

酵素를利用한 食品加工

朴 基 賢

(韓國煙草研究所)

식품을 가공이나 저장할 때, 우리는 예기치 않은 식품의 변질 등을 경험해 왔다. 그 원인 중에는 효소에 의한 식품 성분의 화학적 변화가 가장 큰 주요 원인으로, 이와 같은 효소에 의한 식품 성분의 변화를 방지하기 위해 이의 활성을 화학적 또는 물리적 방법에 의해 억제하였다. 그러나, 식품 중에 함유된 효소는 그의 작용에 의하여 때로는 맛과 향기는 물론 식품의 조직을 가공이나 저장 중에 우리가 원하는 품질로 변화시키기도 한다. 따라서, 신선한 식품을 방치하거나 식품에 미생물을 번식시킨 경우에는 식품의 품질을 저하시키는 것이 있는가 하면 식품 가공에 중요한 역할을 하는 것도 있다.

한국 전래의 가공 식품인 된장, 간장은 물론 포도주 등은 일반 가정에서 알게 모르게 오래 전부터 상용되어 온 발효 식품으로, 미생물이 증식하면서 분비한 효소에 의해 가공된 발효 식품의 좋은 예라 할 수 있다. 그러므로, 효소를 이용한 식품 가공에는 먼저 식품에 원래 함유된 효소의 활성을 이용하는 것과, 식품에 미생물을 증식시켜 이때 분비된 효소에 의한 것, 그리고 미생물만을 따로 배양하여 생성된 효소를 분리한 후 이것을 식품에 첨가하

는 방법 등으로 나누어 볼 수 있다. 이에 따라 식품공업에서 효소 촉매의 효율성은 다음과 같은 몇 가지 특징으로 인하여 많이 이용되고 있다.

즉, 온도, pH 등에 따라 반응 속도를 증가 또는 감소시키기 때문에 화학 반응보다 효소에 의한 반응은 오히려 조절하기 편리하며 기질에 대해 극히 선택적으로 작용함으로써 목적하는 생성물을 상당량 얻을 수 있다. 또한, 대기압과 20~80°C 사이의 온도에서 반응을 진행시킬 수 있어 복잡한 기계 장치가 필요없으며 일반적으로 가정에서도 소규모로 실시할 수 있다. 한편 효소는 비독성을 띤 단백질이기 때문에 그 취급자는 안전하며 부식성이 없는 용기면 어느 것이라도 식품 가공에 적합하여 경제적인 이점이 있다.

그러므로, 위와 같은 여러 장점으로 오늘날 구미 제국은 물론 우리 나라에서도 공업적인 면에서 식품 가공에 효소의 이용은 새로운 가공 식품의 개발과 가공 공정상에 있어서 상당한 기술 혁신을 가져 왔다.

표 1과 2는 식품 가공에 흔히 이용되는 대표적인 효소의 종류와 이들에 의해 얻어지는 가공 식품을 나열한 것이다. 그러나, 본 난에

서는 효소에 의한 전분의 가공을 중심으로 기술하고 그 다음 치즈 제조에 관하여 간단히 논하고자 한다.

표 1. 식품가공에 흔히 이용되는 효소.

Alpha Amylase
Beta Amylase
Amyloglucosidase
Beta Glucanase
Pentosanase
Cellulase
Hemicellulase
'Pectinases'
Lactase
Glucose Isomerase
Alkaline, Neutral and Acid Proteases
Chymosin and Microbial Rennets
Trypsin and Chymotrypsin
Papain
Bromelain
Ficin
Invertase
Glucose Oxidase
Lipase

표 2. 효소이용이 필요한 식품가공과 그 생산물들

Starch processing
Flour treatment
Sugar syrups
Beer, spirits, vinegar
Baby foods
Cheese making
Jams and conserves
Confectionery
Baking
Fruit and juice processing
Animal feeds
Whey utilization
Egg concentrates
Chewing gum
Flavourings and colourings
Protein modification
Hydrolyzed vegetable protein
Dietary and convalescence foods
Therapeutic concentrates
Soft drinks
Recycling spoilt products
Waste upgrading

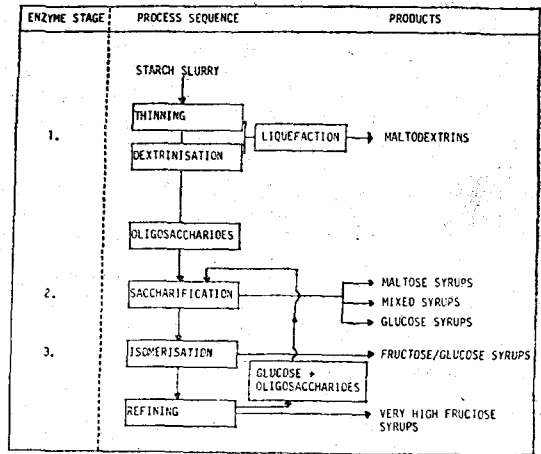


그림 1. 효소에 의한 전분의 3단계 가공과정

1. 전분의 가공

전분은 그 구성 성분과 가수 분해 정도에 따라 특이한 생성물을 얻을 수 있다.

