

단백분해효소에 의한 대두단백의 기능적 특성변화

차명화·윤 선

연세대학교 식품영양학과

Modification of Functional Properties of Soy Protein Isolate by Proteolytic Enzymes

Myeong-Hwa Cha and Sun Yoon

Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul

Abstract

The effects of enzymatic modification with pepsin and actinidin was studied on molecular weight distributions and functional properties of hydrolysates from soy protein isolate (SPI) differing in degree of hydrolysis. The hydrolyzed SPI by pepsin showed 41.5% degree of hydrolysis after 5 min, and maximum hydrolysis was obtained after 2 hours. Actinidin hydrolyzed SPI 26.71% degree after 1 hour. On SDS-PAGE, native SPI showed 9 distinguishable bands on SDS-PAGE gel. Pepsin treated SPI showed one broad band in the lower part of gel. This band was shifted further to the bottom of the gel and became faint as hydrolysis time increased. While actinidin treated SPI showed different SDS-PAGE pattern from pepsin. However PAGE patterns were similar with pepsin and actinidin treated groups. With pepsin treatment, solubility of SPI distinctively increased around isoelectric point (pI). Emulsifying activity (EA) and emulsifying stability (ES) showed marked increase over pH range of 3.0~8.0. 5 min modified group had most excellent foam expansion (FE). Foam stability (FS) was increased as pepsin treatment time increased at pI. With actinidin treatment, solubility was increased. 60 min modified SPI had the most effective EA at pH 4.5. However ES was not effected by actinidin treatment. 5 min modified group was most effect in FE. FS was higher at alkaline pH.

Key words: soy protein isolate, pepsin, actinidine, hydrolysis, functionality

서 론

대두 단백질은 영양적 가치뿐만 아니라 식품의 조리, 가공과정에서 나타내는 다양한 기능성으로 인하여 식품계에 공헌하는 바가 크다. 그러나 대두 단백질의 기능성은 pH, 염농도, 온도 등과 같은 가공조건에 의해 크게 변화되어 그 이용에 제한을 받게 됨에 따라 가공조건 및 목적에 따라 대두 단백질의 기능성을 조절하려는 연구가 시도되고 있다¹⁾. 이에 효소에 의한 부분적인 가수분해를 통해 가수분해물의 수용성 증가²⁾, 여러 기능성의 변화³⁻⁶⁾, 새로운 식품으로서의 가능성이^{7,8)} 제안되어 왔다. 이러한 기능적 특성의 변화는 주로 효소에 의한 단백질 구조의 변화, 분자량 감소 등과 같은 단백질 분자내의 변화에 의한 것으로 추정된다^{9,10)}. 따라서 사용되는 효소에 따라 작용부위가 다르므로 각기 다른 가수분해물이 생성되어 결정적으로 기능적 특성에 영향을 끼치게 될 것으로 생각되나 이에 관한 연구는 미흡한 상태이다.

본 연구에서는 대두 단백질에 pepsin, actinidin(EC 3.4.

22.14)과 같은 단백질분해효소를 작용시켜 각 효소의 특성에 따른 대두 단백질의 크기의 변화를 연구하고 단백질의 식품학적 기능성과의 관계를 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

분리대두 단백질의 제조와 효소의 활성화

본 실험의 대두는 1991년도 충주산 대두(배주콩)를 구입하여 사용하였다. Pepsin은 Sigma Chemical사의 제품을, Actinidin(Kiwi protease)은 뉴질랜드산 수입품 키위로부터 추출하여 사용하였다. 분리대두 단백질(Soy Protein Isolates : SPI)은 Saio and Watanabe의 방법¹¹⁾을 변형하여 제조하였으며 그후 Kjeldahl method에 의해 단백질 함량(N×5.71)을 측정하였다. 탈지대두분을 10배의 증류수에 분산시켜 1 N NaOH로 pH 8.0을 맞춘 후 실온에서 약 1시간 30분 동안 단백질을 용출시켰다. 이 분산액을 2,000×g, 4℃에서 20분간 원심분리하여 상층액을 회수한 후 다시 1 N HCl로 pH 4.5로 조절했다. 이 용액을 다시 2,000×g, 4℃에서 20분간 원심분리하여 침전물을 얻고 증류수로 두번 세척한 후 0.1 N-NaOH로 pH 7.0을 맞춘 후 동결건조하여 80 mesh체에 통과시켜

사용하였다.

효소의 활성은 1% SPI 용액을 기질로 사용하여 Kunitz법을 변형하여 측정하였다⁽¹²⁾. Buffer 1.8 ml과 효소 용액 0.2 ml가 들어있는 시험관에 기질용액 1 ml을 가한 후 40°C에서 20분간 반응시켰다. 10% Trichloroacetic acid 4 ml로 반응을 정지시키고 실온에서 30분간 정치하였다가 Whatman No. 42 filter paper로 여과하였다. 침전이 제거된 여액은 280 nm에서 흡광도를 측정하였으며 1분 동안 0.001의 흡광도 증가에 소요된 효소량을 1 unit으로 표시하였다.

