



올리고당의 이해

서이슬 · 김재환*

(주)네오크레마

Oligosaccharides Properties

Yi Seul Suh and Jae Hwan Kim*

Neo Cremar Co., Ltd.

Abstract: Oligosaccharides have 2nd effects such as improvement of mineral absorption, immune system, atopy, skin health, and others, based on prebiotic effect. Because of outstanding physiological functions of oligosaccharides, the demand of prebiotics is dramatically increased together with probiotics in the world. Because oligosaccharides are distributed not only as general foods but as health functional foods, the demand of oligosaccharides especially in Korea can be expected to increase continuously. However, because each oligosaccharide has different stability in various temperature and pH conditions, it is very important to choose proper oligosaccharide considering heat and pH treatment in the processes, pH in finished products and storage temperatures, and pH condition. Meantime, because daily dosage of each oligosaccharide is different, it's also important to choose ideal oligosaccharide considering types of foods and intake quantities.

Keywords: keyword

서 론

최근 기능성 식품 산업에서는 프로바이오틱스(probiotics)와 함께, 프리바이오틱스(prebiotics) 제품의 가파른 성장세가 이어지고 있다. 이는 삶의 질에 있어서 건강한 장을 유지하는 것이 비단 원활한 배변기능과 같은 장기기능 뿐 아니라, 면역활성이나 피부개선과 같은 다양한 2차적 기능을 수반한다는 데에 기인하고 있다. 유산균과 같은 유익균을 살아있는 생균으로 섭취하는 프로바이오틱스와 달리, 프리바이오틱스는 체내 효소에 의해서 분해가 되지 않기 때문에, 에너지로 흡수되지 않고 장까지 도달하는 올리고당류로서, 장내에서 유익균들의 먹이로 사용되어 장내 균총을 개선시키는 역할을 수행한다. 프락토올리고당, 이눌린, 갈락토올리고당, 락툴로스, 이소말토올리고당, 자일로올리고당, 겐치오올리고당, 유과올리고당 등이 이에 해당한다. 본 장에서는 국내외에서 프리바이오틱스로서 주로 이용되고 있는 올리고당류에 대해서 알아보려고 한다.

올리고당의 정의

올리고당은 상대적으로 적은 수의 포도당이나 과당과 같은 단당류가 결합된 탄수화물로서 정의할 수 있다. 국내의 경우, 식품공전의 올리고당류에는 프락토올리고당, 이소말토올리고당, 갈락토올리고당(전이 갈락토올리고당 및 라피노스/스타키오스), 말토올리고당, 자일로올리고당, 겐치오올리고당의 여섯가지 올리고당이 등재되어 있고, 식품첨가물로서 락툴로스, 그 외 이눌린은 전분류로서, 유과올리고당(락토수크로스)은 기타가공식품으로서 분류되어 유통이 되고 있다. 이러한 올리고당류들은 말토올리고당을 제외하고는 대체적으로 β -결합을 중심으로 구성되기 때문에, 체내 효소에 의해 분해되지 않고 장까지 도달하게 된다. 대표적인 올리고당류의 구성당과 결합 방법에 대해서 표 1에 정리하였다.

프리바이오틱 효과를 가지는 올리고당류들은 체내에 흡수되기가 어렵기 때문에, 칼로리가 없거나 낮고, 구강과 장내 유해 세균에 의해 잘 이용되지 않기 때문에, 대체적으로 충치를 유발하지 않는 특징이 있다. 또한, 프리바이오틱 효과를 기반으로 장을 건강하게 유지하기 때문에, 배변작용을 원활하게 해주고, 나아가서 면역 증진과 피부 개선 등의 2차적인 효과도 기대된다고 알려져 있다. 또한, 장내에서 유익균의 증식이 활발하게 진행됨에 따라, 유산균이나

*Corresponding author: Jae Hwan Kim

Neo Cremar Co., Ltd., Korea

Tel: 82-31-732-4080, Fax:

E-mail: jayhkim@cremar.co.kr

Received November 30, 2015; Revised December 10, 2015;

Accepted December 15, 2015

표 1. 식품공전에 등재된 올리고당류의 구성당 및 결합방법

Oligosaccharide	Unit Sugar	Linkage
Fructooligosaccharide	Glucose Fructose	β -2, 1 α -1, 4
Isomaltooligosaccharide	Glucose	α -1, 6
Galactooligosaccharide	Glucose Galactose	α -1, 3/1, 4/1, 6 β -1, 3/1, 4/1, 6
Maltooligosaccharide	Glucose	α -1, 4
Xylooligosaccharide	Xylose	β -1, 4
Gentiooligosaccharide	Glucose	β -1, 6

표 2. 올리고당류의 원료

Raw material	Oligosaccharide
Starch	Malto-, Isomalto-, Cyclodextrin, etc.
Sugar	Fructo-, Lactosucrose, Raffinose, Stachyose, etc.
Lactose	Galacto-, Lactosucrose, Lactulose, etc.
Xylan, Mannan, Chitin, Chitosan	Xylo-, Manno-, Chiti/Chitosan-, etc.