역사적으로 볼 때 나폴레옹의 유럽 봉쇄 시기에 독일의 화학자 Kirchoff는 전분을 연구하던 중 산처리와 설탕과 같은 물질을 생성하는 것을 알았으며 이에 따라 그 공정은 상업적으로 1850년 이전에 일부 활용된 바 있다. 그러나 1950년 대에 이르러 효소에 의한 전분의 가수 분해가 더 큰 효과를 나타낸다는 것이 밝혀진 이후 산처리 방법은 전 근대적인 것이 되어 버렸다. 그리고 오늘날에는 제조 공정의 간편과 높은 수율, 경제적인 면에서 획기적인 전환을 이루어 모든 공정이 자동화 되기에 이르렀다.

효소에 의한 전분의 당화 과정은 크게 3단계로 나누어 액화(Liquefaction), 당화(Saccharification), 이성화(Isomerization)로 구분할 수 있으며 그림 1에서 보는 바와 같이 그 단계마다의 생성물도 서로 다르다.

전분의 각 가공 단계에 이용되는 효소의 종류와 그 특이성, 그리고 이때의 생성물에 대하여 논하면 다음과 같다.

1) 액화(Liquefaction)

이 단계에서 작용하는 효소는 endoamylase 인 α -amylase로서 전분의 amylose에 작용하여 α -1,4 결합을 가수분해 함으로서 포도당 6~8개로 구성된 maltodextrin이 된다. 생성된 dextrin은 효소의 작용을 계속 받아 maltotriose, maltotetraose 등을 거쳐 결국에 가서는 포도당, 맥아당 등의 혼합물이 되면서 전분 현탁액은 맑은 용액으로 된다. 때문에 α -amylase는 액화효소 또는 dextrogenic amylase라고도 불려진다.

전분의 분해 정도는 Dextrose Equivalent (DE)로서 구분하며(100%로서 기준), 이때 생성된 maltodextrin은 DE가 10~20 정도로 70~80%가 6탄당 이상의 dextrin이다. 그러나 α -amylase는 전분의 겔화 온도에서도 그 활성이 계속 유지될 필요가 있는데 이때 효소의 내열성이 문제가 된다.

그런데, 미생물 배양에서 추출 분리한 α -amylase는 보통 50°C 전후에서 활성이 가장 크며 70°C에 이르면 활성이 급격히 감소한다. 때문에 효소의 내열성을 증가시켜 주기 위해 sodium propionate와 같은 염류를 첨가하여 주기도 한다. 그러나, 현재 우리나라의 식품 공업계에서 많이 사용되는 Termamyl(상품명)이란 amylase는 강력한 활성을 나타낼 뿐만 아니라 열에도 상당히 안정성을 나타내어 전분의 액화에 효과있는 것으로 평가되고 있다.

그림 2는 재래식 방법에 의하여 전분의 액화 과정을 설명한 것으로 박테리아의 α -amylase의 사용은 두 단계 처리를 요하고 있으나 그림 3은 현재 일부 사용되는 Termamyl 한번 처리에 의한 전분의 액화 과정으로 최적 조건을 주었을 때 40%까지 높은 전분 고형물을 생산할 수 있으며 가공 공정도 단축할 수 있는 것으로 알려져 있다.

한편, dextrin 혼합물은 식품 제조에서 향료 등의 Carrier로서 효과적이며 또 4에서 보듯이 바와 같이 rheology 특성에 따른 상품 가치를 돋보이게 하는데 중요한 식품 성분중의 하나로 이용될 수 있다.

