

Research Article



*Bifidobacterium longum*과 자일로올리고당을 포함한 synbiotics 섭취가 건강한 성인의 변내 균총과 배변 상태에 미치는 영향

이정숙 ¹, 박형섭 ¹, 경명옥 ², 조성은 ², 장문정 ¹

¹국민대학교 식품영양학과

²대한제당(주) 중앙연구소

OPEN ACCESS

Received: Jun 1, 2020

Revised: Jun 25, 2020

Accepted: Jun 30, 2020

Correspondence to

Moon-Jeong Chang

Department of Food & Nutrition, Kookmin University, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02707, Korea.

Tel: +82-2-910-4776

E-mail: cmoon@kookmin.ac.kr

© 2020 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID iDs

Jung-Sug Lee

<https://orcid.org/0000-0001-8738-6409>

Hyoung-Seop Park

<https://orcid.org/0000-0002-9893-202X>

Myungok Kyung

<https://orcid.org/0000-0001-6901-3676>

Sung-Eun Jo

<https://orcid.org/0000-0001-7866-6222>

Moon-Jeong Chang

<https://orcid.org/0000-0002-2880-6458>

Funding

This research was supported by a grant from TS Corporation in 2019.

Conflict of Interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

Effect of administration of synbiotics mixture containing *Bifidobacterium longum* and xylooligosaccharide on fecal microbiota and defecation characteristics in healthy volunteers

Jung-Sug Lee ¹, Hyoung-Seop Park ¹, Myungok Kyung ², Sung-Eun Jo ², and Moon-Jeong Chang ¹

¹Department of Food & Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

²R&D Center, TS Corporation, Incheon 22300, Korea

ABSTRACT

Purpose: The effect of prebiotics intake after administration of a synbiotics mixture (a probiotic, *Bifidobacterium longum*, and a prebiotic, xylooligosaccharide containing sugar [XOS]) on human intestinal microflora and defecation characteristics was investigated in a randomized controlled trial.

Methods: Twenty-five healthy young volunteers (11 males and 14 females) were randomly assigned to 2 groups (BL2XO2 and BL2XO6). The synbiotics mixture was orally administered to both groups for 2 weeks, and the prebiotics were subsequently administered to the BL2XO6 group for 4 additional weeks. The daily dose of the synbiotics mixture comprised 10^{10} colony-forming unit of *Bifidobacterium longum* and 10 g of XOS, and during the prebiotics period, the daily dose of prebiotics comprised only 10 g of XOS. The fecal pH, microflora, and defecation characteristics were analyzed at baseline and at weeks 1, 2, 4, and 6.

Results: The counts of *B. longum* and *Bifidobacterium* spp. in the BL2XO6 group exhibited a steady, increasing trend during the synbiotics and prebiotics periods, whereas those of the BL2XO2 group exhibited considerable variation in each week of the study period. Although there was no significant difference, the counts of fecal *Bifidobacterium* in the BL2XO6 group tended to be higher than those of the BL2XO2 group at week 6. The growth of *Lactobacillus*

spp. exhibited a time-dependent variation, peaking at week 6 in both groups. Low counts of *Clostridium* spp. were observed after treatment with the synbiotics and prebiotics in the BL2XO6 group ($p < 0.05$) throughout the study, whereas the inhibitory effect on *Clostridium* spp. was maintained only during the synbiotics period in the BL2XO2 group. The defecation characteristics did not differ between the two groups.

Conclusion: Administration of XOS after a synbiotics mixture containing *B. longum* and XOS can exert a prebiotic effect in healthy young volunteers by stimulating *Bifidobacterium* spp. growth and inhibiting growth of *Clostridium* spp.

Keywords: synbiotics, xylooligosaccharide, *Bifidobacterium longum*, intestinal microbiota, human

서론

사람의 장에는 복잡한 미생물집단이 군집을 이루고 있다. 장내 존재하는 미생물, 즉 세균의 숫자는 대장 내용물 1 g 당 10^{11} 개 이상이 존재하며, 이들 균총의 구성 형태에 따라 건강에 미치는 영향은 상이할 수 있다 [1]. 건강한 개체에서 장내 균총은 소화되지 않은 음식을 발효시켜 숙주에게 영양소와 에너지를 공급할 뿐 아니라 면역력 향상 및 장내 환경을 개선시키는 긍정적인 효과가 있으나, 반대로 위장관 질환과 관련된 염증, 감염의 원인이 될 수 있으며, 비만 등의 대사증후군을 유발할 수도 있다 [2].

건강한 사람의 대장내 미생물 집단은 5개의 세균 집단 (예, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*)과 하나의 *Archaea* (*Euryarchaeota*)로 이루어져 있다 [3]. 16S rRNA 유전자 분석하는 방법을 이용하여 분석하였을 때 그람음성균인 *Bacteroidetes*와 그람양성균인 *Firmicutes*가 16S rRNA의 90%를 차지하고 있다 [4]. 장내 균총은 섭취하는 음식 중 특정 성분에 의해 영향을 받을 수 있는데, 대표적으로 프리바이오틱스 (prebiotics)가 있다. Prebiotics는 소화되지 않은 식이 성분으로 충분한 양을 섭취했을 때 건강에 유익한 방향으로 작용하는 유익균의 성장과 활성을 선택적으로 자극하는 물질이다 [5]. 이에 비해 장내 유익균인 살아있는 미생물을 적절한 양 투여하여 장 건강을 개선하기 위해 이용하기도 하는데 이러한 미생물을 프로바이오틱스 (probiotics)라 지칭한다. 건강기능식품공전에 probiotics로 이용할 수 있는 균은 *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*에 해당하는 미생물이며, 이들 균을 배양·건조하여 제조한 제품으로 생균을 10^8 colony-forming unit (CFU)/g 이상 함유하고 있어야 한다고 규정하고 있다 [6]. 또한, 본 공전에 probiotics의 기능성은 유산균 증식 및 유해균 억제, 배변 활동에 도움을 줄 수 있다고 명시하고 있다 [6]. Probiotics는 장내 낮은 pH 및 담즙염에 대한 내성을 지니며 안정성이 확보된 GRAS (generally regarded as safe) 미생물로 분류되고 있다 [7,8].

장내 유익 미생물균총은 병원균 침입을 방어하고 면역체계를 성숙시키고 비타민과 단쇄지방산을 생산하여 인체 대사 조절에 관여하므로써 건강과 질병에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 [9]. *Bifidobacterium*은 장내 미생물 균총에서 가장 우세한 미생물로, 장내 균총들의 평형을 유지함으로써 유익한 효과를 내는 것으로 알려져 있다 [10]. 특히, *Bifidobacterium longum*은 germ free mice에서 endotoxin에 대하여 방어하는 효과와 숙주의 면역 반응을 증가시키는 것으로 보고되고 있다 [11].