SPI의 가수분해

1% SPI 용액을 만들어 효소와의 비율이 100 : 1(w/w)이 되도록 효소액을 가지고 천천히 흔들며 주면서 반응시켰다. 효소반응이 끝난 용액은 즉시 100°C 온탕수조에서 15분간 열처리하여 반응을 정지시키고 찬물에서 냉각하였다. 본 실험의 대조군은 각 효소의 최적 pH(pepsin pH 2.0, actinidin pH 7.0)에서 효소가 첨가되지 않은 Native SPI이었고 실험군은 각 효소의 반응시간에 따라 5분, 30분, 60분 효소처리군으로 분류하였다.

가수분해도(Degree of Hydrolysis : DH) 측정

TNBS법을 사용하여 효소반응 시간에 따른 SPI의 가수분해도를 측정하였다⁽¹³⁾. SDS를 1.0% 포함하는 시료 용액 0.25 ml와 0.3 M phosphate buffer(pH 8.2) 2 ml를 혼합한 후 0.1% TNBS 용액 2 ml를 고루 섞어 주고, 빛을 차단한 상태로 50°C의 온탕수조에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후의 0.1 N HCl 4 ml로 반응을 종결시키고 30분간 실온에서 냉각시켜 1시간 이내에 340 nm에서 흡광도를 측정했다. 이때의 흡광도가 free amino group의 정도를 나타내 주는 원리를 이용하여 다음식과 같이 계산하였다.

$$DH(\%) = \frac{\text{Total free amino} - \text{Free amino group in sample}}{\text{Total free amino group in control}} \times 100$$

단백질의 기능성 측정

용해도(Solubility) : Pour-El 등의 방법을 변형하여 측정하였다⁽¹⁾. 효소반응 용액 2 ml를 0.1 N NaOH와 0.1 N HCl을 사용하여 pH 3.0~8.0까지 조절하였다. 그리고 2,000×g, 20°C에서 15분간 원심분리하여 불용성 단백질을 제거한 후 상층액의 단백질을 모아 bovine serum albumine을 표준단백질로 하여 Biuret법으로 경량하였다.

유화형성력(Emulsifying Activity : EA) : 유화형성력은 Yamauchi 등의 방법으로 측정하였다⁽¹⁴⁾. 제조된 1.0% SPI 가수분해 용액을 pH 3.0~8.0으로 조절한 후 20 ml씩을 취하고 여기에 대두유 20 ml를 첨가하여 균질기로 4,000 rpm에서 5분간 분산시켰다. 이 유화액을 원

심관에 각각 5 ml씩 담고, 1,300×g, 20°C에서 5분간 원심분리한 후 다음 식과 같이 계산하여 유화력을 측정하였다.

$$EA(\%) = \frac{\text{Height of emulsified layer}}{\text{Height of total contents in the tube}} \times 100$$

유화안정성(Emulsifying Stability : ES) : 유화형성력 측정시와 같은 방법으로 유화액을 형성하여 80°C 온탕수조에서 30분간 열처리한 후 다음 식으로 계산한다.

$$ES(\%) = \frac{\text{Height of emulsified layer after heating}}{\text{Height of emulsified layer}} \times 100$$

기포형성력(Foam Expansion : FE) : 기포형성력은 Poole의 방법을 변형하여 측정하였다⁽¹⁵⁾. 1.0% SPI 가수분해 용액을 pH 3.0~8.0까지 조절한 후 눈금이 새겨진 비이커에 20 ml씩 취한다. 그리고 4,000 rpm에서 4분간 균질기로 기포를 형성시켜 증가된 부피의 변화를 기록하여 다음식에 의해 계산하였다.

$$FE(\%) = \frac{\text{Total volume of foam including liquid} - \text{Initial liquid volume}}{\text{Initial liquid volume}} \times 100$$

기포안정성(Foam Stability : FS) : 기포형성력 측정시와 같은 방법으로 기포를 형성시켜 형성된 기포의 부피를 기록하고 실온에서 30분간 방치한 후 남아 있는 기포의 부피를 위와 동일한 방법으로 측정하였으며 다음식에 의하여 계산하였다.

$$FS(\%) = \frac{\text{Foam volume after 30 min.}}{\text{Initial foam volume}} \times 100$$

가수분해물의 분자량 측정

효소처리에 의한 SPI의 분자량 변화를 알기 위하여 Webber와 Osborn, Hames의 방법에 준해 Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis(SDS-PAGE)와 Polyacrylamide Gel Electrophoresis(PAGE)를 실시하였다^(16,17).

