

대두 가수분해물의 혈압 강하 효과 및 기능성

서형주 · 김윤숙* · 정수현 · 김영순 · 이성동

고려대학교 병설 보건전문대학 식품영양과, *한국식품개발연구원

Functionality and Inhibitory Effect of Soybean Hydrolysate on Angiotensin Converting Enzyme

Hyung-Joo Suh, *Yoon-Sook Kim, Soo-Hyun Chung, Young-Soon Kim, Sung-Dong Lee

Department of Food and Nutrition, Junior College of Allied Health Science, Korea Univ.,

*Korea Food Research Institute

Abstract

This studies were conducted to select optimal enzyme that produced hydrolysate from soybean, and to evaluate functionality of hydrolysate. Soybean powder was suspended with water, and hydrolyzed by seven commercial proteases. Hydrolysate produced with protease from *Bacillus subtilis* showed the highest inhibition effect on the activity of angiotensin converting enzyme(ACE), and the condition of enzymatic hydrolysis was 5% substrate concentration, 0.1% enzyme concentration, 4 hour hydrolysis time. Under above optimum condition, soybean was hydrolyzed with protease from *Bacillus subtilis* yielding a DH(degree of hydrolysis) of about 49%. Hydrophobicity of hydrolysate was not correlated with the inhibition effect on ACE activity.

The functionality of hydrolysate was significantly influenced by pH. Solubility of hydrolysate at alkali solution was greater than that at acidic solution.

Key words : soybean hydrolysate, ACE inhibitor, *Bacillus subtilis*

서 론

단백질은 지방, 탄수화물과 함께 예로부터 인간의 생명유지와 발육에 관여하며 체내 대다수 호르몬 및 효소의 성분으로 반응을 촉진 혹은 조절하는 기능 등 그 중요성이 인식되어 왔다¹⁾. 최근에는 천연 단백질의 제3차적 생리활성 작용이 연구되고 있는데 그중 우유와 대두 등 완전식품에서 얻은 펩타이드의 phagocytosis 촉진작용, 혈소판 응집 방해작용, 요소 합성 촉진작용, 세포 증식인자, 칼슘흡수 촉진작용, cholesterol 조절 기구, 혈압 강하작용, opioid효과, 면역 활성화작용 등이 보고된 바 있다²⁻³⁾. 또한 단백질 분해효소에 의해 생성된 가수분해물이 갖는 생리활성에 관한

연구가 최근 활발히 진행되고 있는데⁴⁻⁶⁾ 산 또는 알칼리에 의한 가수분해는 이취 발생, 중화에 의한 염의 생성으로 인한 맛의 변화와 탈색, 탈취 등 정제과정이 복잡하며 강한 조건에서 가수분해를 행하므로 영양분의 파괴가 일어나는 단점이 있는 반면, 효소에 의한 가수분해는 온화한 조건에서 진행되므로 영양성분의 파괴가 거의 일어나지 않는다⁷⁾. 이와 같이 영양성분의 보존성이 뛰어난 펩타이드가 성인병 중의 하나인 고혈압 억제와 관련된 기능 특성을 가지고 있다고 보고되고 있다⁸⁻¹²⁾.

대두는 만주지방이 원산지로서 동양에서 가장 오래된 작물이며 우리나라에서는 삼국시대의 초기(B.C. 1세기초)부터 재배되어온 것으로 기록되고 있다. 콩은 단백질이 약 40%나 함유하고 있을 뿐 아니라 지방질도 약 20% 정도 함유한 영양면에서 우수한 식품이며 발효제품(된장, 청국장, 고추장, 간장), 발아제품

(콩나물), 기타 가공식품 (두유, 두부, 식용유) 등의 식품으로서 이용도가 높을 뿐 아니라 공업용, 의약품, 화장품, 비누 등 원료로도 널리 이용되고 있으며 현재 구미를 중심으로 새로운 단백질 식품의 소재로써 공업적으로 생산되고 있는 탈지 대두박 (defatted soy flour), 농축 대두단백 (soy protein concentrate), 분리 대두 (soy protein isolate) 및 조직 대두단백 (textured soy protein) 등이 있다. 또한 기존육류와 외피, 조직, 향미, 색상이 비슷하여 그 자체가 육류와 유사한 대두 단백질 (meat analog) 의 제조를 위해서 사용되고 있다. 대두는 동물성 단백질과 비교시 그 성분이 큰 차이가 없고, 아미노산 조성에서 백미의 제한 아미노산인 lysine의 함량이 높고 단위 단백질 g당 단가가 현저히 낮은 대두의 이용이 증가하는 추세이다¹³⁾.

