

세계 종합발효산업의 메카 대상

한 금수 / 대상(주) 중앙연구소장

“인간의 존엄과 자존을 중시하고, 고객의 만족과 가치를 중시하며, 가족의 행복과 사회에 공헌한다”라는 경영이념 하에서 대상(주) 중앙연구소는 심화되어 가는 기술경쟁시대에서 발효와 소재 및 전분,당을 기반으로 3대 중점 연구개발 분야를 선정하여 국제 경쟁력 우위의 기술로 육성하고자 1980년 기술연구소를 시작으로 확대 개편을 통해 현재의 경기도 이천으로 95년 이전 했다. 연구기관으로는 식품연구소와 중앙연구소가 있는데 전자는 식품을 가공 처리하여 일반소비자가 소비하는 제품에 관한 연구를 하고 후자는 식품가공회사에서 사용되는 소재의 개발에 관한 연구를 하고 있다. 규모는 대지 33,919 m², 건평 12,347 m²인 지하1층, 지상 3층 건물로 구성되었고 본고에서는 중앙연구소의 조직과 연구업무에 관해 기술하고자 한다. 조직은 바이오연구실, 소재연구실, 전분당연구실 3개실과 연구지원팀으로 이루어져 있으며 총 80여명의 전문연구원들이 지난 50여년간 축적해 온 발효공학기술을 기반으로 발효 미생물의 게노믹스(Genomics) 연구와 이를 응용하기 위한 플랫폼 기술 개발 및 전통식품의 선진과학화에 전념하고 있다. 또한 날로 심각해지는 환경문제를 해결하기 위하여 자연에서 완전히 분해되는 생플라스틱 소재, 기능성 전분 및 당류, 고부가가치 아미노산 유도체 개발에도 집중하고 있다. 이제 각 실에서 추진중인 주요 연구개발 분야에 대해서 알아 본다.

1. 바이오 연구

대상(주) 중앙연구소에서 행하고 있는 발효연구의 중심 방향은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 목적 산물의 생산 주체가 되는 미생물의 생산성 향상 연구이고, 둘째는 이들 개발된 미생물의 최적 생산 환경을 부여하는 배양 공학적 연구이다.

미생물의 생산성 향상 연구를 위해서는 대사공학적 연구가 필연적인데 그 이유는 다음과 같다. 과거의 생산균주 개발은 고전적 돌연변이 처리에 의한 생산성 우수주선별에 치중하고 있었으며, 이러한 기존의 균주육종 방법은 그동안 많은 생산성 진보를 이루었으나, 최근에는 답보상태에 있다. 이는 기존의 방법에 의한 균주육종의 한계를 나타내는 것으로 인식되고 있으며, 또한 원하지 않는 유전자의 변이 유발에

의한 문제점이 대두되고 있다. 따라서 유전자 재조합 등 최신 분자 생물학 발전과 미생물 배양 중 발생하는 각종 생리적인 변화의 모니터링에 의한 대사공학적 방법이 활발히 연구되고 있다.

아미노산 발효에 있어서는 1980년대 말 미국과 유럽 기업들이 시장에 진출하면서 이러한 연구는 본격적으로 이루어졌으며 또한 아미노산, 핵산의 세계 제1의 생산국인 일본은 1990년대 초반 이러한 유럽 및 미국의 움직임에 위기의식을 느끼고, 기존의 단일 Process 중심방법에서 벗어나 대사공학적인 측면의 체계적인 연구에 집중하기 시작해 Tryptophan 균주개발(USP 5,605,818)에서 많은 실용화를 이루었다. 향후 이러한 연구를 모든 분야에 응용하기 위한 실용화 연구에 더욱 집중될 것으로 추정된다.

국내의 경우 관련 연구에 대한 관심과 인력의 부족으로 인해 대사공학적 연구가 전혀 활성화되지 못했으나, 향후에도 현재의 시장에서 지배적인 위치를 유지하기 위해서는 이러한 연구의 필요성이 증대되고 있다. 당사의 경우 현재 진행중인 코리네형 세균의 유전체 연구(염기서열 분석)와 연구결과의 효율적인 활용과 그 효능을 분석하기 위한 방법으로 대사공학 연구개발에 주력하고 있다.

배양 공학적 연구에 대해서도 기술적 변화와 흐름에 발맞추기 위해서 당사는 효과적인 현장 적용을 위한 Lab scale의 simulation 기술 연구와 기존 현장 설비의 scale down, 효과적인 용존 산소에 의한 전력 비용 절감에 관한 연구, 탄소원의 다양화 및 가공에 관한 연구 등 꾸준한 기술의 습득을 추진하고 있으며, 기존 보유 기술의 완성을 위해 노력하고 있다.

