

국내 업계별 효소이용 실태

식품공업용 효소의 현황과 진흥책

선일포도당(주) 상무이사 이 현 수

1. 서 론

세계공업에서 출발한 효소의 공업적 이용은 식품공업에 커다란 영향을 주었다. 식품의 가공공정에서 필요한 화학 변화를 효소로 수행할 경우 비교적 가격이 비싸고 실행시켜야 한다는 단점이 있으나 다음과 같은 장점으로 인해 사용량이 증가하고 있다.

- (1) 효소자체에 독성이 없고 냄새가 없으므로 식품의 가치를 떨어뜨리지 않는다.
- (2) 엄격한 기질특이성(substrate specificity)을 갖으므로 복잡한 조성의 원료를 사용해도 원하는 반응만 일어난다.
- (3) 온도, pH 등의 작용조건이 온화하여 식품품질의 변화를 최소화할 수 있다.
- (4) 저농도의 효소로 신속히 반응이 완료된다.
- (5) 필요할 경우 가열 등으로 효소를 실행시켜 반응을 쉽게 중지시킬 수 있다.

그런데 식품공업에 이용되는 효소는 인체에 유해한 코발트(CO⁺⁺) 등의 금속이온을 조효소로 요구하지 않아야 하며 단위역가가 높아야 정제비용이 적게 드는 등의 제한요인이 있다.

국내의 식품분야의 효소사용량이 아직은 많지 않은 편이나 향후 용도개발 등의 노력이 있을 경우 사용분야를 상당히 넓힐 수가 있을 것으로 생각된다. 현재 효소를 사용하는 식품공업분야는 전분당업계의 전분분해효소 및 포도당 이성화효소, 주스업계의 pectinase 류, 육류업계의 연육용 protease, 제빵업계의 단백질 및 전분분해효소, Yeast Peptone 제조시의 단백질분해효소 등 여러 가지가 있다.

세계적인 효소시장을 약 6억달러(1985년)로 추정해 볼 때 식품공업에 사용되는 효소는 이중 약 30%내외가 되는 것으로 알려져 있으나 잠재적인

사용 가능분야를 감안하면 앞으로 차지하는 비율이 계속 증가할 것으로 예상된다.

국내에서 식품공업에 사용되는 효소를 분야별로 살펴보기로 한다.

2. 본 론

식품공업의 분야별 효소사용실태를 보면 다음과 같다.

(1) 전분당공업

식품공업분야에서 단일종목으로 사용량이 가장 많은 포도당 이성화효소가 연간 약 20억원, 내열성 액화효소(α -amylase)가 약 11억원 당화효소(Glucoamylase)가 약 11억원 등으로 전체적으로 연간 약 40억여원 규모의 효소가 전분당공업에 사용되고 있다. 이는 국내 식품공업의 전체 사용량 50억여원의 80% 수준에 달하는 것이다. 이들을 종류별로 살펴보기로 하자.

액화효소인 내열성 α -amylase는 전분을 고온·고압의 조건하에서 호화시킨 후 전분사슬을 임의적으로 절단하여(평균 D.E8~12) 당화효소가 작용하기 좋은 상태로 만들어 주기 위한 효소이다. 이 경우 내열성이 강조되는 이유는 전분을 호화시킨 후 온도를 낮추면 전분이 노화(retrogradation)되어 효소분해가 어렵게 되므로 온도를 90°C 이상 유지해야하기 때문이다. 현재 내열성 액화효소는 전량 수입해서 사용하고 있는데 NOVO사(덴마크)의 Termamy1®, 大和化成(日)의 Kleistase® 그리고 Miles Lab(美)의 Taka-Therm® 등이 주로 사용된다. 전분을 액화함에 있어 초창기에는 산을 이용하여 전분사슬을 끊어주었으나 불필요한 부산물 생성으로 인한 쓴맛발생 및 착색, 높은 정제비용, 공정관리상의 어려움 등의 이유로 내열성 α -amylase 개발이후 거의 효소법으

표 1. 각종 α -amylase의 특성비교.

