효소와 한국음식

윤 선

연세대학교

서 론

효소는 동물, 식물, 미생물에 존재하는 Biocatalyst로서 모든 생명체의 발생, 성장, 노화과정으로 부터 사후분해과정에 이르기까지 모든 생화학적 반응에 관여하고 있다.

우리가 식품으로 이용하고 있는 것은 주로 곡류, 두류, 과채류, 어육류, 난류등이며 따라서 식품은 원료 자체내에 많은 효소를 함유하고 있다. 이러한 효소들은 식품의 저장, 조리, 가공과정에서 활성이 달라지고 이에 따라 식품의 품질에 영향을 미치게 된다.

또한 식품의 저장, 유통 또는 조리, 가공시에 오염된 미생물에 의해 효소가 분비되어 식품의 품질을 저하시키기도 한다. 김치, 장류, 젓갈류와 같은 발효식품의 경우에는 선택적으로 나타나는 특정균에 의한 효소의 작용으로 식품의 풍미와 질감이 변화된 예이다.

식품계에서는 오래전부터 식품원료의 생산, 저장, 조리, 가공과정에서 효소의 활성을 조절함으로써 식품의 품질을 향상시키려는 노력이 이루어져 왔다.

특히 우리나라는 일찍부터 야채류, 두류 및 어패류들을 발효시켜 김치, 장류, 젓갈과 같은 식품들을 개발함으로써 미생물효소를 식품의 조리, 가공에 적극적으로 이용하여 왔다. 뿐만아니라 곡물, 야채류, 육어류 다루는 과정에서 식품에 내재되어 있는 효소의 활성을 현명하게 조절하여 풍미와 질감 및 영양이 우수한 음식을 만들어 왔다. 미생물효소나 식품에 내재되어 있는 효소이외에 식품에 첨가하여 새로운 음식을 만들기도 했으니 엿기름 추출액을 이용한 식혜, 조청 등이 그 예이다.

지금까지 한국음식에 이용되어 온 효소는 식품내재 효소이거나 미생물이나 외부로부터 첨가된 효소로서 모두 천연상태의 효소이며, 이들의 반응특성이나 그에 다른 구체적인 식품의 품질에 관한 과학적인 연구가 미흡한 실정이다.

이 싯점에서 효소와 한국음식과의 관계를 살펴보는 데에는 몇가지 의의가 있다 하겠다. 첫째는 한국의 고유한 식품재료 다루는 법, 조리법, 간수법(저장법)등을 효소학적 접근을 통하여 고찰하여 봄으로써 우리음식의 독특한 풍미와 질감이 어디에서 유래되는지 그 근거를 찾아보고자 함에 있다.

둘째로는 지금까지 주로 가내에서 살림을 맡은 주부에 의해 습득되고 전수되어 왔던 음식 다루는

기술이 학문화되고, 널리 보급, 계승되는데, 효소학적 해석이 다소 도움이 되기를 바람에 있다.

세째는 지금가지 알려져 있지 않은 효소의 작용을 찾아내고 이들의 작용기전과 식품의 품질과의 관계를 규명함으로써 식품소재 및 식품개발에 공헌할 수 있는 지식이 얻어지기를 원함에 있다.

네째로, 세계는 바야흐로 첨단 과학기술의 경쟁시대로 돌입하고 있으며, 이와함께 유전공학, 단백질 공학과 같은 새로운 기법이 새로운 단백질, 새로운 기능의 효소를 창출하는데 까지 이르고 있다. 이 싯점에서 우리음식의 고유한 맛을 유지하고, 계승, 발전시키기 위해서는 어떠한 연구들이 수행되어야 하는가를 효소학적 측면에서 논의하여 봄으로써, 새로운 학문과의 연계성을 찾아 우리음식을 현대화, 산업화, 국제화의 수준까지 끌어올릴 수 있는 방안의 모색이 시작되기를 원함에 있다.

곡 류

우리나라는 3000여년 동안 벼농사를 지어왔으며 또한 지역별로 여러종류의 잡곡을 산출하여 이를 음식에 활용하였다. 따라서 주식이 쌀과 잡곡으로 만든 밥이 되었고 이에 밥짓기의 솜씨가 일찍부터 발달되었다. 또한 곡식을 위주로 죽, 국수등을 만들어 밥을 대신한 보양식, 별미식으로 이용하였다.

명절에는 떡과 한과를 만들었고 식혜, 조청, 엿을 만들어 단맛을 즐겼으니 이 모든 음식의 주재료가 곡류로서 전분을 많이 함유하고 있는 식품이다.

전분이 많이 함유된 식품과 이 식품에서 잘 번식하는 미생물들은 대개 전분 가수분해 효소를 가지고 있다. 따라서 전분 식품의 원료, 저장, 조리 및 가공 과정에서 여러종류의 가수분해 효소가 작용을 할 수 있으며, 이에 따라 식품의 품질이 크게 영향을 받게 될 것으로 추측된다.

주요한 전분가수분해 효소는 α-amylase, β-amylase, glucoamylase와 설탕을 가수분해하는 invertase를 들 수 있다. 이들의 작용기전과 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1. 전분분해 효소

1) α-amylase

α-amylase는 식품, 동물, 미생물에 널리 분포되어 있는 효소로서 특히 엿기름과 같이 발아중의 곡류, *Aspergillus niger, Aspergillus oryzae, Rhizopus oryzae*와 같은 곰팡이, *Bacillus subtillis, Bacillus licheniformis*와 같은 세균 및 동물의 타액과 소화액이 많이 들어 있다. 이 효소는 호화된 amylose 분자에 작용하여 내부에서부터 무작위로 α-1.4-glycosidic linkage를 분해한다. 따라서 이 효소가 작용하게 되면 amylose 분자의 크기가 적어지게 되고, 따라서 전분용액의 점도가 급격히 저하된다.

일반적으로 α-amylase는 pH 4.5~7.0에서 활성을 가지고 있으나 출처에 따라 pH profile의 형태가 다르다.

온도에 대한 활성은 70~80°C에서 활성이 좋은 α-amylase와 세균에서 추출한 효소의 경우와 같이 95~100°C에서 활성을 갖는 것이 있으므로 식품의 조리, 가공조건에 알맞게 사용하여야 한다.

2) β-amylase

β-amylase는 동물에는 존재하지 않고 주로 밀, 맥아, 고구마, 콩등과 일부 세균에 함유되어 있다.

이 효소는 amylose의 α-1.4 결합을 비활성 말단으로부터 maltose 단위로 분해시켜 maltose를 생성하므로 당화효소라고 부르기도 한다.

활성 pH 범위는 5~6이며 α-amylase보다 내열성이 낮아 65°C 이상에서는 활성이 저하된다. 또한 β-amylase는 product인 maltose와 dextrins에 의해 활성이 억제된다.

β-amylase는 maltose를 생성함으로써 제과, 제빵 및 주정공정에서 미생물에 의한 CO_2와 alcohol 생성을 도와주며, high maltose syrup 제조에 이용된다.

따라서 이와같은 amylase가 전분식품에 작용하게 되면 amylose가 분해되어 dextrin, oligosaccharides, maltose 및 glucose 등이 생성된다. 따라서 이들이 식품의 품질에 미치는 영향은 다음과 같다.

① 이당류 및 단당류의 생성으로 甘味가 높아진다.

② 환원당이 생성되므로 단백질이나 아미노산과 결합하여 미환원성 갈변을 일으킬 수 있다.

③ 효모, 박테리아, 곰팡이 같은 미생물의 번식을 촉진시킨다.

④ 전분분자가 분해됨으로 인해 질감이 달라진다.

2. 전분 식품과 효소

1) 맥아의 제조

맥아는 보리에 수분을 흡수시켜 적당한 온도에서 발아시킴으로써 전분분해효소인 α, β-amylase를 다량 생성시킨 것으로 엿기름이라고 한다.

우리조상들은 맥아를 이용해 주로 식혜, 조청 기장노치등과 같은 감미가 높은 음식을 만들고 고추장에 감미를 주었다. 요사이 맥아는 맥주, syrub 및 소화제 제조등에도 널리 이용되고 있다.

보리에는 amylase의 함량이 높지 않으나, 발아하면서 amylase가 많이 생성된다. 맥아의 발아 양상은 씨뿌리가 먼저 나오고 다음에 싹이 난다. 발아의 적온은 20~30°C의 범위이고 약 40%의 수분을 흡수하였을 때 발아가 가장 왕성하다. 발아조건과 발아 정도에 따라 amylase의 활성이 달라지며, 15°C에서 제조하면 25°C에서 발아시킬 때보다 시일이 오래 걸리나 효소의 力價는 훨씬 높다고 한다. 또한 맥아 잎눈의 길이가 3~4 cm이었을 때 당화력이 가장 높았고 그 후부터는 효소력이 떨어져 맥아로서의 가치가 감소되었다고 한다[3].

2) 식혜

식혜는 쌀밥에 맥아 추출액을 가하여 전분을 당화시킨 우리의 고유 음청류의 하나이다.

식혜에 대한 연구로는 맥아 제조일에 따른 맥아 길이와 amylase 활성이 식혜에 미치는 영향, 쌀밥과 맥아의 혼합비율에 따른 맛의 영향[3], 고구마, 감자를 전분원료로 한 식혜 제조[4], 종이 봉이내 맥아와 α-amylase, glucoamylase, glucoisomerase를 첨가하여, 손쉽고 단맛이 강한 식혜 제조법 개발[5]에 대한 논문이 발표되었다.

이러한 연구결과 쌀, 찹쌀은 50°C에서 6시간 당화시켰을 때 환원당의 함량이 가장 높았으며, 고구마로 식혜를 만들때는 60°C에서 6시간 당화 시키는 것이 가장 좋았다고 한다[4]. 또한 재래식 방법에 의해 만든 식혜의 당조성은 fructose 1.8%, glucose 7.5%, maltose 49.5%이었으나 α-amylose, glucoamylase, glucoisomerase를 더 첨가했을 때 fructose 6.7%, glucose 83.0%, maltose 1.9%로 쌀전분의 대부분이 단당류로 분해되어 설탕 첨가없이도 감미가 높은 식혜를 제조할 수 있었다고 한다[5].

식혜를 변형시킨 음식으로는 식혜밥알에 쌀 같은 것을 넣고 끓인 식혜 암죽이 있으며, 질감이 부드럽고 소화가 용이하여 이유식으로 적당하다. 안동식혜는 뜨거운 찹쌀밥에 엿기름물을 섞고 여기에 고추가루, 식혜, 무우채, 생강채를 고루 섞은 다음, 항아리에 담아 따뜻한 곳에서 삭힌 경상도 특유의 향토 음식이다.[6]

3) 조 청

조청은 찹쌀가루에 엿기름물을 분량의 1/3정도 붓고 끓인 후, 퍼내어 한 김나간 다음(손을 넣어 따뜻한 정도), 다시 남은 엿기름을 고루 섞어 약한 불에서 1~2시간 정도 삭힌다.

이를 쌀무리가 섞이지 않도록 깨끗하게 받히고, 다시 강한 불로 끓이다가 약한불에서 걸쭉하게 될 때까지 조린다.

조청은 꿀이나 설탕 대신에 음식에 감미를 주기 위해 엿강정, 전박산, 생란, 각종정과, 약과등과 같은 다과류 제조에 많이 사용되었다[6].

