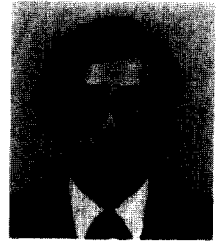


# 식품관련 polysaccharide의 개발동향



강원대학교 공과대학 발효공학과 이 신 영

다당류(polysaccharides)는 10개 이상의 단당 또는 uronic acid나 amino sugar 등과 같은 유도단당이 glucoside 결합에 의해서 탈수 결합된 탄수화물계 고분자(carbohydrate polymer)로 가장 풍부하고 또, 오랫동안 사용되어온 대표적 생물고분자(biopolymer)이다.<sup>1-3)</sup>

분자량, 구성당의 종류, 결합순서, 결합양식, 결합 위치 및 가지(branch) 유무 등에 따라 많은 종류가 존재하며 hydrocolloid로서 조건에 따라 겔형성능, 유화안정능, 표면장력의 조절능, 물흡수능, 결합능, 점착능, 윤활능 및 필름형성능 등의 광범위한 기능 특성을 가지므로 그동안 그림 1과 같이 각 분야에서 응용되어 각종 산업의 중요소재로서 사용되어 왔다.<sup>4-9)</sup>

지금까지 이들 다당은 수용액의 리올로지적 성질을 변화시키는 능력에 주목하여 각종 응용개발이 진행되었고, 가공식품이나 보존식품제조 등의 식품분야, 사막의 녹화를 비롯한 토양개질 등의 농업분야, 제지, 직물, 위생용품, 사진 등의 공업제품분야 등에 사용되어 왔다. 최근에와서는 이들 분야에 부가해서 물질분리, 농축소재 및 화학에너지의 역할 에너지로의 변환을 위한 mechano-chemical 소재 개발 등의 화학 공학분야, 선박의 난류억제(drag reduction) 및 대규모 집적회로나 초전도복합소재(superconducting composite materials)에서의 광저항성(photoresist)을 이용한 기계, 전자공업분야에의 응용도 진행되고 있고, membrane, chromatography, affinity chromatography 등의 분리정제용도, 금속 킬레이트제, bioemulsifier 등의 산업적 용도 및 vaccine, drug delivery, anti-adhesive drug, antithrombogenic product 등 제약분야 이용, enzyme immu-

noassay, biosensor, imaging agent 등의 진단용도 등 용도개발에 관한 각종 연구도 널리 수행되고 있다. 특히, 상처, 암 및 각종 세균질병의 진단, 예방 또는 치료 등과 관련되는 생물활성을 갖는 바이오 의약품 소재로서의 부가가치성 높은 용도적성도 계속 발견되어 의약품으로서의 중요성도 더욱 높아지고 있다.<sup>4-12)</sup>

한편, 최근에와서 다당의 구조-물성-기능의 상호 관계도 점차 밝혀지고 또, 유전자 조작 등 진보된 생물기술에 의한 구조의 수식(modification)을 통하여 바라고자 하는 물성의 다당을 얻을 수 있는 이른바 biopolymer engineering도 가능하게 되었다. 따라서 다당 및 그 유도체의 생산은 미생물을 이용한 유용물질 생산연구의 학문적 또는 상업적인 중요 대상으로 주목하게 되었고, 80년대 중반이후 이 분야연구는 급격히 활성화되기에 이르렀다.<sup>5,13)</sup>

이와같이 최근 각종 산업의 중요 신소재로서는 물론 점차 각종 생물학적 기능에 의한 의약품 등 hightechnology 제품으로도 주목되고 있는 다당에 대하여 본고에서는 이 중에서 식품관련 다당류의 종류와 기능을 살펴보고 특히, 식품관련 미생물 다당의 개발현황과 최근의 연구·개발 동향 등을 소개함으로써 이 분야 연구에 대한 이해를 돕고자 한다.

## 식품관련 다당류와 식품에서의 기능

새로운 식품의 개발에 있어서 소재가 점유하는 역할은 매우 중요하다. 고분자 다당류는 식품중에 미량(0.1-1%)의 존재로 기능을 발휘하는 소재이므로 다당의 이용은 그동안 각종 식품공업에서 전통적인 식품제조기술로서 널리 행해져 왔다.

