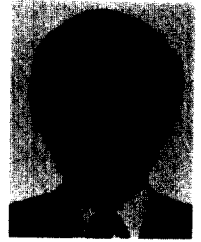


세계 효소생산 및 소비현황



노보코리아 박 용 호

1. 서 론

양차세계대전이후 한정된 자원의 동식물로부터의 효소추출방식에서 미생물발효에 의한 효소생산이 관심을 끌기 시작하였다. 오래전부터 동양에서 표면발효에 의한 미생물 증식방법이 이용되어 왔으나 전후에는 주로 액침배양에 의한 대량증식에 의거하게 되었다. 덴마크 NOVO사는 페니실린제조기술로부터 발전시켜 1963년경에 세탁용세제용의 단백질 분해효소인 ALCALASE를 생산하기 시작하여 산업분야에 미생물효소를 사용하는 길을 터놓았다. 이어서 1973년에는 고온액화효소인 TERMAMYL을 생산하여 전분당공업의 큰 변화를 가져왔으며 최초의 고정화제품인 이성화효소 SWEETZYME을 생산하여 과당생산의 전기를 마련하였다. 이 때문에 식품전문가들과 세계 및 기타 전문가들은 효소산업의 밝은 장래를 점치었다. 노보사보다 조금 뒤에 이 시장에 뛰어든 홀랜드의 GIST BROCADES사 및 미국, 독일, 일본 등의 회사들의 등장으로 치열한 기술개발, 판매경쟁시대가 전개되어 갔다. 70년대 중반부터 80년대 초반까지 기하급수적인 발전을 거듭하던 효소산업이 80년대에 들어서면서 전분당 및 세제용 효소의 수용증가율감소에 따라 가격하락 등을 초래하면서 판매금액은 소폭 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 서유럽에서와 미국시장에서의 세제용 효소 및 전분당효소의 수용정체에 그 주된 원인이 있다 하겠다. 다만 이 지역들에서 세제용 효소가 특히 미국지역에서 수요가 늘어나고 있고 한국, 일본 및 기타 제국들에서의 수요증가로 인해 당분간 상승추세를 유지하리라고 보는데 한국, 일본에서의 전분당효소의 증가추세도 둔화되고 있다. 최근에 몇몇 초대형 소비회사들의 자가소비용 효소의 직

접제조 움직임도 눈에 띄이나 아직까지는 경제성 및 공급안정성 등을 이유로 극히 제한적인 현상으로 보여진다. 기존업체들은 경쟁력 제고 및 시장확대를 위하여 많은 개발비 투자를 해오고 있는데 노보사와 같은 경우는 매출대비 10% 이상을 투자하고 있어 신두의 입장을 고수해 오고 있다. 한편으로는 뉴 테크놀로지를 위주로한 새로운 회사들이 이 시장에 참여하고 있는데 유전자조작 등을 이용하여 기존회사들과 더불어 제 2세대, 3세대 효소 개발에 박차를 가하고 있다. 그러나 아직까지는 개발의 어려움과 더불어 그 적용경제성 등의 이유로 실용화단계에 있는 신효소들은 겨우 손꼽을 정도이다. 혹자가 말하듯 기술의 발전에 비하여 산업적응화가 뒤진다는 것도 이해가 되는 일이다. 본고에서는 작금의 효소시장에 대하여 나름대로 논하고자하나 실제적으로 정확한 통계자료의 빈곤과 지엽적 또는 피상적인 자료들에 의거해야 하는 어려움아래 그 내용의 한계가 분명히 있음을 예고해야겠다. 부실한 점을 조금이나마 메꾸고자 주로 산업용효소에 대하여 서술하고 다른 중요한 분야인 의약품이나 시약용효소에 있어서는 언급을 회피하고자 한다. 곡자형태의 효소 및 기타 소량 생산되는 효소들에 대해서도 논술치않기로 하겠다.