결과 및 고찰

효소의 활성과 가수분해도

본 실험에서 사용한 actinidin(키위 단백분해효소)의 specific activity는 SPI를 기질로 사용하였을 때 165.2 units/mg protein이었고 pepsin은 212.0 units/mg protein이었다. 그리고 분리대두단백의 조단백질 함량은 82.25%이었다. Pepsin과 actinidin에 의한 SPI의 가수분

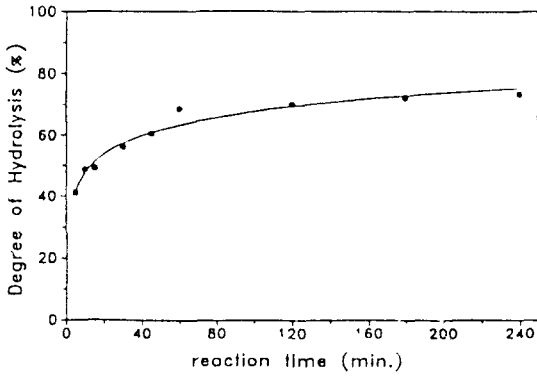


Fig. 1. Degree of hydrolysis(DH) of SPI with pepsin measured by TNBS method

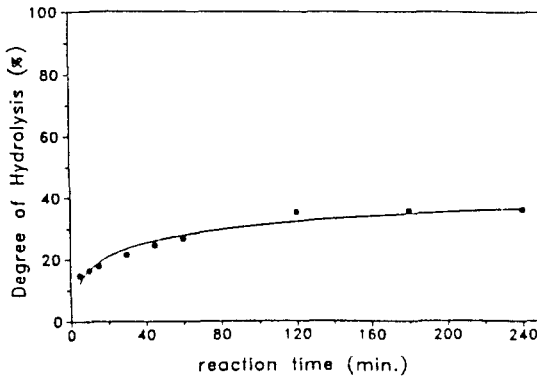


Fig. 2. Degree of hydrolysis(DH) of SPI with kiwi protease measured by TNBS method

해도를 Fig.1과 Fig.2에 각각 제시하였다. SPI는 pepsin에 의해 반응초기부터 급격히 가수분해되어 반응 5분만에 가수분해도 41.15%를 나타내고, 60분 후에는 68.54%로 급격히 증가했으나, 이후부터는 pepsin에 의해 분해될 수 있는 기질의 부위가 줄어들어 가수분해가 완만히 진행되었다. 반면 actinidin은 반응 60분 경과후 26.71%의 낮은 가수분해도를 나타내었고 4시간 후에도 36.24%로 계속해서 완만한 가수분해를 나타내었다.

단백질의 기능성

용해도 : pH에 따른 효소반응 용액의 용해도를 pepsin은 Fig. 3에, actinidin은 Fig. 4에 나타내었다. Pepsin에 의해 가수분해된 SPI의 경우 pH 4.5~6.0에서는 반응시간과 관계없이 반응군의 용해도가 대조군에 비해서 높았다. 특히 등전점에서 Native SPI의 용해도가 6.09%이었으나 효소반응 60분 후의 시료용액의 용해도는 37.80%로 6배 가량 증가하였다. 따라서 효소처리는 산성식품에서의 SPI의 이용도를 높일 수 있을 것으로 기대된다⁽¹⁸⁾. Actinidin에 의한 경우, 효소에 의한 반응이 진행됨에

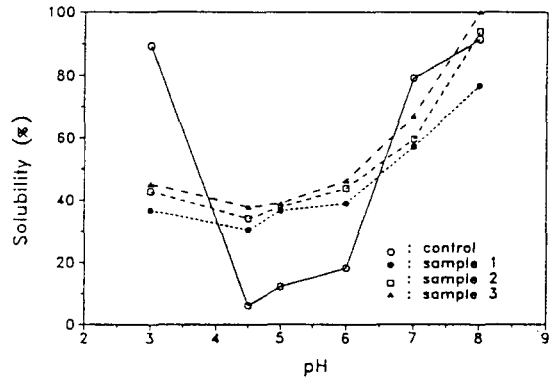


Fig. 3. Solubility profiles of control and pepsin-hydrolyzed SPI

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

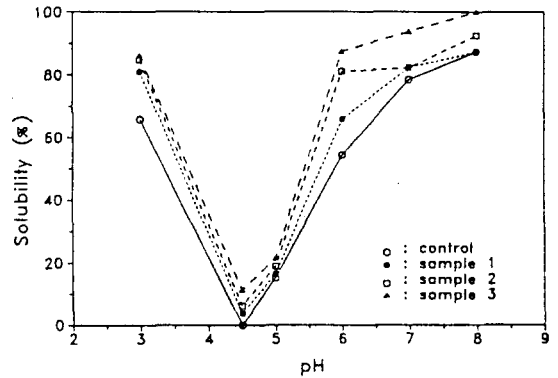


Fig. 4. Solubility profiles of control and actinidin hydrolyzed SPI

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.

