

식품 및 조리과학에서 효소의 중요성

박 관 화
서울대학교 식품공학과

1. 효소의 일반적 특성

효소는 생물체내에는 어디에나 존재하며 생체내에서 일어나는 모든 화학반응에 관여하므로 효소는 생물학 및 식품과학분야에서 매우 중요한 의미를 가지게 되었다

(1). 효소는 본체가 단백질이며 촉매작용을 하고 특이성 높은 반응을 하는 것이 특징이다.

1) 효소단백질

효소가 가열, 강산, 강알칼리, 중금속등에 의해 변성(denaturation)되는 것으로 보아 단백질로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한 효소를 강산이나 강 알칼리로 장시간 처리하면 아미노산이 생성된다. 그러나 효소에 따라서는 탄수화물, 인, 지질, 금속이온등 비단백질 부분도 존재한다. 효소는 단백질로 구성된 부분인 apoenzyme과 비단백질 부분인 cofactor로 구성되어 있으며 두 부분을 합하여야만 활성있는 효소가 되는데 이를 holoenzyme이라 한다. 예를 들면 peroxidase는 분자량이 39,600인 apoenzyme과 분자량이 652인 ferriprotoporphyrin으로 구성되어 있다. apoenzyme 단독으로는 효소의 활성이 없으며 cofactor는 효소의 0.001%에 해당하는 활성을 보인다. 아세톤 존재하에 산성용액에서 peroxidase를 apoenzyme과 cofactor로 분리시키면 활성을 잃고 다시 중성으로 하면 재조합되며 활성을 되찾는다 (2).

2) 촉매작용

효소는 촉매작용을 하므로 효소단백질이 변성되지 않으면 계속해서 활성을 유지한다. 또한 소량으로 존재하여 반응을 촉매하는데 일반적으로 실험실에서는 10^{-8} - $10^{-6}M$ 정도에서는 충분히 빠른 효소반응을 일으킨다. 실제로 생체내에서는 극부적으로 효소가 모여 있어 이보다 높은 농도로 존재한다고 볼 수 있다. 효소의 반응성은 turn over number로 표시하는데 1초 동안에 1 mole의 효소가 기질에

반응하여 생성물로 전환시킬수 있는 기질의 mole수를 말한다. 일반적으로 가수분해효소는 $10^1 - 10^2/s$ 이며 산화환원효소는 $10^6 - 10^7/s$ 정도이다.

3) 특이성

효소는 특정한 기질과 작용하며 입체특이성이 있다. 예를 들면 단백질 분해효소인 α -chymotrypsin은 펩티드결합의 carbonyl group에 L-tyrosine, L-phenylalanine, L-tryptophan이 존재할 때 펩티드결합을 가수분해하며 trypsin은 L-arginine이나 L-lysine이 존재할 때 작용한다. 이 때 D-아미노산이 존재하면 작용하지 못한다. glucose oxidase는 glucose에만 선택적으로 작용하며 기타 탄수화물에는 작용하지 못한다. 전분을 가수분해하는 효소로 α -amylase, β -amylase, glucoamylase는 특정한 기질을 선호할 뿐만 아니라 생성물이 특이하며 이 특성은 식품의 조리과 가공에 유용하게 이용되기도 한다. 이와같은 특이성은 화학물질의 분석이나 정제등에 이용되며 생화학적으로 매우 중요한 의미를 갖는다.

2. 식품가공과 효소학의 중요성

1) 효소의 기본적 특성의 이해

수세기에 걸쳐 효소는 식품의 조리과 가공에 이용되어 왔으나 효소에 대한 지식도 없이 가공기술은 전래되어 왔다. 맥주제조에 쓰이는 맥아보리, 간장 된장의 제조, 양조에 쓰이는 누룩, 파파야잎으로 고기를 싸서 연육화시키는 일 등은 식품에 직접 효소를 이용한 예이며 한편으로는 식품의 조리과 가공이 효소 이용분야에 선구자적 역할을 담당하고 있음을 말해 주고 있다. 또한 19세기 - 20세기초에 효소학 분야에 관심을 기울이고 학문을 발전시키기 시작한것은 식품과학자들이었다. 그러나 식품과학자의 관심은 효소의 응용에만 치우치게 되어 효소학을 발전시키기 위하여는 효소의 구조와 작용메카니즘의 연구가 필요하게 되어 생화학자와의 긴밀한 공동연구가 필요하게 되었다. 따라서 식품과학자는 효소를 식품가공에 응용하여 좋은 품질의 식품을 제조하는 일이 근본적인 사명이나 이를 수행하기 위하여는 먼저 효소의 기본적인 특성을 이해하는 것이 매우 중요하다. 식품과학자는 효소를 식품에 이용하는 방법을 개발하며 식품내에서는 실험실에서의 작용과 어떤 차이가 있는지를 연구하는 것도 중요하다. 표 1에는 식품의 가공과 조리에 관여하는 효소와 그 주요 작용을 적어 보았다.