비피도박테리움 균과 같은 유익균들이 유산, 초산, 프로피온산 등의 단쇄지방산들을 배출하여, 장내 pH를 낮추기 때문에, 유해 세균들을 억제하고 무기질을 이온화하여 무기질의 흡수를 촉진한다는 것 역시 다수의 논문을 통해 보고되고 있다.

올리고당의 제조

올리고당은 수 개의 단당류로 구성되어지는데, 주로 효소나 화학반응에 의한 가수분해, 중합 혹은 이성화를 통해 제조되지만 추출을 통해 얻어지기도 한다. 올리고당의 원료 물질 역시 종류별로 다양한데, 일례로 프락토올리고당은 설탕이나 이눌린을 원료로 하여 제조되고, 이소말토올리고당은 전분을 원료로 제조되고 있다. 다양한 올리고당류의 원료를 다음 표 2에 정리해 보았다.

올리고당류의 특성

앞에서 언급한 것처럼, 다양한 종류의 올리고당은 각기 다른 원료와 다른 제조방법으로 제조되어지며, 그 특성 또한 매우 다양하다. 본 장에서는 식품산업에서 가장 많이 활용되고 있는 프락토올리고당, 이소말토올리고당 및 갈락토올리고당의 특성에 대해서 알아보겠다.

프락토올리고당

프락토올리고당은 국내 식품공전에 따르면, 설탕 분자 하나에 과당 분자가 1~3개 결합되어 있는 단쇄 프락토올리고

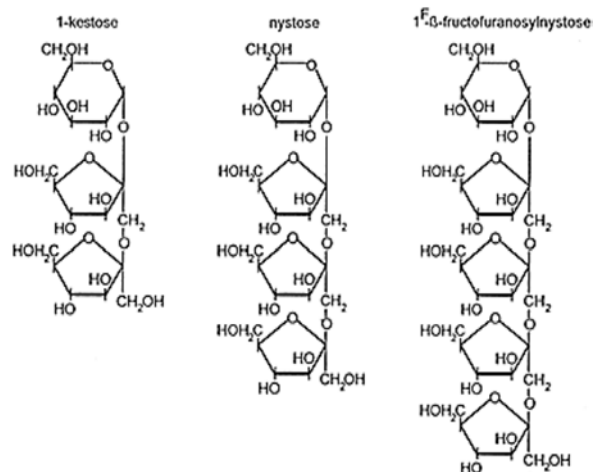


그림 1. 프락토올리고당의 구조.

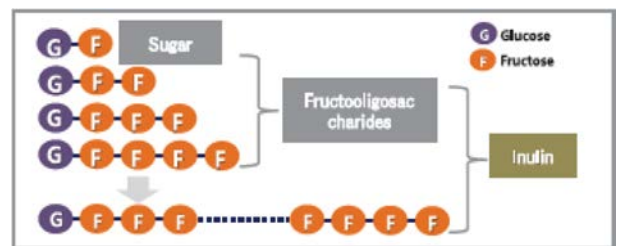


그림 2. 단쇄 프락토올리고당과 이눌린의 차이.

당으로 정의되어 있다(그림 1).

이러한 단쇄 프락토올리고당은 설탕을 원료로 하여 효소 처리에 의해 주로 만들어지게 되는데, 국내에서 주로 제조되고 있다. 반면, 벨기에나 네덜란드 등의 유럽에서는 치커리로부터 이눌린을 추출하여 제조하고 있다(그림 2). 제조사에 따라 이눌린을 가수분해하여 구성당인 과당의 수를 조절하기도 하지만, 이눌린과 올리고프락토스가 대부분을 구성하고 있다. 국내 식품공전에서는 프락토올리고당 10% 이상을 프락토올리고당으로서 정의하고 있기 때문에, 치커리 기원의 이눌린 가수분해물 역시 프락토올리고당으로서 유통되고 있다.

원료의 수급성과 단가를 비교하였을 때, 치커리보다 설탕의 수급성과 가격경쟁력이 현저하게 높기 때문에, 단쇄 프락토올리고당과 이눌린의 시장 가격은 차이가 매우 크기 때문에, 국내의 경우, 단쇄 프락토올리고당의 수요가 훨씬 크다.

