

산·학·연 논문

식품에 대한 초고압처리가공

한기동[†] · 정보영

영남대학교 식품외식학부 식품가공학전공

High Pressure Processing on Foods

Gi Dong Han[†] and Bo-Young Jeong

Department of Food Science & Food Service Industry, College of Natural Resources,
Yeungnam University, Gyeongbuk 712-749, Korea

서론

인류 역사를 거슬러 생각해보면 인간의 생활 방식에 가장 큰 변화를 가져온 것 중 하나가 인간이 불을 사용하게 된 것이라고 할 수 있을 것이다. 불의 사용은 다른 어떤 것보다 음식 문화에 커다란 영향을 끼쳤다고 볼 수 있다. 현대의 대부분의 식품 제조, 가공 기술은 바로 이 열을 이용하고 있다고 볼 수 있다. 열을 이용하는 식품의 제조, 가공 기술은 보존이나 위생 관리에 뛰어나지만, 영양소 및 신선도와 관련된 여러 물질들이 손실될 가능성이 있다는 것은 부정할 수 없다. 최근, 수백에서 수천 MPa의 초고압 사용에 의한 식품 가공은 가열 가공의 여러 가지 문제점을 뛰어넘어, 열처리와 같은 또는 열처리에서 가져올 수 없는 효과를 가진 것으로 확인되어, 현재 활발히 연구가 진행되고 있다.

한편, 식품에 대한 초고압 가공 기술의 적용은 불과 수십 년의 역사를 가지고 있어, 충분히 검토되지 않은 영역과 확립되지 않은 부분이 많이 남아 있다. 본고에서는 초고압 처리의 기본적인 이해와 지금까지 밝혀진 식품에 대한 초고압 처리의 효과와 어떤 식품에 적용이 되고 있는지에 대하여 국내 및 국외의 사례를 소개 하고자 한다.

초고압이란?

우리들은 일상의 생활 중에 압력을 의식하는 일은 거의 없지만, 여러 방면에서 압력은 이용되고 있다. 대표적인 예로, 가정에서 사용하는 압력밥솥과 고압 살균기 등은 높은 압력 하에서는 물의 비등점이 올라가 100°C 이상의 온도가 되는 것을 이용한 것이다. 여기서 압력솥은 보통의 솥보다 견고하게 만들어져 있는 것은 압력이 솥의 내부에서 외부로 힘이 가해짐을 증명하는 것이다. 그러나 여기서

가압은 주로 온도를 올릴 목적이 아닌 가압에 의한 다른 효과를 얻으려는 것은 아니라고 볼 수 있다.

우리가 사는 지구에서 가장 높은 압력은 심해에서 얻을 수 있다. 현재까지 알려져 있는 가장 깊은 심해는 태평양의 마리아나 호(Mariana Trench)의 10,911 m이다. 수중에서는 10 m씩 수심이 깊어지면 1기압씩 높아지므로 계산하면 1,100기압(atm), 즉 110 MPa이 자연계에서 얻을 수 있는 가장 높은 압력이 되는 것이다.

$$1 \text{ atm} = 1.03 \text{ kg/cm}^2 = 1.013 \text{ bar} = 0.101 \text{ MPa} \\ = 14.696 \text{ psi (bf/in}^2\text{)} = 760 \text{ mmHg}$$

식품 가공에 이용되는 압력은 심해의 그것보다 훨씬 높은, 자연계에는 존재하지 않는 100 MPa 이상 1000 MPa까지의 초고압인 것이다. 100 MPa 이상의 압력이 얼마나 큰 힘인가는 쉽게 상상이 가지 않을지 모르지만, 체중이 5톤이 되는 코끼리 두 마리가 지름 1 cm의 동전 위에 올라섰을 때 동전 밑에 가해지는 힘이 400 MPa 정도라는 것을 생각한다면 얼마나 큰 힘인지 알 것이다.

이와 같은 초고압을 어떻게 해서 식품에 가할 수 있을까? 압력을 만드는 용매에는 기체와 액체가 있다. 각각의 성질은 상당히 다르다. 기체는 보일(Boyle)의 법칙[일정한 온도에서 기체의 압력과 그 부피는 서로 반비례한다]이 적용돼, 압력이 2배가 되면 체적이 1/2이 되지만, 물(액체)은 5000 atm(500 MPa)의 압력을 가해도 체적은 86%밖에 감소하지 않는다.