본 실험은 발효식품인 된장, 고추장, 청국장 등의 원료인 대두를 여러 효소 처리하여 얻은 가수분해물의 혈압 강하 효과를 비교하여, 혈압 강하 효과가 높은 대두 가수분해물의 제조에 적합한 효소를 선정하여, 가수분해물 제조조건을 검토하였고, 또한 최적 조건에서 제조된 가수분해물의 용해도, 소수성도, 기포성, 기포 안정성 등 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험의 재료인 탈지 대두박은 개미산업사에서 구입한 것으로서 일반성분은 수분 8.4%, 조단백질 43.43%, 조지방 0.37%, 회분 5.93%, 조섬유 4.21% 이다.

2. 시약

실험에 사용된 단백질분해효소는 bromelain (Sigma Chemical Co. 4,000U/g), espinase/savinase (N-OVO Co. 4 KNPU/g), pancreatin (태평양 화학, 40,000 U/g), papain (Sigma Co. 2,000 U/g), pepsin (450,000 U/g), trypsin (Sigma Co. 20,000 U/g), *Bacillus subtilis* 기원 protease (200,000U/g) 을 사용하였으며, 혈압 강하 효과 측정용 시약으로는 ACE rabbit lung acetone powder (Sigma

Co.), Hippic acid-Histidine-Leucine (hip-his-leu) (Sigma Co.) 를 사용했다.

3. 가수분해물 제조

탈지대두 20g에 20mM phosphate buffer (pH 7.5)를 100ml 가한 후 단백질분해효소를 탈지대두의 1%에 해당되는 양을 가하여 Table 1의 조건에서 4시간 가수분해를 행하였다. 가수분해 후 100℃에서 10분간 가열처리해서 반응을 정지시켰다. 이렇게 얻은 가수분해물을 Whatman No. 41 여지로 여과 후 냉동저장하여 사용하였다.

4. 가수분해도 측정

가수분해도는 Yamashita 등¹⁴⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 가수분해도는 가수분해를 정지시킨 후 3,000rpm에서 증류수로 2~3회 세척후 침전물을 105℃에서 건조하여 함량을 구한 다음 아래 계산식에 의해 가수분해도를 측정하였다.

$$* \text{가수분해도 (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W_1 : 효소처리전의 기질무게 (mg)

W_2 : 효소반응 정지후 생성된 침전물의 무게 (mg)

5. 혈압 강하 효과 측정

Lieberman¹⁵⁾와 Cushman¹⁶⁾등의 방법을 이용하여

Table 1. The optimum reaction temperature and pH of various protease

Enzyme	Temperature	pH
Bromelain	45℃	7.0
Esp/Sav	45	8.3
Pancreatin	37	8.0
Papain	45	5.0
Pepsin	37	5.0
Trypsin	37	7.0
Protease from <i>B.subtilis</i>	37	7.5

측정하였다. 시료 0.05ml에 Hip-His-Leu을 0.1ml 가한 후 37℃에서 5분간 방치하였다. 여기에 ACE 효소액을 0.15ml 가하고 다시 37℃에서 1시간 반응시킨 후 0.5N HCl을 0.25ml 가하여 반응을 정지시켰다. 공실험은 시료용액 대신 증류수 50μl를 사용하였으며 대조구는 HCl을 가한 후 효소액을 가하였다. 여기에 ethyl acetate 1.5ml을 가하여 15초간 섞어준 후 2,800rpm에서 10분간 원심분리시켜 상등액을 0.5ml 취하였다. 이 상등액을 oil bath 140℃에서 15분간 건조 후 1M NaCl을 3ml 가하여 용해시킨 후 228nm에서 흡광도를 측정하여 다음식에 의해 혈압 강하 효과를 측정하였다.

