



# 기능성 당류

민 봉 기  
한국발명진흥회

## I. 개요

### 1. 기능성 당류의 종류와 특징

다당류에 대한 연구는 매우 오래 전부터 이루어져 왔으며 식품, 의약품, 화장품 등 여러 산업분야에서 제품화되고 있다. 본 보고서에서는 다양한 다당류의 산업적 응용 분야 중 기능성 식품산업에 초점을 맞추어 기능성 다당류의 기술개발 현황 및 시장동향을 서술하였다.

현대는 젊어죽는 사람보다 과식으로 죽는 사람이 몇 배가 많다. 요즘 생활수준이 향상됨에 따라 식품에 대한 요구가 다양화되고 있으며 새로운 당질계 감미료의 개발로 건강에 대한 인식이 높아지면서 영양과 질병을 고려해서 식품을 선택하게 되었다. 사람이 섭취하는 음식 중에 단맛의 기쁨을 주는 설탕이 비만, 당뇨병, 충치의 유발 요인이 되므로 단맛을 내며 성인병을 예방할 수 있는 감미료의 요구가 절실해지게 되었다. 지금까지는 감미료가 단지 영양과 감미의 체질조절 기능을 갖는 기능성 감미료의 연구개발과 식품의 응용연구가 활발히 진행되고 있다.

식품의 기능에는 신체 구성성분이나 에너지원으로 작용하는 1차적 영양 기능, 식품의 기호성에 관여하는 2차적 감각기능, 다양한 생리활성에 관여하는 3차적 생리조절기능 등이 있다. 과학이 발달함에 따라 식

품 속에 존재하는 성분들 가운데 인체에 대하여 직접적인 생체조절기능을 가지고 있다는 것이 밝혀지면서 식품의 3차 기능에 대한 관심이 높아졌고, '기능성 식품' (Functional Food)이란 용어가 등장하게 되었다. 의학의 진보로 인간의 평균수명은 현저히 향상되었음에도 불구하고, 현대병이라고 하는 암, 비만, 동맥경화증, 심장질환 등이 계속 증가하고 있다. 이러한 질병의 원인이 현대인의 식생활과 밀접한 관련이 있다는 사실이 밝혀지면서, 병의 치료보다는 질병의 예방적, 치료 보조적 차원에서 식품의 인체에 대한 기초적인 생리활성의 중요성을 인식하게 된 것이다. 이러한 기능성을 포함한 다당류로서 식이섬유 (Dietary Fiber), 키토산 (Chitosan)과 키토올리고당 (Chitooligosaccharides), 그리고 올리고당 (Oligosaccharides)이 일반화 되어 있다. 최근에는 이러한 기능성 식품의 약효적인 성질을 강조하여 Nutraceuticals라는 용어도 사용되고 있는데, 이는 Nutrient와 Pharmaceutical의 합성어로서 "질병의 예방과 치료를 포함한 의약적 또는 건강상의 이익을 주는 식품 또는 그의 일부"를 지칭하고 있다.

당류가 일반적으로 지닌 기능을 분류하면 다음과 같다.

- 제조 가공 면 (점성, 침투성, 저 흡습성 등)
- 품질 면 (노화방지, 보습성, 저 감미 등)

○ 생리학 면 (저 칼로리, 비충치성, 장내 유용세균 증식 등)

현재 국내외에서 건강식품시장을 형성하고 있는 기능성 당류의 종류와 특징을 살펴보면 다음과 같다.

○ 식이섬유 (Dietary Fiber)

식품 중에서 채소·과일·해조류 등에 많이 들어 있는 섬유질 또는 셀룰로오스로 알려진 성분으로 사람의 소화효소로는 소화되지 않고 몸 밖으로 배출되는 고분자 탄수화물이다. 1970년대 초 섬유질을 적게 섭취하는 사람에게 대장암을 비롯해서 심장병·당뇨병 등의 성인병이 많다는 학설이 발표되면서 섬유질에 대한 관심이 높아졌다. 식이섬유가 많이 들어있는 식품으로는 곡류(현미, 귀리, 보리, 통밀가루, 밀기울 등), 콩류, 채소류(무청, 아욱, 풋고추, 당근, 양배추, 셀러리, 브로콜리 등), 과일류(사과, 귤, 딸기 등), 해조류 등으로 그 종류와 범위가 매우 넓고 다양하다.

식이섬유를 크게 2가지로 나누면 물에 잘 녹는 수용성 식이섬유와 물에 잘 녹지 않는 불용성 식이섬유로 분류할 수 있다. 수용성 식이섬유에 속하는 것에는 펙틴(pectin), 검(gum), 몇몇 헤미셀룰로오스(hemicellulose), 점질물(mucilage) 등이 있고, 불용성 식이섬유에 속하는 것에는 셀룰로오스(cellulose), 대부분의 헤미셀룰로오스(hemi cellulose), 리그닌(lignin) 등이 있다.

몇몇 식이섬유의 주요 급원은 다음과 같다.

< 식이섬유의 주요급원 >

식이섬유의 기능은 ① 당뇨병의 예방 및 치료

종 류	주요급원	화학적 성질
펙틴	과일류	수용성
검	콩류, 귀리	수용성
헤미셀룰로오스	전곡류, 통밀가루, 몇가지 채소와 과일	불용성
셀룰로오스	전곡류, 통밀가루, 브란(Bran)	불용성
리그닌	채소류	불용성

- ② 체지방 축적의 감소 ③ 변비의 예방 및 치료
- ④ 포만감 부여 ⑤ 혈장 콜레스테롤의 저하에 의한 심혈관질환의 예방 및 치료 ⑥ 직장암의 예방 및 치료
- ⑦ 다이어트 효과 등으로 요약할 수 있다.

○ 키토산 (Chitosan)과

키토올리고당 (Chitooligosaccharides)

키토산은 키틴에서 아세틸기를 제거한 천연 고분자이다. 키틴은 게, 새우, 곤충 등의 갑각류와 균류 등의 외벽에 단백질과의 복합체로 존재하며, 식물의 셀룰로오스와 같이 생물체의 골격을 형성하고 외부로부터 생물을 방어하는 역할을 한다. 키틴은 생물이 생산하는 천연 고분자이며, 연간 생산량이 100억톤으로 추정되고 있다. 키틴은 그 구조가 견고하여 용해, 분산이 어려운 관계로 과거에는 공업적으로 이용되지 못하였지만 최근 연구가 활발히 진행되어 여러 가지 유도체와 그 효능 및 응용방법이 속속 개발되고 있다.

그 유도체 중의 하나가 키토산이다. 키틴은 화학적으로는 N-아세틸 글루코사민이 직쇄상으로 β-1,4결합한 것인데 인접한 수산기들이 수소결합하여 강고한 결정구조를 형성하고 있다. 키토산도 또한 일부 진균류의 세포벽을 구성하는 천연 고분자 화합물이며 키틴의 아세트아미드기에서 아세틸기가 떨어진 2-아미노-2-디옥시-D-글루코스의 β-(1-4) 결합 다당이다.

