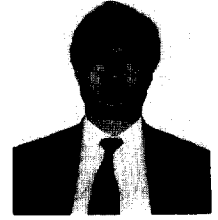


국내·외 효소시장 현황



유전공학연구소 장 호 민

제 1 절 효소의 용도

앞장에서 기술한 바와 같이 효소는 생체반응의 촉매역활을 하는 단백질로서 생화학, 화학, 생물학, 물리학 등 생명공학 관련 기초학문과 유전공학 및 단백질 공학기술로 자체기능을 향상시키며, 생체의 메카니즘이 응용되는 의료산업, 화학공업, 식품산업, 환경산업, 특수산업 등 전산업 분야에 응용이 된다.

이것을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다. 효소는 1964년 IBU(International Union of Biochemistry)에 의해 추천된 효소 분류 당시 대략 600여종이 알려졌으나, 현재 약 3000여종이 되며 그 숫자는 해마다 늘어나는 경향을 보이고 있다. 이 가운데 상업적으로 응용되고 있는 효소는 150여종이며 공업효소는 60여종이 활용되고 있다.

효소의 산업적 이용은 1894년 소화제인 Takadiastase가 *Aspergillus oryzae*의 배양에 의해 생산된 이래, α -amylase 등이 미생물로부터 생산되고 있으며, 동물체로부터는 pancreatin, trypsin, chymotrypsin, catalase 등이 있으며, 사람의 뇨에서는 urokinase가, 식물체에서는 amylase, protease 등이 공업적으로 생산되고 있다.

효소의 용도를 구체적으로 알아보기 위해 효소의 용의 대표적 분야인 의료용 효소의 종류 및 용도를 살펴보기로 한다.

가. 의료용 효소의 종류 및 개요

인체의 질병을 치료하기 위해서 사용되는 효소를 의료용 효소로 정의할 수 있는데 의료용으로 사용

되는 효소의 종류는 <표 1>과 같다.

종래 의료용 효소로는 소화효소제가 대부분을 차지하였지만 항소염효소를 비롯한 혈전분해 효소, 항종양 효소, 순환계용 효소 등이 개발되어 질병의 치료에 이용됨으로 비약적인 발전을 하게 되었다.

이와 같이 효소에는 각종 질병의 치료에 유용한 것이 많지만 아직 개발되지 않은 것도 상당히 많다. 그러나 최근에는 효소 생산이 어렵고, 아직 임상에 응용 되지 못했던 극히 미량 존재의 효소나 인체형 효소를 유전공학적 방법을 이용하여 쉽게 생산할 수 있게 되었기 때문에 장래에는 여러가지 유용한 효소가 개발되어 치료용 약품으로서의 이용이 가능할 것으로 사료된다.

소화효소

소화기의 질환, 소화기 수술 후의 이상 증상의 개선을 목적으로 투여하는 소화 효소는 각종 기원의 amylase, cellulase, protease, lipase 등으로 구성되어 있으며 각 효소의 최적 pH 안정성, 기질 특이성, 온도 안정성 등은 각 효소의 기원에 따라 각각 다르다. 일반적으로 소화효소는 그 기원에 따라 동물성(pepsin, pancreatin 등), 식물성(diastase, 파파인 등), 미생물성(takadiastase, lipase 등)으로 분류된다. 디아스카이제나 판크레이틴 등 단독으로 이용되는 경우와 수종의 소화효소가 배합되어 이용되기도 한다.

혈전분해효소

생체 내의 혈관계가 손상을 받게 되면 혈액은 응고현상을 일으켜 지혈되며, 여기 생성된 혈전은

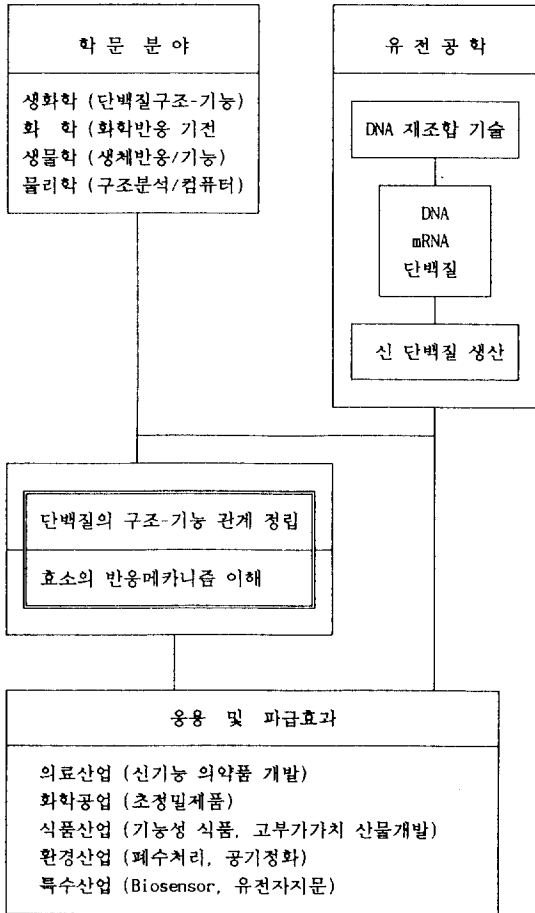


그림 1. 효소의 관련기술과 응용분야

자연히 분해된다. 이와 같이 혈액중의 응고-분해계는 효소의 작용에 의해 균형을 이루고 있는데 이 균형이 깨어져 혈전의 분해 기능이 저하되면 이로 인해 여러가지 증상이 유발된다.

최근 식생활의 변화와 함께 혈관장애에 의한 사망자 수가 급증하고 있기 때문에 혈관장애의 주된 요인인 혈전의 치료는 대단히 중요한 과제이다. 혈전분해효소는 작용 기전에 따라 크게 두가지로 나눌 수 있는데, 첫째 혈전에 직접 작용하여 fibrin을 용해시키는 단백분해 효소제<표 3>와 둘째, 인체의 혈액 분해계를 활성화시키는 효소제로 나눌 수 있다. 단백분해효소제로는 brinase, papain, ochrase, trypsin, plasmin 등이 있으나 이러한 효소제들은 정맥 주사로 주입시 무제한적인 단백분해효과로 혈전 의

표 1. 의료용 효소의 종류

분 류	기 원	종 류
소화효소	동물성	Pepsin, Pancreatin, Chymotrypsin 등
	식물성	Diastase, Papain 등
	세균성	Takadiastase, Lipase, Cellulase 등
소염효소	동물성	Trypsin
	세균성	Serratiopeptidase, Pronase, SK/SD, Lysozyme 등
혈전분해 효소	-	Streptokinase, Urokinase, Prourokinase, tP-A, Emi-nase
	-	L-asparaginase
항종양효소	세균성	Kallidinogenase, Elastase, Tyrosinase DNase, Cocarboxylase, 진단용 효소
기타 효소	-	-

표 2. 응용연구중인 혈전용해제

제품	개발사	개발단계		
		협심증	말초혈관	뇌일혈 질환
Abbokinase	Abbott	application	application	-
Activase	Genentech	submitted	submitted	Phase II
		Phase II	Phase III	Phase II

(자료: PMA, 1993. 4. 30)

에 혈전생성인자들까지 파괴하여 출혈을 일으킬 수 있어 매우 독성이 강해 거의 쓰이지 않고 있으며, 대신 인체의 혈전 분해를 촉진시키는 효소제인 streptokinase, urokinase 등이 일반적으로 사용되고 있다.