그럼 1은 파스칼(Pascal)의 원리[밀폐된 유체(액체·기체)의 일부에 압력을 가하면 그 압력이 유체 내의 모든 곳에 같은 크기로 전달된다]를 이용해 식품에 대한 초고압의 작용 메커니즘을 간략하게 도식화 한 것이다. 또한, 액체(물) 속에서 물체는 압력을 가하면 모든 면에 균일하게

[†]Corresponding author. E-mail: gdhan1@yumail.ac.kr
Phone: 053-810-2957, Fax: 053-810-4662

압력이 가해지는 것으로부터 균등압 또는 정수압(靜水壓: Hydrostatic pressure)이라고 불리어진다. 고압처리의 대표적인 실험은 바로 계란의 가압처리에 의한 계란 내 외부 성상의 변화를 보여주는 것이라고 하겠다. 계란은 일반적인 환경에서는 조그만 충격에도 깨어지지만, 정수압을 걸 수 있는 가압장치에서는 500 MPa이상의 초고압을 가해도 깨지지 않는 것은 바로 이 때문이다. 그러나 그림 2에 보여지는 것과 같이, 이러한 가압에 의한 균등한 힘은 계란 내부

의 난백 단백질에 대하여 열처리 시와 비슷한(동일하지 않은) 변화를 가져온다.

압력이용의 역사

인간이 압력을 기술로써 이용한 것은 1767년 제임스 왓슨에 의한 증기기관의 개발, 1814년 스티븐슨에 의한 증기 기관차의 발명이 최초라고 생각되고 있다. 그 후, 19세기 말에 발명된 수압펌프에 의해 압력은 다양한 과학 분야에 응용되어, 1884년 Regnar에 의한 가압 하에서 효모의 배양, 1894년 Buchner에 의한 키마제의 발견 등 현대의 생화학의 기초가 되는 연구가 행해졌다.

1912년 Bridgman이 고압 하에서의 물의 상태도를 보고 하여 고압물리학을 확립한 후 1914년에는 고압 하에서의 난백의 응고를 보고했다. Johnson의 연구실에서 Scrips 해양연구소의 ZoBell이 가압배양의 연구를 행해, 그 후 해양 미생물학이 확립될 수 있었다.

고압화학분야에서는 1909년 Harber-Bosch에 의해 암모니아의 고압합성의 공업화, 1936년 Fawcett & Gibson에 의한 에틸렌의 고압중합의 공업화 등 현대의 공업화학의 큰 기초가 되었다.

이와 같이 초고압에 관한 연구는 물리학, 물리화학, 화학, 해양미생물학이라는 광범위한 분야에서 발전 지속되어 왔다.

한편, 식품가공에 있어 가압처리의 응용으로서는 1899년 Hite가 가압처리에 의한 우유의 보존성의 향상을 보고 하였지만, 그 후, 식품가공에서의 응용연구는 당분간 이루어지지 않았다. 이것은 공업적으로 얼음의 대량생산과 가정용 냉장고의 보급 등 그 당시의 식품보존기술의 급속한 진보가 배경에 있다고 생각된다.

1968년에 일어난 미국의 연구용 잠수정 Alvin호의 침몰 사건에서, 1543 m의 해저에 10개월간 방치된 후에 인양해본 결과, 선내에 있었던 승무원의 점심(샌드위치와 사과)이 거의 원형 그대로 남아 있었던 것으로부터 고압 하에서의 미생물생활이 주목을 받게 되었다.

그 후, 미국, 유럽, 일본 등에서 살균기술로써의 가압처리에 다시 관심이 집중되기 시작하였고, 식품가공기술로써 가압처리가 주목을 받기 시작한 것은 1987년 일본 교토 대학의 하야시 교수에 의해 “가압처리의 식품가공에의 응용”이 제창되면서부터라고 할 수 있고, 이후 많은 연구 성과가 발표되었다.

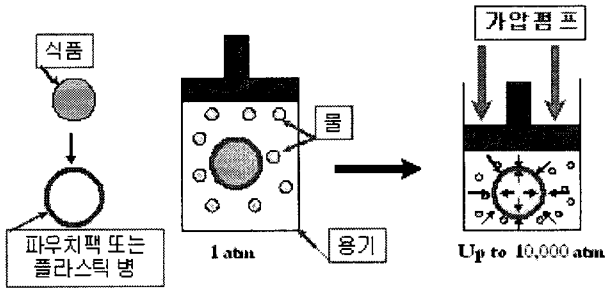


그림 1. 식품에 대한 초고압 작용 메카니즘

파우치 팩이나 플라스틱 병에 포장된 식품을 물로 채워진 가압용기에 넣어 기밀을 유지하면서 펌프에 의해 가압된다. 이 경우 1000 MPa까지 가압될 수 있다.