키틴은 화학적으로는 뮤코다당(Muco-polysacchaide)의 일종으로서 키틴요소의 일부가 분해된 것이 별도 화합물이 되는데 이것이 키토산이며 이들을 총칭하여 키틴질(키틴,키토산)이라 부르고 있다. 옛날부터 우리나라의 식탁에 자주 등장했던 버섯류, 게장, 새우젓 등에는 키틴질이 다량 함유되어 있었다. 그러나 키틴질은 지금까지 식품원료로서 중요하게 여겨지지 않고 기껏해야 식이섬유로서 간주해 왔던 것이다. 키틴과 키토산은 천연에 존재하는 다당류로서 최근에 특히 주목을 받고 있는 고분자 생리활성물질이다. 최근 10년 전부터 키틴과 키토산 및 그 유도체가 항종양 (면역력 증강 및 부활작용) 항균 및 항곰팡이 활성, 콜레스테롤 개선 및 비가 항종양 (면역력 증강 및 부활작용), 항균 및 항곰팡이 활성, 콜레스테롤 개선 및 비피더스균의 생육촉진 등 여러

가지 생리활성을 가지고 있음이 밝혀짐으로써 현재 생리기능성 신소재로서 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

키토산은 생리활성이 매우 높은 천연 다당류로서 알려져 있지만, 그 자체는 수용액 상태에서 녹지 않고 또한 대단히 고분자물질이므로 섭취하더라도 인체 내에서 분해할 수 있는 효소가 없어 거의 대부분이 흡수되지 못하기 때문에 생체 내에서의 이용에 제약을 받아 왔다. 그러나 키토산이 올리고당으로 가수분해되면 수용액에 대단히 잘 녹아 체내흡수율과 생리활성이 높아진다.

키토산 및 키토올리고당의 경우 면역력 증진작용, 항균작용과 같은 독특한 생리활성을 갖는 점이 기존의 전분 올리고당과 차별화되는 특징이다. 또한 면역성을 증가시키는 다당체로서 알려진 효모의  $\beta$ -글루칸, 곰팡이 및 버섯 균사체 등의 경우 다당체에서만 생리활성이 발견된 것에 비해서, 키토산 및 키토의 경우 다당류를 포함한 올리고당에서 생리활성이 발견된 것이 특징이다. 키토산 및 키토올리고당 중에서 특히 6단당 이상의 올리고당에서 더 높은 생리활성을 가진 것으로 보고 되었다. 또한 항암작용에 있어서 키토산올리고당보다 키토올리고당이 더 높은 활성을 가진 것으로 알려져 있다.

키토산의 특성은 노폐해진 세포를 활성화하여 노화를 억제하고 면역력을 강화해 주며 생체의 자연적인 치유 능력을 활성화 하는 기능과 함께 생체리듬을 조절해 준다고 알려져 있다. 병에 대한 효능으로 소개된 것들은 ① 탈콜레스테롤 작용 ② 항암작용 ③ 혈압상승 억제작용 및 장내의 유효세균 증식과 세포 활성화 ④ 혈당조절 ⑤ 간기능 개선 작용 ⑥ 체내 중금속 및 오염 물질 배출 등이다.

○ 올리고당

올리고당은 글루코스(glucose), 갈락토스(galactose), 프락토스(fructose)와 같은 단당류가 2-8개 정도 결합한 당질이다. 그러나 최근에 기능성식품이 갖고 있는 올리고당이란 대부분의 당질이 신체내 소화효소에 의하여 구성단당으로 분해되어 흡수되는데 반하여 소화효소에 의해 분해되지 않고 대장에 도달되

어 장내 유용세균인 비피더스균에게 선택적으로 이용되는 당질을 말한다. 올리고당은 대두, 우엉, 양파, 마늘, 파나나, 감자 등 어떤 식물이나 소량씩 함유되어 있는데 순수한 올리고당의 감미료는 설탕의 20~40% 정도이며 장내 소화효소에 의하여 분해되지 않고 칼로리가 적다. 그러나 식물속에 올리고당의 함량이 적기 때문에 충분한 양을 섭취하는 것이 어려워 공업적으로 효소를 설탕에 작용시켜 대량생산한다. 현재 국내 시판되고 있는 올리고당은 프락토올리고당을 비롯해서 이소말토올리고당, 갈락토올리고당, 대두올리고당 등이 있다.

올리고당의 기능성을 살펴보면 우선 난소화성으로 인해 비롯되는 특성을 들수 있다. 주요당질을 소화성 당질과 난소화성 당질로 나눌수 있는데 올리고당류들은 난소화성이므로 위에서 분해되지 않고 대장에 존재하는 비피더스균과 같은 유익균에 의해 Acetate, Propionate와 같은 Volatile Fatty Acid (VFA)로 전환되므로 칼로리가 거의 없다. 둘째, 비피더스 증식인자로서의 기능이다. 비피더스균은 대장내에 존재하는 유익한 장내세균으로 유아시에는 비피더스균이 우세하지만 이유기가 되면 Bacteroide 등 혐기성균이 출현해서 비피더스균을 능가하고 이후 장내세균층은 거의 변화가 없다. 그러나 노년기에는 건강한 성인에게서는 극히 적은 유해균이 많아져서 건강성인에게는  $10^9 \sim 10^{10}$ 균/g-변 정도로 비피더스균이 감소하고  $10^5 \sim 10^8$ 균/g-변 정도 나타나는 대장균이나 Streptococcisms 증가하여 많은 경우  $10^{10}$ 균/g-변에 이른다. 대표적인 부패균인 Clostridium perfringens는 검출율이 현저히 높아진다. 장내 부패균의 증가는 장내 유해물질을 대량 생산하게 되어 노화현상을 일으킨다. 그러므로 장내균의 비피더스균 구성을 높이고 유해균의 구성을 낮추는 것이 중요하다. 올리고당류는 비피더스균 등은 잘 이용하나 Clostridium균들은 거의 이용하지 못하므로 선택 이용성이 높은 당이라 할수 있다.

셋째, 충치예방의 기능을 들수 있다. 충치의 발생은 3단계 과정으로 발효성 설탕의 섭취, 충치를 유도하는 세균에 의한 감염 그리고 충치로 발생한다.

섭취된 설탕으로부터 충치를 일으키는 *Streptococcus mutans*가 작용하여 불용성 glucan을 합성하여 치아의 표면을 덮어 치후를 형성하여 치후내 축적된 유기산이 치아의 에나멜질을 탈회함으로 일어난다. 따라서 충치를 일으키지 않기 위해서는 불용성 glucan이 합성되지 않도록 해야 하며 충치를 일으키지 않는 감미료를 개발하거나 아니면 설탕에 의한 충치의 발생을 억제하는 효과를 가진 감미료의 개발이 요망된다. 충치 발생률을 낮추는 올리고당은 Coupling sugar, palatinose, Neosugar, maltitol, Palatinit 등이다. 이러한 올리고당은 *St. mutans*의 발육에 거의 이용되지 않거나 또는 타액의 pH저하작용을 약하게 하여 충치의 원인물질이 도기 어렵다고 보고되어 있다.

올리고당의 종류와 특징을 설명하면 다음과 같다.

#### - 이소말토올리고당

이소말토올리고당은 분지올리고당으로  $\alpha$ -1,6 결합이 한 개 이상 존재하며, 이소말토오스, 이소말토트리오스 및 6-o-maltosyl maltose가 주성분이다. 청주, 된장, 간장 등의 발효식품에 함유되어 있으며 식품에 맛을 부여하는 당질로 알려져 있다. 소당류에  $\beta$ -amylase를 작용시켜 maltose를 얻고 trans-glucosidase를 작용시켜 isomaltoligosaccharide를 얻는다. 이소말토올리고당은 보습성, 방부성이 우수하고 단맛의 개선, 전문노화방지에 효과적이어서 가공식품에 폭넓게 사용된다. 주된 용도는 과자, 음료, 캔디 등에 주로 사용되며 감칠맛의 부여로 인한 미각의 개선효과가 인정되어 고급식초, 케이크류 등에도 사용이 확대되고 있으며 충치발생의 주원인이라고 생각되는 불용성 glucan의 생성을 억제하는 효과들이 알려지면서 이러한 특성을 이용한 상품이 다양하게 개발되고 있다.