표 1. 식품의 가공과 저장에 관련되는 효소

Enzyme	Food	Purpose or action
Amylase	Baked goods	Increase sugar content for yeast fermentation
	Brewing	Conversion of starch to maltose for fermentation
	Cereals	Conversion of starch to dextrins, sugar. Increase water absorption. Manufacture of pepper paste.
	Fruit juices	Remove starches to increase sparkling properties.
	Syrups and sugars	Conversion of starches to low molecular weight dextrins (corn syrup).
Cellulase	Brewing	Hydrolysis of complex carbohydrate cell walls.
	Coffee	Hydrolysis of cellulose during drying of beans.
	Fruits	Removal of graininess of pears, peeling of apricots, tomatoes.
Lactase	Ice cream	Prevent crystallization of lactose which results in grainy, sandy texture.
	Feeds	Conversion of lactose to galactose and glucose.
	Milk	Stabilization of milk proteins in frozen milk by removal of lactose.
Tannase	Brewing	Removal of polyphenolic compounds.
Naringinase	Citrus	Debittering citrus pectin, juice by hydrolysis of the glucoside, naringin.
Pectic enzymes - useful	Fruits	Softening
	Fruit juices	Improve yield of press juices, prevent cloudiness, improve concentration processes.

	Olives	Extraction of oil.
	Wines	Clarification.
- deteriorative	Citrus juice	Destruction and separation of pectic substances of juices.
	Fruits	Excessive softening action.
Proteases		
- useful	Baked goods	Softening action in doughs. Cut mixing time, increase extensibility of doughs.
	Brewing	Aid in filtration and clarification, chill-proofing.
	Cereals	Manufacture of miso and soysauce.
	Cheese	Casein coagulation. Characteristic flavors during aging.
	Feeds	Use in treatment of waste products for conversion to feeds.
	Meats and fish	Tenderization.
	Wines	Clarification.
- deteriorative	Eggs	Shelf life of fresh and dried whole eggs.
	Crab, lobster	Overtenderization if not inactivated rapidly.
Lipase		
- useful	Cheese	Aging, ripening and general flavor characteristics.
	Oils	Conversion of lipids to glycerol and fatty acids.
- deteriorative	Milk and dairy products	Hydrolytic rancidity.
	Oils	Hydrolytic rancidity.

Phosphatases	Milk	Detection of effectiveness of pasteurization.
Peroxidases - useful	Vegetables	Detection of effectiveness of blanching.
	Glucose deter- minations	In combination with glucose oxidase.
- deterio- rative	Vegetables	Off-flavors.
Catalase	Milk	Destruction of H ₂ O ₂ in cold pasteurization.
	Variety of products	To remove glucose and/or oxygen to prevent browning and/or oxidation.
Glucose oxidase	Variety of products	Removal of oxygen and/or glucose from products.
	Glucose determination	Specific determination of glucose.
Polyphenol oxidase - useful	Tea, coffee, tobacco	Development of browning during ripening, fermentation and/or aging process.
- deterio- rative	Fruits, vegetables	Browning, off-flavor development, loss of vitamins.
Lipoxygenase	Vegetables	Destruction of essential fatty acids and vitamin A, development of off-flavors.
Ascorbic acid oxidase	Vegetables, fruits	Destruction of vitamin C (ascorbic acid).
Thiaminase	Meats, fish	Destruction of thiamine.

2) 효소와 식품가공 및 저장

효소는 동식물의 성장이 시작되면서 작용하기 시작하여 성숙이 되기까지 모든 과정에 참여하며 동식물이 사후에도 작용하여 식품가공 과정에도 영향을 미친다. 동물의 경우 예를 들면 사후에 산소공급이 부족하게 되면 glycolytic enzyme이 작용하여 glycogen을 glucose로 분해하고 다시 lactic acid를 생성하게 되며 pH가 낮아진다. 이어서 proteolytic enzyme이 작용하여 조직의 연화가 일어나게 되며 기타 효소가 동시에 작용하여 품질을 떨어뜨리게 된다. 동물조직에서와는 달리 과일의 숙성시에 효소의 활성이 증가되며 호흡속도가 빨라지면서 전분이 분해되어 당으로 변하고 chlorophyll의 파괴가 바람직하지 못하므로 이에 대한 대응책이 마련되어야 한다. 산화 환원효소의 작용에 의해 지방이 많이 함유된 대두류에서는 색상과 풍미성분의 저하가 초래된다. 따라서 위와 같은 변화를 이용하거나 방지하기 위하여서는 효소의 특성을 이해하고 이에 미치는 영향을 살펴 보아야 한다. 식품의 가공과 저장에서 효소의 작용을 조절할 수 있는 대표적인 방법으로는 가열과 냉동이라 할 수 있는데 가열은 효소를 완전히 활성화시키는 반면에 냉동에 의하여서는 효소는 파괴되지 않고 다만 효소의 반응속도를 저하시키는 원리를 이용한 것이다. 이상에서와 같이 식품을 저장하는 원리는 식품내에 존재하는 효소의 작용을 억제하여 품질을 유지하는 것으로 대표적인 방법은 표 2와 같다.

표 2. 식품의 저장 기술과 효소 (3)

저장 방법		효소 반응		
		불활성화	반응속도저하	기질과의 효소반응 접촉방해 촉진
건조	탈수, 건조,			+
	훈연			+
온도	냉장, 동결		+	+
	증자	+		
첨가	염장		+	
	당장		+	
	산첨가, pH조절	+	+	
	알코올		+	
방사선조사		+		
환경변화	저산소농도, 진공			+
	캐스치환			+

(1) 효소의 내열성과 조리

효소가 단백질이기 때문에 나타나는 특성은 특히 식품의 조리 및 가공과 깊은 관계가 있다. 식품을 가열하면 효소가 열불활성화되어 작용을 멈추게 되는데 이 특성을 이용한 예로는 식품의 blanching, 연육소로 쓰이는 protease, 제빵에 사용되는 α -amylase등이다.