Prebiotics에 해당하는 대표적인 식품은 난소화성 탄수화물 (nondigestible carbohydrate)로 식이섬유, 이눌린, 갈락토올리고당, 프락토올리고당, 자일로올리고당과 같은 올리고당류 등이 있다 [12-14]. 락툴로오스와 같은 다른 소화되지 않는 당류들은 다양한 장내 미생물에 의해 가수분해되나, 프락토올리고당과 같은 올리고당류는 *Bifidobacterium*과 같은 제한된 미생물에 의해 발효되면서 *Bifidobacteria* 성장을 촉진한다 [13]. 고시형으로 인정된 식이섬유, 대두올리고당, 프락토올리고당과 달리 자일로올리고당은 2009년에 개별인정형 건강기능식품으로 승인받은 제품으로 장내 유익균 증식, 유해균 억제, 배변 활동에 도움을 줄 수 있는 (생리활성기능 2등급) 제품으로 인정받고 있으며 [13,15,16], 이러한 자일로올리고당을 설탕에 혼합한 감미료 제품들이 시중에 유통되고 있다. 자일로올리고당은 식물의 헤미셀룰로오스인 자일란을 가수분해하는 과정에서 생성되는 올리고당으로 D-자일로오스 (D-xylose), 자일로바이오스 (xylobiose), 자일로오스가 3~7개 결합된 자일로트리오스-자일로헵타오스 (xylotriose-xyloheptaose)로 구성되어 있으며 자일로바이오스, 자일로트리오스 함량이 제일 많다 [17]. 자일로올리고당은 장 내에서 비피도박테리아와 다른 젖산발효미생물을 증식시킬 수 있는 prebiotics로 보고하고 있다 [13,18,19]. In vivo 연구에서도 자일로올리고당은 장내 균총 중 제한된 미생물의 먹이로 이용되는 것으로 보고하고 있다. 즉, 장내 미생물 중 비피도박테리아에 의해 발효가 잘 일어나지만 *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Escherichia faecalis*, *Escherichia faecium* 등은 자일로올리고당을 발효시키지 않는 것으로 보고하였다 [20]. 이러한 이유로 prebiotics를 활용한 중재연구를 통해 건강에 유익한 *Bifidobacterium* 같은 특정 미생물의 증식이 목표가 되고 있다.

Probiotics와 prebiotics를 결합한 synbiotics는 대부분의 유익균총이 위장을 거치면서 겪는 생존의 어려움을 극복하고, 대장에서 probiotics를 효과적으로 착상시켜 장의 항상성과 건강을 유지하기 위해 개발되었다. Synbiotics는 특히 장내에서 선택적으로 한 종류 또는 제한된 종류의 건강을 증진시키는 박테리아의 성장 또는 대사를 활성화시켜 probiotics의 생존과 장내 부착을 개선하는 효과가 있다 [21]. 지금까지 synbiotics 사용방법은 인체에 유익한 특정균을 선택하면서 prebiotics는 probiotics의 특성과 무관하게 유익균 성장의 보조역할로서 간접적인 건강증진을 기대하는 방법이고, 또 다른 하나는 특정 유익균의 성장과 활성을 촉진할 수 있도록 특정 유익균과 친화력이 높은 prebiotics를 선택하여 유익균의 생존과 성장을 유도하는 방법이 사용되고 있다 [22].

인간의 수명이 길어지면서 건강을 증진하고 만성질환과 같은 질병의 위험도를 낮추기 위해 장내 미생물 조성을 건강에 유익한 방향으로 조절하면서 관련된 미생물의 대사 활성을 촉진하기 위한 기능성 소재와 관련하여 많은 연구들이 진행되고 있다. 본 연구는 probiotics로 자일로올리고당을 선택적으로 이용하는 *B. longum*과 자일로올리고당 함유 설탕 (xylogoligosaccharide containing sugar, XOS)으로 구성된 synbiotics를 섭취 후 XOS만 섭취시켰을 때 건강한 성인의 변내 균총의 증식 및 장내 균총의 환경 개선 효과를 분석하고, probiotics 섭취를 중단한 이후에도 장내 유익균총의 유지에 영향을 줄 수 있는가를 규명하여 XOS의 synbiotics 및 prebiotics로서의 건강기능성 부여를 위한 근거자료를 확보하고자 하였다.

연구방법

실험대상자 선정

본 연구는 국제 임상시험기준에 준하여 임상시험 실시 기관인 국민대학교 IRB 심의절차를 거쳐 승인 (KMU2019-209)을 받은 후, 국민대학교 학생들을 대상으로 모집 공고문을 게재하였고, 자발적으로 참여의사를 밝힌 사람을 대상으로 면담을 통해 동의를 얻은 후 수행하였다.

실험대상자는 만 19세-29세의 건강한 성인 남녀를 대상으로 하였다. 실험대상자 선정의 절차는 1차적으로 연구에 자발적으로 참여의사를 보인 대상자에게 본인, 부모, 조부모의 가족력 (고혈압, 심혈관계 질환, 당뇨 여부), 약물 복용 (단백질보충제, 건강기능식품 포함), 운동량, 여성 참가자의 경우 임신 또는 실험 기간 동안 임신가능성이 있는지, 월경 중 약물의 복용 여부 등의 제외 기준을 조사한 후 해당이 되지 않은 경우 키, 체중 및 Inbody 측정기 (Inbody 720, BioSPACE, Co., Seoul, Korea)를 활용하여 체지방량, 체지방률, 근육량을 측정하였다. 키와 체중의 자료를 활용하여 산출한 체질량지수 (body mass index, BMI)를 기준으로 저체중, 비만인 대상자는 제외하였고, 정상 또는 과체중인 대상자 중 남자의 경우 체지방률이 25% 이상인 대상자, 여자의 경우 체지방률이 35% 이상인 대상자 역시 제외한 후 최종적으로 선정된 대상자가 거주하는 지역의 보건소 또는 병원에서 혈액검사를 실시하였다.

2차적으로 혈액검사 자료, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), γ -glutamyl transpeptidase (GTP), 공복 시 혈당 (fasting blood glucose, FBS), 중성지방, 총콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤 (high-density lipoprotein cholesterol), 저밀도 콜레스테롤 (low-density lipoprotein cholesterol)이 정상 범위에 해당하지 않은 경우 제외하였다. 1차, 2차 제외 기준을 적용하여 통과한 대상자 중 실험 전 자진포기를 원한 지원자 2명을 제외한 총 28명 (남자 13명, 여자 15명)을 연구 대상으로 선정하였으며, 0주차의 장내 균총을 분석한 결과 각 군별로 이상 값에 해당한 3명의 대상자를 제외한 25명 (남자 11명, 여자 14명)의 자료만을 통계분석에 활용하였다.

실험 디자인

재료 및 시약

본 연구는 synbiotics와 prebiotics 섭취가 장 기능 개선의 효과를 평가하기 위해 2개의 실험군으로 분류하여 진행하였다. 최종적으로 선정된 실험대상자를 남자와 여자로 분류한 후 각각의 BMI와 체지방률을 기준으로 하여 각 군의 BMI와 체지방률이 평균 $\pm 1SD$ 이내에 포함되도록 각 군별 대상자를 무작위 배정 방법을 적용하여 선정하였다.

시료 섭취 방법에 따라 synbiotics를 2주 섭취 후 prebiotics인 XOS만을 4주 더 섭취하여 총 6주간 섭취하는 군을 BL2XO6군으로, synbiotics를 2주간 섭취하고 나머지 4주간 prebiotics를 제공하지 않은 군을 BL2XO2군으로 분류하였다. BL2XO2군의 경우 2주간의 synbiotics 제공 이후 나머지 4주 동안 placebo로 설당을 제공하지 않았다. 그 이유는 BL2XO6군에 제공한 prebiotics로 제공한 XOS는 자일로올리고당과 설당이 함유된 제품이었다. 본 연구에서는 prebiotics로 제공한 XOS의 장내 균총의 변화를 밝히고자 한 것이므로 설당 섭취로 인한 영향력을 배제하기 위해 BL2XO2군에 placebo를 제공하지 않았다.

Table 1. Material information of probiotics and prebiotics samples

Material information	Probiotics (Lactic acid bacteria)	Prebiotics (XylooligoSugar™)
Ingredients	<i>Bifidobacterium longum</i> , Trehalose, Maltodextrin, Potassium monophosphate, Dipotassium phosphate, Skim milk powder	Sugar 86%, Powdered xylooligosaccharides 14% (xylooligosaccharides 50%)
Intake form	Capsule (ingredient: hydroxypropyl methylcellulose)	Stick (powder)

본 연구에서 synbiotics에 사용된 probiotics는 *B. longum*이었다. *B. longum*은 건강기능식품공전에 고시형원료로 허용한 균주이며, 1일 섭취량 (10,000,000,000 CFU/일)은 건강기능식품공전에 제시된 1일 섭취량의 범주에 해당하는 함량으로 제공하였다. 자일로올리고당은 식품공전에 올리고당 소재로 등재된 식품 원료이며, 또한 건강기능식품 개별인정형 원료 (HCN, 제2009-80호, HCN, 제2009-81호)로 등록되어 분말 또는 액상의 상태로 판매될 수 있으며 1일 0.7-7.5 g 범위 내에서 섭취하도록 허용되고 있다. 본 연구에서 제공하고 있는 XOS 10 g을 통한 자일로올리고당 섭취량은 1일 0.7 g으로 건강기능식품의 개별인정형 원료로 허용된 1일 최대 섭취량 보다 낮은 안전한 수준으로 제공하였다.

