

고압처리에 의한 Alliinase의 불활성화가 마늘의 풍미에 미치는 영향

손경현 · 임재각 · 공운영 · 박지용* · 野口明德**

제일제당 식품연구소, *연세대 식품생물공학과, **일본식품종합연구소

High Pressure Inactivation of Alliinase and Its Effects on Flavor of Garlic

Kyung-Hyun Sohn, Jae-Kag Lim, Un-Young Kong,
Jiyong Park* and Akinori Noguchi**

Foods R&D Center, Cheiljedang Corporation

*Department of Food and Biotechnology, Yonsei University

**National Food Research Institute, Ibaraki, Japan

Abstract

The effects of high pressure on alliinase and on flavor of garlic (*Allium sativum* L.) were investigated. After pressurized at 150 MPa, 300 MPa, and 500 MPa for 10 min, the activities of purified alliinase were reduced approximately 30%, 80%, and 100%, respectively, while the enzyme activities of pressurized garlic cloves were reduced 0%, 7%, and 100%, respectively. This indicated that the intact garlic has a protective effect against pressure-inactivation of alliinase. Alliinase was more effectively inactivated when high pressure treatment was carried out at high (>40°C) or low temperature (<10°C) than ambient temperature. Pressure treated garlic at 500 MPa had little pungency and sulfuryl odor compared to raw garlic indicating that high-pressure processing can be used to produce garlic without pungent flavor.

Key words: high pressure, garlic, alliinase, allicin, flavor

서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 중요한 향신료로서 오랜 세월에 걸쳐 애용되어 왔으며, 최근 피로회복, 뇌일혈 예방, 관상동맥혈전증 치료, cholesterol 저하 등에 대한 효과가 증명되기 시작하여 질병예방식품으로서 주목을 받고 있다⁽¹⁾.

마늘의 강한 냄새는 마늘세포 내에 존재하는 alliinase라는 효소가 원인이다. 마늘의 냄새 물질인 allicin은 전구물질인 alliin으로부터 alliinase의 작용에 의해 생성된다. 마늘, 양파 등 알리움(*Allium*)속 식물에는 alliinase와 alliin이 각기 다른 부위에 존재하며, 마늘의 마쇄 또는 절단시 마늘세포가 파괴되면서 기질 (alliin)과 효소가 반응하여 allicin 및 pyruvic acid가 생성된다⁽²⁾. 생성된 allicin은 자발적으로 분해하여 di-

allyl disulfide, allyl methyl disulfide 등 냄새성분들이 형성되는데, 이들은 자극성이 강하여 섭취후 오랫동안 입냄새로 남아 불쾌감을 야기시킨다. 한편 allicin은 마늘의 냄새 물질일 뿐만 아니라, 다량 섭취시 위점막을 손상하며, 알리신에서 생성되는 allyl disulfide는 용혈 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 최근 건강증진에 대한 소비자들의 관심이 고조되면서, 마늘을 이용한 다양한 제품이 상품화되고 있으며, 특히 allicin 함량을 줄인 무취마늘이 일본을 중심으로 제품화되어 있다⁽³⁾.

Hara 등은 생주를 100~600 MPa로 고압 처리한 결과 α -amylase, glucoamylase, protease, carboxypeptidase의 활성이 20~30% 정도 감소되었으며, 가압 시간의 연장, 처리 온도의 상승, 알코올 농도의 증가에 의하여 불활성화 정도가 높아진다고 보고하였다⁽⁴⁾. 효소의 불활성화에 필요한 압력은 미생물의 사멸에 필요한 압력보다 높은 경우가 많은데, 예를 들면 citrus juice에 함유된 pectin methyl esterase의 불활성화에는 20°C-1000 MPa-10분 또는 57°C-600 MPa-10분

Corresponding author: Kyung-Hyun Sohn, Foods R&D Center, Cheiljedang Corporation, 636 Guro-dong, Seoul 152-050, Korea

의 처리가 필요한 것으로 알려져 있다⁽⁶⁾. 고압처리 기술을 효소의 불활성화에 응용하여 쓴맛을 제거한 자몽주스가 일본에서 제품화되었다. 이 제품은 자몽주스 착즙액을 120~400 MPa로 고압 처리하여 자몽주스의 쓴맛 성분인 limonin의 생성을 방지하였다⁽⁶⁾.