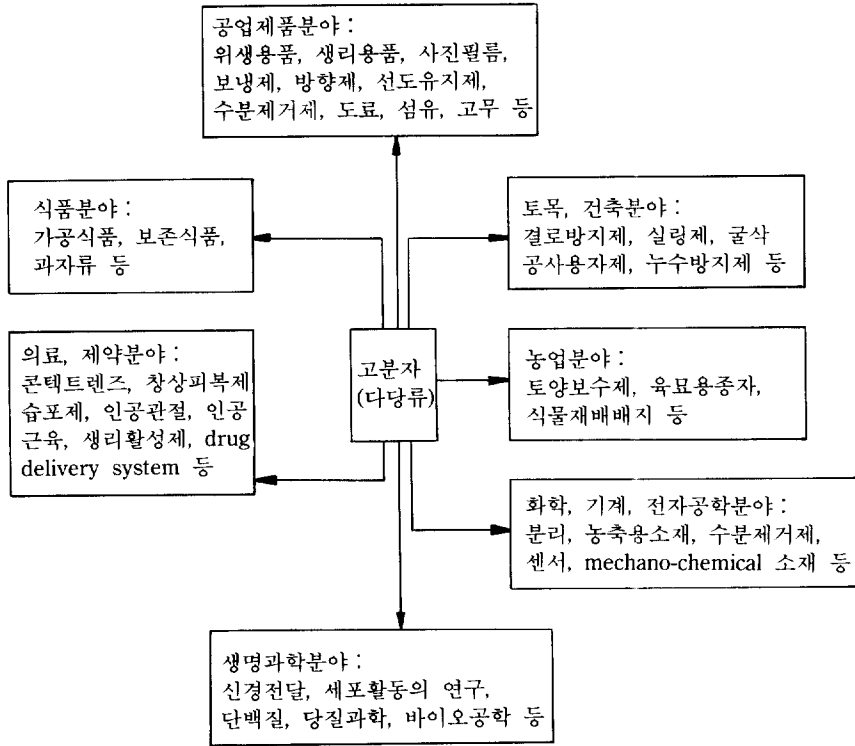


그림 1. 다당류 응용의 관계분야.

근년에 들어서는 식생활의 향상 및 서구화로 기호식 보급이 급증하였고, 식품의 간이화, 다양화, 고급화 및 천연지향의 추세화 등에 따라 기본적 특성(영양성, 안전성)의 개선과 더불어 기능적 특성(기호성, 보존성, 간편성)의 개선이 더욱 중요하게 되었다. 일반적으로 다당류는 식품의 구성물 및 첨가물로서 식품에 기능적 특성을 부여하고 기본적 특성의 개선은 물론 최종 제품의 가공성능, 안정성, 조직감 및 외관을 향상시킨다. 따라서 이제 다당류는 식품 첨가소재로서의 존재와 유효성에서 더욱 중요하게 재인식하게 되었다. 아울러 그동안 주어진 응용에 대한 최적인 다당의 선정은 거의 식품기술자의 기술과 경험에 의존하였으나 지금은 분자수준의 다당에 대한 이해도가 높아져서 식품기술자는 강력한 기술적 인식과 용액내에서의 다당에 대한 기능적 성질에 대한 지식으로부터 응용을 전개하게 되므로써 예견적 상황을 알고 더욱 굳건한 과학적 기초 위에서 새로운 발전을 수행하지 않으면 안되게 되었다. 식품에 있어 이들 다당류의 성장 분석에 의하면 용도의 용적크기 및 이용제품의 종류측면에서

두 가지 모두 일정한 총괄성장을 나타내고 있고, 품질 또는 즉석성의 향상, 새로운 공정 및 가공장치에의 용도를 허용하는 식품첨가소재로서의 현재의 역할은 더욱 증가될 것이며 점차 고 부가가치화할 것으로 예견하고 있다.

현재 식품가공에 널리 이용되고 있는 고분자 다당류의 예를 살펴보면 표 1과 같다.<sup>7,8,14)</sup>

표에서 보는 바와 같이 식품가공에 이용되는 다당류는 식물의 나무, 종자, 뿌리로부터 추출한 것 또는 해초기원의 것이 널리 알려지고 있고 미생물 기원의 것에 이르기까지 그 출처에 따라 매우 다양하다.

현재로서는 식품관련 다당류의 가장 풍부한 다당류는 전분과 셀룰로오스이며 미생물 다당류는 매우 작은 부분을 차지하는데 불과하다. 그러나 미생물 다당류 또는 이의 유도체는 이미 알려진 식물 및 해조류 유래의 천연 다당류나 기타 합성고분자와는 달리 독특한 물성과 생리활성을 나타낸다. 아울러 미생물 다당의 또다른 잇점은 천연적으로 유래하여 독성이 낮고 생분해되므로 환경적으로 안정하기 때

표 1. 식품가공 중 사용되는 다당류의 예.

