

녹두 단백질의 기포특성에 관한 연구

민 성 희 · 손 경 희

연세대학교 식생활학과

A Study of the Foaming Properties of Mungbean Protein Isolate

Sung Hee Min, Kyung Hee Sohn

Dept. of Food and Nutr., College of Home Economics, Yonsei Univ.

Abstract

This study was carried out in order to study the foaming properties of mungbean protein. Mungbean protein isolate was tested for the purpose of finding out the effect of pH, addition of sucrose on foaming properties.

The results were summarized as follows: 1. Foam expansion values were generally dependent on protein concentration to 3% protein suspension. From 1% to 3% suspension, foam expansion values increased. However over 3% suspension, the values decreased. In 1% mungbean protein suspension, the foam expansion value of suspension at pH 4.5 was greater than that of at pH 9. In 3%, 5%, and 10% suspensions, the foam expansion values of suspension at pH 7 was the lowest. Foam expansion value significantly decreased by the addition of sucrose.

2. The foam stability appeared the greatest value as protein concentration increased. It appeared the greatest value at pH 4.5. When sucrose was added, the foam stability increased. The more sucrose was added, the better foam stability was.

I. 서 론

식품내 단백질은 영양적인 가치 뿐만 아니라 식품의 품질 특성에 미치는 영향이 매우 크다. 단백질의 연구는 조리 가공시 영양적 가치의 변화에 중점을 두어 왔으나

점차 식품학적 측면에서 그 기능 특성에 대한 관심이 높아지고 아울러 이의 연구가 활발히 진행되고 있다¹⁻³⁾. 식품내에서 기포 형성제로 흔히 사용되어 온 단백질 식품으로는 난백을 들 수 있는데 최근 값이 저렴한 분리 대두 단백질의 식품학적 기능성 중 기포 형성 특성을 식품 제조에 이용하기도 하며 계속적으로 이에 관한 연구가

진행되고 있다. 또한 분리 대두 단백질의 기포제로서의 작용이 때때로 난백보다도 우수하다고 보고된 바 있다⁴⁾. 우리나라에서는 예로부터 녹두를 청포묵, 숙주나물, 떡고물 등의 재료로 사용해왔다. 특히 청포묵의 제조시 사용되는 전분의 부분중 상당 부분을 차지하는 단백질은 폐기되고 있어 이의 이용 가능성을 검토하고자 녹두 단백질의 식품학적 기능에 대한 일련의 연구가 행해졌다⁵⁻⁶⁾.

이에 본 연구에서는 대두 단백질의 활발한 연구에 비하여 아직까지는 연구가 미비한 녹두 단백질의 식품학적 기능성에 대한 연구의 일환으로 녹두 단백질의 기포 형성 능력, 기포 안정도를 검토하였다. 또한 대표적인 두류 단백질로서 우수한 기포 특성을 갖는 대두 단백질과 기포 형성제로 상용되고 있는 난백과 비교함으로써 기포 형성제로서의 녹두 단백질의 이용 가능성을 살펴보고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 녹두는 방아사 품종으로 전라북도

농산물 원종장에서 구입하였다. 대두 단백질은 미국 Division of Archer Daniels Midland Company의 제품을 사용하였고 난백은 일본 국산화학 제품을 이용하였다.

2. 시료의 조제

녹두의 외피를 제거한 후 분쇄하여 100 mesh의 체를 통과시킨 후 그림 1과 같이 제조하여 분리 녹두 단백질을 제조하였다.

3. 실험방법

1) 형성 능력 측정

기포 형성 능력은 Chen⁸⁾ 등의 방법을 수정한 방법으로 다음과 같이 측정하였다. 실온에서 1, 3, 5, 10%가 되도록 단백질 용액을 만들고 pH를 4.5, 7, 9로 맞춘 후 기포를 형성시켰으며 다음의 식에 의하여 계산하였다.

Foam expansion(%)

$$= \frac{\text{wt. after whipping} - \text{wt. before whipping}}{\text{wt. before whipping}} \times 100$$

