



발효 산업의 현황과 발전방안

임 번 삼

한국과학기술정보연구원

제1장 식문화와 발효식품

1. 식문화와 민족성

식문화는 민족성 형성에 큰 영향을 끼치므로 국가 차원에서 육성·발전시켜야 한다. 서양은 목축업의 발달로 육류를 주식으로 하기 때문에, 식사는 창과 칼을 상징하는 포크와 나이프(fork & knife)를 사용하고, 육류는 선혈이 흐르는 상태(rare)로 즐겨 먹는다. 따라서 이들의 민족성은 호방하며 공격적이다.

반면 동양은 농·수산업에 기초한 쌀, 보리와 생선을 주식으로 하므로, 삽과 지팡이를 연상하는 수저와 젓가락으로 식사를 한다. 이러한 식습관이 자연스럽게 평화로운 민족성을 갖게 한 것으로 판단된다. 같은 극동권에서도 우리나라는 수저와 젓가락을, 중국과 일본은 주로 젓갈을 이용한다. 이러한 동양의 식문화가 동양인을 자연에 순응하는 민족으로 만든 것으로 사료된다.

또한 동양 3국의 식문화를 비교할 때 민족성의 차이는 더욱 극명하게 나타난다. 중국은 수질이 나쁘고, 전쟁이 많았던 탓에 음식을 삶고 튀기는

데, 이러한 식습관에서 끈질긴 생존력과 낙천적이며, 해학적인 민족성이 도출된 듯 하다. 일본 역시 잦은 전쟁으로 짧은 시간에 자연의 식소재를 있는 그대로 즐기는 신선·담백한 맛의 문화를 창출하였다. 따라서 맛이 색과 조화를 이루는 “눈으로 먹는 음식문화”를 만든 것이다. 이러한 식문화는 차가움에서 오는 이지적이며, 탐미적인 민족성을 형성하게 한 것으로 보인다.

반면 우리나라는 거의 모든 식자재를 삭히고 끓임으로써, 맛과 냄새(향)를 극대화하여 음식을 즐겼다. 야채를 삭힌 것이 김치가 되었고, 수산물을 삭힌 것이 젓갈류가 되었다. 곡류를 삭혀 감주, 막걸리, 식초 등, 과일을 삭혀 과실주를 만들었다. 여기서 삭힌다는 것은 발효를 의미하며, 미생물에 의해 모든 식자재가 발효되면 맛의 구성성분인 아미노산, 핵산, 유기산, 펩티드, 단당류, 방향성분 등으로 전환되어 맛의 조화를 이룬다. 이렇게 하여 탄생한 “발효에 의한 복잡한 맛”이 한국의 전통적인 맛이라 할 수 있다. 따라서 한국인의 민족성은 깊고 조화적이다. 그 깊은 속내를 단편적으로 드러내려 하지 않으며, 드러낼 수도 없는 것으로 생각된다. 맛과 영양을 모두 갖추도록 조리하

는 식습관에서 원칙적이고 명분을 중시하는 예(禮)의 문화가 형성된 듯 하다.

2. 한국의 발효식품과 발효의 맛(醱酵味)

발효식품은 여러 면에서 우리 환경에 적합하다. 사계절에 관계없이 음식을 저장할 수 있고, 맛과 영양이 가장 좋은 상태에서 맛있게 먹을 수 있기 때문이다. 긴 발효 과정에서 기다림의 민족성이 짙은 듯 하며, 발효에 의해 창출된 다양한 조화된 맛이 한국의 전통적인 맛의 본질이라 할 수 있다.

발효식품이 주로 동양에서 발전한 이유는 서양인이 즐기는 육류의 경우, 그 자체가 맛이 있지만, 동양의 주식인 쌀, 보리는 그 자체로는 맛이 없기 때문에 이를 보완하는 수단으로 자연스럽게 형성된 것이라 할 수 있다. 그러나 같은 동양권이면서도 중국과 일본은 우리에게 비해 발효문화가 일반화되지 못했다. 우리나라는 독특하게도 동남아의 어장문화(魚醬文化)와 동북아의 장류문화(醬類文化)를 모두 가지고 있다.

이처럼 우리나라는 전통적으로 발효와 깊은 연관을 가진 전통 바이오기술의 종주국이라 할 수 있다. 이러한 전통 바이오 산업을 현대화하는 일은 우리의 식문화를 계승·발전시키는 의미도 가지고 있다. 따라서 오늘의 BT 산업을 이러한 발효기술을 기반으로 추진한다면 보다 효과적일 것이라 생각된다. 전통 발효식품은 최신 BT기법을 접목한다면 세계 식품으로 발돋움할 것이며, 여기에서 창출된 발효기술과 발효물질은 새로운 기능의 발견으로 이어질 가능성이 크다. 우리가 전통 발효식품을 중시해야 할 이유가 여기에 있다.

3. 기업의 아이덴티티

1990년대 중반 WTO협정이 발효된 이후, 세계는 국경 없는 무한경쟁 시대로 돌입하였으며, 발효 산업도 예외는 아니다. 세계 굴지의 기업들이 선진 마케팅기법으로 국내 시장에 침투하고 있는

데, 우리 기업이 국내 시장만 대상으로 사업을 한다면 실패의 결과가 기다리는 것은 자명하다. 따라서 기업은 자사의 현재 업종과 업무에 대한 재정의로 아이덴티티를 재정립해야 한다. 즉 현재의 아이덴티티와 앞으로 추구할 아이덴티티는 무엇인지 명쾌하게 재설정할 필요가 있다. 기업의 목적과 아이덴티티가 없이 어떻게 사업을 영위할 수 있겠는가? 삼성경제연구원(2003)은 기업을 5가지 유형으로 분류하였다. 이 중에 자사가 어느 분류에 속하고 있으며, 앞으로는 어느 분야를 지향하는지 재정의가 필요하다.

- 특정 기술·서비스 제공형: 특정 기술의 연구개발과 서비스만 제공
- 기술 라이선싱형: 신물질을 개발하여 licence-out, 연구개발형 기업
- 가상 통합형: 외부에 연구개발, 임상실험을 위탁 후 통합하여 제품화
- 종합 생물 산업형: 신물질을 연구개발 후, 세계적 판매망을 위탁 활용
- 종합 제약기업형: 신물질의 개발에서 판매까지 자체 수행

다음으로 발효기업이 고려할 사항이 가치사슬이다. 대학이나 연구기관에서 요소기술을 개발하여 산업체에 제공하면, 대량 생산된 제품이 유통업체를 통하여 고객에게 전달되는 사슬을 형성한다. 연구개발은 임상 전 단계(preclinical phase), 임상 단계(clinical phase I, II, III)를 거쳐, 인증(validation)과 마케팅으로 이어진다. 자금조달은 제1 또는 제2 금융기관이나 정부의 기술지원 정책 자금을 용자 또는 제공받아 기업에서 연구개발이나 생산에 이용한다. 이러한 여러 사슬 중, 어느 단계부터 어떻게 참여 또는 활용할 것인지 심사숙고 필요하다.

발효 산업의 경우, 발효 산업의 연구 및 사업 대상에 대한 범위를 설정할 필요가 있다. 발효의 주체인 미생물은 비싼 로열티를 지급하고라도 우

수한 산업용 균주를 구입할 것인지, 아니면 자체 개발할 것인지 선택해야 한다. 자체개발을 선호한다면, 최신 균주 개량기법인 핵산셔플링(DNA shuffling), 대사공학, 마이크로어레이(microarray)를 포함한 시스템미생물학(system microbiology)에 막대한 투자를 각오해야 하며, 새로운 미생물 자원을 얻기 위한 극한 미생물의 탐색도 병행해야 한다. 이러한 어려움을 해결하는 방안으로, 미국의 최대 바이오벤처인 Amgen은 400여 개의 외부 연구기관에 연구개발을 의뢰하여 활용하고 있다. 국내에도 이미 500여 개가 넘는 바이오벤처가 활동하고 있기 때문에, 이들과의 협력방안을 모색하는 것이 중요한 사업의 변수가 될 것이다.

발효사업의 대상도 단순발효만 할 것인지, 발효물질을 선도물질(lead material)로 생산하여, 고부가물질로 전환하기 위한 합성작업도 할 것인지 범위를 설정해야 한다. 이 경우 발효기술뿐만 아니라, 효소적 또는 화학적 수식기술이 필요하므로

결국 발효와 수식기술을 접목시킨 hybrid technology가 필요하다.

제2장 발효 산업의 현황과 과제

1. 발효의 종류

발효의 전통적 의미는 미생물을 이용하여 기질을 우리가 원하는 대사물질로 전환시키는 작용이지만, 현대적으로는 미생물이 전자전달체를 환원할 때 발생하는 에너지(ATP)를 이용하여 생육하면서 수행하는 대사작용을 뜻한다. 발효는 미생물의 산소요구도에 따라 호기발효, 혐기발효, 통성 혐기발효 등으로 나눌 수 있다. 발효로 만들어지는 대표적인 제품은 발효식품과 양조주, 발효물질과 그 유도체, 효소류, 식·사료 단백질 및 바이오에너지 등이다(<표 2-1>).

<표 2-1> 발효제품 분류

종류	중분류	대표적 제품	참고사항
발효식품	양조식품	농산(대두, 채소, 곡류), 수산(젓갈, 식해), 축산(유제품)	양조식품
	양조주	곡주(탁주, 청주), 과일주(포도주, 머루주, 매실주), 맥주	
발효물질	1차대사 물질	아미노산계(MSG, 리신), 핵산계(IMP, GMP), 유기산계(구연산, 호박산, 젖산, 초산, 글루콘산)	생존물질
	2차대사 물질	항생물질, 색소, 독소, 알카로이드	비생존물질
	건강소재	프로바이오틱스, 비타민, 과당류, 다당류	항암, 항균성
	유도체	아미노산계(>3000종), 핵산계, 유기산계(PLA, PSA)	고부가
효소류		식용, 의약품, 공업용, 제한효소	
식량 및 에너지	식·사료	단세포 단백질(SCP), 미세조류(microalgae)	안전성문제
	바이오 에너지	알코올(메탄올, 에탄올, 부탄올) 대체 에너지(바이오 수소, 바이오 디젤)	

2. 발효식품

가. 대두 발효식품

(1) 한국의 전통 장류

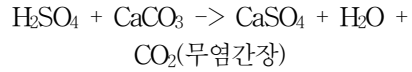
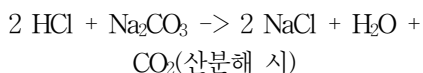
장류(醬類 fermented soybean foods)는 간장, 된장, 고추장, 청국장 등을 포함하는 전통 발효식품의 일종으로, 삼국시대부터 기인하는 오랜 역사를 가지고 있다.

간장은 분류기준에 따라 여러 가지로 구분할 수 있다. 제품 형태별로는 양조간장(TN>0.7-0.8%, 순ex>7-8%), 화학간장(TN>0.7-0.8%, 순ex>12-13%), 혼합간장(TN>0.8-1.2%, 순ex>10-12%)으로, 숙성 햇수에 따라서는 진간장(5년), 중간장(3-4년), 묵은장(1-2년)으로, 사용 원료에 따라서는 한식(콩+*Bacillus* sp.), 일본식(대두+전분+*Aspergillus* sp.), 어간장(어육의 자기분해)으로, 제조법에 따라서는 재래식, 개량식, 화학분해식 등으로 구분한다.

최근에는 발효기술의 발전에 따라 개량형 간장이 속속 등장하고 있다. **신식간장** 1호는 양조 간장박을 발효시킨 것이며, 신식 2호는 산분해간장에 국균(*Koji*)을 첨가 발효하여 향미를 부드럽게 개선시킨 것이다. 어느 것이든 숙성시간을 줄이고, 관능성을 높이려는 것이 핵심이다.

수산발효로 만드는 **어간장**은 동남아에서 잘 발달되어 있다. 베트남과 캄보디아의 *Nuoc-mum*, 태국의 *Nampla*, 필리핀의 *Patis*가 대표적인 제품이다. 우리나라서는 액젓(까나리멸치새우 등)이, 유럽에서는 멸치소스(anchovy sauce)가 대표적이다.

건강 붐에 힘입어 등장한 **무염간장**은 소듐의 섭취를 줄일 목적으로 만든 것이다. 산분해간장은 반드시 소금이 발생하지만, 염산 대신 황산으로 분해 후 탄산칼슘으로 중화하여 석고를 제거하면 나머지는 물과 이산화탄소로 바뀌어 비산된다. 이 밖에도 염분(>17%)을 8% 이하로 감소시키려는 실험들이 활발히 진행되고 있다.



된장은 한국식과 일본식으로 나뉘며, 최근에 개량식이 각광을 받고 있다. 한국식은 콩을 삶아 만든 메주를 천정에 매달아 놓으면 많은 공기 중의 천연미생물들이 날아와 콩단백질을 펩티드나 아미노산으로 분해하며, 특히 고초균(*Bacillus* sp.)이 발효를 주도한다. 이것을 염수 속에 침지하여 일정기간 양조발효를 시키면 콩단백이 분해하면서 염수 중에 침출된다. 이것이 간장이 된다. 메주 찌꺼기는 모아서 장독에 소금과 함께 채우고 발효시키면 맛있는 막된장이 된다. 이 밖에도 속성용 막장을 비롯하여, 토장, 줍장, 담뱃장, 싹장 등이 있다.

숙성시간을 13개월로 단축하기 위한 **개량형 된장**은 쌀, 국균, 삶은 콩, 소금을 혼합하여 동시에 숙성시킨 것이다. 개량국을 이용하기 위해 된장 불(*tama koji*) 및 살국(*bara koji*)을 사용하기도 한다.

고추장은 전통식, 개량식, 응용식이 있다. 전통식은 모든 원료를 혼합한 후 고초균으로 발효시키는 방식이다. 깊은 맛이 우러나지만, 붉은 색이 발효 과정에서 퇴색하여 검붉게 변한다. 반면, 개량식은 고추분을 제외한 원료를 혼합·발효한 후, 고추분은 제품화하기 전에 첨가한다. 따라서 색깔은 붉고 곱지만, 맛의 조화가 떨어진다. 응용식은 밀가루와 찹쌀에 *코지균(Asp. oryzae)*을 접종·발효한 것으로 양조시간이 단축되므로 공업화에 유리하다.

청국장은 40-42°C에서 23일간 숙성 발효시킨 것으로, 한국식은 고초균(*B. subtilis*)을, 일본식은 낫토균(*B. natto*)을 접종하여 만든다. 우리나라에서는 청국장으로 끓여 먹지만, 일본에서는 생으로 밥에 비벼 먹는다. 그램당 유용균이 10억 개 이상 존재하며, fibrinokinase가 노화 방지, 당뇨 예방, 혈전 용해 및 빈혈 예방을 한다(김한복, 2000). 뿐만 아니라 항암효과(한식연, 1996)가 있고, 비만방지를 하며, 끈끈한 성분인 poly D-glutamate와 frutan은 간장해독 기능이 있다. 개량품으로 분말

제품(녹색식품), 유산균을 첨가한 캡슐형, 생강과 무를 혼합한 담백장 등이 개발되어 있다.

(2) 해외 대두 발효식품

일본은 우리나라와 거의 유사한 맛과 향을 가진 된장과 간장 및 청국장을 즐긴다. 간장은 키크망 제품이 대부분의 시장을 점유하고 있으며, 된장은 쌀과 콩을 *Aspergillus* sp.로 발효하며, 쇼우미, 케이사이(京西), 에도(江戸), 신슈(信州), 센다이(仙臺) 등이 있다. 고추장은 거의 사용하지 않았지만 최근에 매운 성분인 캡사이신이 비만치료와 사스(SARS)에 효능이 있는 것으로 알려지면서 사용량이 늘고 있다.

인도네시아를 비롯한 동남아시아에서는 땅콩박 단백질을 *Neurospora sitophila*로 발효시킨 후, 기름에 튀겨 분말화한 온썸(Ontjom), 대두에 거미줄 곰팡이(*Rhizopus* sp.)를 접종발효한 후, 기름에 튀긴 템페(Tempeh kedele)를 즐겨 먹는다.

대만과 중국에서는 대두에 홍국균(*Monascus purpureus*)을 발효하여 다양한 색상을 나타내는 앙각(Angkak 赤米)을 식용은 물론 화장품 제조에 사용해 왔다. 최근 야마구치(1973)가 수용성 단백질 배지에 홍국균을 접종하여 속성 발효시키는 공정을 개발한 바 있다. 또한 대두를 두부로 만든

후, 술이나 간장 속에서 *Mucor* sp.를 표면 발효하여 숙성한 루프(Rufu 乳腐)는 중국치즈(Chinese cheese)라는 별명으로 오래 전부터 사용되고 있다. 이처럼 대두 발효식품이 동북아에 집중된 것은 콩의 원산지가 만주이기 때문으로 생각된다.

(3) 장류의 과제와 제언

장류는 우리 고유의 전통식품으로 맛과 영양이 뛰어나다. 뿐만 아니라 생리활성기능, 면역 개선, 항암, 항바이러스, 노화 방지, 혈전 용해 등의 기능이 탁월한 것으로 밝혀지고 있다. 이러한 전통 발효식품을 국제식품으로 발전시키려면 다음과 같은 문제가 해결되어야 한다.

첫째, 냄새를 없애거나, 수출 대상국 현지인에 맞도록 다양화시켜야 한다. 이러한 작업은 균주의 개량을 통해 이루어질 수 있을 것이다. 둘째, 장류 속에 생성된 유용 기능을 가진 물질들을 분리·동정하고 기능성 물질로 개발하는 것이다. 일본에서는 이미 상당한 진척을 이루고 있는 실정이므로, 우리도 서둘러야 할 과제이다. 셋째, 장류 생산의 공업화율을 상승시켜야 한다. 국내 공업화율은 2003년 현재 간장이 52.4%, 된장(청국장 포함)이 53.6%, 고추장이 76.4%로 매우 미진한 상태이다 (<표 2-2>).

<표 2-2> 국내 장류의 수급 현황과 공업화비율

구분	간장(kl)*			된장(톤)*			고추장(톤)		
	추정수요	공장공급	%공업화	추정수요	공장공급	%공업화	추정수요	공장공급	%공업화
1998	388,700	196,461	50.5	261,300	114,347	43.8	156,200	86,515	55.4
1999	355,600	189,787	53.4	247,700	102,522	41.4	149,900	89,237	59.5
2000	352,400	179,239	50.9	266,300	133,476	50.1	165,700	113,976	68.8
2001	348,500	188,837	54.2	276,400	151,060	54.7	168,700	12,485	72.6
2002	345,080	180,696	52.4	280,000	149,948	53.6	172,720	131,990	76.4

* 간장은 산분해형 포함, 된장은 찜장, 춘장, 청국장 포함한 수치이다.
(자료: 한국장류협동조합, 2003)

나. 수산 발효식품

젓갈은 어패류를 어패류 자체가 가진 효소계로 자기소화시킨 식품으로, 해안선이 발달한 동남아시아를 중심으로 발전해 왔다. 그러나 우리나라는 장류와 더불어 젓갈이 기원전 3세기부터 매우 다양하게 발달한 특색이 있는데, 이는 중국이나 일본에는 없는 현상이다. 삼국사기(683)에 따르면, 젓갈은 어패류로 만든 식해류(食醃類), 육류로 만든 해류(醃類) 및 어패류와 갑각류의 알이나 내장으로 만든 청해(淸醃) 등으로 나눈다. 현재 국내에서 생산되는 젓갈류는 50종(이철호, 2002)으로, 이중 멸치젓이 50% 이상을 차지한다. 그 뒤를 새우젓, 명란젓, 성게알젓, 조개젓 등이 따른다.

전통적인 제조법은 어패류에 20% 이상의 식염을 가하고 23개월 밀폐발효하면 젓갈을 얻을 수 있으며, 612개월 숙성하면 액젓이 된다. 이를 살균 처리한 후, 적절한 처방으로 조미하여 상품력을 향상시킨다.

최근에는 식염의 과다 섭취를 줄이는 방안으로, 저염에서 젓산발효에 의해 저염젓갈(염도<18%)을 얻고 있다. 즉, 정어리육에 식염 10%와 젓산 0.5%, 솔비톨(6%), 에탄올(6%)을 첨가하여 2개월간 숙성시킨다. 멸치(조기)젓의 경우, 멸치(조기)에 식염 4%, 젓산 0.5%, 솔비톨 4%, KCl 4%, 고추추출액 4%를 혼합하여 숙성하면 멸치젓(2개월)과 조기젓(3개월)이 만들어진다. 일본에서는 아예 무염처리한 가다랑어(bonito *katsuo*)를 알칼리 상태에서 발효하기도 한다.