$$\text{* 혈압강하효과 (\%)} = \frac{E_c - E_s}{E_c - E_b} \times 100$$

Ec = 시료 대신 증류수 첨가시의 흡광도

Es = 시료 첨가시의 흡광도

Eb = 반응 정지후 시료 첨가시의 흡광도

$$\text{* S-ACE (U/ml)} = (E_{228 \text{ 60분}} - E_{228 \text{ zero time}}) \times$$

$$\frac{3 \times 1000}{10.44 \times 0.891 \times 0.33 \times 60 \times 0.15}$$

$$10.44 \times 0.891 \times 0.33 \times 60 \times 0.15$$

ACE unit : 매분 1 nmole 의 Hippuric acid를 생성하는 효소활성

10.44 / 1000 : Hippuric acid 1nM의 228nm의 흡광도

0.891 : Hippuric acid의 추출율

0.33 : ethyl acetate의 분취율

60 : 반응 시간

0.15 : Assay시의 효소첨가량

3 : 최종 Assay시의 1M NaCl의 양

6. 대두 가수분해물의 특성

1) 용해도 측정

용해도는 시료 0.5g을 50ml의 증류수를 첨가시키고, 0.1N HCl 또는 0.1N NaOH 용액으로 pH를 조정하면서 20분 동안 교반 후 원심분리(12,000 rpm)하였다. 원심분리후 얻어진 상등액 1ml중의 단백질 함량을 측정하여 단백질 용해도를 산출하였다.

$$\text{용해도 (\%)} = \frac{\text{용해된 단백질의 양}}{\text{시료중의 단백질의 양}} \times 100$$

2) 기포 형성력과 기포 안정성

시료 1.0g에 0.1M sodium phosphate buffer(pH 7.0), 100ml를 첨가하여 homogenizer(5,000 rpm)로 10분간 기포를 형성시킨 다음, mass cylinder(500 ml)에 기포가 형성된 용액을 담아 부피를 측정하였다. 가수분해물의 기포형성력은 다음식에 의해 구하였다.

$$\text{기포형성력} = \frac{\text{기포 형성 후의 부피} - \text{기포 형성 전의 부피}}{\text{시료 중의 단백질 무게}} \times 100$$

또한, 기포 안정성은 시간경과에 따른 기포 부피의 변화로서 표시하였다.

$$\text{기포 안정성 (\%)} =$$

$$\frac{\text{기포 형성 후의 부피} - \text{기포 형성 전의 부피} - \text{시간에 따라 감소된 부피}}{\text{시료중의 단백질 무게}} \times 100$$

결과 및 고찰

1. 가수분해물의 혈압 강하 효과

대두의 ACE 저해효과는 대두의 일반성분에서 그 단백질 함량이 41.3%으로 특히 많은 것과 ACE의 active site 에서 peptide의 C-말단과 관련이 깊은 것으로 보아서¹⁷⁾ 가수분해에 의한 혈압 강하 효과의 증가를 예상하고 단백질가수분해에 의한 혈압 강하 효과를 보았다.

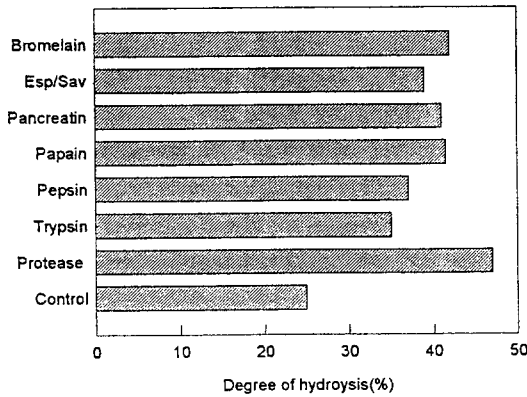


Fig. 1. Degree of hydrolysis(DH) of soybean hydrolysates prepared with various proteases.

Hydrolysates were produced from soybean by various protease under the condition in "Table 1"

효소의 반응조건(Table 1)에서 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 가수분해도를 측정된 결과(Fig. 1), 대조군의 경우 26% 분해도를 보이는 반면, 효소를 사용하여 얻은 가수분해물의 분해도는 35~48%로 비교적 높은 분해현상을 보였다. 특히 bromelain과 *Bacillus subtilis*기원의 단백질에 의한 가수

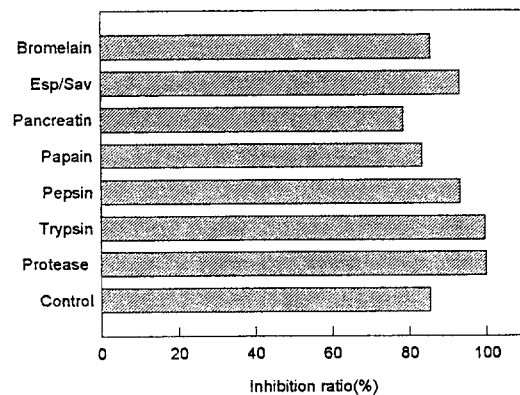


Fig. 2. Effect of ACE inhibition rate of soybean hydrolysates prepared with various proteases.