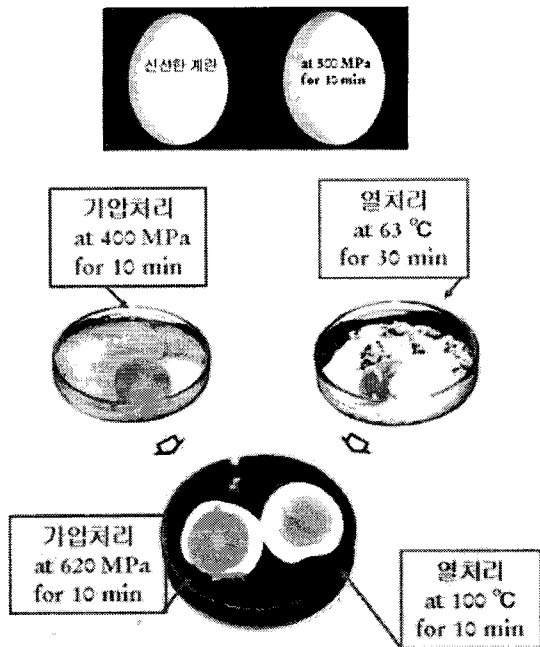


그림 2. 초고압처리에 의한 계란 내 외부의 변화

위: 500 MPa의 초고압은 계란 외부에 변화를 주지 않는다. 아래: 계란의 내부는 400 MPa정도의 가압으로 단백질의 변성이 시작됨을 알 수 있다. 여기서 620 MPa의 초고압 처리로 계란의 노른자위는 균등하게 색이 변해 있지만, 100°C 10분 가열한 계란은 노른자위 표면과 심부의 색이 다름에 주목해야 한다.

식품에 대한 초고압처리기술의 가능성

식품의 살균

지금까지, 식품의 살균목적으로 초고압 기술이 주로 연

구되어 왔으며 많은 연구성과가 보고되어 왔다.

일반적으로 초고압이 가해지면 비공유결합(이온결합, 소수결합, 수소결합)이 변화하는데 비공유결합을 사용한 전체 구조를 만들어내는 단백질, 핵산, 다당류 등의 생체 고분자는 고압에 의해 입체구조가 파괴돼 기능이 소실된다. 지질도 가압의 영향을 받게 되므로 세포막 등이 파괴된다. 따라서 고압처리로 인한 생체성분과 생체조직의 변화가 미생물의 사멸을 유효했다고 볼 수 있다. 살균효과의 지표로써 세균, 곰팡이, 효모 그리고 포자를 가지지 않는 세균 등은 300~400 MPa에서, 기생충은 200~300 MPa에서 사멸된다. 대부분의 경우 실온의 수용액 상태에서 500 MPa의 압력으로 10~20분 처리로 성공적인 살균이 가능한 것으로 알려져, 오렌지과즙, 우유와 술 등에 검토되고 있다. 그러나 식품의 대표적인 성분인 당질과 식염 등의 존재에 따라 살균효과가 다르므로 이러한 요인을 포함해 살균조건을 검토할 필요가 있다. 또 포자는 내압성이 강해 완전히 살균하기에는 무리가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 70~80°C의 가열과 600 MPa이상의 가압처리와 급속한 감압에 의한 스트레스를 이용하면 살균효과가 올라가는 것으로 알려져 있다. 또한 탄산, 질소, 아르곤, 일산화이질소 등 물 용해성 가스를 가압 시 병행함으로써 살균효과를 높일 수 있다고 보고되고 있다.

생식용 꿀의 비브리�균 살균은 초고압처리에 의한 살균효과가 가장 잘 이용되고 있는 대표적인 예의 하나로 볼 수 있다. 생꿀에 고압을 가할 때, 꿀껍질이 제거되지 않아도 된다는 큰 장점이 있다. 이것은 생산자들로부터 이 초고압처리가 각광을 받고 있는 이유 중의 하나이다. 유럽의 식육가공제조업체는 햄이나 원나 소시지 제품에 초고압처리를 하여, 4°C에서 8주 이상의 저장성을 가지는 제품을 유통시키고 있다. 우리나라의 경우도 가열살균이 적합하지 않은 전통식품(김치를 포함한 각종 발효식품, 젓갈류, 전통주) 등에 대한 초고압처리의 효과가 보고되고 있다.