이와 같은 조청의 제조법은 요사이 Syrup 제조에 응용되고 있다. Syrup은 전분을 산이나 효소를 이용하여 가수분해함으로써 제조하는데, 최근에는 주로 효소를 사용한다. 왜냐하면 효소를 사용하면 기질에 대한 높은 특이성으로 원하는 반응만 일으킬 수 있고, 부산물 생성이 감소된다. 또한 수율이 높고, 가공 조건이 온화하여, 에너지의 소모가 적음으로 생산원가를 절감할 수 있다. syrup의 제조 공정은 크게 액화, 당화, 이성화 과정으로 나눌 수 있는데 효소 및 공정의 조작으로 생산되는 당의 종류, 비율등을 조절할 수 있어 특정한 요구에 맞는 각종 syrup의 제조가 가능해진다[7].

4) 노 치

노치는 평안도 지방에서 많이 이용해 오던 우리나라 고유한 떡으로 달고 향기로우며 열량이 높고 노화가 잘 되지 않는 장점을 가지고 있다. 추운 고장에서는 추석무렵에 엿기름으로 당화시킨 기장 찰덕을 만들고 이것을 꿀이나 조청에 재워서 항아리에 담아두고 다음해 여름철가지 두고 먹었다고 한다.

노치의 제조법은 쩐 찹쌀이나 기장가루에 엿기름물을 부어 반죽한 후 따뜻한 방에서 1~2시간 삭힌 다음 약한 불에서 지져낸 떡이다.[6]

김[8]등은 기장노치 조리의 최적 조건에 대한 연구 결과를 다음과 같이 보고하였다. 기장은 1시간 이상 침지시킨 후 가루를 내고 가루 100 g에 2.5 g의 맥아가루를 첨가해 강한 불에서 20분간 쩐다. 다시 동량의 맥아가루를 골고루 섞어준 후 60°C 항온기에 넣어 2시간 동안 당화시킨다. 당화가 되어 질척

해진 반죽을 조금씩 떼어 약한 불로 지져낸다[8].

기장노치 또한 엿기름액에 있는 전분가수분해 효소를 이용하여 찰떡에 감미를 주고 질감을 변화시킨 변형된 떡이다.

요사이는 제빵 및 제과 공정에서 밀가루내의 전분을 amylase에 의해 부분적으로 가수분해 시킴으로써 빵의 부피를 증가시키고, crust의 갈색 형성을 도와주며, 노화를 방지하는 등 빵의 품질 향상에 이용하고 있다.

우리 고유의 떡의 품질 향상도, 효소 기법의 측면에서 연구될 필요가 있다고 사료된다.

5) 녹말제조

우리나라에서는 녹두에서 녹말을 추출하여 이를 청포묵, 녹말편, 어선, 창면 등에 이용하여 왔다. 그러나 녹두녹말은 봄에 나뭇잎이 나기전에 만들어야만 삭지 않고 양이 많이 나온다고 한다. 뿐만아니라 녹말제조시 찬물을 사용하여 온도를 낮게 하여야 녹말을 많이 얻을 수 있다고 한다.[6]

이는 봄이 되면 녹두가 발아 준비를 하면서 amylase 활성이 높아진다. 따라서 녹두내에 있는 녹말이 분해되어 양이 감소하게 되며, 또한 녹두를 침지시켜 마쇄하는 과정에서 amylase가 유출되어 전분을 가수분해 하기 때문에 전분이 삭게 된다. 따라서 전분을 많이 얻을 수 없을 것으로 해석된다. 찬물을 사용하여 온도를 낮추는 것 또한 amylese 활성을 억제하는 효과가 있을 것으로 추측된다.

6) 강정, 증편

강정은 찹쌀을 술과 물을 섞은 물에 담갔다가 빻아, 콩물과 술로 반죽하여 찐 다음, 꽈리모양의 기공이 생기도록 한다. 밥을 지어 말린다음 기름에 튀겨 고물을 묻힌 유밀과중의 하나이다.

제조법을 보면 찹쌀을 물과 막걸리 섞은 물에 14~15일간 침지 시킨 후 빻는다. 찹쌀가루에 콩물과 나머지 술을 섞어 다시 반죽하여 푹 찐다. 반을 지어 그늘에서 말린다음 더운 기름에 넣어 불어나면 끓는 기름에 튀겨, 조청이나 꿀을 바르고 고물을 묻혀 만든다[9].

7) 증 편

익반죽한 쌀가루를 콩물과 막걸리에 반죽한 쌀가루와 섞은 다음 발효시켜 쪄낸 떡이다.

제조법을 살펴보면 멥쌀을 4~5일간 침지 하였다가 가루로 빻는다. 가루의 반은 익반죽한다. 나머지 반은 콩물과 막걸리를 섞어서 반죽하여, 익반죽 한 것과 섞은 다음 다시 콩물과 막걸리를 조금 더 넣어 반죽하여 따뜻한 곳에서 발효시킨다. 이것을 뜸을 푹 들여 쪄낸다[9].

취반시 또는 떡이나 한과류(증편, 강정등)를 만들 때 쌀을 물에 침지 시키는 수침시간, 침지 온도에 따라 쌀 성분에 변화가 있으리라 추측된다. 황[10]은 수침에 의한 멥쌀 성상에 관한 연구에서 쌀의 수침시간이 길어짐에 따라 전분의 blue value, 요오드 정색 반응의 값이 떨어졌다고 보고 하였다. 이는 쌀을 수침하는 과정에서 amylase가 작용하여 amylose 분자를 일부 가수분해 함으로써 나타난 현상으로 해석된다.

특히, 강정, 증편등을 만들 때 쌀을 오랜기간 수침하며, 막걸리와 콩물을 섞어 반죽하는 것은 효소

에 의한 쌀가루의 물리, 화학적 변화를 유도한 것으로 추측된다.

그러나 쌀에 실제로 amylase가 있는지, 또는 생전분이 가수분해가 가능한지에 대한 연구가 선행되어야만, 효소에 의한 쌀의 품질 변화 및 이로 인한 쌀 가공품의 품질 개선에 대한 응용연구가 가능해질 것이다.

과 채 류

과채류는 수확후에도 계속 생활작용을 하고 있으며 따라서 이에 관련된 효소들이 활성을 가지고 있다. 따라서 과채류는 저장, 유통과정에서 조직에 손상이 가지 않도록 각별한 주의를 하여야 한다. 왜냐하면 조직이 파괴되면 효소들의 활성을 더 이상 통제할 수 없게 되며, 따라서 효소에 의해 생화학적 반응들이 무질서하게 진행되기 때문이다.

우리 조상들이 각별히 과채류 다루기에 세심한 주의를 기울인 것도 조직 파괴로 인한 과채류의 품질저하를 우려한 때문이라고 생각된다.

우리나라에서는 과일은 조리를 하지 않고 주로 생과(生果)의 형태로 소비하고 있다. 이는 식품·영양학적인 면에서 볼 때 맛과 영양이 가장 좋은 상태로 섭취하고 있다고 평가할 수 있겠다.

과실은 썰거나 조리하는 과정에서 색, 질감이 변하기 쉽고, 영양소의 손실이 뒤따르게 된다. 이는 위에서 언급한 바대로 조직 손상에서 오는 효소의 무질서한 작용으로 과일의 성분이 파괴되기 때문이다.

그러나 야채는 생채, 숙채, 침채의 형태로 조리해서 식용(食用)하고 있다. 일반적으로 야채는 생으로 식용하는 것보다 적당한 조리를 하였을 때 질감과 맛이 향상되며 이는 조리과정에서 효소의 활성을 조절함으로써 가능해지는 경우가 많기 때문이다.

이에 과채류의 품질에 관여하는 효소와 효소의 작용에 의한 채소류의 품질 변화를 알아보기로 한다.

1. Pectic Enzymes[2)]

펙틴물질들(pectic sustances)은 과채류의 세포막이나 세포들 사이에 존재하는 결착물질로서, 과채류의 성숙, 저장, 조리, 가공중에 일어나는 질감의 변화는 펙틴물질의 물리화학적 성질의 변화와 깊은 관계를 가지고 있다.

이러한 펙틴물질의 변화는 고등식물과 미생물에 널리 분포되어 있는 pectic enzymes의 작용에 크게 영향을 받는 것으로 밝혀졌다[1)].

펙틴분해 효소중 pectinesterase와 polygalacturonase는 식물 세포벽의 펙틴 물질을 변화시켜 조직감에 영향을 준다. 과채류에 존재하는 이 효소들은 세포막에 결합되어 존재하며, 가공과정을 거치게 되면 식물조직이 파괴되고 효소와 기질의 접촉이 가능하여진다.

이에 펙틴질의 분해에 관여하는 polygalacturonase (PG)와 pectin esterase (PE)에 대해 살펴보

기로 하겠다.

1) polygalacturonase (PG)

펙틴물질에 작용하여 무작위로 glycoside 결합을 가수분해하는 endo-PG와 말단에서부터 galacturonic acid를 하나씩 차례로 가수분해 하는 exo-PG로 나누어진다. 펙틴물질을 가수분해 함으로 이 효소가 작용하게 되면 분자량이 적어지고 그 결과 조직의 변화가 급격히 일어난다. 이 효소는 토마토, 오이, 당근등과 같은 과채류 조직이나, 과채류에 잘 오염되는 미생물에 많이 함유되어 있으므로 과채류의 저장, 조리과정에서 일어나는 연화현상이 중요한 인자가 되고 있다. 그리고 토마토 과실의 성숙중 PG 녹숙과에서는 거의 활성을 나타내지 않다가 후숙의 진행과 더불어 크게 증가하였다.

토마토나 avocado에는 endo-PG가 당근에는 exo-PG가 존재함이 밝혀졌다. *Yeast Kluyveromyces fragilis*에는 endo-PG가 *Aspergilus niger*에는 endo와 exo-PG가 함께 존재함이 밝혀졌다. 출처에 따라 PG의 최적 pH가 다르나 대개 pH 3.0~5.0 부근에서 활성을 보인다.

2) pectin esterase (PE)

PE는 pectin 분자의 메틴 ester 결합을 분해하여 low methoxyl pectin이나 pectic acid를 생성하는데 관여한다. PE는 고등식물, bacteria 및 곰팡이등에 널리 분포되어 있으며 출처에 따라 특성이 매우 다른 것으로 알려졌다. 또한 대부분의 경우 PG등 다른 pectic enzyme과 함께 있어 PE를 순수분리하기가 힘들다. 따라서, 상업적으로는 이들 효소를 분리시키지 않고 pectic enzymes 형태로 과일 쥬스 및 포도주 제조시 청정제로 많이 이용하고 있다. 일반적으로 감귤류를 비롯한 토마토, 배추 등과 같은 고등식물에 함유되어 있는 PE는 최적 pH가 8.0 부근이고 최적온도가 40~50°C인 것으로 보고 되었다. 또한 고등식물에 있는 PE는 Pectin 분자내의 methoxyl기를 일정한 방향에서 연속적으로 분해하기 때문에 methoxyl기가 block-wise-arrangement를 가지는 low methoxyl pectin을 생성한다고 한다.

미생물의 배양액에서 얻은 PE의 최적 pH는 4.0~5.0의 산성환경이고 열안정성은 65°C에서 20분간 열처리하면 실활된다. demethylation 양상은 pectin 분자의 methyl기를 무작위로 가수분해함으로써 methyl기가 고루 분포되어 있는 low methoxy pectin을 형성한다고 보고되었다.

2. 산화효소[1,2)]

1) Ascorbic acid oxidase (AAO)

ascorbic acid oxidase (AAO)는 동(copper)를 함유하고 있는 효소로서 비타민C를 산화시키는데 관여한다.

이 효소는 감귤, 호박, 오이와 같은 과채류와 곡류등 식물계에 널리 분포되어 있다. 최적 pH는 출처에 따라 다르나 pH 6.5 부근이며, 그 이상 또는 그이하의 pH에서는 활성이 감소되었다.