#### - 프락토올리고당

프락토올리고당은 바나나, 보리, 마늘, 꿀, 양파, 토마토, 호밀 등에 0.15 ~ 0.75% 정도 함유되어 있다. 설탕에  $\beta$ -fructofranosidase (FFase)를 작용시켜 제조된다. 산업적으로 이 효소를 *Asp. niger*

로부터 얻는다. 설탕의 fructose (GF), nystose (GF3), tructofranosyl nystose (GF4)을 형성하며, 이들의 혼합물을 프락토올리고당이라 하고 상업적으로 Neosugar로 알려져 있다. 프락토올리고당은 체내 효소에 의해 가수분해되지 않는 난소화성당이며 장내 유용균에 의해 이용되며, 충치발생에도 거의 관여하지 않는 기능성당이다. 과자, 캔디, 젤리, 제빵에 사용되고 있으며 생산량 절반이상이 사료첨가용으로 설사의 발생을 막아 발육증진, 번식률 향상 등의 효과가 있다.

#### - 갈락토올리고당

Lactose에 미생물이 생산하는  $\beta$ -galactosidase를 작용시켜 전이반응에 의해 Gal-(Gal)<sub>n</sub>-Glc(n=1-4)가 생성되면 이중 3탄당이 주생성물질이다. 갈락토올리고당은 모유 중에 분포하며 가열과 산성에서 안정한다. 따라서 미생물에 의해 모유중의 성분을 시험관내에서 합성했는데 더 큰 의의가 있다. 용도는 빵, 캔디, 쿠키, 비스킷, 케이크, 스낵, 아이스크림, 유산균음료에 사용된다.

#### - 파라티노오스(Palatinose)

미생물이 분비하는  $\alpha$ -glucosyltransferase를 실험용액에 작용시켜 제조된다. 이소말톨로오스로 불리며 단맛이 우수하고 충치예방효과가 우수하여 설탕대용으로 많이 사용된다. 장관내에서 소화되기 어려울 뿐 아니라 체내 지방의 축적을 어렵게 하고 장내균총 중 비피더스균의 선택적 증가에 도움을 주는 등 생리조절기능 특성을 나타낸다. 그러나 물에 녹기 어렵고 비교적 낮은 pH에서 가열에 의해 착색되기 쉽기 때문에 가공식품에 사용시 주의를 요한다.

#### - 대두올리고당

대두로부터 대두단백질을 제조할 때 배출되는 대두유청 (Whey)을 원료로 하여 분리정제하여 제조되며 raffinose, stachyose, sucrose 및 단당류가 주성분인 가용성 당류의 혼합물을 말한다. 효소사용 없이 유청으로부터 얻기 때문에 생산비가 많이 드나 청량감이 있고 내열, 내산성이 높은 가공상 이점이 있어 음료제조에 많이 이용되고 있다. 대두올리고당

의 생리적 특징을 보면 인간이 장기간 섭취해온 대두 중의 당류로 안정성이 확인된 물질이고, 유효성분은 raffinose, stachyose 등의 galactose 화합물로 화학구조가 이미 밝혀져 있으며 또한 난소화성 올리고당이기에 때문에 소화, 흡수되지 않으면서 대장에 도달되어 비피더스균에 선택적으로 이용되어 증식시키며 장내균총의 개선과 대변의 성질 개선 및 장내 부패를 억제하는 등 효과를 발현한다.

- 자일로리코당

식물체 hemicellulose의 주된 구성성분인 xylan을 효소로 분해하여 얻은 올리고당으로 주된 구성성분은 xylose 두 개가 β-1,4결합한 xylobiose와 세 개 결합한 xylotriose이다. 자일로올리고당은 그 감미도가 설탕의 약 40%정도로 알려져 있으며, 열과 pH에서도 안정하여 식품첨가에 매우 유용한 올리고당이다. 또한 다른 올리고당과 같이 장내 유해미생물의 생육억제 및 bifidus균의 증식인자, 장내균총 개선, 변성개선 등의 기능이 확인된 바 있다. 이것은 상업화는 일본내에서만 국한되어 있고 생산되고 있다.

- 키토산올리고당 (키토올리고당)

갑각류인 게, 새우 등의 껍질을 분쇄, 탈탄백, 탈염화한 키틴을 탈아세틸화하여 얻어진 chitosan을 효소인 chitosanase로 분해하여 얻는 올리고당이다. 키토산이 불용성인 것에 반해 이것은 2 ~ 8당류로서 물에 용해가 되어 체내 흡수가 빠르다. 키토산과 같이 항균작용, 항암작용, 면역강화기능, 유산균 증진작용 등 키토산과 비슷한 기능을 가지고 있다.

o 프락탄

자연계에 존재하고 있는 다당류는 구성 탄수화물 (structural carbohydrate)과 비구성 탄수화물 (non-structural carbohydrate)로 나누어 진다.

구성탄수화물에는 섬유소(cellulose), 자일로글루칸(xyloglucan), 펙틴(pectin) 등이 속하며 비구성 탄수화물에는 설탕(sucrose), 전분(starch), 프락탄(fructan)이 있다. 비구성 탄수화물 중에서 가장 잘 알려져 있는 것은 전분으로 이는 포도당(glu-

cose)이 β-1,4 결합만으로 연결되어 있는 아밀로스(amylose)와 β-1,6 가지를 갖고있는 아밀로펙틴(amylopectin) 두 종류가 있다. 프락탄은 식물체 및 미생물에서 발견되는 제3의 비구성 탄수화물로 이는 과당(fructose)이 β-2,6 결합으로 연결되어 있고 출처에 따라 β-2,1 가지를 갖고 있는 다당류이다.

자연계에 존재하는 프락탄은 일반적으로 포도당한 분자와 수십 수만 개의 과당이 연결되어 있는 구조를 갖고 있다. 식물체 프락탄은 주로 200개 이내의 과당으로 이루어진 저분자량의 프락탄인 반면 미생물 프락탄은 과당이 십만개 까지도 연결될 수 있는 고분자량의 프락탄이다. 프락탄은 결합방식에 따라 크게 이눌린(inulin) 타입(Fig. 1)과 레반(levan) 타입으로 나누어지고 있다. 이눌린 타입은 과당이 β-2,1 결합으로 연결되어 있는 프락탄으로 가장 짧은 것으로는 1-kestose 가 이에 해당된다. 레반 타입은 과당이 β-2,6 결합으로 연결되어 있는 linear 형 (Fig. 2a)과 출처에 따라 서로 다른 정도의 β-2,1 가지를 갖고 있는 branch 형 (Fig. 2b)이 있으며 가장 짧은 것으로는 6-kestose 가 이에 해당된다. 이러한 프락탄의 출처를 보면 먼저 꽃을 피우는 식물 종의 15% 정도는 자연적으로 프락탄을 생성하고

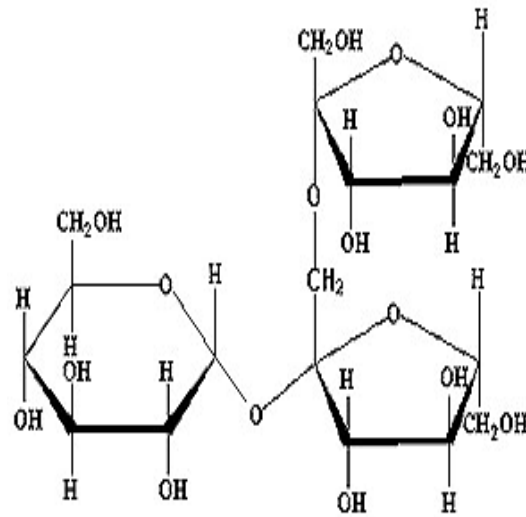


Figure 1. Inulin type fructan.