이상과 같이 고압을 이용함으로써 식품중 일부 효소의 불활성화가 가능하며, 특히 이 방법은 열을 가하지 않기 때문에 향기성분이나 영양성분이 그대로 유지되는 장점이 있다. 일반적으로 300 MPa 이상에서 단백질은 변성되며, 100~200 MPa 정도의 낮은 압력에서는 단백질의 변성이 일어나지 않거나, 가역반응으로 변성된 단백질의 재생이 일어난다. 따라서 효소를 완전히 제거하기 위해서는 단백질의 가역반응을 방지할 수 있도록 효소를 불활성화시켜야 하며, 현재까지 이러한 비가역적 효소 불활성화는 비교적 높은 압력의 처리조건을 필요로 하는 것으로 알려져 있다⁽⁷⁾.

본 연구는 마늘에 초고압을 적용하여 alliinase의 압력에 의한 변화를 조사하여 고압처리에 의한 효소 불활성화 및 마늘의 냄새 조절에 고압의 이용 가능성을 보고하는 바이다.

재료 및 방법

고압처리 장치

신선한 생마늘을 세포조직이 손상되지 않게 조심하여 박피한 다음 polyethylene bag에 담은 후 진공 밀봉하여 초고압장치에 투입하여 고압처리를 실시하였다. 이때 고압장치로서 표준형 식품가압기(Hyprex, Yamamoto Suitsu, Japan)를 사용하였으며, 이 기기는 고압용기, 고압발생장치(고압펌프), 증압장치로 이뤄져 있었다(Fig. 1). 100~600 MPa로 고압 처리한 마늘은 분석 전까지 4°C에 보관하였다. 가압처리는 압력을

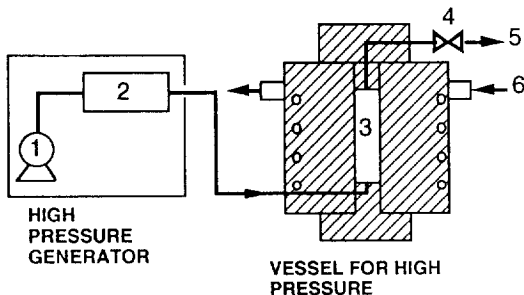


Fig. 1. Block diagram of hydrostatic pressure system (1) motor; (2) piston; (3) water; (4) valve; (5) drain; (6) hot water

2~3분간 상승시킨 후, 일정시간 압력을 유지하고, 이후 압력을 해제하는 방식을 사용하였다.

효소액의 제조

Alliinase 정제효소는 다음의 방법으로 제조하였다. Glycerol을 10%로 첨가한 20 mM Na/K 인산완충액(pH 7.0)에 마늘 인편 100 g을 혼합하여 저온(4°C)에서 Waring blender로 균질화시켰다. 균질액을 4겹의 cheese cloth로 거른 후 여과액을 4°C에서 15,000 g로 1시간 원심 분리하였다. 상등액에 ammonium sulfate를 포화도 33%로 첨가하여 4°C에서 30분간 약하게 교반하였다. 침전된 단백질을 원심분리로 회수하여, 10% glycerol 및 포화도 20% ammonium sulfate를 함유한 20 mM Na/K 인산완충액 50 ml에 용해시켰다. 20 mM Na/K 인산완충액을 사용하여 4°C에서 24시간 투석하였다. 투석액을 15,000 g에서 원심 분리하여 불용성 물질을 제거한 다음 부분 정제된 효소로 사용하였다.

Alliinase 활성의 측정

100 mM 인산완충액(pH 6.5) 0.4 ml, 0.025 mM pyridoxal 5'-phosphate 0.1 ml, 40 mM S-ethyl-L-cysteine sulfoxide 0.4 ml 및 0.1 ml 효소액으로 된 반응액 1 ml을 제조하였다. 반응액을 30°C에서 5분간 정지한 다음 10% (w/v) trichloroacetic acid 2 ml를 첨가하여 효소반응을 종료하였다. 침전된 단백질을 원심분리하여 제거한 다음 alliinase에 의하여 생성된 pyruvate를 Sigma diagnostic kit (No.726-UV)를 사용하여 측정하였다. 1분에 1 micromole pyruvate를 생성시키는 효소량을 1 U로 하였다.

Alliin 분석

마늘 추출물 중의 alliin 함량을 측정하기 위하여, HPLC 방법을 사용하였다. Sepherisorb ODS-2 column (4.6×250 mm)을 장착한 HPLC system (LKB, Bromma, Sweden)을 사용하였다. 용매로 acetonitrile : water : methanol (50 : 41 : 9)을 유속 1.0 ml/min로 하여 분리한 다음, LKB UV monitor로 280 nm에서 검출하였다. 한편 표준물질로 alliin을 Iberl의 방법⁽⁸⁾에 따라서 합성한 다음, Sephadex LH-20을 사용한 액체 크로마토그래피 정제후 사용하였다.