혈전 내에 생긴 피브린이 용해하여 혈전이 용해되는 현상은 혈장중의 plasmin의 작용에 의한다. 플라스민은 일종의 세린 프로테아제이며, 혈액 중에는 존재하지 않고 불활성전구체 형태인 plasminogen으로서 혈장 중에 함유되어 있다. 혈전 용해는 위와 같은 기작에 의해서 일어나는데 실제로는 플라스민 저해제 등에 의한 혈전 방해 등의 문제가 있다. 또 플라스민이 피브린에만 작용 하도록 하지

표 3. 단백질분해 효소제의 종류 및 기작

종 류	기 작	생산 Source	비 고
Chymotrypsin	염증억제, 종양제거, 부종형성 예방	동물성	
Serratiopeptidase	항염증작용, bradykinin & fibrin 분해능, 항생물질의 조직내 이동촉진	Serralia marcence	
Pronase	장내에서 활성화, 플라스미노 겐을 플라스민으로 변화시킴	Streptomyces griseus	만성부비공염, 수술 및 외상 치료
Bromelanin	피브린 및 변성단백용해	Anas comosus var, cayenne	

않으면 출혈 등의 부작용을 일으킬 수도 있다. 따라서 플라스미노겐과 활성화제가 피브린에 흡착하여 여기서 플라스민이 생기게 하면 매우 이상적이기 때문에 혈전 용해에 플라스미노겐 활성화제를 사용하는 경우가 점점 늘어나고 있다. 이러한 plasmonogen activator 활성을 가진 것으로는 streptokinase, urokinase, single chain prourokinase, trypsin, staphylokinase, TPA 등이 있다. <표 2>에서 보는 바와 같이 이들 혈전용해효소는 혈전으로 인한 여러 가지 질환에 응용을 위한 실험중에 있다.

• Streptokinase(SK) : SK는 Hoechst-Roussel과 Kabi에 의해 제조된 것으로 용혈성 연쇄상 구균의 배양액에서 발견된 효소로서 플라스미노겐을 직접 활성화시키며, 플라스민으로 변화시킨다. SK는 본래 외래성 물질이기 때문에 인체 내에서 항원성을 가지고 있어 인체에 투여할 경우 발열, 알레르기, 저혈압 유발 등의 부작용을 일으키게 된다. 그러나 SK는 대량 생산이 용이하고 가격이 urokinase나 TPA보다 훨씬 저렴하며(300\$), 현재 항원성이 있는 부분을 없애거나 아실화하는 연구가 진행되고 있어 장래 혈전을 용해하는 치료제로서 기대되고 있다.

• Urokinase : 1964년 일본의 녹십자에 의해 인노로부터 처음 공업화되었는데 최근 태아 콩팥세포의 조직배양으로 생산되고 있으며 국내에서는 녹십자 등에 의해 생산되고 있다. Urokinase는 콩팥세포에 의해 만들어져 뇨중에 배출되며, 항원성이 없고 발열의 부작용이 없다. 유로키나아제는 일종의 세린 프로테아제이며, 플라스미노겐에 특이적 친화력을 가지고 활성화하는 인자로 저분자형(m.w. 33,000)과 고분자형(m.w. 54,000)이 있으며 고분자형의 활성이 높다.

표 4. Superoxide dismutase의 3가지 형태

Type	Location	Form
Cu-Zn SOD	Eukaryote	dimer
Fe SOD	Prokaryote, Plant, Protozoa	dimer
Mn SOD	Prokaryote, Mitochondria	tetramer

• Tissue Plasminogen Activator(TPA) : 분자량 72,000의 세린 프로테아제의 일종으로 two-chain polypeptide로 구성되어 있다. TPA는 피브린에 특이적으로 반응하여 플라스미노 겐과 복합체를 형성하여 강력한 혈전 용해 작용을 나타내기 때문에 유로키나아제보다 출혈 등의 부작용이 적다. TPA는 이미 구미에서 유전공학적 방법에 의해 대량생산되고 있으며 또한 광범위한 임상실험이 진행되고 있는 등 혈전증치료에 각종 각광을 받고 있다.

소염진통 효소제

생체 내에 외래성 유독물질이 침입하면 방어기작이 작용하게 되는데 대표적인 것이 백혈구계의 식세포인 마크로파지이다. 이 식세포의 방어기작 과정에서 염증이나 통증을 유발하는 물질이 분비되면 이러한 염증성물질 혹은 괴사조직을 제거해 주는 것이 소염효소이다.

소염효소제는 다당체 분해효소와 단백질분해효소에 의한 제제로 나눌 수 있다. 다당체 분해 효소는 lysozyme이 알려져 있으며, 단백질분해 효소로는 trypsin, chymotrypsin, pronase, serratiopeptidase, streptokinase/ streptodornase(SK/SD) 등이 알려져 있다. 라이소자임은 세균의 세포벽 성분인 muco-peptide의 N-acetylmuramic acid와 N-acetylglucosamine

사이의 β-1.4-linkage를 가수분해 함으로서 작용을 한다. 프로테아제는 단백질 분해에 직접 작용하여 피사 조직과 염증을 제거하는데 특별한 작용을 보인다.

Streptokinase/streptodornase는 플라스미노겐을 플라스민으로 활성화하여 염증 조직의 피브린을 용해하여 항소염 작용을 나타낸다.

Streptokinase/streptodornase(SOD)는 1938년 Kelin이 처음 분리하였으며 각기 다른 금속이온을 촉매로한 세가지 다른 형태로 존재한다. SOD는 인체에서 hypoxanthine이 xanthine으로 전환될 때 생성되는 superoxide를 과산화수소로 변환시켜 염증제거를 한다. <표 4>

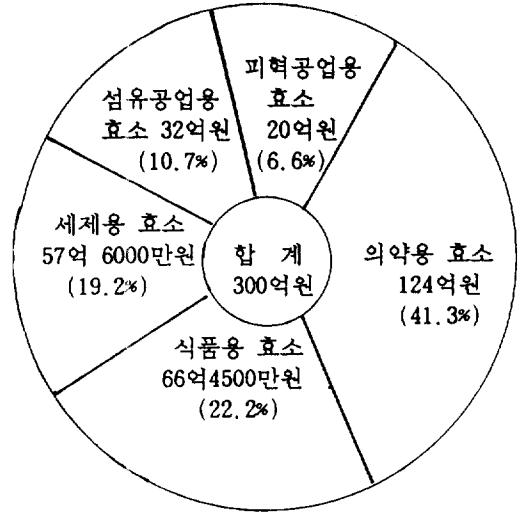
SOD는 여러가지 질병의 치료에 응용가능하며 현재는 만성 류마치스, 변형성 관절염, 방사선 장애 등의 질병에 소의 SOD가 사용되고 있으나 항원성 문제로 유전자 재조합 방법에 의한 인체 SOD 제조방법 등에 대한 연구가 국내 및 외국에서 진행되고 있다.