A. 식품의 blanching

식품을 건조시키거나 냉동하여 저장하기 위한 전처리로 blanching을 하게 되는데 식품중에 존재하는 효소를 불활성화시켜 저장중에 효소작용에 의한 품질 변화를 방지하기 위한 것이다. 식품 품질에 영향을 주는 효소로는 lipoxygenase, phospholipase, lipase, polyphenol oxidase, peroxidase, polygalacturonase, chlorophyllase, ascorbic oxidase등인데 저온에서 가열하므로써 효소를 불활성화하게 된다. 식품을 blanching 할 때에는 가열에 의한 일반적인 변화는 최소한으로하며 효소는 최대한으로 파괴시켜야 한다. 따라서 효소의 열불활성화 kinetics와 식품의 가열변화 kinetics를 비교하고 blanching 공정을 최적화한다. 일반적으로 blanching정도를 판별하는 방법으로 peroxidase역가를 측정한다. 그림 1에서는 vitamin B₁ 및 C의 파괴 곡선과 peroxidase의 inactivation curve를 비교한 것이다 (2, 4).

예를 들어 시금치를 100°C에서 100초 가열하면 peroxidase activity가 완전히 없어지는데 이 때 Vit. C는 20%이상이 파괴되며 Vit. B₁은 18% 정도가 파괴된다. 그러나 90°C에서 약 250초 데치기를 하는 경우 Vit. C는 약 40%, Vit. B₁은 25% 정도 파괴된다. 이상에서와 같이 효소 peroxidase의 열안정성에 대한 기초적인 kinetic 자료를 이용하면 식품의 데치기 공정을 최적화할 수 있다. 그러나 최근의 연구는 peroxidase를 indicator enzyme으로 사용하는 것이 부적당하다는 의견을 제시하고 있다 (5). Peroxidase는 내열성이 아주 강하며 식물체 내에 존재하는 식품의 품질 저하에 관여하는 효소는 상대적으로 열에 약하다. 따라서 기타 효소는 모두 inactivation 시키고 peroxidase 역가는 조금 남아 있는 상태가 이상적이라는 생각으로 완두콩에서는 2 - 6%, cauli flower에서는 3 - 8%의 peroxidase가 남아 있어도 좋다는 것이 보고되었다 (5).

B. α -amylase의 intermediate thermostability

제빵에서 효모는 지속적으로 작용하여 탄산가스를 서서히 발생시키고 빵 조직내에 골고루 분포되는 것이 바람직하다. 따라서 빵반죽내에 sucrose가 과량으로 존재하면 yeast는 이를 한꺼번에 이용하여 증식속도가 빨라지고 탄산가스를 다량으로 배출하여 빵조직내에 어느 한 곳에 모이거나 배출되어 손실되며 저하된다. 이때 sucrose 대신 α -amylase를 첨가하게 되면 발효되는 동안에 α -amylase의 작용에 의해 전분이

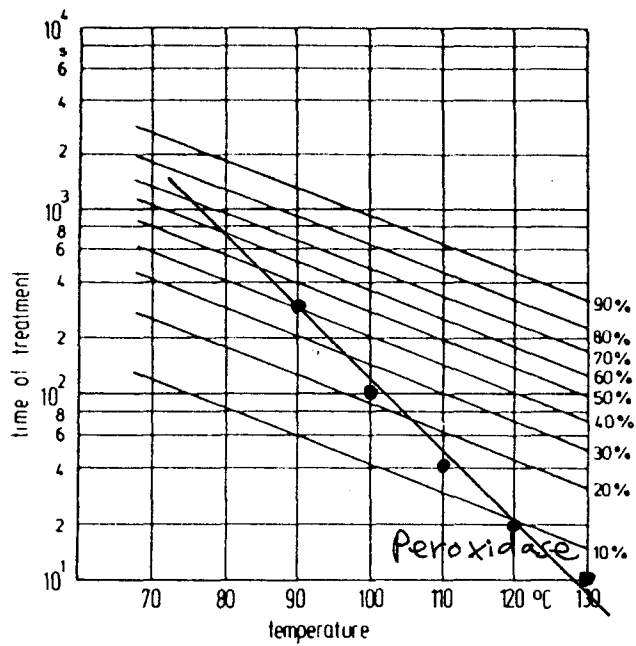


Fig. 1 - Nomograph for the determination of vitamin C losses as a function of temperature and duration of a thermal treatment in water.

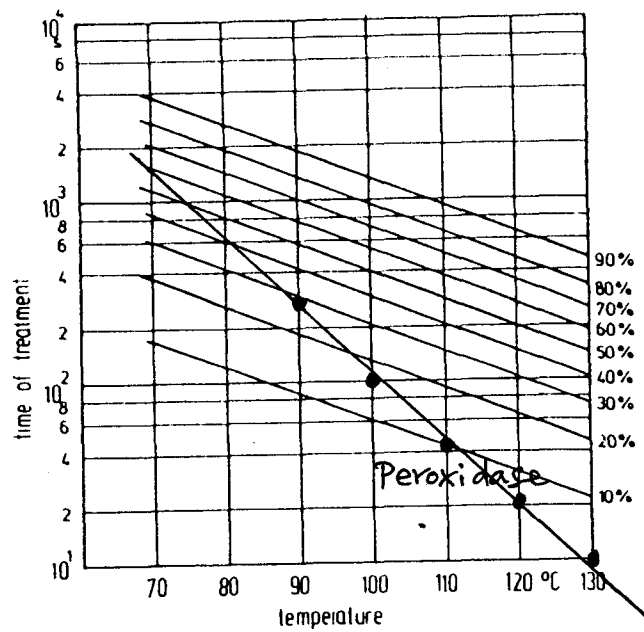


Fig. 1 - Nomograph for the determination of vitamin B₁ losses in spinach as a function of temperature and duration of a thermal treatment in water.

