분변의 pH가 상당기간 저하된다는 것을 추정할 수 있었으며 이러한 효과는 FOS의 섭취를 중단한 후 4주 동안 지속되었다. FOS섭취에 의해 증가한 Bifidobacteria와 Lactobacilli가 장내에서 유기산을 생성함으로써 분변의 pH가 감소한 것으로 보인다. Hoffmann과 Bircher¹¹⁾에 의한 lactulose의 투여 시험에서, 대조군의 분변 pH는 6.8~7.6(평균 7.2)이었으나 투여군에서는 분변의 pH가 4.4~6.7(평균 5.6)로 감소하였다고 보고하였는데 본 실험의 결과보다 더 낮음을 알 수 있으며 이러한 차이는 oligosaccharide의 종류의 차이에 의한 것으로 볼 수 있다. 그러나 Mitsuoka 등²⁰⁾은 Neosugar G(단당 35%, sucrose 10%, GF₂ 25%, GF₃ 25%, GF₄ 5%)를 2주간 8g씩 일본인에게 투여하였을 때 pH가 0.3이 감소하였다고 보고하였는데 본 실험에서 FOS섭취 2주 후에 pH가 0.26 감소하여 Mitsuoka 등의 결과와 매우 유사하게 나타났다. 이와같은 결과가 나타나는 것은 본 실험에 사용한 FOS의 총올리고당함량이 56%로서 Mitsuoka 등이 사용한 Neosugar의 조성 과 거의 유사하기 때문이라고 생각된다.

Fructooligosaccharide 섭취에 의한 분변 Bifidobacteria 균수의 변화

평상시의 분변 1g 중의 Bifidobacteria 수는 7.88±1.43 (Log₁₀)이었으며 FOS의 4주간의 섭취에 의하여

Bifidobacteria 수가 증가하였으며 섭취 1주째 8.30±1.50, 2주째 8.67±1.60, 3주째 8.59±1.52, 4주째 9.22±0.53이었다(Fig. 3). 섭취 2주째와 섭취 4주째의 균수는 FOS의 섭취 전(Control)의 균수와 통계적으로 유의적 차이가 있었다(p<0.05). FOS의 섭취를 중단한 후에는 Bifidobacteria 수가 현저하게 감소하여 1주일 후에는 거의 정상시 수준으로 환원되었다. 이러한 현상으로 볼 때, 장내 유익균인 Bifidobacteria의 지속적인 우세 현상을 유지하기 위해서는 FOS의 지속적인 섭취가 바람직하다는 것을 알 수 있다.

본 실험에 사용한 FOS의 섭취 결과는 大塚 등²¹⁾이 galactosyllactose를 매일 8g씩 섭취하게 하였을 때, Bifidobacteria 수가 통계적으로 유의하게 증가하였으나 섭취를 중지하면 섭취 전과 동일한 수준으로 환원된다고 보고한 것과 동일한 결과를 보여주고 있다.

Hidaka 등²⁴⁾은 고령 (50~90세)의 일본인 입원환자에게 고농도 fructooligosaccharide용액(단당 0%, GF₂ 30%, GF₃ 57%, GF₄ 13%, total fructooligosaccharide 100%)을 하루에 8g씩 2주간 투여한 실험에서 Bifidobacteria 수는 섭취하기 전의 8.8에서 9.7로 약 10배 증가하였다고 하였다. 본 실험에 사용한 fructooligosaccharide의 시험 결과 역시 Bifidobacteria 수의 증가가 섭취전에 비하여, 2주후에는 약 8배, 4주 후에는 13배로 증가하여 두 실험의 결과가 유사한 경향을 나타내었다. 본 실험에 사용한 fructooligosaccharide의 조성 과 비슷한 일본산 Neosugar-G를 가지고 실험한 Mitsuoka 등²⁰⁾은 Bi-