설탕첨가에 따른 기포 형성 능력은 0, 2, 4%의 설탕 용

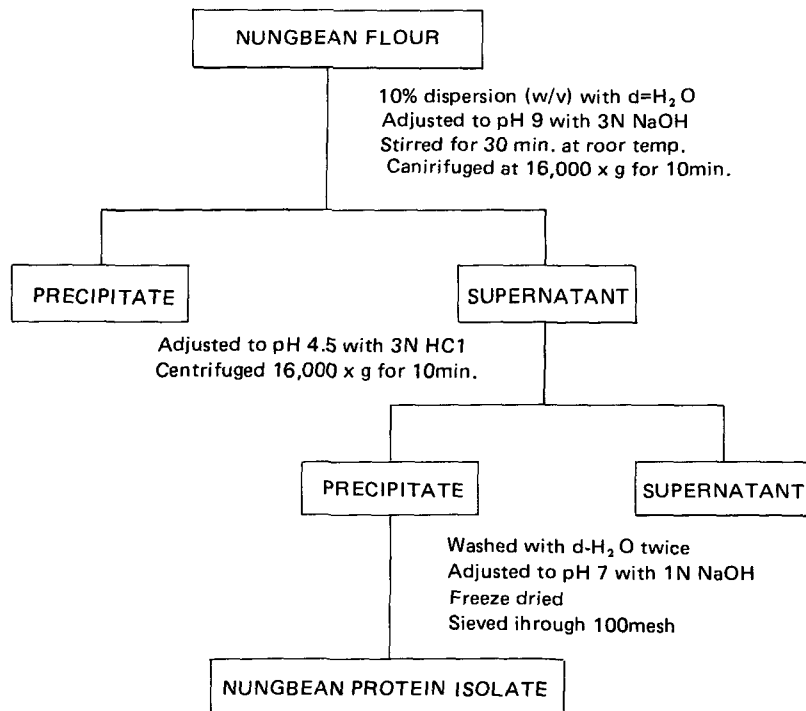


Fig. 1. Procedure for the preparation of mungbean protein isolate.

액을 만든 후 여기에 단백질 용액을 5% 10%가 되도록 만들고 pH를 맞추는 후 위와 같은 방법으로 측정 계산하였다.

2) 기포 안정도의 측정

기포의 안정도는 Chen⁸⁾과 Lah⁹⁾등의 방법을 수정하여 측정하였다. 기포를 형성시킨 후 30분 경과했을때 남아있는 기포의 부피를 측정하여 기포 형성 30초후 남아있는 기포의 부피에 대한 백분비로 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 기포 팽창력

1) 단백질 농도 변화에 의한 기포 팽창력

1, 3, 5, 10%의 단백질 용액을 사용하여 pH4.5, 7, 9에서 기포 팽창력을 실험한 결과를 그림 2에 나타내었다. 녹두 단백질은 pH4.5, 7, 9에서 3% 단백질 용액일때, 1, 5, 10%용액보다 기포 팽창력이 우수했다. 대두 단백질