酵 素 資 源	耐 熱 性 (15分處理)	pH 安全性 (24hr. 30°C)	作用最政 pH	Ca ⁺⁺ 에 의한 保護作用	Cl ⁻ 에 의한 活性化	數 粉 吸着性
細菌 (消化型)	65~80	4.8~10.6	5.4~6.0	+	-	++
(糖化型)	55~70	4.0~ 7.8	4.8~5.2	-	-	-
(耐熱性)	75~90			+	-	+
Asp-orglac	55~70	4.7~ 9.5	4.9~5.2	+	-	+
Asp-niger	55~70	4.7~ 9.5	4.9~5.2	+	-	+
Rhizopus	50~60	5.4~ 7.0	3.6	-	-	+
Asp-niger (耐酵性)	55~70	1.8~ 6.5	4.0	+	-	+
Endomycopsis (酵母)	35~50	6.0~ 7.5	5.4	+	-	+
Oospora (不完全菌)	50~70	6.0~10.3	5.6	+	-	+
麹 足		4.8~11	6.9	+	+	
曉 液		4.8~11	6.9	+	+	
麥 芽		4.8~ 8.0	5.3	+	-	
綠 豆	50~70	5.0~ 8.3	5.4	+	-	

로 바뀌었다.

α -amylase는 표 1에서와 같이 여러가지 자원으로 부터 얻을 수 있으나 내열성 α -amylase는 주로 세균인 *Bacillus licheniformis*에서 얻어지는 endo 형태의 아밀라제이다. 이는 Ca⁺⁺ 존재하에 93°C에서 반감기(Half life)가 1500분, 107°C에서 40분 가량이므로 현재와 같은 고온(105~107°C)의 공정에서 사용하는데 문제가 없다.

현재 국내의 경우 태평양화학 등에서 α -amylase를 생산하고 있으나 단위역가, 정제도 및 내열성 등에서 수입품과 경쟁이 되지 않으므로 대부분이 주정용 의약품 및 제빵업계에서만 사용되고 있는 실정이다.

당화효소인 Glucoamylase는 NOVO(덴마크)의 Amyloglucosidas(AMG®), 天野(日)의 GNL-3000® 등이 수입되어 사용되고 있으며 이는 액화된 전분구조 중 직선사슬인 α -1,4결합을 비환원성 말단기(nonreducing end)로 부터 포도당단위로 끊어주는 효소이다. 이 효소는 주로 곰팡이류 중 *A. niger*와 *Rhizopus delemar*로 부터 생산되는데 사용 pH가 액화효소보다 낮은 pH 4.5 부근이므로 미생물오염 등의 문제가 적다.

생성물의 포도당 함량을 조금이라도 더 높이기 위해서는 효소의 단위역가가 가능한한 높아야 하고 효소에 의해 효과적으로 분해되지 않는 각종 구조의 당을 생성하는 역반응을 최소로 줄여야 하는 문제가 있다. 또한 그림 1에서 볼 수 있는 전분구조 중 사슬의 가치를 이루는 α -1,6결합의 분해가 필요하다. 이를 위해 α -1,6 결합을 분해하는 Pullulanase가 NOVO에서 최초로 개발되어 공급되어오다가 요즘은 Glucoamylase에 Pullulanase를 일정 비율로 혼합한 Dextranase를 개발하여 공급하므로써 포도당 수율향상에 기여하였다. 포도당을 과당으로 이성화시키는 포도당 이성화효소는 과당이 설당을 대체하면서 수요가 급격히 증가하였다. 여러가지 미생물로 부터 얻을 수

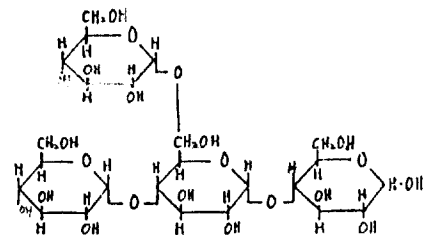


그림 1. 덱스트린의 구조.