시료 중 *B. longum*을 함유한 probiotics는 (주)씨티씨바이오에서 위탁 생산한 제품이었고, prebiotics는 대한제당(주)에서 제조판매하는 자일로올리고당 함유설탕이었다. Probiotics와 prebiotics 제품의 물질 정보는 Table 1과 같으며, probiotics와 XOS은 대한제당(주)으로부터 제공받아 사용하였다.

실험 방법

시료 섭취 기간은 실험군에 따라 BL2XO6군은 12월 초에서 1월 중순까지, BL2XO2군은 12월 초에서 중순까지 였으며, 연구에 참여한 대상자들은 1일 2회 (오전, 오후) 제공한 시료를 물과 함께 섭취하였고, 주단위로 배변 상태를 연구진이 제공한 조사지를 작성하여 변과 함께 제출하였다. 배변 상태조사지와 시료는 1주일 단위로 배포하였다.

배변 상태조사지는 연구 대상자 본인 스스로가 시료 섭취 전 3일간의 배변의 상태와 시료 섭취 기간 동안은 시료를 받으러 오기 전 3일간의 배변의 상태를 작성하여 제출하였다. BL2XO2군은 시료 섭취 기간 중 1주일에 1번씩 (총 2회) 작성하였고, 시료 섭취 종료 후에는 2주 간격 (4주, 6주)으로 1번씩 (총 2회) 배변 상태에 대한 설문조사지를 작성하여 제출하였으며, BL2XO6군은 시료 섭취 기간 중 1주, 2주, 4주, 6주에 1번씩 (총 4회) 배변 상태에 대한 설문지를 작성하였다. 배변 수거는 모든 실험군에서 시료 섭취 전, 시료 섭취 후 1주, 2주, 4주, 6주 총 5회에 걸쳐 수거하였다.

변 중 pH, 장내 균총 분석

배변은 시료 섭취 전은 시료 섭취 전날의 변을, 시료 섭취 기간 중에는 시료 섭취한 날로부터 일주일의 마지막 전날의 변을 2곳 이상에서 10-20 g 정도 채취한 후 본 연구진이 제공한 전용 수거용 통에 담아 연구진에게 전달하였고, 연구진에게 배변이 전달되기 전까지 아이스박스를 이용하여 냉장 상태로 보관하였다.

분변의 pH조사는 BDH pH strip (Merck Millipore Co., Inc., Seoul, Korea)을 활용하여 측정하였고, 균총은 한국의과학연구원 (Korea Research & Institute of Bio Medical Science, KRIBS, Dae-

jeon, Korea)에 의뢰하여 *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Clostridium* spp., *B. longum*을 분석하였고, *Bacteroidetes*와 *Firmicutes*의 비율을 산출하였다.

배변 상태 평가

시료 섭취 전과 시료 섭취 시 배변 상태를 평가하기 위해 1일 배변량, 1일 배변 횟수, 배변 상태, 식후 변의 또는 통변, 배변 시 복통, 통증, 소요시간, 배변 후 잔변감 및 식욕에 관한 사항을 조사하였다. 시료 섭취 전의 경우 첫 1주일 분량의 시료를 제공하는 당일을 기준으로 최근 3일 동안의 배변 상태를 조사하였고, 시료 섭취 시 또는 섭취 후의 배변 상태는 배변 수거 3일 간의 평균 배변 상태를 기록하도록 하였다.

배변 상태에 관한 문항 중 배변 시 복통, 통증, 소요시간 및 배변 후 잔변감을 활용하여 CSS 점수(constipation scoring system) [23]를 산출하여 시료 섭취 후의 점수 변화를 비교하였다. 배변 시 통증, 복통, 배변 후 잔변감은 ‘전혀 없다’ 5점, ‘없는 편이다’ 4점, ‘보통이다’ 3점, ‘많은 (강한) 편이다’ 2점, ‘매우 많다 (강하다)’ 1점을, 배변 시 소요되는 시간의 경우 소요시간이 ‘5분 이내’인 경우 5점을 ‘30분 이상’인 경우 1점을 부여하였다. CSS 총점은 16점 만점이었으며, CSS 점수가 높을수록 심한 변비 증상을 보이는 것으로 판정할 수 있다. 변의 상태는 Bristol stool chart (BSC)의 이미지를 제공하여 평가하였다. BSC의 이미지는 변의 상태에 따라 7개의 type으로 type 1과 type 2는 변비, type 3, type 4, type 5는 정상, type 6과 type 7은 설사로 분류할 수 있다 [24].

통계분석

자료의 분석은 SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하였으며, 배변 횟수, 배변 상태에 관한 각 항목별 점수, 장내 균수 및 분변의 pH는 평균과 표준편차를 구하였고, 시료 섭취 전과 시료 섭취 후의 변화에 따른 유의성 검증은 비모수 검정인 윌콕슨 부호순위검정 (Wilcoxon's signed rank test)을 수행하였고, 각 실험군간의 유의성 검증은 비모수 검정인 윌콕슨 순위합 검정 (Wilcoxon's rank sum test)를 실시하였다.

또한 변의 상태에 관한 각 항목별 변화 추이를 파악하기 위해 빈도와 비율을 구하였고, 시료 섭취 전·후에 의한 유의성 검증은 비모수 검정 (McNemar's test)을 실시하였다. 모든 자료의 유의성 검증은 유의수준 $\alpha = 0.05$ 을 기준으로 하였다.

결과

연구대상자의 일반적인 사항

연구대상자의 일반적인 사항은 Table 2와 같이 BL2XO6군의 경우 남녀 각각 50%이었으나, BL2XO2의 경우 남자 36.36%, 여자 63.64%로 BL2XO6군에 비해 BL2XO2군에서 남자의 비율이 낮았으나 두 군 간에 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. 평균 연령을 보면 BL2XO6군의 경우 23.14세, BL2XO2군의 경우 21.27세로 BL2XO6군의 평균 연령이 BL2XO2군에 비해 유의적으로 높았다. 키, 체중 및 체지방비율은 BL2XO6군이 BL2XO2군에 비해 다소 높은 수준이었고, BMI는 BL2XO2군이 BL2XO6군에 비해 높은 수준이었으나 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Table 2. General characteristics of subjects

Variables	BL2XO6 (n = 14)	BL2XO2 (n = 11)
Sex (%)		
Male	7 (50.00)	4 (36.36)
Female	7 (50.00)	7 (63.64)
Age (yrs)	23.14 ± 2.54 ¹⁾	21.27 ± 1.68
Height (cm)	167.81 ± 11.19	166.15 ± 8.19
Weight (kg)	59.79 ± 13.28	58.12 ± 8.50
Body fat percent (%)	22.10 ± 8.63	21.96 ± 8.14
BMI (kg/m ²)	20.94 ± 2.47	21.02 ± 2.38

Values are expressed as mean ± SD.

BMI, body mass index.

¹⁾Wilcoxon scores (rank sums) test showed significant difference between groups at α = 0.05 level.