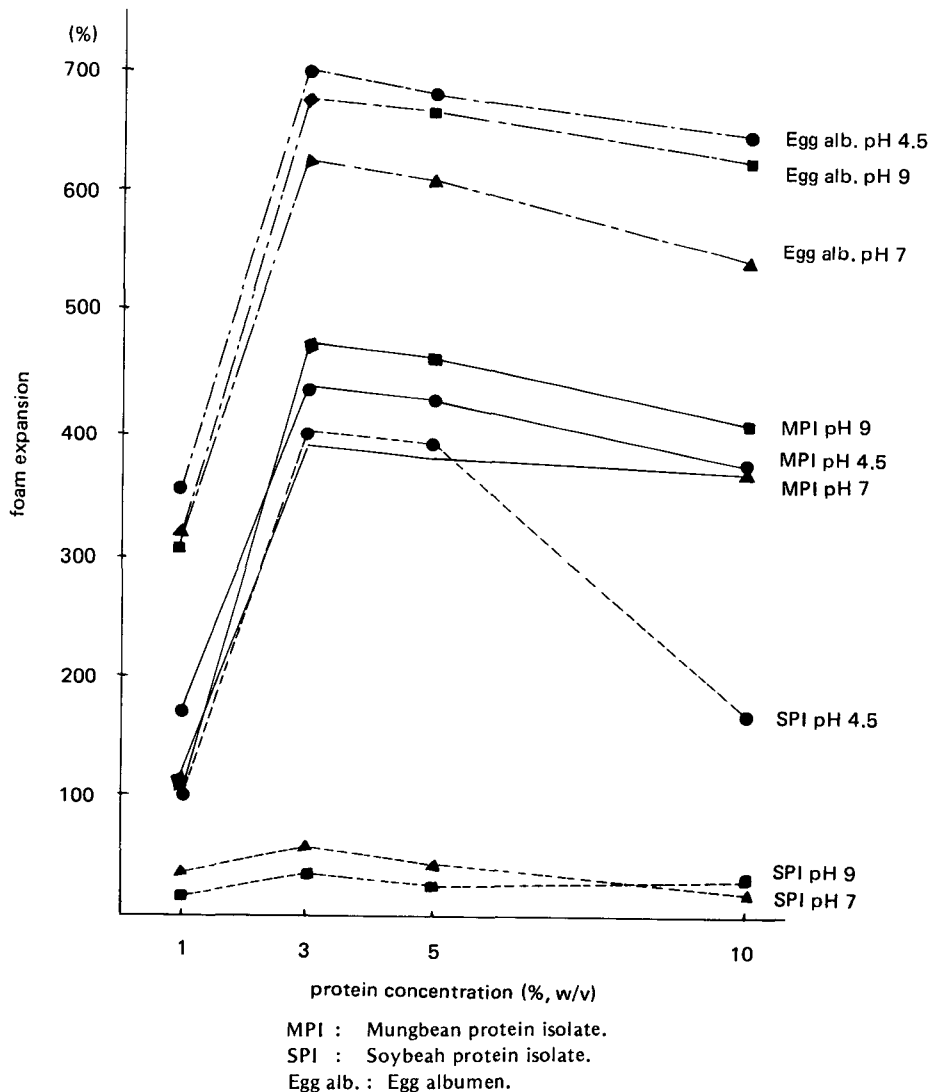
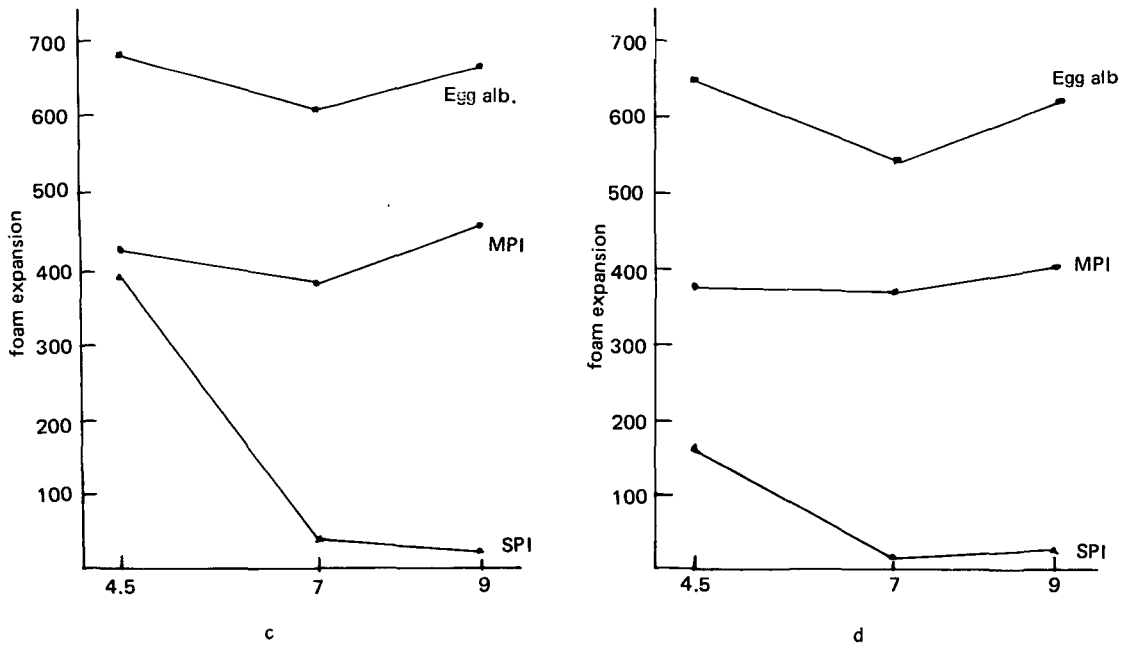
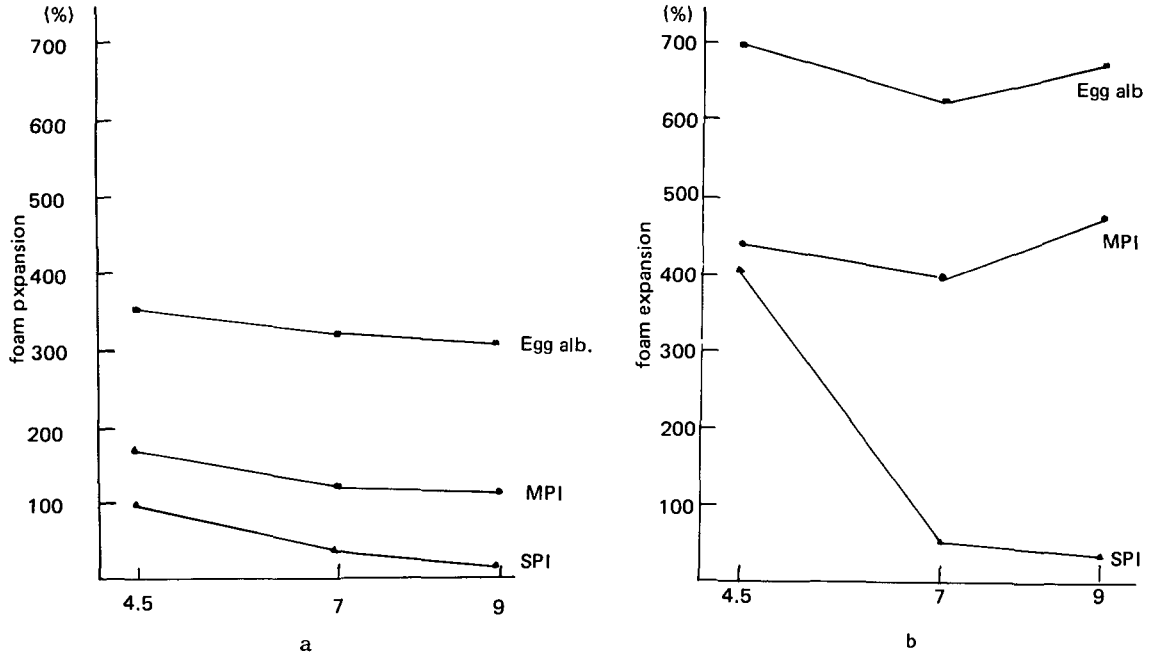


Fig. 2. Effect of protein concentration on foam expansion.



a : 1% b : 3%
 c : 5% d : 10%
 MPI : Mungbean protein isolate
 SPI : Soybean protein isolate
 Egg alb. : Egg albumen

Fig. 3. Effect of pH on foam expansion.

