

분리 팥 단백질의 기포 특성에 영향을 주는 제 요인에 관한 연구

A Study on the Foaming Properties of Small red bean Protein Isolates at Various Conditions

연세대학교 식품영양학과
연구조교 김현정
교수 손경희

Dept. of Food and Nutrition, Yonsei Univ.

Research Assistant : Hyon Jung Kim

Professor : Kyung Hee Sohn

목 차

I. 서론
II. 실험재료 및 방법
III. 실험결과 및 고찰

IV. 결론 및 요약
참고문헌

<Abstract>

The purpose of this study was to determine the foaming properties of two small red bean protein isolates at various conditions. Data concerning the effects of pH, temperature, NaCl concentration, sugar concentration and protein concentration on the properties such as solubility, foam expansion, foam stability were presented.

The results were summarized as follows :

1. The crude protein contents of two small red beans were 26.14% and 22.71%. The percentage of nonpolar amino acid group was the highest and that of sulfur containing amino acid group was the lowest.

2. Protein solubility showed the minimum at pH 4.5 which is isoelectric point of small red bean protein isolate and heat treatment lowered solubility($P < 0.05$). At pH 4.5, solubility increased significantly as 0.4M NaCl was added. However, the effect of sugar concentration on the solubility was not significant.

3. Foam expansion of two small red bean protein isolates was high at pH 4.5 and heat treatment at 100°C lowered foam expansion($P < 0.05$). While addition of NaCl, sugar did not affect the foam expansion, gradual increment of the protein isolates concentration up to 9% decreased the foam expansion slightly.

4. Foam stability was significantly high at pH 4.5 and heat treatment at 100°C lowered foam stability. Addition of sugar caused slight decrease in foam stability. From 1% to 9%

suspension, foam stability increased significantly as protein concentration increased($P < 0.05$).

I. 서론

식품의 주요 구성 성분중의 하나인 단백질은 신체의 성장 및 활동을 위한 영양소로서, 종전의 많은 연구들은 식품의 조리 가공시에 일어나는 영양가의 변화에 중점을 두어 왔다. 그러나 근래에 와서는 인구의 증가에 따른 식량부족 문제를 해결하기 위하여 영양가가 높으며 경제적으로도 값이 싼 식물성 단백질의 개발 및 이용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편 두류 단백질의 식품학적 기능성을 밝히고 이의 특성을 이용하여 식품첨가제로 사용하려는 시도가 이루어지고 있다. 우리나라의 경우 대두 단백질에 관한 연구가 활발히 진행되어왔고 녹두, 강낭콩 등 국산 두류 단백질에 관한 연구가 이루어졌지만(3, 4), 팥의 식품학적 기능 특성에 관해서는 알려지지 않았다. 팥은 우리나라에서 대두 다음으로 생산량이 많은 두류로서 팔죽, 떡고물, 빵이나 생과자의 소, 양갱 제조 등에 이용되고 있다. 본 연구에서는 아직까지 식품학적 기능 특성에 관한 연구가 미비한 팥으로부터 단백질을 분리하여 용해도, 기포 형성력, 기포 안정성을 살펴보고 기포 형성제로서의 이용 가능성을 알아보고자 하였다. 한편, 팥의 종류에 따라 기능성 차이가 있는지를 검토하기 위하여 적두라 불리우는 붉은 팥과 거두라 불리우는 검정 팥을 상호비교하여 보았다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 적두와 거두는 1989년에 수확한 것으로서 적두는 충청남도 서산에서, 거두는 충청북도 산척에서 재배되었으며 서울 신촌 소재 농협공판장에서 구입하여 실험재료로 사용하였다.

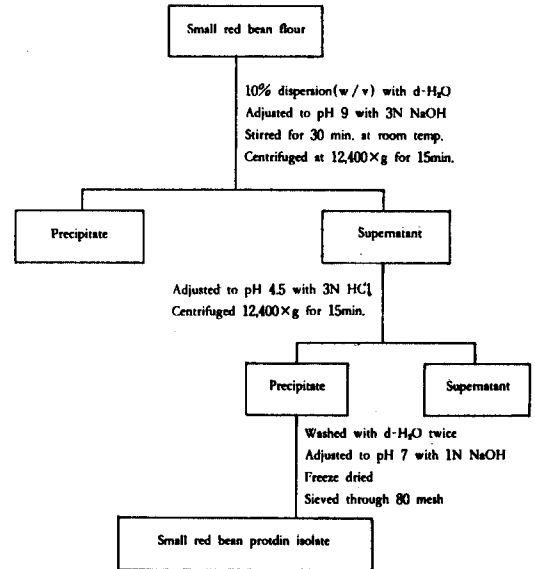


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of Small red bean protein isolate

2. 시료의 조제

팥의 외피를 제거하고 분쇄하여 80mesh체에 통과하여 팥가루를 제조한 후 Fig.1과 같이 분리 팥 단백질을 제조하였다.

