

올리고糖의 生理機能과 그 應用

尙志大學校
許京澤

I. 식품의 기능

종래의 식품의 가치는 영양면에서 본 1차특성(primary property)과 기호면에서 본 2차특성(secondary property)으로 평가되어 왔다. 식품성분은 섭취되는 중에 혹은 섭취된 후에 생체에 대하여 어떤 작용을 한다. 이것을 기능이라고 하는 동적인 단어로서 표현하면 식품의 이러한 기능이야말로 보다 정확하게 식품의 질을 평가하는 지표가 될 수 있다. 따라서 1차특성→1차기능, 2차특성→2차기능이라고 하는 발상의 전환이 가능하며, 이것이 기능성식품(physiologically functional food)이라고 하는 개념을 창출하게 된 근거가 되었다.

그런데 우리들은 식품으로부터 영양소와 기호성분(향미물질 등)외에 식품중에 존재하는 이들과는 별개의 生理活性物質이라고 할 수 있는 성분을 섭취하고 있다. 이들 생리활성물질은 섭취된 후에 생체의 생리계통-생체방어계, 호르몬계, 신경계, 순환계, 소화계 등을 조절하여 건강의 유지(질병의 예방), 건강의 회복(질병치유)에 직접 기여하는 것으로 최근 밝혀지고 있다. 따라서 식품에는 1차기능과 2차기능 외에 제3의 기능이 존재하게 된다. 따라서 식품의 기능을

- 1차기능.....영양기능
- 2차기능.....감각기능
- 3차기능.....생체조절기능

으로 분류할 수 있다.

1차기능은 이른바 영양소가 생체에 대하여 작용하는 기능이며, 2차기능은 향미성분 등이

취각, 미각기관 등에 대하여 나타내는 기능이 다. 그리고 3차기능은 식품의 새로운 기능으로 학술적으로 아직 해명되지 않은 부분이 많지만 식품을 통한 건강이라는 지향이 강한 오늘날 사회적인 관심의 대상이 되고있다(荒井, 1990).

II. 腸內細菌과 신체

1. 장내세균의 출현

사람은 일생중에 수명의 약 1%를 모친의 태내에서 무균상태의 환경 속에서 자란다. 여기에서는 모체의 저항성에 의해서 세균의 침입으로부터 보호받고 있다.

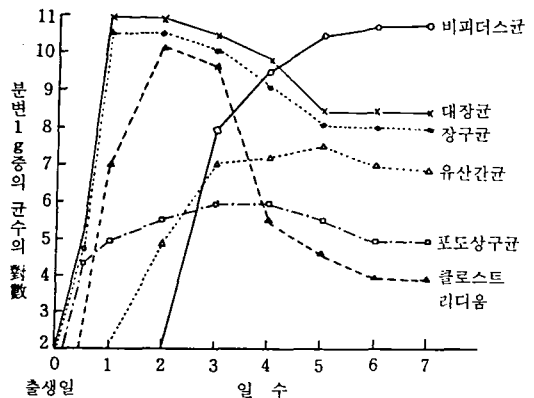


Fig. 1 신생아가 출생하여 7일까지의 분변균총의 변화

태어난 다음 날의 대부분의 신생아의 분변내에는 대장균, 장구균, 유산간균, 부패균, 포도상구균 등이 나타나며, 탄생 후 3~4일째에는 대부분의 신생아의 장내에 비피더스균(*Bifidobacterium*)이 출현한다. 이에 반하여 처음 출현한 대장균, 장구균, 부패균 등은 점점 감소하고, 5일 경에는 비피더스균이 최우세하여 대장균이나 장구균은 비피더스균의 100분의 1까지 감소하며, 부패균은 더욱 적어진다. 이와같이 신생아의 장내에는 비피더스균의 등장과 그의 최우세에 의해서 안정된 균형을 이룬 균총이 된다.

2. 모유 영양과 인공영양

모유로 양육되고 있는 유아(모유영양아)는 우유로 양육되는 유아(인공영양아)보다 소화불량증, 이질, 감기 등에 잘 걸리지 않는 등 질병에 대한 항병성이 강한 것으로 보고되고 있다. 그 원인은 모유에는 면역글로불린(*immunoglobulin*), 락토페린(*lactoferrin*), 리조짐(*lysozyme*) 및 올리고당 등의 성분이 우유보다 많이 함유되어 있다는 것과 모유영양아와 인공영양아의 장내균총의 차이에 의한 것으로 지적되고 있다. 모유영양아의 장내균총은 비피더스균

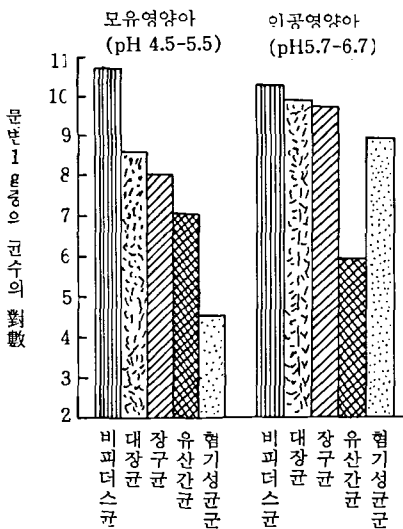


Fig. 2 모유영양아와 인공영양아의 분변균총의 차이

이 최우세하며, 분변 1g 중 $10^{10} \sim 10^{11}$ 이 검출되지만, 대장균이나 장구균은 10^8 전후밖에 검출되지 않고 있으며, 또한 부패균을 함유하는 박테로이드스 등의 혐기성균은 전연 검출되지 않든가 소수에 불과하다. 더욱이 분변의 pH는 4.5~5.5 정도로 낮다. 이에 대해서 인공영양아의 분변에서는 대장균이나 장구균 등의 호기성균이 모유영양아의 10배 이상이나 많이 검출되고 비피더스균과 호기성균의 균수가 비슷하다. 또 박테로이드스 등의 혐기성균의 검출율이 높아지고 균수도 증가한다. 분변의 pH는 5.7~6.7로서 중성에 가깝다.