Hydrolysates were produced from soybean by various protease under the condition in "Table 1"

분해물이 44%와 48%로 높은 분해도를 보였다.

또한 가수분해물의 혈압 강화 효과를 비교한 결과(Fig. 2), 대조군은 82% 정도의 혈압 강화 효과를 보인 반면, 가수분해물은 다소 높은 90% 이상의 혈압 강화 효과를 나타냈다. 7개의 가수분해물중 trypsin과 *Bacillus subtilis* 기원의 단백분해효소에 의한 가수분해물이 99% 이상 높은 혈압 강화 효과를 보였다.

이는 ACE의 active site에 관여하는 C-말단의 두 amino acid에 대한 기질 특이성과 관련이 있는 것으로 보여진다¹⁶⁾. Cushman 등¹⁷⁾은 peptide의 C-말단에 있는 amino acid중 glutamyl-L-proline과 succinyl-L-proline이 ACE의 가장 좋은 binding 위치에 있음을 보고한 바가 있다. Utake 등¹⁹⁾은 정어리 가수분해 효과에서 pepsin에 의한 가수분해물이 가장 높은 혈압 강화 효과를 보고하였고, Miyoshi 등²⁾은 옥수수 배유 가수분해에서 thermolysin에 의한 가수분해물이 가장 높은 혈압 강화 효과를 보고하였다.

2. 가수분해물 제조 조건

1) 기질농도의 영향

대두 단백가수분해에 미치는 기질 농도의 영향을 검토하기 위해 1%의 *Bacillus subtilis* 기원 단백분해

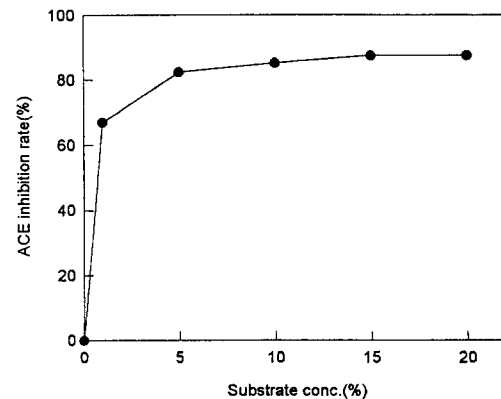


Fig. 3. Effect of substrate concentration on the ACE inhibition rate.

The hydrolysis was carried out under the conditions ; temperature 40°C, protease concentration, 1%, pH 7.5

효소에 기질 농도를 각각 달리해서 37℃, pH 7.5에서 4시간 가수분해를 실시한 결과 (Fig. 3), 기질 농도 5% 이상 첨가시 첨가량에 비하여 혈압강하효과가 미미하였다. 이는 효소의 기질 특이성에 기인한 듯하다.

Uketa 등¹⁹⁾은 정어리 어육 가수분해시 10%의 기질 농도를 사용하였고, Maruyama 등⁵⁾은 casein 가수분해시 4%의 기질농도를 사용했음을 보고하였다.

2) 효소 농도의 영향

5% 기질농도, 온도, pH는 *Bacillus subtilis* 기원 단백질분해효소의 최적 조건인 37℃ 와 pH 7.5에서 각각 효소의 농도를 달리하여 가수분해를 행한 결과 (Fig. 4), 효소 농도 0.1% 이후에는 효소의 첨가량이 증가함에 따라 저해 효과는 점차 감소되었다. 이는 낮은 첨가량에서 혈압 강하 효과를 나타내는 펩타이드가 많은 양의 효소첨가에 따라 가수분해가 진행되어 혈압 강하 효과가 감소되는 듯하다.

Maruyama 등⁵⁾도 역시 casein의 가수분해시에 0.1%의 trypsin을 사용하였다.