최적 활성 온도는 40°C이며 그 이상의 온도에서는 활성이 급격히 떨어지게 된다. 따라서 조리과정에서 열처리나 산처리를 하면 이 효소를 불활성화시킬 수 있다.

2) polyphenol oxidase

polyphenol oxidase는 구리를 함유하고 있는 산화효소로서, phenol compounds를 산소의 존재하에 quinone 또는 quinone 유도체를 산화시키는 반응에 관여한다. 생성된 quinone 물질들은 활성이 매우 커서 계속 산화, 중합, 축합 반응을 거쳐 갈색 내지 흑색의 색소(melanin pigments)를 형성한다. 이 효소는 tyrosinase, phenolase, catechol oxidase, catecholase 등과 같은 여러 이름으로 불리우고 있다. 이 효소는 식물계에 널리 분포되어 있으며 저장, 조리, 가공중 일어나는 과채류의 갈변과 깊은 관계를 가지고 있다.

최적 활성을 위한 pH 범위는 5~7이며, 구리와 철이온에 의해 활성화되고, 염소이온과 아황산 가스에 의해 활성이 억제된다.

예를 들면 사과, 복숭아, 배, 감자 우엉 등이 갈변되는 것은 이러한 과채류에 polyphenol oxidase와 그 기질인 phenol 물질이 함께 있기 때문에 조직이 파괴되어 효소적 갈변이 일어난다. 그러나 참외, 무우 등에는 polyphenol oxidase가 없어서 효소에 의한 갈변현상을 나타내지 않는다.

3) Peroxidase (POD)

Peroxidase (POD)는 고온에서 안정한 hemoprotein으로 식품의 열처리 기준이 되는 효소이다. 대부분의 경우 산화생성물이 짙은 색을 띠어 POD 활성을 색으로 측정하는 원리가 된다. POD는 분자량이 42,000 근처이며, isoenzymes이 상당히 많은 효소로서 정제하기가 매우 어렵다. 토마토 POD의 경우 분자량이 43,000±2,000 daltons이며 guaiacol을 기질도 했을 때 최적 pH가 5.5, pyrogallol을 기질로 했을 때 최적 pH가 7.5이다. 토마토 POD는 미숙했을 때엔 tonplast의 안쪽에 대부분 존재하다가 성숙하게 되면 대부분 세포벽에 존재한다.

POD는 식품의 색과 풍미를 변화시키고 영양소를 파괴하는데 직접, 간접적으로 관여하고 있다. 예를 들면 Carotenoids나 anthocyanins과 같은 색소를 파괴시키는데 관여한다. 또한 불포화 지방산을 과산화시키는 반응에 간접적으로 관여하여 휘발성 향미 성분이나 산패취를 생성한다. 뿐만 아니라 V.C를 산화시켜 과채류의 영양적 가치를 떨어 뜨린다.

3. 향미에 관여하는 효소들[1)]

과채류가 가지는 독특한 향미는 효소가 관여하는 반응에 의해서 생성된다. 일반적으로 과일은 특정한 풍미성분들을 식물조직내에서 합성하여 가지고 있으며, 어떤 성분들은 후숙과정을 거쳐 생성되기도 한다.

그러나, 야채는 그 조직에 비휘발성 전구 물질만을 함유하고 있다가, 조직에 손상이 있을 때 효소와 반응하여 휘발성 풍미성분을 생성한다.

대표적인 예로는 마늘과 양파의 풍미 형성 과정이다. 마늘, 양파에는 s-methyl, s-propyl-l-cystein sulfoxide와 t-pro-1-enyl-l-cysteine sulfoxide가 풍미성분의 전구체로 존재하고 있다. 이물질들은 마늘이나 양파의 조직이 잘리거나 분해될 때 효소인 allinase에 의해 가수분해 되어 최종 풍미 성분인 Thiosulfonate, mono, di, trisulfides를 생성하게 된다.

1) 생채, 냉채

김[30]등은 무우에서 myrosinase를 추출, 정제하여, 특성을 연구하였다. 분자량은 약 124,000이었으며 sinigrin을 기질로 하여 측정한 Km 값은 0.12 mM이고 Vmax 값은 40 μ moles/mg. min 이었다고 보고하였다. 이 효소의 최적 pH는 6.5, 최적온도는 37°C이었다. 중성(pH 6~7)에서는 상온에서 비교적 안정하나 pH4이하에서는 효소의 활성이 급격히 저하되었다. Vitamin C는 myrosinase의 활성제이며 최대 활성화 농도는 0.6 mM로 이때 효소의 활성은 100배 증가하였다. 그러나, vitamin C의 농도가 2 mM이상에서는 효소의 활성이 저하되었다. 무우중 myrosinase는 껍질 부위가 속부위에 비해 10배 정도의 많은 효소를 함유하고 있었다.

이상의 연구결과에서 알 수 있는 것은 무우의 매운맛은 무우의 세포가 파괴되면서 sinigrin이 myrosinase에 의해 isothiocyanate로 변하기 때문에 생긴다는 것이다[1]. 무우의 껍질 부위가 더 매운 것 또한 myrosinase가 많이 함유되어 있기 때문이다.

무우생채를 만들 때는 먼저 무우를 곱게 채를 친다. 이 과정에서 무우의 세포가 파괴되고 따라서 sinigrin이 myrosinase와 접하게 되어 매운 맛을 내는 물질로 변하게 된다. 무우채가 고울수록 매운 맛이 더 많이 생성될 것으로 추측된다. 또한 양파, 마늘을 곱게 다져 넣게 되는데 이 과정에서도 파, 마늘에 들어있는 S-(2-propenyl)-L-cysteine sulfoxide가 allinase에 의해 Diallyl throsulfinate (allicln)로 되므로 매운 맛을 내게 된다[1].

무우 생채를 무칠 때는 고춧가루를 먼저 넣어 빨갛게 물들게 한 후, 소금, 설탕, 파, 마늘을 넣어 골고루 무치고 잠시 있다가 맨 나중에 식초를 넣어야 생채의 독특한 맛이 산다고 한다[9].

이를 효소학적으로 해석하면 맛을 내는데 관여하는 효소(myrosinase, allinase)는 중성부근(pH 6~7)에서 최대활성을 가지며, pH 4.0 이하에서는 활성이 급격히 저하된다. 따라서 식초를 미리 친다면 활성이 떨어져 맛 성분이 충분히 생성되지 못할 것으로 판단된다. 무우즙의 매운 맛을 없애기 위해서 식초를 넣는 이유도 효소의 활성이 저하되기 때문으로 해석된다. 또한 무우를 비롯한 생야채에 비타민 C가 함유되어 있는 것을 고려할 때, 비타민 C가 myrosinase의 활성을 증가시키는 물질임이 밝혀진 것도 생채의 독특한 맛과 관계가 있을 것으로 추측된다.

생채에 식초를 넣는 이유는 맛의 조화를 이루기 위해서 뿐만 아니라, ascorbic acid oxidase와 같은 효소를 불활성화시킴으로써, 생채에 있는 비타민 C의 파괴를 억제하는 효과가 있을 것으로 사료된다.

김[31]은 조미료의 첨가여부가 나물의 비타민 C잔존율에 미치는 영향을 연구한 결과 식초를 첨가 한 것이, 식초를 첨가하지 않고 다른 조미료만 첨가한 군이나, 조미료를 전혀 첨가하지 않은 군보다 비타민 C의 잔존 함량이 많음을 보고하면서 나물에 식초를 첨가함으로써 비타민 C의 파괴를 막을 수 있다고 보고하였다. 같은 재료, 같은 양념을 쓴다해도 생채와 숙채의 맛이 현저히 다른 것도 효소가 맛 성분 형성에 관여하고 있는 하나의 요인임을 간접적으로 시사해주고 있다.

냉채는 여러가지 채소를 날 것으로 썰은 후 겨자즙, 소금과 식초, 초고추장등에 무친 음식이다. 이

미 잘 알려진 바대로 겨자의 매운 맛은 겨자의 sinigrin이 myrosinase에 의해 allyl isothiocyanate로 변하기 때문에 생성된다. 따라서 겨자를 따뜻한 물로 많이 갤수록 매운맛이 강해진다고 한다. 또한 식초는 겨자의 매운맛이 충분히 생성된 다음에 넣어야 한다.

생야채를 생채나 냉채의 형태로 무칠 때 식초를 넣으면 생야채에 있는 ascorbic acid oxidase, lipoxygenase, peroxidase 등과 같은 산화효소를 불활성화 시킴으로써 비타민 C의 파괴를 막고, 풋내와 같은 좋지 못한 맛의 생성을 억제할 것으로 추측된다. 이는 녹두나물을 마요네즈나 초간장에 무치면 비린맛과 풀맛이 나지 않는다는 윤[2]의 연구에서도 밝혀진 바 있다.

2) 숙 채

숙채의 조리법으로는 콩나물, 고사리, 도라지 나물같이 기름에 볶으면서 양념맛이 채소에 충분히 스며들도록 뚜껑을 덮어 잠시 익히는 방법과 시금치, 미나리 나물 같이 살짝 데쳤다가 양념을 넣고 주물러 맛이 배게 하는 방법이 있다.

이 두가지 다 높은 온도에서 야채를 익히게 되므로 야채내에 있는 많은 효소를 불활성화시키게 된다. 따라서 숙채의 맛은 생채의 맛처럼 자극적이지 않고 부드러운 맛을 가지고 있다. 특히 볶음나물의 경우에는 파, 마늘도 같이 넣어 열처리 함으로써 마늘의 매운 맛 성분인 allicin이 분해되어 methyl allyl과 diallyl disulfides로 변하기 때문에[1] 부드러운 맛을 갖게 된다.

시금치나 미나리 같은 푸른 채소를 데칠 때는 팔팔 끓는 물에 살짝 데쳐야 색과 질감이 좋다. 녹색채소에 많이 들어 있는 chlorophyll은 열처리 과정에서 chlorophyllase에 의해 수용성인 chlorophyllide로 변하게 되고 조리 용수에 녹아나와 데치는 물이 녹색이 된다. chlorophyllase는 시금치와 같은 녹색채소에 함유되어 있으며 최적온도가 75~80°C로서 비교적 열에 강하다. 그러나 100°C에서는 파괴된다[1]. 따라서 데치는 물의 온도가 높아야 chlorophyllase를 단시간내 불활성화 시킬 수 있고, chlorophyll의 분해를 억제할 수 있다.

채소를 물에 넣고 끓이는 과정에서 세포가 파괴되고 조직내에 함유된 비타민 C가 조리수로 용출된다. 또한 ascorbic acid oxidase가 활성화되어 비타민 C의 총함량은 조리수가 끓을 때까지 계속 감소하게 된다. 조리수가 100°C에 달하게 되면 효소가 파괴되어 효소에 의한 비타민 C파괴는 억제된다.

김[31]은 시금치 나물의 조리방법에 따른 vitamin C 함량변화에 관한 연구에서 나물은 고온에서 단시간 데치는 것이 vitamin C함량 보존에 좋으며 온도와 시간별 실험 결과, 100°C에서 1분간 데치는 것이 vitamin C의 파괴가 가장 적었다고 보고하였다.

3) 침채류

(1) 배추 김치

김치의 재료가 되는 야채 및 양념류에 존재하는 효소와 숙성에 관여하는 미생물이 분비하는 효소 작용이 김치의 품질 변화에 영향을 주는 것으로 보고되었다.