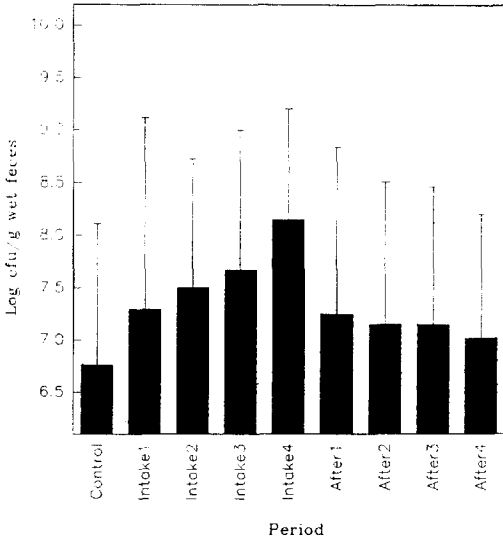


Fig. 4. Effects of the intake of fructooligosaccharide on the number of Lactobacilli in feces Refer to the notes of Fig. 1

fidoobacteria 수가 10배 증가하였다고 보고하였다. 그리고 大塚 등²⁰⁾이 galactosyllactose를 매일 8g씩 섭취하게 하였을 때, Bifidobacteria 수가 유의하게 증가하였으나 섭취를 중지하면 섭취전과 동일한 수준으로 환원된다고 보고한 것과는 유사한 결과를 보여 주고 있다.

Fructooligosaccharide 섭취에 의한 분변 Lactobacilli 수의 변화

시험대상자의 평상시 분변 중의 Lactobacilli 수는 6.76 ± 1.34 이었으며 FOS섭취에 의하여 Lactobacilli 수가 증가하기 시작하여 섭취 3주째에는 7.67 ± 1.32 , 그리고 섭취 4주째에 8.15 ± 1.05 를 나타내어 평상시와 통계적으로 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). 그러나 FOS의 섭취를 중단한 후 1주째에 7.25 ± 1.58 로 Lactobacilli 수는 감소하였으나 평상시보다는 약간 높게 나타났다(Fig. 4). 그러나 평상시와 4주간의 FOS 섭취 중단 기간의 Lactobacilli 수 사이에는 유의수준 5%에서 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 또한 4주간의 FOS 섭취기간과 4주간의 FOS 섭취중단 기간의 Lactobacilli 수 사이에는 유의수준 5%에서 통계적 유의차는 인정되지 않았다.

이와같은 Lactobacilli 수의 증가현상은 일본의 fructooligosaccharide (Neosugar-G)를 가지고 시험한 Mitsuoka 등²⁰⁾의 결과에서도 2주 후에는 7.0에서 7.6으로 증가하였고 Hidaka 등²¹⁾(1986)도 7.0에서 7.8로 증가하였는데 유의차는 인정되지 않았다고 하였다. 한국인

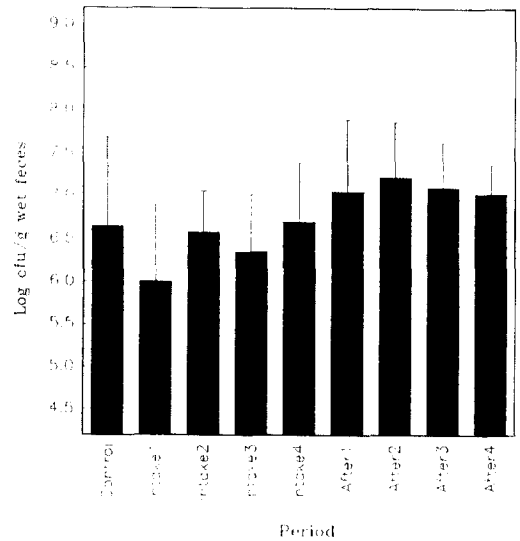


Fig. 5. Effects of the intake of fructooligosaccharide on the number of Coliforms in feces Refer to the notes of Fig. 1

의 경우, FOS섭취 2주 후에는 Lactobacilli 수의 증가에 있어서 약 10배, 4주 후에는 약 14배의 증가를 보였는데 이러한 결과는 일본인의 실험결과와 매우 큰 차이를 나타내고 있다. Fructooligosaccharide의 조성이 유사한 것을 섭취하였음에도 불구하고, Lactobacilli 수의 증가에 있어서 일본인보다 본 실험의 대상자들에서 더 큰 영향을 보인 것은 매우 흥미있는 사실로 생각된다. 이러한 차이의 원인이 장내균총의 어떤 차이에서 유래하는 것인지 한국인과 일본인의 균총의 차이에 대한 면밀한 검토가 필요하다고 본다.