젓갈 산업은 저염 또는 무염젓갈을 어떻게 공업적으로 저렴하게 생산하느냐 하는 것과 숙성시간을 어느 정도 단축시키느냐의 여부에 경쟁의 승패가 달려있다. 따라서 최근 다양한 속양법(rapid fermentation process)이 시도되고 있다. 개량 어간장의 개발도 중요한 과제이다. 지금의 연구내용을 보면, 마쇄어육에 코지균(10%)과 향신료(고추분, 미늘분, 양파분 각 1%)를 넣고, 가열살균(55°C, 6 h)을 한 후, 다시 대두단백(5%)을 가하고 살균

(100°C, 20 min), 농축한다. 여기에 최종적으로 식염(10%)을 가한다.

다. 채소 발효식품

(1) 김치류

김치는 우리나라의 가장 대표적인 발효식품으로 식이섬유, 유산균, 비타민, 무기염류, 생리활성인자 등을 고루 갖춘 건강의 보고이다. 2001년 국제식품규격인 CODEX에 등재됨으로써, 마침내 세계식품으로 공식 인정을 받게 되어 앞으로 수요 증가가 예상된다. 현재 50여 종 이상이 있으며, 국내 총 수요는 5,000억 원(2003)에 달한다. 한편, 값싼 중국산이 2만 톤 이상(약 1,000억 원) 국내로 역수입된 것으로 추정되는데, 이는 우리가 일본에 수출하는 김치보다 중국산의 수입 비중이 더 커지고 있는 것이다.

외국의 경우, 유럽에서는 겉절이 발효물인 사우어크라우트(sauerkraut)와 오이절임인 피클(pickles)이 일반화되어 있다. 동남아에서는 *Dhamuoi*(베트남), *Dakguadong*(태국) 및 *Burong Mustarila*(필리핀) 등이 있다. 일본은 야채를 식염에 절인 쓰께모노(漬物)와 아사즈께(淺漬)가 전통적으로 이용돼 왔으나, 최근 비만치료효과와 사스(SARS)에 대한 내병성 소문에 힘입어 우리의 김치와 유사한 키무치 산업이 급성장하고 있다. 일본의 키무치시장은 이미 쓰께모노시장의 15%(1조 3천억 원)를 점유한 것으로 추정되는데(2003), 이는 한국 김치시장의 3배에 해당하는 큰 규모이다. 여기에 우리 기업과 정부가 관심을 기울이고 김치에 대한 국제적인 대응책을 세워야 할 이유가 있다.

(2) 일본의 김치시장

국내 기업의 대일 수출은 65개 사(자사 브랜드는 4개사)가 참여하고 있다. 2002년에 총 27,350톤(약 1,000억 원)을 수출하여, 일본 키무치시장의 10%를 점유하고 있다. 수출가는 평균 2.77 \$/kg으로, 중국산의 7배에 해당한다. 대표적인 기업으로

는 진미식품이 아키모토(秋本食品)에 20억 엔, 한국농산이 사이카(菜華)에 15억 엔을 수출한 것을 비롯하여, 정안농산이 산키(三輝), 아진식품이 무라타(村田食品), 삼진식품이 마루코시(丸越), 종가식품이 Marukyu, 건식식품이 미야마(三山食品), 삼진식품이 도쿄신고야(東京新高屋), 대상이 JUSCO 등에 수출하고 있다. 이 밖에도 일본기업 단독으로 수입하는 기업으로는, 저가를 무기로 연간 49억 엔을 판매하는 히고(備後漬物)와 25억 엔을 판매 중인 나카가와(中川漬物)를 비롯하여, 유통망(세븐일레븐)을 가진 피클스사, 저가전략을 내세워 10억 엔의 매출을 올린 토카이(東海漬物) 등이 두각을 나타내고 있다.

한편, 중국은 우리와 토질과 기후가 비슷한 산동성, 복건성에 한국과 일본 기업들이 진출하여 저가품을 생산하여 한·일 양국시장을 공략하고 있어 우리의 대응이 요구된다. 일본의 미야마(美山), 코쇼(光商), 사이카(菜華) 등과 조선족을 앞세운 한국기업들이 한국식 또는 일본식 김치를 생산·수출하고 있는 것이다. 일본에 대한 수출은 2002년의 2천 톤에서 2003년에는 7천 톤이 넘어선 것으로 추정된다. 수출가는 0.38 \$/kg으로 한국 수출제품의 1/7 수준이다. 이는 저렴한 채소(한국의 1/3)와 인건비(한국의 40%)에 기인하는 것이다.

(3) 김치 산업의 과제와 제언

김치시장은 이제 세계적 산업으로 급성장하고 있어 종주국인 한국의 분발이 요구된다. 그렇지 않으면, 중국과 일본 기업에게 사업의 주도권을 빼앗길 것으로 우려된다. 따라서 정부·기업·연구기관이 “김치산업협의체”를 구성하여 체계적으로 다음 사항들에 대해 검토해야 할 것이다.

첫째, **제조원가를 절감**해야 한다. 원가 절감은 여러 요인이 있으나, 공정개선이 중요하다. 최근(2004. 2) 일본의 마루코시(丸越食品)는 산에이(三榮糖化), 에이치현 산업기술연구소와 공동으로, 유산균(KIM-1)으로 57일 만에 속성 김치(自然生拌

キムチ)를 만드는 데 성공하여 제품을 출시했다고 한다. 신 맛이 적고, 깊은 맛을 낸다고 하기 때문에 큰 관심거리가 아닐 수 없다.

둘째, **효율적 마케팅 전략**의 추진이다. 국산 고급품과 중국 등지에서 만드는 저가품을 위탁 생산하여 두 시장을 동시에 대응하는 전략이 필요하다. 고급품은 국내산이 CODEX에 합치하는 규격 제품이므로 CODEX마크로 수출한다면 프리미엄시장을 독점할 수 있을 것이다. 반면, 중국산에 대처하는 방안으로 우리 기업이 중국에 적극 진출하여 우리 기술로 현지 생산하여 국내 및 일본 등지로 수출하여 수출 주도권을 잡아야 일본과 중국의 연합전선을 깨뜨릴 수 있을 것이다.

셋째, **보존법을 개선**하는 일이 시급하다. 한국에서 만들어 일본시장에 진열되기까지는 최소 15일이 소요된다. 30일이 지나면 김치는 산패하므로, 진열대에서 퇴거된다. 일주일만 보존기간을 연장해도 현재 폐기되는 김치의 대부분을 팔수 있다.

넷째, **포장개선**이다. 유통 중 발생하는 탄산가스를 흡수하고, 국물이 흘러나오지 않도록, 그러면서도 값싼 재질의 포장기술을 개발해야 한다. 또한 포장은 상품의 얼굴이라 할 수 있으므로 디자인도 세련미를 갖추어야 한다.

다섯째, **김치요리법의 개발**이다. 시어져 버리면 쓰레기로 냄새가 진동하므로 보통 문제가 아니다. 특히 일본과 구미 제국에서의 상황은 심각하다. 그러나 현지인의 식성에 맞게 신 김치로 찌개나 요리를 하는 조리법을 개발한다면 김치의 수요 증가에 큰 기여를 할 것이다.

여섯째, **김치원료의 연구와 개량**이다. 더 맛있고 현지인의 식성에 적합한 김치를 만들려면 원료 문제부터 접근해야 한다. 일본토질은 칼슘이 부족하여 김치가 시어지면 연부현상이 심하지만, 우리나라나 중국산 배추와 무는 칼슘이 풍부하기 때문에 김치가 시어진 후에도 사각거리는 느낌을 그대로 유지한다. 또한 양념류에 대한 연구도 원재료에 못지않게 중요하다. 일본에서는 이러한 연구가 매우 활발한 것으로 알려져 있다.

일곱째, **김치 관련품의 개발**이다. 네슬레는 이미 10여년 전에 김치주스를 특허화한 바 있다. 유산균이 풍부하고, 영양성이 뛰어난 김치국물이 외국인에게 특허권이 주어진다면 이는 국가적 체면에 관련된 일일 뿐만 아니라, 김치 산업의 앞날을 위해서도 지극히 염려스러운 일이다. 왜냐하면 종주국인 우리가 김치와 그 관련 제품의 주도권을 빼앗기게 될 것이기 때문이다. 김치주스뿐만 아니라 건조 김치, 기능성 김치, 김치세트, 분말양념 등에 대해 적극적인 개발이 요구된다. 수출지역에 따른 맛의 차별화도 긴요한 과제이다.

여덟째, **김치의 공업화율을 상승**시키는 일이다. 국내 김치의 공업적 생산은 3040%대에 머물고 있다. 위생적이고 현대화된 공업 생산을 통해서 세계경쟁에서 우위를 점할 수 있음은 두말할 나위가 없다. 특히 일본 키무치시장의 급속한 증가에 대한 대응이 필요하다.

라. 양조주

양조주는 인공접종이 아닌 천연발효로 생산되는 주류를 지칭하지만, 지금은 대부분 우량균주를 접종하여 생산한다. 대표적인 곡주로는 탁주, 고량주, 홍주, 위스키, 배갈, 약주 등이 있고, 과일주로는 포도주, 브랜드, 머루주, 복분자주 등이 있다. 맥주는 상면발효주와 하면발효주가 있다.

곡주의 제조원리는 1단계에서는 아밀라아제(種麴)로 전분을 호화한 후 글루코아밀라아제로 당화한다. 다음 단계에서는 당화액에 효모를 접종하여 알코올을 발효·생산한다. 발효용 종균으로는 주모(酒母 starter)를 사용한다. 마지막으로, 일정기간 숙성시켜 알코올 농도를 높이고 향기성분을 조성한다. **과실주**는 과피의 균총(microflora)에 의해 과일당을 알코올로 전환시킨다. **증류주**는 곡주나 과실주를 증류하여 알코올농도를 고농화한 것이다. 당밀(럼)이나 타피오카 전분(소주)으로 직접 발효하여 만들기도 한다.

향후 전망을 보면, 곡주나 과실주는 색소가 향암성 기능이 밝혀지면서 건강주로 수요가 더욱 증

가할 것으로 보인다. 증류주는 더욱 고급화할 것으로 보이며, 수입이 급증하고 있어 수입대체를 위한 연구가 필요하다. 또한 어느 주류든 한약제 등을 첨가하여 건강기능성을 강화하는 방향으로 신제품이 개발될 것으로 보인다. 제조공정의 단축도 해결해야 할 과제 중 하나이다. 맥주의 경우, 핀란드에서는 생맥주를 살균한 후(95°C, 15 min), 고정화 자이모모나스(*Zymomonas mobilis*)를 충전한 바이오리액터에 연속 통액하여(15°C, 3 atm, 2 h) 제균함으로써 숙성시간을 획기적으로 단축한 공정을 채택하고 있어 주목을 끈다.

마. 전통 발효식품의 과제와 제언

위에서 살펴보았듯이, 전통발효식품이 고객의 지속적인 사랑을 받고, 세계화를 이루기 위해서는 다음과 같은 대책이 필요할 것으로 생각된다.

(1) 기능성 제고

전통 식음료에 한약제 등의 기능성을 첨가하여 새로운 맛과 기능을 가진 다양한 제품을 개발할 필요가 있다. 더 나아가 전통 식음료 내의 기능성 물질의 실체를 규명하고, 분리·정제하여 상품화하는 작업도 병행해야 할 것이다. 예컨대 이상기 박사(KRIBB 2003)는 청국장인 끈끈한 점주성 물질인 레반(levan)을 *Zymomonas mobilis*로 발효·생산하는 공정을 개발하여 리얼바이오텍(주)에서 연간 200억 원의 제품을 생산·판매할 계획을 세운 것으로 발표한 바 있다.

(2) 관련 다각화

전통 식음료와 관련한 신제품을 적극 개발해야 한다. 예컨대 요쿠르트보다 더 많은 유산균을 함유한 김치국물을 건강용 드링크로 상품화하는 방안을 서둘러야 한다. 이 밖에도 김치소스, 분말젓갈, 분말장류, 저염간장, 붉은 된장 등에 대한 검토가 필요하다.

(3) 세계화

김치의 CODEX 기재를 계기로 다른 전통 발효 식품에 대한 국제 규격화를 추진해야 세계화에 도움이 될 것이다. 장류, 젓갈류, 과일주, 식혜, 음료(아침햇살 등) 등이 고려의 대상이 될 수 있다. 아울러 현지인의 구미에 맞는 제품 개발이나, 현지 식품과 융합한 퓨전식품(fusion foods)의 개발도 수요 확대에 도움을 줄 것이다.

(4) 원료작물의 개량

발효 식품의 원·부재료로 이용되는 무, 배추, 양념에 대한 품질을 개량할 필요가 있다. 갈슘함량이 많은 배추, 캡사이신 함량이 높은 고추, 이소플라본 함량이 높은 대두 등이 대표적인 예이다.

(5) 공업화 확대

전통 발효식품의 공업화 비율은 장류가 50%(고추장 70%), 김치가 30%를 상회하는 수준이다. 가내공업 형태로는 국제 경쟁력이 없다고 단언할 수 있다. 공정의 표준화와 자동화된 위생 공정으로 신속히 탈바꿈해야 한다. 정부가 공업화 지원제도의 도입을 검토할 필요가 있을 것이다.

(6) 세련된 포장

포장은 상품의 얼굴이므로 산뜻한 현대감각으로 디자인하고, 포장재는 생분해성 소재로 과감하게 차별화함으로써 친환경 이미지를 구축해야 한다. 상품의 보존성을 향상시키는 기능성 포장재의 도입도 고려해야 할 연구과제이다.

(7) 세계적 마케팅전략 수립

WTO 체제의 출범 이후, 세계 시장은 하나가 되었다. 해외상품의 수입은 급증하는데, 발효제품이 안방만 지킨다면 조만간 국내시장에서도 퇴출당하게 될 것이다. 더 나아가 한국의 식문화가 외국의 것으로 탈바꿈되는 비극적 현상도 예견된다.

이미 간장이 *shoyu*로, 된장이 *moso*로, 청주가 *sake*로, 청국장도 *natto*로 바뀌었고, 지금은 김치가 *kimuchi*로 옷을 갈아입으려는 단계에 와 있다. 전통식을 지속적이고 능동적으로 마케팅 전략을 세워 세계적 산업으로 발전시켜야 이러한 비극을 방지할 수 있을 것이다.

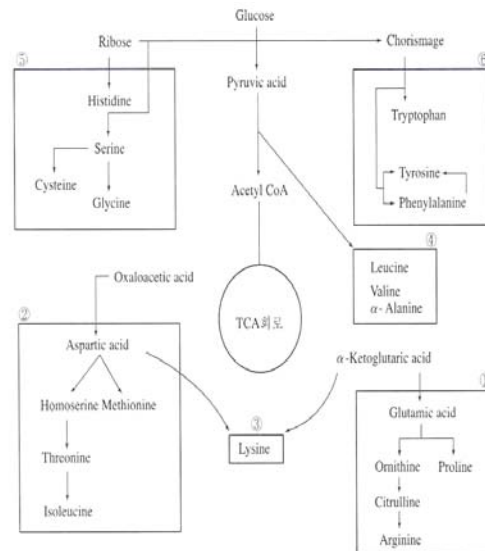
3. 발효물질

가. 일차대사물질

(1) 아미노산

(가) 분류

아미노산은 20여 종의 천연아미노산을 기본으로, 글리신을 제외하고는 모두 L-형이다. 아미노산의 구분은 기준에 따라 다르다. 용도에 따라서는 식품용(MSG, 페닐알라닌, 아스파라긴산, 글리신, 로이신, 이소로이신), 사료용(리신, 트레오닌, 메티오닌, 트립토판), 의약품(글루타민, 글루타티온, 오르니친, 히스티딘, 시트룰린, α-케토글루타르산)으로 구분한다. 합성경로에 따라서는 5개군으로 구분한다(<그림 2-1>).



<그림 2-1> 생합성 경로에 따른 아미노산의 분류

글루탐산족은 α -ketoglutarate를 출발물질로 하며, 글루탐산을 필두로 글루타민, 아르기닌, 프롤린 등이 속한다. **아스파라긴산족**은 옥살초산을 전구체로 하여 합성한다. 아스파라긴산, 아스파라긴, 리신, 메티오닌, 트레오닌, 이소로이신 등이 이에 속한다. **방향족**은 phosphoenol pyruvate와 erythro-4-phosphate가 결합하여 합성된다. 트립토판, 페닐알라닌, 타이로신 등을 포함한다. **세린족**은 phosphoglyceric acid를 전구체로 한 것으로, 세린, 글리신, 시스테인 등을 포함한다. **피루빈산족**은 pyruvic acid를 전구체로 합성되며, 알라닌, 발린, 로이신 등이 있다. 일부 균류와 조류에서는 α -KG로부터 합성된다.

(나) 제조법과 수율

아미노산은 글리신, 메티오닌, 시스테인, 발린 등을 제외하고는 대부분 발효법으로 생산한다. 발효법은 회분식(batch system), 유가식(fed-batch system) 및 연속식(continuous system)이 있으나, 유가식이 널리 채택되고 있다. 발효균은 복합영양 요구주(multiple auxotroph), 아날로그 저항주(analog-resistant mutant) 또는 이들의 복합주들(auxotrophic regulatory mutant)이 대부분이다. 가장 많이 이용되는 균종은 코리네형 세균, 고초균, 대장균 및 세라사균(*Serratia* sp.) 등이다. 균주개량은 종전의 돌연변이 유발법에서 유전자재조합법, 세포융합법, 형질도입법 등을 거쳐 지금은 원형질체에 대한 형질전환, 핵산셔플링(DNA shuffling)·대사공학·마이크로어레이(microarray) 등에 기초한 시스템적 접근을 하고 있다.

생산성은 대당수율, 회수, 정제수율, 제품수율, 발효조 생산성 등이 있다. 대당수율은 원료당에 대한 대사물질로의 전환율을 말하며, 글루탐산은 6265%, 트레오닌 3545%, 페닐알라닌 3040%, 리신 4050%로 조금씩 다르다. 제품수율은 대당수율에 회수·정제를 거쳐 제품화까지의 수율을 말한다. 발효조 생산성은 생산균주나 생산수율뿐만 아니라, 발효조 운용에 따른 효율을 포함한다. 발효조

의 운용방식에 따라 꼭 같은 대당수율과 제품수율을 가진 기술이라 할지라도 서로 다른 생산성을 나타내게 된다. MSG의 발효조 생산성은 연간 발효조 용량(kl)당 2325톤에 이른다.

(다) 생산 동향

식·사료용은 양적으로는 95% 이상을 차지하나, 가격은 전체 아미노산의 50% 전후로 부가가치가 낮다. 반면, 의약품 등은 양적으로는 5% 미만이지만, 금액으로는 25% 이상을 점유한다. 따라서 메이커들은 식·사료용은 가격 경쟁을 확보하기 위하여 대량생산과 균주개량을 통한 생산성 향상에, 의약품이나 부가가치가 높은 정밀화학용은 고도의 품질관리에 노력을 경주하고 있다.

식용 아미노산은 가장 수요가 큰 MSG가 식품 가공용으로 완전한 상승세를 유지하고 있으며, 페닐알라닌과 아스파라긴산 및 글리신은 다이어트용 고강도 감미료(high intense sweetener)의 원료로 수요가 증가하고 있다. MSG의 세계 수요는 150만 톤으로, 중국(65만), EU 및 일본(각 95,000), 태국 및 인도네시아(각 80,000), 베트남(70,000), 한국 및 북미주(각 60,000), 중남미(40,000), 대만 및 아프리카(각 30,000) 등으로 구성되어 있다.

세계 최대의 생산업체인 아지노모토는 2001년부터 큐슈(九州工場)에서 생산을 점차 줄이는 대신, 해외 계열사의 crude glutamic acid(CGA)를 수입하여 MSG로 전환하고 있다. 월산 처리능력은 3,200 톤(CGA기준)으로 알려져 있다. 이는 일본 내 수요(9만 톤)의 절반을 넘는 5만여 톤이 저가로 수입된 데 따른 채산성 악화에 기인한 것이다. 대신, 인도네시아·타이·브라질공장을 MSG의 세 생산거점으로 육성할 방침이다. 그 밖에 Japan Tabacco(전 Asahi Foods)가 태국에서 수입한 CGA를 MSG로 전환하여 타케다약품을 통해 판매하고 있고, 교와발효는 2001년부터 MSG 생산을 중단하고 대만계 통하이식품(東海食品: 味丹) 베트남공장에서 OEM으로 생산하여 수입하고 있다.