분해되고 밀가루에 존재하는 β -amylase에 의해 maltose가 생성되며 효모는 이를 이용하여 서서히 생육하며 적당량의 탄산가스를 발생시킨다. 이 때 α -amylase는 적당한 정도의 내열성을 가져야 하는데 내열성이 너무 강하면 굽기 과정에서까지 고온에서 작용하여 빵의 텍스처가 나빠지므로 적당한 온도에서 inactivation 되어야한다 (6). 다음 표 3에서는 곰팡이 및 박테리아에서 유래한 α -amylase를 사용했을 때 빵의 품질을 비교하였고 표 4에서는 α -amylase의 내열성을 조사한 것이다.

표 3. α -amylase의 종류와 농도가 빵의 품질에 미치는 영향

α -amylase 종류	α -amylase 첨가량	빵 용적 (μ l)	식미점수	가용성 덱스트린
control	0	2,450	80	1.5
맥아 amylase	0.2	2,750	95	1.9
	0.8	3,000	90	3.1
	1.6	2,860	85	3.7
곰팡이 amylase	0.8	2,300	85	2.1
	1.6	2,950	80	1.9
세균 amylase	0.01	2,600	90	2.8
	0.05	2,600	80	5.7
	0.2	2,640	60	10.6

표 4. 여러가지 α -amylase의 내열성 비교

온도 (°C)	효소의 잔존량 (%)		
	곰팡이 amylase	맥아 amylase	세균 amylase
30	100	100	100
60	100	100	100
65	100	100	100
70	52	100	100
75	3	58	100
80	1	25	92
85		1	58
90			22
95			8

표 3에서와 같이 맥아 amylase를 사용했을 때 빵의 용적이 크고 식미점수가 높았으며 맥아 amylase의 내열성은 곰팡이와 세균 amylase의 중간 정도로서 적당한 열특성을 보이고 있다.

Papain은 연육소로 널리 쓰이는 효소이다. 중앙아시아 원주민이 육류에 papaya잎을 싸서 조리하였으며 최근에서야 papain이 연육작용을 하게 됨을 알았으며 특히

내열성이 중요함을 알게 되었다 (7). Proteolytic enzyme중에서 유사한 작용을 하는 bromelain은 68°C 부근에서 inactivation이 되나 papain은 88°C 근처에서도 활성을 유지하고 있다. 특히 호텔이나 식당에서는 수시간 동안 60 - 70°C에서 온도를 유지하는데 조리하는 동안이나 steam table 위에 놓는 동안에 bromelain은 대부분 불활성화되어 papain에 의하여 overtenderization이 될 염려가 없어 좋다. 따라서 steak인 경우는 papain, roast인 경우에는 bromelain과 papain을 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다 (표 5).

표 5 쇠고기의 tenderness

Cut	Enzyme level	Tenderness	
		Control	Test
Steaks			
Rib eye	papain	6.8	9.0
Strip loin	papain	6.3	8.9
Sirloin butt	papain	6.4	9.2
Roasts			
Inside	bromelain-papain	6.4	8.1
Knuckle	bromelain-papain	6.2	8.1
Outside	bromelain-papain	6.3	7.8

(2) 효소에 의한 식물조직 연화 방지

감자나 오이 및 배추와 같은 식물의 세포벽 구성물질인 펙틴질은 효소에 의해 분해되면서 연화현상을 나타낸다. 이에 관여하는 효소로는 pectin esterase (PE)와 polygalacturonase (PG)가 있는데 PG의 작용을 억제 PE를 활성화시켜 펙틴이

칼슘이온과 cross-linkage를 형성하게 하여 추면 조직의 연화를 방지할 수 있다 (8). 우리나라에서는 오이지를 담글 때 뜨거운 물을 오이에 부은 다음 소금에 절이는데 오이 온도가 50 - 60°C로 되면 PE가 활성화되어 펙틴의 carboxyl group을 노출시키고 Ca^{2+} 이온과 결합하여 가교가 형성된다. 그림 1은 75°C의 더운 물 20 l를 부었을 때 오이(1.6kg)의 내부 온도를 측정한 것이다.