시료 섭취에 따른 변의 pH 및 균총 변화

시료 섭취에 따른 변의 pH를 분석한 결과는 **Table 3**과 같다. 시료 섭취 전 변의 pH는 BL2XO6군의 경우 pH 6.37, BL2XO2군의 경우 pH 6.90으로 유의적인 차이는 아니었다. 시료 섭취 후 변의 pH 변화 정도를 보면 BL2XO6군의 경우 1주차에 pH 7.16으로 시료 섭취 후 pH가 유의적으로 증가하였으나 시료 섭취 2주차 이후 다시 pH 6.70 이하로 낮아져 약 산성의 pH를 보였으나 시료 섭취 전과 비교 시 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. BL2XO2군의 경우 시료 섭취 기간 동안, 시료 섭취 중단 이후에도 pH 6.80 이하의 약산성을 띠고 있어 변의 pH 수준은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

시료 섭취에 따라 변 내 균총의 변화를 분석하기 위해 분석된 각 균 수를 log10으로 변환하여 분석한 결과는 **Table 4, Fig. 1**과 같다.

Bifidobacterium spp.의 경우 시료 섭취 전 BL2XO6군은 9.50 log CFU/g, BL2XO2군은 9.86 log CFU/g으로 나타나 두 군의 변 내 *Bifidobacterium* spp. 균 수는 유사한 수준이었으며, 시료 섭취 후 *Bifidobacterium* spp. 균 수는 각 주차별로 두 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 시료 섭취 전·후의 차이를 보면 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 기간 동안 장내 *Bifidobacterium* spp. 균 수가 서서히 증가하였고, 시료 섭취 4주차에 9.78 log CFU/g로 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 증가하였으며, 6주차에는 통계적으로 유의하지 않았으나 가장 높은 균수를 보였다. BL2XO2군의 경우 시료 섭취 전에 비해 시료 섭취 1주차에 *Bifidobacterium* spp. 균 수는 1.59% 증가하였으나 시료 섭취 2주차 이후에는 감소하는 추이를 보이거나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다 (**Fig. 1**).

Lactobacillus spp.의 경우 시료 섭취 전 BL2XO6군 8.66 log CFU/g, BL2XO2군 8.14 log CFU/g로 BL2XO6군이 BL2XO2군에 비해 유의적으로 높았다. 시료 섭취 기간의 각 주차 별 변내 *Lactobacillus* spp. 균 수는 두 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, *Lactobacillus* spp. 균 수의 변화

Table 3. The effect of BL2XO6 and BL2XO2 on the pH of bowel for subjects

Measurement point	BL2XO6 (n = 14)	BL2XO2 (n = 11)
Pretreatment	6.37 ± 0.89	6.90 ± 1.37
1-week	7.16 ± 0.93 ¹⁾	6.75 ± 1.25
2-week	6.66 ± 0.87	6.64 ± 1.22
4-week	6.57 ± 1.02	6.58 ± 1.12
6-week	6.65 ± 0.91	6.75 ± 1.18

Values are expressed as mean ± SD.

¹⁾Wilcoxon signed rank test showed a significant difference compared to pretreatment at α = 0.05 level.

Table 4. The effect of BL2XO6 and BL2XO2 on the intestinal flora for subjects

Intestinal flora	Measurement point ¹⁾				
	Pretreatment	1-week	2-week	4-week	6-week
BL2XO6					
<i>Bifidobacterium</i> spp. (log CFU/g)	9.50 ± 0.63	9.58 ± 0.76	9.46 ± 0.75	9.78 ± 0.74 ²⁾	9.98 ± 0.82
<i>Lactobacillus</i> spp. (log CFU/g)	8.66 ± 0.60 ³⁾	8.78 ± 0.77	8.39 ± 0.69	8.20 ± 0.44 ²⁾	8.83 ± 0.54
<i>Clostridium</i> spp. (log CFU/g)	10.35 ± 0.74	9.70 ± 1.12 ²⁾	9.20 ± 0.97 ²⁾	9.56 ± 0.93 ²⁾	9.86 ± 0.49 ²⁾
<i>Bifidobacterium longum</i> (log CFU/g)	8.48 ± 0.76	8.65 ± 0.91	8.70 ± 0.82	8.80 ± 0.69	8.95 ± 0.81
<i>Bacteroidetes</i> (%)	50.17 ± 0.84	50.38 ± 0.84	50.74 ± 1.07	50.06 ± 1.69	49.96 ± 1.00
<i>Firmicutes</i> (%)	49.83 ± 0.84	49.62 ± 0.84	49.26 ± 1.07	49.94 ± 1.69	50.04 ± 1.00
BL2XO2					
<i>Bifidobacterium</i> spp. (log CFU/g)	9.86 ± 0.56	10.01 ± 0.68	9.48 ± 0.49	9.83 ± 0.56	9.64 ± 0.95
<i>Lactobacillus</i> spp. (log CFU/g)	8.14 ± 0.54	8.62 ± 0.92	8.36 ± 0.57	8.33 ± 0.72	8.53 ± 0.74 ²⁾
<i>Clostridium</i> spp. (log CFU/g)	9.97 ± 0.91	9.87 ± 1.01	9.57 ± 0.88 ²⁾	9.99 ± 0.83	9.44 ± 1.09
<i>Bifidobacterium longum</i> (log CFU/g)	8.52 ± 0.72	9.11 ± 0.59	8.53 ± 0.83	8.76 ± 0.70	8.75 ± 0.88
<i>Bacteroidetes</i> (%)	49.92 ± 1.09	50.12 ± 1.45	50.15 ± 0.99	50.15 ± 1.15	50.47 ± 1.04
<i>Firmicutes</i> (%)	50.08 ± 1.09	49.88 ± 1.45	49.82 ± 0.96	49.85 ± 1.15	49.53 ± 1.04

Values are expressed as mean ± SD.
CFU, colony-forming unit.

¹⁾Log CFU/g feces. ²⁾Wilcoxon signed rank test showed a significant difference compared to pretreatment at $\alpha = 0.05$ level. ³⁾Wilcoxon scores (rank sums) test showed significant difference between groups at $\alpha = 0.05$ level.

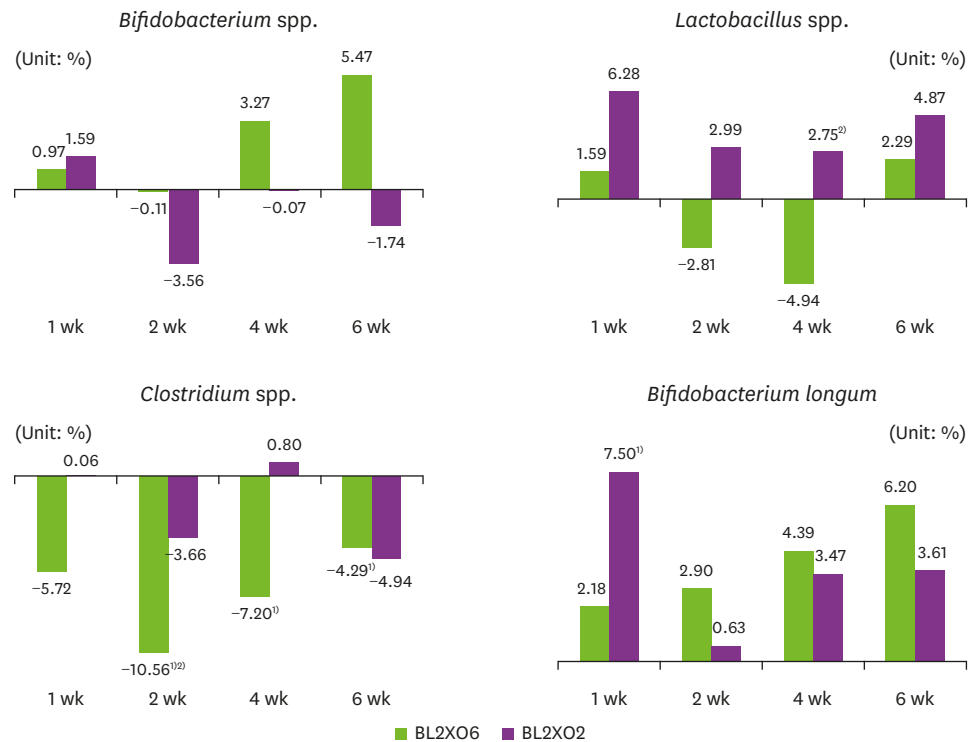


Fig. 1. The effect of BL2XO6 and BL2XO2 on the ratio of change of intestinal flora for subjects (%).