형 태	예
전분 및 유도체	생전분, 호화전분, 화공전분
Cellulose 및 유도체	결정성 cellulose, CMC, MC
해조류 추출물	Alginate, agar, carrageenan, furcellaran
식물 추출물	Pectin, arabinogalactan
식물 점질물	Gum arabic, karaya, tragacanth, ghatti
종자 gum	Locust bean gum, guar
미생물 gum	Dextran, xanthan, curdlan, gellan

문에 석유화학에 기초한 고분자의 대체품이라는 점이다. 또, 새로운 유전공학적인 기술에 의하여 신규 또는 품질이 향상된 제품의 개발에 성공한 가장 잠재력을 갖는 것중의 하나이다. 따라서 에너지적으로는 전분 및 셀룰로오스가 가장 풍부한 다당류이나 미생물 다당 특히, 미생물체에 있어서 다당의 존재는 세포내, 외에 존재하지만 세포의 다당류는 실제적 측면에서 적당한 생산균주의 선택 및 배양 방법으로 대량생산이 가능한 다당류로 발효액으로부터의 회수가 쉽고 정제비용이 적게들므로 상업적인 잠재력이 가장 높은 다당류라 하겠다.<sup>15-19)</sup>

한편, 표 2는 다당류의 기능적 성질을 나타내며 3가지 주요 산업적 용도 즉, 점증능, 안정화능 및 필름형성능이 전 다당소비의 65% 이상을 차지하며 대부분 다당의 유용성은 물의 기본적 성질을 수식하는 능력에 기초함을 알 수 있다.<sup>20)</sup>

즉, 다당류는 자신 무게 100%까지의 물의 물리적 성질을 변화시킬 수 있는 매우 친수성이 있는 고분자로 다당류의 유용도는 물리적 성질 특히, 점증능 또는 수용액을 겔화하거나 물의 흐름성질을 조절하는 능력에 의존한다고 할 수 있다.

따라서 식품의 제조, 가공, 조리에서 있어서도 이들 다당류는 소량의 첨가로 입안에서의 느낌(mouth-feeling)을 개선하는 조직감 개량제(texture modifier)로서 점탄성을 조절하는데 이용되거나 또는 이들 수용성 교질액(hydrocolloid)의 액상식품에 대한 분산성, 유화성, 안정성을 개선하기 위하여 널리 사용되며, 그 자체가 식품의 주성분으로서 역할을 하는 경우도 많다.

표 2. 기능성에 따른 다당의 용도분포.

기 능	비율(%)
Stabilizer, suspending agent, and disperant	25
Thickner	23
Film-forming agent	17
Water retention agent	12
Coagulant	7
Colloid	6
Lubricant or friction reducer	5
Other	5

일반적으로 모든 다당류는 수용액, 현탁액, 분산액의 흐름을 조절하기 때문에 특별한 응용을 위하여 어떤 다당류를 사용할 것인가의 선택은 그의 2차적 특성에 의존한다. 이들 2차적 특성은 점착제, 결착제, body 형성제, bulking제, 결정화 저해제, 청정제, 피막제, 유화제, 유화안정제, encapsulating제, 현탁제, 필름형성제, 응집제, 거품안정제, 겔화제, 현탁안정제, 보호콜로이드제, 팽창제, 이수제, 조직형성제, 물흡수제 및 whipping agent 등으로서의 이용을 담당하게 된다. 그러나 수용성 섬유질의 첨가를 통한 건강성의 향상이나 혼합, 펄핑중 저항감소에 유효한 다당류를 사용하므로써 또는 상전이 온도를 낮출 수 있는 다당의 사용을 통한 에너지 감소를 충분히 고려하여야 한다.<sup>11)</sup>

그러므로 최소 한 분야에서 월등한 기능성을 갖는 각종 신규 다당의 탐색을 포함하여 다성분계에서 구조/성질관계를 연구하고 이 정보를 새로운 제품 및 용도에 적용하기 위하여 진보된 현대의 기술을 이용한 각종 연구가 진행되기에 이르렀으며 이러한 추세에 발맞춰 1986년도에는 새로운 국제학술지로서 "Food Hydrocolloids"가 발행되기도 하였다.

### 식품관련 미생물 다당의 개발 현황

미생물 다당에 관한 연구는 1942년 *Leuconostoc mesenteroides*가 생산하는 다당인 *dextran*의 의로면에서의 용도적성 개발 이래<sup>2)</sup> 지금까지 *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Methylomonas*, *Chromobacterium*, *Rhizobium*, *Alcaligenes*, *Erwina*속 등의 세균, *Hansenula*

lar, Tremela, Torulopsis의 효모 및 Aerobasidium, Sclerotium, Fusarium속 등의 곰팡이를 대상으로하여 각종 다당 생산에 관한 많은 기초 및 응용에 관한 연구가 수행되었다.<sup>15,18,21)</sup> 또, 이러한 연구 결과에 의해 사상균, 담자균, 세균, 효모, 조류 등을 기원으로 한 각종 미생물 다당이 폭넓게 개발되어 지난 10년간 적어도 20여종에 이르고 있다. 그러나 식품공업에서 현재 또는 잠재적으로 적용 가능한 미생물 다당류는 표 3에서와 같이 소수이며 아직도 개발이 요구되는 특수 연구분야가 존재한다.<sup>13)</sup>

미생물 다당류의 제 1호인 dextran은  $\alpha$ -1,6주쇄에  $\alpha$ -1,3가지를 갖는 glucose의 균질 다당이며 공업적 생산에는 *Leuconostoc mesenteroides*가 주로 이용된다.