3. 실험방법

1) 일반성분 분석

본 실험에 사용된 시료의 일반성분 분석은 A.O.A.C.법(5)에 준하여 측정하였다. 수분함량은 105°C 건조법, 단백질함량은 Micro Kjeldahl법, 지방함량은 Soxhlet 법을 사용하였다.

2) 분리 팥 단백질의 아미노산 분석

분리 팥 단백질의 아미노산 분석은 아미노산 자동분석기(LKB 4150-Alpha)를 이용하였다.

3) 분리 팔 단백질의 기능 특성 측정

(1) 용해도 측정

분리 팔 단백질의 용해도는 Vananuvat 등이 (6) 사용한 방법에 의해 다음과 같이 측정하였다. 증류수를 이용하여 0.3%의 단백질 용액을 제조하여 pH를 조절한 후 9,800xg에서 원심분리하여 상층액의 단백질을 Lowry법에 (7)의해 정량한 후 여러가지 처리에 따른 용해도 실험을 통해 가장 높은 값을 100으로 보고 이에 대한 백분비로 표기하였다. 열처리에는 water bath를 이용하여 물의 온도를 조절한 후 0.3% 단백질용액 20ml씩을 취해 20분간 가열한 후 흐르는 물에 급냉시켰으며 NaCl과 sugar 첨가시는 단백질 용액에 일정량의 NaCl과 sugar를 첨가하여 용해시킨 후 용해도의 변화를 알아보았다.

(2) 기포 형성력의 측정

기포 형성력의 측정은 Poole 등이(8) 제시한 방법을 사용하였다. 1%의 단백질 용액을 용해도 측정시와 같은 방법으로 pH에 따라 제조하거나 가열 혹은 NaCl, sugar를 첨가하여 제조하고 단백질 농도별로도 용액을 제조하여 Homogenizer(Ace type, Nihon Seiki)를 사용하여 3000rpm에서 5분간 기포를 형성시켰다. 기포 형성력은 교반전 단백질 용액의 부피와 교반후 생성된 기포의 부피를 측정하여 다음공식에 의해 계산하였다.

$$\text{Foam expansion} = \frac{\text{Total volume of foam} - \text{Initial liquid volume}}{\text{Initial liquid volume}} \times 100$$

(3) 기포 안정성 측정

기포 안정성은 변등의(9) 방법을 수정하여 측정하였는데 기포 형성력 측정시와 같은 방법으로 기포를 형성시켜 30분 경과 후 남아있는 기포의 부피를 측정하여 다음 공식에 의해 계산하였다.

$$\text{Foam stability} = \frac{\text{Foam volume after 30min}}{\text{Initial foam volume including liquid}} \times 100$$

4) 통계처리

본 연구로부터 얻은 모든 실험치들은 SPSSX Package Program을 이용하여 연구 내용별로 평균 및 표준 편차, 2 요인 분산 분석, 다중비교를 실시하였다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

1. 수분, 조단백질 및 조지방 함량

두 종류의 팔 가루 및 분리 팔 단백질의 수분, 조단백질 및 조지방 함량을 Table 1에 나타내었다. 조단백질의 함량은 분리 단백질인 경우는 적두가 84.58%, 거두가 88.26%로 나타났고, 조지방 함량은 거두가 적두보다 높게 나타났다.

2. 분리 팔 단백질의 아미노산 조성

두 종류의 분리 팔 단백질의 아미노산 조성을 분석해본 결과, 적두와 거두의 아미노산 조성이 비슷한 양상은 나타냈는데 그 결과를 Table 2에 요약하였다. 분리 팔 단백질은 비극성 아미노산의 함량이 높게 나타났고 함황 아미노산인 Methionine 함량이 매우 낮게 나타나 박이(10) 실험한 녹두 단백질의 아미노산 조성과 비슷한 결과를 보였으며 김은(11) 두류단백질은 함황 아미노산이 부족하지만 Lysine 함량이 다른 단백질보다 비교적 많기 때문에 Lysine 함량이 낮은 쌀과 혼합해서 섭취하면 단백질의 질을

Table 1. Moisture, protein and fat content of two Small red bean protein isolates^a (Unit:%)

Composition	Small red bean, red		Small red bean, black	
	flour	protein isolate	flour	protein isolate
Moisture	11.19±0.05	7.94±0.02	11.31±0.07	6.54±0.20
Protein	26.14±0.68	84.58±0.24	22.78±0.05	88.26±0.31
Fat	0.62±0.05	0.14±0.01	0.63±0.04	0.24±0.02

a) Data reported as mean±S.D.