2. 분야별 판매규모 및 사용실태

작년도 세계산업용효소 판매규모는 정확히 밝혀진 바 없으나 대체로 450만불 정도로 추정된다. 물량적인 산출은 가격체제 등의 이유로 일괄적으로 말하기 힘들 듯하다. 위 금액은 70년대말과 80년대초에 예상하였던 수치보다는 많이 떨어지는 듯한데 그 이유는 앞서도 언급한 바 있다. 1990년

도의 예상금액도 약 500-600만불로서 그 증가율은 그다지 크지 않을 것같다는 예측이 우세하다. 분야별로는 각 해석집단별로 차이가 있는데 대체로 2가지 정도를 볼 수 있을 것같다. 첫째 경우는 세제효소의 비율이 가장 높다는 추이고 둘째는 전분 가공효소의 비율이 높다는 경우이다. 전체적으로 보아 식품산업용효소가 비식품의 경우보다 월등히 높은데서 나오는 발상일수도 있겠다. 그러나 실제에 있어서는 별 큰 차이를 예상하지 않으므로 각 분야별로 세분화시키기 위하여 첫째 경우에 착안해 보고자 한다.

표 1에서 보는 바와 같이 세제공업 및 전분당공업이 전체의 60% 이상을 차지하고 있으며, 세제공업에서는 주로 알칼리성 protease가 거의 95% 이상을 차지하여 세척력 증가에 쓰이고 있고 나머지를 Amylase 및 Cellulase 등이 차지한다. 전분당의 경우 α -Amylase, Glucoamylase 및 Isomerase가 거의 전부를 차지하는데 물엿, 포도당 및 과당 특히 55% 고과당이 큰 몫을 차지한다. 이외에 Fungal α -amylase, β -amylase 및 Pullulanase가 나머지를 차지하는데 최근 들어 Gluconamylase와 Pullulanase 복합효소가 당화에 쓰여 포도당수율을 높이는데 쓰이고 있다. 낙농의 경우 주로 치즈제조용으로 카제인 응고효소 Rennets가 거의 전부를 차지하는데 치즈향증진용으로 Lipase가, 웨이나 우유유당분해용으로 Lactase가 쓰이기도 한다. 알콜·맥주공업에서는

액화 및 당화에 α -amylase 및 Glucoamylase가 많이 쓰이고 맥주호림방지용 등으로 Papain 및 β -glucanase가 쓰이고 있다. 종이·피혁에는 α -amylase로 풀(SIZE)를 빼는데에, Trypsin 제제가 피혁의 탈회 및 탈모공정에 쓰이고 있다. 제과제빵업에는 주로 Fungal amylase가 조직개선용으로 밀가루에 혼합되어 쓰이고 비스킷강도개선용으로 Protease가 쓰이기도 한다. 최근에는 빵 신선도유지용으로 (Anti-staling) α -amylase 및 Pullulanase가 쓰이기도 한다. 주스·와인쪽에는 Pectinase를 사용하여 청징용으로 쓰이고 최근에는 주스수율증가 및 와인공정개선용으로 각각 Pectinase-Cellulase Complex나 β -glucanase가 쓰이기도 한다. 섬유공업에는 풀을 빼는데 α -amylase가 사용된다. 최근 들어 Cellulase를 이용, 품질개선노력도 이루어지고 있다. 사료공업에는 사용잠재력이 방대함에 비하여 현재는 일부 동물약품이나 유아기동물용으로 Cellulase, α -amylase, protease 및 β -glucanase 등이 조금 쓰이고 있다. 기타산업에서는 유지전환용으로 Lipase가, 고기연육제용으로 Bromelain이, 최근 들어 각광을 받기 시작한 Penicillin acylase 및 Aminoacid acylase가 각각 6-APA 및 L-amino acid 제조에 쓰이고 있다. 그외에도 Lysozyme이 제약 및 낙농공업에, Glucose oxidase가 치약제조 등에, 잔여 H_2O_2 제거에 Catalase 등이 쓰이고 있다.

표 1. 분야별판매금액.

(1986년)

산 업	추정금액(백만불)
세 제	153
전분당	121
낙 농	72
알콜, 맥주	27
종이, 피혁	22
제과, 제빵	18
주스, 와인	18
섬 유	9
사 료	5
기 타	5
계	450

3. 실용효소의 종류 및 제조회사

효소의 종류는 알려진 것만도 2천여종이 넘지만, 실제로 산업적으로 이용되는 효소는 20가지를 크게 넘지 못한다. 산업적이라는 규모는 대체로 50만불 이상되는 금액의 크기로 분간되는 것같다. 표 2에도 나와 있지만 제품의 성상은 세제용인 세균성 Protease와 Isomerase가 고상이고 그 나머지는 대부분 액상인 형태이다. 고정화제품은 그 특성상 여러가지 이점이 있을 수 있으나 실제로는 Glucose Isomerase 이외에 산업적으로 성공한 예가 없었으며 최근에 Penicillin acylase가 그 명맥을 이었을 뿐이다. 이것은 발효수율증가 등으로 효소제조비용의 감소로 효소가격하락에도 큰 원인