1950년대에 혈장대용으로서의 용도개발에 의해 공업적으로 발전했으며 현재의 미생물 다당 발전의 초석을 이루었으나 식품용도는 적고 제약 및 화학공업에서 널리 사용된다.<sup>7,8)</sup>

반면 xanthan gum<sup>7,8,22,23)</sup>은 대표적 발효 다당류로 *Pseudomonas*와 유사한 간균의 식물병원균인 *Xanthomonas campestris*에 의해 생산되는 D-glucose, D-mannose, D-glucuronic acid의 물비가 각각 2 : 2 : 1로 구성된 다가 음이온 고분자이다. 우수한 점증제 및 안정제로서 식품, 화장품에 세계적 규모로 사용되고 있는데, 60년대초 미 농무성에서 개발하였으며 이 기술은 미국 Kelco사 등 민간기업이 공업화하고 1969년 FDA 등록 후 용도개척이 진행되고 미국내에서 생산판매되기 시작하였다. 그후 1976년부터 본격적인 생산이 시작되어 미국 Kelco사와 불란서 Rhone-Poulenc사의 2대 maker에 의한 경쟁 발전 시대로 들어갔다. 이 xanthan은 그 특징적인 물성과 안정한 품질로부터 특히 주목되는 식품소재이다. 한편, gellan gum<sup>5,6,22-25)</sup> 또한 새로운 발효에 의해서 얻어지는 천연 다당류로 이제까지의 다당에서 보이지 않는 새로운 특징을 가지며 지금까지 불가능한 식품의 제조를 가능하게 하는 획기적인 식품소재로 각광받고 있다. 이 gellan gum은 1970년 Kelco사의 K.S. Kang이 미국 Pennsylvania주의 중앙부 호수에 자생하고 있는 수초로부터 분리한 타 생물에 대한 비독성 병원균인 *Pseudomonas elodea*를 통기배양하고 그 생성물을 분리, 정제, 건조분말화한 것이다. Gellan gum은 D-glucose 두분자, D-glucuronic acid,

L-rhamnose의 unit를 구성하고 1개의 unit에 1개의 carboxyl기를 갖는 직쇄상의 polymer로 1980년대 초부터 미국에서 Gelrite라는 상품명으로 biotechnology용으로 생산 판매하였고 일본에서는 주로 고도로 정제한 Kelcogel을 식품용으로 생산판매하고 있다.

특히, 전통적으로 미생물 응용기술의 수준이 높은 일본의 경우도 이미 1976년 pullulan<sup>26)</sup>을 기업화하였고 특이적인 성능의 용도개발로 일본시장중에서 발전되었다. *Aureobasidium pullulans*에 의해 생산되는 이 pullulan은 필름형성능에 의해 식용필름지, 포장지, coating 재료 등으로 개발되어 시장에 등장하였고, 식품의 증량제로도 사용된다. 그러나 그 이후는 cyclodextrin 이외의 별다른 새로운 미생물 gum은 등장하지 않았는데, 이의 주된 이유는 개발을 어렵게 하는 고점성에 의한 수율의 향상곤란, 정제비용의 증가 및 기존 천연 다당류와 경합하여 시장개척에는 장기간을 요한다는 점 등이었다. 그러나 최근에와서 가공식품의 다양화(조리 및 레인지식품)에 동반하여 다당류 수요가 신장되고 미생물 다당류의 개발환경이 호전되기 시작하였다. 90년대에 들어 1978년 이래 xanthan gum의 신규참여가 있었고, curdlan 등의 실용화도 점증되고 있다.<sup>27)</sup> Curdlan은 1964년 Osaka대학의 Harada와 Yoshimura<sup>16, 28)</sup>들이 산성 다당류의 연구중에 우연히 가열응고성을 나타내는 *Alcaligenes faecalis*가 생산하는 중성다당류를 발견하고 응고하는 성질때문에 명명된  $\beta$ -1,3 glucan으로 발견후 24년이 지난 최근에 일본 武田藥品에서 생산하기 시작하였다. 이 다당류의 특징은 물에 불용이나 물 현탁액을 가열하면 응고하여 겔을 형성하는 가열응고성을 가지며, 생성 겔은 레토르트가열(120°C)시에도 용해하지 않는 내열성을 갖는 것이다. 이러한 가열응고성과 내열성을 동시에 갖는 것은 타 다당에서는 보이지 않는 특징으로 전자렌지에서 용해되지 않는 제리의 개발, 레토르트식품에서의 응용 등 지금까지의 겔화제에서는 적용할 수 없었던 신 가공품의 개발이 기대된다. 이것은 전분 셀룰로오스와 마찬가지로 D-glucose로만 된 천연다당류로 20종에 미치는 독성시험결과 독성이 매우 낮고 안정성이 높은 것이 확인되고 있다. 또, gellan gum이 1985년부터 식품 배양기재로서 그리고 1988년부터는 식품용의 Kelcogel이 三榮化學工業(株)에