단백질, 전분 등 생체 고분자성분의 변성

생체 고분자식품성분인 단백질, 전분등은 압력을 받으면 입체구조가 무너져 열변성과 비슷한 현상을 일으킨다. 이러한 입체구조를 가역적으로 변화시키는 압력은 단백질에서는 200~300 MPa정도로 생각되고, 전분과 일부 효소는 그 이상의 압력을 필요로 한다. 단백질의 변성은 온도, 압력 그리고 시간에 영향을 받고, 서로의 상관관계는 많이 연구되어 왔다. 물에 불린 쌀을 400~600 MPa의 초고압처리 함으로써 비처리군에 비해 쌀 전분의 호화가 진행되고, 흡수력이 증가되고, 끈기가 있고 그리고 전분의 노화가 지연되는 것으로 알려졌다. 또한 이러한 쌀로 밥을 지은 결과 그림 3에 나타낸 것과 같이 비처리군에 비해 균열과 파열이 없고 거의 밥짓기 전 곡립의 형태를 그대로

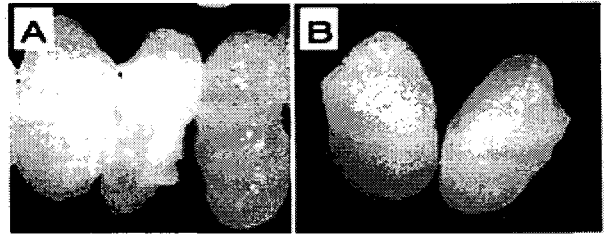


그림 3. 초고압처리와 비처리 쌀로 지은 밥의 비교
A, 비처리군; B, 400 MPa 10 min 초고압처리군.

유지하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 묵은 쌀에 대해서 더욱 뚜렷한 차이를 나타내는 것으로 밝혀졌다.

일본 메이지야(明治屋)식품공업에서 최근에 개발된 초고압 가공잼은 열처리의 약점을 보완하면서 가압처리의 장점을 살린 대표적인 제품이라고 할 수 있겠다(그림 4). 이러한 초고압 잼 가공의 가장 큰 특징은, 원료를 혼합한 후 바로 용기에 넣어 초고압을 가하는 것으로 제품이 완성되는 것이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 기존의 잼가공에서는 필수적인 열처리 공정에 의한 농축과 살균 그리고 냉각공정이 생략 되어 있음을 알 수 있다. 열처리 과정에서 신선한 과일의 향은 대부분 소실되나 초고압처리에서는 이러한 열처리 공정이 들어있지 않아 고스란히 제품에

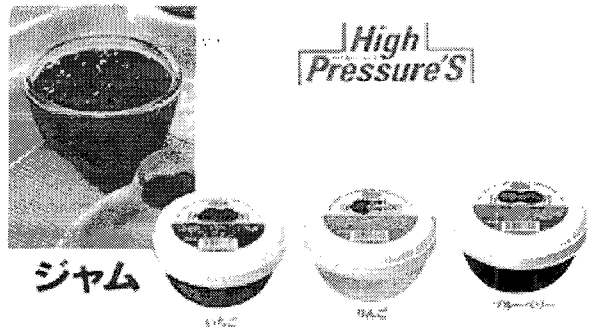


그림 4. 일본 메이지야(明治屋) 식품공업에서 개발된 초고압 가공 잼

왼쪽부터 딸기, 사과 그리고 블루베리 잼이다.

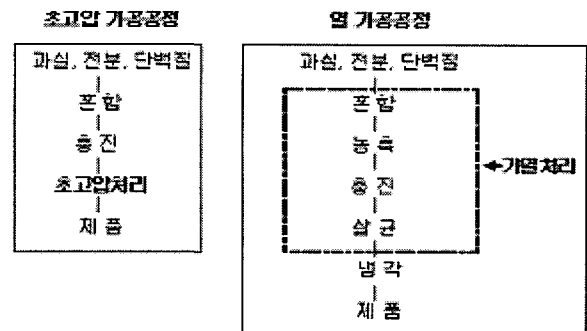


그림 5. 초고압과 열가공에 의한 잼 가공공정의 비교

남아 있다. 이러한 제품은 기존 제품보다 비싸지만 좋은 호응을 얻고 있는 것으로 알려져 있다.

식육가공 부분에서도 최근 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 고압처리에 의한 식육의 연화개선 메커니즘과 관련효소, 각종 근세포의 가압 하에서의 변화 등에 관한 연구는 일본의鈴木敦士(Suzuki Atsushi)의 연구그룹에 의해 폭넓게 연구되고 있다. 한국식품개발연구원에서도 초고압처리를 이용한 신선육의 품질 개선과 양념육의 저장성 향상에 관하여 보고하고 있다.

식육가공제품 중 주목할 만한 것은 초고압기술을 이용한 저염 소시지의 개발이라고 할 수 있겠다. 소시지는 예멸전 제조과정에서 염용성 단백질의 추출을 위해서는 일정량의 소금이 반드시 필요로 되며, 지금까지는 염분 2% 이하의 양호한 식감을 가진 저염 소시지의 개발은 어려운 것으로 여겨져 왔다. 그러나 일본 토야마 현립 식품연구소의多田耕太郎(Tada Koutarou) 박사는 150 MPa의 압력을 8°C 이하에서 10분간 처리하는 것으로 염분 2%이하의 소시지 개발에 성공했다(그림 6).