3. 이유기에서 성인까지

유아는 이유기가 가까워지면 혼합영양을 섭취하며, 성인의 음식물에 가까운 것을 섭취하게 된다. 그렇게 되면 성인의 장내에서 가장 우세한 박테로이드스, 유박테리움, 혐기성연쇄상구균 등의 혐기성균이 우세하게 출현하고 이유기를 지나면 성인과 별로 구별되지 않는 균총이 된다. 또한 이와 동시에 비피더스균이 유아형에서 성인형으로 바뀌게 된다. 유아에서 성인까지 건강한 때의 분변균총은 매우 안정되어 유사한 패턴을 보여주고 있다. 건강한 성인의 소화관 각 부위의 균총은 Fig. 4와 같다. 노인이 되면 이 균총의 균형이 무너진다. 노인(65~85세)에서는 비피더스균의 검출율이 저하하며, 또 검출되었다해도 균수가 감소하고 있다.

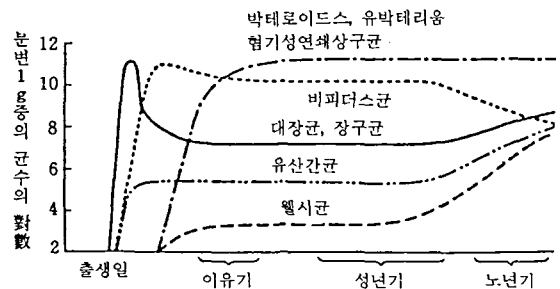


Fig. 3 연령에 따라 변동하는 장내균총(모식도)

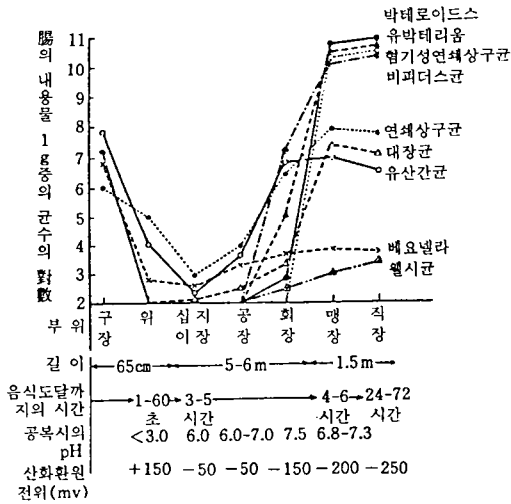


Fig. 4 소화관 각 부위의 균총

4. 장내세균과 신체

장내세균에는 유용한 것과 유해한 것이 있어서 건강한 사람에 있어서는 양자가 일정한 균형을 유지하고 있다. 유용한 면으로는 영양이나 감염방어에 도움이 되지만 잠재적으로 병원성을 가진 것도 있다. 몸의 저항력이 감퇴했을 때 병원성을 발휘하여 여러 장기에 들어가서 감염병과 위장염을 일으킨다. 그러나 더욱 중요한 것은 장내세균중에는 부패산물, 독소, 발암물질 등 숙주에 유해한 물질을 만드는 것도 있어서 즉시 숙주에게 영향을 주지 않는다하여도 인간의 일생동안에 암, 간장병, 동맥경화, 면역력의 감퇴 등 소위 노화의 원인이 되고 있다는 것이다. 물론 아직 장내세균의 어느 균이 어떠한 것에 관계하고 있는가에 대해서는 거의 알지 못하고 있다.

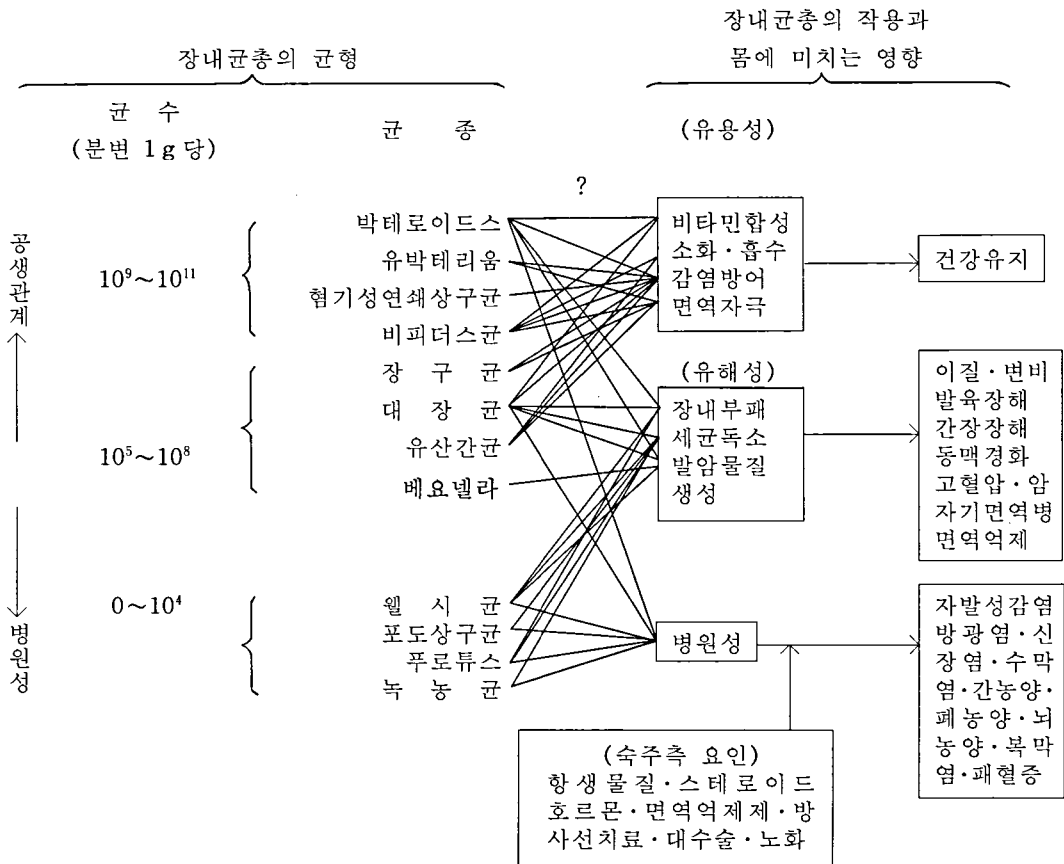


Fig. 5 장내균총과 몸의 관계(가설)

5. 동물의 장내균총

동물의 종류에 따라 소화관의 구조 및 생리가 다르며 식성도 다르기 때문에 동물의 종류에 따른 장내균총의 특유한 패턴이 관찰된다. 그러나 대부분의 성숙한 포유동물이나 조류의 대장의 균총중에서 최우세를 형성하는 것은 박테로이드스, 유박테리움, 혐기성연쇄상구균, 혐기성나선균 등의 편성 혐기성균과 유산간균 또는 비피더스 균 등의 유산균이며 대장균 장구균은 중간 정도의 균수만이 관찰된다.