사료용 아미노산의 수요는 개발도상국들의 육류섭취 증가에 힘입어 지속적으로 증가할 것으로

<표 2-3> 리신의 세계 수급 현황

구분	2000	2001	2002E	2003E	2004E	참고
Ajinomoto	200	200	240	258	270	일본, 태국, 중국
ADM	150	150	150	150	150	미국
CJ	100	100	100	110	120	인도네시아
BASF	90	90	90	90	90	구 대상(군산)
Kyowa Hakko	100	100	75	75	75	일본
Midland Lysine	0	45	45	45	45	미국(協和系列)
Global Biochem	7	15	40	40	40	
Others	30	20	20	20	20	태국, 중국 등
총 생산능력	677	720	760	788	810	
총 수요량	550	600	650	700	750	2
공급/수요(%)	19	17	14	11	6	
수출단가(\$/kg)	1.60	1.61	1.58	1.60	1.60	
스프레드(/kg)	95	88	85	85	85	

* 단위: ×1,000톤/년 * E: estimated <Morgan Stanley Research, 2002>

전망된다. 일례로 리신의 총 생산능력은 2000년도의 677,000 톤에서 2003년에는 788,000 톤, 2004년에는 810만 톤으로 증가가 예상되는데, 총 수요 역시 각각 550,000 톤, 700,000 톤, 750,000 톤으로 비례적인 증가를 보일 것으로 예상된다. 이에 따라 수요에 대한 공급비는 각각 119%, 11%, 106%이며, 이에 따라 수출단가는 1.60 \$/kg을 지속할 것으로 전망된다(<표 2-3>).

트레오닌의 세계 생산능력은 총 6만 톤(2003)으로, 아지노모토 3만 톤, 교와발효 1만 5천 톤, CJ 5천 톤 등으로 구성되어 있다. CJ는 2001년부터 수라바야의 파수루안공장에서 생산을 개시한 것으로 보인다. 아지노모토는 2002년부터 해외식품·아미노산을 설립하여 2002년 8월 Ajinomoto Hrrartland 에디빌공장(II. USA)에 42억 엔을 투자하여 연산 1만 톤 규모의 트레오닌공장을 완공하였다. 이 공장의 준공으로, 동사는 배합사료의 처방자체를 변경함으로써 적극적인 마케팅 전략을 구사할 계획인 것으로 알려져 있다. 지금까지는 옥수수에 대두와 유지 및 리신을 첨가한 방식이

다. 여기에 트레오닌을 필수성분으로 첨가함으로써 사료효율을 올리려는 것이 전략의 핵심이다(<표 2-4>).

<표 2-4> 아지노모토의 사료 배합비

원료	현 배합비	개정 배합비
옥수수	1,573.1	1,665.2
대두	256.0	187.0
유지	100.0	93.0
리신	2.0	4.5
트레오닌	-	1.2
기타	58.9	59.1
제조원가(\$/톤)	100.071	99.84

(化學工業日報, 6月26日, 2002)

당사는 유럽공장(AEL)의 트립토판의 생산능력도 지금의 1천 톤에서 2005년까지는 2천 톤으로 배증시킬 계획이라고 한다. 아지노모토의 사료용 아미노산의 생산 현황은 다음 표에서 보는 바와 같다(<표 2-5>).

〈표 2-5〉 아지노모토의 사료용 아미노산 생산 추이

구 분		2001	2002E	2003E	2004E	2005E	2006E
환율기준(Yen/\$)		133.2	122.0	122.0	122.0	122.0	122.0
리신	생산(10,000톤)	19.3	22.0	24.0	26.5	29.5	33.0
	수출가(\$/kg)	1.60	1.58	1.60	1.60	1.58	1.55
	마진(\$/kg)	0.20	0.18	0.25	0.30	0.33	0.35
	매출액(10억 엔)	40.6	42.4	46.8	51.7	56.9	62.4
	영업이익(10억 엔)	5.1	4.8	7.3	9.7	11.9	14.1
트레오닌	생산(10,000톤)	1.7	2.4	3.2	4.0	5.0	6.0
	수출가(\$/kg)	3.70	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	마진(\$/kg)	1.75	0.55	0.60	0.65	0.78	0.90
	매출액(10억 엔)	8.4	7.3	9.8	12.2	15.3	18.3
	영업이익(10억 엔)	4.0	1.6	2.3	3.2	4.8	6.6
트립토판	생산(10,000톤)	0.07	0.10	0.13	0.17	0.21	0.25
	수출가(\$/kg)	27.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
	마진(\$/kg)	6.00	6.50	6.80	7.50	8.20	9.00
	매출액(10억 엔)	2.5	3.2	4.1	5.4	6.7	7.9
	영업이익(10억 엔)	0.6	0.8	1.1	1.6	2.1	2.7
합 계	매출액(10억 엔)	51.5	52.9	60.7	69.3	78.8	88.6
	영업이익(10억 엔)	9.5	7.2	10.7	14.4	18.7	23.4

* E: Estimated (Morgan Stanley: Equity Research Japan(Ajinomoto) 2002)

최근에는 중국기업(Shenzhen, Sinochem)이 덤핑 전략으로 세계 시장을 잠식하고 있어 적절한 대응이 요구된다. 반면, 의약품은 일본과 구미기업들이 품질 개선은 물론, 신 효능의 유도체를 속속

개발하고 있어 국내기업의 치밀한 마케팅 전략의 수립이 요구된다. 참고로 중국산을 중심으로 한 주요 아미노산의 수출가격을 소개한다(〈표 2-6〉).

〈표 2-6〉 중국산 L-아미노산의 유럽·미국 수출가격

아미노산	판매처	수출가(수출조건)	제조처	참고사항(미국·일본수출가)
Leucine	Shenzhen	6.5 \$/kg(CIF)	Shenzhen SED	양모분해, 6-7 \$(미국)
	Sinochem	7.3 " (")	Sinochem	발효, 7.6 \$/kg(일본)
	Europe A	Euro 23/kg	Kyowa Hakko	발효(주사용), 30 \$(미국)
	Europe B	Euro 23 "	Amino GMBH	발효(주사용), 20 \$(미국)
Isoleucine	Shenzhen	15.50 \$/kg(CIF)	Shenzhen SED	발효, 18-19 \$(미국)
	Sinochem	16.9 " (")	Sinochem	발효, 16 \$/kg(일본)
	Europe A	Euro 45.0/kg(DDP)	Kyowa Hakko	발효, 주사용, 61 \$(미국)
	Europe B	45.0 \$/kg(CIF)	Amino GMBH	발효, 주사용, 50 \$(미국)
Valine	Shenzhen	10.0 \$/kg(CIF)	Shenzhen SED	발효, 11 \$(미국)
	Sinochem	11.5 " (")	Sinochem	발효, 10.2 \$/kg(일본)
	Europe A	Euro 24/kg(DDP)	Kyowa Hakko	발효, 36 \$(미국)
	Europe B	Euro 25/kg(DDP)	Rexim(France)	발효, 28 \$(미국)
Alanine	Shenzhen	2.8 \$/kg(CIF)	Shenzhen SED	화학합성
	Sinochem	2.9 \$/kg	Sinochem	발효, 3-3.5 \$(미국)
	Europe A	Euro 18.0 kg(DDP)	Rexim Daggusa	발효, 20-24 \$(미국)
	Europe B	Current pricing	Kyowa Ajinomoto	Whyte Tech Chem(대만), 26 \$(미국)
Cysteine	Chiese	17-18 \$/kg(CIF)	Chinese	모발/양모 분해
	Korean	24 \$/kg	Ilshin Chem	모발/양모 분해, 이 밖에 N-acetyl-L-cysteine(19\$), monohydrate(9\$), anhydrate(10\$) 생산
Glycine	USA	6 \$/kg(공장도)	Chattem	
		3 \$/kg	India, EU	중국산은 반덤핑 금수
Histidine	Japanese	50 \$/kg(CIF)	Kyowa, Ajinomoto	
Proline	USA	12-15 \$/kg	중국산	일본산은 2배 고가
Tyrosine	Chinese	13-15 \$/kg(CIF)	중국산	
	USA	25-30 \$/kg(")	Amino GMBH	
Glutathione	USA	300 \$/kg(CIF)	Kyowa, Kohjin	미국 수요: 50 톤/년
Ornithine	USA	40-50 \$/kg(CIF)	Kyowa Ajinomoto	
α-KG	USA	45 \$/kg(CIF) → 31.5 \$/kg('03)	Deggussa, Kemica, Kyowa	미국 수요: 100-200 톤/년
Arg-α-KG	USA	45 \$/kg(CIF) → 37.2 \$/kg('03)	Deggussa, Kemica, Kyowa	미국 내 수요: 250 톤/년

〈표 2-7〉 아지노모토의 해외 MSG·IMP 생산기업(2003. 3)

구분	국별	투자비		자본금 (억 엔)	2002.3현재(톤/월)		제품	설립일
		일본	현지		월산능력	월생산		
Thai Aji*	Thai	69.3	30.7	45.0	7,500	7,500	MSG	1960
Malaysia Aji	Malaysia	50.1	49.9	17	1,000	1,000	"	1961
Union Aji	Philippine	50.0	50.0	20.0	2,000	2,000	"	1958
Indonesia Aji	Indonesia	50.0	50.0	11.5	3,500	3,500	"	1969
Peru Aji	Peru	87.2	12.8	3.6	500	500	"	1968
Aji Int'l Americana	Brazil	100.0	-	63.1	4,000	4,000	"	1974
Ajinex Indonesia	Indonesia	95.0	5.0	53.0	2,000	2,000	"	1988
Thai Foods Int'l	Thai	75.0	25.0	12.5	2,000	2,000	GA	1988
Vietnam Aji	Vietnam	65.0	35.0	35.0	1,500	1,500	"	1991
America Aji	USA	100.0	-	90.0	2,000	2,000	MSG	1956
蓮花 Aji	China	51.0	49.0	35.0	3,000	3,000	"	1993
Kyowa Foods	USA	100.0	-	12M\$	2,000	-	IMP**	1998
Aji BioLatina	Brazil	78.9	21.1	17.0	2,000	2,000	MSG	1975
Thai Aji(제3공장)	Thai	69.3	30.7	45.0	3,000(연산능력)		IMP**	2001

*Aji: Ajinomoto, **IMP: 이노신산소다(핵산조미료)

[酒類食品統計月報, 6月號, 2003]

의약품 아미노산은 대부분 일본과 유럽 회사들이 독점 생산하고 있다. 특히 아지노모토, 교와발효, Rexim(Deggussa), AminoGmbH 등은 발효뿐만 아니라, 정제·회수기술이 뛰어나다. 따라서 국내 업체도 기존 아미노산을 정제하여 의약품으로 전환하는 연구가 필요하다. 교와발효는 사료용에서 의료용으로 생산을 전환하기 위해 수액용(輸液用) 아미노산의 생산능력을 최근 연간 600 톤으로 증설하기로 결정하였다. 중국시장이 급증하고 있어 2002년 중국에 합작사(上海冠生園協和Amino酸有限公司)를 설립하였다. 최종 생산능력은 연 1,800 톤을 계획하고 있다. 현재 수액용 아미노산의 세계 수요는 연간 5천 톤으로 추정된다. 이 회사는 1998년부터 alanine, arginine, histidine 등 10여 종의 아미노산을 생산하고 있다.

(라) 전망과 제언

식용은 MSG를 필두로, 인공감미료의 원료 아미노산(페닐알라닌, 아스파라긴산, 글리신)의 수요 증가가 예상된다. 국제 시장에서 중국기업의 덤핑 공세로 식용 아미노산은 머지않아 중국산이 세계 시장을 지배할 것으로 보인다. Wuxi Jinghai의 수출가(C&F Osaka)는 L-leucine 7.6 \$/kg, L-isoleucine 16 \$/kg, L-valine 10.2 \$/kg이었고, Jie Chang(Yixing Biology Corp)의 L-alanine 수출가(FOB, Chinese Port)는 2.5 \$/kg으로 매우 낮다.

MSG의 세계 생산능력(2003)은 1,571,900 톤(중국 60만, 인도네시아 24.6만, 태국 13.8만, 베트남 11만, 대만 10.8만, 한국 9만, 일본 8.2만, 브라질 7.2만, 프랑스 6만 등)으로 추정된다. 세계 MSG 생산량의 1520%를 생산하는 한국기업의 경우, 대

<표 2-8> 분지 아미노산의 세계시장 현황(2003)

제품명	매출액 (M\$/년)	생산량 (톤/년)	단가 (\$/kg)	제조법(제조사)
L-Isoleucine	35-45	550-650	60	발효(Ajinomoto, Kyowa, Rexim, Amino GmbH)
L-Leucine	25-30	900	25	발효(Same above+Fuyan Dongchen, Sigma)
L-Valine	30-40	1,00	35	효소법(Same above+Fuyan Dongchen, 星湖)
α-Ketoglutarate	<1	<25	31.5	발효(Kyowa, Kemica, Rexim, Peakchem, Joma)

상(주)이 1999년 방학동공장(연산 6만 톤)을 폐쇄하고, 군산의 발효콤비나아트에 3만 5천 톤으로 축소·이전했으며, PT. IndoMiwon의 지분(50%)을 Salim Group으로부터 회수하는 등 해외투자를 강화하고 있다. 해외법인의 투자비는 인도네시아(PT. Miwon Indonesia, PT. Indo Miwon)는 전액, 베트남(Vietnam Miwon)은 75%, 중국(Zhejiang Miwon)은 51%이다. CJ(주) 역시 인도네시아(CJ Indonesia: Zombang·Pasuruan·Bandung공장)에 집중 투자하여, MSG(연산 2만 톤), 리신(연산 10만 톤), IMP(연산 1,500톤), 트레오닌(연산 5천 톤), 동물사료 등을 생산하고 있다.

일본메이커들은 대부분 채산성 악화로 해외에서 중간제품(CGA)를 수입하여 MSG로 전환하고 있다. 2003년도 생산능력(MSG 기준)은 2000년도의 8,400 톤에서 2003년에 5,615 톤(아지노모토 4,300, JT 1,100, 協和 200, 味日本 15)으로 급감하였다. 여기에서 우리는 아지노모토(주)의 아미노산사업 전략에 대해 살펴볼 필요가 있다. 동사가 값싼 MSG 생산을 고집하는 이유는 자사가 최초로 개발한 상품이라는 상징적 의미뿐만 아니라, 서민들이 널리 찾는 이 제품을 판매함으로써 해외진출의 교두보로 삼고자 하기 때문이다(<표 2-7>).

페닐알라닌과 아스파라긴산은 아스파탐의 수요 증가와 더불어 지속적인 증가가 예상된다. 아스파탐 생산량에 대한 두 아미노산의 소요비는 페닐알

라닌은 7080%, 아스파라긴산은 100%가 필요하다. 세계 아스파탐시장은 1997년의 14,900 톤에서 2002년에는 10,450 톤으로 증가할 전망이다. 페닐알라닌은 이 밖에도 항암·항바이러스제의 원료로 각광을 받고 있다.

분지 아미노산의 성장도 주목할 만하다. 1997년부터 2002년까지 평균 7% 정도 성장했을 것으로 추정된다. 대상(주)은 이들을 주원료로 한 아미노산드링크(아미노10)를 개발했다가 철수했으나, 2003년부터 국내외에서 다시 히트상품으로 떠오르고 있다. 특히 발린의 수요는 괄목할 만하다(<표 2-8>).

사료용 아미노산은 개발도상국들의 육류소비 증가에 힘입어 역시 큰 수용의 증가가 예상된다. 리신과 트레오닌은 큰 폭의 성장이 기대되지만, 트립토판은 생산성 문제로 담보상태이다. 따라서 균주 개량에 의한 생산성 향상이 트립토판의 수요 증가를 위해 필요하다. 메티오닌은 당분간 화학합성이나 효소공정에 의한 생산이 계속될 것으로 보인다.

사료용 아미노산도 원료산지로 생산설비를 이전할 필요가 있다. 아지노모토는 태국 등지로, 통하이(東海食品)는 베트남으로, CJ는 인도네시아로 리신 생산기지를 옮겼거나 이전 중이다. 이에 반해 Eurolysine(프랑스)을 포함한 유럽의 메이커들은 균주개량에 의한 생산성 향상과 청정설비에 의한 생산을 서두르고 있다. 이는 조만간 유럽수출에

대한 환경법규의 적용으로 수입을 금지시키려는 전략이 숨어 있는 것으로 보인다. 미국의 ADM은 세계 최대의 옥수수단지 내에 공장을 가지고 있어, 수송비 절감, 납기관리, 자동차 폐타이어를 이용한 에너지 절감, 설비 대형화에 의한 제조원가의 절감으로 앞으로 사료 아미노산의 강자로 부상할 것으로 보인다.

사료용 아미노산의 또 다른 변수는 리신 등의 함량이 많은 농수산물의 작황과의 상관관계이다. 특히 콩과 밀치의 여획량은 사료 아미노산의 가격형성에 반비례적이므로, 시카고 곡물시장에 대한 신속한 정보모니터링체제를 구축할 필요가 있다.

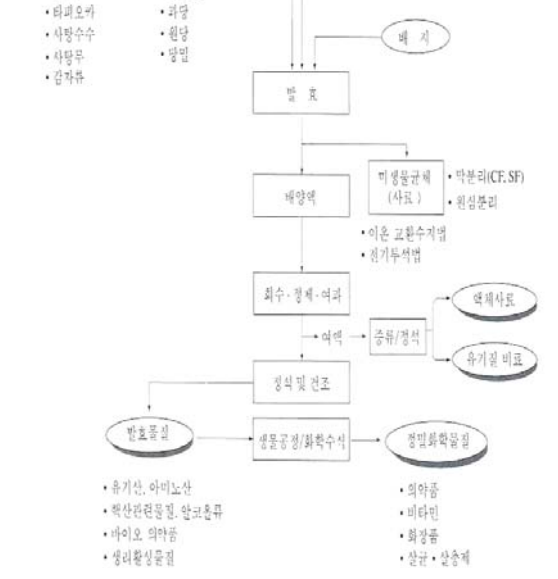
의약품 아미노산은 주사제 및 신용도의 개발에 따라 지속적 성장이 기대된다. 기존 아미노산에 다른 기능성 물질을 혼합한 처방개발로 많은 건강식품의 개발이 예상된다. 글루타민은 건강식 원료나 위궤양 치료제로 안정된 수요를 가지고 있다. 세계 시장규모(2002)는 2,300 톤(일본 1,200, 북미 750, 유럽 200, 기타 150)이며, 대상(주)은 일본에 500 톤씩 수출 중인 것으로 알려져 있다. 프롤린을 생산하는 에이스바이오택(청원)은 연산 50톤(2002) 규모의 생산품을 전량 독일로 수출하고 있으며, 2003년부터는 L-오르니친을 생산할 것으로 보인다.

의료용으로 이용하려면 pyrogen-free가 되어야 한다. 전체 아미노산은 환자용 영양제 및 수액원료, 주사제, 장기 보존액 및 시약용으로 이용된다. 이들의 수출단가는 식사용용(1-2 \$/kg)에 비해 10100배 이상(10-150 \$/kg) 높다. 따라서 국내 기업도 의료용 아미노산에 관심을 기울일 필요가 있다. 우리나라의 의료용 아미노산 수입량(1998)은 23품목에 100억 원에 이르며, 지금은 이보다 배증했을 것으로 보인다. 값이 싼 중국산을 수입·정제하여 시약용이나 의료용으로 재수출하는 방안도 고려해볼 만하다.

선진기업에서는 아미노산의 유도체를 개발하려는 노력이 더욱 가속화할 전망이다. 지금까지 개발된 아미노산 유도체는 3,000여 종을 상회한다.

최근 효소에 의한 광학 이성체의 변선풀기기술의 발달은 수많은 신규물질의 창출에 대한 기대를 갖게 한다.

기술적 현안과제로는 새로운 탄소원의 탐색, 대사공학에 의한 생산균주의 개량, 폐기물의 자원화, 발효물질의 정밀화학물질로의 전환기술 개발, 막분리기술 등을 이용한 무폐수 무방류 시스템의 구축



〈그림 2-2〉 환경친화적 아미노산 생산공정도

(2) 핵산 관련 물질

(가) 종류

핵산 관련 물질은 정미성의 퓨린계와 정미성이 없는 피리미딘계로 구분된다. 전자는 이노신산소다(disodium inosinate: IMP), 구아닐산소다(disodium guanylate: GMP), IMP와 GMP의 등량 혼합물인 리보타이드(ribose: IG), 산실산(xanthylic acid: XMP), 아데닐-3-인산(adenosine triphosphate: ATP) 등이 있고, 후자는 시티딜-1-인산(citidylic

monophosphate: CMP), 유리딜-1-인산(uridylic monophosphate: UMP), 티미딜-1-인산(thymidylic monophosphate: TMP) 등이 있다. 이 밖에 각광 받는 물질로 CDP-choline, S-adenyl methionine (SAM) 및 NAD, FAD, coenzyme A 등의 보조소가 있다.