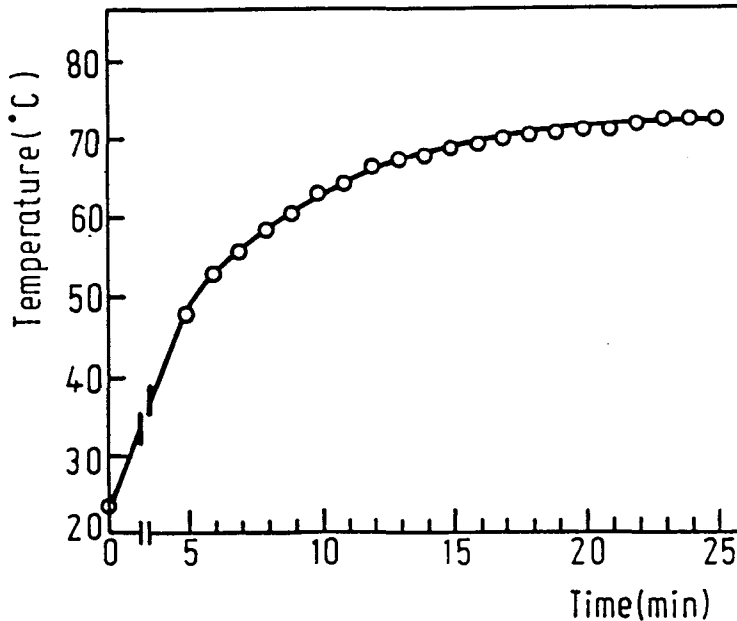


그림 1. 가열시 오이 내부의 온도 변화

18분 및 25분 처리하였을 때 오이 내부의 PE 및 PG의 잔존 역가는 PG는 0%, PE는 각각 34% 및 6% 이었다. 오이지 내에 존재하는 PE와 PG는 온도와 NaCl 및 $CaCl_2$ 의 농도에 따라 효소의 활성이 예민하게 영향을 받는다 (그림 2, 3 및 4). PE는 0.2M NaCl에서 최대의 활성을 보이나 PG는 0.2M NaCl에서 활성을 잃어버린다. 한편 $CaCl_2$ 존재시에는 0.02M에서 PE는 최대의 활성을 가지나 PG는 활성을 잃어버린다.

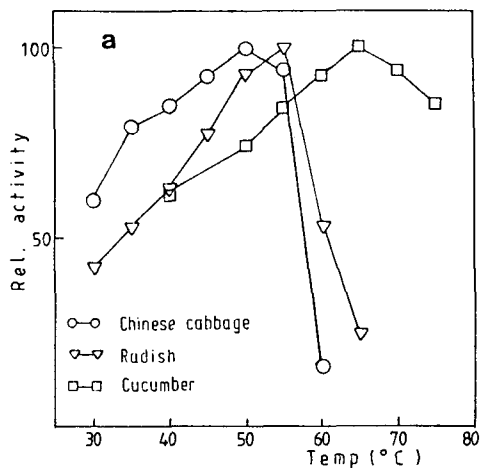


Fig 2 Effect of temperature on pectinesterase

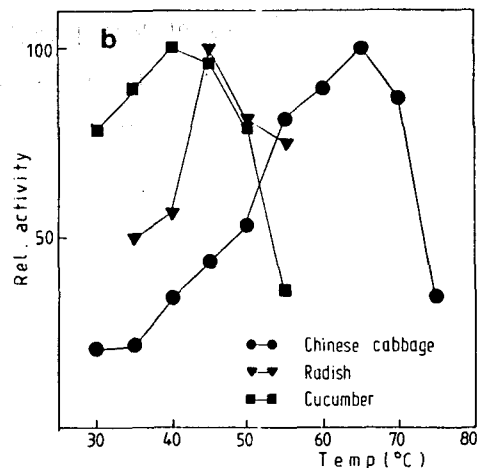


Fig 2 Effect of temperature on PolyGalacturonase (PG).

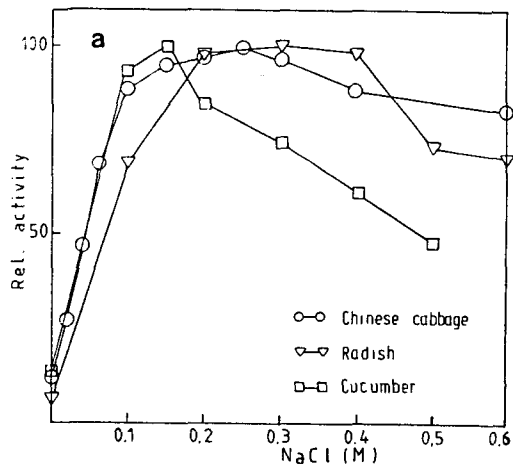


Fig 3 Effect of NaCl on pectinesterase.

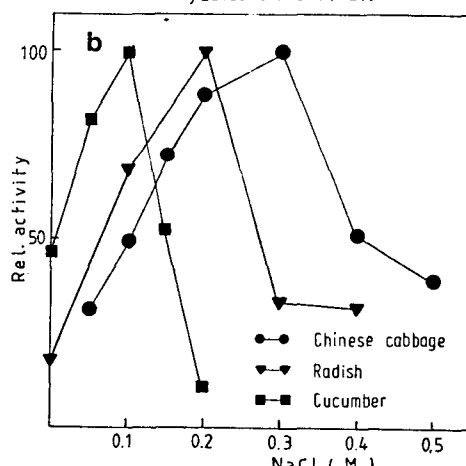


Fig 3 Effect of NaCl on PolyGalacturonase (PG).

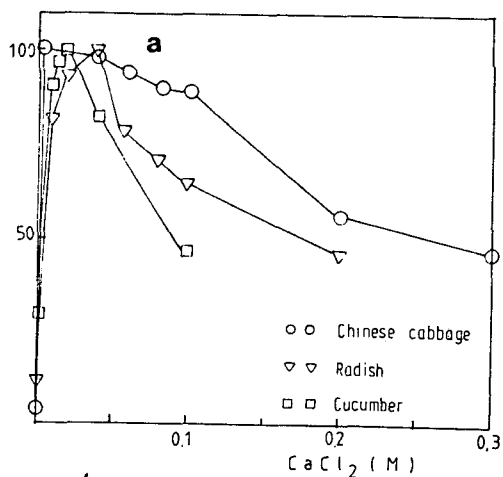


Fig 4 Effect of CaCl2 on pectinesterase.