프락토올리고당의 생리활성은 다수의 연구를 통해 규명되고 있는데, 대표적인 기능으로는 물론 프리바이오틱 활성을 들 수 있으며, 단쇄 프락토올리고당의 프리바이오틱 효과에 대한 연구내용을 정리하면 다음과 같다(표 3).

표 3에서 보여주는 것처럼, 1 g/day부터 20 g/day의 프락

표 3. 단쇄 프락토올리고당의 프리바이오틱 효과

Healthy subjects (n)	Age (years)	Sc-FOS daily ingestion (g)	Duration (days)	Bifidobacteria count in stools log CFU/g (m±SEM)		Statistical significance (p)	First Author year, ref.
				Before	After		
6	—	6	30	9.6	9.8	ns	Mitsuoka, 1986 ³¹
23	73±9	8	14	8.8±1.1	9.7±0.5	<0.005	Mitsuoka, 1987 ³⁴
27 (9x3)	36.8±9	1	14	9.8±0.6	10.2±0.4	<0.05	Tokunaga, 1993 ⁴⁰
	25.2±3.3	3	14	9.9±0.6	10.4±0.4	<0.05	
		5	14	9.7±0.6	10.3±0.4	<0.01	
38	—	8	14	5.2±0.9	6.2±0.6	<0.01	Rochat, 1994 ⁴¹
10	20-40	4	14	8.3±1.8	9.4±2.3	<0.05	Williams, 1994 ⁴²
10	22-39	12.5	12	7.9±0.5	9.1±0.3	<0.01	Bouhnik, 1996 ⁴⁴
32 (8x4)	29.6	2.5	8	8.0±1.1	8.2±1.1	ns	Bouhnik, 1999 ⁴⁵
		5	8	8.1±0.8	9.1±0.4	<0.05	
		10	8	8.0±1.3	9.5±0.3	<0.02	
		20	8	8.2±0.9	9.5±0.6	<0.002	

NS: not significant

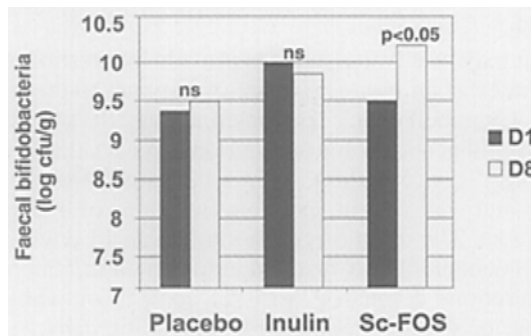


그림 3. 이눌린과 단쇄 프락토올리고당의 프리바이오틱 효과.

토올리고당을 섭취한 결과, 대체적으로 대조군에 비해서 변에서의 비피더스균의 수가 유의적으로 증가하였음이 나타났다. 단쇄 프락토올리고당과 이눌린의 프리바이오틱 효과를 비교한 테스트도 2002년 Bornet 등에 의해 수행되었는데(그림3), 각각 10 g/day를 섭취한 결과, 변에서의 비피더스균의 수가 이눌린은 유의차가 없었으나, 단쇄 프락토올리고당을 섭취한 군에서는 유의적으로 증가하였음이 밝혀졌다. 이는 단쇄 프락토올리고당은 장내 유익균에 의해 쉽게 활용되는데 반해, 이눌린에 포함된 장쇄 프락탄은 유익균에 활용되기보다, 식이섬유로서 주로 활용되기 때문이라 추정된다.

또한, 프락토올리고당의 프리바이오틱 효과를 통해, 장내 유익균이 증식하게 되면, 유익균이 배출하는 단쇄 지방산의 농도가 높아지기 때문에, 칼슘이나 마그네슘 등의 무기질의 흡수율이 높아진다는 것이 다양한 연구들을 통해 밝혀졌으며(1), Alexandre 등은 프락토올리고당 섭취 후 대퇴골(Femur)과 경골(Tibia)에서 칼슘의 농도가 높아진다는 것을 보고하였다.

이러한 다양한 연구 결과를 기반으로, 프락토올리고당은 국내에서 고시형 소재로서 건강기능식품공전에 등재되어,

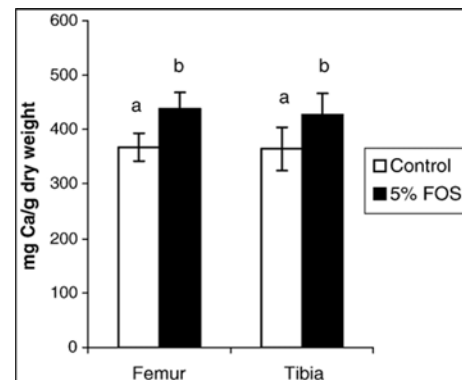


그림 4. 프락토올리고당 섭취 전후의 대퇴골과 경골에서의 칼슘 중량 비교.