현재 활발하게 연구되고 있는 한 분야로 효소단백질에 대한 초고압처리가 있다. 단백질인 효소가 가압조건에서 그들의 활성이 변화하리라는 것은 일찍이 예견된 것이라고 볼 수 있다. 식품중의 효소는 온도와 압력의 제어에 의해 활성을 잃거나 오히려 활성화 될 수 있다. 이러한 초고압에 의한 효소활성의 변화 이용하여 발효식품의 생산성향상, 후루츠 주스의 쓴맛 생성 효소의 불활성화, 위에서 언급한 식육연화 효소의 활성화 등에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있고 쓴맛을 제거한 후르츠주스는 현재 시판되고 있다. 초고압처리는 또한 질병과 관련된 미생물 및 바이러스의 가압 하에서의 변화에 대해서도 많은 연구가 진행 되고 있다. 사람면역부전증 바이러스(HIV)의 경우 초고압처리에 의해 엔베로프 성분의 파괴로 HIV바

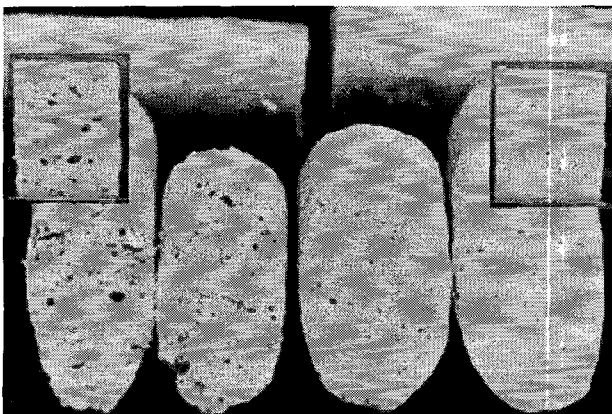


그림 6. 저염 소시지의 단면

좌: 비 처리군, 우: 초고압처리(150 MPa at 8°C for 10 min).

이러스가 불활성화 되는 결과가 나와 있다. 이밖에도 초고압처리에 의한 여러 종류의 생체고분자물질의 변화에 대해서는 많은 연구가 되어오고 있어, 기대이상의 결과도 나올 것으로 보인다.

성분의 추출

초고압에 의한 침투성(浸透性)을 이용해, 식품 중에 당이나 염분의 침투, 식품으로부터 유효성분의 추출이 시도되고 있다. 구체적으로 과실에 대한 당질의 침투, 절임식품(김치포함)에 대한 초고압의 이용, 효모액으로부터 글루타치온의 유출 등을 들 수 있겠다.

식품의 보존

식품의 보존은 살균에 비해, 비교적 저압에서 이루어질 수 있다. 고압에 의한 정균작용은 수십MPa에서 유효한 것으로 생각되고 있는데, 압력용기 등의 부담이 적어 실현 가능성이 크다고 볼 수 있다. 또한 수압펌프는 수동으로 가능하기 때문에 재해시의 음료수 확보나 의약품의 보존이 정전하에서도 확보될 수 있을 것으로 생각된다.

가압에 의한 부동영역(不凍領域)의 이용

가압하에서는 물의 동결온도가 저하하는 특유한 현상을 이용한 식품가공과 보존기술이다.

물의 고압 하에서의 상태는 그림 7과 같다. 물은 0°C이하의 온도에서도 부동영역이면 얼지 않고 있다. 그 때문에 빙점하 부동결 보존, 가압해동, 급속동결 등의 식품에의 이용이 생각된다. 빙점하 부동결 보존방법은 딸기, 우유, 계육 등에서 검토되어있다. 200 MPa이하의 압력의 부동영역 온도 조건하에서 동결보존에 비해서 선도유지 보존이 가능하다. 가압해동에 대해서는 우유, 다량어, 성게, 대구내