3) 반응 시간의 영향

위에서 검토한 최적 가수분해 조건하에서 가수분해

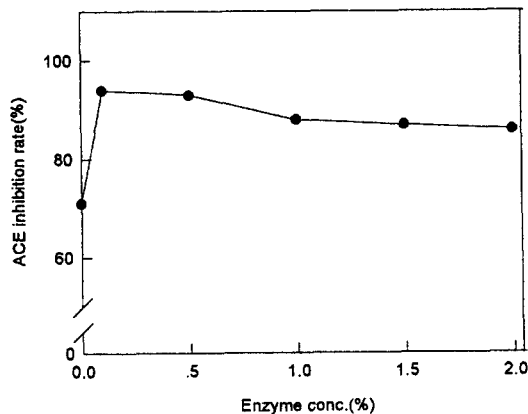


Fig. 4. Effect of protease concentration on the ACE inhibition rate.

The hydrolysis was carried out under the conditions : temperature 40℃, substrate concentration, 5%, pH 7.5

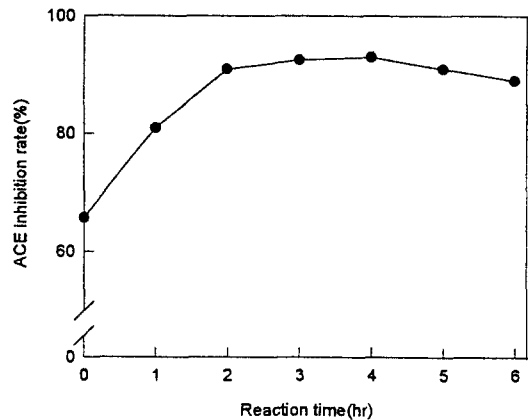


Fig. 5. Effect of hydrolysis time on the ACE inhibition rate.

The hydrolysis was carried out under the conditions : temperature, 40℃, substrate concentration, 5%, protease concentration, 1%, pH 7.5

를 실시하여 반응시간에 따른 영향을 검토하였다. 그 결과 (Fig. 5) 1시간 가수분해시 가장 높은 혈압 강하 효과를 보였으나, 반응시간이 증가할수록 혈압 강하 효과의 증가는 미미하였다. 즉 이러한 결과는 0.1%의 효소를 첨가하여 반응시 혈압 강하 효과를 보이는 펩타이드가 1시간 분해시 이미 생성이 되었으며, 생성된 펩타이드는 가수분해시간이 지속되어도 4시간까지는 분해되지 않는 현상을 보였으나 4시간 이상 분해시 펩타이드의 분해가 진행되어 다소 혈압 강하 효과가 감소하는 듯하다.

서²⁰⁾는 명태 단백질가수 분해는 반응 4시간 이전에 거의 완료됨을 보고하였고, Uketa 등¹⁹⁾은 정어리 단백질가수 분해에 ACE 저해 효과가 3시간 이후에는 거의 없음을 보고하였다. Nobuyasu 등²¹⁾은 참치 내장 자기소화에 의한 ACE 저해 활성 측정에서 3시간으로 정했음을 보고하였다. 그의 단백질 가수분해효소의 최적 온도와 pH가 기질에 따라 약간씩 차이를 감안하여 실험한 결과 커다란 차이가 없음을 확인하였다.

3. 가수분해물의 특성

1) 가수분해도

최적 가수분해 조건에서 가수분해를 실시하여 얻은 가수분해물의 시간에 따른 분해도를 비교한 결과(Fig. 6), 반응시간이 증가할수록 가수분해도는 증가하여 30분 가수분해시 26% 정도의 분해도를 보이던 것이 4시간 분해시 49%의 분해도를 보였다. 대두 가수분해물은 비교적 이류 등²⁰⁾ 다른 가수분해물에 비해 비교적 낮은 분해도를 보이는데 이는 대두가 단백질 분해효소의 활성화에 대한 저해제를 가지고 있기 때문인 것으로 생각된다. 가수분해도와 혈압 강하 효과를 비교한 결과, 가수분해도는 지속적으로 증가하는 반면, 혈압 강하 효과는 2시간 이후 가수분해시 증가가 미미한 경향을 보였다.

2) 소수성도

일반적으로 혈압 강하 물질로 알려진 펩타이드는 proline 등 소수성 아미노산의 함량이 높으므로 대두 가수분해물 제조시 혈압 강하 효과와 소수성도를 비교한 결과(Fig. 7), 소수성도는 1시간 가수분해시 가장 높은 소수성도를 보이고 있으나, 혈압 강하 효과는 2시간 가수분해물이 가장 높은 경향을 보였다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 혈압 강하 효과와 소수성도는 상관관계가 없는 듯하다.