이 중에서 양적으로나 질적으로 가장 많이 생산되는 것이 정미성이 있는, 핵산조미성분인 IMP와 GMP 및 이들을 반반씩 혼합한 ribotide(IG)이다. 이들은 식품 가공이나 조리 시 용해성을 고려하여 소다염으로 생산하지만, 식품가공 시 안정성을 고려하여 칼슘염으로 제조하기도 한다. 아래에서 정미성 핵산조미료를 중심으로 살펴본다.

(나) 핵산조미료의 제조법

일본 연구진을 중심으로 개발된 핵산조미료의 제조법은 매우 다양하다. 이는 사용원료의 수급 상황이나 메이커의 여건에 따라 적용할 수 있는 선택의 폭이 그만큼 넓음을 의미한다. 처음 개발된 핵산분해법(Amano Process)은 핵산을 효소로 분해하여 정미성 물질을 얻는 방법이다. 효모균체에서 염수로 추출한 리보핵산(RNA)을 페니실린균이 분비한 5-phosphodiesterase(PDase)로 처리하여 4종의 모노 뉴클레오티드(AMP, GMP, CMP, UMP)로 분해한다. 이 분해액을 이온교환수지탑에 통액하여 CMP와 UMP를 제거하고, 정미성의 GMP와 AMP를 선별·수거한다. AMP는 다시 5'-AMP deaminase로 처리하여 IMP로 전환한다. 이러한 이중의 효소처리공정을 단일화시킨 것이 방선균(*Streptomyces aureus*)을 이용한 단일처리 공정이다. 이 균주는 PDase뿐만 아니라, RNase와 5'-AMP deaminase를 모두 분비하므로 핵산용액을 일시에 IMP와 GMP로 분해한다. 그러나 점주성이 강하여 여과가 어렵고, 공정이 비위생적이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 개발된 방법이 효모균체의 현탁액에 유기용매를 첨가한 후, 5060℃에서 같은 균체 내의 효소계를 이용하여 자가분해(autolysis)시키는 방법(Takeda Process)이다. 이

공정도 여과가 어렵고, 고가의 유기용매를 회수해야 하므로 시설투자비용이 크다는 문제점이 있다.

또 다른 방법은 *Brevibacterium ammoniagenes*를 이용하여 배지 중에 직접 IMP나 XMP를 축적시키는 발효법(Kyowa Process)이다. 당과 무기질을 원료로 하는 드노보법(de novo process)과 배지 중에 전구물질을 소량씩 넣어 합성을 촉진시키는 셀베이지법(salvage process)이 있는데, 후자가 널리 이용된다. 공정이 간단하지만, 발효시간이 56일간으로 길기 때문에 오염문제와 생산성 향상이 해결되어야 한다. XMP는 다시 코리네균 변이주로 GMP로 전환발효를 시킨다. 최근에는 이러한 GMP 생산의 이단발효를 간소화하기 위하여 XMP 발효가 진행되는 적정 시점에 전환균주를 투입하여 동시발효를 시행한다. 직접 발효법의 생산성이 낮은 이유 중 하나는 분자량이 크므로 막투과 문제가 있기 때문이다.

이를 해결하기 위해 등장한 방법이 고초균(*Bacillus megatherium*)으로 뉴클레오시드를 합성한 후, 이를 회수하여 화학적으로 인산화하는 공정(Ajinomoto Process)이다. 예컨대, 고초균으로 이노신을 생산하여 IMP로 인산화하거나, AICAR를 발효·생산하여 화학적으로 구아노신을 거쳐 GMP로 인산화한다. 이 경우, 제품수율은 높지만, 화학적 인산화공정이 발연성 $POCl_3$ 나 $POCl_5$ 를 사용하므로 공해를 유발하는 것이 문제이다.

국내에서는 대상이 핵산발효법(부산공장)으로 출발했다가 직접 발효법(군산공장)으로 전환했고, CJ(주)는 처음부터 직접 발효법을 채택하고 있다. 전문진 등(1990)은 *B. ammoniagenes* CH21(*trp*-)을 카라기닌으로 고정화하여 생물반응기(CSTR)를 만들고, 여기에 5'-XMP를 주입하여 5'-GMP를 연속 생산하는 공정을 개발한 바 있다.

(다) 업계 및 시장 동향

핵산조미료의 생산은 1996년의 8,170 톤에서 2001년에는 10,130 톤으로 24.0% 성장하였다. 2001년의 가동률은 생산능력이 13,720 톤에 10,130 톤

〈표 2-9〉 핵산조미료의 세계 생산량과 생산 능력

회사명	생산능력(%)			생산량(톤)		
	1996	1998	2001	1996	1998	2001
한국합계	3,200(35.4)	3,400(28.6)	4,000(29.2)	2,900(35.5)	3,200(29.9)	2,700(26.7)
-대상(주)	1,900(21.1)	1,900(16.0)	2,500(18.2)	1,600(19.6)	1,800(16.8)	1,400(13.9)
-CJ(주)	1,300(14.4)	1,500(12.6)	1,500(10.9)	1,300(15.9)	1,400(13.0)	1,300(12.8)
일본합계	5,800(64.4)	6,000(50.4)	6,720(49.0)	5,270(64.5)	6,000(56.1)	5,430(53.6)
-아지노모토	3,900(43.3)	3,900(50.4)	3,840(28.0)	3,450(64.5)	6,000(56.1)	5,430(53.6)
-타케다약품	1,400(15.6)	2,000(16.8)	1,440(10.5)	1,400(17.1)	1,900(17.8)	1,600(15.8)
-코와발효	200(2.2)	400(3.4)	720(5.2)	190(2.3)	300(2.8)	60(0.6)
-아마사장유	200(2.2)	200(1.7)	720(5.2)	150(1.8)	2,00(1.9)	170(1.7)
-아사히식품	100(1.1)	100(0.8)	-	80(1.0)	100(0.9)	-
CJ Indonesia	-	1,500(12.6)	2,000(14.6)	-	1,500(14.0)	1,500(14.8)
Star Lake	-	1,000(8.4)	1,000(7.3)	-	Not Checked	500(4.9)
합계	9,000(100)	11,900(100)	13,720(100)	8,170(100)	10,700(100)	10,130(100)

이 생산되었으므로, 73.8%였다. 이 중, 한국기업이 국내에서 26.7%, 인도네시아에서 14.8%를 생산하여 총 41.5%를 점유하였다. 나머지는 일본기업이 53.6%, 중국기업이 4.9%였다(<표 2-9>).

지금까지는 한국과 일본이 독점하였으나, 1998년부터는 중국의 Star Lake (星湖集團), 2001년에는 CJ Indonesia, 2000년부터 미국의 Biokyowa, 2003년부터는 Thai Ajinomoto가 각각 생산에 참여하여 다국 경쟁체제를 구축하였다. Thai Ajinomoto의 경우, 태국의 제3공장(캄펜테트)에 60억 엔의 건설비를 투자하여 연산 3,000톤의 생산능력을 갖는 공장을 건설하여, 2003년 중반부터 생산할 계획이었다. 동사는 일본 내 카고시마공장(麓島工場)의 핵산설비를 토카이공장(東海工場)으로 이전하고 있는 것으로 알려져 있다. 이 밖에 시가공장(佐賀工場)과 카와사키공장(川崎工場)의 시설은 그대로 유지할 계획이라고 한다. 참고로 일본업체의 핵산조미료 생산능력을 소개한다(<표 2-10>).

2002년도의 세계 시장규모는 총 11,430 톤으로, 일본 4,000 톤, 중국 2,500톤, 한국 1,040톤, 태국과

인도네시아 및 중남미가 각각 600톤, 미국 450톤, 유럽과 대만이 각각 400톤 등으로 추정되고 있다. 이노신산의 평균 수출가는 2000년도에 67 \$/kg으로 폭락했다가, 2002년부터 다시 89 \$/kg 선으로 회복한 것으로 보인다.

(라) 전망과 제언

핵산조미료의 산업은 이제 다국 경쟁시대로 접어든 듯하다. 따라서 경쟁력을 유지하려면 **원료산지로 생산기지를 확대하여 제조원가를 절감하고, 경영합리화를 적극 추구해야 할 것이다.** 일본기업은 이런 부분에서 발 빠른 움직임을 보이고 있다. 1999년에 Asahi Kasei는 Asahi Foods를 포함한 식품계열 8개사의 식품사업을 Japan Tobacco와 합병하여 “JT Foods”를 출범시켰다. 2001년에는 Kirin Beer와 Takeda 약품이 조미료사업 중심의 “Takeda Kirin Foods”를 설립하여 2002년부터 영업(매출목표: 300억 엔)을 개시하였다. 투자비는 Kirin이 51%에서 출발하여 향후 전액 투자하기로 했으며, Takeda는 Kirin의 맥주효모로 비타민을

<표 2-10> 일본 핵산조미료의 생산 능력(2003)

구분	공장	핵산 조미료(톤/월)			복합 조미료(톤/월)		제조법
		제품	능력	생산	핵산조미료 함유비율	생산	
Ajinomoto	川崎	GMP	80	240	IG(5:5) 8%(Haimi)	330	발효·합성
	東海	MP	250				
Takeda	高砂	I G	120	120	IG(5:5) 8%(Ino Ichiban)	280	직접 발효
Yamasa	銚子	IMP	60	20	IMP 8%, GMP 0.5%(Flavor)	70	핵산 분해
		GMP					
JT	延岡	-	-	-	IG 8%+구연산소다 4%(Mitas)	110	-
Kyowa Hakko	防府	IMP	60	30	IG8%+Na-aspartate 2%+Na-succinate 0.2%(Miku)	80	직접 발효
		GMP					
합계	-	-	570	410	-	870	-

제조하기로 합의했다. 2002년에는 Kyowa Hakko 가 주류사업을 Asahi Beer에 양도하기로 합의한 바 있다.

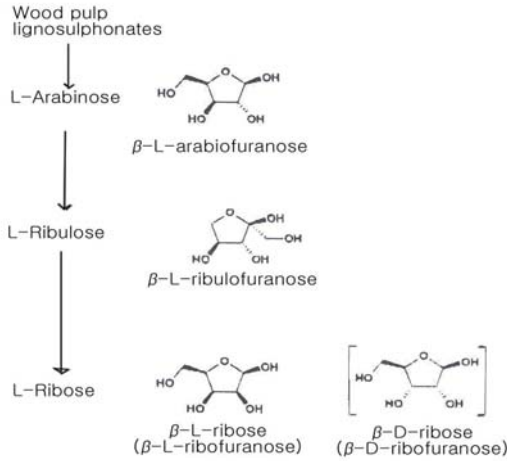
또한 핵산조미료와는 차별화된 **핵산 유도체 개발에 전력투구를 해야 할 것이다**. 예컨대, 건강식품소재로 알려진 coenzyme Q10은 미국시장에서만 50톤의 시장을 가지고 있는데, 평균 수출가는 1,8002,000 \$/kg(2000)이었다. 이들은 대부분 일본 기업(Kyowa Hakko, Kanekabuchi, Asahi Kasei 등)이 수출하고 있다. 이는 MSG(1 \$/kg)나 리신(1.5 \$/kg)의 2,000여 배에 달하는 것으로 고수익 상품임을 알 수 있다. 보호소들(NAD, FAD, FMN, CoA) 및 S-adenyl methionine 등도 주목받는 품목들이다.

최근 선진국에서 각광을 받는 핵산 관련 물질은 쿨토(Culto Co.)가 아황산폐액에서 효소 또는 화학적으로 합성한 L-ribose이다(<그림 2-3>). 이 물질은 L-nucleoside, L-nucleotide, riboflavin 등의

원료가 된다. L-nucleoside는 항바이러스제인 methylmL-riboflanoside("Bezimidavir") 등의 합성 원료이다. 수출가는 105130 \$/kg이다. 또한 L-Ribose 및 그 유도체의 매출내용은 <표 2-11> 과 같다.

<표 2-11> L-Ribose 및 유도체의 판매량(2001)

물 질 명	판매사(브랜드)	매출 (M\$)	미국시장 (톤)
Acadesine	Kyowa Hakko(Arasin)	-	-
Capecitabine	Roche(Xeloda)	110	8
Cytidine	Ursapharm(Posilent)	-	-
Doxyfluridine	Roche(Flurtulon)	170	-
Ribavarin	ICN Pharmaceuticals	470	37
Riboflavin	Roche · BASF	330	19



〈그림 2-3〉 아황산 폐액에서 L-Ribose의 생산

(3) 유기산

발효로 생산되는 유기산은 70여 종류로, 해당경로를 거쳐 구연산 회로에서 합성된다. 대표적인 것으로는 초산, 젖산, 구연산, 후마르산, 주석산, 능금산, 글루콘산 등을 들 수 있다. 유기산의 생산 균주는 세균, 효모, 곰팡이 등으로 다양하다(〈표 2-12〉).

생산방법으로는 표면배양법(surface culture method)과 심부배양법(submerged culture method)이 있다. 전자는 구연산 등에 일부 적용되고 있으나, 대부분 후자가 일반화되어 있다. 발효 과정을 보면, 증식기(trophophase)를 거쳐 생산기(idiophase)에 유기산을 집중 분비하며, 많은 대사보충회로가 있다. 1차보충회로는 pyruvate carboxylase, 2차회로는 PEP carboxykinase가 주도하며, 필요한 경

〈표 2-12〉 대표적인 유기산발효 균주

유기산	발효 균주	%생산성(탄소원)
Acetic acid	<i>Acetobacter aceti</i>	95(ethanol)
Propionic acid	<i>Propionbact. shermanii</i>	69(glucose)
Pyruvic acid	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	50(glucose)
Lactic acid	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	90(glucose)
Succinic acid	<i>Bacterium succinicum</i>	57(malic acid)
Tartaric acid	<i>Gluconobacter suboxydans</i>	27(glucose)
Fumaric acid	<i>Rhizopus delemar</i>	58(glucose)
Malic acid	<i>Lactobacillus brevis</i>	100(glucose)
Itaconic acid	<i>Aspergillus terreus</i>	60(glucose)
α-keto glutaric acid	<i>Candida hydrocarbofumarica</i>	84(n-paraffin)
Citric acid	<i>Aspergillus niger</i>	85(glucose)
“	<i>Candida lipolytica</i>	140(n-paraffin)
L(+)-Isocitric acid	<i>Candida brumptii</i>	28(glucose)
L(-)-Alloisocitric acid	<i>Penicillium purpurenum</i>	40(glucose)
Gluconic acid	<i>Aspergillus niger</i>	95(glucose)
2-Ketogluconic acid	<i>Pseudomonas fluorescense</i>	90(glucose)
D-Araboascorbic acid	<i>Penicillium notatum</i>	45(glucose)
Kojic acid	<i>Aspergillus oryzae</i>	50(glucose)

우 3차회로인 glyoxalate pathway가 작동한다.

초산발효는 *Acetobacter*를 Frings Acetator에서 심부배양하며, 최고 12%의 초산을 축적한다. 38°C 이상에서는 사멸하므로 주의를 요한다. Yeoman Co(USA)가 개발한 연속 심부배양법은 40°C에서 발효하며, 발효수율은 98% 이상으로 매우 높다. 통기가 중단되면 균주의 1/3이 사멸하므로 주의를 요한다. 국내 시장(1998)은 오투기식품이 19,750 톤으로 54.2%를 점하며, 미원(주) 8,600 톤(23.6%), 삼일식품 3,490 톤(9.6%), 청요식품 1,220 톤(3.3%) 등으로, 총 36,460 톤이었다. 아직 빙초산을 회색하여 증화요리 등에 사용하고 있으나, 일본처럼 점차 양조식초로 전환되고 있다.

구연산은 종전의 표면액체배양법에서 지금은 80% 이상이 심부배양법으로 생산한다. *Aspergillus* sp.(*Asp. niger*, *Asp. oryzae*, *Asp. wentii*)를 접종하여 304°C에서 34일간 발효한다. 하루가 경과하면 균사가 발생하며, 영양증식기(30 h)에서는 원료 포도당이 균사형성에 집중되면서 많은 탄산가스를 발생한다. 생산기에 들어서면 포도당은 대부분 유기산으로 전환된다. 현재 발효수율은 60.468.9% (*Asp. niger*) 및 36.666.8%(효모)이다. 발효 생산성은 1.21.5 kg/m³/day이다. 발효액에서 제품 회수율은 92%이며, 대 원료 제품수율은 균주에 따라 3565%로 폭이 크다. 세계 시장은 미국의 화이자 와 마일스, 벨지움의 벤키샤 및 중국의 강소성 구연산제조창(江蘇省 枸橼酸製造廠) 등이 주도하고 있다.

국내에서는 1970년대에 미원(주)이 정읍공장에서 고체배양법으로 생산하다가 원료인 고구마박의 부족으로 생산을 중단했고, 그 후 창동공장에서 20여년간 구연산칼슘을 수입하여 정제 구연산을 생산했으나, 1990년대 초에 중단한 바 있다. 지금은 전량 수입에 의존한다.

젖산은 호모균인 *Lactobacillus delbrueckii*를 이용하여 증온(4550°C)에서 발효한다. 아황산 폐액을 원료로 할 경우 *Lactobacillus bulgaricus*를 이용한다. 비타민 B의 공급원으로 엿기름을 사용한다.

발효는 47일간이며, 접종 후 72시간부터 젖산이 생성된다. 대당수율은 9395%이다. *Rhizopus* sp.는 호기상태에서 L-형만 생산한다. 발효시간이 짧고, 대당수율은 7580%로 알려져 있다.

젖산을 중합한 PLA는 생분해성 포장재원료로 사용하므로, 앞으로 큰 수요가 형성될 것으로 전망된다. 이미 Cargill-Dow Chemical은 1999년경부터 대규모의 젖산공장을 건립하고, 가동에 들어간 바 있다. 호박산을 중합한 PSA(poly succinic acid)는 PLA에 비해 유연성이 크므로 더욱 각광을 받고 있다.

글루콘산은 *Pseudomonas* sp., *Asp. niger*, *Acetobacter suboxydans* 등을 이용하여 발효한다. 이론수율은 대당 8087%선이다. 최근에는 일본의 Fujizawa사가 연속발효공정을 개발하여 35%의 고농 당액에서 대당수율이 95%가 넘는 속성법을 개발했는데, 이는 배치식의 2배에 해당하는 것이다.

나. 이차대사물질

이차대사물질은 생명현상에는 직접 관계가 없으나 자신의 생육범위를 확대하기 위해 분비하는 물질이다. 항생물질을 비롯하여, 독소, 색소, 알칼로이드 등이 있다.

(1) 항생물질

항생물질은 매년 350여 종이 발견되고 있으며, 100여 종이 발효법으로 생산된다. 화학구조에 따라 탄수화물계, macrocyclic lactones, quinones, amino acid & peptides, heterocyclic antibiotics (containing N or O), alicyclic derivatives, aromatic antibiotics, alipatic antibiotics 등으로 구분한다. 항생물질의 매출은 전체 의약품의 17%를 차지하며, 항생물질의 50% 이상은 방선균이 분비한 것이다.

그 중에서도 β-락탐계 항생제인 페니실린G(PG)와 세팔로스포린C(CPC)가 가장 많이 생산된다. β-락탐계 항생제는 재래식인 페니실린계(penems)와

세팔로스포린계(cephems)과 비재래식인 cephamycin, oxacephem, oxapenem, carbapenem 및 monocyclic β -락탐 등이 있다. 세펩의 1/3은 값싼 7-ADCA에서 만든다. PG의 penicillin sulfoxide ester의 고리를 확대하여 CPC ester로 전환한 후, 에스테르 부위와 페닐아세틸 측쇄 부위를 제거하면 7-ADCA가 형성된다. 나머지 2/3는 7-ACA에서 얻는다. PG 및 CPC에서 6-APA나 7-ACA로의 전환율은 각각 8090%로 비교적 높다.