박[32]등은 배추에서 polygalacturonase (PG)를 추출하여 특성을 연구한 결과 pH 4.5에서 최대활성을 나타냄을 밝혔다. 김치의 경우 담금 초기에는 PG의 활성이 낮다가 숙성적기에 최대활성을 보

였고, 그 후부터 다시 활성이 떨어져 김치의 pH가 3.8에 이르렀을 때 이 효소는 존재하지 않았다. 그러나 저장기간이 길어짐에 따라 이 효소의 활성이 다시 증가함이 밝혀졌다. 따라서 김치의 정상적인 발효과정 중에 나타나는 PG의 활성은 배추 및 양념류에서 유출된 효소 때문인 것으로 추정되며, 연부현상이 일어나는 숙성말기에 나타나는 PG는 호기성 산막미생물에서 분비된 것으로 보인다. 이는 연부된 겨울 통김치에서 PG의 활성을 밝힌 하[33]의 연구와도 일치한다.

고와 박[34]은 배추에서 pectinesterase (PE)를 추출하고 이 효소의 활성이 나타나는 pH는 5.0~8.0이라고 보고하였다. 박[32]등의 연구에 의하면 PE는 김치의 담금 초기에는 고형분에 상당량 존재하였으나 발효적기를 지나면서 점차 떨어졌다고 보고하였다.

야채류에 존재하는 ascorbic acid oxidase도 김치에 함유된 vitamin C를 파괴하는 것으로 김치의 재료가 되는 배추, 오이, 등에 ascorbic acid oxidase가 있음이 보고되었다.

이 효소는 pH 5.5~7.0에서 활성을 나타냈다.

김치의 담금 초기에 이 효소의 활성이 높다가 숙성이 진행됨에 떠라 감소되었다[35]. 안[36]은 당근을 김치에 첨가했을 때 vitamin C의 함량이 낮은 것은 당근에 함유된 ascorbic acid oxidase 때문이라고 추정하였다. Peroxidase는 김치의 재료, 및 김치에 상당량 존재하고 있는 것으로 밝혀졌다[35].

Peroxidase는 담근 초기의 김치에서 가장 많았고 숙성이 진행됨에 따라 점차 감소하였으나 연부현상이 일어나는 산도 1.2%의 김치에도 상당량 존재하고 있는 것으로 밝혀졌다. peroxidase는 배추 및 양념류에 있는 성분에 작용하여 김치의 독특한 풍미를 나타내는 물질을 생성할 것으로 추정된다.

이외에도 amylase, lipase, protease 등과 같은 가수분해 효소도 김치의 재료와 미생물에 존재하여 품질에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

강원도 지역에서는 김장김치를 싱싱하게 보존하기 위해서 김치를 독에 담을 때 도토리 잎을 켜마다 넣는다고 한다. 문헌에 의하면 감잎이나 포도잎, 층층나무 잎, 장미 잎에는 polygalacturonase의 활성을 억제하는 leucoanthocyanidin이라는 물질이 있다고 한다[2]. 도토리잎에도 이와 같은 물질이 있을 것으로 추측된다.

김치는 보관상태가 중요한데 김치에 우거지를 덮고 소금을 뿌리고 돌로 꼭 눌러둔다. 김치를 꺼낸 다음에도 항상 손으로 꾹꾹 눌러둔다. 이는 김치가 혐기적 상태를 유지하기 위해서이며, 그렇지 않으면, 호기성미생물이 번식하여 PG를 분비함으로써 김치의 조직이 물러지기 때문이다.

(2) 깍뚜기

김치의 주재료가 되는 배추나 무우등은 겨자과에 속하는 식물로서 독특한 향미를 가지고 있다. 겨자과 식물에 들어있는 isothiocyanate 배당체는 식물조직의 파괴로 유리되면 myrosinase의 작용을 받아 가수분해되어 겨자유를 생성한다. 겨자유는 매운맛이 강하며 항균작용이 큰 것으로 알려져 있다[1]. Thiocyanate 생성에 관여하는 indolymethyl glucosinolate 함량 및 myrosinase 활성도는 깍두기 숙성중 점차 감소하여 각각 25% 및 4%에 달하나, myrosinase의 조효소로 작용하는 아스코르브산의 함량은 숙성기간중 약 1 mM 정도를 유지하였다. 따라서 깍두기 숙성중 thiocyanate 생성

감소 현상은 김치 숙성중 pH 감소에 의한 indolymethyl glucosinolate의 분해와 myrosinase의 불활성화에 기인된다고 보고되었다[37].

육[38]등은 무우 김치 제조시 무우를 0.05 M $CaCl_2$ 용액에 넣고 55°C에서 2시간 동안 예비열처리를 해준 결과 경도가 더 높은 무우김치를 제조하였다고 하였다.

(3) 오이지

한국인의 고유한 발효식품인 오이지는 독특한 신맛과 아삭아삭한 질감으로 기호의 원인이 되어 기온이 높은 여름철에 많이 애용되고 있다. 그러나 저장기간이 지남에 따라 연부현상이 일어나 저장기간을 단축시킬 뿐만 아니라 기호성을 떨어뜨리는 등 장기간 저장시 많은 문제점이 있다. 연화의 원인에 대해서 현재까지 연구한 바로는 식물세포벽의 구성성분인 펙틴 물질의 분해를 가장 큰 원인으로 들고 있으며 펙틴의 물리화학적 성질의 변화는 펙틴분해 효소에 의해 가장 많은 영향을 받는다고 한다. 특히 펙틴분해 효소들 중 PE와 PG는 식물조직의 질감과 관련이 있다. PE는 식물조직내 펙틴의 methoxyl기를 떼어내고 유리카르복실기를 만들어 조직내에 존재하는 Ca^{++} 과 염교를 형성하여 식물조직의 경도를 증가시킨다. 반면 PG는 불용성 펙틴의 glucosidic linkage를 가수분해하여 수용성 펙틴으로 전환시켜 조직의 연화를 초래하게 된다. 백등은 오이에서 pectinesterase, polygalacturonase의 특성을 통하여 polygalacturonase는 pectinesterase 보다 훨씬 낮은 $CaCl_2$ 농도에서 저해를 받는다고 하였고, 열에 대해서도 polygalacturonase가 pectinesterase에 비하여 약하다고 보고한 바 있다.

또한 오이의 PE는 pH 8.0, PG의 경우 pH 5.5에서 최대 활성을 나타내었다. $CaCl_2$, $MgCl_2$는 0.02 M, NaCl은 0.2 M KCl의 경우 0.1 M에서 PE 활성이 높았다. PG는 0.2 mM $CaCl_2$, 0.25 mM $MgCl_2$ 농도에서 최대활성을 나타내었고, NaCl 0.3 M 이상에서는 활성이 거의 나타나지 않았으며 Kcl 첨가로 활성이 저해되었다. 오이부위에 따른 효소활성을 비교한 결과 PE 활성은 속부위보다 겉부위에서 8.5배 높았고, PG 활성은 겉부위에 비하여 속부위에서 3.5 배 높게 나타났다.

오이지에 있어서 펙틴효소는 원료자체에 존재하는 것과 미생물에 의해 분비되는 것으로 나눌 수 있다. PE와 PG와 관련하여 과채류의 연부방지를 위해서는 열처리, $CaCl_2$ 첨가법이 이용되어 왔다. 백은 오이내에 존재하는 PE와 PG의 특성을 토대로 75°C에서 25분간 예비열처리를 한후, $CaCl_2$를 첨가하여 오이지를 제조한 결과 견고도가 높은 조직이 형성되었다고 보고하였다. 이러한 결과는 PE만 작용하고 PG는 작용하지 못함으로써, PE의 작용에 의해 생성된 유리카르복실기와 Ca^{++} 등 2가 양이온이 염교를 형성하여 경도가 증가되어 저장중 PG의 작용을 받지 않았기 때문이라고 하였다.

Mc Feeters 등[41]에 의하면 PE는 65°C 이하에서는 활성을 유지하나 저장기간동안 85%의 활성을 잃는다고 하였고, 66°C에서 열처리한 오이피클이 가장 높은 견고도를 유지한다고 보고하였다. 또한 $CaCl_2$ 처리로 펙틴분해가 서서히 일어났는데, 이러한 현상은 $CaCl_2$의 첨가로 Ca^{++} 과 유리카르복실기가 염교를 형성하여 미생물이 분비하는 PG에 의한 분해에 대해 저항이 생겼기 때문이라고 보고하였다.

오이나 무우를 뜨거운 염수에 절이거나, 절인후 열탕을 거치면 PG를 억제하여 조직이 물러지는

것을 막을 수 있다는것도 같은 이치인 것으로 추측된다.

Fleming 등[42]은 연부 현상의 원인이 되는 펙틴분해효소들을 불활성화하기 위해 77°C에서 35분간 열처리한 결과, 3개월 후에도 조직이 단단했다고 보고하였다. 오이피클의 경우 POD 활성이 높을때 이취 및 색깔 변화와 관련이 있다고 한다. Buescher 등[43]은 오이피클을 저장하는 동안에 이취와 색소변화를 초래한 것으로 생각되는 POD활성을 측정하였다. 오이피클 조직내에서는 POD활성이 점차 감소하는 경향을 보여 주었고, 오이피클 용액의 경우 피클제조 초기에는 POD활성이 존재하지 않다가 점차 활성이 증가한 다음 감소하기 시작하여 오랜시간 잔존하다가 소멸하였다고 한다.

두 류

한국 음식에서 중요한 몫을 차지하고 있는 두류는 크게 대두(콩), 팥, 녹두 그리고 기타 두류로 분류된다. 특히 대두는 단백질을 다량 함유하고 있어 채식위주의 한국인에게 중요한 단백질 급원 식품이 되고 있다. 그러나 대두는 trypsin inhibitor와 같은 영양저해 물질과 人体내에서 소화되지 못하고 gas를 생성하는 소당류, 그리고 무기질의 흡수를 저해하는 phytate를 함유하고 있다. 뿐만아니라 linoleic acid를 과산화시키는 Lipoxygenase가 다량 함유되어 있어 조리, 가공시 비린 맛을 내게 된다. 따라서 대두를 조리, 가공할 때는 이러한 문제들이 해결되어야 식용이 가능해진다.

한국인들이 대두를 음식에 사용한 예는 콩가루 또는 고물, 두유(콩국), 두부, 두채(콩나물)와 같은 비발효 식품과 메주를 만들어 각종 장류를 제조한 발효식품으로 크게 나누어 볼 수 있다.

이 章에서는 대두식품을 중심으로 관여하는 효소및 조리과정中 일어나는 효소에 의한 식품의 품질변화에 대해 논의하고저한다.

1. 대두 식품의 품질에 관여하는 효소들

1) Lipoxygenase

Lipoxygenase(linoleate: oxygen oxidoreductase, EC 1.13, 11.12)는 산소존재시 cis: cis-1, 4-pentadiene system을 함유하는 다 불포화 지방산의 과산화반응을 촉매하여 9 or 13-cis, trans-hydroperoxide를 생성하는 효소이다. 이러한 Lox는 중요한 산화 효소중의 하나로 식물계에 널리 분포되어 있으며 특히 대두류에 풍부하게 존재하고 있다.

Lipoxygenase는 여러형태의 isoenzyme으로 되어있으며 이들은 기질의 특이성, pH optimum, 색소의 탈색 능력, carbonyl 화합물의 생성능력 등에서 차이가 있음이 밝혀졌다[11]. 이 효소의 반응기작을 살펴보면 우선 linoleic acid분자의 11번째 탄소의 methylene group에서 hydrogen radical을 빼앗는다. 그 다음에 9 또는 13번째 탄소에 O_2를 결합시켜 hydroperoxide를 생성한다. Lipoxygenase는 불포화 지방산의 과산화 반응 이외에도 carotene, chlorophyll과 같은 색소를 파괴하고, 여러종류의 carbonyl compound를 생성하는 2차적 반응에도 관여하고 있다. 대두는 Lox와 그 기질인 linoleic acid를 다량 함유하고 있다. 따라서 조리, 가공, 저장 중에 세포가 파괴되면 Lox

가 linoleic acid와 접하게 되고 이로 인하여 과산화물이 생성된다. 또한 이 과정에서 free radical을 가진 물질들이 생성되어 식품의 풍미와 질감을 변화시키고 색소와 비타민을 파괴하게 된다. 따라서 이 효소가 대두 식품의 품질에 미치는 영향은 막대하다 하겠다.