항종양 효소제

암세포는 일반 세포와 달리 증식이 빠르고 정상 세포에서는 발견되지 않는 특수한 영양요구성을 나타내는 경우가 있다. 1953년 Kidd는 L-asparaginase가 종양의 증식을 억제한다는 사실을 발견한 이후 균주개발과 정제방법의 개선 등으로 L-asparaginase의 공업적 생산이 확립되었다. 이 효소는 L-asparagin 요 구성을 가진 임파육종과 같은 세포에만 유효하며 E. coli의 L-asparaginase는 항원성을 가져 오심, 구토, 식욕부진, 쇼크 등의 부작용을 유발하여 새로운 유도체와 결합체의 개발을 통해 난점을 극복하려는 노력이 진행되고 있다.

- Kallidinogenase : Kallidinogenase는 일종의 단백분해효소이나 엄밀히 말하면 호르몬체에 가까운 역할을 하며 칼리크레인이라고 불린다. Kallidinogenase는 사람의 뇨, 소의 뇨, 돼지의 체장 등에서 얻어진다. Kallidinogenase는 bradykinin을 생성하며 이 bradikynin은 모세혈관의 투과성을 높이고 혈압을 떨어뜨려 뇌동맥경화증, 고혈압 등의 성인병 치료에 사용된다.

- Elastase : Elastase는 결합조건 중의 단백질인 elastin을 특이적으로 분해하는 일종의 세린프로테



자료 : CIS(Chemical Information Service)

그림 2. 국내 효소시장 현황(1993년)

아제이고, 동물의 체장에서 분비되며, 일부는 순환 혈액중에 옮겨져 순환된다. 생체 내에서 혈관벽에 작용하여 변성된 엘라스틴을 제거하고 혈관 벽의 생성을 촉진, 혈관의 탄성을 유지시키는 등의 효과가 있으며, 혈청 지질을 조절하는 작용도 있다. Elastase는 동맥경화증, 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등에 유효한 효과가 있지만 과민증상, 설사, 변비 등의 부작용이 보고되고 있다.

기타 효소

이외에도 인체 유전질환에 의해 나타나는 효소결핍증의 치료를 위해, 현재 DNase가 cystic fibrosis에, 혈우병치료에 gama carboxylase, Gauchi disease의 치료를 위해 Ceredase 등이 상품화내지 연구되고 있어 의료용 효소의 영역이 넓어지리라 기대된다.

제 2 절 효소의 시장현황

1. 국내시장

지난 '93년 기준 국내 효소시장이 약 300억원을 형성한 것으로 분석되고 있는 가운데 섬유 및 피혁공업용 효소시장이 성장을 지속할 것으로 예상, 효소 전체시장의 10~15% 정도 증가에 기여할 것으로 기대된다. <그림 2>

그러나 국내 생산기업의 후발성 및 영세성으로

인해 일부 의약품 효소 및 전분당 효소 등을 제외한 대부분의 효소(수요량의 50% 이상)를 수입에 의존하고 있어 심각한 문제로 지적되고 있다.

이러한 시장 여건하에서 국내 수요업체들의 수입 선호는 가장 큰 문제로 지적되고 있으며 효소생산에 대한 정책적인 지원 활성화와 법적규제완화가 절실한 것으로 분석되고 있다. 또한 효소생산 및 이용업체간의 분업화와 효소생산 및 사용공정에 대한 산업계 인식제고 및 투자가 필요하다는 전문가들의 지적이다.

여기에 효소업계의 기술력 증대를 위한 활발하고 실질적인 산학협동체제 구축 등의 문제해결과 학계 및 각종 연구기관에서 기본적인 미생물 자원 스크링, 복합적 효소작용에 대한 기초적 연구가 함께 진행돼야 한다는 지적이다.

여기에 효소업계의 기술력 증대를 위한 활발하고 실질적인 산학협동체제구축 등의 문제해결과 학계 및 각종 연구기관에서 기본적인 미생물 자원스크링, 복합적 효소작용에 대한 기초적 연구가 함께 진행돼야 한다는 지적이다.

국내 효소시장은 93년 기준 의약품 효소시장이 124억원으로 41.3%의 비중을 보여 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 식품용 효소시장이 66억 4500만원으로 22.2%, 세제용 효소가 57억 6000만원으로 19.2%, 섬유공업용 효소가 32억원으로 10.7%, 피혁공업용 효소가 20억원으로 6.6%의 비중을 나타냈다.

국내 효소생산은 알콜발효공업에서의 전분분해효소와 제약공업의 소화효소제 생산을 기점으로 시작돼 생산기업이 영세하고 기술낙후로 수입의존도가 높은 가운데 수입은 주로 Novo, Daiwa, Amano, Gistbroades 등으로부터 이루어지고 있다. <표 5>

이 가운데 Novo가 국내 효소시장의 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 특히 이들 외국업체들은 특이성 효소를 위주로 개발, 판매해 시장을 넓혀가고 있는데 국내 기업들은 이를 주시, 연구개발 및 대책이 필요하다는 전문가들의 지적이다.

수입을 보면 지난 91년에 3277톤이었으나 92년에는 91년대비 22.3% 감소한 3115톤, 93년에는 92년대비 13.5% 증가한 3167톤 가량이 수입됐다.

93년 수입량 가운데 가장 많이 수입된 것은 Protease인데 841.5톤으로 26.6%의 비중을 보였으나 이는 92년 대비 26.3% 감소한 물량이다.

또 Amylase가 740톤으로 23.4%의 비중으로 92년대비 12.1% 증가, α-Amylase가 428톤으로 13.5%의 비중을 차지해 92년대비 2.4% 증가한 것으로 나타났다.

Chymotrypsin은 지난 93년에 2100 kg이 수입돼 92년대비 699%, Lipase는 28.5톤이 수입돼 11.9% 각각 증가한 것으로 분석되고 있다.

국내 효소생산은 지난 80년대 이후 태평양 등에서 외국 생산수준에 근접한 시설로 세균성 α-Amylase, Protease 등 일부를 생산하고 있으나 전체적으로 미생물 자원부족, 생산기술이 취약한 실정이다.

현재 태평양에서 Glucoamylase, 곰팡이 및 세균성 α-Amylase, Protease, Cellulase, 배한산업 및 상우화학 등에서는 일부효소와 곡자형태의 효소를 생산하고 있다.

가. 의약품 효소

의약품 효소시장은 지난 93년 기준 약 124억원으로 국내 전체 효소시장의 41.3%를 차지했으나 수입비중이 높은 실정이다.

국내 생산은 현재 태평양, 제일제당 및 유한화학에서 Serratiopeptidase, 녹십자에서 Urokinase, 태평양 및 동아제약에서 소화제용 효소만을 생산하고 있다.

의약품 효소는 혈전분해효소제, 소화효소제, 소염효소제, 항종양효소제 등으로 대별할 수 있는데 혈전용해제는 TPA를 시작으로 Urokinase, Streptokinase, Cminase 등이 개발돼 시판됐다.