3) 용해도

pH 변화에 따른 4시간 대두 가수분해물의 용해도를

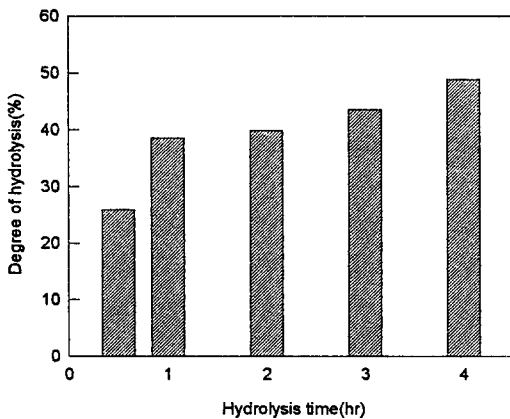


Fig. 6. Degree of hydrolysis of hydrolysate according to hydrolysis time.

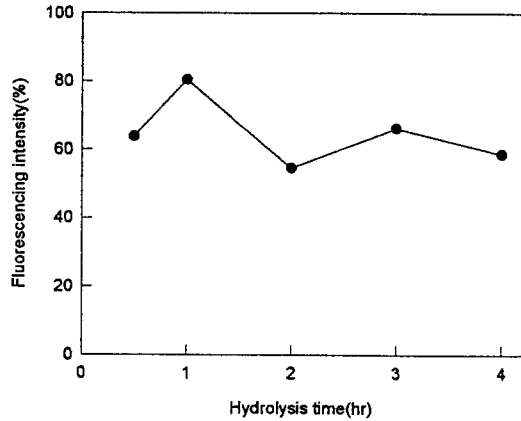


Fig. 7. Fluorescing intensity of hydrolysate according to various hydrolysis time.

비교한 결과(Fig. 8), 산성에 비해 알칼리성 용액에서 높은 용해도를 보였으며, 산성 용액에서 용해도가 낮은 이유는 산에 의해 단백질이 변성되어 용해도가 낮은 것이다. 대두 단백질이 일반적으로 pH 4~5사이에서 낮은 용해도를 보이는 것과는 달리 pH 6 부근에서 가장 낮은 용해도를 보이고 있다. 이는 대두 추출물에 함유되어 있는 수용성 단백질의 등전점이 pH 4.3으로 이 부근의 pH에서 낮은 용해도를 보이는 것과는 달리, 불요성 단백질을 가수분해하여 얻은 수용성 단백질이므로 추출하여 얻은 단백질과 다른 등전점을 가지

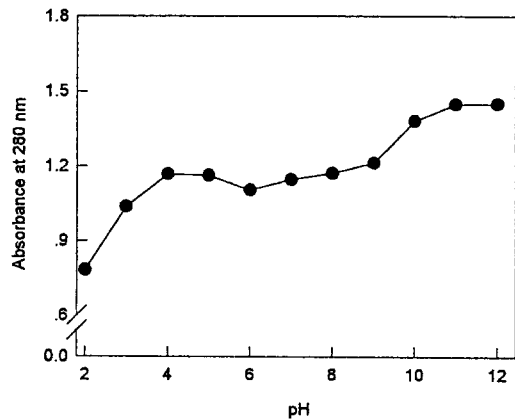


Fig. 8. Solubility of soybean hydrolysate at various pH.

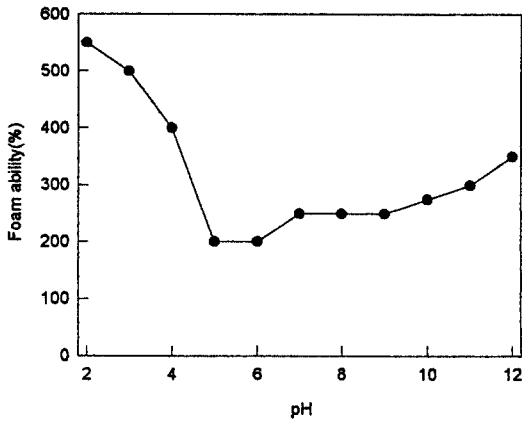


Fig. 9. Foaming ability of soybean hydrolysate at various pH.

는 것으로 생각된다.