서 판매하게 되었다. Alginate는 해조류의 추출다당으로 현재 3종이 생산되고 있으나 일정품질의 안정공급 측면에서 미생물 alginate로의 대체성이 높으며, 세균(*Acetobacter xylinum*)에 의한 균체의 cellulose microfibril(biocellulose)의 생산도 실용화를 위한 응용연구단계에 이르렀다.<sup>13)</sup> 아울러 미생물 gum으로 식이섬유도 등장하였고 콜레스테롤이나 혈당 강하성이 우수한 *Bacillus* 다당등도 개발되고 있으며, 이밖에 미생물 다당중에는 버섯류의 다당, 초산균 다당 등과 같이 면역부활기능을 특징으로 하는 것도 개발되고 있어 이들에 의한 기능성 식품의 등장도 기대된다.<sup>27)</sup>

기타 많은 세균종도 다양한 조성, 구조, 물성의 세포외 다당을 생산하며 아직 충분한 연구검토가 끝나지 않았으므로 신규 상업적 다당으로서의 잠재적 가능성은 있다고 볼 수 있다. 앞으로 더 이상의 연구를 요하는 미생물 다당의 예로는 미생물 유래의 chitosan, yeast glucan 및 *Zoogloea ramigera*와 같은 그람 음성 미생물의 균체의 다당이다. 특히, 유일한 양이온 다당류인 chitosan의 경우는 양이온적 성질이나 생물학적 및 화학적 성질을 이용하여 의약, 식품, 화장품 및 농업 등 분야에서의 각종의 용도가 밝혀졌고, 인공피부와 같은 의료용 고분자로서의 용도개발이나 효소 또는 생세포의 고정화 및 encapsulation도 시도되었다. 이 chitosan은 공업적으로 새우 등 갑각류의 껍질을 산 및 알카리로 탈회하고 단백질을 제거하여 단리한 chitin으로부터 탈아세틸화하여 얻고 있는데, 최근에 *Mucor*속 및 *Absidia*속 균주로부터의 발효생산이 보고<sup>29,30)</sup>되고 있다.

### 식품관련 미생물 다당의 최근 연구·개발 동향

식품관련 미생물 다당 개발의 제1보는 항생물질과 같은 의약품의 개발과 마찬가지로 미생물의 분리, 배양, 정제 및 생산물질의 특성연구 등으로 이루어지며, 식품용 점증제, 안정제 등으로서의 응용 가능한 기능적 성질이 나타나는가를 기존 상품과의 결합여부와 정확히 비교하여 상품화하게 된다. Xanthan gum의 성공은 타 다당류(guar gum 등)에 없는 발균의 안정성, 특이한 점성(pseudoplastic, locust bean, guar gum과의 상승작용) 등 우수한 특성이

있는 것에 기인한다. Cyclodextrin도 타 분자를 포접(inclusion)하는 독특한 특징이 있고, pullulan도 파악형성능, 접착능이 기존품에 없는 특징을 가짐으로써 성공하였다고 볼 수 있다.

그러므로 최근 다당의 개발은 식물, 해초 및 미생물 등으로부터의 신규 다당류의 탐색개발 및 최소한 한 분야에서 월등한 기능성을 갖는 새로운 용도적성의 탐색개발에 초점을 맞추어 이루어지고 있다. 즉, 식물 및 미생물에 현재의 생물기술적용에 의한 신규 다당류의 생산 그리고 기능성을 조절하기 위한 다당의 부가적인 화학적 및 효소적 수식 등이다.

지금까지의 연구결과에 의하면 새로운 산업용 다당류는 해조류 및 농작물로부터도 가능하나 바람직하지 못하다. 오히려 그 기원은 새로운 미생물이나 유전자 조작에 의한 미생물, 유전적으로 조립된 농산식품 및 화학적 및 효소적으로 수식된 새로운 또는 현재의 수식화된 다당류이다. 미생물로부터의 신규 다당류의 예는 *Pseudomonas elodea*로부터의 gellan이며 gellan은 물성을 변화시키는 화학수식도 가능하다. 즉, 약한 겔을 형성하는 천연 gellan은 중간 정도의 점성을 갖는 반면, deacetylation하면, 고정성의 딱딱하고 부취지기 쉬운 겔로 전환된다.