따라 용해도도 증가되는 결과를 나타내었으나 pH 4.5에서 60분 동안 반응시킨 군의 용해도는 11.39%로 아주 낮았고, pH 3.0과 pH 6.0~8.0에서도 반응군의 용해도가 대조군 보다 높아 pepsin에 의한 반응효과와는 다른 양상을 보였다. 효소처리에 의한 용해도의 상승효과는, 효소반응이 진행됨에 따라 단백질이 분해되고 그 결과 polar group이 증가되거나 hydrophilic group이 노출되어 물과의 반응 가능성이 높아지기 때문으로 해석된다.

유화형성력 : Pepsin, actinidin 처리에 의한 SPI의 유화형성력 변화는 Fig. 5과 Fig. 6에 나타난 바와 같다. Pepsin의 경우 효소를 반응시킨 결과 전 pH 범위에서 유화력의 급격한 증가를 나타내었다. 반응군들간의 유화력을 비교해볼 때, 특히 pH 4.5와 pH 5.0에서 반응시간이 짧을수록 유화력이 높았다. 이 결과는 과도한 가수분해는

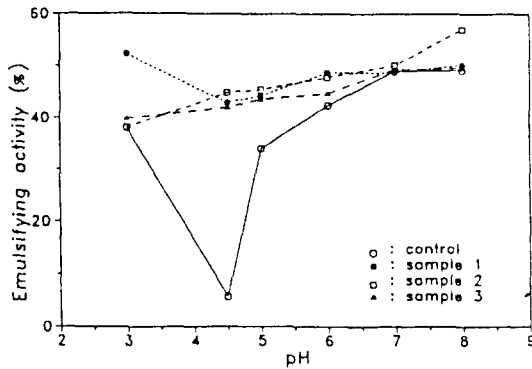


Fig. 5. Emulsifying activity of control and pepsin-hydrolyzed SPI

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

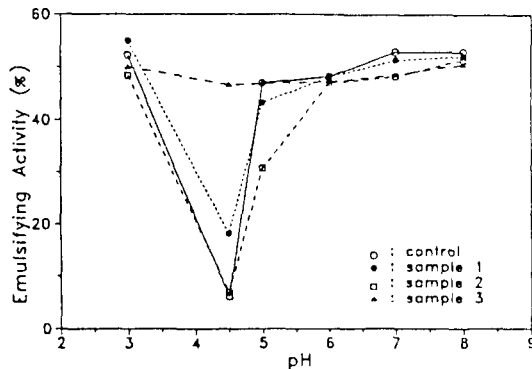


Fig. 6. Emulsifying activity of control and actinidin hydrolyzed SP

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.

오히려 유화력을 감소시킨다는 이전의 연구결과⁽¹⁹⁾와 일치한다.

SPI의 유화형성력에 대한 actinidin의 효과는 pH 4.5에서 60분 반응군을 제외하고 대조군에 비해 뚜렷한 증가는 없었다. 반응군끼리 비교하면, 등전점에서는 30분 반응군의 유화력이 일단 감소하고 반응 60분군에서는 다시 증가하는 경향이였다. 또한 pH 7.0과 pH 8.0에서는 효소에 의한 가수분해도가 높을수록 유화력은 감소하였고, 오히려 Native SPI보다 낮은 유화력을 나타내었다.

이와 같은 결과를 통해 유화형성력을 높이기 위해서는 일정한 크기의 peptide가 필요하다는 사실을 알 수 있다⁽²⁰⁾. 그리고 actinidin과 pepsin에 의한 유화력의 효과를 비교해 볼 때, 가수분해도가 더 낮은 actinidin 가수분해물의 유화력과 pepsin 가수분해물의 유화력이 pH 4.5를 제외하고는 거의 비슷한 결과를 나타내었다. 즉 유

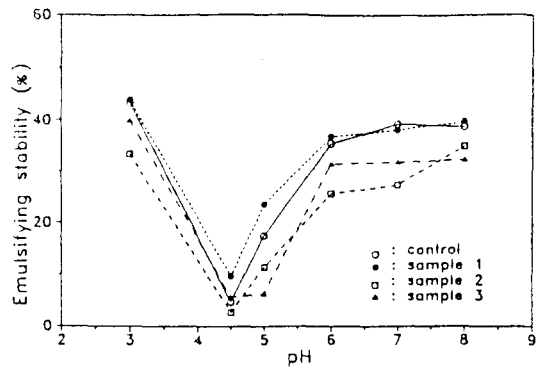


Fig. 7. Emulsifying stability of control and pepsin-hydrolyzed SPI

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with pepsin 60 min.