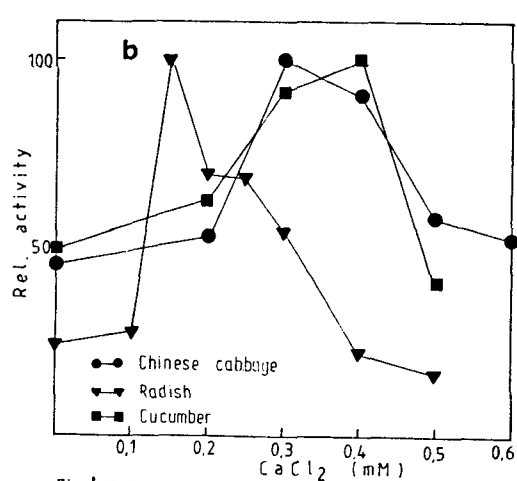


Fig 4 Effect of CaCl2 on Polygalacturonase.

이와같이 NaCl 및 CaCl₂의 농도와 내열성의 차이를 이용하여 PG의 작용을 억제하고 PE는 활성화시켜 오이지를 제조한다면 연화를 방지할 수 있을 것이다.

지금까지의 자료를 기초로 하여 오이를 열처리한 후 오이지를 담그고 저장기간 중 경도 변화를 살펴 보았다 (그림 5).

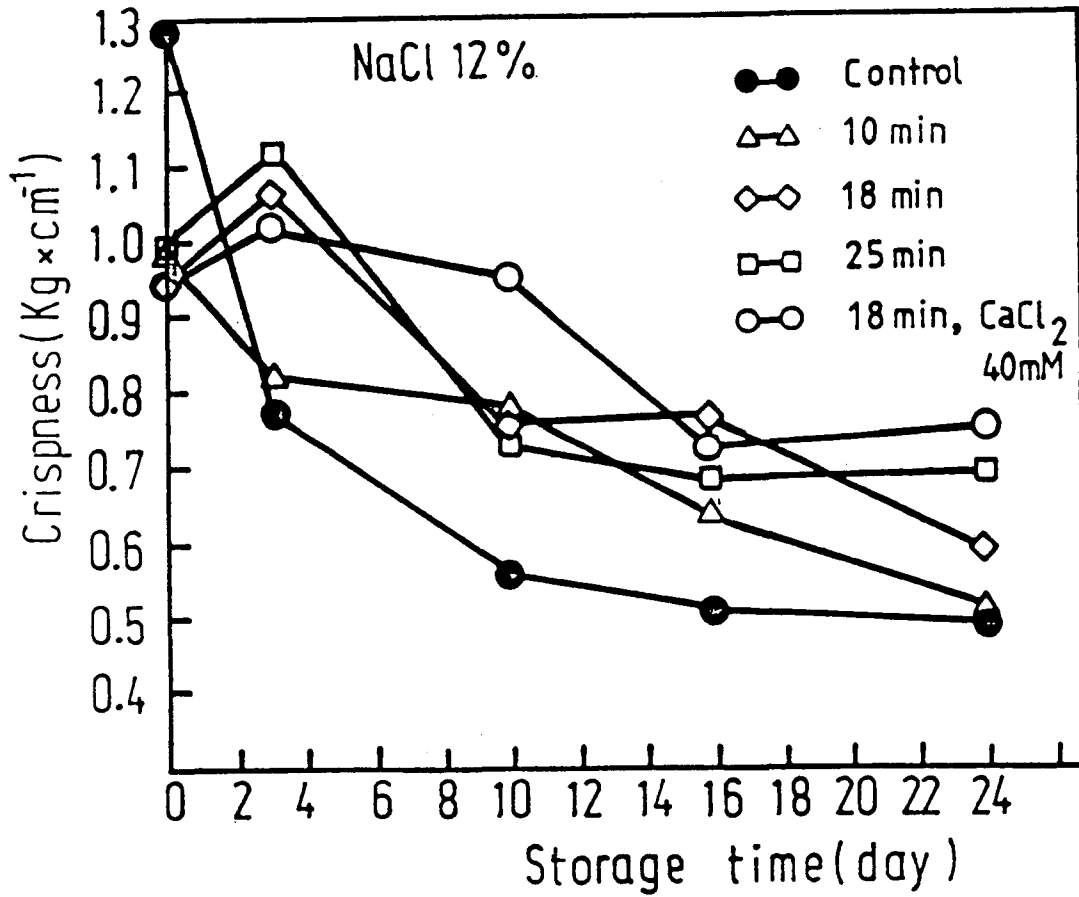


그림 5. 숙성 기간에 따른 오이지의 경도.

열처리하지 않은 control에 비하여 열처리한 실험구에서 오이의 경도가 높았으며 CaCl_2 를 첨가했을 때에는 경도가 가장 높았음을 알 수 있었다.

일반 가정에서 뜨거운 물을 붓는 경우를 생각하여 75°C 에서 25분간 열처리한 것과 동일한 효과를 낼 수 있는 방법을 조사하였다 (그림 6).