페니실린은 천연계(G, F, K, N), 생물합성계(G, V, O) 및 반합성계(ampicillin, propicillin, oxacillin, methicillin) 등으로 구분한다. 페니실린의 생산균주는 *Penicillium chrysogenum*이나 재조합 대장균 및 *Fusarium oxysporum*을 사용하며, 69일간 오래 발효하므로 오염대책이 필요하다. 발효축적 농도는 4050 g/l이며, 기질 탄소원의 65%는 세포 성분으로, 1012%는 페니실린 생산에 이용된다. 포타슘염으로 회수하며, 회수율은 90% 이상이다.

CPC는 주로 *Cephalosporium acreminium*에 의해 생산되며, 효소나 화학적으로 적당히 수식하여 약효가 향상된 수많은 세펩(cephems)을 생산한다. 세펩은 편위상 포도상 구균에 항균력을 가진 1세대(cephaloridine, cephalothin, cephalixin, cephalozone), 그람음성균에도 항균력이 있는 2세대(cefuroxime, cefotiam, cefmetazole, cephamandole), 그람음성균에는 항균력이 강하나 그람양성균에는 약한 3세대(cefotaxime, ceftazidime, ceftriaxone, ceftazone), 그람양성균에도 강한 4세대(cefepime) 등으로 구분한다. CPC 발효 과정을 보면, 포도당과 메티오닌을 흡수하여 CPC 합성효소가 생성되면서, 균사는 원형의 분절자로 바뀐다. 이 시점부터 CPC가 본격적으로 합성된다. 균체의 성장기에는 메티오닌과 용존산소를 충분히 공급해야 하며, 생산기에는 자화가 어려운 식용유를 유가함으로써 생산성을 향상시킨다. 45일 발효에 2025 g/l의 CPC가 축적되며, 제품 회수율은 8090% 선이다.

이 밖에, 펩티드계는 방선균, 곰팡이, 효모, 세균

등에 의해 합성되며, 한 개 이상의 D-아미노산을 함유하고 있다. 락톤 펩티드는 actinomycin, quinoxaline, mikamycin 등이 있고, 환상 펩티드로는 polymixin이 대표적이다. 아미노글루코시드계는 그람음성균에 항균력을 가진 streptomycin, neomycin, kanamycin 등이 있고, 매크로라이드계는 방선균과 *Microspora* sp.에 의해 생산되며, polyene계의 대표적 항생제는 nystatin이다.

(2) 항생제시장

국내에서는 리팜피신(유한양행, 종근당 1986)을 필두로, CPC(CJ 1986, 종근당 1993, 대상 1998) 및 PG(건일제약 2002)가 발효의약품으로 생산되었다. 이어서 로바스타틴(종근당 1998), 프로바스타틴(코바이오텍 2001)이 개발되었다. 국내 의약품 전체 시장(1996)은 항생제 7,960만 \$, 백신 2,820만 \$, 항암제 2,100만 \$, 호르몬제 1,730만 \$, 진단시약 1,160만 \$이다. 공급량은 2억 7,700만 \$로, 생산 1억 9,500만 \$와 수입 8,200만 \$로 구성되어 있다.

항생제는 세계 의약품의 17%를 차지하며, CPC(40.3%), PG(22.5%), macrolide(6.2%), tetracycline(5%), aminoglycoside(3.3%), 기타(22.7%) 등으로, β -락탐계가 63%를 점유한다. 국내 시장은 β -락탐계(65%), 아미노글루코시드계(17%), 테트라사이클린(5.5%), 린코마이신(4.5%), 매크로라이드(3.1%), 기타(4.9%) 등으로 구성되어 있다.

β -락탐계 항생제의 세계 시장(2000)은 150억 \$로, CPC가 99억 \$, PG가 50억 \$로 추정된다. PG의 세계 생산은 40,000 톤으로, 질병(35%), 반합성 페니실린 원료(43%), 동물치료(12%) 등에 사용된다. 국제 유통가격은 812 \$/kg선이다. CPC의 시장규모(1999)는 2,180톤이며, 이의 중간체 원료인 7-ACA의 생산량은 2,110톤으로 추정된다(<표 2-13>).

효소공정을 채택한 안티비오티쿠스와 바이오케미카 7-ACA 총생산의 50% 이상을 점유하고 있다(2000).

〈표 2-13〉 CPC 및 7-ACA 생산량

제조회사	CPC	7-ACA		참고사항
	생산량(톤)	자체사용(톤)	생산량(톤)	
글락소웰컴	500	270	250	
안티비오티쿠스	1,000	150	500	세계 최대 생산능력
비오케미	540	240	270	
후지자와	400	230	200	일본 최대 생산능력
브리스톨마이어-스퀴브	240	85	120	
헵스트	-	40	-	
CJ(대소공단)	500	70	250	국내 최대 생산능력
종근당(안산공장)	460	50	230	천안으로 이전
대상(음성공장)	240	100	120	2000년도에 폐쇄
루강	-	2	20	
허베이	300	100	150	중국 최대 생산능력
총계	4,180	1,337	2,110	중국 참여로 공급가 폭락

미국의 항균제시장(1999)은 80억 \$로, CPC 36억 \$, PG 12억 \$, fluoroquinone 9억 \$, 테트라사이클린 5억 \$, 매크로라이드 4억 \$ 등으로, 역시 β -락탐계가 60% 이상을 점유한다.

국내 CPC 및 7-ACA 생산량(1999)은 각각 1,200 톤과 600 톤으로, 세계 시장의 55%와 28.4%를 점유하고 있다. 이처럼 항생제 발효는 아미노산 및 핵산과 더불어 국내 발효공업을 주도하고 있다. 그러나 1999년부터 중국기업이 생산에 참여하면서, 중국수출이 막히면서 7-ACA의 수출가는 230 \$/kg에서 90 \$/kg 이하로 급락하였다. 이에 따라 대상(주) 음성공장이 문을 닫았고(2000), 다른 기업들은 생산을 감축하고 있다.

(3) 항균제

프로바이오틱을 이용한 항균제 개발도 활기를 띠고 있다. 프로바이오틱은 이미 식·사료용으로 허용된 미생물이므로, 이들을 이용한 항균제 생산은 소비자의 호감을 얻을 것으로 기대된다. 김치 발효가 프로바이오틱에 의해 수행되므로, 이들에

의한 박테리오신의 생산은 우리에게 큰 의의가 있다(<표 2-14>).

(4) 항생제 산업의 전망과 제언

PG와 CPC 발효제품은 중국, 인도 등으로 생산 주도권이 넘어갈 전망이지만, penem 및 cephem 시장은 우리나라와 미국, 일본, 유럽 등이 계속 주도할 것으로 보인다. 병원균들의 항생제 내성이 강하므로, 항생제 내성이 약한 β -lactamase에 안정한 유도체 및 methicillin 저항성(MRSA)의 신규 유도체의 개발이 필요하다.

항생물질의 생합성 회로상의 율속효소 유전자를 증폭하여 발효 생산성을 향상시켜야 한다. *C. aremonium*에 expandase와 hydroxylase의 두 유전자를 증폭시킨 E. Lily 및 불순물(DAOC)을 제거한 Bristol-Meyer-Squibb의 균주개량 사례를 타산지석으로 삼아야 할 것이다. 이 밖에도 그람 양성균이나 음성균에 효능을 나타내는 광범위 항생제의 개발도 꾸준히 병행해야 할 것이다.

〈표 2-14〉 프로바이오틱에 의한 박테리옌의 생산

종류	생산균	정제법*	연구자
Lab JJ2001	<i>Lactobacillus</i> JJ2001	ND	YB Cho 등(1997)
Caseicin K319	<i>L. casei</i> LAB 31-9	ND	SS Bae 등(1997)
-	<i>L. curvatus</i> SE1	IEC(14kDa)	SK Kim 등(1998)
-	<i>L. brevis</i>	GFC(59 kDa)	DS Cha 등(1996)
Laticin BH5	<i>Leuconostoc lactis</i>	ASP, EP, IEC(3.5 kDa)	HJ Lee 등(1999)
-	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> A164	CEC, UF(3.5 kDa)	CI Cheigh(1990) HJ Choi 등(2001)
Lactococcin K3113	<i>L. lactis</i> LAB3113	ASP(10.5 kDa)	YJ Shin 등(1997)
-	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> H559	ND	JW Hur 등(2000) EH Park(1998)
Laticin NK24	<i>L. lactis</i> NK24	ASP(3.5 kDa)	NK Lee(2001)
Lacticin SA72	<i>L. lactis</i> SA72	EP(3.5 kDa)	KM Koo 등(2001)
Lactococcin K	<i>L. lactis</i> KCA2386	CEC, GFC(8.1 kDa)	SH Ko(2000)
Leucocin K	<i>Leuconostoc</i> LAB145-3A	CEC, GFC(4.4 kDa)	SY Choi 등(1992)
-	<i>L. mesenteroides</i> DU-0608	ASP(6 kDa)	DS Cha 등(1996)
Leucocin J	<i>Leuconostoc</i> sp. J2	ASP(2.5-3.5 kDa)	HJ Choi 등(1999)

* ASP : ammonium sulfate precipitation, CEC: cationic exchange chromatography,
EP : ethanol precipitation, GFC: gel filtration chromatography,
IEC : ion exchange chromatography, ND: not determined, UF: ultra filtration, -: unnamed

4. 바이오에너지, 식량, 탄소자원

가. 에너지와 식량

2014년경 인도네시아의 석유자원 고갈을 필두로, 2050년까지 세계의 모든 화석연료가 소진될 것으로 전망되고 있다. 이에 대비하여 화석연료의 대체 에너지원으로 바이오에너지와 바이오매스, 수소 및 태양열이 검토되고 있다.

바이오에너지는 1980년 초부터 브라질에서 옥수수 전분을 발효하여 얻은 알코올을 휘발유에 3050% 혼합하여 지금까지 사용하고 있다. **바이오매스**는 매년 지상과 육상에서 생산되는 방대한 동식물을 이용한 에너지의 획득방법인데, 여기에서는 지면관계로 구체 내용을 생략한다.

수소에너지는 대기 중에 널리 퍼져 있는 수소를 포집하여 에너지로 전환하든가, 미생물 발효로

생산한다. 수소발효에는 광합성 세균인 *Anabaena cylindrica*를 암소에서 발효하여 바이오매스나 물에서 수소를 생산하며, 녹조류를 이용하여 물을 광분해하여 얻기도 한다. 물 분해 시 발생하는 이산화탄소를 *Cyanobacterium* sp.로 고정하여 탄수화물을 합성한 후, 암소에서 혐기발효를 하면 hydrogenase의 작용으로 수소가 발생한다. 이 외에도, *Clostridium* sp., *Enterobacter* sp. 등에 의한 혐기발효로 직접 수소를 생산한다. 수소발효는 이산화탄소를 발생치 않는 청정기술로 향후 큰 기대를 갖게 한다.

식량자원의 고갈에 대한 대책으로는 유전자 조작에 의한 작물 생산성 향상(GMO), 인공종자의 개발, 미세조류를 포함한 식용자원의 개발, 형질전환 동식물의 이용 등이 있다. 동유럽을 중심으로 아황산 폐액 등에 효모를 배양하여 단세포단백

(SCP)을 대량 생산하여 식재료용으로 사용한다. 대만의 Taichung Fermentation Inc.에서도 450 Nm³의 대규모 Waldhop형 발효조에서 *Candida* sp.를 개방 배양하여 오래 전부터 빵과 초콜릿을 생산하고 있다.

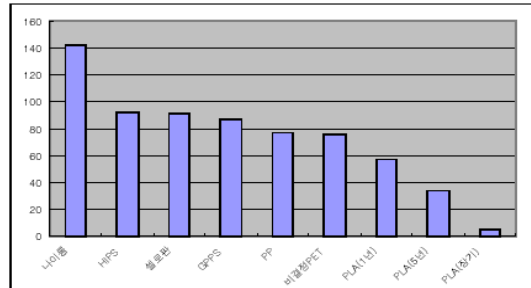
우리나라에서는 바이오에너지와 식량 분야에 대한 생물학적 연구가 아직 미흡하므로, 국가안보적 차원에서 정책적 지원, 육성이 필요하다. 특히 수소는 에너지원이면서, 유류 정제 시 환원용 가스로, 메탄올과 암모니아 생산 시 합성용 원료로, 그리고 반도체, 초자, 금속, 요업 등의 제조공정에 널리 이용된다. 국내 시장도 이미 연간 65억 Nm³(300억 원 상당)에 달한 것으로 알려져 있어 큰 수요가 기대된다.

나. 탄소자원과 제언

발효원료인 탄소자원은 설탕계와 전분계가 주축을 이룬다. 설탕계는 사탕무와 사탕수수에서, 전분계는 옥수수 등에서 얻는다. 세계 최대의 발효국인 일본에서는 매년 10만 톤의 당밀(당도>55%)을 수입하여, 사료용(50%), 아미노산발효용(30%), 알코올발효용(20%)으로 사용한다. 세계 전분 생산(1997)은 4,368만 톤으로, 옥수수(80.2%), 타피오카(7.5%), 밀(6.4%), 감자류(4.8%), 기타(1.2%)로 구성되어 있다. 농업의 발달은 농작물 경작지의 잠식을 의미하며, 이에 따라 부족한 탄소원의 확보가 시급한 과제로 부상하고 있다. 이에 대해 두 가지 대응책을 생각할 수 있다. 첫째는 **탄소원의 이용 효율성을 증진**시키는 것이며, 둘째는 **탄소 대체자원을 개발**하는 것이다.

먼저, **탄소자원의 효율적 이용계획**은 SRI(미국)가 주창하는 방법이다. 예컨대 흙 속에서 자동 분해하는 생분해성 수지(PLA, PSA, PAA)의 출발물질(젖산, 호박산, 아스파라긴산)을 발효로 생산한다면, 석유계 수지의 생산, 소비 시에 비해 에너지 절감과 공해 제거의 메리트가 있다는 것이다. SRI의 조사에 의하면, 범용 수지 중 에너지 효율이 가장 좋은 propylene의 생산공정 및 폐기 시의

문제를 젖산 중합체의 생산 폐기 과정과 비교하면 차이를 알 수 있다. 당을 젖산발효 후 PLA로 중합할 때, 제품으로의 전환율은 70%에 달하며, 소요 에너지는 30%가 더 낮다. 따라서 에너지도 절감하고, 이산화탄소의 발생도 감소시키는 일석이조의 효과를 얻게 된다. PLA의 생산업체인 Cargil-Dow Chemical에 의하면, PLA의 제조에 사용되는 에너지는 polystyrene이나 cellophane에 비해 37%, polypropylene에 비해 25%가 적다고 한다(<그림 2-4>).



<그림 2-4> PLA와 석유수지 제조 시 에너지 소요량(단위: MJ/kg)

매년 생산되는 식물은 39.1억 톤에서 14.1억 톤의 당자원이며(<표 2-15>), 석유에서 매년 1.57억 톤의 수지가 합성된다. 이 석유계 수지의 10%(1,570만 톤)만 젖산 중합체로 대체할 수 있다면, 여기에 소요되는 당자원은 겨우 2,300만 톤에 지나지 않으므로 매우 효율적이다.

<표 2-15> 주요 식물자원과 당자원 생산량

식물자원	주요 생산국	세계수량	%당질수율	당질환산량
소맥	중국, 인도	5.83	60	3.50
옥수수	미국, 중국	6.00	60	3.60
쌀	중국, 인도	5.96	60	3.57
감자	중국, 러시아	2.94	15	0.44
타피오카	나이지리아, 브라질	1.68	20	0.34
고구마	중국, 우간다	1.35	25	0.34
(소계)	-	(23.76)	-	(11.79)
사탕수수	브라질, 인니, 인도	12.74	15	1.91
사탕무	프랑스, 미국	2.63	15	0.39
(소계)	-	(15.37)	-	(2.30)
합계		39.1	-	14.1

-16) Polyaspartic Acid의 제조처와 용도

제조회사	생산능력	주요 용도	참고사항
Archer-Daniels-Midland(U.S.A)	18,000	농업용	식물의 영양흡수 촉진(Amisorb)
Archer-Daniels-Midland(Germany)	2,000	수처리, 빌더용	분산제, 방청제, 스케일 방지제
Archer-Daniels-Midland & Haas(")	450	수처리, 빌더용	세제용, 방지제, 방청용
Asahi Kasei(Komoto)(Japan)	미확인	화장수용	세발보습제(Aquadew SPA)
Asahi Kasei(Korea) Ltd. (Asui Chem("))	Pilot scale	흡수성 수지용	흡수용 수지(원예, 사막녹화, 토건용)

또 다른 예가 아미노산을 중합하여 생분해성 수지를 합성하는 것이다. 아스파라긴산을 중합한 polyaspartic acid(PAA)를 비롯하여, ϵ -polylysine(PL)과 γ -polyglutamic acid(PGA)이 대표적인 사례이다. PAA는 생분해되기 때문에 포장재는 물론, 농업용, 수처리용, 흡수성 수지용, 토지개량제, 화장품 제조용 등으로 여러 메이커에서 사용되고 있다(<표 2-16>).

다음으로, **탄소 대체자원의 개발**이다. 우선은 식물종자를 개량하여(GMO) 생산성을 높이고, 다른 한편으로는 대체자원을 개발해야 한다. 우선적으로 검토할 당대체자원은 **불용성 자원의 활용방안**이다. 이모작이 가능한 Sugar sorghum의 줄기(총당 13%), 70%의 전분을 함유하고 있는 babassu palm의 껍질, 헥타르당 1120톤을 수확하는, 매년 5,600만 톤이 생산되는 바나나(전분 1520%)의 폐기물인 small-shape palm과 onipalm, 감귤(660만 톤) 등이 일차 검토대상이다. 매년 500억 톤이 생산되는 셀룰로오스의 이용, 제지공장의 아황산펄프 폐액, 농산원료(벼집, 옥심, 사탕수수박), 산림자원(목피, 톱밥, 잡목), 생활 폐기물(폐지, 쓰레기) 등도 주목의 대상이다.

석유계 원료(CH_4 , CH_3OH , n -paraffin, HAc)의 이용은 이들을 자화하는 미생물의 검색이 동시에 추진되어야 한다. 이들은 기존 미생물과는 전혀 다른 회로를 가지게 될 것이므로 시일이 필요할 것 같다.

다음으로, 대기오염의 주범인 **이산화탄소를 식**

량 및 에너지자원으로 전환하면 일석이조의 효과를 얻을 수 있다. 광합성 세균, 화학합성 세균을 비롯한 독립영양균(autotroph)을 대상으로 이미 많은 연구가 진행되었다. 특히 Microalgae(클로렐라, 스피루리나)를 이용한 이산화탄소의 자화도 활발한 연구가 진행 중이다. 포항제철을 비롯한 제강공업에서 나오는 막대한 이산화탄소를 수중에 용존시켜 미생물을 배양시키면 단세포단백질(SCP)을 얻을 수 있다.

끝으로, **수소자화균을 검색하여 대기 중에 가득한 수소를 이용하는 연구**도 진행 중이다. 수소자화균은 질소와 인산 함유배지에서 혼합가스(이산화 탄소+산소+수소)를 주입하면 수소와 산소가 결합하여 물이 생성되면서 에너지를 얻는다. 배지 조성이 간단하고, 청결하며, 균의 증식이 빠르기 때문에 많은 기대가 된다. 이 균은 칼빈사이클을 통해 탄산을 고정하므로, 아미노산 등의 유기물질을 생산하게 된다.

5. 효소

가. 개황

효소는 산화환원효소(oxidoreductase), 전이효소(transferase), 가수분해효소(hydrolase), 탈리효소(lyase), 이성화효소(isomerase), 결합효소(ligase) 등으로 나눈다. 세계시장 규모(1999)는 60억 4,000만 \$로 추정된다. 미국의 Freedomia Group(1999)는

-17> 전분가공용 효소

효소명	효소	기원	반응 조건		생성물
			액성(pH)	온도(°C)	
	α -amylase	세균	6-7	90-105	dextrin
	glucoamylase	곰팡이	4-5	60	glucose
	β -amylase	맥아, 대두	5	55	maltose
질단	pullulanase	세균	5	60	직쇄 텍스트린
화	glucose isomerase	세균, 방선균	7-9	60-70	fuctose
화	CGTase*	세균	7-8	60-70	cyclodextrin
전이	β -fructofuranosidase	곰팡이	5-6	55	fructooligo당

*Tase: cyclodextrin glucanotransferase

2000년 이후 연평균 68%가 성장할 것으로 예측한다. 세계시장은 의약품, 식용, 공업용이 삼분하고 있으나, 의약품과 특수용이 점점 확대되는 양상을 보인다. 미국시장은 의약 및 특수용이 73.2%, 식품 및 공업용이 26.8%이다.