유산균으로서 비피더스균이 최우세균을 형성하는 것은 사람, 원숭이, 물뿔트, 닭 등으로서 비피더스 동물이며, 돼지, 마우스, 랫트, 햄스터, 말, 개는 유산간균이 최우세하며, 비피더스균이 적은 유산간균 동물이다. 토끼, 소, 고양이, 멍크 등의 동물은 비피더스균과 유산간균이 극히 적든지 아니면 검출되지 않는다(光岡 1980).

6. 비피더스 인자

모유영양아의 장내세균총의 92.7%가 비피더스균인데 반하여 인공영양아는 61.1%인 것은 모유중에 비피더스균의 생육촉진물질이 함유되어 있기 때문이다(Yoshihama, 1982). 비피더스균은 유산, 아세트산 등의 유기산을 생성하므로써 다른 유해세균의 증식을 억제한다. 모유중에 함유되어 있는 비피더스균의 생육촉진물질을 비피더스인자(bifidus factor)라고 하며, 이들 비피더스균에 대하여 비피더스활성을 가

진 올리고당은 모유초유중에 24 g/l, 성유중에 8~14 g/l 을 함유하고 있다. 비피더스인자로서의 효력은 소장에서 흡수되지 않고 대장에 도달하여 비피더스균의 에너지원이 될 수 있는 당질이며, 모유중에는 이와같은 올리고당이 함유되어 있기 때문에 비피더스활성이 높다. 우유와 모유의 비피더스활성을 비교하면 약 1 : 40이다.

Ⅲ. 유당 및 sucrose로부터 올리고당의 생성

1. 유당으로부터 역반응에 의한 갈락토올리고당의 생성

단당의 농후용액을 酸의 존재하에서 가열하면 脫水縮合하여 여러종류의 이당 및 올리고당의 혼합물을 생성한다. 일반적으로 이와같이 단당으로부터 올리고당을 생성하는 반응을 역반응(reversion)이라고 한다(Mora and Wood, 1958).

1) 올리고당 생성의 경시적 변화

유당의 산가수분해시에 발생하는 올리고당의 경시적 변화는 Fig. 7과 같다. 유당보다 이동도가 낮은 올리고당(D, E)이 가수분해 30분에 생성되었으며, 글루코스보다 이동도가 높은 단당의 분해산물과 갈락토스보다 이동도가 낮고 유당보다 이동도가 높은 올리고당(A, B)은 가

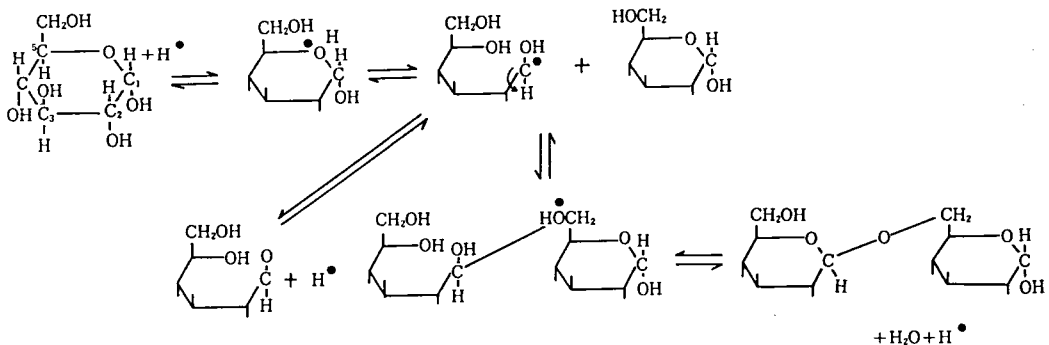


Fig. 6. Mutarotation, hydrolysis and reversion of glucose.

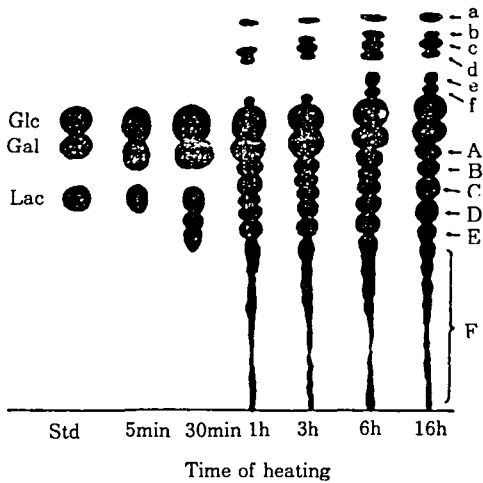


Fig. 7. Paper chromatogram of lactose(30%) hydrolyzate with 2M hydrochloric acid at 100°C. Std=standard mixture of Glc(glucose), Gal(galactose) and Lac(lactose).

수분해 1시간째에 생성하였다. 이후 16시간까지 단당의 분해산물(a, b, c, d, e, f) 및 올리고당(A, B, C, D, E, F)의 생성이 추적되었다. 여러가지 조건하에서 유당을 가수분해한 결과에 의하면 올리고당의 최대생성은 2M 염산중의 30%유당을 100°C에서 16시간 가수분해하였을때 이당, 삼당, 사당, 오당 및 육당을 함유한 올리고당이 전당 중 22% 생성하였다. 5종류의 올리고당(A, B, C, D, E)을 preparative paper chromatography로 순수한 하나의 점적으로 정제하여 당의 조성을 분석한 결과에 의하면 A, B, C, D는 글루코스와 갈락토스를 함유하고 있었으나, E는 갈락토스만으로 구성되

Table 1. Sugar Composition of the Oligosaccharides

Oligosaccharide	R_{Gal} values on paper chromatogram	Molar ratio	
		Galactose	Glucose
A	0.87	1.0	2.1
B	0.80	1.0	1.2
C	0.73	1.0	1.6
D	0.66	1.0	0.8
E	0.58	+	-

+, Detected; -, not detected.