4) 기포성 및 기포 안정성

최적조건에서 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 기포 생성능을 비교한 결과(Fig. 9), 용해도와는 달리 비교적 산성용액에서 높은 기포 형성능을 보였으며, 가수분해물의 등전점으로 추정되는 pH 5~6에서 가

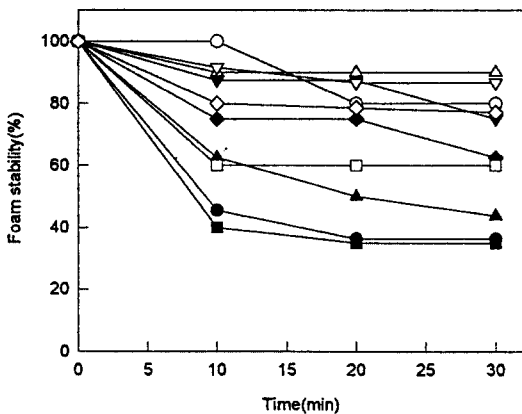


Fig. 10. Foam stability of soybean hydrolysate at various times.

- : pH 2, -■- : pH 3, -▲- : pH 4,
- ▼- : pH 5, -◆- : pH 6, -○- : pH 7,
- : pH 8, -□- : pH 9, -△- : pH 10,
- ▽- : pH 11, -◇- : pH 12

장 낮은 기포 형성능을 보였으며, 이는 단백질의 변성 정도가 클수록 기포 형성능이 증가한다는 보고와 일치한다²²⁾. 또한 알칼리성 용액에 비해 비교적 용해도가 낮은 산성용액에서 높은 기포 형성능을 보였다.

기포 안정성은 Fig. 10에서와 같이 기포 형성능과는 달리 알칼리 용액에서 기포 안정성이 높았으며, 등전점으로 추정되는 pH 4~6사이에서 낮은 안정성을 보였다. 이상의 결과에 의하면 기포 형성능이 비교적 높은 산성에 비해 안정성은 알칼리성 용액에서 높은 특성을 보였다. 또한 강²³⁾과 Sung 등²⁴⁾도 기포 형성능이 뛰어난 것이 기포 안정성이 낮다고 보고하였다.

요 약

전통 식품의 소재 등 많은 식품의 원료로 사용되는 대두의 가수분해물을 제조하여 혈압 강하 효과를 검토하였다. Bromelain, papain, pepsin 등 단백분해효소를 사용하여 각 효소의 최적반응조건에서 생성한 가수분해물의 혈압 강하 효과를 비교한 결과, bromelain과 *Bacillus subtilis* 기원의 단백분해효소에 의해 생성한 가수분해물의 혈압 강하 효과가 가장 뛰어났으며, *Bacillus subtilis* 기원의 단백분해효소에 의해 생성한 가수분해물의 분해도가 높아 가수분해조건을 검토하였다.

Bacillus subtilis 기원의 단백분해효소에 의한 가수분해물의 제조조건은 5%의 기질농도, 0.1% 효소 첨가량, 그리고 2시간 가수분해시 가장 높은 혈압 강하 효과를 보였으며, 이때의 반응 pH와 온도는 단백분해효소의 최적반응조건과 큰 차이가 없었다.

Bacillus subtilis 기원의 단백분해효소에 의한 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 소수성도는 1시간 가수분해시 가장 높은 소수성도를 보이고 있으나, 혈압 강하 효과는 2시간 가수분해물이 가장 높은 경향을 보였다. pH변화에 따른 용해도는 산성에 비해 알칼리성 용액에서 높은 용해도를 보였다. 기포 생성능을 비교한 결과, 용해도와는 달리 비교적 산성용액에서 높은 기포 형성능을 보였으며, 기포 안정성은 알칼리 용액에서 높았다.