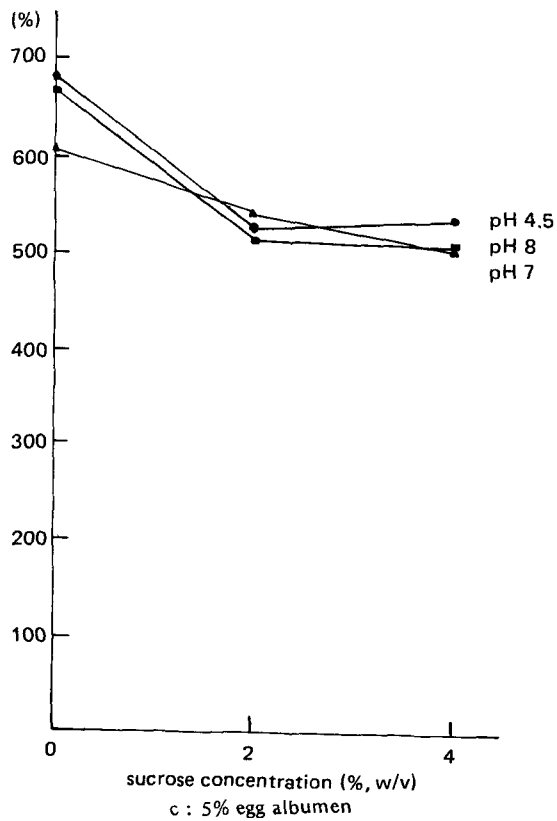
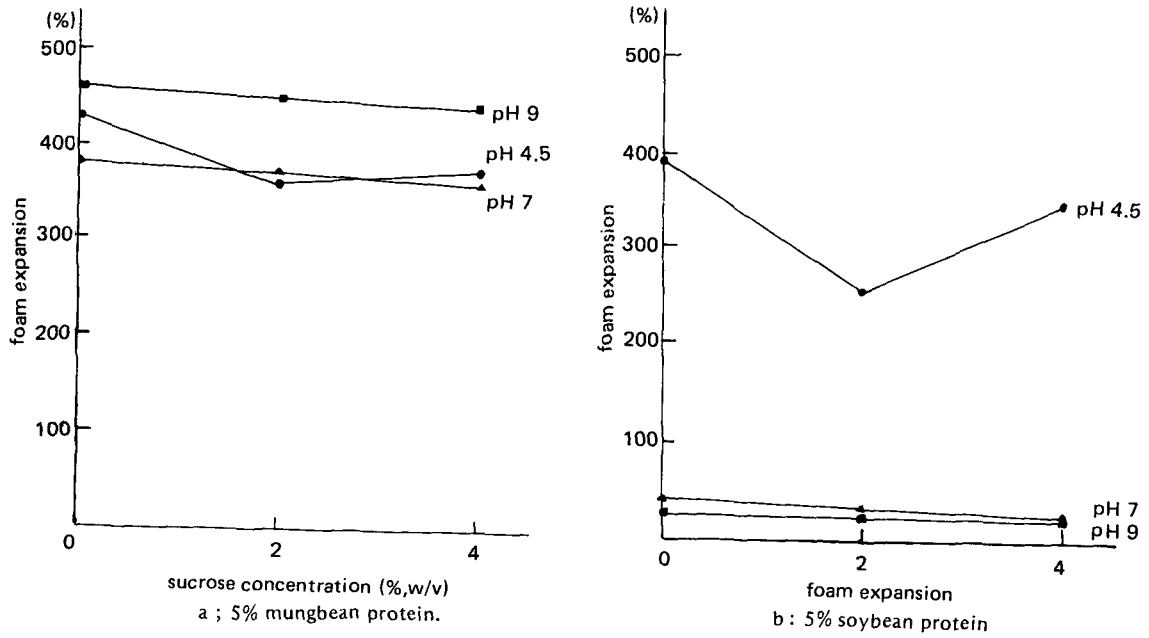


Fig. 4. Effect of sucrose concentration on foam expansion.