소염효소제는 Serratiopeptidase, Lysozyme 등이 안정성이 높고 유효성이 알려져 있기 때문에 여러 염증환자에게 널리 사용되고 있으며, 향후 이 효소 수요는 증가할 것으로 예상된다.

Serratiopeptidase는 국내 수요량이 2.3톤을 내수 가격이 지속적으로 하락, 94년 5월 현재 kg당 70~75만원선에 거래되고 있다. 그러나 수입가격은 지난 89년까지 kg당 150만원에서 91년경에는 180만원으로 인상됐으며, 수출가격은 94년 현지 kg당 900~920달러선인 것으로 나타났다.

또한 Serratiopeptidase시장은 제일제당과 태평양이 각각 40%, 유한양행이 20% 가량의 시장을 차지하고 있는 가운데 제일제당은 지난 93년 수출량이 300 kg <표 6> 의약품 효소 생산현황으로 주로 동남아시아에 공급한 것으로 나타났다.

표 5. 국내 효소 수입현황 (단위 : kg, 달러)

구 분	1990년			1991년			1992년			1993년		
	수 량	증감률	금 액	수 량	증감률	금 액	수 량	증감률	금 액	수 량	증감률	금 액
Rennet & Concentrates There of	1,308	72.6	130,133	1,779	36.0	166,021	2,027	13.9	193,097	3,596	77.4	219,980
Tyrosin	41,381	83.4	539,680	28,191	▽31.9	469,885	26,486	▽6.0	292,309	8,979	▽66.1	205,599
Chmotrypsin	2,100	524	22,071	301	▽85.7	5,451	3	▽99.0	6,345	2,100	699	20,412
Alpha-Amylase	408,272	▽10.0	1,289,201	539,068	32.0	1,748,239	417,824	▽22.5	1,263,330	427,880	2.4	1,314,023
Lipase	9,951	88.0	665,759	21,030	11.3	941,339	25,439	20.9	1,203,660	28,459	11.9	1,204,533
기 타	446,739	14.7	9,385,502	426,556	▽45.2	8,223,099	408,002	▽4.3	8,596,346	633,470	55.3	10,159,292
Pepsin	795	▽13.9	24,311	834	49.0	13,203	645	▽22.7	15,432	600	▽6.9	12,457
Malt Enzyme	5,820	▽44.7	55,200	14,659	151.0	141,602	17,824	21.6	151,069	11,847	▽33.5	93,869
Papain	2,850	72.6	97,969	915	▽67.9	58,738	1,560	70.5	89,805	1,558	▽0.0	72,144
Bromelain	7,010	27.0	376,974	5,180	▽26.1	278,835	5,055	▽2.4	258,306	4,330	▽14.3	233,099
Amylase	655,822	19.2	2,276,708	645,731	▽15.4	2,211,161	660,449	22.8	2,496,869	740,112	12.1	2,790,295
Protease	975,822	13.7	6,107,236	1,172,301	20.2	7,077,369	1,141,838	▽22.3	16,403,242	461,635	13.5	18,192,553
Pectic Enzyme	2,770	13.0	91,794	4,420	59.6	231,883	1,850	▽58.1	85,291	1,000	▽46.0	52,430
기 타	298,152	36.1	12,526,608	416,111	39.6	15,653,192	406,838	▽22.3	16,403,242	461,635	13.5	18,192,553
합 계	1,858,303	13.4	33,588,608	3,277,076	14.7	37,220,077	3,115,132	4.9	37,868,015	3,167,069	1.7	40,446,299

주) 증감률은 수량기준 자료 : KFTA

(단위 : 1000원)

기업명	제품명	규격 및 포장단위	1990		1991		1992		1993	
			수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액
경기이화학	경기세라티오펙티다제	kg	18	14,400	15	12,000	10	8,000	5	4,000
녹십자	녹십자경제유로키나제액	100000U * 100	1,084	1,002,158	357	330,047	680	451,792	NA	NA
신용제약	신용키모파파인	g	3	15,000	6	30,000	-	-	17	-
유한화학	유한화학세라티오펙티다제	kg	460	473,581	510	408,782	410	272,024	760	445,439
이연제약	이연환성스트렙토키나제	g	-	-	-	640,000	-	548,000	168,670	590,000
제일약품	제일부로메라인	kg	2,335	218,323	1,485	138,475	875	81,813	-	-
제일제당	제일제당세라키오펙티다제	kg	-	-	1,164	602,538	778	328,685	1,286	666,533
	제일제당비형간염 표면하원액(수출)	mg	-	-	1,000	183,660	335	100,601	565	169,669
	제일제당스트렙토키나제 스트렙	kg	-	-	-	-	161	368,358	337	707,408
태평양	태평양세라티오펙티다제	kg	409	368,100	1,065	851,930	670	468,014	NA	803,760
합 계			-	2,091,562	-	3,197,804	-	2,627,287	-	3,396,809

자료 : 제약협회

한편, 최근에는 생체내에서 산소를 과산화수소 등으로 환원하는 SOD가 개발 돼 여러 질환에 대한 응용연구가 활발히 진행되고 있어 그 결과에 따라 SOD의 시장은 급속히 증가할 것으로 전망된다.

또한 L-asparaginase, Kalliginogenase, Elastase 등도 대량생산 방법개발 및 응용연구가 진행되고 있어 이들 효소도 질병치료에 중요한 역할을 할 것이라는 전문가들의 평가이다.

진단용 효소는 현재 유전공학을 이용한 효소 내열성 및 대량생산의 연구개발이 많은 성과를 거두고 있기 때문에 향후 진단용 효소수요는 크게 늘어날 것으로 전망된다.

Urokinase는 사람의 뇨로부터 추출한 것과 태아 신장세포의 조직배양에 의해 생산된 것의 두 종류가 있는데 뇨로부터 추출한 Urokinase는 일본 독십자가 개발했고, 태아신장세포의 조직배양 이용기술은 미국의 Abbot Laboratories가 개발해 Abbokinase라는 이름으로 판매되고 있다.

Urokinase는 국내에서 생산되는 유일한 혈전용해제로 26억원의 시장을 형성 하고 있는 가운데 최근에 가격절서가 문란해지고 있어 대책이 시급한 것으로 나타났다. Urokinase는 지금까지 독십자에서 독점생산·공급해 왔는데 일부 제약기업들이 저가의 중간체를 수입해 Urokinase를 생산, 저가로 판매하고 있다는 지적이다. Urokinase는 뇌혈전 및 전색증, 심근경색증 등의 치료로 77년 독십자가 시판한 이후 수요가 지속적으로 증가해 왔다.

나. 식품용 효소

지난 93년 국내 식품용 효소 시장규모는 66억 4500만원(2761톤 규모)으로 전체 효소시장에서 22.2%의 비중을 보였다. 이 가운데 양조공업용 효소시장인 2070톤(22억원) 가량으로 식품용 효소시장의 33.1%의 비중을 차지한 것으로 분석된다. <표 7>

여기에 α -Amylase시장은 70톤(1억 9040만원)으로 Novo와 Daiwa가 각각 50% 시장을 차지하고 있으며, 판매가격은 kg당 2720원선에 거래되고 있는 것으로 나타났다. Amyloglucosidase시장은 2000톤(20억원 가량)으로 kg당 1000원선에 거래되고 있는 것으로 나타났는데 배한산업이 80%, 태평양이 20% 가량의 시장을 점유하고 있다.