이러한 노력의 일환으로 국내 경쟁업체 대비 우수한 기술(발효법) 개발 실적을 연도별로 알아 보고자 한다.

1962년	L-glutamic acid 생산 기술 개발
1973년	L-lysine 생산 기술 개발
1986년	핵산류(IMP, GMP) 생산 기술 개발
1987년	L-phenylalanine 생산 기술 개발
1988년	L-glutamine 생산 기술 개발
1992년	Aspartame 생산 기술 개발
1996년	Chlorella 생산 기술 개발
1999년	L-threonine 생산 기술 개발
2002년	L-arginine 생산 기술 개발
~ 현재	약 10여종의 신제품 기술 확보 및 개발 완료

전체 약 40여종의 생산 물질에 관련된 300여 종류의 생산균주 및 관련 균주를 개발, 확보하고 있으며 사업환경 변화에 따라 선별하여 사용이 가능하도록 체계적인 균주 운영 시스템을 도입하고 있다.

이밖에 공정 연구의 방향은 회수율 및 품질 향상 뿐 아니라 환경 친화적 공정 개발에 중점을 두고 있다. 발효 제품들의 생산 공정 중 환경 친화적으로 개선할 부분에 대한 연구와 효소를 이용한 생물전환기술 개발, 여러 가지 분리막들을 이용한 정제 공정의 개발 등 선진 기술을 도입하고 개발하여, 최적의 공정을 운영하고 있다.

주요 연구 내용을 살펴보면, 연속 발효 혹은 반연속식 발효 시스템을 개발하고 발효 생산공정의 친환경적 설계를 연구하며 생물전환 기술로 생산 가능한 제품의 개발 및 사용할 효소의 탐색 및 개발과 크로마토그래피를 이용한 회수, 정제 공정 개발, 각종 분리막을 이용한 회수, 정제 공정 개발 등 다양한 분야에서 연구활동에 전념하고 있다.

2 소재 연구

인구의 증가, 각종 소비재 산업의 발달, Fast-Food 산업의 급증으로 폐플라스틱으로 인한 환경오염의 심각성이 나날이 고조되고 있으며 세계 각국에서는 비분해성 일회용 플라스틱의 사용 규제를 더욱 강화하고 있고 환경의 중요성에 대한 인식 및 의식 수준의 향상, 선진국을 중심으로 한 플라스틱 폐기물의 퇴비화에 의한 재활용 추세 그리고 자국 수입 제품의 포장재로서 친환경 소재의 요구 추세 등이 더욱 증가함으로써 향후 잠재시장이 약 9조원~12조원으로 예상되는 생분해성 플라스틱의 수요 및 실용화는 더욱 급증되고 가속화될 전망이다.

실제로 미국에서는 포장용 완충재의 20-25%가 전분계 생분해성 포장용 완충재로 대체되었으며('98.8 Boston BEDPS Seminar), 생분해성 퇴비화 봉투, 일회용 식품 도구(스푼,포크, 나이프) 등이 지역별로 사용되고 있다. 또한 유럽 및 일본에서는 생분해성이 입증된 제품에 Logo를 부여하여 재활용 의무화 또는 폐기물 부담금에 대해 기존 비분해성 플라스틱 제품과 차별화 정책을 펴고 있고 쇼핑백, 퇴비화 봉투, 농약 병, 비료 코팅, 농업용 멀칭필름, 일회용 식품 도구, 포장용 완충재 용도로 상업화되고 있다. 국내에서도 생분해제가 30% 함유된 생분괴성 쓰레기 종량제 봉투가 환경부의 시행 지침('99년 5월)에 의해 실용화 되었고 포장용 완충재, 일부 일회용 사출 제품 및 음식물봉투가 생분해성으로 대체되고 있다. 식약청 또한 생분해성 전분계 식품용 용기의 안전성 규격 및 시험법을 확정/공고('01년 12월)한 바 있으며, 환경부에서도 일회용 비분해성 플라스틱 제품의 사용 규제와 함께 친 환경제품의 사용을 권장하고 있다.

당사는 기존 플라스틱과 성질이 유사한 열가소성 전분(Thermoplastic Starch)을 이

용한 LLDPE(선형저밀도폴리에틸렌: Linear Low Density Polyethylene)계 종량제 봉투용 생분해성 원료(상품명: 바이오닐)와 전분계 생분해성 포장용 완충재(상품명: 리그린-폼), 기타 골프티 등 3종의 일회용 플라스틱 사출 제품의 100% 생분해성 원료의 개발 및 상업화에 이어 HDPE(고밀도폴리에틸렌: High Density Polyethylene)계 생분괴성 쓰레기 종량제 봉투용 원료 및 100% 생분해성 필름용 원료 개발, 일회용 스티로폼 용기 및 종이 용기를 대체할 수 있는 생분해성 전분계 발포 용기용 원료 개발 및 상품화를 추진 중에 있다.