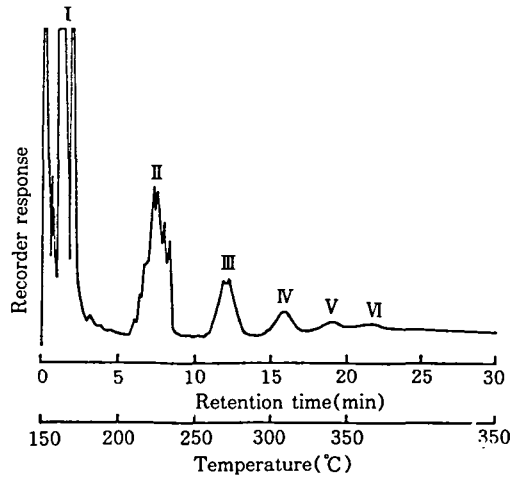


Fig. 8 Gas chromatogram of lactose(30%) hydrolyzate with 2M hydrochloric acid at 100°C for 16h. I=glucose and galactose, II =disaccharides, III=trisaccharides, IV=tetrasaccharides, V = pentasaccharides and VI=hexasaccharides.

어 있었다. 한편 이들 올리고당은 각종의 glycosidase(α -, β -galactosidase, α -, β -glucosidase)와 함께 단독으로 효소분해하여도 완전히 가수분해되지 않았다(Huh et al., 1983, 1990).

이것은 이들 각각의 점적에는 2개 이상의 서로 다른 입체 구조를 가진 올리고당이 혼재해 있다는 것을 시사한다.

2) 올리고당의 화학구조

각종의 glycosidase에 의한 효소소화법과 GC 및 GC-MS에 의하여 A~E의 점적에 함유되어 있는 올리고당의 화학구조는 Table. 2와 같다(Huh et al., 1983, 1991).

3) 강산성양이온교환수지에 의한 올리고당의 생성

강산성양이온교환수지(strongly acidic cation-exchange resin)를 충전한 충전탑을 유속을 달리하여 10% 유당용액을 통과시켰을 경우에 A, B, C, D, E와 동일한 이동도를 가진 5종류의 올리고당이 생성되었다. 그러나 글루코스와 이당류보다 이동도가 높은 점적 및 $R_{gal}=0.58$ 보다 이동도가 낮은 올리고당의 점적은 검출되지 않았다. GC분석에도 이당류 및 삼당류의 생성은 확인되었으나 사당류 이상의 올리고당은 검출

Table 2. The chemical structures of disaccharide formed from lactose by reversion

Fraction	Structure	Fraction	Structure
A	β -D-Glc-(1→4)-D-Gal	D	α -D-Gal-(1→6)-D-Glc
	β -D-Glc-(1→3)-D-Gal		α -D-Glc-(1→6)-D-Gal
B	β -D-Glc-D-Glc	E	β -D-Glc-(1→6)-D-Gal
	β -D-Glc-D-Gal		α -D-Gal-(1→6)-D-Gal
C	α -D-Gal-(1→2)-D-Glc		β -D-Gal-(1→6)-D-Gal
	α -D-Glc-(1→6)-D-Glc		
	β -D-Glc-(1→6)-D-Glc		
	α -D-Gal-(1→1)- α -D-Gal		

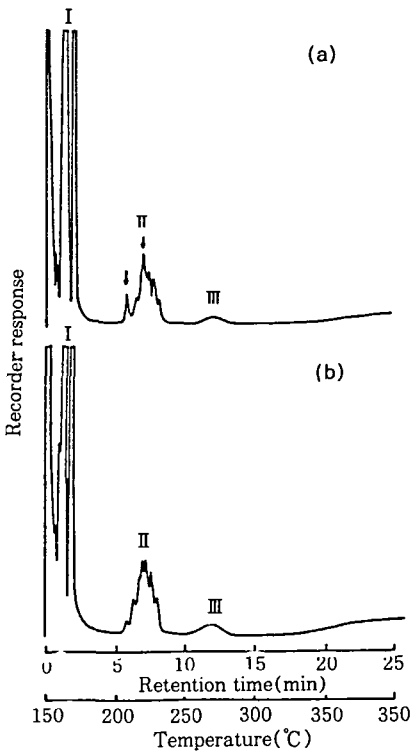


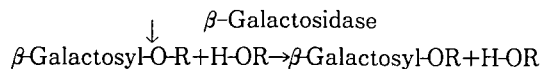
Fig 9 Gas chromatogram of the eluent passed through the column (2.0i.d. × 15.5cm) packed with strongly acidic cation-exchange resin(Bio-Rad AG50W-X8) at 97°C. 10% lactose solution was passed through the column at a flow rate of (a) 30ml/h or(b) 7.5ml/h. I = glucose and galactose, II = disaccharides, III = trisaccharides, ↓ = α - and β -lactose.

되지 않았다(Huh et al., 1990a). 이것은 이온교환수지의 접촉시간이 사당류 이상의 올리고당의 생성에 중요한 요인이 되지 못한다는 것을

시사하며, 이온교환수지의 3차원적으로 가교결합한 網狀(net work) 구조로 인하여 重合度(degree of polymerization)가 큰 올리고당의 생성을 불가능하게 만든 것으로 추정된다.