마늘 향의 강도

마늘 냄새의 강도를 향감지기(Fragrance sensor SF-105, Toyo Corporation, Japan)를 사용하여 밀폐주입법

(sealed injection method)으로 측정하였다. 가압처리한 마늘 5 g 및 대조구로 생마늘 5 g을 별도로 마쇄한 다음 probe를 미리 장착시킨 측량병에 주입시킨 후 측량병을 완전 밀폐하였다. 실온에서 40분간 정치하면서 나타나는 반응치를 recorder로 40분간 기록하였다. 이때 황화합물 (sulfide, disulfide)에 가장 민감한 353 AN probe를 사용하였다.

고압처리 마늘의 관능평가

마늘의 냄새강도를 평가하기 위해 가압처리한 마늘과 증류수를 1 : 2.5 (w/w)로 혼합 후 마쇄하여 제조한 액을 20명의 관능요원에게 제시하였다. 한편 대조구로 생마늘을 동일하게 처리하여 제시하였으며, 매운맛과 냄새에 대하여 각각의 강도를 5점 스케일 (1: 전혀 느낄 수 없음, 2: 거의 느낄 수 없음, 3: 느껴짐, 4: 강함, 5: 매우 강함)로 평가하였다.

고압처리 조건의 반응표면 분석

고압처리 조건을 최적화시키기 위하여 반응표면 분석법(response surface methodology)을 적용하였다. 마늘의 가압처리에 독립변수(independent variable)로서 압력 (X₁), 온도 (X₂), 시간 (X₃)을 선택하여, 중심합성

회전 계획(central composite rotatable design)에 따라 5단계 수준(-1.682, -1, 0, 1, +1.682)으로 구성하였다 (Table 1). 반응 변수(response variable)로서 pyruvate 함량을 측정하였다. 통계분석은 SAS 프로그램의 RSREG (response surface regression)을 사용하였으며⁽³⁾, 3D graph는 SYSTAT 프로그램의 PLOT으로 작성하였다⁽⁴⁾.

결과 및 고찰

고압처리에 의한 alliinase의 불활성화

고압에 의한 alliinase의 활성변화를 알아보기 위하여, alliinase 효소액을 150~500 MPa의 압력으로 25°C에서 0~40분간 처리하였다. 150 MPa의 압력에서 alliinase의 활성은 처리시간의 경과와 함께 지속적으로 감소되어, 40분후 58% 불활성화되었다 (Fig. 2). 300 MPa에서는 10분후 효소활성이 80% 정도 감소되었으나, 처리시간을 더 연장하여도 추가적인 활성저하는 나타나지 않았다. 500 MPa에서는 5분만에 완전히 불활성화되었다. 따라서 500 MPa 정도의 고압처리에 의하여 효과적으로 alliinase를 불활성화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

한편 실제 마늘에서의 alliinase의 활성변화를 알아보기 위하여, 깎 마늘을 150~500 MPa의 압력으로 25°C에서 0~40분간 처리하였다. 150 MPa 및 300 MPa에서는 고압처리에 의한 alliinase의 활성 저하는 거의 나타나지 않았다(Fig. 3). 500 MPa에서는 20분

Table 1. Central composite rotatable design for three factors

Expt. No.	Coded Variables			Process Variables		
				X ₁ (MPa)	X ₂ (°C)	X ₃ (min)
1	-1	-1	-1	300	25	30
2	1	-1	-1	500	25	30
3	-1	1	-1	300	55	30
4	1	1	-1	500	55	30
5	-1	-1	1	300	25	50
6	1	-1	1	500	25	50
7	-1	1	1	300	55	50
8	1	1	1	500	55	50
9	-1.682	0	0	232	40	40
10	1.682	0	0	568	40	40
11	0	-1.682	0	400	14.77	40
12	0	1.682	0	400	65.23	40
13	0	0	-1.682	400	40	23.18
14	0	0	1.682	400	40	66.82
15	0	0	0	400	40	40
16	0	0	0	400	40	40
17	0	0	0	400	40	40
18	0	0	0	400	40	40
19	0	0	0	400	40	40
20	0	0	0	400	40	40

X₁=(pressure in MPa-400)/100
 X₂=(pressurization temperature in °C-40)/15
 X₃=(pressurization time in min -40)/10