하루 3~8 g/day 섭취 시에, 장내 유익균 증식 및 유해균 억제, 배변활동 개선 및 칼슘흡수 촉진 등과 같은 생리활성에 대한 클레임이 가능하다.

하지만, 프락토올리고당은 고온과 낮은 pH에서 다소간 쉽게 분해되기 때문에, 레토르트나 청량음료 등과 같이 고온에서 살균하거나 pH가 낮은 제품에는 적용하지 않는 것이 바람직하다.

이소말토올리고당

이소말토올리고당은 이소말토스, 이소말토트리오스, 이소말토테트라오스 등 포도당이 주로 β-1,6 결합을 하고 있는 올리고당으로 정의될 수 있다(그림 5). 이소말토올리고당은 전분을 원료로 하여 효소 반응을 통해 제조되므로, 시장 가격이 매우 낮아 음료를 포함한 다양한 식품의 감미원으로서 큰 수요를 형성하고 있다.

이소말토올리고당 역시 식경험이 오래된 기능성 소재로서, 생리활성에 대한 다양한 연구들이 보고되어 왔다(표4).

표 4에서 보여지는 것처럼, 이소말토올리고당은 다소 많

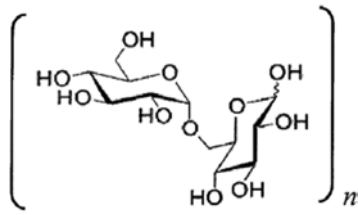


그림 5. 이소말토올리고당의 구조.

은 양인 10 g/day를 섭취하더라도, 섭취 14일차에서 변의 비피더스균 수가 유의적으로 증가하였을 뿐, 다른 유익균이나 유해균에는 영향을 거의 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이는 섭취량이 다소 적게 설정되었거나, 유익균 뿐 아니라 유해균도 이소말토올리고당을 함께 활용하기 때문일 것으로 추정된다.

하지만, 다양한 연구 결과들을 토대로 하여, 이소말토올리고당은 개별인정을 통해 건강기능식품으로 인정되어, 8~15 g/day를 섭취하면, 장내 유익균 증식 및 유해균 억제와 배변활동 개선 등의 클레임이 가능하다.

이소말토올리고당은 온도와 pH에 매우 안정할 뿐 아니라, 가격적인 경쟁력이 매우 우수하기 때문에, pH가 낮은

음료나 요거트 등의 다양한 식품에 적용이 가능하다.

갈락토올리고당

갈락토올리고당은 갈락토스를 함유하고 있는 올리고당류로서, 국내 식품공전에서는 유당으로부터 효소 반응을 통해 제조되는 전이 갈락토올리고당과 함께 탈지 대두박에서 대두 단백 제조 시 생성되는 부산물로부터 추출되는 라피노스와 스타키오스를 갈락토올리고당으로 정의하고 있다 (그림 6).

대두올리고당으로 알려져 있는 라피노스와 스타키오스는 그 수율이 매우 낮기 때문에, 시장 가격에서의 경쟁력이 다소 낮기 때문에, 전세계적으로 큰 수요를 형성하고 있지 않지만, 유당에서 제조되는 전이 갈락토올리고당의 경우, 모유에 함유되어 있는 올리고당의 일종인 갈락토실락토스를 함유하고 있기 때문에, 유아용 분유 시장을 중심으로 그 시장이 지속적으로 증가하고 있다 (2).

유아용 분유는 그 조성이 모유와 가장 근접하도록 하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 모유는 다양한 영양소들을 함유하고 있는데, 유당이 가장 많이 함유되어 있고, 불포화지방산에 이어 올리고당이 세 번째로 많이 함유되어 있다. 모유 내에 있는 올리고당은 다양한 형태로 존재하는데, Fucosyl-