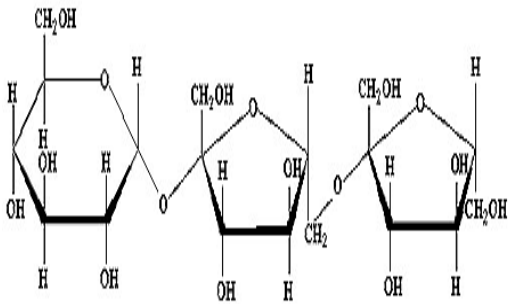


Figure 2a. Levan type fructan (linear form).

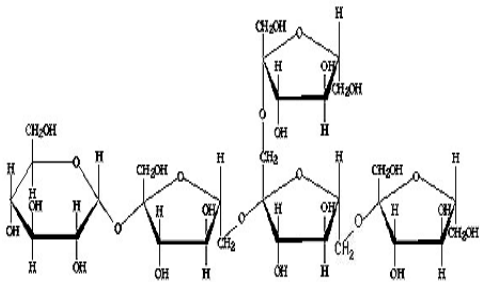


Figure 2b. Levan type fructan (branched form).

있다는 것을 알 수 있다. 특히 진화적인 관점에서 볼 때 프락탄은 가장 진화된 패밀리 중에서 발견되는 경향이 있다. 예를 들어 프락탄은 Liliales, Poales, Astrales, Campanulales, Palemoniacae, Ericales, Dipsacales 및 보리, 밀, 양파, 치커리 등에 프락탄이 포함되어 있다. 현재 지구상에 있는 채소의 1/3은 프락탄을 포함하고 있는 것으로 추정되고 있다. 특히 프락탄을 생성하고 있는 대부분의 종들은 계절적으로 건조한 지역과 추운 지역에 분포되어 있다. 이러한 사실로부터 식물체에서 프락탄은 건조에 대한 삼투보호제(osmoprotectant)로서의 기능과 추위에 대한 냉해보호제(cryoprotectant)로서의 기능을 하는 것으로 알려져 있다. 그리고 미생물의 경우 현재까지 Tolypothrix, Pseudomonas, Xanthomonas, Azotobacter, Erwinia, Streptococcus, Bacillus, Actinomyces, RothiaArthrobacter 등과 같은 다수의 미생물 속이

프락탄을 생성하는 것으로 알려져 있다. 미생물에서 생성되고 있는 대부분의 프락탄은 레반 타입으로 식물체가 생산하는 프락탄에 비하여 분자량이 큰 다당류이다.

## 2. 기능성 다당류의 이용

기능성 다당류는 여러 가지 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 제약업의 백신, 약의 운반체, 항암제, 혈액증강제, 항바이러스제, 항염증활성, 혈당강하활성 뿐만 아니라 상처치료제 등으로 이용되고 있고 식품 산업, 의학, 생물공학 등은 그 이용분야가 광범위하다.

### ○ 식이섬유 (Dietary Fiber)

국내에서의 식이섬유의 이용은 대부분 저분자량의 수용성 식이섬유를 이용한 음료형태가 주류를 이루고 있으며, 밀기울, 귀리, 옥수수 껍질 등으로 부터 얻는 불용성 식이섬유는 제과 및 제빵등에 이용되어 오고 있다. 수용성 식이섬유는 혈중 콜레스테롤을 저하시키며, 불용성 식이섬유는 변비예방과 장기능 증진효과가 탁월한 것으로 알려져 있다. 그러므로, 대장암과 변비같은 장질환 환자가 날로 증가하고 있는 상황에서 국내산 미이용 자원으로부터 불용성 식이섬유의 기능성 향상과 활용기술을 개발하는 것은 식품산업적 가치가 크다고 할 수 있다.

### ○ 키토산 (Chitosan)과

#### 키토올리고당 (Chitooligosaccharides)

Chitosan은 난소화성 당으로 cholesterol 개선 작용, 혈압 조절 작용, 항균 작용, 식물 성장 촉진 작용, 면역 부활 효과 등의 다양한 생리적 특성을 나타낸다. Chitosan의 가수분해 산물인 chitooligosaccharides는 산에 의한 가수분해, 효소에 의한 가수분해, 효소의 역합성 반응 등에 의하여 얻어진다. Chitooligosaccharides는 항균작용, 항종양작용, 동물세포에 대한 면역부활효과, 식물 생체방어에 대한 생리기능 등의 기능성을 가지고 있다.

### ○ 올리고당

올리고당은 일반적으로 2~8 정도의 중합도를 갖는 다당으로서 단당이나 고분자다당체와 비교해서 독특한 물성과 생리활성을 갖는다. 기존에 알려진 대부분의 올리고당은 전분 유래의 올리고당이며 이들은 보수성, 저감미성, 결정방지성 등의 식품학적 특성이 있으며, 특히 장내 유익균을 증식시켜 정장작용을 하므로써 건강식품 소재로서 널리 사용되어 왔다.

○ 프락탄

탄수화물은 사람 뿐만 아니라 많은 종류의 동물들에게도 중요한 에너지원이며 평생시 섭취하는 음식물의 대부분을 차지하고 있다. 사람 및 동물의 영양과 대사에 있어서 단순 다당의 기능 및 역할은 오랫동안 연구되어 왔지만 프락탄과 같은 특수한 기능성 당에 대한 연구는 최근에 와서야 중대성이 증가하고 있다. 이러한 프락탄은 식물 및 미생물에서 발견되었으며 현재는 사람 및 가축들의 특수 영양식으로 개발되어 다양한 용도로 사용되고 있다.

먼저 현재도 대부분의 사람들은 호밀, 양파, 돼지감자와 마늘 등을 먹거나, 올리고 프락탄이 들어있는 인공감미료를 통하여 간접적으로 프락탄을 섭취하고 있다. 프락탄은 사람의 소화효소에 의하여 소화되지 않고 섭취된 프락탄의 대부분은 위와 소장을 통과하면서 대장에서 발효가 일어난다고 알려져 있다. 대장에서 미생물의 분해가 없다면 프락탄은 식이섬유로써 작용한다. 대장에서 일어나는 분해에 의하여 프락탄의 에너지 수준은 증가하고 발효에 의해 생산되는 휘발성 지방산은 미생물에 의해 이용된다.

프락탄의 첨가 및 섭취는 체내에 유용한 미생물인 Bifidobacteria의 증식에 도움을 주고, 유해 미생물의 증식은 억제하는 효과를 가지고 있어 장의 환경 및 대변의 조성을 변화시킨다. 또한 프락탄의 섭취는 가금류의 성장을 증진시키고 지방질을 줄여 육질을 개선시키며 계분의 약취를 감소시킨다. 이들의 효과는 장내미생물의 변화에 기인한 것으로 Salmonella에 의한 오염 또한 감소시킨다. 양계사료로서 프락탄의 사용에 있어서 더 연구되어야 할 부분은 닭의 생산에서 스트레스의 역할 및 항생제의 사용과 관련지어 프락탄의 역할에 대한 부분이다.

한편 또다른 응용방법으로 연구되고 있는 분야가 약물전달시스템 (DDS, Drug Delivery System)이다. 약물전달시스템은 약물이 생체내의 목표 조직·기관 등 필요한 부분에만 도달하도록 제제상 조치를 취한 투약시스템으로, 이에 따라 의약품 사용량의 감소 및 부작용의 감소를 기대할 수 있어 연구가 활발히 진행되고 있다. DDS의 목적은 약제의 안정화, 약제의 부위 특이적 targeting, 약제의 투여방법의 개선 등이므로, DDS는 약물의 부작용을 줄이고 효과와 효과를 극대화시켜 필요한 양의 약물을 효율적으로 특정신체부위에 전달할 수 있도록 설계되어, 심장질환치료제, 항염증제, 항암제, 천식치료제, 당뇨병, 관절염, 유전자치료 등 다양한 의약품 분야에서 이들 약품의 약물치료 효과증대를 목적으로 이용되고 있다.