표 2. 실용화된 효소

명 칭	주요성상
1. α-amylase	액 상
2. Glucoamylase	액 상
3. Glucose Isomerase	고정화
4. Bacterial Protease	고 상
5. Rennet	액 상
6. Pullulanase	액 상
7. Pectinase	액 상
8. Papain	액 상
9. Invertase	고 상
10. Lipase	액 상
11. Penicillin Acylase	고정화
12. Bromelain	고 상
13. Lysozyme	고 상
14. Cellulase	액 상
15. Glucose oxidase	액 상
16. β-glucanase	액 상
17. β-amylase	액 상
18. Lactase	액 상
19. Catalase	액 상
20. Trypsin	고 상

이 있어 현재 고정화시스템을 고려하는데에는 효소반응공정의 연속화와 경제성이 함께 할 때만으로 한정되어 있는 실정이다.

효소생산량을 국별로 따지는 것은 효소메이커의 다국적성에 비추어 힘들것으므로 회사별로 따져보는 것도 좋을 듯 싶다.

표 3에서 보는 바와 같이 메이커수가 많으나 각 회사별 시장점유율은 정확히 알기 힘들다. 그러나 일반적으로 서너개의 회사가 대부분을 점유하고 있으며 그중에서 노보사가 거의 50%의 점유율을, 기스트 브로카데스사가 25%선을 마일즈/엠케이시사가 10%선을 그리고 나머지를 휘니시슈가/에이디엠, 한센, 사노피, 화이자, 엔자임바이오시스템, 아마노사 등이 나누어 갖고 있는 듯하다. 각 제조회사들의 제품을 보면 노보사가 상기열거한 효소들 중 미생물원천의 것은 거의 모두 생산하고

있고 기스트 및 마일즈사도 많은 부분을 생산하고 있다. 그러나 그외의 회사들은 특정효소들을 취급하는 경우가 많은데 한센 및 사노피는 동물렌넷를, 휘니시슈가는 주로 전분당효소를 엔자임바이오시스템사는 주로 포도당이성화효소만을 아마노사는 글루코아밀라제를 고도수세이는 이성화효소만을 화이자는 프로테아제를 주로 생산한다. 그외에 수많은 지역생산업체들이 많은데 우리나라의 태평양화학도 이 범주에 들어가는 것같으며 각 지역의 특성에 맞게 생산 판매하고 있다. 다국적 회사들은 보통 여러나라에 생산공장을 가지고 있는데 특이할만한 것은 남미지역에도 상당수의 소규모 공장들을 운용한다는 것이다. 이지역의 효소소비는 상대적으로 크지는 않지만 외환보유고 문제로 지역생산이 필요하기 때문인 것같다. 몇개의 대형제조회사가 시장을 대부분 점유하고 있는 것은 제품개발능력에 의한 경제적인 경쟁력에 그 원인이 있는 것같으며 나머지 회사들은 제품의 특수화 또는 자가소비목적 및 지역중심의 생산에 주력하고 있다.

표 3. 세계 효소제조업체

회 사 명	국 명
NOVO	덴마크
Gist Brocades	홀랜드
Miles/ MKC	미국/ 독일
Finnish Sugar	핀란드
Hansen	덴마크
Sanofi	미 국
Pfizer	미 국
Enzyme Bio-systems	미 국
Amano	일 본
Godo Susei	일 본
Shin Nihon	일 본
Biocon	아일랜드
Genencor	미 국
Nagase	일 본
기 타	-

4. 소비국별 회사별 실태

효소의 가장 큰 소비국은 단연 미국이다. 이것은 주로 미국이 대형전분당제조회사들을 보유하기 때문인데 향후 세계용효소소비증가로 인해 비중은 더욱 중요해질 전망이다. 현재는 전세계소비량의 약 40%를 점하고 있다. 그 다음이 서유럽 제국이며 전분당생산의 절대적 제한으로 주로 세계용 및 치즈생산용효소 등으로 30-40%, 나머지를 일본, 한국 등 기타 세계에서 소비하고 있다. 산업별 회사별로 볼 때에도 주요소비회사수는 예상대로 그 수가 적은 것을 알 수 있다(표 4).