Fructooligosaccharide 섭취에 의한 분변 Coliform 수의 변화

시험대상자의 평상시 분변 1g 중에 Coliforms 수는 6.65 ± 1.03 이었으며 FOS을 섭취하는 동안에 약간의 감소를 하였고 섭취중단 후에는 평상시보다 균수의 증가를 보였으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다($p < 0.05$). 즉, FOS의 섭취 1주째의 Coliforms 수는 6.00 ± 0.92 로 감소를 보였으나 섭취 2주째에 6.58 ± 0.48 로 평상시와 같은 수준을 보였다(Fig. 5).

FOS 섭취중단 2주째에는 7.22 ± 0.64 까지 Coliforms 수가 증가하였으나 평상시의 균수와 통계적 유의차는 인정되지 않았다($p < 0.05$). FOS 섭취동안의 Coliforms 수의 감소가 섭취 1주째에만 나타난 것은 FOS 섭취초기에 Bifidobacteria와 Lactobacilli의 증식에 의한 것과 Coliforms가 fructooligosaccharide를 탄소원으로서 이용

하지 못한 것¹⁴⁾에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 섭취 2주째부터 정상시와 같은 균수를 나타낸 것은 그 원인을 알 수 없었다.

요 약

Fructooligosaccharide (FOS) 섭취에 의한 장내 유익세균의 증식촉진 효과를 실험적으로 검증하기 위하여 건강한 성인 남자 5명에게 FOS를 4주동안 매일 8g씩 점심 식사 후에 섭취하도록 하였다. 시험 대상자로부터 매주 1회 분변을 수거하여 분변의 pH, 수분함량, Bifidobacteria 수, Lactobacilli 수, Coliforms 수를 측정하여 FOS 섭취에 의한 분변균총과 분변성상의 변화를 알아 보았다. FOS의 섭취전 4주간을 control기간(정상시)으로 하였고 FOS 섭취기간과 FOS 섭취중단기간을 각각 4주로 하였다. 정상시 분변 수분함량은 $81.77 \pm 1.93\%$ 이었으며, FOS의 섭취에 의하여 수분함량이 증가하였는데 4주째는 $84.66 \pm 1.00\%$ 로 정상시의 분변 수분함량과 통계적 유의차가 인정되었으며($p < 0.05$), 이러한 수분함량의 증가현상은 FOS의 섭취를 중단한 후 4주동안 지속되었다. 정상시의 분변 pH는 6.56 ± 0.09 이었고, FOS의 섭취동안 pH가 유의하게 감소하여 4주후 6.27 ± 0.05 이었다. FOS의 계속적인 섭취가 분변의 pH를 현저하게 감소시켰으며 이와같은 분변의 pH 감소는 FOS의 섭취를 중단한 후에도 4주동안 지속되었다. 정상시의 분변 1g 중의 Bifidobacteria 수는 7.88 ± 1.43 (\log_{10})이었으며 FOS섭취에 의하여 2주째에는 8.67 ± 1.60 , 4주째에는 9.22 ± 0.53 으로서 정상시보다 통계적으로 유의하게 증가하였으나($p < 0.05$), FOS의 섭취를 중단한 후에는 거의 정상시 수준으로 환원되었다. FOS섭취 전인 정상시의 Lactobacilli 수는 6.76 ± 1.34 였으나 FOS의 섭취에 의하여 균수가 점차 증가하였는데 3주째에 7.67 ± 1.32 , 4주째에 8.15 ± 1.05 를 나타내어 정상시 보다 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 정상시의 Coliforms 수는 6.65 ± 1.03 이었으며 FOS의 섭취에 의한 통계적 유의성은 없었다.