DDS는 관점에 따라 여러 가지로 분류할 수 있으나 기술적인 관점에서 분류하면 다음과 같다.

- 흡수촉진형 DDS : 흡수가 잘 안되는 약물의 흡수성을 높여주는 DDS로 주로 경구제제의 DDS로 이용됨.
- 약효지속형 DDS : 약물을 제제학적으로 수식하여 약물이 체내에 투여된 후 제제로부터 서서히 방출되게 하여 약효를 지속적으로 유지하게 하는 DDS로, 서방출성을 이용한 약효의 지속화 DDS는 주로 경구투여제제에 한정되었으나 이제는 경피투여제, 경점막투여제 및 기타 제제에 이르기까지 다양하게 시도되고 있음.
- 표적부위집중형(Targeting) DDS : 암세포 등 병소에만 약물을 분포함으로써 약효를 극대화하고 부작용을 극소화하는 DDS.
- Intelligent DDS : 인체 내에서 생리적으로 필요할 때만 약물이 방출되어 약효를 나타낸 후에는 다시 방출이 정지되게 하는 intelligent 기능을 가진 DDS

3. 국내외 기능성 당류 개발동향

최근 기능성 당류에 대한 연구와 관심이 증가하고 있으나, 이는 단백질에 관련된 연구결과들을 생각해 본다면 매우 미흡한 수준이라 할 수 있다. 최근에 들어서 기능성 당류에 대한 연구가 증가하는 이유는 여러가지가 있겠으나 이는 아마도 그 넓은 응용분야에 있다고 볼 수 있다. 그러나, 응용분야에 대한 연구보다도 우선적으로 기초연구가 수반되어야 할 것이다. 이제까지 당류에 대한 연구는 다당류중에서도 포도당의 중합체인 전분을 위주로 그 구조 및 전분에 관련된 amylase 효소에 대해서 주로 연구발표되어져 왔으며 꾸준한 연구로 올리고당의 기능성 당류로서의 연구개발에까지 이르고 있다.

새로운 기능성 당류의 소재를 개발하기 위한 연구는 기존 식용 식물은 물론 해양 미세조류나 해양 미생물, 균류 등으로 확대되고 있다. 생산방법에 있어서도 생물변환기술에 의한 기능성 당류의 산업적 생산 기술을 통해 생산원가를 낮추려는 시도가 활발히 전개되고 있다. 미생물을 이용해 공업적으로 생산되고 있는 다당류의 종류와 생산방법 및 용도개발에 대한 연구는 다음과 같다.

#### ○ Xanthan

기본적인 반복단위는 glucose, mannose, glucuronic acid, acetate, pyruvate를 포함하는 5탄당으로 구성되 있다. *X. campestris* 변이균주에 의해 새로운 polytrimer gum이 생산되었다. Xanthan gum 생합성 유전자의 cloning은 broad host range cosmid pLAFR1을 이용하여 *X. campestris*로서 하였으며, 다른 연구에서는 *X. campestris* genome의 fragments를 포함하고 있는 recombinant plasmids pIJ3040과 pIJ3041로서 EPS (extracellular polysaccharide)-deficient mutant를 EPS 생산균주로 복구하기 위해 사용하고 있다. Xanthan은 *Xanthomonas campestris*에 의해 생산(Table 4)되며 상업적으로 이용되는 첫번째 이형다당류(heteropolysaccharide)이다.

Xanthan gum은 *Xanthomonas* 속의 세균에 의해 생산되는 anionic heteropolysaccharide는 극히 높

은 점도와 pseudoplasticity 때문에 제품의 용도가 광범하다.

#### ○ Dextran

15000-50000 정도의 분자량을 갖는 복합체이다. 대부분은  $\alpha$ -1, 6-glucosidic link를 갖는 glucan이다. 그러나 dextran은 1,2-, 1,3-, 1,4-glycosidic linkage를 갖는 compounds도 있다. Transglucosidase인 dextranase 효소에 의해 생성되며 이 효소는 자당 glucose-fructoside에 작용하여 glucose 단위들을 dextran으로 중합하고 과당을 방출한다.

무기인산과 유기질소원을 가진 배지에서 회분배양으로 생산된다. 혈장효력 증진제 (extender, 대용혈장제)로서 혈액의 흐름에 직접 영향을 준다. 식품생산, 석유회수증진제(Drilling), 유화제, 점착제, 물성조절제등에 오래전부터 사용되 왔으며 시럽과 캔디의 보습성 증진 및 설탕결정 방지, 껌과 젤리의 젤화, 이이스크림의 빙결방지, 유체식품의 물성조절등 유동학적 특성이 많이 응용되고 있다. Dextran은 macromolecular drug derivative로서 매우 좋아 약물 담체로서 사용이 증가되고 있으며 활성 dextran 유도체의 응용과 수식(modification)의 연구가 진행중이다.

일본 三共社는 불용성인 glucan 치석을 녹이는 효소 dextranase를 대량생산 치약에 첨가하고 있다. Dextran의 구강의학적 측면에 대한 연구도 활발하다. 충치의 발병은 음식물중의 설탕과 구강내 충치병원균의 일종인 *Streptococcus mutans*가 생성하는 dextranase의 작용으로 glucan이 만들어지고 이러한 glucan이 치석형성 및 충치로 발전한다. 따라서 dextranase의 투여로 치석방지 및 충치예방에 효과를 거둘 수 있다. (치약, 가글류, 껌등에 첨가)

#### ○ Curdlan

*Alcaligenes faecalis* 의 변종인 *myxogenes*가 2개의 linear glucan, curdlan, succinoglucan을 생산한다. Succinoglucan은 glucose와 약 10%의 succinic acid, galactose를 함유하고 있는 반면에 curdlan은 단순한 glucose polymer이다.

#### ○ Scleroglucan



*Sclerotium gluconicum*, *S. delphinii*, *S. rolfsii*, *Helotium sp.*에 의해 생성되며  $\alpha$ -1,3으로 연결되어 있으며 경우에 따라  $\beta$ -6,1-glycosidic linkage를 한 glucose 단위를 갖는 다당류이다. 발효, 정제, 효소적으로 가능한 절단은 생산조건이 최적화되면 경제적으로 가능한 공정이며 식품생산 및 3차석유회수 과정에서 사용되고 있다.

○ Pullulan

곰팡이인 *Aureobasidium pullulans*(*Pullularia pullulans*)에 의해 생산된다. 구조는  $\alpha$ -1,4와 약간의  $\beta$ -1,6-glycosidic linkage를 가지며, 분자량은 약 20만이다. 수용성 천연 glucan으로  $\beta$ -1,6 linkage에 의해 결합된 maltotriose unit의 직선상의 고분자이다. 이 다당류는 식품, 약품, 기타 산업에 pullulan의 응용증가와 *A. pullulans*에 의한 생산에 관한 연구가 강조되고 있다. 중성의 다당류로서 무미, 무취, 비결정의 백색분말로서 내열성, 내효소성, 내산, 내염기성이 우수하여 각종식품의 품질개량 또는 신제품 개발에 이용되고 있다.