이처럼 양조공업에는 곰팡이와 세균에서 얻어진 여러종류의 Alpha-Amylase, Glucoamylase, Gluca-

nase, Protease 등이 사용되며, Cellulase, Pullulanase, Pentosanase 등은 제조수를 증대시 또는 밀·수수 등을 보조원료로 사용할 때 이용된다.

주정용 효소는 대부분 조효소 형태이며, 정제효소 사용시에도 주로 다른 효 소와 혼합해 사용되고 있다. 이는 순수 알콜제조만이 목적이 아니고 특색 있는 맛과 향을 내기 위한 것으로 풀이된다.

그러나 이러한 조효소제품과 자체제조 Koji를 사용하는 것은 전체 공정관리 측면에서 바람직하지 못하고, 발효기간의 단축, 처리공정개선 등 발효공정 개선과 원가절감키 위해 공정상 생화학적인 특성을 검토, 정제효소 사용법으로 대체가 필요한 것으로 분석되고 있다.

특히, 주정공업에서 요구되는 개발방향은 먼저 발효수를 향상을 위해 비발효성 당 생성이 적은 효소개발이 요구되며, 공정을 단축할 수 있는 내열성 효소 개발과 공정이 간단하고 비용이 적게드는 무중자 알콜발효용 효소의 개발이 시급하다는 지적이 지배적이다.

전분당공업용 효소시장은 654톤으로 37억 9840만원의 시장을 형성한 가운데 식품공업용 효소시장의 57.2%를 차지해 높은 비중을 보인 것으로 분석되고 있다.

전분당공업은 전분원료를 산 또는 효소처리로 가수분해 또는 전환시켜 포도당, 과당, maltose 및 이들의 혼합물을 제조하는 것으로 최종산물은 제과, 제빵, 양조, 알콜공업 및 감미료 원료로 사용된다.

현재 전분당공업용 효소 주 수요처로는 미원식품, 선일포도당, 두산종합식품, 풍진, 당일산업 등으로 나타났다.

전분당화공정은 액화, 당화 및 이성화공정으로 나눌 수 있는데 전분당공업에 상용되는 α -Amylase, Glucoamylase 등은 국산효소가 주로 사용되고 있다.

그러나 내열성 α -Amylase, 이성화효소 등은 전량 수입에 의존하고 있는 가운데 내열성 α -Amylase는 지속적으로 수요량이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

이는 효소처리시 95~100°C 를 유지함으로써 전분노화에 의한 효소분해 저해 작용을 방지하는 효과가 있으며, 전분당공업에 사용되는 효소는 25~30%가 내열성 Alpha-Amylase인 점을 감안하면 그

표 7. 국내 식품 효소시장 현황(1993년) (단위 : MT, 금액-1,000원, 단가-원)

구 분	효소(Common name)	수 량	금 액	단 가	주 공급처	주 수요처
양조공업	Alpha-Amylase	70	190,400	2,720	Novo, Dalwa, Kasei	진로종합식품, 서안주정, 일산실업,
	Amyloglucosidase	2,000	2,000,000	1,000	태평양, 배한산업	풍국주정, 서호산업 등 12개 기업
식 품	Alpha-Amylase	300	768,000	2,500	Novo, Daiwa, Kasei	미원식품, 선일포도당, 두산종합식
	Fungal Alpha-Amylase	24	230,400	9,600	Genencor, Novo	품, 풍진, 당일산업 등
	Beta-Amylase					
	Amyloglucosidase	250	1,000,000	4,000	Novo, Amano	
공 업	Pullulanase	10	120,000	12,000		
	Glucose Isomerase	70	1,680,000	24,000	Novo Cpc	
제과·제빵 및 육가공업	Papain, Bromelain, Neutral Protease	30	240,000,000	8,000	Novo, 태평양	롯데제과, 해태제과, 크라운제과, 등 양제과 등
	Pectinase end etc	3	96,000	32,000	Gist-brocades, Novo	해태음료, 롯데칠성 등
유가공업	Rennet, Lactase and etc	4	320,000	80,000	Chr · Hansen, Gist-brocades	매일유업, 서울우유, 남양분유, 파스 퇴르 등
계		2,761	6,644,800	-		

자료 : CIS(Chemical Information Service)

중요성은 높아질 것으로 평가되고 있는 시점에서 활발한 연구활동이 필요하다는 전문가들의 지적이다.

또 감미료 원료로서 수요가 높아지는 과당 제조용 이성화효소, Glucoamylase와 Pullulanase의 특성을 혼합한 Dextranase 등의 제품개발도 신속히 이뤄져야 한다는 지적이다.

α -Amylase시장은 약 300톤으로 7억 6800만원이치를 형성하고 있는 가운데 판매가격은 kg당 2560원으로 나타났으며, Novog가 70%, Daiwa와 Kasei가 30% 시장을 점유한 것으로 분석되고 있다.

또 Fungal α -Amylase, β -Amylase 시장은 24톤으로 2억 3040만원어치의 시장을 형성한 가운데 판매가격은 kg당 9600원에 거래되고 있으며, Genecor (β -Amylase 판매)와 Novog(Fungal α -Amylase 판매)가 각각 50% 시장을 점유하고 있는 것으로 나타났다.

Amyloglucosidase시장은 250톤으로 10억원을 형성했고 판매가격은 kg당 4000원에 거래되고 있으며, Pullulanase시장은 10톤(1억 2000만원)으로 kg당 1만 2000원선에 거래되고 있다.

Amyloglucosidase와 Pullulanase시장은 현재 Novog가 60%, Amano가 30%, Solvay가 10% 가량의 시장을 차지하는 것으로 분석되고 있다.

또한 Glucose Isomerase시장은 70톤으로 16억 8000만원 가량을 형성한 가운데 Novog가 70%, CPC가 30% 시장을 점유하고 있으며, 판매가격은 kg당 2만 4000원선에 거래되고 있다.

제과·제빵 및 육가공 공업용에는 주로 Papain, Bromelain, Neutral Potease 가 사용되고 Alkaline Protease와 Amylase는 거의 사용되고 있지 않는 것으로 나타났다. 이 부문 효소시장은 30톤으로 2억 4000만원 가량의 시장을 형성해 kg당 8000원선에서 거래되고 있는 가운데 Novog와 태평양이 주로 롯데제과, 해태제과, 크라운제과, 동양제과 등에 공급하고 있다.

이 시장은 Novog와 태평양이 각각 50%, Daiwa는 극히 일부의 시장을 차지하고 있는 것으로 알려지고 있다.

한편, 제과·제빵 및 육가공 공업용에는 효소작용에 의해 밀가루내의 전분 및 단백질인 글루텐을 분해, 가공시켜 제과 제빵의 품질인 글루텐을 분해,

가공시켜 제과·제빵의 품질을 향상시키며 이외에 필요에 따라 발효성 당을 증가시키는 Glucoamylase, 전분노화 방지를 위한 내열성 α -Amylase, 기타 Cellulase, Hemicellulase, Glucanase, Pentosanase 등의 사용이 가능한 것을 평가된다.