변이유발은 생리적 조절 및 conjugation, transduction의 새로운 방법에 부가해서 미생물의 품질 및 생산성을 바꾸는 도구로서의 역할을 함이 보고<sup>5)</sup>되고 있다. 변이유기에 의한 보고 예로서 Betlach들<sup>31)</sup>은 pentamer인 xanthan의 측쇄를 절단하는 것에 의한 dimer, trimer, tetramer 등의 xanthan like 분자를 transposon을 도입하여 *Xanthomonas campestris*의 변이균주로부터 생산하였으며 이들 분자는 xanthan보다 높은 점성과 온도 및 염에 대한 내성을 갖는다고 하였다. 마찬가지로 진행세포의 유전자수식, 재조합 DNA, chromosome transfer, plant regeneration 등의 생물기술진보는 선택 육종 및 변이유기와 같은 고전적 기술에 부가해서 전분을 포함한 생성 다당류의 품질과 생산성을 향상시키는 기회와 도전을 제공하고 있다.

즉, 유전자조작 연구는 다당류의 수율 및 생산성 증대의 관점에서 널리 진행되었고, 특히, 일부 다당류의 유전자를 plasmid를 사용하여 분리하는 방법의 연구도 진행되었는데, 이러한 연구결과는 화학구조

표 3. 식품관련 미생물 다당.

생물고분자	미생물	조성 및 결합	분자량	개발분야
Dextran	<i>Lactobacillus</i>	D-glucose	$10^4 - 10^8$	Genetic systems, Hydrolytic enzyme biochemical properties
	<i>Leuconostoc</i>	$\alpha$ -1,6		
	<i>Streptococcus</i>	$\alpha$ -1,3,branching		
Xanthan	<i>Xanthomonas</i>	D-glucose $\beta$ -1,4	$2 \times 10^6$	Genetic systems, Structure/ Functional properties
		D-glucose-	$-1.5 \times 10^7$	
		D-mannose-		
		D-glucuronate		
		$\beta$ -1,4, $\beta$ -1,2 $\alpha$ -1,3 branching		
Gellan	<i>Pseudomonas</i>	D-glucose $\beta$ -1,4,	$6 \times 10^5$	Genetic systems, Structure/ Functional properties
		D-glucuronate-	$-1 \times 10^6$	
		D-glucose-		
		L-rhamnose $\beta$ -1,4, $\alpha$ -1,3 linear		
Pullulan	<i>Aureobasidium</i>	D-glucose	$2.5 \times 10^5$	Fermentation, Functional properties,
		$\alpha$ -1,6 $\alpha$ -1,4 linear	$-1 \times 10^7$	
Curdlan	<i>Alcaligenes</i>	D-glucose		Producing strain
	<i>Agrobacterium</i>	$\alpha$ -1,3,linear		Product recovery
Alginate	<i>Azotobacter</i>	D-mannuronate	$1.5 \times 10^5$	Fermentation,
	<i>Pseudomonas</i>	L-glucuronate, $\beta$ -1,4, linear		Genetic systems
Cellulose	<i>Acetobacter</i>	D-glucose	$2 \times 10^6$	Fermentation,
	<i>Agrobacterium</i>	$\beta$ -1,4, linear		Genetic systems
	<i>Alcaligenes</i>			
Chitosan	<i>Mucorale</i>	D-glucosamine	$1.7 \times 10^4$	Fermentation, Biosynthesis, Genetic systems
			$-1.3 \times 10^9$	

나 물성이 다른 새로운 다당의 생산, 또는, tailor-made 고분자 생산의 수단으로 이용하는 계기를 마련하였다.<sup>5,32)</sup>

이들 연구의 예로서 Jamas들<sup>33)</sup>은 효모세포벽의 matrix 다당인  $\beta$ -glucan의 생합성을 화학적, 효소적 및 유전적으로 제어하여 수력학적 부피와 압축률이 다른 당을 얻을 수 있음을 보고하였다. 또, Easson들<sup>34)</sup>은 DNA재조합기술을 적용하여 우수한 세포 flocculation 능력을 갖는 *Zoogloea ramigera*로부터 다당생산에 필요한 유전자를 cloning하고, 이들 유전

자의 조절에 의한 다당 생합성의 조절방법을 개발하였다. Oliver들은<sup>35)</sup> *Zoogloea ramigera*와 *Alcaligenes eutrophus* 균주로부터 PHB 생산 유전자를 분리하여 생물고분자 생산에 DNA 재조합기술을 적용하였다. 이밖에 식물세포배양 및 식물조직배양도 행해지고 있으며, 특히, 해조류의 경우는 protoplast fusion technique 등 각종 생물기술의 적용도 시도되고 있다.<sup>10,11,16)</sup>