있으나 현재는 주로 Bacillus, streptomyces속 등에서 생산되는 효소를 담체에 고정화시켜 반복 사용이 가능하게 되어 효소공업에 전환기를 맞이하게 하였다. 최근 설탕과 감미도가 유사한 과당을 55% 함유하는 액의 재법이 개발되어 이 효소의 수요가 급격히 증가하였다.

특히 고정화시킨 포도당 이성화효소의 사용시 반응조내의 압력강하(ΔP)가 적을수록 공정상 유리하므로 담체의 강도가 대단히 중요하다. 이 효소는 전량 수입해서 사용하고 있는데 고정화시킨 완제품을 수입하기도 하고 액상제품을 수입하여 담체에 흡착시켜 사용하기도 한다. 이외에도 최근 맥아당수요의 증가와 함께 미생물에서 생산되는 β-amylase 효소의 사용이 급격히 신장하고 있으며 끝으로 장내의 Bifidus균의 생육을 촉진하고 콜레스테롤의 저하작용이 있다고 알려진 Fructooligo당을 생산하는 효소인 β-fructofuranosidase의 사용량이 증가하고 있다. 이 효소는 Aureobacidium, A. niger 등으로 부터 생산되며 현재 明治製菓(日)에서 수입하여 Fructooligo당을 제조한 후 전량 일본으로 수출하고 있다. 또한 국내시판을 준비하고 있는데 양돈사료를 위시하여 사과, 병과, 제빵, 음료 등의 건강식품에의 사용이 기대된다. 국내에서도 투명도, 맛 그리고 당조성이 매우 다른 유사제품이 소량 시판되고 있다. 이와같이 전분당공업에서 사용되는 효소량이 식품공업 중에서 가장 많은 점을 감안해 볼 때 이의 국산화 노력이 절실하다.

(2) 주스공업

주스 제조시 원료 특히 사과 등으로 부터 연유되는 펙틴질은 불용성으로 침전물을 형성하게 되어

상품의 가치를 저하시킨다. 이와같은 펙틴질을 펙틴분해효소(pectin esterase PE)로 분해시켜 용성의 pectic acid로 되면 제품 중의 침전을 방지할 수 있다. 이의 수요는 약 1억원을 밀도는 수준으로 원료의 전처리과정에서 많은 펙틴질을 제거하고 나머지 부분만을 효소로 분해시키게 된다.

(3) 육가공업

육류제품의 연화를 위해 단백질 분해효소인 브로멜라인 등이 사용된다. 일부는 국내에서 생산되며 일부는 대만 등에서 수입하여 사용하고 있는데 국내시장은 연간 약 1~2억원 정도인 것으로 추정된다.

(4) 기 타

식품공업분야에 사용되는 기타 효소는 사용량이 소량이고 자료부족으로 인하여 수요를 정확하게 파악하기 어려우나 연간 약 2억원을 밀도는 수준으로 추정된다. 즉 제빵업계에서 사용하는 단백질 분해효소, 향미료 제조시 고기의 분해에 사용되는 단백질 분해효소, yeast peptone 제조시의 단백질 분해효소 및 낙농업계의 우유 중 lactose 분해효소(β-galactosidase) 정도가 있다.

따라서 식품공업에서 사용하는 효소량은 표 2에서와 같이 국내 전체로 약 50억원 정도로 추정되며 이중 국내 생산량은 6% 정도에 해당하는 3억여원 정도로 추정된다.

3. 결 론

식품용 효소는 앞에서도 지적했듯이 국산대체율이 6% 수준에 머무르고 있는 실정이다. 이들 효소의 국산화를 위해 학계 및 업계 등에서 많은 노

표 2. 식품공업관련 주요 효소제품의 국내생산 및 수입액.