주식공업용 효소시장에서는 주로 Pectinase 등이 사용되고 있는데 시장규모는 3톤가량으로 9600만원 가량을 보여 판매가격을 kg당 3만 2000원선인 것으로 나타났다. 이 시장은 Gist-brocades가 70%, Novog가 30%의 시장을 점유하고 있다.

유가공공업용 효소시장에서는 주로 Rennet, Lactase 등이 사용되고 있는데 93년 기준 시장은 4톤으로 3억 2000만원가량을 형성, 판매가격은 kg당 8만 원선에 거래되는 것으로 분석되고 있다.

현재 이 시장은 Chr·Hansen, Gist-brocades 등이 대부분의 시장을 점유하고 있다.

지금까지 양조공업용, 전분당공업용 등의 용도로 사용되는 효소이외에는 Malic acid, Succinic acid, Tartaric acid 등의 유기산제조용 효소와 각종 올리고당 제조 및 스케비아 감미료의 쓴 맛 제거제에 사용되는 전이효소류 등이 있는 것으로 알려지고 있다.

다. 공업용 효소

1) 세제용 공업효소

국내 세제공업용 효소시장은 1200톤으로 57억 6000만원 가량의 시장을 형성한 가운데 Novog가 70%, Gist-brocades가 30%가량을 점유하고 있으며, 94년 들어서 럭키가 Showa-Denko와 효소구매를 적극적으로 검토하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 Showa-Denko가 가격덤핑을 하고 있어 시장질서가 다소 문란해질 것이라는 지적이다.

세제공업용 효소로는 주로 Alkaline Protease 등이 사용되고 판매가격은 kg당 4800원선인 것으로 알려지고 있다. <표 8>

현재 세제용 효소는 세계적인 세제산업의 침체에 따라 수요가 정체상태에 있으며, 국내에서도 감소를 보이는 것으로 나타났다.

세제용 효소는 세제품목과 효소종류에 따라 성능, 기업별 제조공정에 따라 세제 생산량의 0.5~1.0%가 사용되고 있다. <표 9>

지난 93년 세제용 효소 소비량을 보면 럭키가 400톤으로 92년 대비 33.3% 마이너스 성장한 것으로

표 8. 국내 세계효소시장 현황

효 소 명	수 량	금 액	단 가	공급처	주 수요처
Alkaline Protease and etc.	1,200	5,760,000	4,800	Novo, Gist-brocades	럭키, 애경, 제일제당, 옥시, 태평양, 동산유지, 무궁화유지 등

(자료 : CIS(Chemical Information Service))

표 9. 합성세제용 효소 소비량

구 분	1989		1990		1991		1992		1993	
	수 량	구성비	수 량	구성비	수 량	구성비	수 량	구성비	수 량	구성비
럭 키	540	71.1	690	72.6	690	68.3	600	58.1	400	45.5
애 경	220	28.9	260	27.4	270	26.7	250	24.2	250	28.4
제일제당	-	-	-	-	-	-	102	9.9	130	14.8
태 평 양	-	-	-	-	50	5.0	80	7.8	100	11.3
합 계	760	100	950	100	1,010	100	1,032	100	880	100.0

(자료 : CIS(Chemical Information Service))

나타났는데 이는 럭키의 농축세제 생산증가에 따른 것으로 풀이된다.

또 애경은 지난 93년 250톤을 소비했고 제일제당은 130톤, 태평양은 100톤, 옥시가 70톤, 무궁화유지가 20톤, 동산유지가 12톤을 소비했다.

94년 현재 국내 세계생산업체에 Novo가 각사마다 70%, Gist-brocades가 30% 정도를 공급하고 있으나 애경에는 Showa-Denko가 33% 가량의 효소를 공급하고 있는 것으로 알려지고 있다.

이같은 Showa-Denko의 효소공급에 대해 업체일각에서는 Showa-Denko가 재고 정리의 일환으로 가격덤프를 일삼고 있으나 재고정리가 끝나는 시점에서는 시장확보가 어려울 것이라는 설명이다

2) 섬유 피혁공업용 효소

국내 섬유 피혁공업용 효소시장은 총 3300톤으로 52억원 가량을 보여 전체 효소시장 가운데 17.3%의 비중을 차지한 것으로 나타났다. <표 10>

이 가운데 섬유공업용 효소시장은 총 800톤으로 32억원 가량을 형성해 전체 효소시장의 10.7%를 차지했고 주로 α -Amylase와 Cellulase가 사용되고 있다.

일반 염색가공 업체에서는 α -Amylase만이 사용

되고 있는데 고온성 α -Amylase는 국내 생산이 없는 상태로 Novo와 Daiwa가 대부분의 시장을 점유하고 있다.

중온성 α -Amylase시장은 Novo, Daiwa, 상우화학, 태평양 등에서 시장에 참여, 경쟁하고 있다.

α -amylase시장은 500톤으로 8억원 가량의 시장을 형성, kg당 1600원선에 판매되고 있는 가운데 Novo가 60%, Daiwa가 40% 가량의 시장을 차지하는 것으로 나타났다.

또 Cellulase시장은 산성용 Cellulase시장이 300톤으로 24억원의 시장을 형성, kg당 8000원선에 거래되고 있는데 Genencor(한농) 30%, Novo 35%, Alko(비전상사) 30%, Daiwa(희구통상) 5% 가량의 시장을 점유했다.

중성용 Cellulase시장은 60톤으로 10억 2000만원 가량을 형성하고 있는 가운데 판매가격은 kg당 1만 7000원선에 거래되고 있으며, Novo가 독점하고 있다.

피혁공업용 효소시장은 2500톤으로 20억원가량을 형성해 국내 효소 전체시장 가운데 6.6%를 차지한 것으로 평가되고 있다.

피혁공업용 효소로는 주로 Pancreatin & Bacte-

표 10. 국내 섬유 피혁공업효소 시장현황

구분	효소명	수량	금액	단가	주공급처
섬유공업	α-Amylase	500	800,000	1,600	Novo, Daliwa
	Cellulase	300	2,400,000	8,000	Genencor, Rakuto
피혁공업	Pancreatin &	2,500	2,000,000	800	Rohm, Dlamalt
	Bacterial Protease				
소계		3,300	5,200,000		

rial, Protease가 사용되고 있는데 판매가격은 kg당 800원선에 거래되는 것으로 나타났다. 이 시장은 Rohm, Diamalt, 대동산업 및 한국삼협 등이 참여해 경쟁하고 있다.

제 3 절 세계 효소시장 현황

1. 유전자 재조합기술과 효소시장

세계적 효소제조회사인 Novo사의 생물산업그룹장인 리가드씨(Steen Riisgaard)는 4년전인 1990년에 앞으로 5년 이내에 모든 산업용 효소는 유전자 재조합기술로 생산될 것이라고 주장한 바 있다. 그 후 4년이 지난 현재 리가드씨의 주장은 50%가 사실임이 입증되었다. 사실 주요 효소생산기업가들은 시장에 출하되는 산업용 효소의 50% 이상(생산가 혹은 생산량 측면에서)이 현재 유전공학적으로 만들어진 미생물 활용으로 생산되고 있는 것으로 추산하고 있다.