2) α-galactosidase

α-galactosidase(α-D-Galactoside: galactohydrolase, EC 3, 2, 1, 23)는 α-D-galactosyl 결합을 가지고 있는 소당류를 가수분해하는 효소로서 원래명은 melibiase이었다. 대두에 함유되어 있는 raffinose와 stachyose는 glucose, galactose가 α-D-galactosyl 결합을 하고 있는 소당류로서 人体내에서 소화되지 못하고 대장을 통과하는 과정에서 혐기성 미생물에 의해 gas를 생성하는 물질이다. 따라서 서양인들은 대두식품의 섭취를 꺼리고 동양인들 또한 섭취량을 제한하고 있다. 이에 α-galactosidase를 함유하고 있는 市販효소제나 유산균 발효, 또는 발아과정을 이용하여 가스발생 요인이 되는 소당류를 제거하려는 노력이 시도되고 있다[2].

3) Phytase

phytase(myo-inositol hexaphosphate: phosphohydrolase E.C. 3.1.3.8)은 phytic acid를 inositol과 phosphoric acid로 가수분해하는 효소이다. 기질이 되는 phytic acid는 식물계에 널리 분포되어 있으며, 날콩의 경우 총인(total phosphorus)함량의 70%가 phytic acid 형태로 존재하고 있다. 이러한 phytic acid는 2가 또는 3가 금속이온(Zn++, Ca++, Fe++, Fe+++)과 결합하거나 단백질과 결합하여 불용성인 protein-phytate-mineral 복합체를 형성하므로 무기질의 체내 이용율을 방해하는 영양저해 물질이다. 따라서 phytase의 작용을 통하여 대두의 phytic acid의 함량을 낮추는 조리, 가공법이 개발되어야 하겠다[1].

2. 대두식품의 조리, 가공법과 효소

앞에서 언급한 효소들은 대두 가공품의 품질과 깊은 관계를 가지고 있다. 따라서 본고에서는 이 효소들의 작용을 억제시키거나 또는 활성화시킴으로써 대두 식품의 식품, 영양학적 가치를 높이고 있는 조리, 가공법에 대해 언급하고자 한다.

1) 두유(콩국)

우리나라에서 여름철에 즐겨먹는 콩국수는 콩을 살짝 삶아 곱게 받친 국물에 국수를 말고 소금으로 간을 맞춘 별미食이다. 콩국은 콩을 5~6시간 침지시킨 후 잠깐 삶아 맷돌이나 믹서에 곱게 갈아 여과하여 만든다. 그러나 이때 콩을 어느정도 열처리 하였느냐에 따라 단백질의 회수율과 비린 맛의 정도가 달라진다. 콩을 삶지 않고 마쇄하게 되면 두유의 수율은 높아지나 비린맛이 강하다. 이때 나는 콩비린맛은 수침한 콩을 마쇄하는 과정에서 세포가 파괴되고, 따라서 linoleic acid와 Lox가 접촉하게 되어 과산화물이 생성되기 때문이라고 밝혀졌다.

Johnson과 Snyder는[12] 대두를 마쇄하기 전에 열처리를 하여 지방을 산화시키는 효소(lipoxygenase)를 불활성화시킴으로써 콩비린내를 감소시키는 방안을 제시하였으나 이때는 대두 단백의 변성으로 인하여 두유의 수율이 26% 정도로 떨어졌다고 보고하였다. Nelson 등은[13] 마쇄전에 5%

$NaHCO_3$ 용액에 대두를 침수시킨 다음 끓는물에 30분간 열처리함으로써 lipoxigenase를 불활성화시켜 비린맛의 생성을 억제하였고, 고온 가압균질화에 의하여 대두의 입자크기를 3~8 micron까지 줄임으로써 수율 및 물리적 안정도가 높은 두유 제조법을 개발하였다. Massachusetts Institute of Technology의[14] 식품영양학과에서는 대두의 종피를 제외한 전고형물을 건조 마쇄한 후(직경 420 micron 이하)마쇄물을 열수에 분산시켜 lipoxigenase의 작용을 억제하고, 고온, 가압, 균질화에 의하여 두유의 물리적 안정도를 높인 다음 invertase, enulin, cellulase, pectinase 등의 당가수분해효소를 첨가하여 장내 gas 생성요소인 수용성 oligosaccharide를 분해시키는 방법을 개발하였다. 또한 정제된 분리 대두단백을 원료로 두유를 제조하는 방법이 개발되었고, 미국에서 생산되는 대부분의 대두유 및 이유식의 조제에 이용되고 있다.

Eriksen은[15] neutral proteinase, alkaline proteinase, pectinase, β-gluconase, cellulase 등과 같은 상업용 효소를 사용하여 두유제조시 단백질 및 고형물질의 수율을 높이는 방법을 시도하였다. neutral proteinase를 사용하였을 때 가장 좋은 효과를 얻었으며,. 이때 단백질의 수율은 33%에서 73%로 증가하였고 전고형분의 함량은 42%에서 66%로 향상되었다.

김등[16]은 발아시킨 대두로 콩우유를 제조하여 대두 발아가 콩우유의 당과 향미에 미치는 영향을 조사하였다. 즉 25°C에서 5일간 발아시킨 대두로 콩우유를 제조하였는데, 2일간 대두를 발아시켰을 때의 단백질 수율이 92.5%로서 제일 높았고 동시에 0.9 g의 stachyose가 0.2 g으로 그리고 3.2 g이던 raffinsoe가 0.7 g으로 줄어들어서 발아 2일째가 콩우유의 화학적 품질향상을 암시하였다. 그리고 발아 2일째가 콩비린맛과 풀맛 그리고 콩비린냄새가 최소치에 달하여 전체적인 기호도가 가장 높았다고 보고하였다. 또한 김등[17]은 대두 발아에 의한 콩 우유중의 phytic acid와 가용성 무기물의 함량 변화를 관찰 하였다. phytic acid 함량을 보면 콩으로 제조한 콩우유는 1.2 g이었으나 5일간 발아시킨 발아 콩으로 제조한 콩우유는 41.3%가 감소된 0.74 g이 회수되었다. 가용성 무기성분인 Mg, Ca, Zn 등의 변화는 뚜렷하지 않았고 전체 무기성분에 대한 수용성 무기물의 비율은 점차 증가추세를 보였다. 이는 대두의 발아과정에서 관련 효소의 활성이 변화하기 때문으로 풀이된다.

정과 이[18]는 콩속의 raffinose와 stachyose를 제거시키기 위하여 6종의 시판효소제를 사용한 결과 *Aspergillus niger*에서 추출한 pectinase 제재가 가장 강력한 α-galactosidane 활성을 가지고 있었다고 하였다. 따라서 대두식품중의 장내 가스 생성인자는 α-galactosidase 力價를 가지는 효소제의 사용으로 제거될 수 있음을 시사하였다.

또한 대두를 발아시켜 두유를 만들고 여기에 유산균을 발효시켰을 때 raffinose와 stachyose의 함량이 현저히 감소하였다는 보고도 있다[19].

2) 두채(콩나물, 녹두나물)

콩나물과 녹두나물은 콩이나 녹두를 발아시켜 만든것으로 우리의 식탁에 자주 오르는 식품이다. 그러나 콩나물과 녹두나물은 다른 채소류와 달리 비린 맛을 주기 때문에 날것으로 이용하지 못하고 반드시 열처리를 하여 나물이나 국, 찜 등을 만든다.

이러한 두채의 비린맛도 Lox의 작용에 의한 것임이 연구에 의해 밝혀졌다. 오등에[20]의하면 발아

가 진행되면서 대두의 Lox 활성은 감소하였으나 콩나물에서도 상당량 있음이 밝혀졌다. 특히 콩나물 머리 부분에 더 많이 존재하였다. 찜이나 잡채등에 콩나물을 넣을 때 머리부분을 떼어내고 줄기만을 사용하는 이유는 열처리를 적게하여도 비린맛이 강하지 않고 아삭아삭한 질감을 주기위한 것으로 풀이된다. 콩나물에는 2종류의 Lox isoenzyme이 있음이 밝혀졌고 각각 pH optimum이 달라 Lox 1은 pH 9.5에서 Lox 2는 pH 6.5에서 최대 활성을 보였다.

콩나물의 조리온도가 상승함에 따라 과산화물 형성 능력, carbonyl 생성 능력 그리고 carotene 탈색 능력이 감소되었다. 관능검사의 결과, 비린 맛은 100°C로 조리한 콩나물을 제외한 모든 콩나물에 유의적으로 나타났다. 또 생콩나물의 경우 냄새를 느낄 수 없었으나 씹는 과정에서 강한 비린 냄새를 느낄 수 있었다. 이는 손상 받지 않은 콩나물 생체에서 lipoxygenase는 기질과 반응을 하지 않았으나, 맛을 보기 위해 콩나물을 씹을 때 생채는 손상을 받게되고 따라서 lipoxygenase와 기질이 반응을 하여 비린 맛과 냄새를 나타내는 물질을 생성하기 때문으로 풀이된다.

녹두를 발아시켜 녹두나물을 제조하여 Lox의 활성을 연구한 결과 녹두에 비하여 발아시킨 녹두나물의 Lox 활성은 낮았다. 녹두나물에 존재하는 Lox는 한가지 종류로서 pH 6.8에서 최대 활성을 보이고 pH 5 이하나 pH 8.0~9.0에서는 활성을 나타내지 않았다. 70°C 이상으로 열처리를 하였을 때 Lox가 불활성화 되었으며 따라서 풀맛과 비린 맛이 감지되지 않았다. 생녹두나물에 식초나 마요네즈를 첨가하여 생채를 만들었을 때 비린 맛이 거의 감지되지 않았다. 이는 pH를 낮춤으로써 Lox의 활성을 약화시켰기 때문으로 추측된다[21].

정과 윤[22]은 두유의 발아기간 중 phytase의 활성과 phytic acid의 분해를 보기 위하여 녹두는 6일, 콩나물콩과 백태는 8일, 완두는 9일 동안 발아시켜 총 변화량을 분석하였다.

즉 발아 기간중 phytase의 활성은 발아 6일째를 기준했을때 백태 3.2배, 녹두 3.5배, 콩나물 콩 3.5배 그리고 완두는 4.0배를 나타냈고, 총 phytic acid 중 백태는 69%, 녹두에서는 77%, 완두에서는 64% 그리고 콩나물 콩은 72%의 phytic acid의 가수분해율을 볼 수 있었다.

3) 콩가루, 녹두가루

우리나라에서는 콩이나 녹두를 빻아 가루로 만들어 여러음식에 사용하였다. 열처리를 하지 않고 가루로 만든 날콩가루는 주로 칼국수를 만들때 밀가루 반죽에 첨가하였다. 그 이유는 구체적으로 밝혀지지 않았으나, 날콩가루에 있는 Lox의 활성을 이용하여 밀가루의 색소를 파괴시키고 밀가루 반죽의 물성을 향상시키기 위한 것으로 추측된다.

박등은 날콩가루에서 추출한 Lox가 carotene과 chlorophyll을 탈색시키는 능력이 있음을 보고하였다[23].