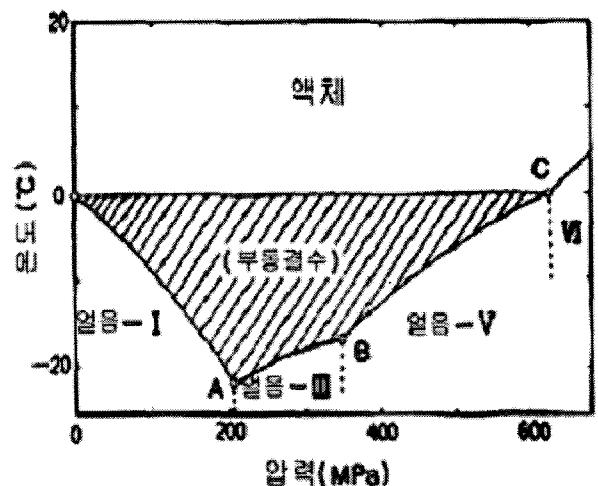


그림 7. 가압에 따른 물의 상태도

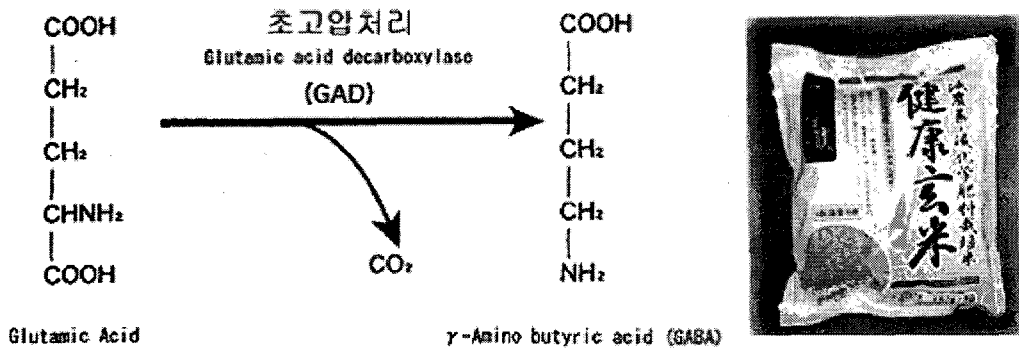


그림 8. 초고압 처리에 의한 현미 중 GABA의 생성촉진 메커니즘과 그 제품

장(곤) 등에서도 검토가 되어 양호한 결과가 나오고 있다.

통상, 상압하의 저온고습도 해동에 비해 5°C, 150 MPa에서는 1/3, 200 MPa에서는 1/5의 시간에 해동이 이루어진다. 또한 육가공공장에서 많이 이용되는 침수(浸水)해동은 침수에 따른 육즙의 유실이 올 수 있으나, 가압해동으로 이를 방지할 수 있어 유용하다. 급속 동결에 대해서는 미세한 얼음의 생성이 가능하여, 일본에서는 두부를 동결시켜 특이한 식감을 주는 타카노두부(高野豆腐)의 제조에 이용하려는 시도가 이루어지고 있다.

가압에 의한 반조리

식품의 조리와 가공 분야에서 가압-가열을 병용하여 많이 사용하여 왔다. 말하자면, 하이브리드가공기술은 단일 조작의 결점을 보충하는 효과가 있어. 장래에는 상당히 유망한 분야로 생각 된다. 예를 들면, 현재의 급식 등의 식재를 미리 가공함으로써 미생물의 거동 등을 제어해(병원성의 균류의 살균목적에도 좋다) 선도와 영양소를 유지한 반조리 식 재료로 만드는 것이다. 그 후, 간단한 가열이나 조리를 행함으로써 위생적이고 영양소가 풍부한 식사를 제공할 수 있을 것이다.

초고압처리를 이용한 기능성 식품개발

초고압처리는 단백질의 고차구조에 변화를 주어 다른 물성을 나타낼 수 있다는 것과 효소의 활성에 변화를 줄 수 있다고 위에서 언급하였다. 이러한 물성변화를 이용한 기존에 없는 전혀 새로운 제품이 하나 둘씩 시장에 나오고 있다. 현미중의 글루타민은 글루타민산 탈수소효소(GAD: Glutamic acid dehydrogenase) 작용을 받아 혈압강화작용이 있는 GABA(γ-amino butyric acid)를 생성한다. 이때, 현미에 초고압처리를 하게 되면 GAD효소가 활성화되어 GABA의 생성을 촉진하게 되어 결과적으로 GABA기능성이 보강된 현미가 되는 것이다. 그림 8은 이러한 초

고압처리에 의한 현미중 GABA의 생성촉진 메커니즘을 나타내고 있다. 또한, 일본의 한 제과회사에서는 초고압처리를 이용하여 쌀의 알레르겐 단백질을 감소시킨 저알레르겐 즉석 밥을 내놓고 있다. 이는 쌀의 주알레르겐 단백질인 16 kDa을 초고압처리에 의해 감소시킨 것이다(그림 9). 저자는 초고압처리를 이용하여 우유의 주된 알레르겐 성분인 BSA와 BGG의 영향에 대해서도 자세히 보고하였다.