감사의 말씀

본 연구는 제일제당의 연구비 지원에 의하여 수행된 것이며 제일제당측에 감사드립니다.

문 헌

- Hoffmann, K. und Bircher, J.: Veränderungen der bakteriellen Darmbesiedlung nach Lactulose-gaben. *Schweiz. Med. Wschr.*, **99**, 608 (1969)

- 大塚耕太郎, 辨野義己, 遠藤希三子, 上田弘嗣, 小澤修, 内田隆次, 光岡知足: Effects of 4'-galactosyllactose intake on human fecal microflora. *Bifidus* **2**, 143 (1989)
- 허경택 : Lactose로 부터 올리고당의 조제와 이용. 성균관대학교 농과대학 낙농학과 제 3회 낙농산업기술세미나 강연논문집, p.37 (1985)
- Clamp, J.R., Hough, L., Hickson, J.I and Whistler, R.L.: Lactose. *Advances in Carbohydrate Chemistry*, **16**, 159 (1961)
- Gyrgy, P., Norris, R.F. and Rose, C.S.: Bifidus factor. I. A variant of *Lactobacillus bifidus* requiring a special growth factor. *Arch. Biochem. Biophys.*, **48**, 193 (1954a)
- Gyrgy, P., Hoover, J.R.E., Kuhn, R. and Rose, C.S.: Bifidus factor. III. The rate of dialysis. *Arch. Biochem. Biophys.*, **48**, 209 (1954b)
- Yazawa, K., Imai, K. and Tamura, Z.: Oligosaccharides specifically utilizable by Bifidobacteria. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)*, **26**, 3306 (1978)
- Kohmoto, T., Fukui, F., Takaku, H., Machida, Y., Arai, M. and Mitsuoka, T.: Effects of isomalto-oligosaccharides on human fecal flora. *Bifidobacteria Microflora*, **7**(2), 61 (1988)
- Kashimura, J., Nakajima, Y., Benno, Y., Endo, K. and Mitsuoka, T.: Effects of palatinose and its condensate intake on human fecal microflora. *Bifidobacteria Microflora*, **8**(1), 45 (1989)
- Benno, Y., Endo, K., Shiragami, N., Sayama, K. and Mitsuoka, T.: Effects of raffinose intake on human fecal microflora. *Bifidobacteria Microflora*, **6**(2), 59 (1987)
- Okubo, T., Ishihara, N., Takahashi, H., Fujisawa, T., Kim, M., Yamamoto, T. and Mitsuoka, T.: Effects of partially hydrolyzed guar gum intake on human intestinal microflora and its metabolism. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**(8), 1364 (1994)
- Johansson, M.L., Molin, G., Jeppsson, B., Nobaek, S., Ahrne, S. and S. Bengmark: Administration of different *Lactobacillus* strains in fermented oatmeal soup: *in vivo* colonization of human intestinal mucosa and effects on the indigenous flora. *Appl. Environ. Microbio.*, **59**(1), 15 (1993)
- Mitsuoka T.: *Intestinal Flora and Dietary Factors*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, pp.40-67 (1983)
- Hidaka, H., Eida, T., Takizawa, T., Tokunaga, T. and Tashiro, Y.: Effects of fructooligo-saccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora*, **5**(1), 37 (1986)
- 姜國熙, 朴勇河, 金尙希: 비피더스균의 배양과 이용. 성균관대 논문집, **33**, 235 (1983)
- 光岡知足: 腸內菌の世界, 叢文社 (1980)
- 金尙希, 姜國熙: 한국유아의 분변중 *Bifidobacterium*의 분포. 한국낙농학회지, **6**(2), 126 (1984)
- 姜國熙, 朴勇河: 한국 성인의 장내세균 분포에 관한 연구. 성균관대 논문집, **35**(2), 637 (1984)
- 지근역: 한국인의 장내균총 조성 및 분포. 한국산업미생물학회지, **22**(5), 453 (1994)
- Mitsuoka, T., Hidaka, H. and Eida, T.: Effect of fructooligosaccharides on intestinal microflora. *Die Nahrung*, **31**, 5 (1987)