○ Chitin

Chitin synthase I과 II의 두개의 chitin 생합성 효소 존재하에 효모 *S. cerevisiae*로 생산이 입증된 바 있다. Chitin은 지구상에 섬유소 다음으로 풍부하게 존재하는 biomass로서 매년 109톤 정도가 해양 무척추동물, 곤충, 곰팡이 등에서 생합성되고 있으며, cellulose다음으로 자연에서 발견되는 가장 풍부한 biopolymer이다. 게 껍질의 70%, 곤충껍질의 30-40%, 연체동물 건조표피의 40%내외가 chitin이다. N-acetylglucosamine(NAG)기가  $\alpha$ -1,4-glycosidic linkage로 된 결정구조를 이루고 분자의 배열에 따라 다양한 형태를 보인다. 1985년 봉합사로 개발 이용되고 있으며 Chito oligosaccharide 제조, 항생물질전구체인 glucosamine, 식품, 의약품, 농축산분야에 이용이 활발하다. 특히 Chitin의 가수분해물인 chito oligosaccharide는 혈중 콜레스테롤의 저하, 항암작용, 상처회복촉진, 항진균성, 항균성, 유산균증식촉진등 각종 기능성이

알려지고 있다. 또한 이들의 유도체들은 의료, 식품, 농업, 의류, 폐수처리, 화장품(모발고정제)과 같은 분야에 널리 이용되고 있다.

○ Alginate

*Pseudomonas aeruginosa*, *Azotobacter vinelandii*가 2개의 uronic acid, manuronic acid, glucuronic acid로부터 생산한다. *Azotobacter*나 *Pseudomonas* 부터 alginate의 생합성 경로는 부분적으로 규명되어 있으며, alginate gene expression의 조절에 있어서 진보는 안정적이고 고수율 세균 균주로부터 고분자의 생산에 있어 매우 중요하다. 현재 세포의 생합성과정에 대해서는 거의 알려져 있지 않은 것이 없고 분자의 자세한 구조도 거의 알려져 있지 않다. 갈조류의 세포벽 성분으로 다량 발견되며, 분자량이 38000-200000인 음이온성 다당류이다. 해초에서 상업적으로 생산되었으나 생산균주에 의해 대량생산될 전망이다.

○ Cyclodextrine(CD)

*B. macerans*, *B. megatarium*, *B. circulans*, *B. stearothermophilus* 등이 생산한다. CD는 6-8개의 D-glucose가 cyclic type로 결합한 환상 dextrine이며, 포도당의 수에 따라  $\alpha$ -CD(glucose 6개),  $\beta$ -CD(glucose 7개),  $\gamma$ -CD(glucose 8개)로 구분된다. 1984년에 일본의 미쯔등은 CD합성 효소를 code하는 유전자를 *Bacillus*균에 조합해서 생산에 성공하였으며 현재 생산성을 높이는 연구가 진행되고 있다. 향신료중 휘발성물질 유지, 향료(freeze dry 홍차, chewing gum), 감미성분, vitamin등을 inclusion complex형에 이용, 청주중의 향기성분 유지에 이용한다. 전분으로부터 제조되는 고부가가치의 물질로서 생산원가 감소, 용도개발, 수요확대를 위한 연구가 활발하다.

한편 이러한 기능성 다당류와는 별도로 생합성 고분자로서 다당류를 생산하는 연구에 있어서는 먼저 생물산업소재연구센터(BRC, Bioproducts Research Center)에서 1994년 4월에 한국과학재단의 우수연구센터(ERC)로 선정되어 미생물, 동식물 세포 등을

이용하여 산업적으로 유용한 국제경쟁력 있는 소재를 탐색, 개발하기 위한 기초연구 및 산학협동연구를 수행하고 있다. 기능성 다당류 소재 개발 연구의 일환으로 식품 및 산업소재로서 응용성이 높은 미생물 셀룰로오스와 영지버섯의 세포외 다당체 생산균주의 탐색과 육종, 구조-기능-물성 간의 상호작용 및 생산성 향상 기술 등을 개발하고 있으며 세부적으로는

- 미생물 셀룰로오스의 개발
- 영지버섯의 액체배양에 의한 균사체 및 다당류 소재 개발
- 다당류 가수분해물을 이용한 생리활성 소재개발 등을 추진하고 있다.

서울대학교, 삼성정밀화학, (주)LG화학의 경우 공동과제로 생물 신소재 생산 및 이용 기술을 개발하고 있으며 생체축매반응 및 생변환, 효소를 이용한 탄수화물의 합성 및 수식 등을 연구하고 있다. 세부적인 내용은 아래와 같다.

- 올리고당의 합성(예: sialyl Lewisx)
- 당 합성을 위한 전구체의 대량 생산 (UDP-glu, CMP-NeuAc, 등)
- 알돌라제를 이용한 sialic acid의 생산
- 항생제의 탄수화물 glycon unit의 합성
- 탄수화물 폴리머 수식

또한 DDS의 경우 불안정한 단백질 의약품, 펩티드 의약품 등에 있어 약제의 안정화는 필수적이므로, 최근 폴리에틸렌글리콜(PEG) 등을 이용한 DDS 기술이 Roche, Enzone 등에 의해 개발되고 있다. 안정화와 동시에 약제를 최적량으로 장시간 작용시키기 위한 성방형 제형의 개발도 이루어지고 있고, 목적 세포를 식별할 수 있는 표식을 붙인 타겟팅 기술도 진전되고 있으며, 상황변화에 맞추어 작용하는 지능을 갖춘 인텔리전스 DDS의 개발도 진행되고 있는 형편이다.

## II. 시장 동향

### <세계 DDS 연구개발 주요 기업>

종류	연구개발기업
리포솜화	Nexstar(미), Cardiodyne(미), Endovasc(미), Endorex(미), The Company Liposome(미), Gilead Sciences(미), Inex Pharmaceuticals(캐), 住友製藥
폴리에틸렌글리콜	Schering-Plou(미), Enzon(미), Shearwater Polymers(미), Hoffmann-La Roche(스), 일본로슈, 기린맥주
기타	Chiron(미), DepoTech(미), J&J(미), Amgen(미), Genentech(미), Alkermes(미), 생화학공업, 아사히초자, 科研製藥, 明治製藥, 宇部興産, 住友製藥
경구·소화관내 서방화	Alizyme(영), Alkermes(미), Janssen Pharmaceuticals(벨), Amarillo Biosciences(미), Emisphere Technologies(미), Innovax(미), Vaxcel(미), 기린맥주, 森下仁丹
經鼻·經肺 흡수	Biochem Pharma(캐), Smithkline Beecham Biologicals(벨), Glaxo Wellcome(영), Siga Pharmaceuticals(미), Aviron(미), Hoechst Marion Roussel(독), 旭化成工業, 久光製藥
經皮흡수	Powder Ject Pharmaceutical(영), Rohne-Poulence Rorer(미), Bioject Medical Technologies(미), Becton Dickinson(미)

1. 기능성 당류의 시장현황 및 성장률

기능성 소재로서의 당류는 식품, 화장품, 바이오 비료, 동물사료 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 또한 기존의 기능성 당류의 제품 용도개발이 지속되고 있어서 한가지 품목의 시장규모를 정확히 산출해 내기 어려운 실정이다. 다만, 본 보고서에서는 기능성 식품에 초점을 맞추고 있으므로 건강보조식품으로 현재 시판중인 당류에 국한하여 시장을 분석하였다.

'99년도 건강보조식품 시장은 제품검사실적을 기준으로 전년도 대비 40.4% 증가한 8,729억원으로 집계되었다. 국내 제품 생산은 148개 업체에서 33.2% 성장한 7,250억원의 생산실적을 올렸으며 이들중 상위 5개 품목의 시장현황을 살펴보면 다음과 같다.