표 4. 이소말토올리고당 10g/day 섭취 시의 프리바이오틱 효과

Organism	Time from the beginning of administration			
	-3 days	0	7 days	14 days
Total counts	10.6±0.2*	10.5±0.2	10.6±0.2	10.6±0.2
<i>Bifidobacterium</i>	9.6±0.2 (100)*	9.4±0.5 (100)	9.7±0.4 (100)	9.9±0.3* (100)
Bacteroidaceae	10.4±0.2 (100)	10.3±0.2 (100)	10.2±0.3 (100)	10.3±0.2 (100)
<i>Eubacterium</i>	10.1±0.2 (100)	9.9±0.3 (100)	10.0±0.3 (100)	10.0±0.2 (100)
Peptococcaceae	8.8±0.7 (50)	9.0±0.5 (50)	9.0±0.7 (44.4)	9.0±1.1 (44.4)
<i>Clostridium</i>	7.0±1.2 (100)	6.9±0.8 (87.5)	6.8±1.3 (88.9)	6.9±0.5 (100)
<i>C. perfringens</i>	<2.3	<2.3	5.3 (11.1)	7.3 (11.1)
<i>Veillonella</i>	4.8±1.0 (87.5)	5.0±1.3 (87.5)	5.0±1.3 (100)	5.7±1.4 (88.9)
<i>Megasphaera</i>	7.4 (11.1)	<2.3	<2.3	<2.3
<i>Lactobacillus</i>	4.6±1.8 (100)	4.0±1.3 (87.5)	5.0±2.0 (88.9)	4.9±1.4 (88.9)
Enterobacteriaceae	7.2±0.8 (100)	7.0±0.9 (100)	7.2±0.9 (100)	7.2±0.7 (100)
<i>Streptococcus</i>	5.8±1.3 (100)	5.5±1.6 (100)	5.7±1.2 (100)	6.4±1.3 (100)
<i>Staphylococcus</i>	3.1±0.6 (87.5)	3.1±0.4 (75)	3.1±0.3 (77.8)	3.6±0.5 (55.6)
Yeasts	2.9±0.5 (87.5)	3.2±0.7 (62.5)	3.4±0.9 (77.8)	3.3±0.7 (55.6)

* Mean ± S.D. of the log of bacterial cell counts per wet feces.

* Frequency of occurrence (%).

Significant difference from the cell counts of day 0 and -3: *p<0.05.

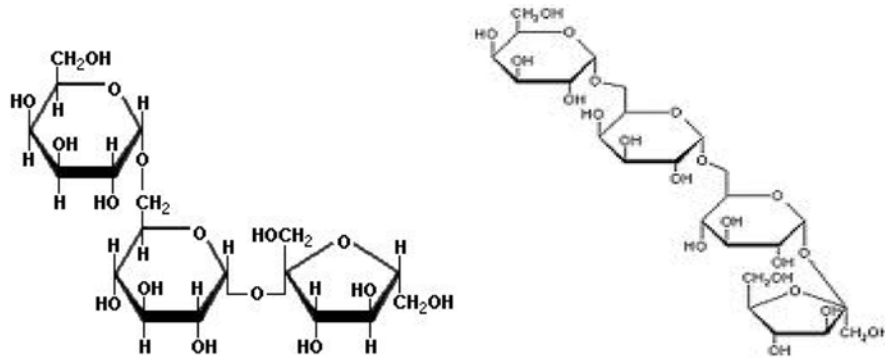


그림 6. 라피노스와 스타키오스의 구조.

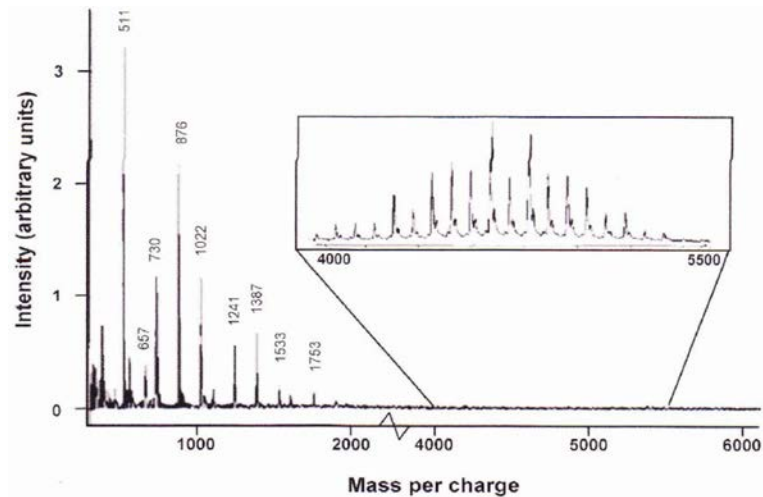


그림 7. 모유 올리고당의 당조성.