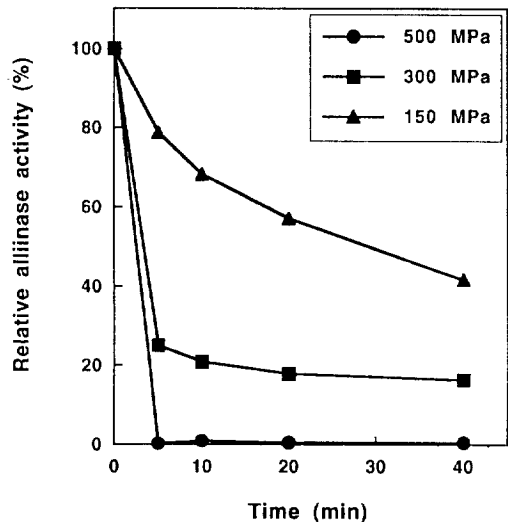


Fig. 2. Changes in relative activity of purified alliinase from garlic by high pressure treatments at 25°C

처리로 완전히 불활성화되었다.

Fig. 2와 Fig. 3의 결과를 비교해 보면 300 MPa에서 조효소액 상태의 alliinase는 현저히 불활성화되었으나, 마늘 내부에 존재하는 alliinase는 거의 활성이 저하되지 않았다. 따라서 동일한 효소라도 상태에 따라 압력에 의한 불활성화 정도가 다른 것을 알 수 있다. 즉 조효소액 상태보다 마늘 내부에 존재하는 상태가 압력에 대한 저항성이 더 있음을 알 수 있다. 이러한 현상에 대하여 2가지의 추측이 가능한데, 첫째는 우선 마늘의 alliinase는 독자적으로 존재하기보다는 세포내의 성분과 결합된 형태로 존재할 수 있으며, 이러한 결합이 효소의 안정화에 기여할 가능성이 있다. 한편 분리된 alliinase 조효소액은 이러한 안정된 결합이 손실되어 쉽게 불활성화될 수 있다. 두 번째의 가능성은 마늘내부에 소량의 기체가 존재할 가능성이 있으며, 이 경우 압력전달의 장애로 작용할 수 있다.

Stoll과 Seebeck은 alliin으로부터 alliin의 전환을 조사하였고, 이 전환에 관여된 효소를 alliinase라 명명하였다⁽¹¹⁾. 이 전환에 관여하는 알리움 속의 효소들에 대하여 alkylcysteine sulfoxide lyase, cysteine sulfoxide lyase, C-S lyase 등 여러 이름들이 사용되어 왔으나, 현재 공식명으로 alliin alkyl-sulfenate lyase (EC 4.4.1.4)를, 일반명으로 alliin lyase 또는 alliinase를 사용하고 있다. Pruthi와 Singh은 끓는 물에서 2.5분간 마늘 인편을 블렌칭하여 alliinase가 완전히 불활성화됨을 보고하였다⁽¹²⁾. 그러나 이러한 블렌칭 처리는 동시에 마늘의 조직을 현저히 물러지게 한다. 본 연구에

의한 결과, 500 MPa 정도의 고압처리에 의하여 alliinase를 완전 불활성화시킬 수 있었으며, 이 경우 조직감의 손상이 거의 나타나지 않았다.

고압처리에 의한 alliin의 변화

마늘을 25°C에서 150~500 MPa의 압력으로 20분간 고압 처리하여 alliin의 함량변화를 관찰하였다. 150 MPa에서는 alliin의 함량에 변화가 없었으며, 300

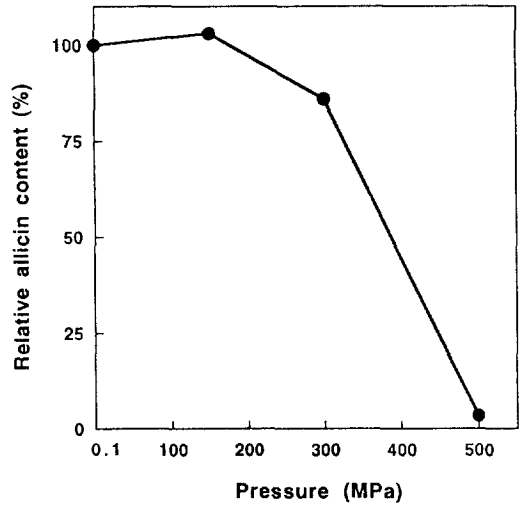


Fig. 4. Relative alliin content in garlic cloves after high pressure treatment for 20 min at 25°C