2. 유당으로부터 transgalactosidation에 의한 갈락토올리고당의 생성

β -galactosidase(β -D-galactoside galactohydrolase, EC. 3. 2. 1. 23)는 유당을 구성하고 있는 갈락토스와 글루코스 분자 사이의 β 1→4 glycosidic linkage를 절단하여 유당을 가수분해하며, 유당의 가수분해중에 베타-갈락토스를 반응액중의 다른 당에 전이(transgalactosidation)시켜 올리고당을 생성하는 것으로 알려져 있다(Mozaffar et al., 1984; Taba et al., 1985). 유당으로부터 전이생성되는 올리고당의 수율은 효소의 기원, 반응시간 및 유당의 농도에 따라 달라지나 일반적으로 10~50%의 올리고당이 생성되며, *Kluyveromyces fragilis*는 32%의 유당으로부터 전당중 37%의 올리고당을 생성하였다(허 등, 1989). Paper chromatography 분



R ≡ H : Hydrolysis

R ≡ Sugar : Transgalactosylation

Transglactolysis

Fig 10. Action of β -galactosidase

석에 의하여 분리된 올리고당의 수는 *K. fragilis*가 9개(허 등, 1989), *Aspergillus oryzae*가 20개였다(Toba et al., 1985). 올리고당의 화학 구조는 효소의 기원에 따라 달라지며 Table. 3과 같다. 高올리고당시럽(high galactooligosaccharide syrup)으로부터 글루코스 및 갈락토스를 제거한 순수 올리고당의 분리는 활성탄 크로마토그래피에 의하여 달성할 수 있다(허 등, 1989).

Table 3. Oligosaccharide structure

β -D-Gal-(1→6)	D-Glc
β -D-Gal-(1→4)	
β -D-Gal-(1→3)- β -D-Gal-(1→4)-D-Glc	
β -D-Gal-(1→4)- β -D-Gal-(1→4)-D-Glc	
β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→4)-D-Glc	
β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→6)-D-Glc	
β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→6)-D-Gal	
β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal-(1→3)	β -D-Gal-(1→4)-D-Glc
β -D-Gal (1→3)- β -D-Gal-(1→6)	
β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→4)-D-Glc	
β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→6)- β -D-Gal-(1→4)-D-Glc	

3. Sucrose로부터 β -fructofuranosidase에 의한 프럭토올리고당의 생성

프럭토스 전이효소(β -fructofuranosidase, EC 3.2.1.26)는 동, 식물과 미생물 등에 광범위하게 분포되어 있다. 이 전이효소는 sucrose와 반응시키면 sucrose의 β -fructofuranoside결합을 절단하여 fructosyl기를 유리시키고, 유리시킨 fructosyl기를 다른 sucrose분자의 프럭토스 잔기에 전이시켜 fructooligosaccharide를 생성하는 것으로 알려져 있다(日高와 平山, 1985). 프럭토스 전이효소를 생성하는 미생물로는 여러種이 보고되어 있으나 그 중에서도 *Aureobasidium pullulans* 및 *Aspergillus niger*가 전이 활성이 높다.

1) Soluble enzyme에 의한 올리고당의 생성
*A. niger*의 균체를 초음파파쇄, 원심분리하여

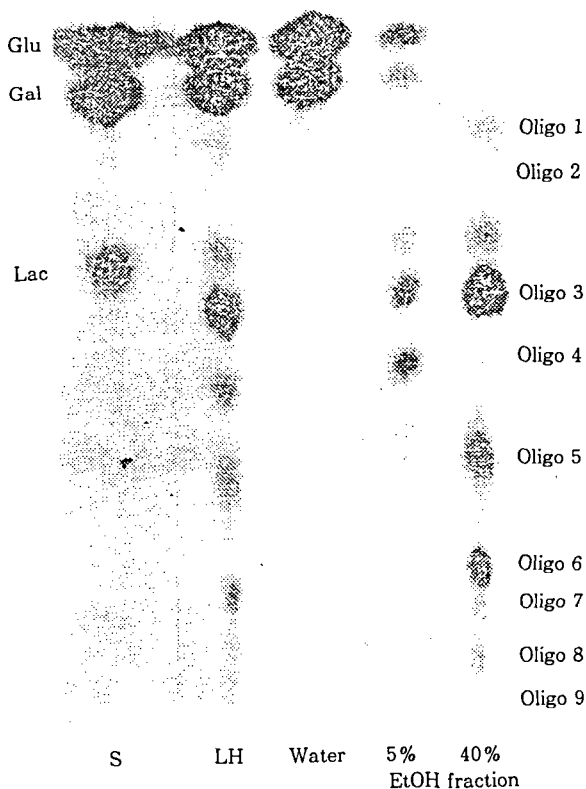


Fig. 11. Paper chromatogram of the oligosaccharides eluted from a charcoal-celite layer water, 5 and 40% ethanol
S: Standard compounds, LH: Lactose hydrolyzate

얻은 상등액에 아세톤 침전하여 얻은 조효소액은 sucrose와의 반응에서 프럭토스, 글루코스 및 미반응의 sucrose외에 올리고당을 생성하였다. 이들 올리고당은 HPLC분석에 의하여 각각 삼당(kestose), 사당(nystose) 및 오당(fructosylnystose)인 것으로 확인되었다(박 등, 1990).

2) Bio-reactor에 의한 올리고당의 생산
프럭토스 전이효소를 가지고 있는 균체를 Ca-alginate겔에 포괄법으로 고정화하여 sucrose와 반응시킨 결과 연속적인 올리고당의 생산이 가능하였다(유 등, 1987).

4. 유당으로부터 이성화반응에 의한 락툴로스의 생성

락툴로스(lactulose)는 알칼리용액중에서 유

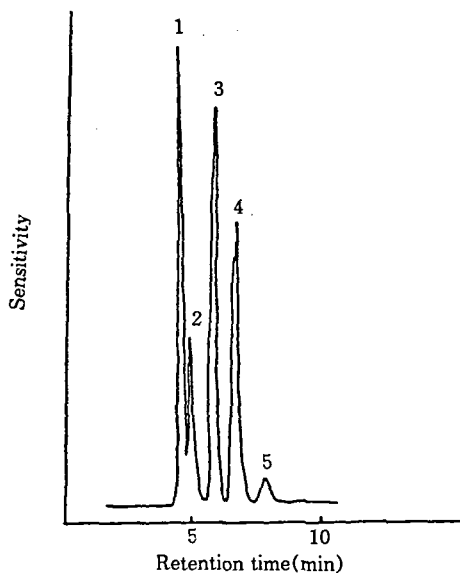


Fig. 12. High performance liquid chromatogram of oligosaccharides. 1;glucose, 2;sucrose, 3;trisaccharide, 4;tetrasaccharide, 5;pentasaccharide