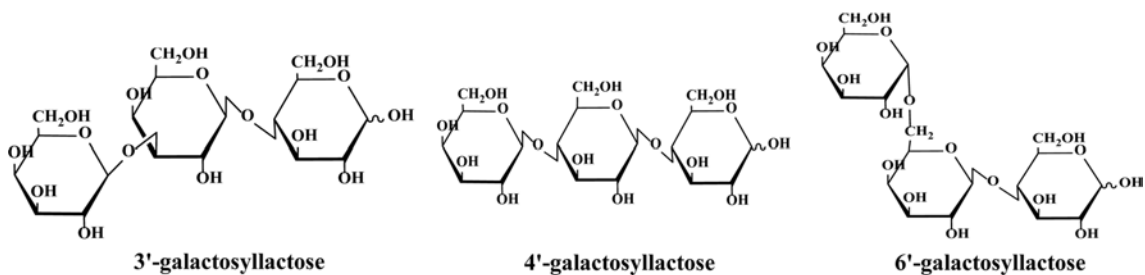


그림 8. 갈락토실락토스의 구조.

lactose, Sialyllactose, Galactosyllactose 등과 같은 3당류의 단쇄 올리고당을 중심으로 약간의 장쇄 올리고당으로 구성되어 있다(그림 7).

모유 올리고당의 당조성은 위 그림에서 보여지는 것처럼, 단쇄 올리고당이 대부분을 차지하며, 약간의 장쇄 올리고당이 함유되어 있다. 전이 갈락토올리고당의 경우, 모유 올리고당 성분의 일종인 갈락토실락토스(그림 8)가 풍부하게

함유되어 있고, 주로 단쇄 올리고당으로 구성되어 있기 때문에, 전이 갈락토올리고당과 장쇄 프락토올리고당인 이눌린을 9:1로 혼합하는 것이 유아식에 가장 바람직한 것으로 알려져 있다 (3).

생리활성에 있어서, 갈락토올리고당 역시 다른 올리고당과 마찬가지로, 매우 우수한 프리바이오틱 효과를 나타내고 있다. Masaki 등은 1993년 35-55세 12인을 대상으로 2.5

표 5. 갈락토올리고당 섭취 후 변 내 균총의 변화

Organisms	Before feeding	During feeding			After feeding
		1 w	2 w	3 w	
Total bacteria	10.30±0.27	10.42±0.27	10.47±0.30	10.46±0.29	10.41±0.21
Bacteroidaceae	9.84±0.37	9.84±0.36	9.94±0.28	9.94±0.32	9.85±0.33
Bifidobacteria	9.42±0.22	9.69±0.23**	9.72±0.27**	9.65±0.21*	9.49±0.32
<i>Clostridium perfringens</i>	3.04±1.55	3.44±1.93	3.33±1.52	3.25±1.82	3.34±1.87
Enterobacteriaceae	7.34±1.31	6.73±0.69	6.96±0.96	7.01±1.03	7.01±1.02
Enterococci	6.98±1.28	6.65±1.55	6.90±1.08	6.96±0.93	7.32±1.16
Lactobacilli	5.56±1.50	5.16±1.70	5.18±1.54	5.57±1.58	5.27±1.81
Bacilli	3.08±1.22	3.72±1.54	3.12±1.64	2.89±0.83	2.78±0.83
Staphylococci	3.19±0.87	3.32±1.00	3.36±1.02	3.38±0.96	3.55±0.96
<i>Candida</i> spp.	2.46±0.42	2.57±0.42	2.60±0.60	2.65±0.38	2.44±0.53

Values are mean counts of bacteria and SD expressed as log₁₀ of the number of organisms per gram of feces (wet weight). * and ** denote a statistically significant difference, respectively, at the $p < 0.05$ level and the $p < 0.01$ level, when compared with the numbers obtained before galactooligosaccharides intake.

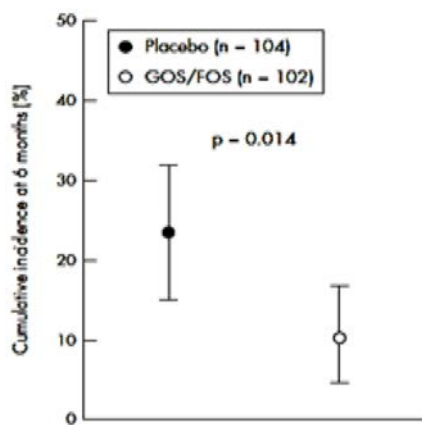


그림 9. GOS/FOS 섭취 후 영아의 아토피 누적 발생 감소효과.

g/day의 갈락토올리고당을 3주간 섭취시킨 후, 변에 함유된 균총을 확인한 결과, 섭취 1, 2, 3주차에 모두 비피더스균

의 수가 유의적으로 증가하였음을 확인하였다(표 5).