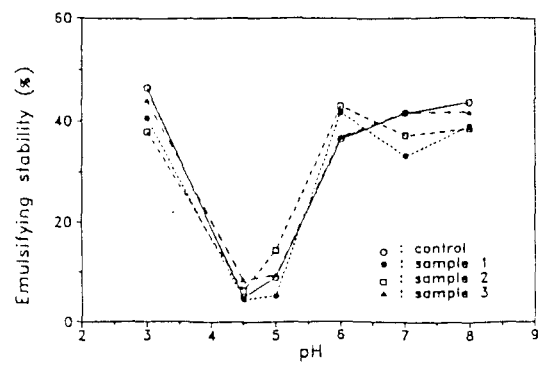


Fig. 8. Emulsifying stability of control and actinidin hydrolyzed SPI

control: Native SPI

Sample 1: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.

Sample 2: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.

Sample 3: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min

화는 peptide의 크기 뿐만 아니라 peptide의 화학적, 구조적 특성에 의해서도 영향을 받는다고 생각할 수 있을 것이다. 최근에는 amphiphilicity가 좋은 peptide만을 추출, 정제하여 유화제로 사용하기도 한다. 효소에 의한 단백질의 가수분해는 물-기름 계면에서 유화에 참여할 수 있는 peptide의 수를 증가시키고 또한 단백질 내부에 있는 소수성 잔기들을 노출시켜 hydrophilic-lipophilic balance를 높여 줌으로써 유화력을 향상시키는 것으로 판단된다.

유화안정성: SPI에 대한 유화 안정성의 효과를 pepsin은 Fig. 7에, actinidin은 Fig. 8에 나타내었다. Pepsin으로 가수분해시킨 경우 pH 7.0을 제외하고 모든 pH 범위에서 5분간 반응시킨 군의 유화안정성이 가장 높았다. 또한 pH 3.0~7.0 범위에서는 효소반응 시간이 증가할수록 유화 안정성이 떨어지는 결과를 나타내었다. Ac-

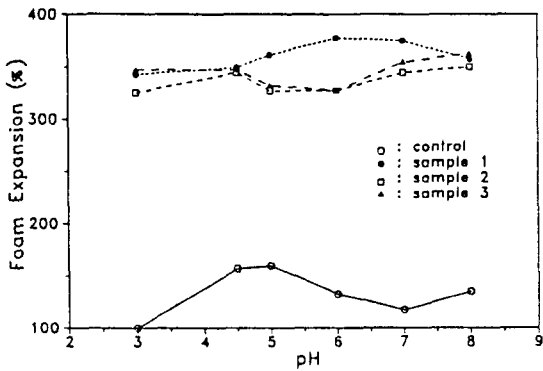


Fig. 9. Foam expansion of control and pepsin-hydrolyzed SPI

control: Native SPI
 Sample 1: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.
 Sample 2: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.
 Sample 3: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

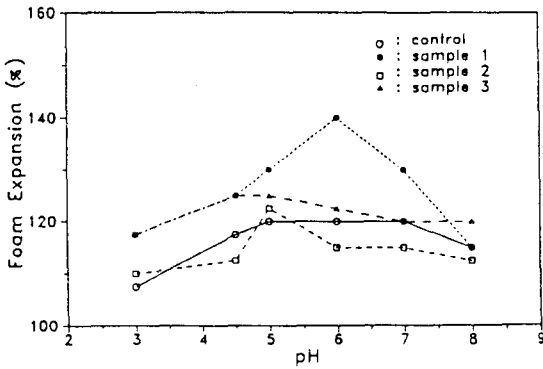


Fig. 10. Foam expansion of control and actinidin hydrolyzed SPI

control: Native SPI
 Sample 1: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.
 Sample 2: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.
 Sample 3: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.

tinidin의 경우 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나, alkaline 영역에서는 가수분해가 진행됨에 따라 유화안정도가 증가하여 pepsin과는 반대 결과를 나타내었다. 그러나 반응군과 대조군의 유화안정성을 비교해 볼 때 거의 비슷하거나 더 낮은 결과를 나타내었다. 즉 효소에 의한 가수분해로 생성되는 peptide의 크기가 너무 작거나 혹은 globular native SPI의 특성이 심하게 변성되면 기름입자를 둘러싸는 유화막이 얇아져서 유화를 안정시키기에 불충분하기 때문일 것이라 해석할 수 있다.