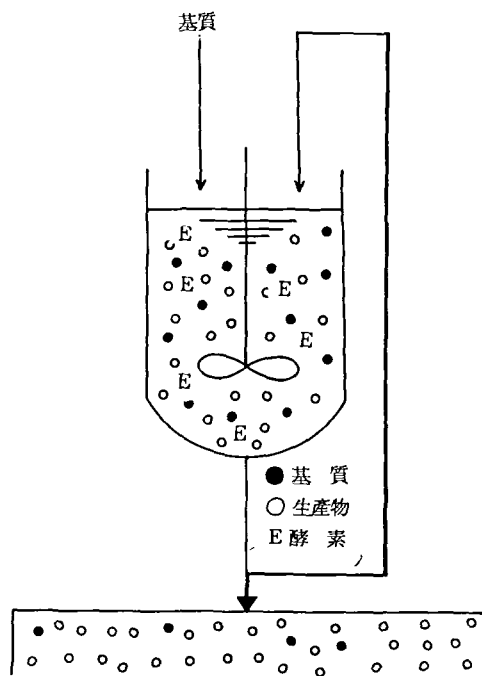
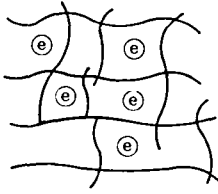


Fig. 13. 固定化酵素에 의한 올리고당의 생산

Sucrose	Fructo-Oligosaccharides	
	Structure	Chemical Formular
<p>GF</p>	<p>GF₂</p>	<p>GF₂ : 1-Kestose</p> <p>C₁₈ H₃₂ O₁₆ (M. Weight : 504)</p>
	<p>GF₃</p>	<p>GF₃ : Nystose</p> <p>C₂₄ H₄₂ O₂₁ (M. Weight : 666)</p>
	<p>GF₄</p>	<p>GF₄ : 1-Fructofura -nosyl Nystose</p> <p>C₃₀ H₅₂ O₂₆ (M. Weight : 828)</p>
	<p>GF₅</p>	

包括法



ⓔ·酵素

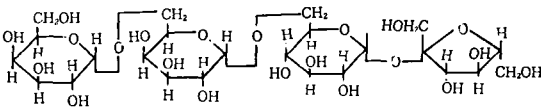
당의 환원말단당의 알도스(aldose)가 케토스(ketose)로 변환되는 분자전위(molecular rearrangement)에 의하여 생성되는 유당의 이성체이다. 제3급아민(Tertiaryamines)과 Boric acid 로된 염기성수용액중에서 유당을 처리하여 90%의 수율로 생산되고 있다.

IV. 그 밖의 올리고당

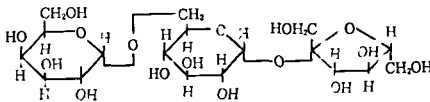
콩(soybean)으로부터 기름을 착유한 후에 콩단백질을 제조할때 대량 부생하는 콩 웨이(whey)를 원료로하여 콩올리고당이 제조되고 있으며 그 주성분은 라피노스(raffinose) 및 스타키오스(stachyose)이다(正井, 1990).

α -glucosidase는 기질의 비환원말단의 α -1, 4-glycosidic linkage를 가수분해하는 효소이지만 기질의 농도가 높을 때에는 기질의 일부의 당

Stachyose



Raffinose



Sucrose

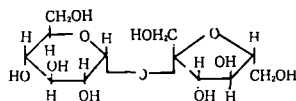


Fig. 14. Oligosaccharide isolated from soybean

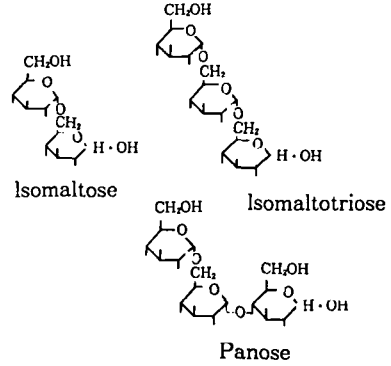


Fig. 15. Isomaltooligosaccharide

을 다른 당에 전이하는 반응을 촉매한다. 이 효소반응을 이용하여 전분으로부터 이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide)이 생성된다(菅野, 1989).

V. 올리고당의 특성

1. 난소화성

일반적으로 섭취된 당질은 타액중에 함유되어 있는 amylase와 위산에의하여 가수분해를 받으며 소장에서는 점막상피세포의 미용모막의 표면에 존재하는 이당류의 소화효소에의하여 단당으로 분해된 후에 체내에 흡수된다. 기능성올리고당(갈락토올리고당, 프럭토올리고당, 락툴로스, 콩올리고당, 이소말토올리고당)은 이들 효소에 의하여 가수분해되지 않기 때문에 소장에서 체내로는 흡수되지 않는다. 기능성올리고당을 건강한 사람에게 섭취시켜 혈당치 및 혈중인슐린을 측정하였지만 상승하지 않았기 때문에 기능성올리고당이 난소화성당이라는 것이 증명된다.

이와같이 기능성올리고당은 난소화성당이기 때문에 소장을 통과하여 대장에 도달한다. 대장에서 기능성올리고당은 장내세균의 영양원이 되어 휘발성지방산 등의 유기산이 생성되고, 이것이 체내에 흡수되기 때문에 기능성올리고당의 에너지치가 제로라고 할 수는 없지만, 저칼로리당임에는 틀림이 없다.

2. 비피더스균의 증식효과

사람이나 동물의 장내에는 수많은 세균이 서식하여 세균총(microbial flora)을 형성하고 있는데 유아기에서는 비피더스균이 우세하지만 유아기가 되면 박테로이드스가 출현하여 성인과 유사한 균총이 된다. 건강한 성인은 분변 1g 당 약 $10^9 \sim 10^{10}$ 의 비피더스균이 존재하지만 노인이 되면 비피더스균이 감소하고 대장균 및 장구균이 10^{10} 까지 증가한다. 또한 장내부패균인 *Clostridium perfringens*가 증가하기 때문에 부패물질 및 유해물질이 장내에 생성하여 이것이 숙주에 흡수되어 숙주의 노화를 촉진하게 된다.