표에서 보면 키토산 가공식품은 식품공전에 올라

<표1 건강보조식품 상위 5개품목의 시장현황>

(단위 : 백만원)

품목군	1996년	1997년	1998년	1999년	증감율
키토산	9,317	109,037	123,426	172,736	40.0
갈슘	149,722	127,642	89,852	135,573	50.9
알로에	111,390	98,274	88,757	127,744	43.9
정제어류	160,672	73,885	37,334	58,527	56.8
효모식품	97,720	64,257	39,925	50,739	27.1

※ 자료 : 한국식품연감

있는 25개의 건강보조식품 중 알로에, 갈슘제품과 함께 최근 3대 건강보조식품군을 형성하는 제품이다. 키토산의 국내시장 규모는 원료기준으로 연간 400톤 수준이며, 키토산 건강보조식품은 1700억원 대 시장을 형성하고 있어서 올해 건식시장 규모가 약 1조1000억원대가 될 것으로 예상해 볼 때 약

1/10에 해당한다.

다양한 기능을 가진 것으로 알려진 식이섬유 시장은 시장에 관한 정보를 쉽게 파악할 수 있는 다이어트 제품을 중심으로 조사한 결과 약 1000억원의 시장을 형성하고 있는 것으로 나타났다.

기능성 당류중 가장 큰 시장을 형성하고 있는 감

<표2 다이어트 시장규모 (식이섬유 가공식품 실적 기준)>

연도	시장규모
1994년	317억
1995년	1,008억
1996년	3,058억
1997년	557억
1998년	700억
1999년	1,000억

※ 자료 : 다이어트 시장 현황 (건국대학교 세포활성 연구소)

미료 시장은 설탕의 내수시장을 분석해 보면 간접적으로 알 수 있다. 국내 설탕의 내수 시장은 77만톤 정도로 출고기준으로 연간 5,000억원 정도의 시장을 형성하고 있으며 98년 -13.1%, 99년 1.1%의 낮은 성장을 보이고 있으나 기능성 감미료 등의 설탕 대체 감미료의 수요증가로 정체를 보일 것으로 예상되고 있다. 올리고당을 비롯한 기능성 당류만의 시장은 식품 첨가물 전문당 시장은 연간 73만 톤으로 4,000억원 정도의 시장을 형성하고 있는 상태이다.

한편 DDS의 세계 시장규모는 분석기관에 따라 차이를 나타내고 있지만, '96년 223억달러의 시장 규모를 기록하였던 세계 DDS 시장규모는 2000년 324억달러, 2005년 534억달러로 성장할 것으로 전망되고 있다. 이와 같이 DDS 분야가 매년 두 자리 숫자로 성장되고 있는 이유는 일반 의약품의 치열한 경쟁으로 인해 업체들이 약품 안전성, 수익성, 경쟁력 제고를 위해 혁신 기술개발에 대한 관심이 높고, 생명공학 기술에 의해 발견된 새로운 물질 및

특히 만료 등 때문이다.

FDA 승인을 받은 DDS 중에서 성공 가능성이 높은 것으로 평가되고 있는 방법은 Liposom계 (리포이드성 물질을 이용한 약물전달시스템), 고분자계 (중합체를 이용한 약물전달시스템), Pulmonary System (흡입식 약물전달시스템) 등이며, 대표적인 DDS 제품으로는 심장질환치료제 분야에서 항고혈압약, 항염증제 분야에서 관절염 및 류마티즘약, 천식치료제 분야에서 기관지확장제, 당뇨병 분야에서 인슐린 등이 있다.

우리나라의 DDS 시장규모는 2000년 500~600 억원으로 전망되고 있고 매년 두자리 숫자의 성장이 이루어질 것으로 보인다. 국내 DDS 관련제품으로는 관절염치료제, 소화기치료제, 궤양치료제 등의 분야에서 여러 제약업체로부터 많은 제품들이 출시되고 있다.

## 2. 기능성 당류의 향후 시장전망

기능성 식품의 시장현황을 조사하는 것보다 더욱 어려운 것은 미래 성장률을 예측하는 것이다. 기능성 식품은 대상 제품의 효능이 정확한 작용기작과 함께 알려지는 것이 아니기 때문에 소비자들의 유행과 기호에 따라 연도별 시장이 변동한다. 새로운 기능성 신소재가 개발됨에 따라 기존의 제품을 대체하게 되면 시장에서 퇴출되는 경우도 많다. 그러나, 현대인의 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 기능성 식품 시장은 본격적인 고성장을 할 것으로 보인다.

Datamonitor의 자료에 따르면 1997년 현재 기능성 식품 시장 규모는 약 650억 달러에 이르는 것으로 추정되고 있으며, 연평균 10% 정도 성장하여 2006년에는 1,500억 달러를 넘어설 것으로 전망되고 있다. 국내에서도 기능성 식품 시장은 최근 들어 빠른 성장세를 보이고 있으며 1990년대 후반 이후 계속하여 두 자릿수의 성장률을 기록하여 왔다.

기능성 당류를 이용한 제품의 개발은 콜레스테롤 저하제,식이섬유, 항암 소재, 장내 균총 조절제 등의 분야에 집중되고 있다. 제일제당, 대웅제약, 태평

양, 풀무원 등 기존 식품 / 제약 기업들과 바이오벤처 기업들을 중심으로 이들 제품에 대한 연구가 활발히 진행되고 있어 시장에서의 경쟁은 더욱 치열해지고 있다.

## III. 업체동향

### 1. 주요 기능성 당류의 입체별 매출 규모 및 시장 점유율

#### ○ 올리고당 등 감미료 시장

설탕을 비롯해 올리고당이 주로 사용되는 감미료 시장은 제일제당, 삼양사, 대상 등 3개 업체가 치열한 각축전을 펼치고 있다. 현재 기능성 당류에 대한 연구개발이 성과를 거둠에 따라 고감미 감미료와 기능성 감미료 등의 설탕 대체 감미료의 수요증가가 예상되고 있다. 전체 시장의 규모는 5,000억원으로 업체별로는 제일제당 47.9% 삼양사 32.9% 대한제당이 19.2%의 점유율을 보이고 있으며 주로 가정용으로 소비되는 것으로 파악됐다.

연간 4,000억원 정도의 시장을 형성하고 있는 전분당 시장은 (주) 대상이 33%의 시장점유율로 1위를 차지하고 있으며 두산, 삼양사, 신동방 등이 참여하고 있으며 제과, 제빵, 음료 등의 산업용으로 공급하고 있다. 특히 대상은 과당, 포도당 등 전분당을 기반으로 아스파탐, 아세설팜-K 등의 고감미 감미료와 올리고당, 솔비톨 등의 기능성 감미료 등을 이용해 설탕을 제외한 각종 당류를 최적의 비율로 혼합해 저렴한 비용으로 이상적인 단맛을 낼 수 있는 제품을 개발해 생산, 수출하고 있다.

#### ○ 식이섬유 시장

식이섬유 시장은 다이어트 보조식품의 개념에서 섬유질 보조식품 (한독약품의 '다이어트라', 럭키제약의 '화이버트' 등), 식이섬유 음료(현대약품의 '미에로 화이버', 동아제약의 '화이버미니' 등) 등이 섬유질의 다이어트 및 변비 예방내지 치료효과를 내세우며 시판되고 있다.