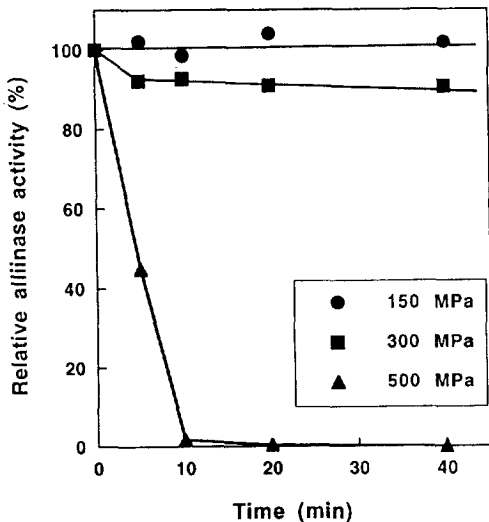


Fig. 3. Changes in relative alliinase activity of garlic cloves by high pressure treatments at 25°C

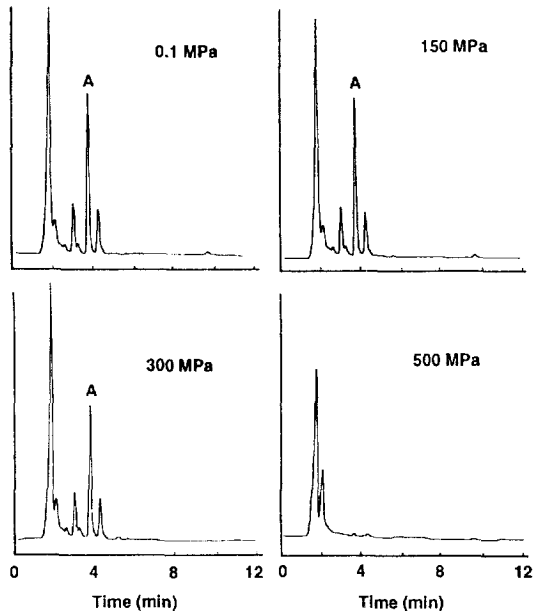


Fig. 5. HPLC chromatograms of extracts of high pressure-treated garlic A: alliin peak

MPa에서는 14% 감소하였다(Fig. 4). 500 MPa로 고압 처리한 마늘에서는 거의 alliin이 생성되지 않았다. 이 결과는 전술한 alliinase 불활성화 결과(Fig. 3)와 일치하는 것이다. 즉, 500 MPa에서 alliinase가 완전 불활성화되어 alliin이 생성되지 않음을 알 수 있었다. 생마늘 및 150 MPa, 300 MPa, 500 MPa로 가압처리한 마늘의 HPLC chromatogram (Fig. 5)을 보면 allicin peak의 높이는 150 MPa에서는 변화가 없었으며, 300 MPa에서는 약간 낮아졌다. 한편 500 MPa에서는 allicin peak가 나타나지 않았다.

Alliin은 alliin에 alliinase가 작용하여 생성되는 1차 생성물로서, 마늘의 매운 맛을 나타내는 성분이며, 생성된 allicin은 자발적으로 분해되어 마늘 특유의 자극성 냄새를 형성한다. 500 MPa에서의 고압처리에 의한 alliinase의 완전 불활성화로 allicin의 생성이 방지되었고, 따라서 고압처리에 의하여 자극성 냄새가 생성되지 않는 마늘의 제조가 가능함을 알 수 있었다.

고압처리에 의한 마늘 향의 변화

마늘, 양파, 파와 같은 알리움속 식물은 자체로는 특유의 향이나 취를 갖지 않지만, 절단 또는 분쇄시 특유의 향 및 취가 급속히 생성된다. 고압처리에 의한 향기성분의 변화를 알아보기 위하여, 300~500 MPa에서 20분간 고압 처리한 마늘과 무처리 마늘을 페이스