과 난백의 경우 같은 결과로 pH 4.5, 7, 9에서 3%, 단백질 용액일 때 1%, 5%, 10%보다 기포 팽창력이 우수했다. 대두 단백질과 난백의 경우 같은 결과로 pH 4, 5, 7, 9에서 3% 단백질 용액의 기포 팽창력이 1, 5, 10%보다 우수했다. 단백질 종류에 따라서는 난백의 경우 가장 우수했고 대두 단백질보다는 녹두 단백질이 우수하게 나타났다. 단백질 농도를 3%이상으로 증가시키에 따라 기포 팽창력이 감소하는 것으로 보아 과도한 농도는 필요치 않다는 것을 알수 있었다. Eldridge¹⁰⁾ 등은 1~5%까지의 단백질 농도로 대두 단백질의 기포 팽창력을 실험한 결과 3%농도에서 기포성이 최대에 이르렀고 그 이상의 농도에서는 농도 증가에 의해 기포 팽창력이 감소하였다고 보고하였다. Lah⁹⁾ 등도 대두 단백질의 기포 팽창력의 최적농도는 3.5%라고 보고하였으며 본 실험의 예비 실험 결과 3% 녹두 단백질 용액이 4% 또는 5% 용액보다 우수한 기포 팽창력을 보였던 것으로 보아 두류 단백질의 경우 다소의 차이는 있겠지만 3%정도가 기포 팽창력에 좋은 단백질 농도라고 생각된다.

2) pH변화에 의한 기포 팽창력

pH에 따른 기포 팽창력의 변화를 요약하여 그림 3에 나타내었다. 이는 단백질의 농도에 따라서 다른 결과를 보이는데 1% 녹두 단백질 용액에서는 pH가 4.5에서 9로 증가함에 따라 기포 팽창력은 감소하였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 대두 단백질과 난백의 경우와도 일치하였다. 3%의 녹두 단백질에서는 pH7에서 pH4.5보다 유의적으로 낮은 값을 나타냈고 pH9에서 유의적으로 증가하였다. 이는 난백의 결과와도 일치하였으나 대두 단백질은 녹두 단백질과는 달리 pH4.5에서 pH9로 증가함에 따라서 기포 팽창력은 유의적으로 감소하였다. 5% 단백질 용액으로 기포를 형성시켰을때 녹두 단백질은 3%의 결과와 마찬가지로 pH7에서 pH4.5에 비하여 유의적으로 감소하였다가 pH9에서 다시 유의적으로 증가하였다. 난백 역시 녹두 단백질과 같은 양상이었다. 이는 Chen⁸⁾의 실험결과와 일치하며 6% 해바라기씨를 이용한 Huffman¹¹⁾의 실험과도 같은 결과였다. 그러나 대두 단백질의 경우 1, 3%에서와 같은 양상으로 pH가 증가할수록 기포 팽창력은 감소하였다. 녹두 단백질 10% 용액에서는 pH7에서 기포 팽창력이 가장 낮았으며 pH9에서는 다시 증가하여 3%와 5%의 결과와 같은것으로 나타났다. 대두 단백질과 난백에서도 녹두 단백질과 같은 결과를 보였다. Chen⁸⁾ 등은⁸⁾ 대두

단백질을 사용한 실험에서 산과 알카리 영역의 기포 팽창력이 좋았고 중성에서 좋지 않았다고 하였으며 박은⁵⁾ 품종이 다른 네가지 녹두 단백질의 기포 특성을 알아 본 결과 기포 팽창력은 pH7에서 가장 낮은 값으로 나타났고 그 이상이나 이하의 pH영역에서 증가하여 본 실험 결과와 일치하였다. 그러나 Lawhon¹²⁾ 등은 등전점에서 다른 pH영역에서 보다 기포 형성 능력이 좋지 않았다고 보고하여 본 실험 결과와는 다른 결과를 보인 바 있다.

3) 설탕첨가에 의한 기포 팽창력

5% 녹두 단백질, 대두 단백질, 난백에 설탕을 첨가했을때 기포 팽창력의 변화를 그림 4에 나타내었다. 5% 단백질 용액에서 녹두, 대두, 난백은 설탕의 첨가에 따라 기포 팽창력이 감소하는 경향이였다. 세가지 단백질에서 pH4.5의 경우 설탕을 2%에서 4%로 증가시키에 따라 기포 팽창력이 증가하였으나 대두 단백질에서만 유의적인 차이를 보였다. Wang¹³⁾의하면 자주개자리 잎으로부터 추출한 단백질은 설탕 첨가시에 기포량이 감소하였다고 보고한 바 있다. 식품에 이용되는 기포는 대부분 설탕을 동반하므로 기포 특성을 이용한 식품 제조에 설탕 첨가량의 결정은 매우 중요한 인자라고 생각된다. 본 실험에서 설탕의 적정 농도는 기포 안정성을 고려하여 단백질 용액의 1~2%라고 생각된다.

2. 기포 안정성

1) 단백질 농도 변화에 따른 기포 안정성

단백질 농도에 따른 기포 안정성은 그림 5와 같다. 녹두 단백질은 농도가 높을수록 안정성이 증가하였으며 이는 대두 단백질이나 난백과 같은 결과였다. Chen⁸⁾ 등은 다른 조건이 동일한 경우 대두 단백질의 기포 안정도는 5%와 비교하였을때 10% 농도의 단백질 용액에서 더욱 안정하였다고 보고하였으며 Baldwin¹⁴⁾ 등은 어류 단백질을 사용한 실험에서 단백질 농도와 액체 유출량과는 역관계에 있다고 하였다.