기포형성력: 효소처리에 따른 기포형성력의 변화를 pepsin은 Fig. 9 actinidin은 Fig. 10에 제시하였다. Pepsin 처리 시 전 pH 범위에서 기포형성력이 급격히 증가했다. 특히 5분 반응시킨 군의 기포형성력이 가장 우수하였다. 그러나 효소반응이 계속 진행되어 30분후의 기포형성력

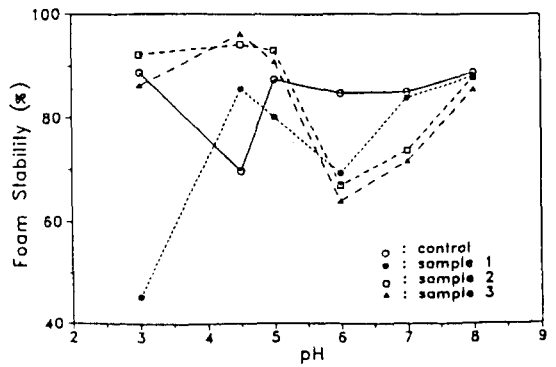


Fig. 11. Foam stability of control and pepsin-hydrolyzed SPI

control: Native SPI
 Sample 1: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.
 Sample 2: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.
 Sample 3: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

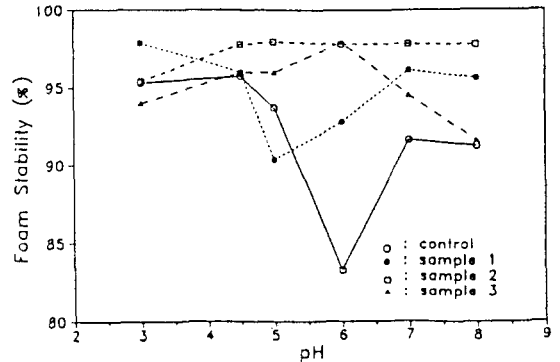


Fig. 12. Foam stability of control and actinidin hydrolyzed SPI

control: Native SPI
 Sample 1: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.
 Sample 2: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.
 Sample 3: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.

은 감소되었고, 60분 후에는 다시 증가되는 결과를 나타내었다. Actinidin으로 SPI를 가수분해시킨 결과도 이와 비슷한 경향이였다. 특히 pH 3.0과 pH 5.0을 제외한 pH 범위에서 30분 가수분해시킨 군의 기포형성력이 대조군보다 더 낮았다. 효소처리에 의한 기포형성력의 증가효과는 가수분해로 인해 더 많은 공기를 포함할 수 있기 때문이라고 제안된다⁽²¹⁾

기포안정성: Pepsin에 의해 가수분해된 SPI의 기포안정성은 Fig. 11, actinidin에 의한 결과는 Fig. 12에 제시하였다. Pepsin으로 반응시킨 결과 등전점에서 대조군이 69.84%였었는데 비해서 반응군은 대조군보다 높은 기포안정성을 가져 반응 5분, 30분, 60분 후 각각 85.71%, 94.20%, 96.24%로 효소반응 시간이 계속됨에 따라 더욱 증가되는 경향을 나타냈다. 그러나 pH 6.0~8.0 범

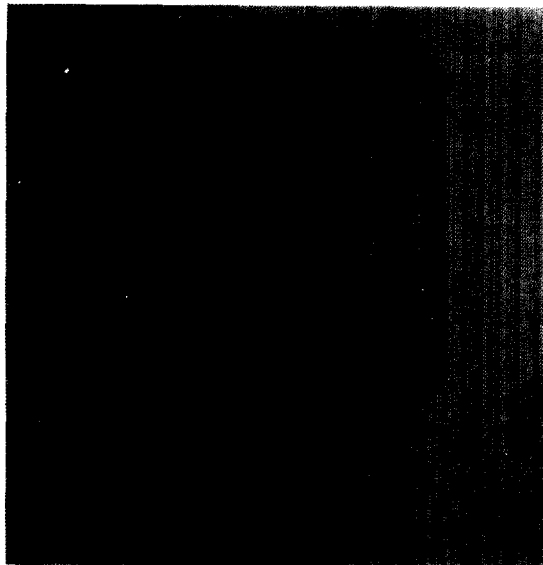


Fig. 13. SDS-PAGE of control and enzyme modified SPI.

A: Reference protein: bovine serum albumin(MW 67,000)
ovalbumin(MW 43,000)
chymotrypsinogen(MW 25,000)
ribonuclease A(MW 13,700)
B: Native SPI
C: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.
D: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.
E: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.
F: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.
G: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.
H: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

위에서는 효소 반응군의 기포안정성이 대조군보다 낮은 결과를 보여 산성부근에서의 기포안정제로 효과적일 것이다. Actinidin에 의한 결과 30분 반응군을 제외하고 등전점에서의 기포안정성이 대조군보다 유의적으로 증가하지 않았고 오히려 alkaline 영역에서 뚜렷한 효과를 보여 pepsin과는 다른 결과를 나타내었다.