또, 다른 측면에서는 다당의류 구조/물성의 상관관계규명을 위한 활발한 연구가 진행되었고, 이 정

보를 새로운 제품 및 용도에 적용하기 위하여 진보된 현대의 기술을 이용하는 각종 연구도 널리 행해졌다.<sup>32)</sup> 저수분계 및 과잉수분계에서 다당형태에 대한 진보된 이해, 다당류 상호간 및 타 식품계 성분과의 분자간 상호작용에 대한 보다 상세한 설명, 동적 측정에 의한 다당용액 및 다당함유계의 진보된 리올로지적 특성화, 다당의 형태 및 분자동역학에 대한 환경(수분, 온도, pH, 가용성 염류 및 용질 등) 효과의 더 깊은 이해 그리고 구조와 유탍액 안정 및 경계층 흐름과 같은 표면현상사이의 관계에 대한 더 깊은 시야 등을 제공하기 위한 연구들이 여기에 속하며 현재도 진행되는 과제들이다.

한편, BeMiller<sup>36)</sup>에 의하면 식품관련 다당분야에서 찾는 새로운 기능성으로는 향상된 2차특성을 갖는 것, 인위적으로 가당화된 식품에서의 중량제 및 body 형성제로 사용될 수 있는 것, 수용성 섬유특성을 갖는 다당류와 같이 콜레스테롤 저하활성을 갖는 것, 식품의 지방 일부를 치환할 수 있는 것 및 향상된 성능과 관능적 성질을 갖는 겔을 생산하는 것이며, 온도변화에 의한 줄-겔의 특이적 반응 및 몇몇 지방의 치환목적으로 위한 유지함량이 높은 식품과의 상용성(compatibility)도 요구되는 다당의 새로운 성질이다. 따라서 이들 2차특성의 향상 및 산업적 요구도에 적합한 독특한 물성의 다당류 개발이 현재도 활발히 진행되고 있다. 또, 다당류 이용의 미래에 대한 전망은 결국 건강이므로 생리활성을 갖는 다당류의 활발한 탐색을 통하여 건강식품, 기능성 식품 등 다당의 고부가가치화를 꾀하는 연구도 최근 급격히 증가하고 있으며 이와 관련하여 신규 다당류의 안정성, 신규 및 기존 다당류의 생리적 특성을 증명하는 연구 역시 광범위하게 이루어지고 있다.

## 결 언

지금까지 각종 식품관련 다당류와 그 기능을 알아보고 특히, 식품 관련 미생물 다당의 개발현황 및 최근의 연구·개발동향 등에 대하여 개략적으로 살펴보고자 하였다.

미생물 다당의 발효생산 역사는 비교적 짧고, 현재로서는 전체 다당 시장의 적은 비율을 차지할 뿐이다. 그러나 최근에와서 가공식품의 다양화에

동반하여 다당의 소비가 크게 증가하였으며 특히, 미생물 다당은 식물 및 해조류 유래의 전통적 다당으로는 충족시키기 어려운 산업적 요구를 만족시켜 줄 수 있는 다양하고 독특한 물성을 가지므로 각종 식품의 중요 소재로서의 상업적 잠재력은 매우 크다고 하겠다. 또, 각종의 생물학적 활성도 점차 밝혀져서 건강식품이나 기능성 식품소재로서의 이용 및 바이오 의약품으로서도 주목받는 바, 고 부가가치의 밝은 용도전망도 보이고 있다. 앞으로 고도 생물기술의 적용으로 많은 신규 다당의 취득, 용도 개발 및 무한한 응용이 기대된다.

10여년 전 *Xanthomonas campestris* 변이주로부터의 xanthan gum 생산에 관한 1편의 연구 보고(1978년)만이 있었던 국내상황에서 필자가 가장 풍부한 다당류인 전분의 관련연구를 수행해 왔던 것이 계기가 되어 외롭게 시작했던 미생물 다당에 대한 연구가 90년대에 들어 학계 및 산업계의 관심이 크게 고조된 가운데 활발히 진행되고 있음은 참으로 뜻 깊은 일이 아닐 수 없다.

그러나 아직 새로운 미생물 다당의 생산이나 탐색을 위한 적극적인 연구는 매우 미흡한 실정이므로 조속히 고도 생물기술의 적용에 의한 발효생산에서부터 구조해석 및 각종 기능성 탐색연구에 이르는 본격적인 연구가 이루어져서 이 분야 연구가 더욱 활성화되고 또, 산업적 생산체제로 연결되기를 희망한다.