1994년의 산업용 효소의 전체시장은 약 4억달러로 추산되고 있는데, 이 시장의 점유현황을 보면 Novo사가 약 50%, Gist Brocades사가 약 25%, 그리고 Genencor International사가 빠른 성장세로 20% 점유에 육박하고 있다.

유전자 재조합기술을 이용한 효소생산의 전통적 효소생산시장에의 침투는 매우 빠른 속도로 이루어지고 있다. 예를 들면 치즈제조용인 카이모신(chymosin)은 유전자 재조합형이 1991년 Pfizer사에 의해 처음 시장에 나와서 현재 미국시장의 60%를 점유하고 있다. 세제용의 리파제(lipase)는 전량 유전자 재조합 미생물로 생산되고 있는 상황이다.

현재 유전자 재조합 효모가 완전하지 못한데는 몇가지 이유가 있다. Novo사의 전략연구분석팀의

부회장인 디더릭센씨(Diderichsen)는 사실상의 모든 신제품은 유전자 재조합기술로 생산될 것으로 예측하면서도 일부 재래식 제품의 경우는 효소에 의해 서만 재구성하기에는 너무 복잡하다. 예를 들면 약 20여개의 효소를 포함하는 술/주스산업 및 사료산업용의 식품세포벽 분해효소의 제품은 경제적 측면에서 불가능하다. 그러나 우리는 조성을 분리하고 개별 효소를 Aspergillus에 클로닝시킴으로써 순수한 효소구성물질을 얻을 수 있게 되고 일부용도에 한해서는 전체조성액을 필요로 하지 않을 수도 있다. Novo사는 이러한 방법으로 상당한 수의 제품이 2~4년 이내에 상품화될 것으로 예측하고 있다.

유전공학기술에 의한 효소제품이 채택되기 어려운 또 다른 이유로는 시장규모가 작다는 것이다. 연구개발 및 재승인과 관련된 비용은 변화를 유발하기에 부담이 되고 있는 것이다.

가. 승인문제(Public Approval)

현재 산업용 효소의 약 55%를 차지하는 식품가공용분야에 있어 소비자 수용 (Public Acceptability)은 유전자 재조합 효소의 마케팅에 또하나의 장애가 되고 있다. 특히 유럽에 있어 이 문제는 심각하다. 유럽 연합(EU)국가들에 있어서는 효소와 관련된 규정은 전혀 없다. 유럽 재상회의(The Euyopean Council of Ministers)는 유럽 연합국가들을 조화시킬 만한 전유럽 신규 식품규제안에 의견 일치를 보지 못해 왔다.

그러나 미생물 식품효소 생산자협회(Association of Microbial Food Enzyme Producers)의 회장인 Danielle씨가 밝혔듯이 유럽에서의 법적측면이 혼란스럽고 부조화스럽지만 이것이 문제는 아니다. 그는 "실제로 효소는 신규 식품법에서 제외된다. 신규 식품 관련법에서의 문제는 라벨링(표지부착)

이다. 우리는 식품이 「유전공학효소가 함유되어 있음」의 표시를 원치 않는다”고 피력했다.

수용문제의 상황은 독일이 심각한 편이다. 독일 당국에서는 소비자 수용의 결핍으로 인해 마케팅 승인을 허락치 않고 있다. 독일에서 치즈산업계는 유전공학 효소제품에 관심이 없어하며 치즈제품은 라벨링되어야 한다. 더우기 독일은 중요한 시장이기 때문에 그러한 규제상황은 도미노 효과를 지닌다. 유전공학적 Chymosin을 개발한 Gist사는 네덜란드와 프랑스에서 마케팅 승인을 얻어 놓고 있다. 그러나 동사는 독일에서의 자사제품에 대한 보이콧의 경험으로 그 두 국가에서 제품판매를 유보하고 있는 상태이다.

비록 효소관련 기업들이 분명히 규제에 대해 경계를 하고 있으나 유전자 재조합 생산시스템으로의 전환은 불가항력적이다. 우선 유전자 재조합기술은 상당히 많은 수의 재래형 생산숙주에서 유전자 증폭기술로 생산량 증대를 가져올 수 있다. 예를 들면 곰팡이로는 *Aspergillus*, *Trichoderma*, 효모로는 *Kluyveromyces lactis*, *Saccaromyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica*, 박테리아로는 *Bacillus licheniformis* 등이 있다. 이에따라 Novo사는 전분용해 및 세제(Termamyl)용의 내열성 amylase를 전분용해 유전자의 증폭물을 함유하고 있는 유전자 재조합 *Bacillus licheniformis*에서 생산하고 있다. 이와 동시에 그와 같은 미생물은 광범위하게 신규 효소유전자의 카세트로서의 수용체로 이용되어 왔다.

유전자 재조합기술의 가장 큰 장점은 생산과정을 급격히 단축시킨다는 점으로 단백질공학에 의한 효소변이체의 개발을 가능케 한다. 이 기술로 5~10년이 소요되는 재래식 효소개발이 1~2년으로 단축될 수 있다. 유전자 재조합 발현시스템과 결합된 단백질공학 신효소변이체를 가능케하며 생산수준에 빨리 도달하도록 해 준다.

Novo사의 관계자는 이러한 기술이 효소산업을 더욱 제품지향적으로 유도할 것으로 믿고 있다. 즉 시장평가에 크게 의존할 필요없이 흥미있는 효소를 발견하면 자연히 시장이 창출될 것으로 생각한다. 부연하면 시장을 예측할 필요도 없이 유전자 재조합기술은 큰 노력을 들이지 않고 또하나의 잠재적 제품을 개발하고 누군가가 그 용도를 정의하면 사용은 시간문제일 뿐이다. 이를테면 Novo사는 수십

개의 미생물 셀룰라제 유전자를 클로닝 발현시켜 놓고 있지만 각 효소에 대한 특별용도에 관해 명확한 생각을 갖고 있지 않다. 단지 동사는 직물, 세제, 종이 및 펄프업계의 잠재적 종사자를 찾고 있을 뿐이다.

나. 향후전망

향후 수년내에 효소산업은 첨단기술의 드라이브에 힘입어 급격한 변화를 보일 것으로 전망된다. 예를 들면 Novo사의 생물다양성 이용계획은 신규 효소활성을 탐색하는 대규모 미생물 배양체계를 확립하는 것이다. 동사의 관계자는 기존의 자사균주는 취급가능한 것들을 대상으로 하여 왔으나 지금은 유전자 재조합기술의 이용으로 확보할 수 있는 모든 균주를 배양하고 있다고 밝히고 있다.