또한 날 콩가루, 볶은 콩가루, 볶은 콩가루+Lox를 각각 밀가루 반죽에 첨가한 후 Farinograph를 이용하여 반죽시간, Mixing Tolerance Index(MTI), 반죽약화도를 측정하였다. 날콩가루와 Lox를 첨가한 시료군은 반죽시간이 길어지고 MTI와 반죽약화도가 감소한 것으로 나타났다. 또한

Extensograph에서 날콩가루와 Lox를 첨가함으로써 신장력은 증가하고 신장저항은 감소하였다. 따라서 제빵시 볶은 콩가루를 밀가루에 첨가하면 신장력이 감소하고 신장항력이 증가하여 제빵특성이 나빠진다. 그러나 날 콩가루나 Lox를 첨가하면 반죽의 신장력을 높이고 신장저항을 낮추기 때문에 부피가 크고 질감이 부드러운 제빵특성을 가질것으로 예상하였다[24].

녹두편을 만들 때는 생녹두로 가루를 내어 고물로 쓰기도 하였다. 약간 비린맛과 풋내가 나는 생녹두편을 우리 조상들은 더 격이 높은 떡으로 여겼다.

흔히 쓰는 콩고물이나 녹두고물은 콩이나 녹두를 볶거나, 삶아서 가루를 내었다. 따라서 조직이 파괴되지 않은 상태에서 열처리를 하였음으로 Lipoxygenase가 불활성화 되었을 뿐 아니라, 조직 파괴시 기질과의 접촉에서 일어나는 off flavor 성분이 생성되지 않아 비린맛이 전혀 없고 고소한 맛을 갖는다. 콩고물은 인절미, 경단에 쓰이고 녹두고물은 편, 단자, 송편의 소에 사용하고 있다.[6]

4) 장류

우리의 식생활에서 가장 많이 쓰이고 있는 장류 제품은 간장, 된장, 고추장으로서 이들은 대부분의 한국 음식에 간을 맞추거나, 맛을 내기 위하여 첨가되어왔다. 따라서 장류는 한국 음식의 기본적인 맛을 결정짓고 지배해 온 장본인으로서 우리 식문화의 전통성을 고수 하는데 중요한 일익을 담당하고 있다.

장류의 식용사례를 살펴보면, 이들은 각종 음식의 간을 맞추거나 음식 맛을 돋구기 위해 사용된다. 특히 간장은 그 사용범위가 넓어 국, 전골, 찌개, 조림류를 비롯하여 고기류의 양념 및 생채, 숙채, 잡채와 같은 나물의 간을 맞추는데까지 모든 음식의 조미에 이용된다 하겠다.

된장은 토장국, 찌개류에 고추장은 매운맛을 내고자하는 찌개, 조치류, 나물무침, 비빔밥의 양념으로 쓰인다. 또한 된장과 고추장을 섞어서 상치쌈의 양념장을 만들기도 한다. 간장, 고추장은 식초, 참기름, 겨자등과 함께 다른 음식을 찍어 먹기 위한 각종 양념장 제조에 쓰이기도 한다.

이러한 장류는 또한 야채나 육류로 저장식품을 만들때 그 침장원으로 전용되기도 한다. 예를 들면, 장아찌, 장김치와 같은 야채 저장 식품이나 게장, 장조림과 같은 어육류의 침장원으로 사용되어 우리나라 음식의 복합미에 크게 기여하고 있다 하겠다.

장류제조의 기본 재료가 되는 메주는 대두를 삶은 후 성형하고 이를 자연 발효시켜서 만든다. 따라서 메주를 띄우는 과정에서 대두의 구성 성분인 단백질, 전분과 같은 물질이 야생균주가 분비하는 효소들에 의해 분해되어 구수한 맛, 단맛을 내게 되며 또한 효모와 젖산균에 의해 특유한 향미성분이 생성된다.

이의 연구에 의하면 메주를 만드는 과정에서 대두에 함유되어 있는 단백질과 지방은 93%정도 회수되며 반면 탄수화물은 58%회수된다고 한다. 가정에서 제조한 재래식 메주의 일반 성분은 조단백질 43.0%, 조지방 17.84%, 탄수화물 6.13%, 섬유소 5.75%, Ca 0.22%, P 0.61%로 분석되었다[25].

메주에 작용하는 미생물의 종류는 원료와 제조지역에 따라 큰 차이가 있으나 단백질 분해능이 강한 *Aspergillus oryzus*와 *Rhyzopus, Mucor*속의 곰팡이들이 분리되었다. 재래식 메주에서 분리된

독특한 미생물로는 *Bacillus subtilis, Bacillus pumilus* 등으로 메주의 표면 및 내부에 고루 분포되어 있었으며, 그 수효도 곰팡이나 효모보다 월등히 많았다. 따라서 메주의 발효는 주로 세균류에 의해 단백질이 분해되는 양상으로 진행되며 메주의 표면에서 번식하는 일부 효모류는 풍미물질을 형성하는 것으로 보인다[26].

보리코오지와 콩코오지를 만들어 경시적으로 효소역가를 측정하였을 때 protease 활성은 제국말기에 이르러 급격히 증가하고 α-amylase 또한 말기에 급격히 증가하나 이들 효소역가는 기질에 크게 영향을 받아서 단백질 함량이 높은 콩코오지는 protease를 많이 생산하였으며 탄수화물이 많은 보리코오지는 이와 반대로 α-amylase를 많이 생산하고 protease를 적게 생산하였다. 근래에 와서 장류를 제조하는데 있어서 protease 효소제를 이용하여 직접 대두를 분해시켜 담그는 간장제조법등 속양 양조법의 개발이 시도되었다. 즉 2종의 국균(*Asp. sojae, Asp. niger*)을 번식시켜 추출한 효소액을 이용하여 콩코오지 및 증자원료를 분해시켜 간장을 담근 후 내염성효모(*Zygosacharomyces sojae*) 및 유산균(*Pediococcus sojae*)을 첨가하여 후숙시켜 1개월만에 5~6개월 숙성결과와 비슷한 결과를 얻었다[27].

고추장 제조시 *Asp. oryzae*는 효소활성이 강하고 pH의 안정성 면에서 바람직스러우나 쌀, 보리, 밀가루 등을 사용하는 제국에서는 원료의 액화가 심하여 담금 후 고추장에 과도한 수분을 생성시켜 외관이 불량하고 포자착색이 강하여 고추장의 갈변을 초래하므로 제품의 색상이 손상될 염려가 크다. 그래서 고추장의 품질과 양조법을 개선할 목적으로 *Asp. kawachii, Asp. shirousamii, Asp. oryzae* 균주를 사용하여 만든 고추장의 품질을 살펴본 결과 *Asp. shirousamii* 균주를 사용한 것이 좋았으나 pH 저하가 심한 것이 결점이라고 하였다. 또 식염의 일부를 알콜로 대체하므로서 과다한 염분함량을 줄이고 보존성을 높이는 실험을 행한 바 있다. 즉 4%의 알콜을 첨가시 효소활성이 높았고 산도는 알콜을 첨가하지 않은 것이 높았다고 하며 종합적으로 관능시험한 결과 알콜을 첨가하고 식염농도를 낮추는 것이 바람직하다고 하였다[28]. 이[29]등은 보리고추장 양조시 고추씨 및 마늘을 첨가하여 제조한 고추장의 숙성과정중의 효소활성도와 이화학적 변화 및 관능검사를 조사한 결과를 보면, 고추장 숙성중 효소의 활성은 전분 액화, 당화효소, 중성 프로테아제, 리파제 모두 증가되었고 전분액화효소를 제외하고는 숙성후기에도 효소의 잔존 활성이 높았으며, 고추씨의 첨가가 역시 효소활성유지에 효과적이었다.

강[30]등은 메주 제조과정을 통하여 phytase의 활성이 현저히 증가되었고 반면 phytate 함량은 감소된 것으로 보아 숙성과정 중에서 미생물이 분비한 phytase에 의해 대두의 phytate가 분해되었다고 추정하였다. 따라서 발효를 통하여 phytate의 함량을 낮춤으로써 대두내의 무기질 및 단백질의 체내 이용율을 높일 수 있는 가능성이 제시되었다. 배와 윤[31]은 대두 발효식품인 메주와 Tempeh를 단백질원으로 흰쥐에 섭취시킨 결과 발효시키지 않은 대두식이군에 비해 Zn와 미량원소의 체내 이용율이 유의적으로 높아졌음을 보고하였다.

어 육 류

우리나라에서는 쇠고기, 돼지고기, 닭고기 같은 축육과 생선, 조개와 같은 어패류를 사용하여 다양한 음식을 개발하였다.

이중에서 효소를 음식의 조리에 이용한 예는 크게 축육의 연육 작용과 발효를 통한 젓갈제조로 나누어 볼 수 있다. 이에 어육류의 조리, 가공에 이용한 효소는 주로 단백질분해 효소들이다.

1. 단백질 분해 효소

단백질 분해 효소는 단백질의 peptide 결합을 가수분해하는 효소로서 출처에 따라, 작용 pH에 따라, 활성중심(active site)의 특성에 따라 여러가지로 분류할 수 있다.

단백질 분해 효소가 단백질 식품에 작용하게 되면 단백질의 분해로 질감이 달라지게 되고, 또한 그 결과 생기는 peptide, 아미노산등에 의해 맛에 영향을 주기도 한다.

단백질 분해효소의 활성중심에 관여하고 있는 functional group의 특성에 따라 분류하면 다음과 같다[2)]

1) serine proteases

active site에 seryl residue를 가지고 있는 효소로서 endopetidase이다. tripsin, chymotrypsin, elastase와 subtlisin이 여기에 속한다.

2) sulfhydryl protease

active site에 sulfhydryl residue를 가지고 있으며, 따라서 thivl과 결합할 수 있는 산화제, alkylating agents, 중금속에 의해 활성이 저해된다.

papain과 같은 식물에서 얻는 protease와 일부 미생물 protease가 여기에 속한다.

3) metallo enzyme

Zinc, cobalt, iron, mercury, copper와 같은 금속이 있어야 활성을 갖는 효소이다. 이효소들은 cyanides나 EDTA에 의해 활성을 잃게 된다. carboxypeptidase A, 일부 aminopeptidases, 일부 세균 proteases들이 metalloenzyme이다.

4) acid protease

active site에 2개의 carboxyl group을 가지고 있다. pepsin, rennin, 일부 곰팡이 proteases 같이 산성(pH 2~4)에서 활성을 갖는 효소이다.

2. 젓갈에 관여하는 효소

젓갈류(salted fermented food)는 어패류의 고기, 내장, 생식소등을 염장하여 자가소화 및 미생물의 작용으로 알맞게 분해시켜 숙성시킨 우리나라 고유식품이다. 소금이 부패를 막고 저장성을 가지게하는 점에 있어서는 일반 염장품과 같으나 일반 염장품은 염장중 가능한 한 육질의 분해를 억제

하는 것이 좋은 제품을 얻을 수 있는데 비하여 젓갈은 원료를 적당히 분해시켜 독특한 풍미를 내게 한 것이 다른 점이다. 젓갈을 단백질만이 아니고 당질, 지방, 유기산, 기타 성분들이 알맞게 분해되어 진한 감칠 맛을 나타내므로 직접 식용으로 할 뿐만 아니라 김치 및 다른 음식에 조미료로 첨가되기도 한다.

지금까지의 젓갈의 제조는 주로 전통적인 제조법에 의존해왔으며 가내에서 살림을 맡은 주부의 소임으로 간주되어 경험에 의한 기술이 전수되어 왔다. 전통적 젓갈제조는 천연재료를 자연방치하는 자연접종방식에 의존하고 있으며, 야생의 미생물과 효소가 복합적으로 작용하는 복합발효방식을 거듭 반복해서 사용하고 있다[47].