구 분	효 소 제 품	국내시장	생 산 업 체
국 내 생 산	전분액화효소	1 억	태평양화학등
	기타 근육연화용	2 억	"
수 입 효 소	포도당 이성화효소	20 억	NOVO, CPC 등
	내열성 액화효소	11 억	NOVO, Miles Lob 등
	당화효소	11 억	"
	기 타	5 억	
계		50 억	

력을 경주해왔으나 아직 결과는 미흡한 실정이다. 그러나 현재의 연구진행상황으로 볼 때 머지않아 국산화가 가능하리라고 생각된다. 또한 Fructooligo당과 같이 인체내에 분해효소를 갖고 있지 않으므로 Diet의 효과를 기대하고 대장 내의 Bifidus균을 증식시켜 인체건강에 좋은 영향을 주는 각종 당류의 개발을 위한 효소의 개발이 매우 활발히 진행 중에 있으며 현재까지 Isomaltose, Coupling sugar Cyclodextrin 등이 실용화 단계에 이르고 있다. 식품공업에 사용되는 효소의 개발방향은 사용비용을 낮추는 즉 효소의 생산성을

향상시키는 연구와 공정을 단순화시킴으로써 생산 원가를 낮추는 연구가 그 주를 이룰 것으로 보인다.

따라서 식품공업에서의 효소의 활용은 수율을 높이고 신제품을 개발할 수 있는 첩경이 되기 때문에 앞으로 전망이 매우 좋은 분야라고 생각하며 여러 전문인력의 집중적인 할애와 적극적이고도 효율적인 산학연구체제의 구축을 통하여 이 분야의 연구 및 산업화가 촉진되어야 할 것임을 강조하면서 글을 맺기로 한다.

<page 23에서 계속>

4) 폐기물의 효소적 처리방법 개발 등

4. 국내 효소공업의 문제점과 해결방향

아직 성숙되어 있지 않은 국내 효소공업은 수다한 문제점을 안고 있는 것이 사실이다.

첫째, 국내시장 자체가 작고 수요업체의 수입효소 선호경향이 강하다.

둘째, 법적 규제가 심해서 연구개발의욕을 저해하는데, 일 예로는 주류의 경우 효소의 사용량, 종류, 사용방법까지 규정하고 있고 식품용, 공업용, 주류용 효소로 공히 사용할 수 있는 동일 품목일 경우에도 보건위생법, 주세법 등 관련법규가 2종 3중으로 제약하고 있어 그 경직성으로 말미암아 효소공업의 발전을 위축시키고 있다.

세째, 아직도 영세한 수준에 있는 효소업체의 기술력을 보완해줄 수 있는 산학협동체제의 미비.

네째, 정부의 정책적 지원이 전무한 상태이다.

다섯째, 대기업조차도 수입효소판매에 치중하고

국내효소 개발을 등한히 하는 상황에서 대부분의 효소업체가 중소기업으로서 자금면에서 영세성을 면치 못하고 있다.

여섯째, 많은 효소이용 업체가 종전방식을 답습해서 자체 생산에 의존, 분업화, 전문화를 허용하지 않고 있는 보수성도 문제점으로 들 수 있겠다.

이러한 산적한 문제점들을 해결하는 것은 효소업체 자체에 달려있었으나 외부적 지원면에서는 효소산업의 우선육성업종지정, 관련법규의 간소화, 국내 효소업체보호측면에서의 관세 및 수입대책 등을 들 수 있겠으며, 궁극적으로 효소업체는 산학협동 체계를 갖추고 자체기술개발과 용도개발을 위한 연구노력에 총력을 기울여야 할 때인 바 근간 효소업체 자체에서도 자체 부설효소연구소를 설립하여 자체 연구개발에 힘써 무중자효소 개발능 실질적인 실적을 쌓고 있으며 학계와의 연계 연구 등에도 투자하는 등 의욕을 보이고 있어 매우 고무적인 일이다 하겠다.