세계의 경우 세계시장의 대부분을 소위 인터넷 셔널 소우퍼들인 유니리버, 피앤드지, 콜케이프탈 모리브 3사가 차지하고 있으며 그 다음으로 헨켈, 약조, 코락스 등이 있고 일본의 카오(KaO), 라이온(Lion) 및 우리나라의 럭키, 애경 등이 대표적인 로칼 소우퍼들이다. 서유럽 제국들에서는 소비가 조금씩밖에는 증가하지 않고 있는데 그 원인은 일찍부터 효소의 사용이 일반화되어 현재 70% 이상이라는 효소사용점유율을 보이고 있기 때문이며 다만 공해문제와 관련 무린화추세가 증가되고 세계소량사용추세가 있음으로 효소의 사용량이 조금씩 증가하고 있다. 미국이 가장 큰 잠재력으로 남아있는데 이것은 역사적인 이야기도 있지만 현재 까지 효소사용점유율이 30%를 갖 넘어섰기 때문이다. 전통적인 이유 등으로 액체세계의 점유율이 30% 정도로 높은 편인데 이것과 더불어 공해문제, 저온세탁문제 등으로 효소의 사용이 최근 들어 꾸준히 증가하고 있다. 다만 고형세계에 효소 사용이 관건이 되고 있는 것이다. 일본 및 한국·기타제국에서의 경우 대부분이 분말세계에의 이용이 눈에 띄고 있는데 일본도 무린화추세에 힘입어 현재 60% 이상의 효소사용점유율을 가지고 있고 우리나라의 경우는 현재 급격한 증가추세를 보이고 있어 일본수준까지 가는데 긴시간을 요하지는 않을 전망이다. 미국 및 일본 그리고 한국 등은 저온 세탁국들이므로 저온에 적합한 프로테아제가 주로 이용되는 추세이다. 향후 리파제나 셀룰라제 이용도 증가할 것으로 보여지며 꾸준히 저온용효소개발이 이루어질 것 같다. 또한 식기세척기용 세

제의 개발로 이밀라제사용도 증가할 전망이 보인다. 모든 세계회사들은 특히 인터넷셔널소우퍼를 중심으로 미국에서의 오래전 경험으로 효소사용 및 계면활성제 사용에 대한 안전인식이 높아져 있으며 현재 쓰이는 고형효소들은 공기중 먼지레벨을 극소화시킨 그라놀레이트 형태의 효소이다. 세계산업에서 또 하나의 특색은 산소계표백제 사용의 증가인데 미국 및 서유럽을 비롯해서 일본·한국등지에서도 서제와 함께 또는 별도로 사용된다. 이것은 효소와 함께 사용할 수 있는 이점도 있어 대부분의 산소계표백제에는 효소가 함께 사용되는 추세로 있다.

전분당공업의 경우 미국의 대형업체들이 약 10개사 정도로서 전체시장의(특히 과당의) 80% 정도까지 생산하고 있는 것이 특색이며 일본 및 한국의 비중도 대단히 큰 편에 속한다. 일본에는 가토, 산마츠, 산와, 니혼쇼쿠힌 등 큰 회사들이 10개 정도로서 전체일본시장과당생산의 95% 정도를 생산한다. 우리나라의 경우는 현재 과당생산을 말하자면 4개사, 주 선일, 미원, 풍진, 두산이 전체를 점하고 있다. 서유럽에도 대형전분당회사들이 있는데 그 대표적인 것으로 로케트(Roquette)를 꼽을 수 있겠다. 이 회사는 프랑스와 이태리, 미국 등에 공장이 있으며 술비톨생산으로도 유명하다. 사용원료는 대부분이 옥수수를 사용하나 서유럽에서는 밀과 작자를 또 동남아시아 등에서는 타피오카도 사용하고 있다. 향후 관심있는 부분은

표 4. 주요산업 및 주요회사

산	업	회	사	국	가
세	제	Unilever		영	국
		P & G		미	국
		Colgate		미	국
		Henkel		독	일
		Akzo		홀	랜
		Corox		미	국
전	분	ADM		미	국
		Staley		미	국
		CPC		미	국
		Cargill		미	국

알파아밀라제의 내열성증진, 글루코스함량증진, 이성화효율제고 등이고 신제품으로서는 특히 동양에서 하이말토스, 네오슈가씨아클로텍스트린, 커플링슈가 등과 같이 새로운 물성을 가진 저감도 슈가생산 등이 있다.