가수분해물의 분자량 측정

각각의 효소처리에 의한 분자량의 변화를 PAGE로 비교하면, Fig. 14에서 알 수 있듯이 pepsin의 경우 효소반응이 진행됨에 따라 대조군에서 나타난 위쪽의 넓은 band가 점차 아래쪽으로 이동하고, 더욱 넓은 band를 나타내었다. Actinidin의 경우도 비슷한 경향을 나타내어 효소에 의한 반응시간이 증가함에 따라 band가 아래쪽으로 이동하였다. 그러나 그 이동거리기는 pepsin 가수분해물의 이동거리보다 작았고, 분자량 13,700 이하의 가늘고 흐린 band들은 R_f 의 변화가 거의 없었다.

Fig. 13에 나타난 SDS-PAGE에 의한 결과, Native SPI는 약 9개의 뚜렷한 band를 나타내었다. 이 등에 따르면 soybean의 전기영동 결과 품종에 따라 7~18개의

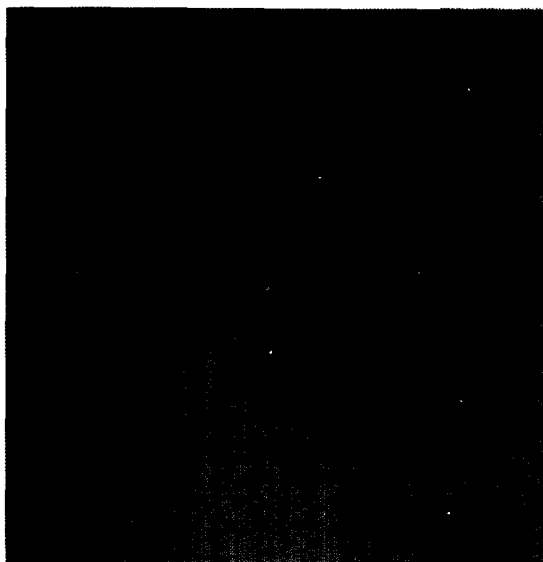


Fig. 14. PAGE of control and enzyme modified SPI.

A: Reference protein: bovine serum albumin(MW 67,000)
ovalbumin(MW 43,000)
chymotrypsinogen(MW 25,000)
ribonuclease A(MW 13,700)
B: Native SPI
C: SPI hydrolyzed with actinidin for 5 min.
D: SPI hydrolyzed with actinidin for 30 min.
E: SPI hydrolyzed with actinidin for 60 min.
F: SPI hydrolyzed with pepsin for 5 min.
G: SPI hydrolyzed with pepsin for 30 min.
H: SPI hydrolyzed with pepsin for 60 min.

band가 나타날 수 있다고 보고했다²²⁾. Pepsin으로 5분 처리했을 때 gel 아랫부분 전체에 분자량 24,000~13,000에 해당하는 넓은 band를 나타내었고, 효소반응이 시작됨에 따라 band는 점차 흐려지면서 아래로 이동하였다. 그러나 이동도가 낮은 control gel 윗부분의 band들은 60분이 지나도 희미한 band로 남아 있는 것으로 보아서 완전한 가수분해는 일어나지 않은 것으로 생각된다. 이와 같은 사실로 pepsin은 주로 SPI의 11S를 가수분해시키며²²⁾, pepsin에 의한 가수분해로 얻는 SPI의 기능성의 변화는 11S의 크기와 구조의 변화에 따른 것이라고 추측된다. Actinidin에 의한 결과는 효소반응이 진행됨에 따라 대조군에서 나타난 모든 band의 선택적인 가수분해로 몇몇 band만이 흐려지다가 거의 소멸했다.

요 약

대두 단백질효소(pepsin, actinidin)를 작용시켜 단백질 분자에 변형을 줌으로써 이에 따른 식품학적인 기능성의 변화에 대하여 연구하였다. 효소와의 반응시간에 따른 대두단백의 가수분해도를 측정된 결과, pepsin은 초기부터 매우 급격히 대두단백을 가수분해시켰

으며 반면 actinidin에 의한 가수분해는 반응시간이 경과함에 따라 완만하게 진행되었다. PAGE에 의한 결과는 두 효소가 비슷한 경향을 보여 반응이 진행될수록 아랫쪽으로 점차 이동하는 하나의 넓은 band를 보였다. SDS-PAGE에서는 native SPI가 약 9개의 뚜렷한 band를 보였으나 actinidin에 의한 경우 3~4개의 band를 나타내었다. 그러나 pepsin으로 5분 반응시킨 경우 MW 24,000~13,000에 이르는 하나의 band를 나타내어 actinidin이 특정한 band를 선택적으로 가수분해하는 경향과는 다른 결과를 보였다. 대두 단백질 가수분해물의 기능적 특성을 측정할 결과, pepsin으로 반응시킨 경우 용해도는 대조군이나 actinidin의 경우보다 뚜렷이 증가했고, 전 pH 범위에서 유화형성력이 향상되었다. 또한 모든 실험군의 기포형성력이 전 pH에서 증가했으며, 등전점 부근에서는 효소반응 시간이 경과할수록 기포안정정도 증가하였다. 그러나 actinidin 처리시 등전점 부근에서만 유화형성력이 향상되었고, 5분 반응시킨 실험군의 기포형성력이 가장 높았으며, alkaline 범위에서 기포안정성이 증가되었다. 이와 같이 각 가수분해물의 기능성의 차이는 단백질분해효소마다 그 작용부위가 다르고, 이에 따른 단백질 가수분해물의 물리, 화학적 특성이 달라져, 그 결과 가수분해물의 기능적 특성에 영향을 끼치는 것으로 사료된다.