¹⁾Wilcoxon signed rank test showed a significant difference compared to pretreatment at $\alpha = 0.05$ level. ²⁾Wilcoxon scores (rank sums) test showed significant difference between groups at $\alpha = 0.05$ level.

율은 4주차에 BL2XO6군 -4.94%, BL2XO2군 2.75%로 나타나 두 군 간에 유의적인 차이를 보였다. 이외 주차의 변화율은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 각 군별로 시료 섭취 전.후의 차이를 보면 BL2XO6군의 경우 synbiotics를 함께 섭취하는 1주차와 prebiotics를 섭취하는 6주차의 *Lactobacillus* spp. 군 수는 증가하였으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. 2주차, 4주차의 *Lactobacillus* spp.의 변화율은 각각 -2.81%, -4.94% 감소하는 추이를 보

였고, 특히 4주차의 *Lactobacillus* spp. 균 수는 8.20 log CFU/g로 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 낮았다. BL2XO2군의 경우 synbiotics 섭취 기간 뿐만이 아니라 섭취를 중단한 기간 동안에도 *Lactobacillus* spp. 균 수는 증가하였고, 6주차의 *Lactobacillus* spp. 균 수는 8.53 log CFU/g로 synbiotics 섭취 전에 비해 유의적으로 높았다.

Clostridium spp. 균 수의 변화를 보면 시료 섭취 전 BL2XO6군은 10.35 log CFU/g, BL2XO2군은 9.97 log CFU/g으로 BL2XO6군이 BL2XO2군에 비해 다소 높았으나 두 군 간에 유의적인 차이는 아니었다. 시료 섭취 전·후의 *Clostridium* spp. 균 수를 보면 BL2XO6군의 경우 1주차 9.70 log CFU/g, 2주차 9.20 log CFU/g, prebiotics 섭취 기간인 4주차 9.56 log CFU/g, 6주차 9.86 log CFU/g로 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 낮았다. 또한, 시료 섭취 전·후의 변화율을 보더라도 시료 섭취 2주차 -10.56%, 4주차 -7.20%, 6주차 -4.29%로 감소하는 것으로 나타나 통계적으로 유의적인 차이를 보였다. BL2XO2군의 *Clostridium* spp. 균 수는 시료 섭취 2주차, 4주차에 감소율을 보였고, 2주차의 *Clostridium* spp. 균 수는 9.57 log CFU/g로 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 낮았다. 시료 섭취 전·후의 *Clostridium* spp. 균 수의 변화율은 시료 섭취 2주차에 BL2XO6군은 -10.56%, BL2XO2군은 -3.66%로 나타나 BL2XO2군에 비해 BL2XO6군의 감소율이 유의적으로 더 높았다. 이외 주차에서 *Clostridium* spp. 균 수의 변화율은 두 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

*B. longum*의 변 내 균 수 변화를 보면 시료 섭취 전 BL2XO6군의 경우 8.48 log CFU/g, BL2XO2군의 경우 8.52 log CFU/g로 변 내 *B. longum*의 균 수는 유사한 수준이었다. 시료 섭취 후 두 군간의 *B. longum* 균 수는 모든 주차에서 유사한 수준이었다. 시료 섭취 전·후의 *B. longum* 균 수의 변화를 보면 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 1주차 2.18%, 2주차 2.90%, 4주차 4.39%, 6주차 6.20%로 통계적으로 유의하지 않았으나 서서히 증가하는 양상을 보였다. BL2XO2군의 변화율은 1주차 7.50%로 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 높았으나, 2주차 0.63%로 시료 섭취 전과 유사한 수준이었고, 4주차 3.47%, 6주차 3.61%로 서서히 증가하는 양상을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. 또한 각 주차별 *B. longum* 균 수의 변화율은 두 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

장내 유익균인 *Bacteroidetes*와 유해균인 *Firmicutes*의 비율을 보면 시료 섭취 전 BL2XO6군의 경우 *Bacteroidetes* 50.17%, *Firmicutes* 49.83%로 *Bacteroidetes*의 비율이 다소 높았고, BL2XO2군의 경우 *Bacteroidetes* 49.92%, *Firmicutes* 50.08%로 *Firmicutes*의 비율이 다소 높았으나 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 시료 섭취 후 *Bacteroidetes*의 비율은 BL2XO2군의 경우 시료 섭취 전에 비해 증가하는 양상을, BL2XO6군의 경우 2주차까지는 증가하는 양상을, 2주차 이후 시료 섭취 전에 비해 낮아지는 양상을 보였으나 두 군 모두 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.

시료 섭취에 따른 배변 상태 평가

시료 섭취에 따라 배변 활동에 미치는 영향력을 평가하기 위해 변의 양, 변의 상태, 배변 횟수, 복통 및 CSS 점수를 평가한 결과는 Fig. 2, Table 5와 같다. 시료 섭취 전·후의 변의 양을 보면 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 전 ‘많다’ 7.1%, ‘보통’ 78.6%, ‘적다’ 14.3%로 ‘보통’이라고 응답한 비율이 75% 이상으로 높았고, 시료 섭취 후 ‘보통’이라고 응답한 비율은 85% 이상으로 증가한 대신 ‘적다’라고 응답한 비율은 감소하였다. 특히 시료 섭취 전에 비해 1주차 변의 양은 유의적인 차이를 보였으나, 이외 주차에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. BL2XO2군

의 경우 시료 섭취 전 90% 정도의 대상자들이 ‘보통’이라고 하였고, 시료 섭취 후 1주차, 2주차에 ‘적다’고 응답한 비율이 각각 18.2%, 27.3%로 시료 섭취 전에 비해 증가하였으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.



Fig. 2. The effects of BL2XO6 and BL2XO2 on the stool states for subjects: (A) Weekly transitions in stool amounts, (B) Weekly transitions in stool types. The 7 types of Bristol stool chart are, Type 1: Separate hard lumps, Type 2: Lumpy and sausage-like, Type 3: A sausage shape with cracks in the surface, Type 4: Like a smooth, soft sausage or snake, Type 5: Soft blobs with clear-cut edges, Type 6: Mushy consistency with ragged edges, Type 7: Liquid consistency with no solid pieces. Constipated, including type 1 and type 2 on Bristol stool chart; Normal, including type 3, type 4, and type 5 on Bristol stool chart; Inflammation: including type 6 and type 7 on Bristol stool chart.

^{*)}Wilcoxon signed rank test showed a significant difference compared to pretreatment at $\alpha = 0.05$ level.

Table 5. The effect of BL2XO6 and BL2XO2 on the bowel movement frequencies and abdominal states for subjects

Item	Measurement point				
	Pretreatment	1-week	2-week	4-week	6-week
BL2XO6 (n = 14)					
Bowel movement frequency (/day)	1.29 ± 0.61	1.14 ± 0.53	1.21 ± 0.58	1.07 ± 0.27	1.14 ± 0.36
Abdominal pain (5 score)	4.14 ± 0.86	4.36 ± 0.84	4.21 ± 0.70	4.36 ± 0.93	4.21 ± 0.89
CSS score	3.21 ± 2.91	3.00 ± 3.11	3.29 ± 3.29	2.57 ± 2.87	3.00 ± 2.86
BL2XO2 (n = 11)					
Bowel movement frequency (/day)	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.09 ± 0.30
Abdominal pain (5 score)	3.91 ± 0.83	3.82 ± 0.75	4.18 ± 0.75	4.00 ± 1.00	4.09 ± 0.83
CSS score	4.00 ± 3.22	3.73 ± 2.33	3.91 ± 3.48	3.55 ± 2.54	3.82 ± 2.68

Values are expressed as mean ± SD.