앞서 언급한 것처럼, 갈락토올리고당은 그 적용분야가 유아식을 중심으로 형성되어 있기 때문에, 다양한 2차적 기능에 대한 연구도 수행되어 왔다. Moro 등은 갈락토올리고당의 2차 기능으로서, 갈락토올리고당과 프락토올리고당을 함께 섭취한 경우, 면역활성 개선을 통한 아토피 발생이 감소한다고 보고하였다(그림 9).

또한, 최근에는 Hong 등이 70% 이상의 갈락토올리고당을 함유한 고순도 갈락토올리고당의 경우, 피부 보습과 수분 손실을 개선시키고, 주름을 개선한다는 새로운 연구 결과를 발표했다(그림 10, 11).

다양한 연구 결과를 기반으로, 갈락토올리고당 역시 국내에서 개별인정형 소재로서 하루 2.1~8.4 g/day 섭취 시에, 장내 유익균 증식 및 유해균 억제와 같은 생리활성에 대한 클레임이 가능하지만, 인정 등급이 기타 3등급으로서, 추가적인 임상 실험이 필요할 것으로 보인다. 생리활성에 대한 연구가 다른 어떠한 올리고당에 비해 다양함에도 불구하고

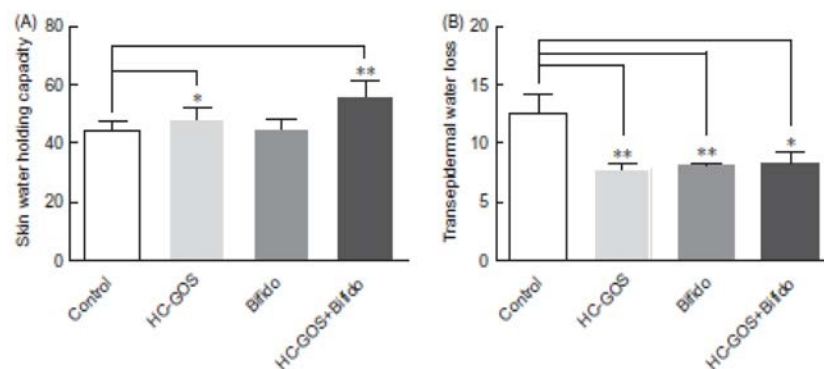


그림 10. 고순도 갈락토올리고당의 피부 보습과 수분 손실의 개선 효과.

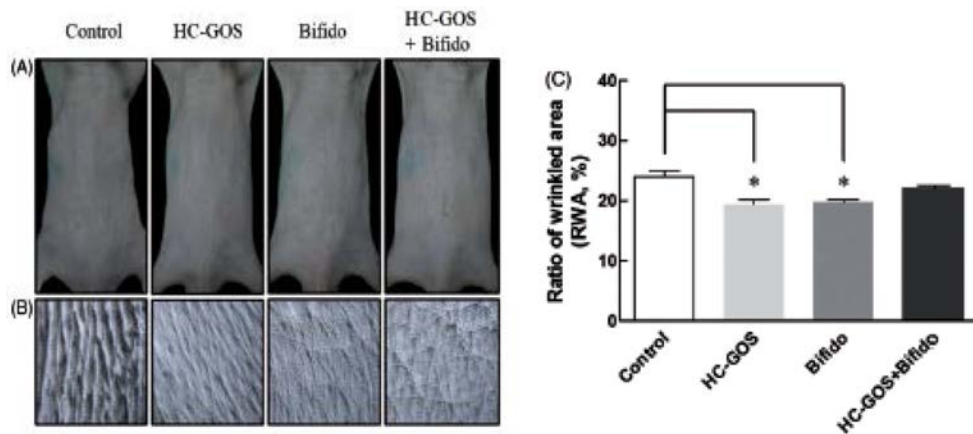


그림 11. 고순도 갈락토올리고당의 주름 개선 효과.

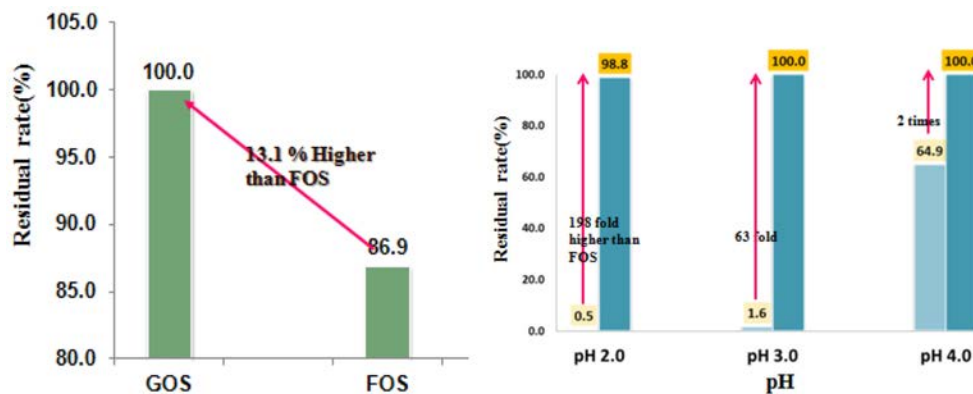


그림 12. 온도와 pH에 대한 안정성 비교.