참고문헌

1. 재복석 : 영양학 개론 61(1987).
2. 丸山 進 : 食品タバク質からの血圧降下ペプチドの生成, *バイオサイエンス とインダストリ*, **47**, 38(1989).
3. Masanooi, K., Noriki, N. and Yasuo, A. : Inhibitor of angiotensin I converting enzyme by synthetic peptide fragments of human κ -casein, *Agric. Biol. Chem.*, **54**, 835(1990).
4. Lee, Y. S., Noguchi, T. and Naito, H. : Intestinal absorption of calcium in rats given diet containing casein or amino acid mixture ; the role of casein phosphopeptide, *Br. J. Nutr.*, **49**, 67(1983).
5. Maruyama, S., Nagagomi, K., Tomizuka, N. and Suzuki, H. : Angiotensin I converting enzyme inhibitor derived from an enzymatic hydrolyzate of casein. II. isolation and bradykinin-potentiating activity on the uterus and ileum of rats, *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 1405(1985).
6. Yashiro, A., Oda, S. and Sugano, M. : Hypocholesterolemic effect of soybean in rats and mice after peptide digestion, *J. Nutr.*, **115**, 1325(1985).
7. Sohn, K. H. and Lee, H. J. : Bitter peptide derived from α - and β - casein digested with alkaline protease from *Bacillus subtilis*, Korean J. *Food Sci. Technol.*, **20**, 659(1988).
8. Karen, B., Henry, Paul R. and Slusardhyk, Dorothy S. : Muracein-muramyl peptides produced by *Nocardia orientalis* angiotensin-converting enzyme inhibitors, *The Journal of Antibiotics*, **37**, 330(1984).
9. Tadahiko, H. and Ryoichi, K. : Isolation of angiotensin-converting enzyme inhibitor from porcine plasma, *Biochem. Biophys. Res. Com.*, **139**, 52(1986).
10. Nobuyasu, M. and Toshio S. : Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides derived from Bonito Bowels autolysate, *Biochem. Biophys. Res. Com.*, **57**, 695(1993).
11. Matsui, T., Matsufuji, H., Seki, E., Osajima, K., Nakashima, M. and Osajima, Y. : Inhibition of angiotensin I converting enzyme by *Bacillus licheniformis* alkaline protease hydrolysates derived from sardin muscle, *Biosci. Biotec. Biochem.*, **57**, 922(1993).
12. 김선봉, 이태기, 박영범, 염동민, 김와경, 변한석, 박영호 : 수산발효식품중의 angiotensin-converting enzyme 전환효소 저해제의 특성, 한국수산학회지, **26**, 321(1993).
13. 김종근, 김성곤, 이준식 : 우리나라 콩의 지방산 조성 및 단백질의 전기영동 패턴, 한국식품과학회지, **20**, 263(1988).
14. Yamashita, M., Arai, S., Matsuyama, J., Gonda, M., Kato, H. and Fujimaki, M. : Enzymatic modification in foodstuffs. part III. Phenomenal survey on α -chymotryptic plasmin from peptic hydrolyzate of soy protein, *Agric. Biol. Chem.*, **34**, 1484(1970).
15. Yamamoto, S., Toida, J. and Iwai, K. : 血清アンギオテンシンI轉換酵素活性測定法検討, 日脚疾會誌, **18**, 197(1980).
16. Cheung, H. S. and Chshman, D. W. : Spectrometric assay and properties of angiotensin-converting enzyme of rabbit lung, *Biochem. Pharmacol.*, **20**, 1637(1971).
17. Cushman, D. W., Cheung, H. S., Sabo, E. F. and Ondetti, M. A. : Design of potent competitive inhibitors of angiotensin converting enzyme. Carboxyalkanoyl and mercaptoalkanoyl amino acids. *Biochemistry*, **16**, 5484(1977).
18. 杉山圭吉, 高田康二, 江川 眞, 山本郁雄, 恩塚 博, 大場健吉 : 魚タンク加水分解物の高血圧抑制作用, 日農化誌, **65**, 35(1991).
19. 受田浩之, 松田秀喜, 黒田浩之, 箴島克裕, 松藤 貴, 箴島 豊 : イワシ蛋白質加水分解物からのアンシ

- オテンシンI變換酵素阻害ペプチドの調製ともの分離, 日農化誌, **65**, 1223(1991).
20. 서형주 : 명태육 pronase 가수분해물의 고미 제거에 대한 연구. 고려대학교 박사학위 논문(1992).
21. Nobuyasu, M. and Toshio S. : Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides derived from *Bonito Bowels* autolysate, *Biochem. Biophys. Res. Com.*, **57**, 695(1993).
22. Bhagya, S. and Srinivasan, K. S. : Effect of different methods of drying on the functional properties of enzyme treated groundnut flour, *Lebensm.-Wiss. Cl. Technol.* **22**, 329(1989).
23. Kang, Y. J. : Enzymatic modification of soy proteins ; Effects of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **16**, 211(1984).
24. Sung, H., Chen, H., Liu, T. and Su, J. : Improvement of the functionality of soy protein by introduction of new thiol groups through a papain-catalyzed acylation. *J. Food Sci.* **48**, 708(1983).

(1996년 5월 29일 수리)