2) pH변화에 따른 기포 안정성

녹두 단백질, 대두 단백질, 난백의 기포 안정성에 pH가 주는 영향을 그림 6에 나타내었다. 녹두 단백질은 각 농도에서 pH4.5일때 기포 안정성이 높았고 pH의 증가에 따라 기포 안정성은 감소하였으며 이는 대두 단백질과 난백에서와도 같은 결과였다. 식물성 단백질 중 가장 많이 사용되고 있는 대두 단백질보다 녹두 단백질의 기포 안정성이 우수하게 나타나 녹두 단백질을 이용하는

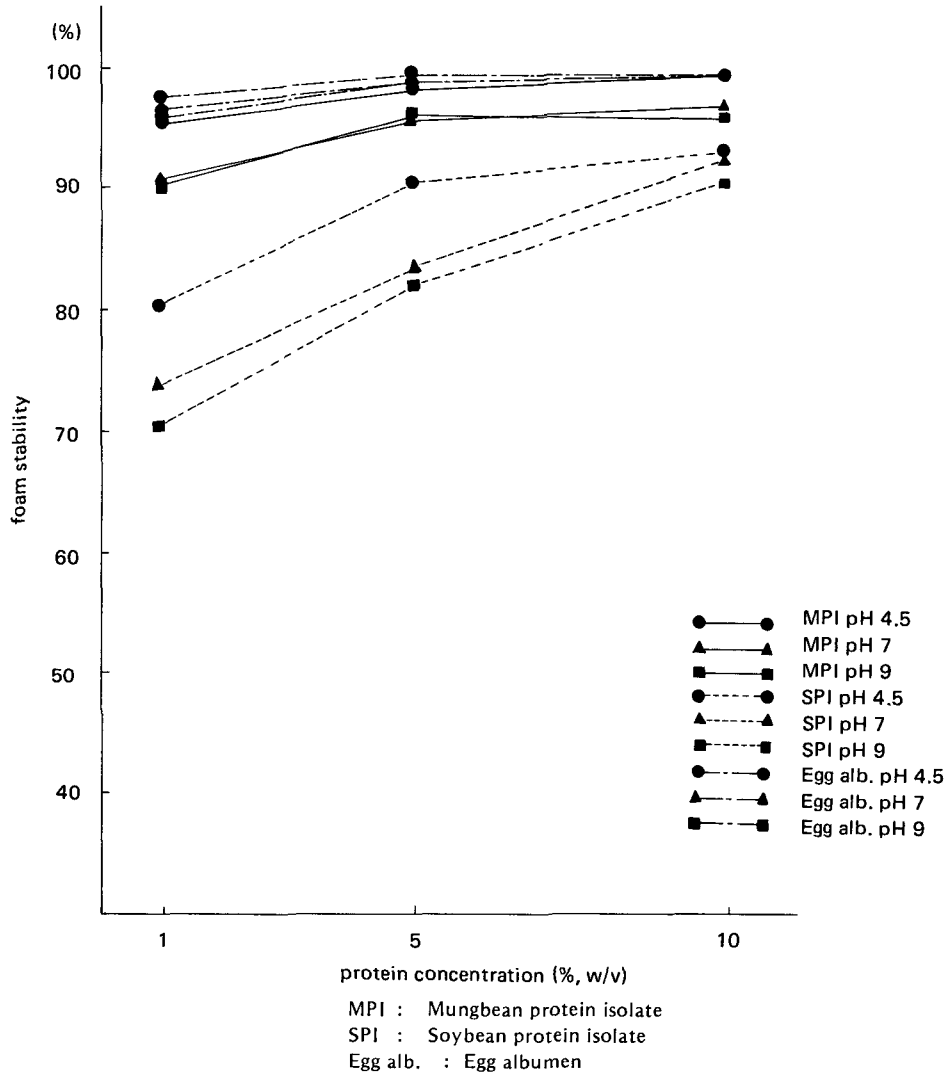


Fig. 5. Effect of protein concentration on foam stability.