시장에 나와있는 제품들

육가공품과 수산품 등의 저장성을 향상시킨 제품이 유럽과 미국에서 판매되고 있고, 가장 활발하게 여러 식품가공부분에서 제품을 내고 있는 곳은 일본이라고 할 수 있다. 현재, 시장에는 초고압처리를 한 맛살, 간장, 소스(타레, 츠유), 즉석 밥, 떡, 어묵, 햄, 소시지, 단무지, 굴, 쌀 등이 일반소비자에게 판매되고 있다. 일본정부는 이러한 제품을 일반 제품과 쉽게 구분하기 위하여 초고압처리제품에 대하여 전용마크 표시제를 실시하고 있다(그림 10).



그림 9. 일본의 에치고 제과(越後製菓)에서 개발된 A-cut라는 상품명에 저알레르겐 즉석 밥과 떡

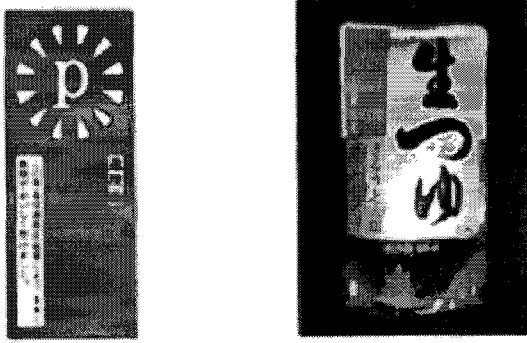


그림 10. 일본의 고압처리제품에 대한 P 마크제도

초고압처리 제품을 일반 제품과 구별하기 위해 일본에서는 P 마크 제도를 도입해 실시하고 있다.

초고압처리 장치의 종류

회분식(batch type) 초고압 처리장치: 그림 1에서와 같이 이 장치는 압력용기를 가지며, 처리되는 피검체는 물로 채워진 압력용기에 넣어진 후 피스톤이 용기 내를 밀고 들어감에 따라 용기용량이 작아지는 것에 의해 가압이 된다. 이러한 구조를 가지는 장치는 가압처리가 1회분씩(1 batch)이 되고, 고체 식품이나 한번에 대량처리에 유리하지만, 고압이 될수록 또는 압력용기의 내경이 클수록 압력용기의 두께는 증가하고 그 증가와 더불어 장치의 무게도 증대된다. 무엇보다 가격이 올라가게 된다(그림 11).

연속식 초고압 처리장치(Continuous type): 종래의 고압처리장치에서는 어려운 것으로 여겨진 처리 검체의 연속처리를 가능하게 만든 것이다. 내압도관에 가압한 식품을 통과시켜, 도관의 교축밸브에서 고압으로 해서 연속적으로 처리한 것을 배출하는 장치이다. 이것은 최근에 개발된 것으로 액체와 슬러리 상태의 제품, 예를 들어 주스류, 살사(Salsas)제품에 주로 이용되고 있다.

전세계적으로, 초고압가공기술의 무수한 장점에도 불구하고, 이 기술을 이용해 제조된 식품은 아직 일부에 한정되어 있다. 그 첫 번째 이유로 바로 고가의 초고압처리장치의 구입에 따른 생산단가 증가를 들 수 있겠다. 최근에 유럽과 일본의 많은 장치제조업체들이 이러한 초고압처리장치를 개발하고 있어 상대적으로 가격이 내려가고 있으나 아직 수십억원의 장치를 기업이 쉽게 도입하기는 어려울 것 같다. 우리나라의 경우 연구용 초고압장치는 여러 곳에서 이용되고 있으나, 제품생산용 대용량의 초고압처리장치를 갖추고 있는 식품회사는 아직 없는 것으로 알고 있다.

결 론

이와 같이 식품에 대한 초고압사용은 미국, 유럽, 일본이 주도하고 있는 것으로 보인다. 그러나 일본은 초고압기술을 하나의 새로운 식품가공기술로 연구하고 응용하여 왔다는 측면에서 주로 살균목적으로 초고압을 이용하여 온 미국, 유럽과 다르다고 할 수 있겠다. 저자 또한 초고압기술은 살균목적뿐만 아니라 다양한 식품가공에 이용될 수 있다고 생각한다. 앞으로 초고압관련 연구자뿐만 아니라 식품관련 연구자가 여러 부분에 걸친 검토가 이루어진다면 식품개발에 있어 가열처리를 대신할 전혀 새로운 기술의 하나로 자리매김 할 것으로 전망된다. 일본은 초고압가공기술의 중요성을 인식하고, 2004년부터 정부산하 식품종합연구소에 전문 팀을 두고 식품가공에 있어 고압기술의 이용 및 보급을 지도하여 그 상용화에 힘을 쏟고 있다. 초고압가공기술은 지금 주목받고 있는 웰빙 식품(기능성식품)의 개발뿐만 아니라 다른 분야(신약개발 및 치료기술)에의 이용도 기대되므로 우리나라도 정부차원에서 지원과 산학연의 연구 및 제품개발에 힘을 기울여야 할 것으로 보인다.