HDPE 필름용 생분해성 원료는 HDPE계 생분괴성 종량제 봉투의 규격이 '02년에 확정되고 하반기부터 출시되어 국내 종량제 봉투 제작업체의 신규 투자 부담 해소는 물론, 기존 LLDPE계 중심이었던 생분괴성 종량제 봉투 재질의 선택 폭을 넓힐 수 있게 되어 생분괴성 종량제 봉투의 전국적인 확산을 촉진하는 계기 외에 종량제 봉투 소모량의 3~8배로 예상되고 있는 HDPE 재질의 슈퍼마켓, 소형 매장, 대형 할인점 그리고 백화점 등의 쇼핑백에도 생분해성 적용이 실용화될 경우, 생분괴성 종량제 봉투 안에서 많이 발견되는 비분해성 쇼핑백에 의한 토양 오염의 피해도 줄일 수 있음은 물론, 쇼핑백 감량화 정책에 따라 상대적으로 침체되어 있는 HDPE 봉투 제작업체도 새로운 전환기를 맞을 수 있다. 현재 종량제 봉투용 생분해성 원료 시장은 전국적으로 확산될 경우, 연간 약 5천톤(약 250억원)의 규모로 추정하고 있으며, 향후 쇼핑백에도 사용된다면 생분괴성 봉투용 원료 시장은 연간 최소 2 만톤(약 1000억원) 이상의 시장으로 확대될 전망이다.

100% 생분해성 필름용 원료는 서울의 일부 지자체에 음식물 쓰레기 봉투용으로 공급하던 기존 제품의 가공성 및 기계적 물성을 크게 개선한 제품으로 음식물 쓰레기의 매립지 반입 금지 및 각 지자체의 음식물 쓰레기 재활용 추세에 따라 향후 100% 생분해성 봉투의 수요는 더욱 증가될 것으로 기대하고 있다. 한편 국내 수출용 플라스틱 완제품 생산업체들의 요청에 의해 일회용 플라스틱 사출품을 대체할 수 있는 100% 생분해성 원료를 개발, 일부 일회용 완구류 및 전자 부품 포장 케이스로의 용도 적용에도 성공하였다.

특히 '03년 하반기부터 출시될 전분계 발포 용기류용 원료는 '03년 1월부터 대통령령으로 발효되는 "자원의 절약과 재활용 촉진법"에 의해 더욱 관심을 끌고 있다. 우리의 생활을 편리하게 하는 1회용 용기들은 그 편한 만큼 폐기물 발생으로 인한 환경 부하를 유발하므로 과거에도 많이 문제가 되어 왔고 최근에는 인구의 증가, 패스트푸드 산업의 급증으로 인한 1회용 용기 폐기물의 다량 발생으로 환경 보호 차원에서 사회 문제로 대두되기도 하였다.

환경오염을 유발하는 석유화학계 1회용 플라스틱 용기와 많은 양의 산림자원을 훼손하는 종이 용기 역시 근본적인 자원고갈의 문제점을 야기할 수밖에 없으나 당사에

서 개발한 생분해성 전분계 발포 용기는 풍부한 천연 자원인 전분을 이용하므로 자연 순환적이고 자연 친화적인 제품으로 토양 중에서 쉽게 분해가 됨에 따라 환경 오염을 유발시키지 않을 뿐더러 환경 호르몬 검출 문제도 해결할 수 있다. 가격 또한 저렴하여 기존의 비분해성 1회용 용기류를 급속히 대체해 나갈 것으로 전망된다.

종이컵, 접시류, 컵라면 용기, 도시락 용기 등 1회용 비분해성 식품 용기를 대체할 수 있는 전분 발포 용기류의 특징은 원료가 천연계 고분자인 전분이므로 다른 환경 친화적 재질에 비해 퇴비화에 의한 재활용이 매우 효과적인 점, 그리고 토양 매립시 분해기간이 2주에서 한달 정도로 종이 용기(2~6개월) 및 플라스틱 용기(50~80년)에 비해 생분해 속도가 상대적으로 훨씬 빠르다는 것과 제조 비용이 기존 EPS(발포 폴리스티렌: Expanded Polystyrene)와 비교하여 동일하거나 약 20% 정도 상회하는 수준이며 종이 용기보다는 저렴하다는 점이다. 또한 단열성이나 보온성이 기존의 EPS와 비슷하며 종이 용기에 비해 내구성 있는 점도 큰 장점으로 들 수 있다. 식품 용기로서의 안전성 역시 최근 식약청에 의해 확정, 공고('01.11.29)된 전분계 식품 용기의 안전성 시험 규격에 따른 시험 결과, 비소와 납, 카드뮴, 포름알데히드 등의 유해물질이 검출되지않아 식품용으로서 안전한 결과를 얻었다.