비피더스균은 당을 발효하여 유산 및 아세트산을 생성하며 이들 유기산은 장벽을 자극하여 연동운동을 항진시킴으로써 변비 및 설사예방의 기능을 수행한다. 또한 비피더스균은 비타민 B의 생성, 면역능의 증가, 장내이상발효를 억제하므로써 발암물질의 생성을 억제한다.

기능성올리고당은 난소화성당이기에 때문에 섭취하면 대장에 도달하여 장내세균에게 이용된다. 기능성올리고당은 모든 비피더스균에게 이용되지만 유해세균인 대장균에게는 이용되지 않는다.

비피더스균이 일반적으로 낮게 나타나는 고령자 23명(64~82세)에게 2주간 연속적으로

Table 4. 腸內細菌에 의한 糖의 利用性

菌 種	F	L	G	G	菌 種	F	L	G	G
	O	T		M		O	T		M
<i>Bifidobacterium</i>					<i>M. hypermegas</i>	++	++	++	-
<i>B. adolescentis</i>	++	++	++	-	<i>Mitsuokella</i>			++	-
<i>B. bifidum</i>	-	++	++	-	<i>M. multiacidus</i>	++	++	++	-
<i>B. infantis</i>	++	++	++	-	<i>Clostridium</i>				
<i>B. longum</i>	++	++	++	-	<i>C. butyricum</i>	++	++	++	++
<i>B. breve</i>	+	++	++	-	<i>C. difficile</i>	-	-	++	-
<i>Lactobacillus</i> (乳酸桿菌)					<i>C. raputrificum</i>	-	+	++	-
<i>L. acidophilus</i>	+	++	++	-	<i>C. perfringens</i>	-	++	++	-
<i>L. casei</i>	-	++	++	-	<i>C. ramosum</i>	+	++	++	-
<i>L. fermentum</i>	-	+	++	-	<i>C. sporogenes</i>	-	++	++	-
<i>L. salivarius</i>	+	++	++	-	<i>Escherichia</i> (大腸菌群)				
<i>Eubacterium</i>					<i>E. coli</i> (大腸菌)	-	++	++	-
<i>E. lentum</i>	-	-	-	-	<i>Klebsiella</i>				
<i>E. limosum</i>	-	-	++	-	<i>K. pneumoniae</i>	++	-	++	-
<i>Propionibacterium</i>					<i>Streptococcus</i> (連鎖球菌)				
<i>P. acnes</i>	-	-	++	-	<i>S. faecalis</i>	+	+	++	-
<i>Bacteroides</i>					<i>Peptococcus</i>				
<i>B. distasonis</i>	++	++	++	-	<i>P. prevotii</i>	-	-	++	-
<i>B. fragilis</i>	++	++	++	-	<i>Peptostreptococcus</i> (腸球菌)				
<i>B. melaninogenicus</i>	++	-	++	-	<i>P. parvulus</i>	++	-	++	-
<i>B. ovatus</i>	++	++	++	++	<i>Veillonella</i>				
<i>B. thetaiotaomicron</i>	++	++	++	-	<i>V. alcalescens</i>	-	-	-	-
<i>B. unlgotus</i>	++	++	++	-	<i>Megasphaera</i>				
<i>Megamonas</i>					<i>M. elsdenii</i>	-	-	-	-

FO=fructooligosaccharide, LT=lactulose
G=glucose, GM=glucosmannan

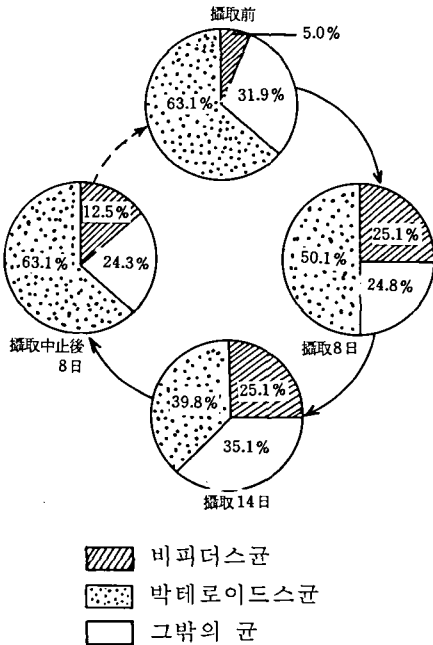


Fig. 16 프럭토올리고당의 섭취에 의한 장내균총의 변화

프럭토올리고당 약 8g(고형물환산)을 함유하는 식품을 섭취시켜서 균의 동향을 조사한 결과 대부분의 사람이 비피더스균이 현저하게 증가하였으며, 평균적으로 유아와 비슷하게 $10^9 \sim 10^{10}$ 을 나타내었다. 분변중에 차지하는 비피더스균의 비율은 Fig. 16과 같으며 섭취전 5.0%가 섭취 8일째에 25.1%로 증가하였다. 이것은 섭취 2주째에도 같은 경향을 나타내었으나 섭취 중지후 8일째에는 12.6%까지 감소하였다(齊藤, 1989).

3. 식물섬유로서의 기능

食物섬유에는 셀룰로스라 같이 불용성인 것과 펙틴과 같이 수용성이 있는데 이들의 특성은 약간 서로 다르지만 식물섬유는 오늘날 6번째의 영양소로서의 지위를 확보하고 있다.

高脂血症患者에게 프럭토올리고당 8g을 함유하는 식품을 2~4주간 섭취시킨 결과 LDL 콜레스테롤, 중성지방 및 혈당치가 저하하였다. 또 당뇨병환자에게 프럭토올리고당 4.4g을 함유하는 식품을 2주간 섭취시켰을 때 공복시의

혈당치가 섭취전에 비교하여 15mg/dℓ, LDL 콜레스테롤 17mg/dℓ수준으로 유의차있게 저하하였으며 중성지방도 저하하였다. 프럭토올리고당은 이와같이 지질대사의 개선, 분변량의 증가, 음식물의 소화관통과시간의 단축, 변성의 개선을 가져오므로 수용성식물섬유라고 할 수 있다.