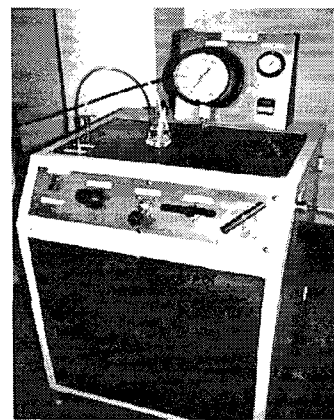


그림 11. 일본 고베제강소(神戸製鋼所)의 피스톤 직압식 초고압장치(왼쪽), 액체용 연속고압장치(오른쪽)
 피스톤 직압식 초고압장치: 내경 50 mm, 길이 150 mm, 최대 981 MPa 가압이 가능하고 자동회분식 장치이다.

참고 문헌

1. Hoover DG, Metric C, Papneau AM, Farkas DF, Knorr D. 1989. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technol* 43: 99-107.
2. Metrick C, Hoover DG, Forkas DF. 1989. Effect of high hydrostatic pressure on heat-resistant and heat sensitive of *salmonella*. *J Food Sci* 54: 1547-1549.
3. Morild E. 1981. The theory of pressure effects on enzyme. *Adv Protein Chem* 34: 93-166.
4. Lee DU, Park JY, Lee YB, Yeo IH. 1995. Inactivation of microorganisms and browning enzymes in *Angelica keiskei* juice using high hydrostatic pressure. *Korean J Food Sci Technol* 27: 991-996.
5. Lee DU, Park JY, Lee YB, Yeo IH. 1996. Effect of high pressure on the shelf-life and sensory characteristics of *Angelica keiskei* juice. *Korean J Food Sci Technol* 28: 105-108.
6. Hong SI, Park WS, Pyun YR. 1997. Inactivation of *Lactobacillus* sp. from kimchi by high pressure carbon dioxide. *Lebensm Wiss U Technol* 30: 681-685.
7. 藤井建夫, 里見弘治. 2001. 食品微生物Ⅱ制御編: 食品の保全と微生物. 幸書房. p 21-22, 226.
8. 山本和貴, 松原真樹, 川崎晋, 川本伸一. 2004. 大腸菌高圧殺菌の予測微生物学的評価. 日本食品工学会, 要旨集. p 89.
9. 목철균, 송기태, 이상기, 박종현, 우전조, 임상빈. 2000. 초고압 처리에 의한 새우젓의 미생물변화. 한국식품과학회지 32: 349-355.
10. 좌미경, 임상빈, 목철균, 박영서. 2001. 초고압 처리에 의한 좁쌀탁주의 미생물 살균 및 효소 불활성화. 한국식품과학회지 33: 226-230.
11. 山本和貴, 深見 健, 松原真樹, 根本清子, 八田珠郎. 2004. 超高压处理澱粉の相変化. 日本応用糖質科学会, 要旨集. p 19.
12. 山崎 彬, 杵淵美倭子, 山本和弘, 山田明文. 1996. 高压处理を施した浸漬米の炊飯後の微細構造と物性. 高压力の科学と技術 5: 168-178.
13. 山崎 彬, 笹川秋彦, 山田明文. 1996. 高压处理による収穫後の農産物中への有用組成の増強 (第1報) ビタミンC含有量の消長. 熱測定 23: 149-158.
14. 杵淵美倭子, 渡辺勝也, 小宮新一, 山崎 彬, 山元皓二. 1999. 高压处理による食品加工の研究と米飯開発. 応用糖質 46: 31-39.
15. 鈴木敦士, 林力丸. 1997. 高压生物学と高压技術. さんえい出版, 日本. p 3-155.
16. 菅野 長右ヱ門, 林 力丸. 2000. 高压バイオサイエンスとバイオテクノロジー. さんえい出版, 日本. p 159, 189, 215.
17. 鈴木敏郎, 多田耕太郎. 2002. 高压处理を利用した低塩濃度ポークソーセージの製造について. 日本食品保蔵科学会誌 28: 247-252.
18. Kubo T, Gerelt B, Han GD, Sugiyama T, Nishiumi T, Suzuki A. 2002. Changes in immunoelectron microscopic localization of cathepsin D in muscle induced by conditioning or high-pressure treatment. *Meat Sci* 61: 415-418.
19. Han GD, Matsuno M, Ikeuchi Y, Suzuki A. 2002. Effects of heat and high-pressure treatments on antigenicity of beef extract. *Biosci Biotech Biochem* 66: 202-205.