따라서 앞으로도 지속적인 품질 개선과 연구 개발을 통해, '03년부터는 면도기, 칫솔, 포크, 수저, 용기류 및 일부 방위산업 제품에도 일회용 플라스틱 제품을 대체하는 다양한 응용 제품을 개발하여 국내시장에 공급할 계획이며, 향후 서방성 농약/비료용 소재, 새로운 생분해성 고분자 물질, 폐수내의 중금속 제거제를 비롯하여 생체의료 제재 등의 첨단 고부가가치 환경소재를 상품화할 예정이다.

3. 전분, 당 연구

옥수수 가공 분야에서 축적된 연구개발 노력 및 기술력을 바탕으로 각종 용도의 전분뿐만 아니라 전분당 생산 능력을 보유하고 있다. 전분 및 전분당 제품의 2001년 매출액은 약 2100억원 정도이다.

전분은 다양한 용도에서 사용될 수 있는데 주로 식품 첨가제 및 종이 제조 전 분야에 걸쳐 부재료로 사용되고 있다. 또한 의약품 및 사료용, 접착제 등의 여러 용도로도 사용되고 있다. 주로 제지용 및 식품용 전분류를 생산하고 있으며 전분류의 매출액은 약 400억원이며, 이중 변성전분류의 개발을 통해 2002년 약 120억원의 매출을 올릴 수 있었다. 향후 다양한 형태의 제품 개발을 통해 지속적인 매출 신장이 기대되고 있다.

전분은 일찌기 BC 3500년경에 종이 생산에 이용되었으며 13세기부터 현대에 이르기 까지 종이 제조시 지료(펄프현탁액) 내첨용(종이 내부 첨가용)에서 종이 표면 처리용 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 지료 내첨용 양성전분의 제조시 국내 처음으

로 건식공정(dry process)에 의한 기존의 중치환도 제품에서 고치환도 제품을 출시하여 고지(재생지)를 많이 쓰는 지종(종이 종류)의 생산시 양성전분 적용에 따른 효과를 배가시킬 수 있었으며 전분 호액(호화액) 제조 후 시간의 경과에 따른 점도 상승을 억제하고 고농도(20% 이상)에서도 호액 제조가 용이한 종이 코팅용 전분의 연구개발을 통해 국내 전분의 이용 폭을 넓혔다. 또한 종이 제조시 사이즈 프레스에 저점도의 양성전분의 적용을 성공하여 인쇄적성이 우수하고 폐수 발생량이 적은 종이 생산을 가능케 하였다.

식품용 전분으로는 drum-drying이나 mixing과 같은 물리적 처리에 의한 알파 전분류 및 수산연제품용으로 식감을 높여줄 수 있는 어묵용 전분과 중국식 튀김요리에 적용시 튀김 재료와 결합력이 우수하고 바삭함(crispiness) 등의 식감이 좋은 중화용 복합 전분을 개발하였으며 튀김이나 젤리용에 적합한 산처리전분(thin-boiling starch)과 산화전분(oxidized starch)도 개발하였다. 또한 찹옥수수 전분을 원료로 하여 화학적 변성에 의해 제조된 아세틸 아디핀산 전분은 종래 전분에서 부족한 내산성, 내열성, 내염성, 기계 교반에 의한 점도안정성, 냉·해동 안정성을 대폭 개선시킨 제품으로 각종식품의 가공 혹은 저장특성을 향상시킬 수 있어 냉동 식품이나 레토르트용 카레, 스프, 소스 등에 사용하고 있다. 이외에 Batter 전분 등의 개발을 통해 각종 튀김 제품의 특성을 향상시켜 튀김 원료인 생선, 육류, 야채와의 결합력을 증대시키고 튀김후의 바삭함(crispiness)을 향상시킨다. 향후 Hydroxypropylated starch 및 Amphoteric starch 등과 같은 고부가가치 제품 개발을 통해 매출 향상 도모에도 주력할 것이다.