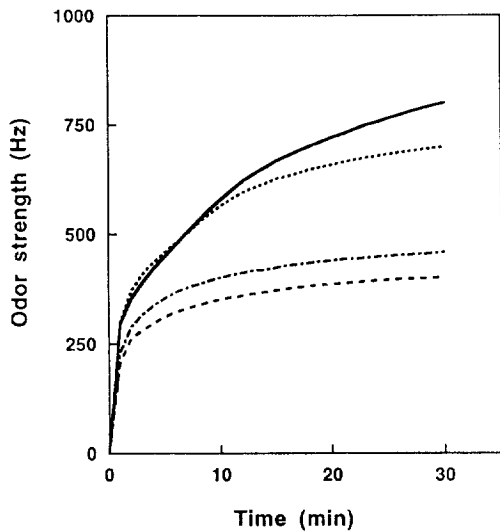


Fig. 6. Effect of high pressure on garlic flavor production After pressurization for 20 min at 25°C, 5 g of garlic was homogenized and placed into sealed bottle; The change of frequency in fragrance sensor was recorded for 30 min at room temperature: 300 MPa, -----: 400 MPa, - - - - -: 500 MPa, — No treatment

트로 하여 밀폐된 병에 주입하여 경시적인 향생성을 fragrance sensor로 측정하였다. 30분 경과후의 fragrance sensor의 반응치를 비교해 보면, 무처리 마늘은 800 Hz, 300 MPa로 처리한 마늘은 700 Hz, 400 MPa로 처리한 마늘은 460 Hz, 500 MPa로 처리한 마늘은 403 Hz이었다(Fig. 6).

Fragrance sensor의 합성막에 향기성분이 흡착하면 막과 연결된 수정 진동자에서 진동수의 변화가 발생하며, 이러한 진동수의 차를 측정하여 향기성분의 흡착량을 구할 수 있다. 따라서 300 MPa, 400 MPa 및 500 MPa로 고압 처리하여, 향 생성은 각각 생마늘의 87%, 57% 및 50% 수준임을 알 수 있었다. 한편 alliinase가 완전 불활성화되는 500 MPa에서도 향기성분의 반 정도가 잔존하는 것은 가압처리에 의한 효소 불활성화로 alliinase에 의한 향의 생성은 정지되었으나, 원래 마늘에 존재하는 향은 그대로 남아 있기 때문인 것으로 생각된다.

고압처리에 의한 마늘 관능특성의 변화

고압처리에 의한 마늘의 관능특성의 변화를 무처리한 마늘과 비교하였다. 생마늘은 매운맛의 강도가 4.9점(아주 강함)이었으며, 500 MPa에서 20분간 고압 처리한 마늘은 2.4점(거의 느낄 수 없음)이었다(Fig. 7). 자극성 냄새의 강도는 생마늘은 3.3점(느껴짐)이었으며, 고압처리한 마늘은 2.1점(거의 느낄 수 없음)이었다. 이상의 관능검사 결과로부터 500 MPa의 고압처리에 의하여 마늘의 매운맛과 자극성 냄새를 효과적으로 제거한 무취마늘을 제조할 수 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 행하여지고 있는 무취화 방법⁽⁶⁾ 중의 하나는 진공소취법(vacuum deodorization process)이다. 이 방법의 제한은 높은 온도(120°C)에서 처리되기 때문에 효소가 비가역적으로 변성되며 더욱 중요한 사

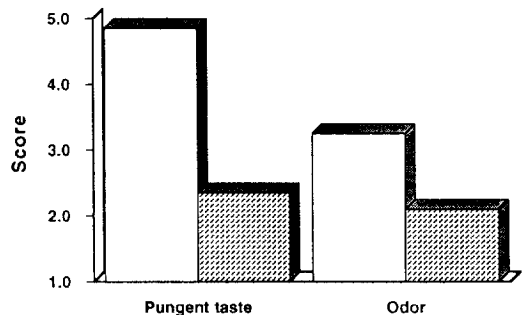


Fig. 7. Sensory properties of high pressure-treated garlic at °C □: No treatment (control), ■: 500 MPa, 20 min

실은 기질의 많은 부분이 열처리에 의해 파괴된다는 것이다. 또한, 이 방법으로는 가열시 생성되는 물질 때문에 완전 무취화는 어렵고 다른 소취제 처리를 병행하여야 된다. 또 한가지 일반적으로 사용되는 제조공정은 발효방법이다. 이 방법은 마늘성분을 냄새발생을 억제하는 용매(예: methanol)속에서 추출하여 저온에서 발효에 의하여 서서히 냄새성분을 제거하는 방법이다. 이 방법의 문제점으로는 해로울 수 있는 용매가 제품에 잔여할 수 있다는 것과 장시간 발효를 하여야 하는 점이다. 한편 고압처리에 의한 무취화시 이러한 문제들이 해결될 수 있었으며, 마늘의 형태와 조직감이 유지되는 등 장점이 있었다.