범용효소생산에서 가장 현재한 예는 Gist-brocades사의 phytase의 식물기반 생산시스템의 개발이다. 식물효소인 phytase는 사료첨가제로 사용된다. 그것은 가축에 영양 가치가 없을 뿐아니라 단위동물의 소화기관에서 다른 중요 미량요소에 Chelate하며 영양생리에 저해적 역할을 하고 최종적으로 분해되지 않아서 환경오염원 특히, 호수 부양화 현상의 주범인 phytate를 분해하여 유기 phosphate를 만드는 작용을 하는 효소이다. 또한, 이 효소는 환경오염에 대한 역량평가가 단순한 COD나 BOD에서 질소질(M), 인(P)량을 규제함에 따라서 단위동물을 사육하는 농업에서는 반드시 필요한 분야이다.

Gist사의 유전자 재조합 Phytase는 *Aspergillus niger*에서 생산되는데 1992년 돼지 사료첨가제로 개발되어 현재 네덜란드에서 돼지사료의 50% 이상에 사용되고 있다. 한편 Gist사는 1989년부터 Mogen사(Leiden 소재)와 유전자 재조합 식물체의 Phytase 유전자의 발현을 위해 협력하고 있다. 이 협력연구의 발상은 식물로부터 효소를 추출하지 않고 직접 사료에 첨가하므로써 효소로 별도의 혼합시킬 필요가 없게 된다. 이로써 효소추출과 사료첨가의 두 과정이 생략된다. Mogen사와 Gist사는 1993년 tobacco에서 phytase 유전자 발현을 보고한 바 있으나 최종적 발현숙주는 동물사료의 공통적 혼합물인 oil seed가 될 것이다.

또한 향후 수년내에 전개될 발전은 효소자체와 효소제품을 tailing할 수 있는 능력에 크게 달려있다고 Genencor사의 Senford씨는 믿고 있다. 그는 효소산업에서의 기회는 극한환경으로부터 추출된

표 11. 산업용 효소시장

(단위 : 백만\$)

By application	1989	1994	2000
Food Processing	114	140	195
Beverages	74	92	150
Detergents	78	112	180
Other Markets	31	57	115
Total	297	401	604

Source: The Freedonia Group, Inc., Ohio, U.S.

효소의 신규기작을 원하는 기능으로 조작하는 것이라고 설명한다. 이들 효소는 흥미있는 특성을 지니고 있으나 그 자체로 상업제품은 되지 못한다. 그러나 단백질공학기술은 이들을 제품으로 전환시킬 수 있다. 또한 그는 단백질공학기술도 변화할 것으로 믿고 있다. 즉 지금까지의 유전공학적인 조작은 site by site로 이루어졌으나 앞으로 기술은 여러 site를 동시에 변화시킬 "directed evolution"을 가능하도록 발전하게 될 것이다. 이렇게 되면 선발과정을 거쳐 가장 좋은 특성을 지닌 효소를 골라내면 된다.

2. 세계 주요 효소시장 현황 <표 11>

- 범용효소시장(유전자 재조합 효소이용 효소)

유전자 재조합 기술로 생산되는 효소는 1993년 전체 효소시장 4억달러의 50% 이상을 상회한다. 시장 분할은 Novo-Nordisk사(덴마크)가 약 50%, Gistbrocades사(네덜란드)가 약 25%, Genencor사(미국)가 약 20%를 점유하고 있다.

- 식품효소

세계 식품효소시장은 1993년 기준으로 약 3억 6000만달러로 년 평균 4% 성장세를 기록하고 있다 (Decision Resources사 예측), 용도별 효소의 시장 점유 상황은 옥수수 가공용이 약 40%, 낙농산업용이 약 34%, 음료산업이 약 10%를 차지하여 전체 식품효소의 약 84%를 점유하고 있다. 그 나머지는 주류산업 및 기타 산업등의 용도에 분포해 있다.

미국의 식품효소시장은 1993년 기준으로 renin이 5000만달러, glucoamylase가 2,700만달러, glucose isomerase가 약 2,300만달러를 기록하였다. 1995년을 전망하면 rennin과 glucose isomerase가 시장점유율 증대가 예상되며 alphamylase, glucoamylase, pectinase는 하향할 것으로 예측된다.

- 미국시장 <표 12, 표 13>

표 12. 미국 식품첨가물 및 효소시장

(단위 : 백만달러)

Flavorings & Enhancers	930
Gums & Thickeners	480
Sweeteners	900
Dietary Fibers	325
Emulsifiers	285
Acidulants	225
Enzymes	135
Anti-oxidants & Preservatives	185
Colors	160
Vitamins	90
Humectants	70
at Replacers	65
Leavening Agents	50
Bulking Agents	50
Total	\$3.95bil

Source: A.D. Little, 1992

표 13. 주요 효소용도별 미국 효소시장

(단위 : 백만달러)

효소명	시장		
	1992년	1997년	년평균 성장율
효소명			
세제용	105	160	9.8
의료 및 진단	55		12.7
기 타	45	93	15.6

(가축사료, 펄프등)

출처 : Freedonia Group, 1993

미국 효소시장은 년평균 9.6%의 성장율로 1997년에 8억 4,500만달러에 이를 것으로 예측되고 있다 (Freedonia Group 조사자료). 현재의 환경 및 규제 조치로 phosphates와 chlorine의 대체재로 생분해성이며 비독성인 효소의 사용이 촉진되고 있다. 생명공학의 의약시장으로의 신효소 사용증대도 효소 수요를 증대하는 요인이 되고 있다.

- EC 산업용 효소시장

산업용 효소의 EC시장은 급격히 증가하고 있으며 일부 국가에서는 향후 수 년 이내에 2배로 증가할 것으로 전망되고 있다. 특히 높은 성장이 기대되는

분야는 의료, 진단, 농업, 폐수처리이다(Frost & Sullivan 전망, 1992).

EC 산업용 효소시장은 1991년에 3억 1,300만달러이며 1995년에 4억 1,600만 달러로 예측된다. 이는 세계 전체시장의 3분의 1에 해당한다.

국가별로 보면 독일시장이 8,300만달러로 가장 크며 프랑스가 5,800만달러, 영국이 4,500만달러의 규모이다. 모든 국가시장이 1995년에 20% 이상 증가할 것으로 예측되는 가운데 독일은 50% 이상 증가가 예상된다.

• 북미지역 촉매산업 규모

Market	1991	1996
Potroleum	\$ 589	\$ 635
Chemical	1,113	1,364
Environmental	911	1,199
Spent catalyst	286	439
Biocatalyst	460	580
Subtotal	746	1,019
Total	3,354	4,217

Source: Catalyst Consultants(Spring House, PA), 1992

• EC 계면 활성제 시장

향후 수년 이내에 가정용품이 유럽에서의 계면활성제 소비를 지배할 것으로 전망되고 있다(Frost & Sullivan International 전망). 1992년 F & S은 1992년 EC의 계면활성제 25억 9,000만달러 시장의 50% 이상이 가정에서 소비되고 있고 이러한 상황은 시장규모가 28억 2,000만달러에 달한 1997년에도 변함이 없는 것으로 내다보고 있다.

1992년에 생산된 170만톤의 계면활성제는 53%가 anionic, 37% nonionic, 8%가 cationic, 2%가 amphoteric이다.

국가별로 보면 유럽에서 독일이 39만톤으로 가장 큰 시장이며 이어서 이태리, 프랑스, 영국의 순으로 각각 29만톤, 28만톤, 27만톤이다.