나. 식용 효소

공업용 효소의 2040%를 차지하는 전분가공용 효소의 사용 증가는 이성화당의 생산 증가에 힘입은 바 크다. 현재 전분가공에 이용되는 효소의 종류는 <표 2-17>에서 보듯이 다양하다.

다당류인 전분은 액화·당화를 거쳐 최종제품(starch-end products)이 되므로 각 단계마다 다양한 효소가 필요하다. 이러한 효소는 미생물을 배양하여 얻는다.

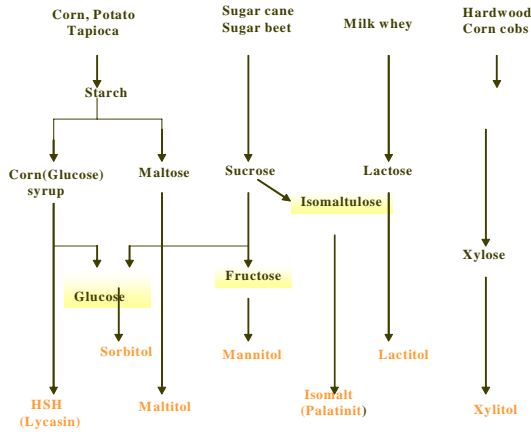
α -amylase는 *Bacillus licheniformis* 등이 분비하는 내열성 효소로, 105°C에서 액화작용을 한다. 당화공정을 주도하는 glucoamylase는 *Aspergillus oryzae*가 분비한 것이다. 전분이 α -1,6 결합을 가진 분자가 있으면 glucoamylase에 의한 분해효율이 낮으므로, *Pseudomonas* sp.의 isoamylase나 *Aerobacter aerogenes*가 분비하는 pullulanase를

병용하면 효과적이다. *Streptomyces* sp.가 분비하는 glucose isomerase는 고정화하여 연속적인 이성화작업으로 고과당시럽(high fructose corn syrup: HFCS)을 생산한다. 대부분 덴마크의 Novo 제품을 이용한다.

Bacillus marcermans 등이 분비한 CGTase를 전분에 작용시키면 환상결합을 하여 α , β , γ 형의 cyclodextrin을 형성한다. 포도당의 수에 따라 α -CD(6), β -CD(7), γ -CD(8)로 구분하며, 이들을 제 1세대 CD라 부른다. 현재 용해도가 낮아 분리가 쉬운 β -CD가 저렴한 제조비로 생산되고 있다. 이들은 내부에 빈 공간을 가지고 있어 냄새나 향기 및 약품성분을 포집하므로, 탈취제, 방향제, DDS(drug delivery system)등에 이용한다. 이 밖에도 CD를 host로 하고 공극 속에 들어 온 외래 물질을 guest로 하여 외래물질의 분자(종류, 크기)를 인식하는 분자센서로서의 기능이 주목을 받고 있다. 포도당 잔기가 9(δ -CD), 10(ϵ -CD), 11개(ζ -CD)인 2세대 CD의 개발과 CD 유도체의 개발도 활기를 띠고 있다.

최근 건강식품의 소재로 감미도는 설탕의 2070% 수준으로 난소화성인 올리고당과 당알코올의 개발에도 효소가 여러 종류의 사용된다. 올

리고당은 단당류가 315개 범위의 것으로, β -fructofuranosidase에 의한 fructooligo saccharide, β -galactosidase에 의한 galactooligo saccharide 및 isomaltoligo saccharide 등이 대표적인 제품들이다. 전분당은 갈증이 없으므로 설탕시장을 점차 대체해 가고 있다. 최근에는 난소화성 저열량의 **당알코올**이 건강식품의 원료로 각광을 받고 있는데, 각 단계마다 다양한 효소작용이 필요하다 (<그림 2-5>).



<그림 2-5> 당알코올의 제조 과정

설탕의 200배의 감미도를 가진 아미노산 이량체인 아스파탐은 지금은 화학합성으로 생산하지만, 머지않아 *Bacillus thermoproteolyticus*가 분비한 **thermolysine**에 의한 축합반응으로 전환할 것으로 보인다.

아미노산이나 광학이성을 가진 유기화합물에 작용하여 변선풀을 일으키는 **카이럴 효소**(lacemase, lactonase, esterase, lipase)의 수요도 증가일로에 있다. 변선풀에 의해 무효능성 물질이 유효한 성분으로 전환되어 수습, 수백 종의 고부가성 유도체를 합성하게 된다. 이 밖에도 유제품의 가공에도 수많은 효소가 사용되며, 특히 카제인을 응고시켜 치즈를 생산하는 과정도 chymosin의 작용에 의한 것이다.

다. 세제용·섬유용·펄프용 효소

천연섬유가 가공공정에서 받는 손상을 줄이기 위해 사용한 전분 풀은 염색이나 화학처리를 하기 전에 반드시 **아밀라아제**로 다시 제거해야 한다. 종전에는 이 공정이 7075℃에서 24시간 소요됐으나, 지금은 100110℃에서 수분간 처리한다. 청바지의 염색공정에서는 *Trichoderma virde*의 **cellulase**로 처리한다. 양모의 경우, 불순물을 제거하기 위해 효소를 사용하는 biocarbonisation 공정이 도입되고 있으며, 직물의 보풀 제거에도 **protease와 cellulase**로 처리하여 표면감촉, 유연도, 염색의 명확도를 높이고 있다.

펄프제조 공정에서는 불순물인 **hemicellulose**와 lignin을 제거하기 위해 **xylanase와 ligninase**로 처리하여 펄프의 질을 높이며, 나무에 묻어있는 수지는 **lipase**로 제거한다. 피혁공정에서는 종전에는 가죽의 침지, 탈모, 탈지 공정에 강산을 사용했으나, 최근에는 protease와 lipase에 의한 효소 공정으로 대체되었다.

라. 의료용 효소

의료용 효소는 소화효소, 소염효소, 혈전분해효소, 항종양효소 등이 있으며, 국내 효소시장의 40%를 점유한다. **소화효소**는 동식물성과 미생물성으로 구분한다. 발효로 생산되는 것은 lipase, takadiastase, cellulase 등이 대표적이다. **혈전효소**로는 urokinase(UK), streptokinase(SK), tissue plasminogen activator(tPA), eminas 등이다. **소염효소**로는 lysozyme, chymotrypsin, SK/SD(streptodonase), superoxide dimutase (SOD) 등이 있다. **항종양 효소**로는 aspraginase, kallidinogenase, erastase, DNase, ceredase 등이 있다.

효소 저해제로는 단백질 분해효소(endopeptidase, exopeptidase, trypsin, chymotrypsin, elastase, collagenase, thermolysine, aminopeptidase, carboxypeptidase, 당쇄 관련 효소(amyase,

glucosidase, glucoamylase), 지질관련 효소(pancreatic lipase, phospholipase, esterase), 핵산 관련 효소(xanthine oxidase, transcriptase, DNase, 5'-nucleotidase, adenosine deaminase) 등이 있다.

Penicillin amidase는 천연 페니실린에 작용하여 측쇄를 제거 및 부가하여 다양한 중간 유도체(penems)를 합성한다. 이 공정에는 *Bacillus megatherium*이나 *E. coli*가 분비한 효소를 사용한 다. 이 밖에도 **임상검사용**으로도 많은 효소가 활용된다. *Pseudomonas fluorescens*가 분비한 cholesterol esterase에 의한 콜레스테롤 측정, lipoprotein lipase에 의한 중성지방 측정, 진단용 효소를 이용한 포도당, 뇨산, 혈중알코올 등이 대표사례이다. 요즘에는 간단한 측정 키트가 제작되어 공급되고 있다.

마. 제한효소

분자생물학의 발전에 따라 DNA 조작에 필요한 1,200여 종의 제한효소가 개발되었다. 여기에는 DNA의 절단효소, DNA 증폭에 사용하는 내열성 DNA polymerase, DNA를 결합하는 DNA ligase 등을 포함한다. 제한효소는 크게 세 그룹(type I, II, III)으로 나뉜다. 이 중 type II가 가장 유용하게 사용된다. 이 효소에 의해 인식되는 염기서열은 회문구조(palindrome)를 가지며, 46개의 염기쌍으로 구성되어 있다. *BamHI*, *EcoRI*, *Hind III* 등 100여 종이 상품화되어 있다.

제조합실험에 가장 많이 사용하는 **DNA polymerase**는 상기 세 타입(I, II, III)중 타입 I에 속하며, Polymerase 활성 외에 5' 및 3'-exonuclease의 활성도 가지고 있다. 이 중 5'→3' exonuclease 활성이 결여된 것을 Klenow fragment라 부른다.

내열성 DNA polymerase는 Chien 등(1976)이 *Thermus aquaticus* YT-1에서 분리한 것으로, Saiki 등(1987)이 중합효소 연쇄반응장치(polymerase chain reaction: PCR)에 이용하면서 주목을 받았다. 현재 *Taq* DNA polymerase, *Tax* DNA

polymerase, *Pfu* DNA polymerase, Vent DNA polymerase 등이 상용화되어 있다.

DNA ligase는 DNA의 3'-OH말단과 5'-P 말단 사이의 nick 또는 두 분자의 이중가닥 DNA의 단편들을 연결시키며, 미생물바이러스 동물세포 등에서 다양하게 분리된다. 특히 bacteriophage T4/T7과 대장균에 대해 연구가 잘 되어 있다. 최근에 내열성 DNA ligase는 핵산단편들의 연결뿐만 아니라 유전자변이에 의한 질병을 파악하는 ligation chain reaction(LCR)에 필수 효소로 인정되고 있다.

이 밖에도 5'-말단에서 인산을 제거하는 알칼리성 포스포타제, 핵산의 5'-말단에 인산화를 촉매하는 polynucleotide kinase, RNA를 주형으로 하여 cDNA를 합성하는 reverse transcriptase 등의 수요가 꾸준히 성장하고 있다.

바. 효소 산업의 전망과 제언

과거에는 소화효소가 주종이었으나, 유전공학의 발전으로 혈전용해효소, 항종양효소, 소염효소 등의 수요가 급증하고 있다. 특히 tPA와 SOD가 각광을 받을 것으로 보인다. 또한 효소 저해제와 진단용 효소류(cholesterol oxidase) 시장도 급증하고 있다.

발효로 생산한 효소를 유전공학 기법으로 특이성의 증대, 반응의 신속성, 부작용 제거 및 활성이 증대된 효소가 속속 개발되고 있다. 아울러 효소의 제조원가 절감을 위한 효소 생산균의 유전자조작에 의한 개량과 배양 조건의 최적화도 주요한 연구대상이 될 것이다.

한편 최근 각광을 받는 분야가 제한효소시장이다. 유전공학의 발전과 함께 이 시장은 종류나 시장규모면에서 급속한 발전이 기대되므로, 국내 연구기관에서도 집중적인 연구가 필요하다. Freemania Group이 미국효소 시장을 예측한 바에 의하면, 2004년부터 특수용도의 효소시장이 전체시장의 3/4을 차지할 것으로 예측하고 있다(<표 2-18>).

-18> 미국 효소시장의 현황과 전망

효소의 분류	효소의 종류	효소시장(5년간 증가율, %)		
		1999년	2004년	2009년
효소	의약 및 진단용	870	1,274(46.6)	1,855(45.4)
	PCR 관련 효소	200	285(42.5)	370(29.8)
	제한효소	120	160(33.3)	210(31.3)
	다른 특수 효소	130	250(66.7)	450(80.0)
	소 계	1,340	1,970(47.0)	2,885(46.5)
용 효소	식품가공용 효소	168	230(36.9)	320(39.1)
	농업용 효소	130	170(30.8)	223(31.2)
	세제용 효소	109	148(35.8)	200(35.1)
	화장품용 효소	0.31	0.50(61.3)	0.75(50.0)
	섬유용 효소	0.25	0.37(48.0)	0.55(48.7)
	기타 효소	0.27	0.25(-)	0.02(-)
	소 계	490	660(34.7)	875(32.6)
합계	-	1,830	2,630(43.7)	3,760(43.0)

한국바이오연감(2000)에 따르면, 국내 효소시장은 총 생산이 57억 원, 수출이 5억 원, 수입이 203억 원으로 아직 영세하다. 수입효소가 국내 생산량보다 월등히 많음을 보여주나 화학공정들이 생물공정으로 전환되고 있으므로, 효소는 점점 중요한 위치를 차지할 것이다. 효소의 기능에 따라 생산성의 향상은 물론, 신규물질의 창출도 가능하므로 효소 개량과 이상적 기능을 갖춘 인공효소의 제작에 이르기까지 많은 연구가 필요하다. 특히 특수기능 효소류(specialty enzymes)의 개발에 집중적인 연구가 있어야 할 것이다.

제3장 발효공업 동향과 전망

1. 한국 발효공업의 발전 과정

국내의 대표적 미생물학 전문지로 SCI에 등재된 한국미생물, 생명공학회가 30주년을 맞아 그동안의 논문을 종합한 내용을 중심으로 살펴보고

자 한다. 국문지(한국미생물, 생명공학회지 1973)와 영문지(Journal of Microbiology and Biotechnology: JMB 1991)에 실렸던 분야별 논문은 총 3,146편(국문지 1,943, JMB 1,203)이었다(<표 3-1>).

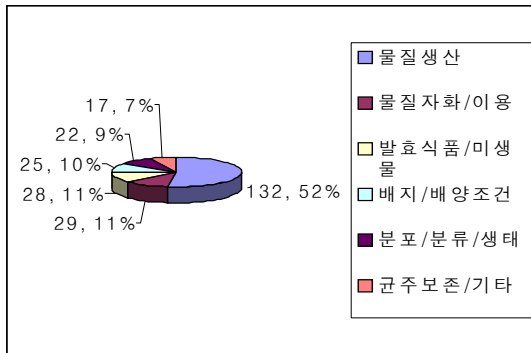
<표 3-1> 한국미생물, 생명공학회지 게재 논문 (1973-2002)

연구 분야	국문지	JMB	합 계
유전자조작, 균주 육종	288	322	620
생물반응기, 생물공정	457	150	607
효소 및 고분자물질	373	206	579
식품/환경 미생물	228	159	387
생리 및 대사조절	196	102	298
생리활성물질	160	112	272
균주의 분리, 분류, 보존	193	60	253
기타	48	82	130
합계	1,943	1,203	3,146

연구 분야별로는 유전자조작, 균주개량이 620편으로 가장 많았고, 생물반응기, 생물공정(607), 효소 및 고분자물질(579), 식품/환경 미생물(387), 생리 및 대사조절(298), 생리활성물질(272), 균주분리, 분류, 보존(253), 기타(130)의 순이었다.

가. 균주의 분리·분류·보존 분야

연구기관은 총 253편 중 대학이 139건으로 가장 많았고, 연구소(48), 대학+연구소(42), 대학+회사(15), 회사(8), 연구소+회사(1) 순으로, 대학과 연구소가 주도하고 있음을 알 수 있다. 국별로는 내국인이 241편으로 외국인의 3편 및 공동 9편에 비해 압도적이었다. 연구내용은 대사물질의 생산에 관한 논문이 132편으로 52%를 차지했고, 물질의 자화이용(29), 발효식품 및 식품미생물(28), 배지조성과 배양조건(25), 분류와 분포 및 생태연구(22), 보존과 기타(17) 순이었다(<그림 3-1>).



<그림 3-1> 균주의 분리·분류·보존 분야의 연구 내용

나. 생리 및 대사조절 분야

총 300여 편으로, 전체 논문의 10%를 점하였다. 2000년에 학회지가 SCI에 등재되면서, 이 분야와 함께 식품환경미생물 분야가 줄어들면서 생리활성 분야가 크게 증가하였다. 연구내용은 시대에 따라 변했다. 초창기인 1970년대에는 효소(isomerase,

hydrolase, chitinase, penicillinase)의 정제와 구조 및 고정화효소를 이용한 바이오리액터 및 대사조절발효에 관한 연구가 주도하였다. 1980년대에서 1990년대 초반까지는 유전자조작기술의 도입으로 유전자조작 및 세포융합에 의한 균주 개량, 단백질 분리, 아미노산 및 유기산발효, *Bifidobacterium*의 생리, 동물세포의 배양에 의한 유용물질 생산이 많았다. 1990년대 후반부터는 대사조절 및 대사공학적인 연구, 특수 환경 미생물의 분리와 계통해석이 활발하였다.

앞으로는 핵산 셔플링(DNA shuffling), 마이크로레이(microarray), 전사체(transcriptome) 레벨의 연구를 통한 획기적인 미생물 개량과 미생물계통의 분석 및 이에 따른 종합미생물학적 관점에서의 미생물에 관한 연구가 추진될 것으로 전망된다. 여기에 신호전달, 생명정보 및 대사공학 등에 기초한 e-cell을 제작하여 미생물의 생명현상을 규명하는 연구도 활기를 띠 것으로 보인다.

다. 유전자조작 및 균주육종 분야

국문지 288편, JMB 332편으로 총 620편이 발표되었다. 1998년도를 기점으로 하여, 국문지는 급감한 반면 영문지(JMB)는 급상승하였다. 10년 단위의 흐름을 살펴보면, 1970년대에는 한국원자력연구소를 필두로 각 대학에 분자생물학이 도입되면서 기틀을 마련한 기간이었다. 1982년에 생명공학이 국책연구과제로 채택되고, 유전공학연구조합과 유전공학학술협회가 결성되었고, 유전공학육성법이 제정(1983)되면서, 1985년부터 주요 대학에 유전공학연구소가 설립되어 논문들이 출현하기 시작하였다. 이 기간에 167편이 발표되었는데, 유전자조작기술이 62%, 세포융합기술이 16%를 차지하였다.

1991년에는 영문지가 발간되고, 1993년에 과기부에서 “생명공학 유성 기본계획(Biotech 2000)”을 수립하면서 119편의 논문이 발표되었다. 영문지는 1997년부터 SCI에 등재되면서 비약적인 증가를

나타내었다.

국문지의 연구내용은 유전자 발현(38), 유전자배열 분석(17), 유전자 클로닝(14), 돌연변이(9), 원형질체 융합(11), 형질전환(7), 기타(23) 등이었다. 연구대상 미생물은 세균(76), 효모(18), 곰팡이(8), 방선균(7), 기타(10)였으며, 연구대상 물질은 효소가 65건으로 가장 많았고, 아미노산(3), 항생물질(1) 순이었다. 영문지의 경우는 12년간 총 논문 1,203편 중 이 분야가 332편으로 28%를 차지하였다. 연구내용은 유전자 발현(105), 배열분석(55), 유전자클로닝(47), 형질전환(27), 벡터연구(22), 돌연변이연구(22) 등이 주류를 이루었다. 연구대상 물질은 효소(118)를 필두로, 생리활성물질(33), 항생물질(14), 아미노산(5)이 주도하였다.

라. 효소 및 고분자물질 분야

국문지 373건에 영문지는 206건, 총 579건이 발표되었다. 이 중, 탄수화물에 관여하는 carbohydrase가 250편으로 압도적이었다. Carbohydrase는 amylase, glucose isomerase, pullulanase, CGTase, cellulase, chitinase, xylanase 등이 주도하였다. 다음은 생물전환 효소류로, penicillin acylase 등을 이용한 세균계 물질로의 전환, thermolysine으로 페닐알라닌과 아스파라긴산을 결합한 아스파탐의 합성, nitrile hydratase를 이용한 아크릴아미드의 합성, lipase, esterase, lactonase를 이용한 광학 이성체의 합성, oxydase, catalase, oxygenase를 이용한 환경오염물질의 분해에 대한 연구가 활발하였다. 셋째는 protease와 lipase의 탐색, 생산 및 유전자조작에 의한 개량 연구와 제한효소에 관한 연구로, 특히 PCR 관련의 *Taq* 및 *Pfu* DNA polymerase와 topoisomerase에 대한 연구가 활발하였다.

고분자 분야는 1980년대부터 생분해성 고분자물질에 대한 관심이 많았고, 1990년대 후반부터 생분해성 플라스틱인 polyhydroxy alkananoate(PHA),

유기산 고분자인 polylactic acid(PLA)와 polysuccinic acid(PSA)가 관심을 끌었다. 이 분야는 환경보호와 관련하여 앞으로도 큰 관심 분야가 될 것으로 보인다. 아미노산의 일종인 아스파라긴산을 중합한 polyaspartic acid(PAA)도 생분해성 포장재, 토지개량제, 퇴비(compost) 등의 용도로 각광을 받고 있다.