고, 건강기능식품으로서 인정 수준이 낮은 이유는 갈락토올리고당의 적용 분야가 유아식 등에 집중되어 있기 때문에, 임상 대상자가 영·유아인 경우가 많고, 갈락토올리고당 단독으로가 아니라 이눌린 등과 함께 섭취한 사례가 많기 때문인 것으로 판단된다. 향후, 다양한 추가 임상실험을 통해서 국내에서도 기능성을 클레임할 수 있기를 기대해 본다.

열처리(100°C에서 30분간) 및 다양한 pH에서의 프락토올리고당과 갈락토올리고당의 잔존율에 대하여 그림 12에 나타내었다. 물리적인 측면에서도, 갈락토올리고당은 온도와 pH에 매우 안정하고, 적은 양의 섭취로도 균총 및 배변 개선, 아토피 및 피부 개선 등의 생리활성을 기대할 수 있기 때문에, 향후, 건강기능식품을 비롯하여 일반 식품에서도 다양하게 적용되기를 기대해 본다.

결 론

올리고당류는 프리바이오틱 효과를 기반으로 무기질 흡

수 촉진, 면역 개선, 아토피 개선, 피부 개선 등의 다양한 2차적 기능을 보유하고 있으며, 프로바이오틱스의 성장과 함께 전세계 식품산업에서 급속히 성장하고 있다. 국내에서도 일반 식품 뿐 아니라 고시형/개별인정형 건강기능식품으로서, 생리활성의 클레임이 가능하기 때문에, 지속적으로 성장이 기대된다.

하지만, 올리고당마다 온도와 pH 등에 대한 안정성이 다르기 때문에, 식품공정과 최종 제품에서의 조건에 적합한 올리고당을 선정하는 것이 필요하다. 또한, 기대하는 생리활성에 대한 섭취량이 다르기 때문에, 적용 분야와 기대 활성에 맞추어서 적절한 올리고당을 선정하는 것 역시 중요하다 할 수 있다.

참고문헌

- 식품공전
건강기능식품공전
Bornet FRJ, Brouns I F, Tashiro Y, Duvalier V. (2002) Nutritional

- aspects of short-chain fructooligosaccharides: Natural occurrence, chemistry, physiology and health implication. *Digest Liver Dis.* **34**, S111-S120.
- Katharina E, Scholz-Ahrens, Peter Ade, Berit Marten, Petra Weber, Wolfram Timm, Yahya Asil, Claus-C. Gluer, Jurgen Schrezenmeir. (2007) Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. *Am. Soc. Nutr.* **66**, 22-31.
- Alexandre R. Lobo, Cecilia Colli, Tullia MCC Filisetti. (2006) Fructooligosaccharides improve bone mass and biomechanical properties in rats. *Nutr. Res.* **26**, 413-420.
- Takanobu Kohmoto, Fumio Fukui, Hajime Takaku, Tomotari Mitsuka. (1991) Dose-response test of isomaltooligosaccharides for increasing fecal bifidobacteria. *Agric. Biol. Chem.* **55**, 2157-2159.
- Masaki Ito, Yoriko Deguchi, Kaoru Matsumoto, Makiko Kimura, Norie Onodera, and Takaji Yajima. (1993) Influence of galactooligosaccharides on the human fecal microflora. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **39**, 635-640.
- Vikas Sangwan SK, Tomar RRB, Singh AK, Singh Babar. Ali. (2011) Galactooligosaccharides: Novel components of designer foods. *J. Food Sci.* **76**, 4.
- Moro G, Arslanoglu S, Stahl B, Jelinek J, Wahn U, and Boehm G. (2006) A mixture of prebiotic oligosaccharides reduces the incidence of atopic dermatitis during the first six months of age. *Arch. Dis. Child.* **91**, 814-819.
- Hong KB, Jeong MG, Han KS, Kim JH, Park YH, and Suh HJ. (2015) Photoprotective effects of galacto-oligosaccharide and/or Bifidobacterium longum supplementation against skin damage induced by ultraviolet irradiation in hairless mice. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **66**, 923-930.