경우 바람직한 기포특성을 기대할 수 있다고 본다.^{14~16)}

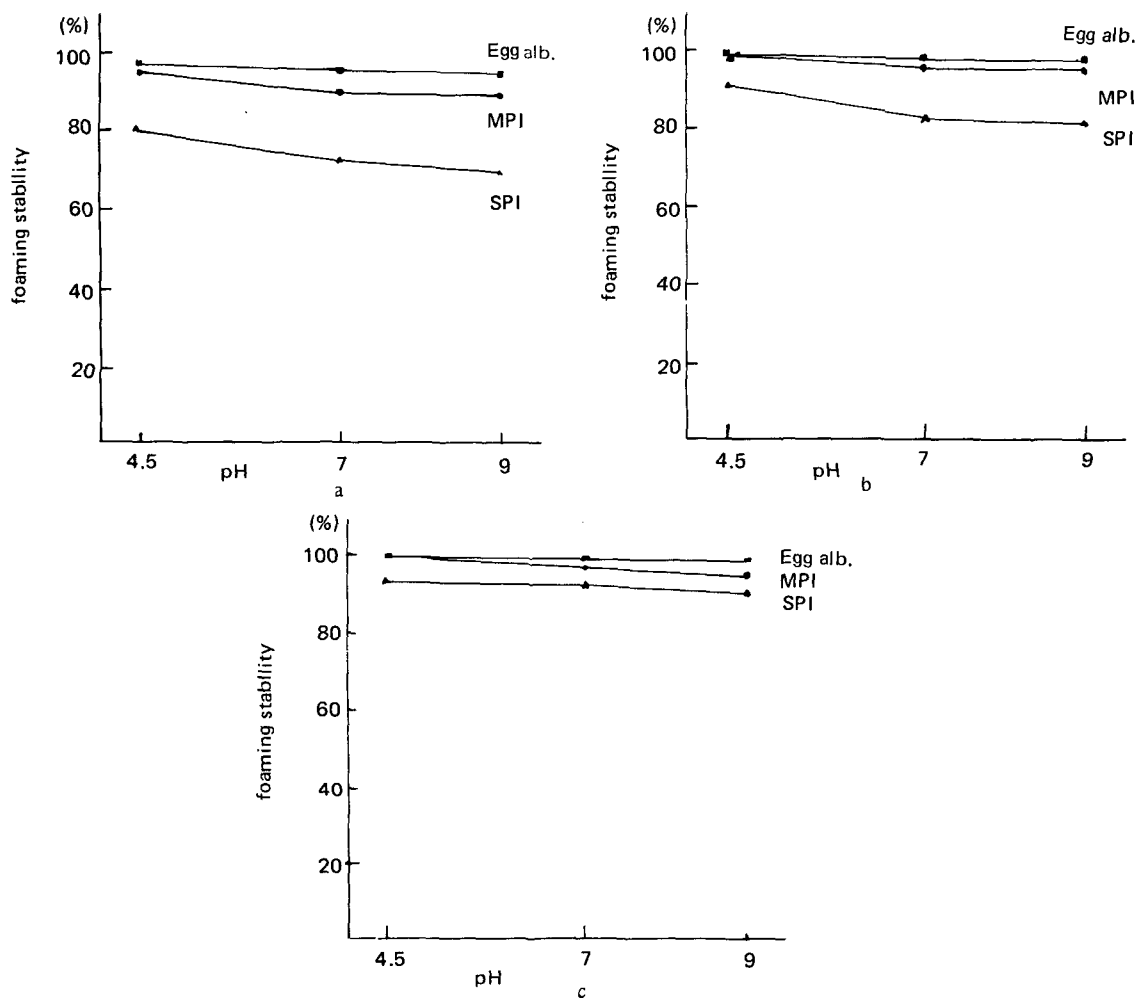
3) 설탕 첨가에 의한 기포 안정성

녹두 단백질, 대두 단백질, 난백의 기포 안정성에 대한 설탕의 영향을 표1, 2, 3에 나타냈다. 세가지 단백질은 각각의 pH에서 설탕양의 증가에 따라 기포 안정성이 증가하였다. Dev¹⁷⁾에 의하면 설탕에 의한 기포 안정도의 증가는 lamellar water의 점도 증가에 의해 빠져 나오는 액체가 적기 때문에 일어나는 현상이라고 하였다. 대부분 기포성을 이용한 식품 제조에 있어서는 설탕을 첨가하는데 Huffman등에¹¹⁾의하면 설탕의 첨가로 기포 안정성이 증가한다고 하며 Eldridge도¹⁰⁾같은 결과를 보고

Table 1. Effect of sucrose concentration on the foam stability of 5% mungbean protein* (unit : %)

Sucrose conc. (% w/v)		0	2	4
pH				
4.5	89.95	99.95 ± 0.78	99.15 ± 1.20	99.50 ± 0.42
7		96.00 ± 5.66	96.00 ± 5.09	96.60 ± 4.81
9		96.20 ± 4.24	96.90 ± 3.25	97.98 ± 2.52

*Mean ± S.D.



a : 1% MPI : Mungbean protein isolate
 b : 5% SPI : Soybean protein isolate
 c ; 10% Egg alb. : Egg albumen

Fig. 6. Effect of pH on foaming stability of protein.

Table 2. Effect of sucrose concentration on the foam stability of 5% soybean protein*

Sucrose conc. (% w/v)		(unit : %)		
pH	0	2	4	
4.5	98.95	99.15 ± 0.78	99.50 ± 1.20	99.50 ± 0.42
7		96.00 ± 5.66	96.00 ± 6.66	96.00 ± 4.81
9		96.20 ± 4.24	96.90 ± 3.25	97.98 ± 2.52

*Mean ± s.D.