CSS score, constipation scoring system score.

변의 상태를 보면 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 전 ‘변비’의 상태가 28.6%이었으나 시료 섭취 후 1주차, 2주차 및 4주차에 각각 14.3%, 6주차에 7.1%로 시료 섭취 전에 비해 낮아진 반면, ‘정상’변은 시료 섭취 전 64.3%에서 시료 섭취 6주차에 85.7%로 증가하는 것으로 나타나 변의 상태가 개선되었으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. BL2XO2군의 경우 시료 섭취 전 ‘변비’는 9.1%이었으나 시료 섭취 후 1주차 9.1%, 2주차 18.2%, 6주차 9.1%로 나타나 시료 섭취 2주차에 다소 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.

시료 섭취에 따른 하루 배변 횟수의 변화를 보면 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 전 1.29회이었으나 시료 섭취 후 1주차 1.14회, 2주차 1.21회, 4주차 1.07회, 6주차 1.14회로 시료 섭취 후 평균 배변 횟수는 감소하였으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. BL2XO2군의 경우 시료 섭취 전, 시료 섭취 후 1주차, 2주차 및 4주차의 하루 배변 횟수는 평균 1.00회이었고, 6주차에 1.09회로 증가하였으나 유의적인 차이는 아니었다. 또한, 시료 섭취 전 뿐만 아니라 시료 섭취 기간 동안 주차별 배변 횟수는 BL2XO6군이 BL2XO2군에 비해 많았으나 유의적인 차이는 아니었다.

복통의 정도를 점수화 하여 평가하기 위해 ‘전혀 없다’ 5점, ‘없는 편이다’ 4점, ‘보통이다’ 3점, ‘강한 편이다’ 2점, ‘매우 강하다’ 1점을 부여한 후 시료 섭취에 따른 복통 증상을 평가한 결과 BL2XO6군의 경우 시료 섭취 전 4.14점으로 복통이 없다고 응답하였고, 시료 섭취 기간 동안에도 4.2점 이상의 높은 점수를 보여 synbiotics 섭취에 따른 복통 증상은 없는 것으로 나타났다. BL2XO2군의 경우도 시료 섭취 전·후 3.8점 이상의 점수를 보여 synbiotics 섭취 기간 뿐만 아니라 중단 시에도 복통 증상이 없는 것으로 나타났다. 시료 섭취 전·후 각 주차별 복통의 점수는 BL2XO6군이 BL2XO2군에 비해 다소 높은 점수를 보였으나 유의적인 차이는 아니었다.

변비의 상태를 평가할 수 있는 CSS 평가를 위해 배변 시 통증, 복통, 소요되는 시간 및 배변 후 잔변감을 이용하여 CSS 점수를 산출한 결과 총 16점 만점이었다. 시료 섭취 전 BL2XO6군은 3.21점, BL2XO2군은 4.00점으로 두 군 모두 4점 이하의 CSS 점수를 보여 변비 증상이 없는 것으로 평가되었다. 시료 섭취 동안에도 두 군 모두 4.0점 이하의 점수를 보여 시료 섭취에 따른 CSS 점수에 차이를 보이지 않았다.

고찰

본 연구는 probiotics와 prebiotics로 구성된 synbiotics 섭취 후 prebiotics 섭취가 20대 건강한 성인 남녀의 배변 활동 및 변내 균총의 개선 효과 확인을 통해 probiotics 섭취 중단 후에도 prebiotics인 XOS 섭취가 장내 유익균총 유지에 미치는 영향력을 파악하고자 하였다. 이를 위해 첫 2주간은 synbiotics 섭취기로 probiotics인 *B. longum*과 prebiotics인 XOS를 함께 섭취하게 하였고, 이후 4주간은 prebiotics 섭취기로 XOS를 섭취시킨 군 (BL2XO6)과 섭취하지 않은 군 (BL2XO2)으로 분류하여 제공하였다.

본 연구결과 probiotics와 prebiotics를 동시에 섭취하는 기간 동안에는 *Clostridium* spp.는 감소하였고, *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp.는 1주차에 증가하다가 2주차에는 감소하는 양상을 보였다. 이후 prebiotics를 섭취하지 않은 BL2XO2군은 변 내 균총의 변화 양상이 일정하지

않은 것으로 나타나, *Bifidobacterium* spp.는 시료 섭취 전에 비해 감소하는 추이를, *Lactobacillus* spp.는 증가하는 추이를 보였다. BL2XO2군의 *B. longum*은 2주차 이후 증가하였고, 그 증가율은 BL2XO6군에 비해 낮았으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 그러나 BL2XO6군의 경우 *Lactobacillus* spp.은 4주차까지 감소하다가 그 이후 증가하는 추이를 보였고, *Bifidobacterium* spp., *B. longum*은 시료 섭취 전에 비해 양의 증가율을 보였다. 반면, 유해균인 *Clostridium* spp.는 시료 섭취 전에 비해 감소하였다. 따라서 synbiotics 섭취 후 접종균주가 선택적으로 이용할 수 있는 prebiotics만을 섭취 시 장내 유해균인 *Clostridium* spp.의 증식을 억제시키고, 장내 유익균인 *Bifidobacterium*의 증식을 유지시키는 것으로 나타났다.

본 연구와 마찬가지로 prebiotics로 자일로올리고당과 probiotics로 *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*를 건강한 성인에게 동시에 투여하여 synbiotics 효과를 평가한 연구를 보면 변내 비피더스균이 유의적으로 증가하였으며, 대변 내 단쇄지방산의 농도에 영향을 미쳐 아세트산과 부티릭산의 농도는 감소한 반면, isovaleric acid 농도는 증가하는 것을 나타나, probiotics만을 투여한 경우보다 prebiotics를 동시에 투여 시 비피더스균의 증식 뿐만 아니라 장 건강에 더 유익한 것으로 보고하고 있다 [12]. 또한, in vitro, in vivo 연구에서 *B. longum*과 모유올리고당 또는 모유를 동시에 제공 시 clostridia와 G-bacteria는 감소한 반면, *Bifidobacterium*은 증가시켰고, 젖산과 아세트산의 농도를 높이는 효과를 보였을 뿐만 아니라 interleukin (IL)-10, IL-6을 증가시키는 것을 보고하고 있어 [25], probiotics인 유산균만을 제공 시 보다 prebiotics를 함께 제공할 경우 장내 유익균인 비피더스균의 증식 효과 이외 장내 환경의 변화 및 면역력을 증가시키는 효과가 있음을 알 수 있다. 본 연구에서도 synbiotics 섭취 기간 동안 *B. longum*은 증가하는 것으로 보고되고 있으며 장내 pH는 7.0 이하의 약산성을 보이고 있어 선행연구와 유사한 결과를 보였다.

최근에는 synbiotics에 의한 장내 균총의 변화 및 short chain fatty acid (SCFA) 증가에 의한 장 건강 개선 효과에 관한 연구들 이외 인슐린 민감성 개선에 의한 당뇨병과 비만 예방 효과 뿐만 아니라, 혈관의 지질 개선에 의한 심혈관계질환, 간경변증 예방 및 면역력 증가에 의해 건강 상태에 긍정적인 영향력을 미친다는 연구들이 보고되고 있다 [4,12,22,26,27]. Synbiotics에 의한 건강 개선 효과는 probiotics와 함께 섭취하는 prebiotics에 의한 상승작용이라 할 수 있다. 즉, prebiotics는 probiotic에 대해 더 높은 친화력을 갖도록 하여 선택된 probiotics의 성장과 활성을 증가시키는 작용을 통해 장내 유익균총의 증가를 유도하는 것으로 보고되고 있다 [22]. Prebiotics로 대표적인 기능성 올리고당은 장내 *Bifidobacteria*와 *Lactobacillus*의 증식을 촉진시키고 병원성 세균의 증식을 억제하는 효과가 있는 것으로 보고하고 있다 [7].