당사에서 보유하고 있는 전분당류로는 물엿, 과당, 포도당 등의 일반 당류와 이소말토올리고당, 말토테트라오스 시럽, 사이클로덱스트린 등의 기능성 당류의 제품이 있다. 일반당류는 주로 제과, 제빵, 음료, 빙과류 등에서 가장 많이 쓰이고 있는 설탕 대용 당류이다. 그러나 당류의 일반적인 기능인 감미 부여외에 설탕의 충치발생, 고칼로리로 인한 비만효과 및 혈당상승 효과를 억제할 수 있는 감미료의 개발이 요구되어 왔다. 이에 당사에서는 전분에 전이효소를 작용하여 α -1,6 결합의 분지올리고당을 생성시켜 저감미, 장내 비피더스 증식효과, 충치발생 억제효과를 지닌 이소말토올리고당을 개발하였고 일본의 기술을 도입하여 보습성 및 소화흡수성, 식품의 열량을 조절할 수 있는 말토테트라오스 시럽을 생산하기 시작하였다. 또한 사이클로덱스트린은 국내에서는 당사가 최초로 개발 및 생산하는 제품으로 전분에 효소를 작용하여 환상구조를 갖는 텍스트린으로서 냄새 및 색소의 안정화, 이미, 이취의 마스킹효과 및 향기물질의 안정화 및 분말화 조제 효과가 뛰어난 제품이다.

이외에 흡습성이 낮고, 조직감 개선 및 점도 부여 등의 부형제로 많이 쓰이는 말토덱스트린과 말토스 함량 88% 이상을 함유하고 있는 분말상의 정제말토스를 개발

하였다. 정제말토스는 감미가 설탕의 1/3로서 저감미이며, 전분의 노화방지효과가 뛰어나고 부드러운 미질을 지니며, 타정성 등의 효과가 뛰어나며, 또한 설탕과 유사한 가공적성을 지니고 있어 제과, 제빵 등의 다양한 분야에 적용이 가능한 제품이다. 향후 감미료 시장에서 저 칼로리 감미료의 수요가 점차 늘어나는 바 당사에서는 저 칼로리 고감미 당질인 아스파탐을 이용한 다양한 당류의 개발을 추진 중이다. 아스파탐은 필수아미노산인 페닐알라닌(phenylalanine)과 아스파틱산(aspartic acid)로부터 합성한 아미노산계 감미료로 설탕과 비교하여 약200배 높은 단맛을 가지며 감미특성은 설탕에 비해 단맛의 긴 지속성, 짧은 맛, 쓴맛이 약간 있으나 사카린(saccharin), 스테비오사이드(stevioside) 등의 타 고감도 감미료에 비해 그 정도가 약하다. 아세설팜 칼륨(Acesulfame-K)은 백색의 결정형 분말로서 냄새가 없고 설탕 대비 약 200배의 감미도를 갖는다. 체내에서 대사가 되지 않는 비열량성 감미료로, 감미특성은 설탕에 비해 감미의 발현이 빠르고 뒷맛이 빨리 사라지며, 농도가 높을 경우 쓴 뒷맛과 짧은 맛, 금속성 맛을 나타내게 된다. 설탕, 과당, 에리쓰리톨(erythritol), 아스파탐(aspartame) 등과 혼합하여 사용하면 감미의 상승효과가 있다. 특히 아스파탐과 혼합하여 사용하면 감미질이 설탕과 유사해질 뿐만 아니라 감미도가 상승하는 synergy effect가 커지므로 혼합감미료로서 상용하고 있다.

이들 고감도 감미료는 저 칼로리 및 난충치 효과로 인해 식품에서 사용될 경우 기능성을 부여할 수 있음에도 불구하고 그 맛에 있어서 설탕과 다르다라는 이유로 소비자들로부터 외면당하고 있다. 이러한 이유로 맛에 있어서의 단점을 보완하기 위해 다양한 감미료를 혼합하여 사용하는, 이른바 Multi-sweetener concept을 도입하여 다양한 방면으로 시도하고 있다. 맛뿐만 아니라 고감도 감미료와 당알콜, 올리고당등과의 혼합사용으로 설탕을 100%대체하여 장내 비피더스 균의 증식효과, 비타민류 첨가에 의한 항산화효과, 당알콜류등의 난충치효과, 저칼로리 등 기능적인 측면을 더욱 강화시키기 위한 노력이 진행중이다.

대상(주) 중앙연구소는 50여년간 축적된 발효, 정제 기술과 옥수수 가공 기술을 바탕으로 한 전분당 소재 개발 기술을 근간으로 하여 창의와 도전정신으로 최고의 경쟁력을 갖춘 초일류기업으로 발돋움하는데 초석의 역할을 하고자 한다.