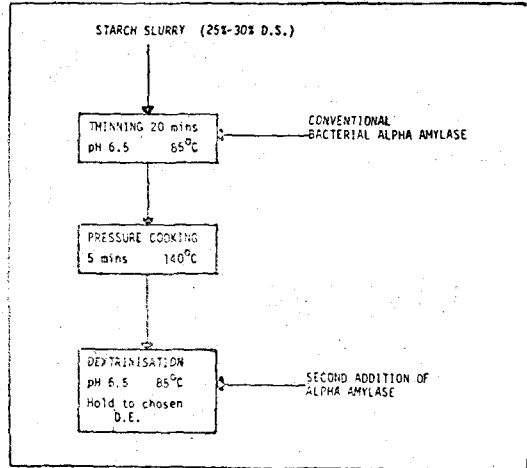


그림 2. 재래식 방법에 의한 전분의 액화과정

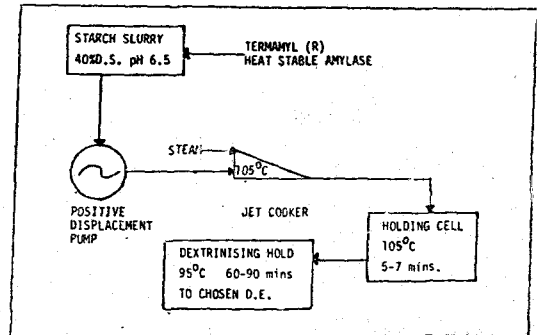


그림 3. 현재 개발된 전분의 액화과정

2) 당 화(Saccharification)

액화에 의해 생성된 dextrin 혼합물에 당화 효소를 복합적으로 사용하여 좀 더 가수분해 시키면 여러개의 서로 다른 생산물을 얻을 수 있다. 즉, 산성화된 dextrin slurry는 효소의 활성을 위해 냉각시킨 다음 포도당을 얻기 위해 선 exoamylase인 β -amylase와 amyloglucosidase(glucoamylase)를 첨가한다.

최적의 조건에서 97~98%의 포도당이 생산되는 강력한 당화 효소가 개발되었다. 이때 β -amylase는 α -1,4결합에만 작용하는데 반하

<i>Starch product</i>	<i>Typical applications</i>
Maltodextrins	Fillers, stabilizers, glues, pastes, thickeners
Mixed syrups 42-63DE	Confectionery, soft drinks, brewing and fermentation, jams, conserves and sauces, ice cream, baby foods
High maltose syrups	Hard confectionery
Glucose syrups	Soft drinks, caramel, wine and juice fermentations
High fructose syrups	Soft drinks, conserves, sauces, yogurt, canned fruits.

여 amyloglucosidase는 α -1,4결합은 물론 α -1,6 결합과 α -1,3 결합을 가수분해하여 α -D-glucose를 생성시킨다. 이와같이 가수분해가 덜 된 dextrin으로부터 감미를 갖는 결정 상태의 포도당을 얻는 과정을 당화라 한다. 그러나 반응 시간이 짧을 때는 oligosaccharide를 많이 생성하기도 한다.

3) 이성화(Isomerization)

당류 중에서 감미가 가장 큰 과당(설탕의 1.7배)은 위의 포도당 혼합물로부터 얻어질 수 있는데 이 반응은 포도당 isomerase의 활성에 의해 포도당 분자의 거의 반 이상을 과당으로 전환시킬 수 있다.

이성화당 생산에 실용화되고 있는 균주는 streptomyces에 속하는 것들로서 포도당 isomerase는 세포내 효소이기 때문에 균체 세포막을 분해한 후 추출되고 있다. 그리고 이 효소는 포도당의 농도가 50% 용액에서 작용할 수 있다.

한편 liquid invert sugar 상태에서 과당 분리하는 공존하는 포도당을 포도당 oxidase로 산화시키면 포도당만이 gluconic acid로 전환된다.

따라서 이 혼합액을 분리 정제하면 gluconic acid와 과당을 동시에 얻을 수 있다. 결론적으로 이성화당은 전분으로부터 생산할 수 있기 때문에 효소에 의한 전분의 이성화당 생산은 설탕 자원이 부족한 우리 나라에서 설탕

대치 산업으로서 그 중요성이 고조되고 있으며 현재 우리 나라에서도 기업화에 일부 성공하였다.

2. 알콜음료 제조

생산품의 범위는 가공면에서 여러 가지가 있으며 필수적인 것은 전분의 가수 분해를 어느 정도 조절하느냐에 있다.

그림 4는 발효 공업에서 효소에 의한 몇 단계의 중간 반응 물질과 최종 생성물을 나타낸 것이다. 여러 나라에서 관습이나 법령에 따라 중간 반응 물질이 때로는 최종 산물이 될 수 있다.

각각의 단계마다 발효 미생물이 다르며 이에 따라 반응에 관여하는 효소의 종류도 다르다.

양조업자들은 곡물 가공에서 때때로 여러난 판에 봉착할 때가 있는데 그것은 원료(곡물)가 계절적인 변화에 따라 질소 화합물과 전분 성분의 비율이 달라지므로 인해서 제품의 색, 향기, 효모의 생육 능력, 여과 처리, 저장성 등에 심각한 영향을 주기 때문이다. 그러나 protease, amylase, glucanase, pentosanase 등은 이들 성분을 완하시켜 맥주 공업에서 원료를 가공하는데 있어서 양조업자에게 가장 까다로운 소비자의 요구까지도 응할 수 있는 양질의 생산품을 내놓게 한다.