본 연구에서 prebiotics로 활용한 자일로올리고당 역시 기능성 올리고당의 한 종류로 소화 효소에 의해 소화되지 않고 *Bifidobacteria*나 프로피오닉박테리아와 같은 probiotics에 의해 이용되고 이들 박테리아의 증식을 유도하는 것으로 보고되고 있다 [28]. In vivo 연구에서 자일로올리고당은 장내 균총 중 제한된 미생물의 먹이원으로 *Bifidobacterium*에 의해 발효가 잘 일어나지만 *Clostridium*, *E. coli*, *E. faecalis*, *E. faecium* 등에서는 발효가 일어나지 않는 것으로 보고하였다 [20]. 본 연구에서도 synbiotics를 섭취하는 기간 동안 *Clostridium* spp.의 증식은 억제되었고, *B. longum*은 증식되었으며, prebiotics만을 섭취하는 기간 동안 XOS를 섭취하는 BL2XO6군에서 4주 동안 *Clostridium* spp.은 시료 섭취 전에 비해 낮은 균 수를 보여 *Clostridium*의 증식은 둔화된 반면, *Bifidobacterium*은 지속적으로 증가하는 양상을 보여 선행연구와 마찬가지로 자일로

올리고당이 *Bifidobacterium* 증식에 효과적이었다. 그러나 본 연구에서 유익균의 한 종류인 *Lactobacillus* spp.는 synbiotics 섭취 1주차에 증가한 후 2주차에는 감소하였으나, 이후 자일로올리고당을 섭취하는 BL2XO6군에서는 감소하는 양상을 보인 반면, 자일로올리고당을 섭취하지 않은 BL2XO2군에서는 증가하는 양상을 보여 자일로올리고당 섭취 여부에 따라 상이한 양상을 보였다. 자일로올리고당의 이용율은 군주에 따라 차이를 보여 *B. longum*이 *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*보다 높은 것으로 보고되고 있으며 [20], 변비를 유도한 쥐를 대상으로 probiotics를 섭취시킨 후 장내 균총을 분석한 결과 probiotics인 유산균을 섭취한 군의 경우 *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus reuteri*와 같은 *Lactobacillus* 균의 농도가 높은 것으로 보고하고 있다 [29]. 본 연구에서는 *Lactobacillus*의 다양한 균 중 *Lactobacillus* spp.를 분석하였으며, synbiotics 섭취 기간 동안 두 군의 *Lactobacillus* spp.의 변화 양상이 비슷하였으나, 자일로올리고당을 섭취하지 않은 BL2XO2군의 경우 자일로올리고당의 영향은 사라진 반면 함께 섭취한 probiotics의 영향력이 지속되면서 장내 *Lactobacillus* spp.의 증식을 유지시켰다. 자일로올리고당을 섭취하는 BL2XO6군에서 *Lactobacillus* spp.가 감소하는 양상을 보인 것은 자일로올리고당이 *Lactobacillus* spp.보다 *Bifidobacterium* 증식에 더 효율적으로 작용하였기 때문인 것으로 사료된다.

국내외 다수의 연구에서 자일로올리고당 또는 자일로올리고당 함유 설탕 섭취는 변비를 개선하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 [28,30-33]. 변비 증상을 지닌 여대생을 대상으로 자일로올리고당 함유 설탕 섭취 또는 변비증상을 지닌 임산부 및 노인을 대상으로 자일로올리고당 섭취는 변비 증상의 개선과 더불어 변의 양과 배변 횟수가 증가하였고 [30,32,33], 정상 성인을 대상으로 한 연구에서도 자일로올리고당 섭취는 배변 횟수 증가뿐만 아니라 활력과 행복감도 증가시키는 것으로 보고하고 있다 [12]. 또한 건강한 성인 여자를 대상으로 한 Na와 Kim [31]의 연구에서 자일로올리고당을 하루 2.8g 섭취 시 배변량 증가와 변의 pH가 7.0 이하의 약산성을 띠었을 뿐 아니라 변 내 *Bifidobacterium*이 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 synbiotics와 XOS 섭취 기간 동안 BL2XO2, BL2XO2군의 변의 양이나 상태는 시료 섭취 전과 비교 시 차이를 보이지 않았으며, 변의 pH 역시 1주차를 제외한 모든 주차에서 pH 7.0 이하의 산도를 보여 시료 섭취 전과 비교 시 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이외 배변 횟수, 복통 및 CSS 점수 모두 시료 섭취에 따른 차이를 보이지 않고 있어 선행연구들과 다른 결과를 보였다. 본 연구 대상자들은 두 군 모두 CSS 점수가 4.0 이하의 낮은 점수를 보인 변비 증상이 없는 건강한 성인이었다. 즉, 본 연구의 결과가 선행연구들과 다른 결과를 보인 것은 변비 증상이 없는 건강한 성인을 대상으로 하였기 때문에 synbiotics 및 자일로올리고당 섭취 시에도 배변 상태나 복통, CSS 점수에 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다.

본 연구결과 synbiotics 섭취 시 유해균인 *Clostridium* spp.은 감소하였고, *B. longum*은 증가하였으며, 이후 자일로올리고당만을 섭취하는 BL2XO6군에서 *Bifidobacterium*의 증가가 유지되는 것으로 나타나 synbiotics 섭취 후 prebiotics 섭취는 장내 균총의 변화에 긍정적인 영향을 미쳤고, 또한 정상적인 배변활동을 유지하였으며, 복통의 증상이 없었을 뿐 아니라 낮은 CSS 점수를 보였다. 본 연구에서 활용한 유산균 (*B. longum*)과 XOS의 섭취는 배변 활동의 변화 없이 장내 유익균의 증가를 유도할 뿐 아니라, XOS만을 섭취하는 기간 동안에도 정상적인 배변 활동을 유지하면서 *Bifidobacterium*과 같은 유익균의 증식이 지속적으로 유지되는 효과를 보였다. 즉, XOS의 섭취는 배변 활동에 대한 부작용 없이 장내 균총의 개선과 정상적인 배변 활동 유지 등 장 건강에 긍정적인 측면에서 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