미생물 발효에 의한 고분자의 생산도 활기를 띠었다. 항균성 및 계면활성 기능을 가진 껌류를 비롯한 다당류, 효모나 버섯의 자실체 배양에 의한 생리활성물질의 생산이 대표적인 사례이다. 프로바이오틱을 이용한 건강소재의 생산도 각광을 받는 분야이다. 향후 전망은 발효에 의한 다당류와 과당류 및 당알코올의 생산, 생분해성 물질의 생산과 중합 등이 각광을 받을 것으로 보인다.

마. 생리활성물질 분야

JMB(19912002)에 발표된 논문 1,230편 중 생리활성 분야는 112편으로 9.3%를 차지하였다. 특히 1998년부터 급증세를 보였다. 생산균주로 이용된 것은 방선균과 세균이 각각 21편으로 가장 많았고, 곰팡이(14) 및 담자균, 효모, 유산균 등이 각각 46편이었다. 이 밖에도 동식물세포를 이용한 사례도 증가하고 있다. 생성물질은 항생제(27)와 항암제(14)를 비롯하여, 효소저해제, 사이토카인, 박테리옌 등이 각각 710편이었다.

대부분 기존에 알려진 물질에 대한 연구로, 선진국의 모방적인 성격을 아직 벗어나지 못한 것으로 평가된다. 최근에 각광을 받는 생리활성물질의 발효 생산은 국내 기술진에게 맡겨진 일차 과제라 할 수 있다. CLA, GABA, PGA, vitamins, 핵산 관련 물질 등이 대표적인 예라 할 수 있고, 특수 환경 미생물 등을 검색하여 신물질의 탐색도 필요하다. 그러기 위해서는 신규 미생물의 생육조건과 유용물질의 분리 및 정제기술의 개발이 전제되어야 한다.

바. 생물반응기 · 생물공정 분야

국문지(19732002)에 발표된 논문은 457편으로, 1993년 이후 감소하는 경향을 보여주고 있다. 연구대상물질은 1970년대의 단세포단백에서 항생물질, 알코올, 효소, 유기산, 아미노산, 핵산, 비타민, 고분자물질, 수소, 색소, 프로바이오틱스, 다당류/당알코올 등이었다. 반면 영문지(19922002)는 총 150편이지만, 갈수록 지속적으로 증가하고 있다. 연구대상 물질은 효소류가 19%로 가장 많았고, 항생물질, 알코올, 유기산, 지질, 비타민, 당알코올, 다당류 등이 1114%를 나타내었다.

사. 식품/환경 미생물 분야

국문지에 발표된 이 분야의 논문편수는 228편으로, 1970년대에는 전체 논문의 1519%였다. 1980년대부터는 68%선으로 급감했으나, 영문지가 SCI에 등재된 1998년 이후 1416% 선으로 재상승하였다. 연구내용은 과거의 전통발효식품과 자장가공에서 최근에는 전통 발효식품, 환경 미생물 및 프로바이오틱스에 대한 연구가 주도하고 있다. 앞으로의 과제는 환경정화시스템의 개발과 식품 신소재 및 전통식품의 현대화 등이라 할 수 있다.

2. 국가기관의 예측

한국보건산업진흥원(보산원)은 보건복지부가 주관하는 “보건의료기술진흥사업”의 관리기관으로, 국가연구개발사업의 투자효율을 제고할 목적으로 전문가 및 문헌조사를 통해 도출한 **향후 연구개발 과제**에 대해 실현시기, 중요도, 기술 수준 등에 대해 델파이(Delphi)방식으로 예측하였다. 발효 산업은 “식품과학 분야”와 “의료기술 분야”에 각각 일부가 포함되어 있다.

식품과학 분야에서는 11인의 자문위원들이 116

개 과제를 최종 선정하였다. 그 내용을 보면, 기반 기술이 97건으로 83.6%, 제품화기술이 19건으로 16.4%를 점하였다. 분야별로는 식품미생물·안정성 분야가 18건으로, 식품공학(21)과 기능성 식품, 신소재(20)에 이어 3위를 차지하였다. 그 뒤를 식품화학과 독성학이 각각 15건, 임상조리와 임상영양학이 그 뒤를 따랐다(<표 3-2>).

<표 3-2> 식품과학 미래기술별 도출과제(단위: 편)

구 분	기반 기술	제품화 기술	합 계
식품공학	14	7	21
기능성 식품, 신소재	16	4	20
식품 미생물학, 안정성	13	5	18
식품생물공학	12	3	15
식품화학, 독성학	15	0	15
영양, 조리과학	14	0	14
임상 영양학	13	0	13
합계	97	19	116

과제의 중요도 조사에서는 미생물 안정성이 화학독성 다음을 차지하였다. 그만큼 앞으로는 안정성 문제가 큰 이슈로 등장할 것으로 예측하였다. 연구개발 수준이 높은 10대 과제 중 전통발효식품의 품질 규격화와 공정 관리, 김치발효의 기작해석과 장기보존기술, 발효식품의 미생물 군집에 대한 규명, 전통발효식품의 공업화와 세계화, 전통발효식품용 접종균(starter culture) 개발, 인공효소를 이용한 전통 발효식품의 제조시간 단축 등의 6개 항목이 미생물과 관련된 과제였다(<표 3-3>).

3) 미래 식품과학기술 중 연구 수준이 높은 과제

과 제 명	연구개발 수준
전통 발효식품의 품질규격화와 제조공정의 과학적 관리	78.3
김치발효 기작의 해석과 장기보존기술 개발	78.0
전통 발효식품의 미생물 균집 규명	77.6
전통 발효제품의 공업화 및 세계화	77.4
전통 발효식품용 접종균의 개발	76.2
CA/MA 포장기법에 의한 신선도 유지기술 실용화	70.1
속효성 인공효소로 발효식품 생산기간 단축	63.6
빙온 유통체계의 실용화	63.1
방사선조사에 의한 농수축산물의 위생화	61.5
한국인의 적정 섭취 영양 권장량 설정	61.5

<표 3-3>에서 보듯이 전통 발효식품과 관련한 과제가 6건이 포함된 것은 주목할 만한 사항이다. 전통 발효식품은 긴 역사에 비해 관여하는 미생물에 대한 체계적 연구가 매우 빈약하지만, 세계화의 가능성이 가장 높은 발효제품군이라 할 수 있다.

한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 운영하는 국가연구개발사업 총괄관리시스템(2001)은 국가의 미래기술인 <주요 연구개발 과제>(19 분야)에 대해 예측하였다. 여기에서 발효는 생명공학, 소재, 농수산, 보건의료, 환경 등의 여러 분야에 혼합되어 있다. 그러나 지나칠 정도로 의학 및 첨단 생명공학에 치중한 나머지 전통 바이오 산업을 경시한 경향이 있다. 이는 이윤과 고용의 창출보다는 기술 자체의 첨단성에 초점을 맞추었기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 과학기술부 등의 정부 전 부처가 공동으로 작성, 발표한 <국가기술지도(총론)>(2002)에는 21세기 대비한 2012년의 비전을 제시하였다. 이 보고서는 미래사회를 정보·지식기반, 세계경제화, 개인·인간 중심, 과학기술 의존사회가 될 것으로 예측하고, 이에 부응하는 전략제품 및 기능(49항목)과 핵심기술(99항목)을 달성하기 위한 전략을 제시하였다.

산업 비전으로는 신산업 발전 전략의 모색, 신기술사업의 발전 전략, 기반 주력산업 발전 전략 및 지식기반 서비스산업의 발전 전략을 제시하였다. 그리고 과학기술 비전으로는 다음의 세 가지를 제시하였다.

- ① 산업 발전 전략의 뒷받침: 세 주력산업의 균형 발전, 기술경쟁력 강화, 국부 창출에 기여
- ② 21C 미래사회 균형 발전: 미래에 걸맞은 과학기술, 삶의 질과 국가안전 등의 사회 수요 증대에 대응력을 제고하면서, 과학기술사회와 연대감 강화
- ③ 2012년 과학기술 비전: 지식·정보·지능화 사회 구현, 건강한 생명사회 지향, 환경·에너지 프런티어 지원, 기반 주력 산업의 가치 창출 및 국가안전과 위상제고 등이다.

2012년도 비전별 실천 전략으로 의약 분야는 건강한 생명사회 지향, 환경·에너지 프런티어 진흥, 기반 주력기업의 가치 창출 및 국가안전, 위생제고 등을 제시하였으나 이러한 연구개발 항목은 포괄적이면서 upstream에 치우쳐 있어, 실제로 산업계에 적용하기에는 거리감이 있어 보인다.

제4장 발효기업의 재무구조

지금까지 21세기의 발효 산업에 대해 개괄적으로 살펴보았다. 산업이 발전하려면 매출과 이윤이 창출되어야 한다. 그 목적을 달성하려면 고부가가치를 가진 제품이나 기술을 개발·생산해야 하는데, 그것은 결국 기업이 하는 일이다. 연구기관에서 개발한 제품이나 기술은 기업에 이관되어 제품화될 때 비로소 매출과 이윤이 창출된다.

한 국가산업의 현황과 장래는 관련 업계의 경영 현황을 살펴봄으로써 어느 정도 가늠할 수 있다. 국내 발효 산업이 발전하기 위해서는 기업의 경영 상태가 견실해야 한다. 또한 경쟁 관계에 있는 해외 기업에 대해 비교우위를 가져야 한다. 이러한 의미에서 국내의 대표적 발효업체와 세계적 발효 기술을 자랑하는 일본기업을 2개씩 선별 비교함으로써 국내 발효 산업을 살펴봄과 동시에 국내 산업의 발전을 위한 타산지석으로 삼고자 한다.

1. 국내 발효기업

가. 개요

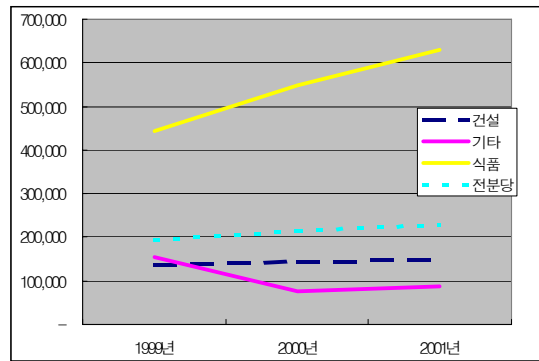
국내의 발효기업으로는 아미노산, 핵산, 유기산, 전통식품 등을 생산하는 대상과 CJ, 발효의약품 분야의 유한양행, 종근당, CJ, 한미약품, 알코올 분야의 OB, 하이트, 진로, 두산, 국순당, 효소 분야의 태평양화학, 유한화학, 효모생산 분야의 제일물산, 조흥화학 등을 들 수 있다. 국내 발효산업은 매출 규모를 기준으로 할 때 식품 및 향생물질 분야가 대표적이므로, 국내 발효기업으로 대상(주)과 CJ(주)를 중심으로 살펴본다.

나. 대상(주)의 경영 분석

1956년 MSG 생산으로 출발한 대상그룹은 12개

계열사와 15개 해외법인을 거느리고 있으며, 그룹 매출은 22.5조 원을 시현하고 있다. 1998년 미원을 대상으로 개명하면서 탈조미료화의 사업 전략을 추구하고 있다. 주력제품은 발효제품(아미노산, 핵산, 아스파탐, 전통발효식품, 클로렐라), 식품(서구식품, 조미료, 식용유, 육가공), 전분당(포도당, 이성화당, 올리고당, 변성전분), 배합사료 등으로 구성되어 있다.

모기업인 대상(주)의 손익계산(2001)을 보면 매출 1조 980억 원, 영업이익 777억 원(7.1%), 경상이익 △133억 원, 당기 순이익 △158억 원으로 창사 이래 처음으로 적자경영을 기록하였다. 적자요인은 누적 부실채권의 정리에 따른 것이다. 자산은 1조 8,267억 원, 부채 1조 1,581억 원, 자본 총계 6,687억 원이었다. 매출은 전년 대비 8.7%가 증가했으며, 조미료 57.4%, 전분당 21.0%, 건설 13.6% 등으로 구성되어 있다(<그림 4-1>).



<그림 4-1> 대상(주)의 매출 추이

매출은 과거 5년간 보합세를 유지하고 있으며, 당기 순이익은 2002년(△190억원)에 이어 2004년까지 적자가 예상되나, 차입금이 매출액의 90%(9,098억 원)로 감소했고, 현금 흐름도 원활하다. 해외법인에 대한 지급보증(2,015억 원)이 부담이 되고 있다(<표 4-1>).

〈표 4-1〉 대상(주)의 요약 재무제표

구 분	1999	2000	2001	2002. 0
매출액	1,094.013	1,010.083	1,097.908	529.218
매출원가	829.516	759.290	825.943	395.740
판매관리비	193.299	170.020	194.262	108.041
영업이익	71.198	80.773	77.702	25.437
EBITDA	135.990	143.940	139.153	-
이자수익	39.533	27.684	16.398	6.235
이자비용	119.578	73.297	74.405	32.521
경상이익	60.736	14.306	-13.273	-16.930
당기순이익	36.353	7.142	15.813	18.990
매출원가율	75.8	75.2	75.2	74.8
판매관리비용	17.7	16.8	17.7	20.4
영업이익률	6.5	8.0	7.1	4.8
EBITDA Margin	12.4	14.3	12.7	-
경상이익률	5.6	1.4	-1.2	-3.2
금융비용 부담률	5.5	3.8	3.2	6.1
매출 약 순이익률	3.3	0.7	-1.4	-3.6

경영합리화 목적으로 1997년 전문경영체제로 전환했으며, 리신사업(1998), 유화사업(1999), 제약사업(1999), 부산공장(2000) 등을 매각 또는 철수하였다. 가양동 전분공장도 2005년까지 매각을 추진 중이다. 경쟁 동향을 보면, 발효조미료(MSG, IMP, GMP, 복합조미료, 종합조미료)는 대상이 시장주도권을 가지고 있으나, 종합조미료는 CJ가 주도하고 있다. 전분당 시장은 31.5%의 점유율로 선두를 지키고 있고, 식품시장은 영업이익률이 7.1%로 업계 평균(5.7%)을 상회한다.

연구개발은 전통적으로 자체 개발을 선호하고 있다. 많은 발효물질(아미노산, 핵산, 유기산, 효소)을 한국 최초로 상용한 실적을 가지고 있으나, 마케팅이 뒷받침하지 못한 느낌이다. 바이오 분야 내의 관련 다각화를 추진하지만, 일부 비전문 분

야(건설, 합성, 의약품, 불포화 수지)에 참여한 것이 경영에 큰 부담으로 작용하고 있다. 한국 최초로 인도네시아에 MSG설비를 수출함으로써 최초의 공장수출을 했으나, 후속작업이 뒷받침하지 못해 사업이 담보하는 아쉬움이 있다.

결론적으로, 대상(주)은 오랜 발효기술을 기반으로 발효제품과 전분당 및 식품 분야는 지속적으로 이윤을 창출하고 있으나, 건설 및 제약 분야의 적자가 경영의 발목을 잡고 있는 상황이다. 그러나 건설은 2004년 삼풍아파트의 완공계획으로 투자비가 회수되고 있고, 제약설비는 2002년에 수익성 발효설비(글루타민, 클로렐라)로 전환되어 전량 수출에 의한 이윤을 창출하고 있으므로 경영 개선이 기대된다. 비전문사업에 대한 경영 참여가 얼마나 무모한 일인지 경험적으로 보여준 사례라 할 수 있다.

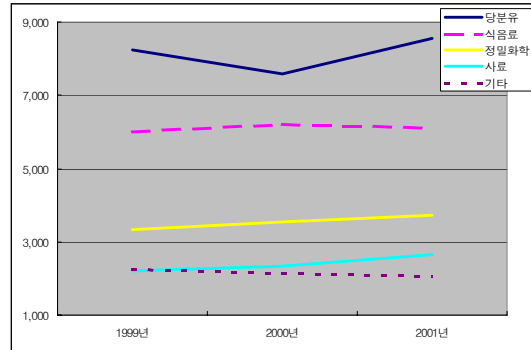
다. CJ(주)의 경영 분석

CJ의 전신인 제일제당은 삼성그룹에서 분가(1993)한 후, 소제식품, 발효, 제약 등의 생명과학은 물론, 물류·건설·금융·정보·영상사업에 이르기까지 비관련 다각화를 추진하는 독특한 경영을 하고 있다. 발효조미료와 식품 분야는 수익성이 좋은 반면, 제약업은 보합세를 이루고 있다.

비수익 분야(단체급식, 엔터테인먼트, 음료, 화장품)의 과감한 철수나 분사로 2002년도의 경상이익은 더욱 개선될 것으로 보인다. 식품소재의 비중이 크므로 경기 변동에 큰 영향을 받지 않지만, 원자재(옥수수, 원당, 대두, 밀)의 국제 공급가를 얼마나 신속히 제품가에 반영할 수 있는지가 수익성에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다.

2000년에 영업 외 부문에 4,700억 원을 투입했으나, 2001년 1,800억 원의 차입금을 상환하여 부채비율이 126%로 개선되었다. 손익 상황(2001)을 보면 매출은 전년 대비 5.9% 상승했고(2조 3,111억 원), 영업이익률은 8.2%, 경상이익률은 △10.4%, 당기순이익은 535억 원으로 매출액의 2.3%였다(<표 4-2>).

매출액은 당분유(36.9%), 식음료(27.4%), 정밀화학(11.9%), 배합사료(4.7%) 등으로 구성되어 있다(<그림 4-2>).



<그림 4-2> CJ(주)의 매출 추이

연구개발은 외부에서 기술을 도입하여 자체소화하는 방식을 많이 채택하므로, 초기 투자비는 많지만 의사결정이 빠르고 시행착오가 적은 편이다. 사업전략은 풍부한 자금력을 바탕으로 비관련 다각화를 전략적으로 추진하고 있어 귀추가 주목된다. 결론적으로, CJ는 바이오·정밀화학·유통사업에 역량을 집중할 것으로 보이며, CJ쇼핑 등의 신규사업 진출로 매출의 증가가 예상된다. 비관련

<표 4-2> CJ(주)의 요약재무제표

요 약 재 무 제 표 (단위: 백만 원)				
구 분		1999. 12. 31	2000. 12. 31	2001. 12. 31
대 차 대 조 표	총 자 산	2,620,858 (100.0)	2,925,244 (100.0)	2,716,408 (100.0)
	부 채	1,304,174 (49.8)	1,687,565 (57.7)	1,514,665 (55.8)
	자기자본	1,316,684 (50.2)	1,237,658 (42.8)	1,201,743 (44.2)
	(자본금)	136,334 (5.2)	136,334 (4.7)	137,047 (5.0)
손 익 계 산 서	매 출 액	2,206,773 (100.0)	2,182,477 (100.0)	2,310,925 (100.0)
	매출총이익	605,583 (27.4)	601,528 (27.6)	648,526 (28.1)
	영업 이익	171,784 (7.8)	144,395 (6.6)	188,609 (8.2)
	상상 이익	168,516 (7.6)	80,854 (3.7)	72,447 (3.1)
	순 이 익	119,254 (5.4)	58,433 (2.7)	53,559 (2.3)

다각화 전략이 어떠한 방향으로 전개될지 향후 주목된다.

2. 해외 발효기업

가. 개황

해외의 선진 발효기업은 많다. 미국에서는 아미노산 발효의 ADM, Monsanto, 유기산 발효의 Gargill-Dow Chemical, 의약 발효의 Shering Plough, 유기산 발효의 Pfizer와 Miles 등이 있다. 유럽에서는 아미노산 발효의 Eurolysine, Orsan, Amino GMBH, Rexim, 항생제 발효의 Antibioticus, Biochemie, Hoechst, 비타민 발효의 Roche, BASF, 효소메이커인 Novo와 Brocades 등이 있다. 일본 기업으로는 종합발효 업체인 교와발효(주), 아지노모토(주), 타나베제약(주), 후지사외제약, 타나베제약(주), 타케다제약(주) 등이 있다. 이 중 세계 발효업계의 선두주자이며, 우리와 유사한 경영구조를 가진 교와발효(주)와 아지노모토(주)에 대한 경영상태를 살펴보고자 한다.