오이 약 3.5 kg에 대하여 끓는물 4 l를 부어 10분간 담근 후 이를 따라내고 다시 끓는 소금물 4 l를 부어 오이지를 담근 것이 75°C 항온 수조에서 25분간 처리한 것과 동일한 효과를 나타내었다(8).

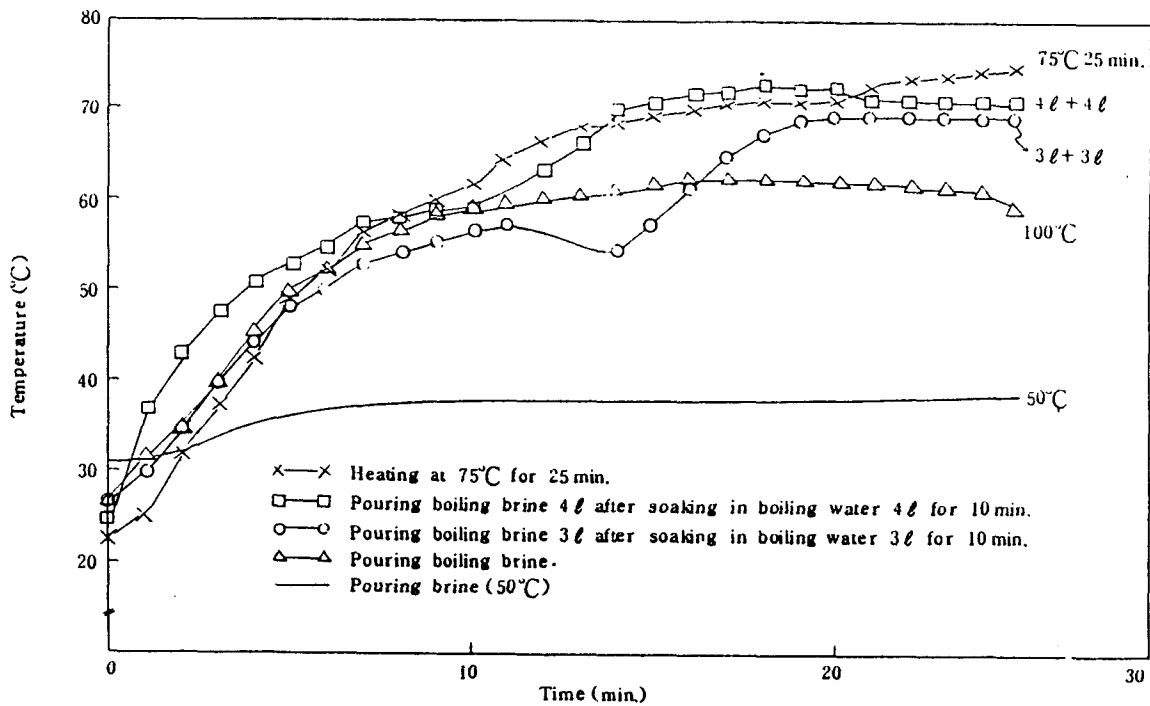


그림 6. 가열 처리에 따른 오이의 내부 온도 변화.

(3) 효소를 이용한 한국 전통식품의 개선

식혜는 엿기름으로부터 추출되어 나온 맥아 효소를 이용하여 쌀전분을 당화시켜 단맛을 내고 맥아향을 갖는 한국고유의 음료이다. 그러나 맥아효소를 이용하여 당화시킨 경우 단맛이 충분하지 못하므로 다량의 설탕을 가하게 된다. 따라서 효소를 이용하여 당화율을 높힘으로써 설탕의 첨가가 필요없는 식혜 제조공정이 개발되었다 (9). 그림 7 및 8은 α -amylase, glucoamylase 및 glucose isomerase를 첨가하여 제조하는 공정을 나타내고 있으며 표 6에는 제품의 당조성이 표시되어 있다.

표 6. 식혜의 당조성

당	전통적 방법	효소법
DP 4	32.5	1.6
DP 3	8.6	0.8
Maltose	49.5	1.9
Glucose	7.5	88.9
Fructose	1.84	6.7

된장, 간장 및 고추장의 제조에 효소가 이용되고 있는 것은 잘 알려진 사실이다. 된장 고오지에는 *Aspergillus*가 분비한 강력한 protease, amylase, lipase 등이 존재하여 콩에 존재하는 단백질, 탄수화물, 지방을 분해하여 아미노산, 펩티드가 특유한 풍미를 내게 된다. 고추장의 제조에는 찹쌀전분이 amylase에 의해 액화된

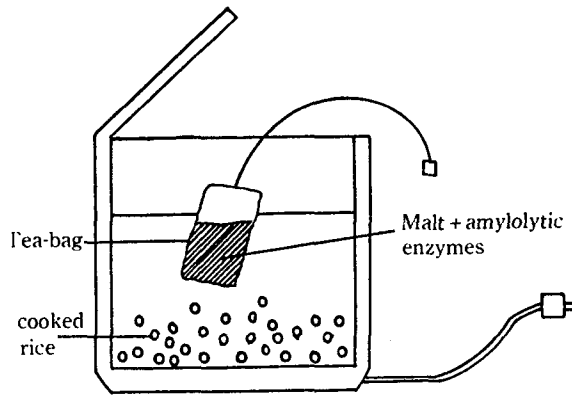


그림 7. Tea-bag을 이용한 식혜 제조.