○ 키토산 관련 시장

키토산 관련 시장은 음료, 제약, 식품 회사는 물론 최근에 급속히 증가하고 있는 바이오벤처기업 등 다양한 회사들이 진출하고 있는데 각 회사 매출액 및 시장점유율을 파악하기가 쉽지 않다. 최근에도 키토산의 기능성을 강조하며 새로운 용도의 개발이 계속되고 있고 신제품을 중심으로 시장에 진입하는 업체가 많기 때문이다. 제품검사실적기준으로 키토산가공식품 생산은 서흥캡셀이 1위로 나타났다. 상위 10개 업체와 이들 회사의 주요제품은 아래와 같으며 이들 업체가 전체실적의 92.7% 점유하고 있는 것으로 나타났다.

○ DDS 관련 시장

<표3 키토산 가공식품 상위사 및 주요제품>

순위	회사명	주요제품
1	서흥캡셀	엘지키토산, 엘지키토산베타, 엘지키토골드, 산내들키토산 등
2	유한큐후드	유한키토산플러스
3	조선부약 식품사업부	솔표키토산, 솔표키토파인, 솔표키토산파인-S
4	한일양행	한일키토산100
5	한미양행	키틴키토산100
6	동구약품	동구키토산, 동구키토산골드, 코비키토산
7	녹십초	녹십초키토산
8	태평양	태평양키토산, 태평양키토산플러스
9	일진제약	삼진키토산, 한불키토비타
10	영진약품공업	키토자임골드, 영진키토산

\* 자료 : 한국건강보조, 특수영양식품협회 (1999년)

세계의 주요 DDS 관련기업으로는 Alza, Elan, Dura Pharmaceuticals, Andrx, Vivus, MiniMed, K-V Pharmaceutical, Biovail, Medrian Medical Technologies, Thera Tech, 등이 있으며, 국제적으로 DDS 제품은 약 150종 정도가 세계 각국에서 발매되고 있다. 이중 1,000만달러 이상의 매출을 기록

하고 있는 대표적인 제품으로는 Alza기술을 이용한 Pfizer의 Procardia XL(항고혈압제), Elan의 기술을 이용한 Hoechst Roussel의 Cardixem(항고혈압제) 등이 있다.

국내 DDS 사업에는 기존 국내의 많은 제약 업체들이 진출하여 있으며, 우리나라의 DDS 관련 주요 기업으로는 태평양제약, 선경제약, 제일약품, 한미약품, 종근당, 중외제약, 일동제약, 동화약품, 수도약품, 건일약품, 삼양사 등이 있다. 특히 태평양제약의 케토틸, SK제약의 트라스트, 제일약품의 케펜텍 등이 대표적으로 DDS 시장을 주도하고 있는 제품으로, 태평양제약의 케토틸은 발매 5년만에 1,100억원 이상의 매출을 달성하여 빅히트 상품으로 평가되고 있으며, SK제약의 트라스트, 제일약품의 케펜텍 등도 최근 마케팅 측면을 강화하고 있다. 최근에는 DDS 전문 벤처기업도 생겨났으며, 삼양사, 한미약품, 종근당 등도 DDS 사업에 큰 관심을 가지고 연구개발이 활발한 기업들이며, 특히 삼양사는 40명의 연구원이 DDS 관련 연구를 수행하고 있어 2002년 500억원 매출을 목표로 하고 있다.

2. 주요 수요업체 리스트

<표4 국내 주요 DDS 제품>

제품명	개발회사	제형	성분명	제품의 특징
케토틸	태평양제약	플라스타	Keto- profen	Trans- dermal DDS
트라스트	SK제약	패취	Piroxi- come	Trans- dermal DDS
케펜텍	제일약품	플라스트	Keto- profen	Trans- dermal DDS
임프란타	한미약품	연질캡셀	Cyclo- porine	Micro- emulsion 기술
사이폴 엔	종근당	경질캡셀	Cyclo- porine	Micro emulsion 기술
라메졸	한미약품	경질캡셀	Omepr- azole	안정화 기술

지절트	중외제약	정제	Omeprazole	안정화 기술
오엠피정	종근당	정제	Omeprazole	안정화 기술
오메드	SK제약	정제	Omeprazole	포집기술을 이용하여 안정성 증대
케노펜 겔	일동제약	겔	Ketoprofen	폴록사머 이용하여 약효증대
리키펜	동화약품	좌약	Acetaminophen	폴록사머를 이용하여 기존제제의 단점개선
코엔	수도약품	연질캡셀	Pseudoephedrin 등	쉐라솔 기술을 이용하여 생체이용률 증대
올판정	건일약품	정제	Pseudoephedrin 등	서방성 제제 기술

기능성 당류를 이용해 기능성 식품을 개발하여 판매하고 있거나 향후 계획중인 회사는 식품 회사는 물론 제약, 음료 등 다양한 산업군에 속해 있다. 최근에는 석유화학기업들도 신규전략사업으로 생명공학을 내세우며 적극적인 진출의욕을 보이고 있다.

대표적인 업체로는 제일제당, LG생활건강, 풀무원, 대상, SK, 동아제약, 녹십자, 한화 등이다. 바이오벤처기업 가운데는 이지바이오시스템, 코바이오텍, 바이오니아, 인바이오넷, CTC바이오 등 다양하다. 기능성 당류 등을 비롯한 기능성 식품시장을 논할 때 빼놓을 수 없는 업체는 다단계 판매업체이다. 이들 업체의 매출은 1997년 현재 9천억원을 넘어 서고 있는데, 기능성 당류에 대해서도 많은 관심을 보이고 있다. 주요 업체는 한국암웨이, 뉴스킨코리아, 엘트웰, 세모, 썬라이더코리아 등이다.

IV. 수출입현황

1. 기능성 당류의 수출입 현황

당류의 수출입 현황과 기능성 당류가 속해 있는 건강보조식품, 특수영양식품 등의 수출입 현황을 살펴보면 아래의 표와 같다.

현황을 분석해 보면 일반 당류의 식생활의 변화에

<표5 당류의 수입현황>

(단위 : 천달러)

구분	1998	1999	2000
당 류	94,529	48,554	13,067
특수영양식품	7,211	28,987	73,672
건강보조식품	40,492	53,936	59,701

※ 자료 : 식품의약품 안전청 식품유통과

따라 감소추세에 있으나 국내에서 소비되고 있는 폴리덱스트로스과 올리고당과 같은 기능성 당류의 대부분은 외국에서 수입하여 국내에 보급되고 있는 실정이다. 따라서 국내에 풍부하게 존재하는 천연물로부터 기능성 당류를 개발하고 이러한 자원을 대량으로 생산함은 물론 건강에 대한 효능을 증진시키는 연구가 절실히 필요하다. 즉 약리 기능성 당질의 새로운 생물소재를 탐색하고, 기존 생산되고 있는 당질 중 물성 변화 및 생산을 높이는 연구를 통하여 고부가가치를 지닌 제품 개발은 매우 바람직하다. 최근 생물계에 널리 분포되어 있는 당질이 정보 물질로써 중요한 작용을 하고 있다는 것이 밝혀지고 있다. 더욱이 당질, 당쇄가 가진 정보가 세포간 인식, 면역과도 밀접한 관계가 있어 질병의 진단, 치료에 이용될 전망이 있는 실정이다.

★. 색인어

기능성 당류, 건강보조식품, 키토산, 식이섬유, 올리고당, 프락탄, DDS

V. 참고문헌

- 윤영진, 세계기능성식품시장 현황과 전망, Health Industry News 2000년
- 식품의약품 안전청, 통계자료 : 식품 등 수입현황, 2000년
- 주간경제, 본격성장 예상되는 기능성 식품시장, 명공학연구원 바이오진, 2002년
- 김세권, 키틴·키토산 및 그 올리고당의 제조기술과 개발동향, 한국키틴·키토산 연구회지 제2권, 1999년



2001년

- 조영주, 키토산 이야기, 생명공학 해설강좌, 생