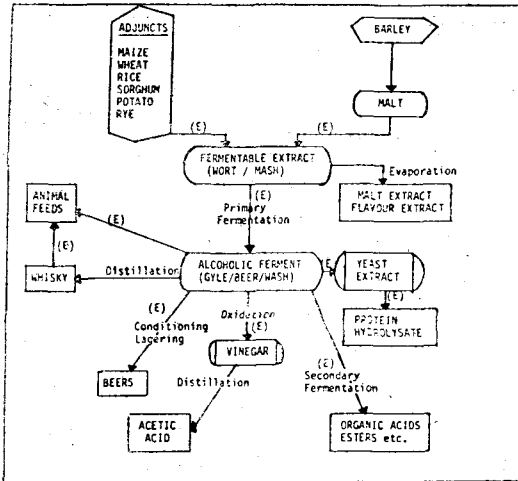


그림 4. 효소를 이용한 발효공업에서 부산물과 최종 생산품들

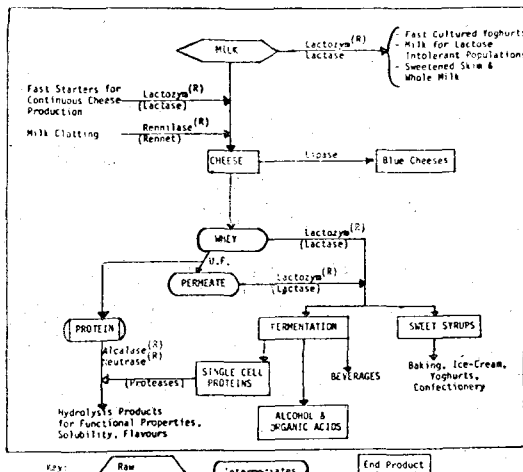


그림 5. 효소를 이용한 낙농공업에서 부산물과 최종 생산품들

3. 치즈 제조

낙농 제품에서 치즈는 밀가루를 주식으로 하는 국민에게 상당한 비중을 차지하는 식품으로 우리 나라에서도 점차 식생활의 변화에 따라 치즈의 수요가 급격히 증가되고 있는 실정이다.

밀크의 가공으로 생산되는 치즈는 송아지가 풀을 먹기 전까지 제 4위에서 분비하는 rennet을 분리하여 밀크에 첨가함으로써 밀크에 들

어 있는 casein이 Ca이온과 결합하여 결국에는 불용성인 casein염을 형성함으로써 얻어지는 것이다. 따라서 rennet을 치즈 제조 공업에 다량 공급하기 위해서 비이유기의 송아지 도살은 성숙된 가축에서 육류나 밀크의 가치를 생각할 때 경제적인 것이 될 수 없다. 그러므로, 송아지 rennet의 대용품이 오랫동안 연구되었으며, 그 중 곰팡이 중에서 *Mucor-miehei*가 rennet과 거의 비슷한 효소를 분비하는 것을 알았다. 이후 자동화된 치즈 공장에서 밀크의 가공은 microbial rennet 첨가에 의해 치즈 생산이 본격화 되었으며 경제적인 면에서도 괄목할 만한 성장을 이룩하였다.

그림 5는 낙농 공업에서 원료인 밀크를 사용하여 효소에 의해 치즈 생산과 그 부산물인 whey이용에서 여러 유용한 물질을 얻는 과정을 표시하였다.

whey는 단백질, 비타민, lactose, 그리고 약간의 지질 등이 함유되어 있으므로 β -galactosidase(lactose)와 같은 효소 처리에 의해 수용성의 lactose를 glucose, galactose등으로 분해시켜 이것을 과자류와 아이스크림, 요구르트 제조에 적절히 사용할 수 있다. 그리고 단백질은 단백질대로 alcalase등의 효소 처리도 이용할 수 있다.

한편, 낙농 공업에서 효소의 적절한 이용은 의약품과 환자식(diet) 사이를 연결시키는 데 아주 유효하다. 즉 세계 여러 나라 사람들에게 차이는 있지만 흔히 나타나는 lactose intolerance 때문에 일반적으로 재난 급식과 기아 구조에 있어서 위의 효소 처리에 의한 밀크분말이 불란서같은 나라에서 현재 수요 공급이 균형을 이루고 있다. 따라서 우리 나라에서도 이와같은 효소 처리에 의한 밀크분말의 개발은 소비자로부터 환영을 받을 것으로 생각되므로 앞으로 업자들의 참여가 기대된다.