요약

본 연구는 probiotics와 prebiotics로 구성된 synbiotics 섭취가 건강한 성인의 배변 활동 및 변내 균총의 개선 효과를 확인하고자 하였고, probiotics 섭취 중단 후에도 prebiotics인 XOS 섭취가 장내 유익균총의 유지에 미치는 영향을 파악함으로써 XOS의 건강기능성 확인을 위한 근거자료를 확보하고자 하였다. 본 연구결과 BL2XO6군과 BL2XO2군의 체위 자료는 두 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 변내 pH는 시료 섭취 전 두 군 모두 7.0이하로 약 산성이었으나, 시료 섭취 1주차 BL2XO6군에서 pH 7.16으로 유의적으로 높았으나 2주차 이후는 pH 7.0 이하의 값을 보여 시료 섭취에 따른 차이는 나타나지 않았다. 변내 균총의 변화를 보면 BL2XO6군의 경우 *Clostridium* spp. 은 시료 섭취 후 변내 균 수가 감소하는 양상을 보인 반면, *Bifidobacterium* spp.은 시료 섭취 후 서서히 증가하는 양상을 보여 4주차에 시료 섭취 전에 비해 유의적으로 높았으나, 이외 주차에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. *B. longum*은 모든 주차에서 통계적으로 유의하지 않았으나 서서히 증가하는 추이를 보였다. BL2XO2군의 경우 시료 섭취 후 *Lactobacillus* spp.과 *B. longum*은 synbiotics 섭취 1주에만 증가하는 추이를 보였다. 각 주차별로 변내 균총의 변화율에서 군별로 유의적인 차이를 보인 균총은 *Clostridium* spp.와 *Lactobacillus* spp.이었다. 즉, *Clostridium* spp.은 2주차에서, *Lactobacillus* spp.는 4주차에서 BL2XO6군과 BL2XO2군 사이에서 유의적인 차이를 보였다. 시료 섭취 전·후 *Bacteroidetes*와 *Firmicutes*의 비율은 두 군 모두 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한, 시료 섭취 전·후의 변의 양, 변의 상태 및 배변 횟수, 복통 및 CSS점수에 유의적인 차이를 보이지 않았을 뿐만 아니라 군에 따른 차이 역시 존재하지 않았다. 이상의 결과 synbiotics 섭취 후 prebiotics만을 섭취할지라도 장내 균총의 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나고 있을 뿐만 아니라 정상적인 배변 활동을 유지하고 있어 synbiotics 섭취 후 prebiotics로 XOS 섭취는 자일로올리고당을 선택적으로 이용할 수 있는 *B. longum*을 장내에서 지속적으로 증식할 수 있도록 도와 장내 균총을 개선하는 효과와 정상적인 배변활동을 통한 장 건강에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Kang JS. Journal walk regarding the expanding role of microbiota in our gut. *J Bacteriol Virol* 2011; 41(1): 63-64. [CROSSREF](#)
2. Kim JM. Roles of enteric microbial composition and metabolism in health and diseases. *Korean J Gastroenterol* 2013; 62(4): 191-205. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Tremaroli V, Bäckhed F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature* 2012; 489(7415): 242-249. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
4. Flint HJ. Obesity and the gut microbiota. *J Clin Gastroenterol* 2011; 45 Suppl: S128-S132. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Roberfroid M, Gibson GR, Hoyles L, McCartney AL, Rastall R, Rowland I, et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *Br J Nutr* 2010; 104 Suppl 2: S1-S63. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Ministry of Food and Drug Safety. Health functional food standard and standard notification (Ministry of Food and Drug Safety Notification 2018-67). Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2018 [cited 2019 May 21]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/notification.do?ntfc_dvs=NTFC09&menu_grp=MENU_NEW04&menu_no=3797.

7. Crittenden R, Karppinen S, Ojanen S, Tenkanen M, Fagerström R, Mättö J, et al. In vitro fermentation of cereal dietary fibre carbohydrates by probiotic and intestinal bacteria. *J Sci Food Agric* 2002; 82(8): 781-789.
[CROSSREF](#)
8. Isolauri E, Salminen S, Ouwehand AC. Microbial-gut interactions in health and disease. *Probiotics. Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2004; 18(2): 299-313.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. Arbolea S, Watkins C, Stanton C, Ross RP. Gut bifidobacteria populations in human health and aging. *Front Microbiol* 2016; 7: 1204.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Guardamagna O, Amaretti A, Puddu PE, Raimondi S, Abello F, Cagliero P, et al. Bifidobacteria supplementation: effects on plasma lipid profiles in dyslipidemic children. *Nutrition* 2014; 30(7-8): 831-836.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Takahashi T, Nakagawa E, Nara T, Yajima T, Kuwata T. Effects of orally ingested *Bifidobacterium longum* on the mucosal IgA response of mice to dietary antigens. *Biosci Biotechnol Biochem* 1998; 62(1): 10-15.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Childs CE, Røytiö H, Alhoniemi E, Fekete AA, Forssten SD, Hudjec N, et al. Xylo-oligosaccharides alone or in synbiotic combination with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* induce bifidogenesis and modulate markers of immune function in healthy adults: a double-blind, placebo-controlled, randomised, factorial cross-over study. *Br J Nutr* 2014; 111(11): 1945-1956.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. Gibson GR, Probert HM, Loo JV, Rastall RA, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev* 2004; 17(2): 259-275.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. Hsu CK, Liao JW, Chung YC, Hsieh CP, Chan YC. Xylooligosaccharides and fructooligosaccharides affect the intestinal microbiota and precancerous colonic lesion development in rats. *J Nutr* 2004; 134(6): 1523-1528.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
15. Lee MR, Lee KA, Ly SY. Improving effects of fructooligosaccharide and isomaltoligosaccharide contained in sponge cakes on the constipation of female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2003; 32(4): 621-626.
[CROSSREF](#)
16. Ministry of Food and Drug Safety. Health functional food raw material information, individual certified raw materials, xylooligosaccharides (HCN, 2009-80, HCN, 2009-81) [Internet]. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2019 [cited 2019 May 21]. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/main.do>.
17. Fujikawa S, Okazaki M, Matsumoto N, Koga K. Properties and production of xylooligosaccharide. *J Jpn Soc Starch Sci* 1990; 37(2): 69-77.
[CROSSREF](#)
18. Rycroft CE, Jones MR, Gibson GR, Rastall RA. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *J Appl Microbiol* 2001; 91(5): 878-887.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Zeng H, Xue Y, Peng T, Shao W. Properties of xylanolytic enzyme system in bifidobacteria and their effects on the utilization of xylooligosaccharides. *Food Chem* 2007; 101(3): 1172-1177.
[CROSSREF](#)
20. Rhew BK, Lee JW, Lee CS, Hyun SI, Park YJ, Yhn JB, et al. Effects of xylooligosaccharides on the growth of intestinal microflora. *Korean J Microbiol Biotechnol* 2002; 30(4): 380-387.
21. Cencic A, Chingwaru W. The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health. *Nutrients* 2010; 2(6): 611-625.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Kolida S, Gibson GR. Synbiotics in health and disease. *Annu Rev Food Sci Technol* 2011; 2(1): 373-393.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Agachan F, Chen T, Pfeifer J, Reissman P, Wexner SD. A constipation scoring system to simplify evaluation and management of constipated patients. *Dis Colon Rectum* 1996; 39(6): 681-685.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. Riegler G, Esposito I. Bristol scale stool form. A still valid help in medical practice and clinical research. *Tech Coloproctol* 2001; 5(3): 163-164.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Musilova S, Modrackova N, Hermanova P, Hudcovic T, Svejstl R, Rada V, et al. Assessment of the synbiotic properties of human milk oligosaccharides and *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* in vitro and in humanised mice. *Benef Microbes* 2017; 8(2): 281-289.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

26. Du X, Xie C, Shi L, Gao H, Yang C, Liu Q. Probiotics, prebiotics, and synbiotics supplementation in prediabetes: protocol for a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2020; 99(13): e19708.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
27. Malaguarnera M, Gargante MP, Malaguarnera G, Salmeri M, Mastrojeni S, Rampello L, et al. Bifidobacterium combined with fructo-oligosaccharide versus lactulose in the treatment of patients with hepatic encephalopathy. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2010; 22(2): 199-206.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Preston DM, Lennard-Jones JE. Severe chronic constipation of young women: 'idiopathic slow transit constipation'. *Gut* 1986; 27(1): 41-48.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
29. Kim EY, Jo K, Ahn SH, Park SS, Son HS, Han SH. Effect of lactic acid bacteria powder on loperamide-induced constipation in rat. *Korean J Food Nutr* 2015; 28(6): 956-964.
[CROSSREF](#)
30. Jeon JH, Kyung M, Jung S, Jo SE, Chang MJ. Effect of xylooligosaccharide-sugar mixture on defecation frequency and symptoms in young women with constipation: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Nutr Health* 2015; 48(1): 19-29.
[CROSSREF](#)
31. Na MH, Kim WK. Effects of xylooligosaccharide intake on fecal bifidobacteria, lactic acid and lipid metabolism in Korean young women. *Korean J Nutr* 2007; 40(2): 154-161.
32. Talley NJ, Fleming KC, Evans JM, O'Keefe EA, Weaver AL, Zinsmeister AR, et al. Constipation in an elderly community: a study of prevalence and potential risk factors. *Am J Gastroenterol* 1996; 91(1): 19-25.
[PUBMED](#)
33. Tateyama I, Hashii K, Johno I, Iino T, Hirai K, Suwa Y, et al. Effect of xylooligosaccharide intake on severe constipation in pregnant women. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2005; 51(6): 445-448.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)