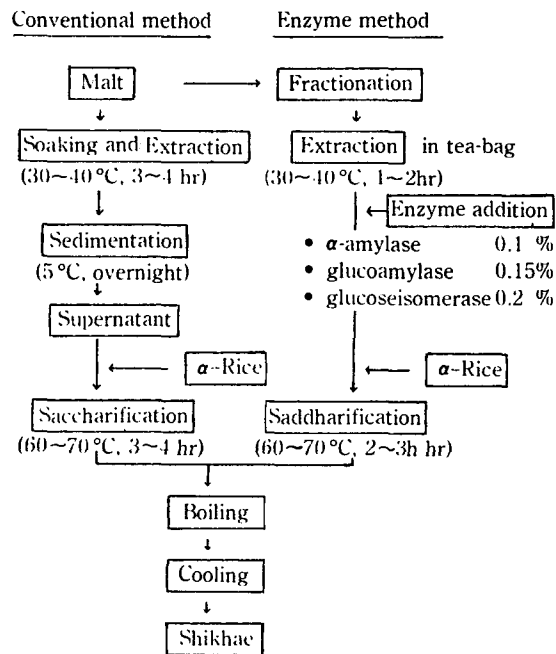


그림 8. 효소를 이용한 식혜의 제조 공정.

다음 glucoamylase에 의해 당화되어 단맛을 내게 된다. 젓갈류의 발효에는 내장에 존재하는 protease가 주역할을 한다. 효소의 작용에 의해 아미노산과 펩티드가 생성되어 풍미를 갖게 한다.

3. 식품과학에서 효소의 발전 전망

최근들어 재조합체 DNA를 이용한 단백질공학의 발전으로 우리 목적에 맞는 효소단백질을 제조할 수 있게 되었다 (10). 현재 발효에 의해 생산되는 산업용 효소는 80% 이상이 가수분해효소이며 거의 대부분이 세포의 효소이다. 산업용 효소는 주로 양조, 제빵, 세탁용 세제, 유가공, 전분공업 및 섬유공업에 쓰이고 있는데 이 중에서도 식품공업의 비중이 크며 다음 세기에도 이 분야의 성장은 매우 크다고 본다. 단백질 공학은 새로운 효소의 응용 방법, 새로운 물질의 생산이 가능하게 하며 효소의 화학적 안정성, 내열성, 최적 pH등을 변화시키는 동시에 효소의 생산가격을 낮출 것이다. 예를 들면 단백질 중축에 의해 효소의 내열성을 조절하여 중내열성 amylase의 제조, 최적 pH가 중성인 amylase를 제조할 것이다. 다음 세기에는 건강식품 및 기능성 식품이 요구될 것으로 예상되는 바 이러한 식품의 제조에 이용되는 효소가 개발될 것이며 새로운 식품 소재와 관련된 효소제품이 개발되어 새로운 단백질 소재, 탄수화물 소재 (11), 대체지방 소재, 신 감미료등의 제조에 이용될 것으로 전망된다.

우리나라의 전통 식품은 발효 과정을 거쳐 제조된 것이 많으나 제조과정에 관련된 효소의 연구가 충분하지 못하였다. 따라서 다음 세기에는 효소를 한국 전통식품의 개선에 응용하는 연구가 활발해질 것이다. 특히 간장, 된장, 고추장의 제조를 효소를 이용한 bioreactor에서 단기간에 대량 생산하는 방법이 개발될 전망이고 김치류의 장기 보존 방법 개발, 쌀을 이용한 새로운 제품들이 다양하게 개발될 것이며 효소를 이용한 방법이 크게 공헌할 것으로 기대된다.

인용문헌

1. Whitaker, J.R.: Principles of enzymology for the food sciences. Marcel Dekker, Inc. New York (1972).
2. Park, K.H.: Thermische Inaktivierung und Lagerungsverhalten technologisch wichtiger Enzyme, Ph.D. thesis, University of Karlsruhe (1976).
3. 一鳥英治: 食品工業과 酵素, 朝倉書店 (1985).
4. Paulus, K.: Nomographs to determine alterations of essential components in leafy products during thermal treatment in water. J. Food Sci. 44:1169-1172 (1979).
5. Williams, D.C. Lim, M.H., Chen, A.D., Pangborn, R.M. and Whitaker, J.R.: Blanching of vegetables for freezing which indicator enzyme to choose. Food Technol. June, 130-140 (1986).
6. 相澤孝亮, 小野正之, 手塚隆久, 柳田藤治: 酵素利用 Handbook, 地人書館 (1980).
7. Reed, G.: Enzymes in food processing, 2nd Acad. Press, New York (1975).
8. Chun, H.K., Chang, H.G., Park, K.H. and Baek, H.H.: Prevention of tissue softening of cucumber pickle by preheating treatment. Res. Rept. RDA (P.M & U) 28:158-164 (1986).
9. Yook, C., Whang, Y.H., Pek, U.H. and Park, K.H.: Preparation of Shikhae with starch hydrolysing enzymes/malt mixture in tea-bag. Korean J. Food Sci. Technol. 22:296-299 (1990).

10. Arbige, M.V. and Pitcher, W.H.: Industrial enzymology: a look towards future. *Trends in Biotechnol.* 7:330-335 (1989).

11. Park, K.H., Kim, I.C., Kim, J.R. and Seo, B.C.: Enzymic synthesis of branched oligosaccharide and ALO-mixture, *Proc. 8th Congress of Food Science and Technology*, Toronto, October (1991).