따라서 젓갈의 발효는 어류자체의 효소 및 자연계에 분포하는 여러 천연미생물이 분비하는 효소작용과 밀접한 관계를 가지고 있다 하겠다.

1) 원료중의 자가분해효소

어류는 어획 후에도 효소의 활성으로 인한 생화학반응을 계속 받게되는데[48,49] 초기 저장시의 일정기간동안 최대의 맛 형성을 이루는 것은 어류자체내에 있는 autolytic enzymes에 의한 초기분해산물에 기인한다고 할 수 있다. 동물조직의 lysosome에는 단백질을 분해시키는 여러 효소군이 있다[50,52,53,54]. 그 중에서 cathepsin D는 저장기간동안 어육단백질을 가수분해함으로써, peptide free amino acids, non-protein nitrogen과 같은 분해산물을 형성하여 미생물에 의한 어육의 계속적인 부패를 유도한다. Ting 등은[51] salmon의 muscle에서 cathepsin을 분리해냈으며 pedraja에[49]의하면 새우에는 cathepsin 외에도 peptidase, decarboxylase, deaminase 등과 같은 단백질 분해효소가 자체에 존재한다고 한다.

한편 Doke와 Ninjoor는[55] shrimp muscle로 부터 alkaline proteinase와 exopeptidase를 분리하였는데, alkaline proteinase는 pH 8.0, 60°C에서 최적 활성을 갖는 열안정성의 proteinase였으며, exopeptidase의 최적 조건은 pH 6.8, 40°C이며 aminopeptidase의 특성을 갖는 metalloenzyme이었다. 이는[56] 젓갈 숙성중 어육단백질을 분해하는 효소가 젓갈원료 중에 소량 존재하나, 소금농도 7%에서 현저하게 저해를 받아 효소활성이 30~60% 감소하였다고 하였다.

2) 숙성된 젓갈 중의 효소계

젓갈 담금 초기 1~2개월에는 생균수가 total 10^7이었으며 담금 후 6개월이 지나면 10^4으로 감소하였다. 젓갈 숙성에 관여하는 미생물로서 초기 이후에는 주로 내염성인 *Bacillus subtilis, Leuconostoc mesenteroides, Pediococcus halophilus, Sarcina litoralis*등 이들의 효소활성이 젓갈 숙성을 지배하는 요소라고 보고되었다. *Bacillus subtilis*에서 생성된 protease는 식염농도 7%에서 약간 저해를 받아 활성이 10~30% 감소하였다. *Sarcina litoralis* 균주에서 분비되는 protease도 식염농도 7%에서 효소활성이 10~20% 감소되었다. 따라서 젓갈원료중에 있는 단백질은 주로 내염성 세균이 분비한 protease에 의해 분해됨을 알 수 있었다. 박과 주는[57] pH 8.0 일때 활성이 큰 단백질 분해효소를 새우젓에서 분리 정제하였으며, 이 효소가 돼지고기와 같은 식품단백질을 가수분해시키는 능력에 대해 연구하였다. 젓갈류 중에서 새우젓, 조개젓, 창란젓 등은 단백질 분해효소를 풍부하게 함

유하고 있어 이들이 체내에서도 육류를 소화시키는 데 어느정도 관여하고 있다고 보고하였다. 젓갈의 감칠 맛을 생성하는데 관여하는 핵산분해효소인 RNA-depolymerase, 5′-phosphodiesterase에 관한 연구가 보고되었다. 젓갈원료 및 젓갈의 RNA-depolymerases는 RNA를 nucleotide 및 유리인산까지 분해하므로 향미성분인 5′-mononucleotide 형태로 축적을 시키지 않는다. 그러나 조개젓에서 분리한 *Bacillus subtilis*가 생성한 효소는 RNA를 분해하여 5′-mononucleotide로 축적하며 이에 관여하는 효소는 5′-phosphodiesterase 임이 밝혀졌다. 또한 조개젓에는 5′-adenylic acid, 3′-adenylic acid가 많이 함유되어 있었고 5′-inosinic acid는 소량 들어 있었다. 굴젓에는 5′-adenylic acid와 3′-adenylic acid가 다른 mononucleotides 보다 현저하게 많았다. 오징어젓에는 5′-adenylic 및 3′-adenylic acid 만이 함유되어 있는데 이것은 패류의 젓갈들과 같이 무자웅연체동물이며 이것들은 adenylic deaminase가 결여되어 있어 mononucleotide 중 adenylic acid의 함량이 높았다. 조기젓 중에는 5′-inosinic acid 함량이 다른 젓갈보다 현저하게 많았으므로 이것은 다른 자웅동물의 어육이나 수육과 같이 adenylic deaminase가 있어 5′-inosinic acid가 많은 inosinic acid type이 많이 있었다.

3. 단백질 분해효소와 한국음식

1) 고기의 연화작용

고기의 연육소로 가장 많이 쓰이고 있는 효소는 papain 이다. papain은 근육단백질과 결체조직의 단백질을 모두 분해하며, 또한 내열성이 강하여 고기를 굽거나, 끓이는 과정에서도 활성을 발휘 할 수 있다. papain 이외에도 ficin, bromelin, kiwi 에서 추출한 효소등이 연육소로 쓰일 수 있다.

우리나라에서는 옛날부터 배즙을 이용하여 고기를 적당히 연화시켰다. 배즙에는 protease가 함유되어 있으며 최적 pH는 6~7, 최적온도는 50°C 부근이다.[46].

갈비나 너비아니구이, 육포등을 배즙을 넣은 양념장에 침지시켰다가, 조리하면 적당히 연화된 고기의 질감을 즐길 수 있게 된다.

약고추장에 고기를 넣을 때는 우선 갈은 고기에 배즙을 넣어 고기가 알알이 풀어질 때까지 뭉근한 불에서 끓이다가 고추장과 다른 양념을 넣어야 한다. 이는 고기조직을 분해시킴으로써 열에 의해 서로 엉겨 붙는것을 방지하여 약고추장의 질감을 부드럽게 하기 위해서이다.

또한 육회를 배채와 함께 먹는다든지 돼지고기 수육을 새우젓 국물에 찍어 먹는 경우등도 단백질 식품과 단백질분해효소가 함유된 식품을 함께 섭취한다는 면에서 식품·영양학적으로 합당하다고 판단된다.

2) 젓갈과 식해

1560년에 기술된 유희준의 미암일 기초에서는 젓갈류의 체계적인 분류가 기록되었으며 1670년에 기록된 음식디미방, 1710년에 홍만석의 산림경제, 1835년에 서유지가 쓴 임원육지에는 수산발효법을 4가지로 나누어 소개하고 있다.

ㄱ) 소금만 넣고 발효시키는 염해법

ㄴ) 소금, 술, 곡분, 양념을 넣는 주국어법

ㄷ) 소금과 누룩을 넣는 어육장법

ㄹ) 소금, 맥아분, 곡류를 넣는 식해법 등이다.

이중에서 현재까지 계승되어 가장 많이 쓰이고 있는 것이 식염만을 사용하여 어패류를 자가 발효시킨 적염해법이다. 이렇게 제조된 젓갈은 각종 음식에 감칠 맛을 주기위한 조미료로서 사용되었으며 1766년 증보산림경제에는 김치에 젓갈을 본격적으로 이용한 기록이 나온다. 또한 농가월령가(1816)에는 새우젓을 계란찜 만들때 조미료로 쓴 기록이 있으며, 이는 지금까지 전해 내려 오고 있는 조리법이다. 또 많은 종류의 젓갈을 고추가루, 마늘, 파, 참기름등의 양념으로 조미하여 직접 반찬으로 이용하기도 한다.

젓갈의 액체만을 분리하여 조미료로 쓰는 어간장은 조선시대 중엽까지는 두장의 대응으로 널리 쓰이고 있었으나 현재는 남해안과 제주도 일부지역에서만 제조, 사용되고 있다.

식해는 생선에 소금과 함께 곡물이나 채소를 섞어 젖산 발효를 유도함으로써 비교적 낮은 식염농도에서 어채를 보존하는 방법을 도입한 수산발효 식품중의 하나이다. 조선시대에는 우리나라 전역에서 제조 식용되고 있었으나 지금은 함경도, 황해도 연안, 동해안, 남해안의 진주 등지에 향토식품으로 남아 식용되고 있는 실정이다.

① 젓갈 제조법

우리나라 젓갈 제조법의 특징은 식염만을 사용하는 적염해법이다. 이 방법을 사용하여 어체를 10~20%의 식염수에서 2~3개월간 상온 발효시킴으로써 어체의 원형은 보존하되 진한 감칠 맛을 내는 발효젓갈을 얻는다. 또한 발효기간을 6~12개월로 연장시킴으로써 육질을 자기소화 및 미생물이 분비하는 효소의 작용으로 충분히 가수분해시킨 후 마쇄, 여과하고 저온 살균하여 보존성 높은 젓국을 제조하고 있다[58].

따라서 젓갈은 단백질 가수분해 효소 및 미생물이 주축이 되어 어류단백질을 분해함으로써, 유리아미노산, 저분자펩타이드 및 핵산물질이 생성되는 원리를 이용하여 제조되는 것이다. 이는 콩단백질을 곰팡이를 이용하여 분해시키는 장류발효와 맥을 같이하고 있다 하겠다.

우리나라에서 현재 쓰이고 있는 젓갈류를 원료별로 분류하면 (1)생선 전체를 사용하는 것 (2)내장만을 사용하는 것 (3)조갯살을 사용하는 것 (4)갑각류를 원료로 하는 것이 있으며 현재 46종의 젓갈이 사용되고 있다.

③ 식해 제조법

식해란 이름의 유래는 1567년에 쓰여진 미암일기에서 찾아볼 수 있다. 즉 해는 생선에 소금을 첨가하여 발효시킨 젓갈 이라는 뜻의 문자이고 여기에 밥이 더해지면 식(밥-식)해가 되었다. 식해는 생선을 6~8% 식염에 절이고 여기에 밥, 조와 같은 곡물과 무우 같은 채소류를 고추가루, 마늘과 함께 첨가하여 20°C에서 2~3주일 발효시키는 방법으로 제조된다.

이 과정에서 곡물과 채소류에 함유되어 있는 당이 야생 젖산균에 의해 발효되어 유기산을 생성하게 되고 그로 인하여 pH가 5.0 이하로 급격히 떨어지게 된다. 따라서 어체가 젓갈보다 훨씬 낮은 염

농도에서도 유기산에 의해 보존되는 원리를 이용한 수산발효방법이다.

이등은[59] 가자미 식해 발효중에 일어나는 성분 및 미생물의 변화를 관능과 연관시켜 연구하였다. 가자미 식해는 발효 2주 내외에서 최적의 맛을 가지게 되며 이때 아미노태 질소함량이 최대가 된다. 또한 휘발성 염기 질소가 급격히 증가하는 기간과 일치한다. 이때의 pH는 초기의 6.8 부근에서 급격히 저하되어 5.0 내외를 유지하게 된다. 어체의 경도도 발효 3일 까지는 증가하였으나 그 후부터는 급격히 떨어지게 되어 최적의 맛을 나타내는 2주 후에는 원래 경도의 25%가 감소된다고 보고하였다.

발효과정 중 일어나는 미생물의 변화를 살펴보면, 발효초기에 지방분해 효소(Lipolytic Bacteria)를 분비하는 미생물이 급격히 감소하는 한편 단백질 분해능을 가진 균이 2주간 증가하다가 그후 급격히 감소하게 된다. 이 기간은 또한 아미노태 질소 함량이 최대가 되는 시기로 어체의 단백질이 일부 가수분해 되었음을 알 수 있다. 산을 형성하는 젖산균들은 발효초기부터 계속 증가하기 시작하며, 2주 이후에도 다소 증가하여 식해에 신맛을 더해주므로 맛을 퇴화시키게 된다. 또한 맛의 퇴화기에는 젓갈에서와 같이 효모의 성장이 우세함으로 보아 효모가 수산발효 식품의 품질 및 저장성에 좋지 않은 영향을 끼치는 것으로 추측된다.