반응표면 분석에 의한 고압처리 조건 최적화

마늘의 냄새의 강도를 측정하는 지표로서 pyruvic acid의 함량을 이용할 수 있으며⁽¹³⁾, 이것은 alliinase의 작용으로 allicin과 pyruvic acid가 동시에 생성되기 때문이다. 본 연구에서는 압력, 온도, 시간을 3가지 변수로 하여, 고압처리 조건이 pyruvate의 생성에 미치는 영향을 검토하였다.

Pyruvate의 생성에 미치는 온도의 영향은 전형적인 종모양을 나타내어, 30~35°C 부근에서 가장 많이 생성하였다(Fig. 8). 이러한 현상은 alliinase의 반응에 미치는 온도의 영향 때문으로 추측할 수 있다. 또한 이 결과는 alliinase의 최적온도(33~37°C)에 대한 현재까지의 보고^(14,15)와 일치함을 알 수 있었다. 한편 처리압력이 높아질수록 pyruvate의 생성량은 감소하였으며(Fig. 8), 이것은 압력의 증가와 함께 alliinase의 불활성화가 증가하기 때문이다. 또한 10°C 이하의 온도에서는 낮은 압력에서도 pyruvate의 생성이 방지되어, alliinase의 압력에 의한 불활성화가 상온보다 저온에서 더 효과적으로 진행되는 것을 알 수 있었다.

Hewley에 의한 α -chymotrypsinogen의 압력변성 곡선에 의하면 단백질의 압력변성은 온도의 영향을 받으며, 이러한 압력 의존성은 고온과 저온에서 역의 관계가 성립하였다^(16,17). 본 실험에서는 이와 일치하는 결과로서, 저온에서는 비교적 낮은 압력에서도 alliinase가 불활성화됨을 알 수 있었다. 예를 들면 0°C에서 고압처리를 하면 350 MPa 정도의 낮은 압력에 의하여 pyruvic acid의 생성을 완전히 방지할 수 있다(Fig. 8). 고압기술의 실용화 측면에서 보다 낮은 압력에서의 처리가 요구되기 때문에, 이상의 결과는 산업적으로 가치 있는 결과이다.

본 연구는 마늘에 300 MPa~400 MPa 정도의 압력을 이용하면 효소의 활성조절이 가능하며, 500 MPa이

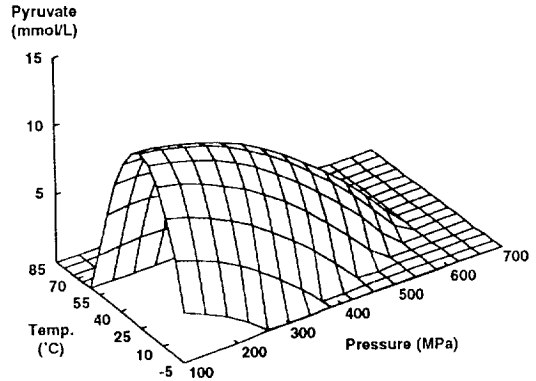


Fig. 8. Response surface of pyruvate production from garlic when pressurized for 40 min

상의 압력을 이용하여 효소의 반응제거가 가능한 것을 알 수 있었다. 즉, 500 MPa의 압력을 이용하여 alliinase를 불활성화함으로써 마늘냄새의 제거가 가능하였다. 종래, 마늘의 무취화 방법으로 열처리법, 소취액처리법 등이 사용되어 왔으나 이들 방법은 영양성분 및 생리물질의 소실이 많았으며, 갈변화 반응 등으로 마늘 고유의 색이 변화되는 등의 단점이 있었다. 한편 본 연구의 고압 처리법에 의해서 이러한 문제들이 해결될 수 있었으며, 마늘의 형태와 조직감이 유지되는 등 장점이 있었다. 식품산업에서 효소를 불활성화시키기 위하여 사용되는 블랜칭 처리는 열에 의한 식품의 손상, 영양성분의 누출, 폐수 축적 등의 문제가 발생되는데, 고압처리는 이러한 문제들을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

효소 불활성화에 고압처리를 적용할 경우 반드시 고려해야 할 것은 고압처리로 대부분의 효소들은 불활성화되어도, 일부 효소는 고압에 의하여 활성이 증가될 수 있다는 것이다⁽¹⁸⁾. 따라서 효소를 완전 불활성화시키는 방법에 대한 연구가 필요하다. 이 경우, 고압하에서 단백질의 변성도는 높은 온도 또는 낮은 온도에서 오히려 커지는 현상이 있으므로 고온(40~60°C) 또는 저온(10~20°C)에서의 고압처리가 훨씬 효과적일 수 있을 것이다.