## 참고문헌

1. Kennedy, J.F.: Carbohydrate Chemistry, Clarendon Press, Oxford (1988).
2. Binkley, R.W.: Modern Carbohydrate Chemistry, Marcel Dekker, Inc., New York (1988).
3. Aspinall, G.O.: The Polysaccharide, vol. 1, Academic Press, New York (1982).
4. 中村 赤夫: 水溶性 高分子, 新增補 二版, 化學工業社, 東京 (1987).
5. Yalpani, M.: Progress in Biotechnology vol. 3; Industrial Polysaccharides, Elsevier, New York (1987).
6. Stivala, S.S., Crescenzi, V. and Dea, I.C.M.: Industrial Polysaccharides, The Impact of Biotechnology and Advanced Methodologies, Gor-

- don and Breach Science Pub., New York (1986).
7. Lineback, D.R. and Inglett, G.E.: Food Carbohydrates, AVI Co., Inc, Westport (1982).
  8. Glicksman, M.: Food Hydrocolloids, CRC Press, Boca Raton, vol. 1, 2 (1982).
  9. Mitchell, J.R.: In "Polysaccharides in Food" ed. by J.R. Mitchell, Butterworths, p. 51, London (1979).
  10. Brierley, C.L., Kelley, D.P., Seal, K.J. and Best, D.J.: In "Biotechnology; Principles and Applications" ed. by Higgins, I.J. et al, p. 187, Blackwell Scientific pub., Oxford (1985).
  11. Philips, G.O., Williams, P.A. and Wedlock, D.J.: Gums and Stabilizer for the Food Industry 3,4, Elsevier, New York (1986).
  12. 宮崎 利夫: 多糖の構造と生理活性, 朝倉書店, 東京 (1990).
  13. Sinskey, A., Jamas, S. Easson, Jr. D. and Rha, C.K.: In "Biotechnology in Food Processing" ed. by S.H. Harlendar and T.P. Labuza, p. 73, Noyes Pub., New Jersey (1986).
  14. Sanderson, G.R.: Polysaccharides in Foods. *Food Technology*, **35**(6), 50 (1981).
  15. Sutherland, I.W.: In "Biotechnology, vol. 3", ed. by H. Dellweg, p. 531, Verlag Chemie (1983).
  16. Sandford, P.A. and Laskin, A.: Extracellular Microbial Polysaccharides, ACS Symposium Series, 45 (1977).
  17. Slodki, M.E. and Cadmus, M.C.: *Advances in Applied Microbiology*, **23**, 19 (1978).
  18. Kang, K.E. and Cottrell, I.W.: In "Microbial Technology, vol. 1", 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, Inc. (1979).
  19. Sandford, P.A.: *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, **36**, 265 (1979).
  20. Sharma, S.C.: Gums and Hydrocolloids in Oil-Water Emulsions. *Food Technology*, **35**(1), 59 (1981).
  21. Margaritis, A. and Pace, G.W.: In "Comprehensive Biotechnology, vol. 3", ed. by Murray Moo-Young, Pergamon Press, p. 1005, Oxford (1985).
  22. 谷口 正浩:キサトソンガムの生産と應用. 醸酵と工業, **36**(1), 22 (1978).
  23. 近藤 和雄: 微生物多糖類の生産現況と機能開發: 月刊フドケミカル, **5**(3), 97 (1989).
  24. Sanderson, G.R. and Clark, R.C.: Gellan gum. *Food Technology*, **37**(4), 63 (1983).
  25. 大橋 司朗, 越智 敬志: ジェラン ガム. 月刊 フドケミカル, **2**(12), 61 (1986).
  26. 杉本 要: プルランの生産と應用. 醸酵と工業, **36**(2), 98 (1978).
  27. 伊東 祐四: バイオ食品の現状と將來. 月刊 フドケミカル, **6**(2), 33 (1990).
  28. Harada, T. and Yoshimura, T.: *J. Ferment, Technol.* **42**, 615 (1964).
  29. Kobayashi, T., Takiguchi, Y., Shimahara, K. and Sannan, T.: Distribution of Chitosan in *Absidia* Strains and some Properties of the Chitosan Isolated. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **62**(10), 1463 (1988).
  30. Kobayashi, T., Kaji, Y., Takiguchi, Y., Shimahara, K. and Sannan, T.: Distribution of Chitosan in *Mucor* Strains and some Properties of the Chitosan Isolated. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **62**(10), 1463 (1988).
  31. Betlach, M.R., et al: In "Industrial Polysaccharides", ed. by Yalpani, M., p. 35, Elsevier, New York (1987).
  32. Yalpani, M.: Polysaccharides; Syntheses, Modifications and Structure/Property Relations. Elsevier, New York (1988).
  33. Jamas, S. et al: *Biotechnology and Bioengineering*, **28**, 769 (1986).
  34. Easson, D.D. et al: In "Industrial Polysaccharides", ed. by Yalpani, M., p. 57, Elsevier, New York (1987).
  35. Oliver, P.P. and Sinskey, A.J.: In "Industrial Polysaccharides", ed. by Yalpani, M., p. 51, Elsevier, New York (1987).
  36. BeMiller, J.N.: Some Challenges of Gums and Gum Research. In "Gums and Stabilizer for the Food Industry 4". ed. by G.O. Phillips et al, p. 3, Elsevier, New York (1986).