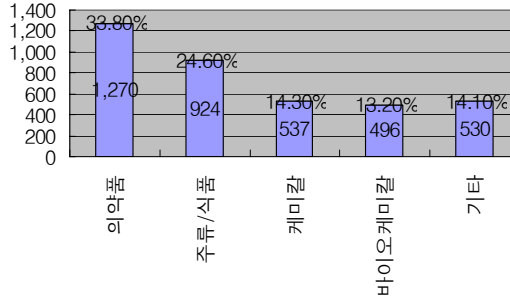
나. 교와발효(주)의 경영 분석

이 회사는 거의 모든 아미노산과 핵산발효를 최초로 시도한 연구개발 회사로 유명하다. 전체 인원 7,300 명 중 1/3이 연구원으로 알려져 있다. 1999년에 창사 50주년을 맞아 <라이프사이언스와 바이오기술로 세계인의 건강과 풍요에 공헌한다>는 경영목표를 선포하고, 사업군을 바이오, 케미컬, 의약, 식품, 주류, 화학의 5개 군으로 재편하였다. 모기업인 교와발효는 경영총괄과 연구개발을 전담하고, 의약·바이오군 11사, 식품·주류군 9사, 화학제품군 5사를 거느리고 있다.

순익 현황(2002)은 그룹 매출 4,400억 엔, 당기 순이익 160억 엔으로 매출액 대비 3.6%를 시현하였다. 총자산 이익률은 3.2%였다. 모기업인 교와발효(2001)는 매출 3,084억 엔, 경상이익 186억 엔, 당기 순이익 46억 엔(1.49%)으로 그룹 전체보다 더 어려운 경영실적을 나타내었다. 순매출은 의약품 33.8%, 바이오케미컬 13.2%, 케미컬 14.3%, 식품 24.6% 등으로 구성되어 있다(<그림 4-3>).

<표 4-3> 교와발효(주)의 경영실적(단위: 억 엔)

구분	경영지표	1999	2000	2001
대차대조표	총자산			3,843
	총부채			1,886
	자기자본			267
손익계산서	순매출	3,847	3,749	3,756
	영업이익			189
	경상이익			9.7
	순이익	6.1	11.3	9.4
영업품목	*바이오 *의약 *화학 *주류 *식품			
R&D 전략	*기술지향적 *마케팅 취약 *Hybrid tech.중시			
특징	연구기업(수많은 개발실적): 아미노산, 핵산, 핵산유도체, 의약품			



〈그림 4-3〉 교와발효(주)의 매출 구성

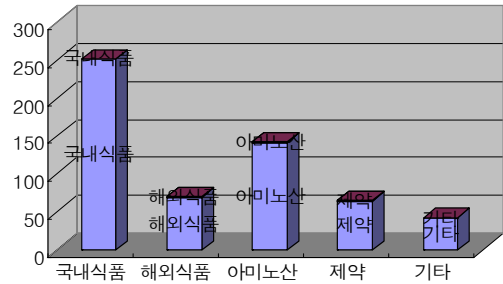
대차대조표(2001)를 보면, 자산 3,843억 엔, 총 부채 1,886억 엔, 자본합계 1,957억 엔(자본금 267억 엔, 법정준비금 499억 엔, 잉여금 1,043억 엔, 평가차액 148억 엔, 자기자본 △54억 엔)으로, 최근에 경영상태가 악화되고 있음을 보여준다. 이는 기술지향적 경영의 한계를 보여주는 것으로, 마케팅의 중요성을 느끼게 한다는 점에서 우리가 타산지석으로 삼아야 할 것으로 판단된다. 참고로 또 다른 자료에서 인용한 경영지표를 소개한다(〈표 4-3〉).

다. 아지노모토(주)의 경영 분석

MSG를 최초로 발견한 이케다(池田菊苗)와 스즈키 형제가 설립(1909)한 회사로, 교와발효와 더불어 일본의 발효공업을 주도해 오고 있다. 국내에 7개 사업군(식품, 냉식, 유지, 음료와 유제품, 아미노산, 의약품, 기타)에 31사, 해외에 30사(아미노산 9, 식품 8, 가공식품 6, 냉식 3, 음료 1, 기타 3)를 거느리고 있다. 발효제품의 생산량(2002)은 리신 24만 톤(세계의 65%), 트레오닌 33,000 톤(40%), 프립토판 1,000톤, 핵산조미료 3,0003,500 톤이다.

손익 상황(2001)은 총매출 9,435억 엔, 경상이익 490억 엔, 순이익 314억 엔(3.96%)이었다. 매출은 국내식품이 5,631억 엔으로 가장 많았고, 해외식품 1,386억 엔(14.7%), 발효아미노산 1,300억 엔(13.8%), 의약품 535억 엔(5.7%), 기타 583억 엔(6.2%)이었다. 경상이익의 구조는 국내식품 251억

엔(51.2%), 해외식품 70억 엔(14.3%), 아미노산 142억 엔(29.0%), 의약품 65억 엔(13.3%), 기타 43억 엔(8.8%)이었다(〈그림 4-4〉).



〈그림 4-4〉 아지노모토(주)의 순이익 구조

발효아미노산이 1,300억 엔 매출, 경상이익 142억 엔으로 10.9%를 차지하였다. 경상이익의 14.3%가 해외식품에서 얻은 이익이라는 점이 주목할 만하다. 경상이익은 일본 266억 엔, 아시아지역 112억 엔, 미주지역 31억 엔, 유럽지역 82억 엔이었다. 국내 총계가 266억 엔(51.2%)으로 해외 총계 224억 엔(49.8%)과 비슷한 수준이었으나, 그룹 전체로는 당기 순이익이 △3,723억 엔의 큰 적자를 나타내었다. 대차대조표를 보면, 자산 총계는 6,714억 엔, 부채는 2,966억 엔, 자본은 3,747억 엔(자본금 799억 엔, 법정준비금 1,277억 엔, 잉여금 1,579억 엔, 평가차액 94억 엔, 자기자본 △132억 엔)이었다.

이상에서 보았듯이 동사는 업종 간, 지역 간 큰 매출과 이윤을 창출하고 있으며, 모건 스탠리는 이 회사가 2006년까지도 현재의 성장세를 지속할 것으로 예측하였다. 그 결과 2006년도의 매출은 1조 1,500억 엔에 순이익은 510억 엔(4.43%)에 달할 것으로 보인다. 이러한 견실한 경영은 마케팅 지향적 경영철학에 힘입은 바 큰 것으로 보인다. 다만 계열사의 부실이 본사의 경영에 부담으로 작용할 것으로 보인다.

2003년 초에는 한국의 빅솔(안양)과 자본금 10억 원(70:30)의 법인을 설립하고, 한국시장 및 메

이커의 동정을 살피고 있어 향후 거취가 주목된다. 또 다른 자료에서 인용한 동사의 경영지표를 참고로 소개한다(<표 4-4>).

3. 발효기업의 비교와 제언

한국기업이나 일본기업 모두 그룹적으로 발효식품 등의 바이오 분야에서는 수익성을 나타냈으나, 비전문 분야에서 발생한 적자로 경영에 큰 부담을 안고 있음을 알 수 있다. 따라서 전문 분야로의 다각화 전략이 필요함을 알게 한다. CJ(주)는 비관련 다각화 전략을 구사하고 있는데, 지금까지는 비교적 성공적인 것으로 보이나, 향후 귀추가 주목된다.

일본기업은 매출액의 5% 이상을 연구개발에 투자하여 적극적인 고부가가치물질을 개발하고 있어 발효를 포함한 바이오 산업 전반에 밝은 전망을 갖게 한다. 이에 반해 국내 기업은 상대적으로 연구개발 투자가 3% 미만으로 미흡하여 앞으로 경쟁력이 약화될 것으로 보인다. 보다 과감한 연구개발비의 증액이 요구된다.

아지노모토(주)는 총 매출의 24%와 경상이익의

49.8%가 해외사업에서 발생했다는 사실은 국내 기업에게 시사하는 바 크다. 우리도 해외로 적극 진출하여 경영의 글로벌화로 기업의 영속성을 확보해야 한다. 반면, 세계 최고 수준의 발효기술력을 가진 교와발효가 경영적으로는 어려움에 봉착한 것은 기술지향적 경영에 기인한 것으로 보인다. 이는 경쟁기업인 아지노모토(주)가 마케팅지향 전략으로 높은 순이익률(3.96%)을 나타낸 것에서도 입증된다. 국내기업도 마케팅 지향적으로 경영방식을 전환해야 함을 의미한다.

사업전략에 있어서 교와발효는 고부가가치물질을 개발·생산하는 방향으로 추진하였다. 그 결과 자사가 개발했던 거의 모든 발효산업의 시장을 경쟁사들에게 빼앗기고 경영이 불안정한 느낌마저 갖게 한다. 이에 반해 아지노모토(주)는 저부가가치물질의 발효는 원료산지로 이전하여 대량 생산함으로써 강력한 원가 경쟁력을 지속적으로 확보하고 있을 뿐만 아니라, 자국에서는 고부가가치물질의 발효를 병행함으로써 튼튼한 경영을 구가하고 있다. 이러한 아지노모토(주)의 쌍두마차 전략이 국내 발효기업의 모델로 적합하지 않을까 생각된다.

<표 4-4> 아지노모토(주)의 요약 재무제표(단위: 억 엔)

구분	경영지표	2000	2001	2002E
대차대조표	총자산	8,080	8,289	8,402
	총부채	3,794	4,488	4,360
	자기자본	6,079	5,241	5,417
손익계산서	순출액	8,294	9,085	9,435
	영업이익	331	378	490
	경상이익	412	443	562
	순이익	177	-115	314
영업품목	*소개식품(설탕, 식용유, 제분), *발효제품(아미노산, 핵산), *가공식품(크노르식품, 칼피스음료), *조미료(MSG, 복합, 중합, 천연) *의약, *생활용품			
R&D전략	*마케팅 지향적 *제2 출시주의 *글로벌전략(WE21)			
특징	*절저한 예비사업성검토 *다품종 소량생산			

제5장 발효 산업의 과제와 제언

발효 산업은 식량, 에너지, 의약, 정밀화학, 전통 식품, 유기용제 등을 망라하는 국가의 기간산업이라 할 수 있다. 우리나라는 오랜 발효의 전통을 가지고 있으며, 바이오 산업 중 선진국 대비 90% 이상의 경쟁력을 갖춘 분야이기도 하다. 이러한 확실한 발효 산업을 기반으로 BT 산업의 발전을 추구하는 것이 국가 차원에서도 효과적이라 생각한다. 일본이 발효 산업을 기반으로 BT 강국으로 도약한 사실을 타산지석으로 삼아야 할 것이다. 국내 발효산업이 발전하려면 구체적으로 다음과 같은 조치를 취해야 하며, 이를 실행에 옮기기 위한 기업, 연구기관, 바이오벤처, 학계로 구성된 <발효산업협의체>(가칭)의 구성·운영을 제의한다.

- ① 기술개발에 앞서 **자사의 사업 아이덴티티를 재정의**해야 한다. 현업에 대한 정의와 앞으로 지향하려는 업종에 대한 범위설정 및 목표 달성을 위한 추진 전략을 세워야 한다. 기술개발에 앞서 사업구도를 먼저 설정하고, 기술보다는 마케팅 지향적으로 경영 전략을 세워야 한다.
- ② 지금의 **연구개발 전략을 재검토**해야 한다. 연구개발의 방향은 관련다각화가 바람직하며, 자체 연구와 함께 외부 연구기관을 활용할 필요가 있다. 정부에서는 500개가 넘는 바이오벤처가 발효기업과 협력하는 프로젝트에 정책연구자금을 지원할 가치가 있다. 이 경우 양측 모두 경영에 활로를 찾게 되므로, BT 산업의 육성을 위해서도 필요한 조치라 생각된다.
- ③ 발효의 주체인 **미생물을 염기서열분석, 핵산서플링, 대사공학 등의 최신기법으로 획기적으로 개량**할 필요가 있다. 이 일을 감당할 유능한 인력을 배출하기 위해서 필요하다면 우수한 해외 연구기관에 장기간 파견하여 교육·훈련부터 해야 할 것이다. 교와발효는

2000년에 산업용 균주인 코리네균에 대한 염기서열을 규명한 바 있다. 국내에서도 2001년 대상(주)이 그린진바이오텍과 합동으로 *Breibacterium armoniagenes*에 대해 총 3.4 Mb의 95%를 해독한 데 이어, 2002년에는 CJ(주)가 *Corynebacterium glutamicum*을, 서울대 유전연구소가 김치 발효균인 *Lactobacillus kimchii*, 알코올 발효균인 *Zymomonas mobilis* (마크로젠, 서울대), *Manheimia* 55E(지노텍, KRIIBB, KAIST) 등을 해독하였다. 최종목표는 여기에 대사공학 기법을 가미한 균종의 개량이라 할 수 있다. 선진국과의 격차가 좁으므로 이 분야에 대한 집중연구가 필요하다.

- ④ **발효를 이용한 선도물질의 생산과 이들의 고부가 가치화**가 필요하다. 이를 위해서는 카이럴기술을 포함한 효소 및 화학적 분자수식기술의 접목이 필요하다. 단일 종의 발효물질을 다양하게 수식함으로써 수많은 기능성 유도체들을 합성하는 하이브리드기술의 개발은 발효 산업의 지속적 발전을 위해서도 필수적이다.
- ⑤ 발효액 중 **미량 생리활성물질의 검색과 분리·정제기술의 개발**이 필요하다. 미생물이 생산하는 발효물질은 대부분 생명활동에 필수적인 것들이므로 이들의 검색과 동정 및 기능에 대한 규명은 신규물질의 발견으로 이어질 가능성이 크다.
- ⑥ 미래에 부족이 예상되는 **식량과 에너지자원**의 발효·생산, 새로운 항생·항암·생리기능을 가진 **다당·과당류와 그 유도체**에 대한 수요는 건강산업의 발전과 함께 급증할 것으로 예상되므로 이들의 생산기술 개발은 관심 을 기울일 분야이다.
- ⑦ 현재까지 알려진 미생물은 1001,000여만 종으

로 추정되는 전체 미생물의 110%에 불과하므로, **신규 미생물의 검색과 동정 및 이들을 이용한 신규물질의 검색**이 필요하다. 선진기업에서는 화산지대, 심해의 지층, 남북극의 빙하, 생물 내장의 벽 등에 서식하는 특수 환경 미생물을 활발히 검색하고 있다. 이 분야에 대한 연구는 긴 시일이 필요하므로 정책적 지원이 요구된다.

⑧ **전통 발효식품을 현대화**함으로써 새로운 **수요 창출과 함께 세계화**를 이루어야 한다. 따라서 세계 각지 현지인의 입맛에 맞도록 해당 지역의 음식과 조합한 퓨전식품의 개발이 필요하다. 전통식의 세계화를 이루는 첩경으로서 김치처럼 전통식품의 국제 규격화를 적극 추진해야 할 것이다. 이 분야에 대해서는 정부의 지원이 있어야 할 것이다.

⑨ 발효공장은 소음, 냄새, 폐수, 폐기물을 방출하므로 **환경친화형 공정**으로 탈바꿈해야 한다. 폐수나 폐기물은 자원화함으로써 무폐수, 무방류 시스템을 구축해야 한다. 이에 따른 설비투자는 제조원가의 상승요인이 되므로, 미생물의 획기적 개량에 의한 생산성 향상과 고부가가치의 창출로 이를 상쇄하지 않으면 안 된다. 더구나 사회적으로 위생적인 작업환경과 제품 안전성에 대한 관심이 고조되고 있으므로, 앞으로는 안전 및 독성에 대한 추가비용을 고려해야 한다. ISO 등의 인증이 없는 수출의 길이 점차로 좁아질 것으로 우려되므로 미리 대응조치를 취해야 한다.

⑩ 교토의정서의 발효를 앞두고 논란 중인 이산화탄소를 감소시키는 방안으로, 클로렐라 등의 **미세조류로 이산화탄소를 자화**하여 식·사료용 단백질(SCP)과 생리활성물질을 추출하는 방안을 국가적 과제로 검토할 필요가 있다. 우리나라는 이산화탄소 발생량이 세계 10위에

랭크된 국가이다. 아울러 토질오염 개선을 위한 스트레스내성 식물을 이용한 phytoremediation을 포함한 bioremediation에 대한 국가 차원의 지원이 필요하다.

⑪ **발효원료에 대한 연구**도 긴요한 과제이다. 지금 사용하는 전분·설탕계 원료는 경작지 잠식에 따른 생산량 감소가 예견되므로, **비탄소원을 자화하는 미생물의 검색·개발**에도 관심을 기울여야 한다. 아울러 탄소자원을 에너지가 덜 드는 발효공정으로 선도물질을 생산한 후, 이를 생분해성 원료로 사용함으로써 환경오염을 줄이는, **탄소원의 이용효율에 대한 연구**도 꾸준히 이루어져야 한다.

〈참고문헌〉

1. 민태의 등: 학회지 게재 논문의 연구 분야별 연구 현황 및 전망, *韓國微生物·生命工學會 30年史(1973-2003)*, 219-253, 2003
2. 임변삼: 생물 산업의 변천 및 전망, *韓國微生物·生命工學會30年史(1973-2003)*, 327-330, 2003
3. 박상우: Penicillin계 항생물질의 개발동향, *뉴스브리프*, KISTI, 2003
4. 고은지: 2004년 국내외 의약산업 전망, LG주간경제, 9월24일, 2003
5. 한국제약협회: 제약산업정보, 여름호, 2003
6. 한국기업평가(주): 신용평가보고서<대상(주) 기업어음>, 2002년 7월
7. 한국신용평가(주): 신용평가보고서<제일제당(주)>, 2002년 5월 30일
8. 김지동: 생물학적 수소생산 기술동향, *기술동향보고서*, KISTI, 2002
9. 나혜진: 식품산업의 연구개발투자 동향, *식품과 학과 산업*, 35(3), 28-33, 2002

10. 한국보건산업진흥원: 미래 보건산업 기술예측, 서울, 2001
11. 한국특허청: 2000 신기술동향 조사보고서(기능성 식품), 서울, 2001
12. 한국특허청: 2000 신기술동향 조사보고서(기능성 효소), 서울, 2001
13. 조재창, 이규호: 미생물 다양성 연구와 미생물 자원 활용의 필요성, *생물산업*, 15(2), 32-36, 2002
14. 田口定雄: 醫藥品市場の變化と化學再編, *化學經濟*, 4月號, 38-39, 2003
15. 金井晴彦, 秋野二郎: ラクターゼの機能とその應用例, *月刊フードケミカル*, 76-84, 2003
16. 安東龍一: 難消化性の開發と應用, *粉體と工業*, 35(10), 55-64, 2003
17. 日刊經濟新聞(日本): 月刊 酒類食品統計月報, 1997-2003
18. 小泉聰司: 微生物によるオリゴ糖の大量合成, *BIO INDUSTRY*, 20(1), 39-43, 2003
19. 池田俊郎: 市況引き締まるうまみ味調味料業界, *酒類食品統計月報*, 6月號, 2003
20. 小泉聰司: 生合成系の共役によるオリゴ糖の生産, *バイオサイエンスとバイオインダストリー*, 60(2), 95-98, 2002
21. アミノ酸ビジネス, *BIO INDUSTRY*, 19(9), 64-68, 2002
22. 日經バイオテック: 日經バイオ年鑑 2002, 第86, 2002
23. 食品化學新聞(日本), 12月20日, 2002
24. 化學工業日報(日本), 10月2日(2001), 6月26日(2002), 7月30日(2002)
25. R.P. Elander: Industrial production of β -lactam antibiotics, *Trend of Microbiology*, 253(3), 1274-1282, 2003
26. J. Szejtli: Cyclodextrins in the Textile Industry, *Starch/Starke*, 55, 191-196, 2003
27. L. Manzocco, M. Nicoli: Food design from methodological approach to the cases study of low-calorie syrups, *Trends in Food Science & Technology*, 13(12), 420-427, 2002
28. Morgan Stanley: Equity Research Japan (Ajinomoto), Dec. 10, 2002
29. ING Financial Markets: Equity Market Foods, Japan(Ajinomoto), Nov. 28, 2002
30. Credit Suisse: Equity Research "Archer-Daniels-Midland", Jan 30, 2003 Merrill Lynch: Food Industry, Feb. 5, 2003
31. PR Gruber: Implication for R&D in Chemical Sciences and Technology, *Carbon Management*, National Academic Press, Chapter 21, 2001
32. BS LIm: Present Status and Prospect of Korean Fermentation Industry, 137-153, *Fermentation Technology in Korea*, Korea University Press, 2001
33. Polyaspartic Acid, *BIO INDUSTRY*, 17(11), 67-72, 2000
34. Business Communication Co. Ltd: Amino acids for Synthesis (55) Application, Norwalk, CT, 1999
35. Business Communication Co. Ltd: Commercial Amino Acids, Norwalk, CT, 1997
36. <http://www.ajinomoto.co.jp>
37. <http://www.kyowa.co.jp>
38. <http://www.adm.com>
39. <http://www.kipris.go.kr>
60. <http://www.kisti.re.kr>