요 약

고압처리에 의한 효소반응의 조절을 연구하기 위하여 마늘에 고압을 적용하여 alliinase의 압력에 의한 활성변화를 분석하였다. 마늘을 25°C에서 10분간 고압처리한 결과 alliinase 활성은 150 MPa 및 300 MPa에서 변화가 없었고, 500 MPa에서는 완전히 불활성화되

었다. 한편 정제된 alliinase는 150 MPa에서 30%, 300 MPa에서 80%, 500 MPa에서 100% 불활성화되어, 효소의 상태에 따라 압력에 의한 불활성화 정도가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 고압처리에 의한 alliinase의 불활성화는 상온보다는 고온 또는 저온에서 효과적인 것으로 나타났다. 50°C에서 500 MPa로 고압처리한 마늘은 alliin이 거의 생성되지 않아 매운 맛을 느낄 수 없었고, 휘발성 화합물의 50% 이상이 제거되어, 마늘의 무취화에 고압처리를 적용할 수 있음을 확인하였다.

문 헌

1. Abdullah, T. H., Kandil, O., Elkadi, A. and Carter, J.: Garlic revisited: Therapeutic for the major diseases of our times? *J. Nat. Med. Asso.* **80**, 439 (1988)
2. Stoll, A. and Seebeck, E.: Chemical investigations on alliin, the specific principle of garlic. *Advan. Enzymol.* **11**, 377 (1951)
3. Sakai, I.: Efficiency of garlic ingredients and methods for deodorized effect. *Shokuhin to Kaihatsu*, **27**, 19 (1992)
4. Hara, A., Nagahama, G., Ohbayashi, A. and Hayashi, R.: Effect of high pressure on inactivation of enzymes and microorganisms in non-pasteurized rice wine. *J. Agric. Chem. Soc. Japan*, **64**, 1025 (1990)
5. Ogawa, H., Fukihisa, K., Sasai, K., Kobo, Y. and Fukumoto, H.: Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of various kinds of citrus juice. In *Pressure-Processed Food*, Hayashi, R. (Ed.), San-Ei Pub. Co., Kyoto, p.179 (1990)
6. Yuki, N., Mieda, H., Mutsushika, O. and Tamaki, Y.: Bitterness inhibition in grapefruit juice by high pressure treatment. In *High Pressure Bioscience and Food Science*, Hayashi, R. (Ed.), San-Ei Pub. Co., Kyoto, p.350 (1992)
7. Hayashi, R. Utilization of pressure in addition to temperature in food science and technology. In *Proceedings of 1st European Seminar on High Pressure and Biotechnology*, p.188 (1992)
8. Iberl, B., Winkler, G. Muller, B. and Knobloch K.: Quantitative determination of alliin from garlic by HPLC. *Planta Med.* **56**, 320 (1990)
9. SAS: *SAS User's Guide*. Heulwig, J. T. and Council, K. A. (Ed.), SAS Institute Inc., Cary, NC. (1982)
10. Wilkinson, Leland: *SYSTAT: The System for Statistics*. Evanston, IL. SYSTAT, Inc. (1987)
11. Stoll, A. and Seebeck, E.: Chemical investigations on alliin, the specific principle of garlic. *Advan. Enzymol.* **11**, 377 (1951)
12. Pruthi, J. S. and Singh, L. J.: Thermal stability of alliinase and enzymatic regeneration of flavor in odorless garlic powder. *Current Science*, **28**, 403 (1959)
13. Schwimmer, S.: Measurement of garlic pungency by enzymatically produced pyruvic acid. *J. Food Sci.*, **28**, 403 (1968)
14. Stoll, A. and Seebeck, E.: The enzymatic degradation of alliin by an alliinase. *Helv. Chem. Acta*, **32**, 197 (1949)
15. Jansen, H., Muller, B. and Knobloch, K.: Alliin characterization and its determination by HPLC. *Planta medica*, **53**, 559 (1987)
16. Hewley, A. S.: Reversible pressure-temperature denaturation of chymotrypsinogen. *Biochemistry*, **10**, 2436 (1971)
17. Hewley, A. S.: High pressure techniques. *Method in Enzymol.*, **49**, 14 (1978)
18. Asaki, M., Aoyama, Y., Nakanishi, R. and Hayashi, R.: Activation of polyphenoloxidase in pear fruits by high pressure treatment. *Report of Toyo Institute of Food Technology*, **19**, 111 (1992)

(1996년 4월 9일 접수)