Table 3. Effect of sucrose concentration on the foam stability of 5% egg albumen*

Sucrose conc. (% w/v)		(unit : %)		
pH	0	2	4	
4.5		99.94 ± 0.03	98.66 ± 1.90	100.00 ± 0.00
7		99.62 ± 0.08	99.79 ± 0.03	100.00 ± 0.00
9		99.50 ± 0.71	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00

*Mean ± S.D.

한 바 있다. 현재로는 기포 형성시 관계하는 단백질에 대한 정확한 규명이 되어 있지 않은 상태이므로 구성 단백질에 대한 규명이 선행되어야 할 것이며 기포 특성을 측정하는 방법 또한 확립되지 못한 상태로 앞으로 이에 관한 더욱 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 두류 단백질의 식품학적 기능성에 대한 다방면의 연구와 이의 이용성에 대한 연구가 함께 이루어진다면 고가의 동물성 단백질의 대체에 효과적인 일면을 담당할 수 있으리라 생각된다.

IV. 결 론

본 실험은 녹두 단백질의 기포 특성에 대하여 알아보기 위해 시행되었다. 녹두 단백질의 기포 특성을 농도의 변화, pH와 설탕첨가에 따라 알아보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기포 팽창력은 농도의 영향을 받는다. 1%에서 3%까지는 농도에 따라 증가하였으며 3%이상의 농도에서는 오히려 감소하였다. 1%의 녹두 단백질에서는 pH가 4.5인 경우 pH9일때 보다 기포 팽창력이 컸으며 3, 5, 10% 용액에서는 pH7일때 기포 팽창력이 가장 낮은 값을 나타냈다. 설탕 첨가에 의해서 기포 팽창력은 유의적으로 감소하였다.
2. 기포 안정성은 단백질 농도의 증가에 따라 높은 값을 나타냈다. 또한 pH4.5에서 가장 안정하였으며 설탕 첨가에 의해 안정도는 증가하였고 설탕의 양을 증가할수록 기포는 안정하였다. 실험 결과 녹두 단백질의 기포 특성은 대두 단백질보다 우수하여 식품제조에 사용될 경우 매우 바람직한 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 1) Mcwatters, K.M., and Cherry, J.P., Emulsification, foaming, and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, pecan flours, *J Food Sci.*, **42** : 1444, 1977.
- 2) Shen, J.L., Soy protein solubility: The effect of experimental conditions on the solubility of soy protein isolates, *Cereal Chem.*, **53** : 902, 1976
- 3) Vananuvat, P., and Kinsella, J.E., some functional properties of protein isolates from yeast, *Saccharomyces fragilis*, *J. Agric. Food Chem.*, **23** : 603, 1975.
- 4) Smith, A. K., Soybeans: Chemistry and technology. Vol. I. Avi publishing company, Inc., 1977.
- 5) 박 혜원, 녹두 단백질의 이화학적 및 식품학적 특성에 관한 연구, 연세대학교 1987
- 6) 임경미, 분리 녹두 단백질의 유향특성에 관한 연구, 연세대학교 1987
- 7) Coffmann, C.W., and Garcia, V.V., Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mungbean flour, *J. Food Technol.*, **12** : 473, 1977
- 8) Chen, B.H.Y., Morr, C.V., Solubility and foaming properties of phytate reduced soy protein isolate, *J. Food Sci.*, **50** : 1139, 1985.
- 9) Lah, C.L., Cheryan, M., and Devor, R.E., A response surface methodology approach to the optimization of whipping properties of an ultrafiltered soy product, *J. Food Sci.*, **45**:1720, 1980.
- 10) Eldridge, A.C., Hall, P.K., and Wolf, W.J., Stable foams from unhydrolyzed soybean protein, *Food Technol.*, **17** : 1592, 1963.
- 11) Huffman, V.L., Lee, C.K., and Burn, E.E., Selected functional properties of sunflower meal, *J. Food Sci.*, **40** : 70, 1973.
- 12) Lawhon, J.T., and Cater, C.M., Effect of processing method and pH of precipitation on the yields and functional properties of protein isolates from glandless cottonseed, *J. Food Sci.*, **36** : 372, 1971.
- 13) Wang, J.C., and Kinsella, J.E., Functional properties of alfalfa leaf protein: Foaming, *J. Food Sci.*, **41** : 498, 1976.
- 14) Baldwin, R.E., and Sinthavalai, S., Fish protein concentrate foam, *J. Food Sci.*, **39** : 880, 1974.
- 15) Richert, S.H., Morr, C.V., and Cooney, C.M., Effect of heat and other factors upon foaming properties of whey protein concentrates, *J. Food Sci.*, **39** : 42, 1974.
- 16) Mita, T., Ishida, E., and Matsumoto, H., Physicochemical studies on wheat protein foams, *J. Colloid and Interfaces Sci.*, **64** : 143, 1979.
- 17) Dev, D.K., and Mukherjee, K.D., Functional properties of rapeseed protein products with varying phytic acid contents, *J. Agric. Food Chem.*, **34** : 775, 1986.