문 헌

1. Pour-El, A.: Protein functionality, definition and methodology. In *Protein Functionality in Foods*, Cherry, J.P. (ed), American Chemical Society Symposium Series 147, Washington, D.C. p.11(1981)
2. Jerome, L.S.: Solubility and viscosity, In *Protein Functionality in Foods*, Cherry, J.P.(ed.). *Am. Chem. Soc.*, Washington, D.C., p.89(1981)
3. Chobert, J.M., Bertrand-Herb, C., Nicolas, M.G., Gaertner, H.F., and Puigserver, A.J.: Solubility and emulsifying properties of caseins chemically modified by covalent attachment of L-methionine and L-valine. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 638(1987)
4. Cheftel, J.C.: Chemical and nutritional modifications of food proteins due to processing and storage. In *Food Proteins*, Whitaker, J.R. and Tannenbaum S.R. (ed.), AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut, 1977
5. Kim, S.Y., Park, P.S.W. and Rhee, K.C.: Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* **38**, 651(1990)
6. Puski, G.: Modification of the functional properties of soy proteins by proteolytic enzyme treatment. *Cereal Chem.*, **52**, 655(1975)
7. Alder-Nissen, J.: Enzymatic hydrolysis of soy protein for nutritional fortification of low pH food. *Ann. Nutr. Alim* **32**, 205(1978)
8. Phillips, R.D. and Beuchat, L.R.: Enzyme Modification of Proteins. In *Protein Functionality in Foods*, Cherry, J.P. (ed.), *Am. Chem. Soc.*, Washington, D.C., p.275 (1981)
9. Kinsella, J.F.: Relationships between structure and functional properties of food protein. In *Food Protein*, Fox, P.F.(ed), Applied Sci. Publishers, London, p.51 (1982)
10. Choi, Y.R., Lusas, E.W. and Rhee, K.C.: Effects of acylation on defatted cottensed flour with various acid anhydrides on protein extractibility and functional properties of resulting protein isolates. *J. Food Sci.*, **47**, 1713(1982)
11. Saio, K. and Watanabe, T.: Food use of soybean 7S and 11S protein; Extraction and functional properties of their fractions. *J. Food Sci.* **38**, 1139(1973)
12. Kunitz, M.: Crystalline soybean trypsin inhibitor. *J. Gen. Physiol.* **30**, 291(1947)
13. Alder-Nissen, J.: Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolyzates by trinitrobenzenesulphonic acid. *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 1256(1979)
14. Yamauchi, K., Shimizu, M. and Kamiya, T.: Emulsifying properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **45**, 1237 (1980)
15. Poole, S.: Review; The foam-enhancing properties of basic biopolymers. *International J. Food Sci. and Technol.*, **24**, 121(1989)
16. Webber, K. and Osborn, M.: The reliability of molecular weight determinant ions by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Biol. Chem.*, **244**, 4406(1969)
17. Hames, B.D.: One-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis, In *Gel Electrophoresis of Proteins*. Hames, B.D. and Richwood D.(ed), The Practical approach series, Oxford university press, New York, 1990
18. Beuchat, L.R., Cherry, J.P. and Quinn, M.R.: Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis. *J. Agric. Food Chem.* **23**, 616(1975)
19. Quaglia, G.B. and Orban, E.: Influence of enzymatic hydrolysis on structure and emulsifying properties of Sardine (Sardine Pilchardus) protein hydrolysis. *J. Food Sci.*, **55**, 1571(1990)
20. Olsen, H.S. and Alder-Nissen, J.: Industrial production and applications of a soluble enzymatic hydrolyzate of soy protein. *Process Biochem.*, **14**, 6(1979)
21. Kim, S.Y., Peter, S.W., Park and Khee C. Rhee: Functional properties of proteolytic enzyme modified SPI. *J. Agri. Food Chem.*, **38**, 651(1990)
22. 이철호, 김찬식, 이삼신: 효소처리에 의한 분리대두 단백질의 부분 가수분해에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **16**, 228(1984)

(1992년 10월 8일 접수)