4. 난충치성

충치는 구강구균(*Streptococcus mutans*)에 의하여 설탕으로부터 불용성글루칸(glucan)이라고 하는 점착성물질이 생성되어 이것이 치아의 표면에 부착하는 것으로부터 시작한다. 이 점착성 물질이 다시 *S. mutans*에 의하여 유산 등의 유기산으로 변환되어 치아의 에나멜질을 탈회하므로써 충치가 진행된다. 프럭토올리고당은 *S. mutans*에 의하여 글루칸이 생성되지 않으며 유산 생성량은 설탕의 23~50%에 지나지 않으며, 랫트를 사용한 실험결과에서도 프럭토올리고당의 충치발생율은 설탕투여군에 비하여 유의성있게 낮은 것으로 보고되어 있다.

VI. 응용제품

기능성올리고당은 사람의 건강에 있어서 중요한 식품소재이며 매일 일정량 즉 고형분으로 환산하여 4~5g을 섭취하면 충분하다고 할 수 있다. 갈락토올리고당 및 락툴로스(유아용조제분유(許, 1985, 1986), 프럭토올리고당은 유아용조제분유, 요구르트, 설탕대용의 건강감미료(참고문헌 1), 콩올리고당은 음료 등에 첨가되고 있다. 한편 갈락토올리고당 및 프럭토올리고당은 개 및 고양이 등의 애완동물의 사료 및 새끼돼지의 사료에 첨가되고 있다(참고문헌16). 프럭토올리고당을 첨가한 사료를 새끼돼지에게 섭취시켰을 때에 암모니아, 파라-크레졸(puru-cresol), 인돌(indole) 및 스키타톨(skatole)등 부패물질의 감소와 체중의 증가, 사료섭취량의 증가, 사료요구율의 감소를 가져온 것으로 나타났다(참고문헌16).

VII. 참고문헌

1. Cheil Foods & Chemicals Inc., 1990. Introduction to oligo-sugar.
2. Huh, K. T., T. Toba and S. Adachi. 1983. Oligosaccharides formed from lactose during acid hydrolysis. World conference on animal production. proceedings 2 : 687~688.
3. Huh, K. T., T. Toba and S. Adachi. 1990. Oligosaccharide formation during the hydrolysis of Lactose with hydrochloric acid and cation exchange resin. Food Chemistry. 38(4) : 305~314.
4. Huh, K. T., T. Toba and S. Adachi 1991. Oligosaccharide structures formed during acid hydrolysis of lactose. Food Chemistry. 39(1)39~49
5. Mora, P. T. and J. W. Wood. 1958. Synthetic polysaccharides. 1. Polycondensation of glucose. J. Am. Chem. Soc., 80 : 685~692.
6. Mozaffar, Z., K. Nakanishi, R. Matsuno and Komikubo. 1984. Purification and properties of β -galactosidases from *Bacillus circulans*. Agric. Biol. Chem., 48 : 3053~3061.
7. Toba, T., 1985. β -Galactosidase-Its application to lactose hydrolysis and galactooligosaccharide production. Jpn J. Dairy and Food Sci., 34(6) : A169~182.
8. Toba, T., A. Yokota and S. Adachi. 1985. Oligosaccharide structures formed during the hydrolysis of lactose by *Aspergillus oryzae* β -galactosidase. Food Chemistry. 16 : 147~162.
9. Yoshihama, M., E. Mochizuki, S. Mitsuhashi, K. Ahiko. 1982. Studies on application of galactosyl lactose for infant formula. iii. Effects of galactosyl lactose on intestinal bacterial flora of newborn infants. Reports of research laboratory. Technical research institute, Snow brand milk products co., ltd., 78 : 33~37.
10. 菅野智榮. 1989. イソマルトオリゴ糖の生理機能とその應用. New Food Industry. 31(6) : 9~16.
11. 正井輝久. 1990. 大豆オリゴ糖の開発と今後の展望. New Food Industry. 32(5) : 5~11
12. 荒井綜一. 1990. 食品の新しい機能. New Food Industry. 32(5) : 1~4
13. 荒岡知足. 1980. 腸内細菌の話. 岩波新書 (姜國熙譯. 1990. 腸内細菌의 이야기, 유산균과 건강생활. 유한문화사)
14. 日高秀昌, 平田匡男 1985. フラクトメス轉移を行なう微生物 植物酵素. 化學と生物, 23(9) : 600~605.
15. 齊藤安弘. 1989. フラクトオリゴ糖の食品への利用. New Food Industry. 31(6) : 1~8.
16. フードケミカル. 1989. (株)食品化學新聞社. 10 : 19~42.
17. 金常希, 姜國熙. 許京澤. 1990. *Kluyveromyces fragilis*의 베타-galactosidase에 의한 oligosaccharides의 생성과 構造決定에 관한 연구. 韓國酪農學會誌. 12(1) : 57~67.
18. 박성준, 허경택, 최준언. 1990. *Aspergillus niger*기원의 Fructose전이효소의 효소적성질과 그 배양조건. 한국식품과학회지. 22(1) : 71~75.
19. 유익제, 김경원, 박기문, 허경택, 최준언, 1987. 고정화 *Aureobasidium pullulans*에 의한 fructooligo당의 생산. 제39차 한국식품과학회학술발표회논문초록. 36.
20. 許京澤. 1986 a. 二糖類의 化學構造 決定法. 乳加工研究. 4(2) : 79~85.
21. 허경택, 박성준, 김현위, 최준언, 분지웅, 유제현. 1989. *Kluyveromyces fragilis*의 β -galactosidase(lactozym)에 의한 유당의 가수분해중 소당류의 생성. 한국낙농학회지. 11(4) : 279~288.
22. 許京澤. 1986 b. 유즙중의 올리고당의 생리학적 및 영양학적 역할. 月刊서울牛乳. 6 : 45~50.
23. 許京澤. 1985. Lactose로부터 올리고당의

조제와 이용. 第3回酪農產業技術세미나. 37
~73.
24. 許京澤. 1990. *Kluyveromyces lactis*의 β -

galactosidase에 의한 락토스의 가수분해와
소당류의 생성. 韓國營養飼料學會報. 14
(2) : 59~63.