기타산업을 살펴보면 소비회사들의 다양함 때문에 본고에서 다루기는 어려운 입장이나 중요하고 특징적인 부분만 다루어 본다면 우선 치즈생산을 꼽을 수 있을 것이다. 서유럽 제국은 주로 네추럴 치즈를 생산하고 있으며 프랑스, 독일, 이태리, 홀랜드, 덴마크 등이 주요 생산국이다. 동물렌넬트가 아직은 더 많이 쓰여지고 있고 미생물렌넬트의 사용도 증가하고 있으며 미국의 경우는 프로세스치즈생산이 많은 나라로서 동물렌넬트와 더불어 미생물렌넬트의 사용도 많은 나라이다. 동양에 있어서 치즈생산은 오세아니아를 빼고는 아직도 낮은 수준에 속하는데 일본은 상당히 증가된 추세에 있고 우리나라의 경우 프로세스치즈수요가 급격히 증가하는 추세이다. 피혁공업과 섬유공업에서는 효소가 제제형태로 만들어져 쓰이는 경우가 많은데 주요 소비국은 이태리, 독일, 한국 등이다. 세빵공업에서는 서유럽에서 많은 효소를 쓰고 있는데 특히 프랑스, 영국 등이 대량소비국에 속하고 미국에서도 상당량 소비되고 있으며 특히 앤티스텔링효과 등에 관심이 높다. 종이업계에는 최근 들어 셀룰라제 등을 이용한 신공정개발도 검토하고 있는데 풀빼는데 쓰이는 아밀라제 사용은 어느 지역에서는 변성전분의 사용으로 인하여 제한되고 있는 실정이고 주스공업은 독일, 스위스, 오스트리아 등과 동구권의 폴란드 등이 사과주스용 펙티나제를 많이 사용하고 있고 최근 들어 올리브유나 팜유추출 등이 그리이스, 이태리, 말레이시아 등 생산국에서 펙티나제제제로 이루어지고 있는 중이다. 맥주공업은 독일같이 순수몰트만 사용하는 나라를 제외하고는 대부분이 전분원료를 사용하는 관계로 효소사용에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 몰트생산량이 적은 아프리카, 인도 등지에서는 다량 사용하는 경우가 있고 저알콜 및 저칼로리 맥주제조시에도 당화효소 등이 사용되고 있다. 호림방지에 쓰는 효소 사용량은 꾸준한 수준을 유지하고 있다. 마지막으로 특색있는 것은

페니실린업체인데 6-APA 수요증가로 멕시코, 인도, 그리고 우리나라 등의 아실라제 수요도 증가하고 있는 실정이다. 꾸준히 관심의 대상이 되어 오는 것은 역시 동구권 및 공산권의 효소의 사용일진대 대부분의 경우 자가생산을 목표로 하고 있는 상황이고 현재까지의 소비량은 그다지 많지 않은 것으로 되어 있다. 그러나 세탁용세제효소나 전분당효소, 맥주용효소, 주스용효소 등은 지속적인 수요가능성이 있어 왔다고 볼 수 있겠다.

5. 향후개발동향

앞서도 약간 언급된 것과 같이 개발의 가능성은 무한하다. 신기술인 Recombinant DNA, Protein Engineering 및 Transesterification 등의 연구가 활발하나 문제는 산업화시키는데에 있다고 볼 수 있다. 전통적인 방법 혹은 신기술에 의하여 최근에 이미 소개가 되었거나 가까운 장래에 실용화될 수 있는 효소를 보면 표 5와 같다.

물론 그외에도 다수 연구 및 파일롯스케일의 제품이 이야기되고 있지만 실용화단계에는 문제점들도 많은 것이 사실이다. 예를 들면 DNA 조작에 의한 순수 Rennet 제조방식, 당화효소개조에 의한 포도당 수율향상방법 등이다. 이외에도 케미칼 합성에 관한 연구들이 활발한데, 대체로 이 연구들을 활발히 진행시키고 있는 회사들은 선두주자들인 노보, 기스트 브로카데스와 제넨코 및 기타 연구기관들로서 현재로서는 신효소의 출현에 대하여 아무도 속단할 수 있는 입장이 못될 듯 싶다.

표 5. 가까운 장래의 효소

명 칭	비 고
Lipase	Fats, Detergent
Cellulase	Feed, Paper, Det
Hydratase	Acrylamide
Lactoperoxidase	Milk replacer
Phospholipase	Lecithin
Thermolysin	Aspartame
Ligninase	Paper
Dextranase	Sugar, Tooth paste