결　　론

이상에서 본 바와 같이 우리 조상들은 식품을 간수하고, 다루고 조리, 가공하는 과정에서 효소의 작용을 적절하게 조절하고 이용함으로써 식품의 품질을 보존, 개선시켜 왔다.

전분이 많이 함유된 식품은 맥아를 이용하여 감미가 높은 식품을 개발하였으며, 곡류, 두류 자체내의 효소활성을 조절하여 식품의 품질을 향상시켰다.

畜肉의 질감을 연화시키기 위하여 배즙의 사용법을 깨달았으며 새우젓을 계란찜에 사용하여 부드러운 질감을 갖도록하였다. 뿐만 아니라 어패류, 대두류를 야생미생물이 분비하는 효소를 이용하여 단백질, 당질, 지방질 등을 가수분해 시킴으로써, 풍미와 저장성을 향상시킨 젓갈과 장류를 제조하는 기술을 익혀 왔다.

채소류는 생채, 숙채, 침채의 형태로 복합적인 효소작용을 통하여 새로운 맛을 창출하고, 질감을 개선시키며 영양소의 보존율이 높은 조리법을 개발하였다.

그러나 이 밖의 많은 한국음식의 조리법에도 효소의 작용이 관여하고 있을 것으로 추측된다. 따라서 효소학적 접근 방법을 통하여 한국조리의 합리성, 과학성의 근거를 찾아냄은 물론 이를 발전, 계승시킬 수 있는 방안의 모색이 함께 이루어지기를 기대해 본다.

이러한 연구는 요사이 새롭게 등장하고 있는 효소기법을 이용한 식품신소재 개발 및 발효공정의 개선을 통한 식품개발 등과도 일맥상통하는 것으로서, 우리전통음식의 품질을 보존하기위한 과학적 근거를 마련함과 동시에 생물공학의 기술을 이용한 식품산업 발전에도 도움을 줄수 있는 새로운 정보를 제공하리라 기대된다.

참 고 문 헌

1) O.R. Fennema, Engymes, *In Food chemistry* Marcel Rekkes, Inc., New York and Basel (1985)
2) G. Reed. Engymes in Food processing academic press, New York (1975)
3) 조신호, 맥아및 식혜 제조에 관한 연구 한국조리과학회지 **6**(2) : 77 (1990)
4) 강선희, 김경자, 곽연주, 서류의 당화과정 중 물성 및 Texture에 관한 연구 한국조리과학회지 **7**(2) : 7 (1991)
5) 육철, 황윤희, 백운화, 박관화, 전분 분해효소 첨가와 종이 봉지를 이용한 식혜의 제조 방법 한국식품과학회지 **22**(3) : 296 (1990)
6) 강인희, 한국의 맛. 대한교과서 주식회사 (1987)
7) 이준석, 식품공업에서의 효소의 이용. 새로운 식품 바이오테크놀로지의 원리와 응용. 한국과학 기술원 산학 협동 공개강좌 (1990)
8) 김희정, 이혜수, 기장 노치의 제조방법에 관한 연구. 한국조리과학회지 **7**(2) : 75 (1991)
9) 윤서석, 한국음식(역사와 조리법) 수학사 1980
10) 황희자, 수침에 의한 멥쌀 성상에 관한 연구. 건대학술지 544 (1982)
11) Yoon, S. and Klein, B.P. 1979 some properties of pea kipoxygenase Isoenzymes. *Agr. and Food chem.*, **27**(5) : 955~962
12) Johnson, K.W. and Snuder, H.E. Soymilk: A comparison of processing methods on yields and composition. *J. Food Si.*, **43** : 349, 1978
13) Nelson A.I., steinberg, M.P. and Wei, L.S. Illinois process preperation of soy milk. *J. Food Si.*, **41** : 57, 1976
14) Hsieh, D.S., Bright, R.A. and Rha, C.K. October 10. Method of making soybean beverages, U.S. Patent 4, 119, 733, 1978
15) Eriksen, S. Application of enzymes in soy milk production to improve yield. *J. Food Si.*, **48** : 445, 1983
16) Woo-Jung Kim, Suk-kwon Yoon and chun-Yong Lee; Changes in oligo-saccharides and sensory quality of soymilk during germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* **18** : 382 (1986)
17) Woo-Jung Kim, Na-Mi Kim and Hyun-Soon Sung: Effect germination on phytic acid and soluble minerals in soy milk. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16** : 358 (1984)
18) 鄭相守, 李瑞來, 大豆의 Flatulence Factor 除去를 위한 α-Galactosidase 효소제의 특성. 한국식품과학회지, **18**(6) : 450 (1986)
19) 琴種和, 吳萬鎭, 大豆 요구르트 제조과정중의 성분변화, 충남대 농업기술연구보고, **11** : 34 (1984)
20) 오정미, 윤선, 배영희, Lipoxygenase isoenzyme이 콩나물의 조리시 냄새와 맛에 미치는 영향. 조리과학회지, **4**(2) : 57 (1988)
21) 윤선, 김희주, 녹두 및 녹두나물의 Lipoxygenase에 관한 연구. 생활과학논집, **2** : 45 (1988)
22) 정구영, 윤인숙, 침지, 열처리, 발아에 따른 두류중의 피트산의 함량 변화에 관한 연구. 서울여대 논문집, **13** : 453 (1984)
23) 윤선, 박희옥, 대두 Lipoxygenase Isoengyme의 carotene과 Chlorophyll a의 탈색 작용 연세논총, **19** : 417 (1982)

24) 윤선, 박희옥, 오혜숙. Lipoxygenase가 제빵시 반죽의 물성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **15**(1) : 62 (1983)
25) 이 철 호. The effeet of Korean Soysauce and Soypaste making or soyhean protein quality (Chemial changes during meju making) Korean J. Food sci. Technol. 8(1) : 12 (1976)
26) 정동효, 발효식품, 한국식품문헌 총감 (3) : 225 (1983)
27) 구영조, 생물공학적 측면에서 본 전통발효식품. 우리나라 전통 발효 식품에 관한 세미나. 특허청. (1989)
28) 이택수, 전명숙, 오경환, 麴의 종류가 고추장의 성분에 미치는 영향. 한국영양 식량 학회지, **13** : 238 (1984)
29) 이석건, 고추씨 함량이 고추장 성분에 미치는 영향. 한국 산업 미생물 학회지, **12** : 293 (1984)
30) 강현주 : 메주 제조중의 phytic acid 함량과 phytase 활성변화 및 그에 따른 phytic acid와 무기질과의 상호작용에 관한 연구, 연세대학교 가정대학 석사논문 1983
31) 배영희, 윤선 : 대두의 발효가 흰쥐의 단백질 및 무기질의 생체이용율에 미치는 영향. 한국영양학회지, **18**(2) : 139 (1985).
32) 김미리, 이혜수 무우 Myrosinase의 정제 및 특성. 한국조리과학회지, **21**(1) : 136 (1989)
33) 김양희, 시금치 나물의 조리방법에 따른 비타민 C 함량 변화에 관한 연구, 대한가정학회지, **11**(1) : 44, (1973)
34) 박희옥, 윤선. 김치 재료에 존재하는 pectinesterase, polygalactaronase 및 peroxidase 특성에 관한 연구. 식문화학회지, **5**(4) : 443, 1990
35) 하순보. *Pectin* 분해 효소 및 산막 미생물이 침채류에 미치는 영향에 관하여, 과연회보, **5**(2) : 139 (1976)
36) 고영환, 박관화, 배추의 Pectinesterase의 정제 및 특성, 한국식품과학회지, **16**(2) : 235
37) 박희옥 김치내의 떫떫 효소의 특성 및 *Leu, mesenteroides*와 *B. bifidum* 점종에 따른 김치의 품질에 관한 연구. 연세대학교 박사학위논문, 1991
38) 안숙자. 김치에 당근을 섞었을 때의 vitamin C의 변화. 대한가정학회지, **10** : 103
39) 김 미 리, 이 혜 수, 무 우 김 치 숙 성 중 thiocyanate (gitrogen) 함 량, 기 질 (indolylmethyl glucosinolate) 함량 및 myrosinase 활성도 변화에 관한 연구 식품과학회지 **5**(1) : 1 (1989)
40) 육철, 장국, 박관화, 안승요. 예비열처리에 의한 무우김치의 연화방지, 한국식품과학회지 **17**(6) : 477
41) 백형희, 예비열처리에 의한 오이지의 연화방지 서울대학교 대학원 논문, 1986
42) 윤선, 김기현, 유형근, 오이와 오이지에서 pectinesterase와 polygalacturonase의 특성 및 활성 변화에 관한 연구 연세대학교 생활과학논총 **3** : 1989
43) Mc Feeters, R.F., Fleming, H.P. & Thompson, R.L., Pectinesterase Activity, Pectin Methylation and Texture changes during storage of blanched cucumber Slies. *J, Food Sci.* **50** : 201 (1985)
44) Fleming, H.P., Thompson, R, L., Bell, T.A. & Hunts, L.H., Controlled Fermentation of sliced cucumbers, *J. Food Sci.*, **48** : 488 (1978)
45) Buescher, R.W., & Mcguire, C., Peroxidase Activities in cucumber pickle products. *J. Food sci.* **51**(4) : 1079, (1986)
46) 김용환, 배 protease에 관한 연구 삼육대 논문집 18, 281 (1986)
47) 임번삼, 우리나라전통 발효식품의 연구개발동향, 1989, 한국 식문화학회지. **4**(3) : 265
48) Whitaker, B. Enzymes in storage and processing of foods. 1972.

principle of Enzymology for the food science. Dekker

49) Pedraja.R.R, change of composition of shrimp and other marine animals during processing. 1970 *Food Tech.* **24** : 37

50) Coffey, J.W. and christian de Duve, Digestive activity of lysosomes 1968 *J. of Bilogical chemistry,* **243**(12) : 325

51) Ting C.Y., M.W. Montgometry and A.F.Anglemier, Partial purification of salmon musle cathepsins, 1968. *J. of Food Sci.,* **33** : 617

52) Reddi P.K., S.M. Constantinides and H.A. Dymsza, Catheptic activity of fish muscle, 1972. *J. of Food sci.,* **37** : 643

53) R.G.B. Reid and Kathy Rauchert, Catheptic endopeptidase and protein digestion in the horse clam tresus capax (Gloud), 1976. *comp. Biochem. physiol.,* **54B** : 467

54) Mary J. Mycek, (19) Cathepsin, 1970. Method in enzymologys XIX

55) S.N. Doke, V. Ninjoor and G.B. Nadkarini, characterization of cathepsin D from the steletal muscle of fresh water fish, Tilapia mossambica, 1980. *Agric. Biol. Chem.,* **44**(7) : 521

56) 이강호, 젓갈 숙성중의 어육단백질 분해에 관한 연구 1968. 부산수대연보 8(1) : 51

57) 박길홍, 주진순, 새우젓중의 단백질 분해 효소에 대한 연구, 1986, 한국영양학회지, 19(6) : 363

58) 이철호, 이응호, 임무현, 김수현, 채수규, 이근우, 고경희 : 우리나라 수산발효 기술의 특색. 한국식문화학회지. **1**(3) : 267. 1986

59) 이철호, 조태숙, 김수현, 강주희, 양한철 : 가자미 식해에 관한 연구. 한국산업미생물학회지. **11**(1) : 53. 1983