Table 2. Amino acid composition of two Small red bean protein isolates^a
(Unit:mg / 100mg)

Amino acids	SPPI	SBPI
NONPOLAR		
Glycine	2.11	2.18
Alanine	3.04	3.17
Valine	4.94	4.59
Leucine	6.97	7.77
Isoleucine	3.22	3.77
Phenylalanine	4.73	5.31
Proline	4.58	3.99
	29.59 (37.34%)	30.78 (37.28%)
SULFUR-CONTAINING		
Methionine	1.46	1.64
	1.46 (1.84%)	1.64 (1.99%)
HYDROXYL		
Threonine	2.47	2.37
Serine	4.21	4.31
Tyrosine	2.30	2.54
	8.98 (11.33%)	9.22 (11.17%)
BASIC		
Lysine	7.31	7.55
Arginine	4.29	4.47
Histidine	3.48	3.48
	15.08 (19.03%)	15.50 (18.78%)
ACIDIC		
Aspartic acid	9.27	9.80
Glutamic acid	14.86	15.62
	24.13 (30.45%)	25.42 (30.79%)
Total	79.24	82.56

a) SRPI: Small red bean, red protein isolate
SBPI: Small red bean, black protein isolate

높일 수 있다고 하였다.

3. 용해도

1) pH에 따른 용해도

두 종류의 분리 팥 단백질 용액의 pH를 pH3, 4.5, 7, 9, 11로 조절하여 용해도를 측정된 결과를 Fig.2

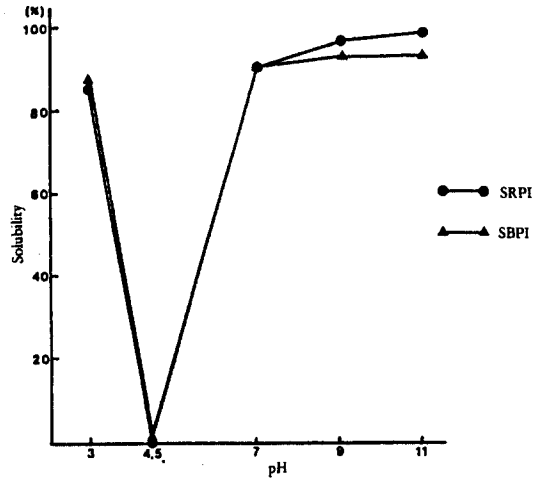


Fig. 2. Effect of pH on the solubility of two Small red bean protein isolates

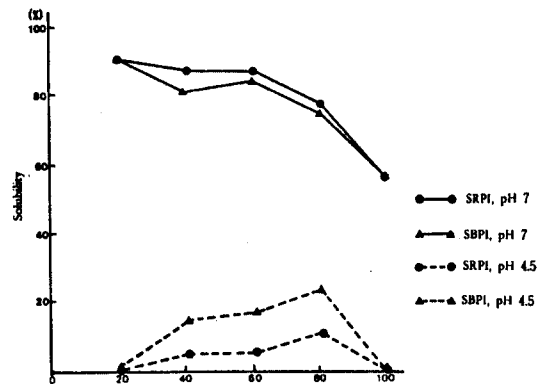


Fig. 3. Effect of heating temperature on the solubility of two Small red bean protein isolates

에 나타내었다. 적두와 거두단백질은 다른 두류 단백질과 마찬가지로 등전점 부근의 pH인 pH4.5에서 최소의 용해도를 보였으며 pH11에서는 매우 높은 용해도를 나타내었고 팥의 종류에 따른 유의적인 차이는 없었다($P < 0.05$).

2) 열처리에 따른 용해도

열처리에 따른 분리 팥 단백질의 용해도 변화를 Fig.3에 나타내었다. 100°C에서는 거두, 적두 모두 용해도가 유의적으로 감소했는데($P < 0.05$) 이는 100°C에서 단백질 간의 응집 현상이 일어나 불용성 침전물을 형성하기 때문이며 pH4.5에서는 80°C까지 온

도가 증가할수록 용해도가 약간 증가하였는데 이는 약한 열처리에 의해 단백질분자의 unfolding이 일어나 용해도가 증가된 것으로 생각된다.

3) NaCl 첨가에 따른 용해도

pH4.5, pH7에서의 NaCl 첨가에 따른 용해도의 변화가 Fig.4에 나타나 있다. pH4.5에서는 NaCl을 첨가했을 때 용해도가 유의적으로 증가했는데(P<0.05) pH7에서는 용해도의 변화가 없거나 오히려 감소하는 경향을 보였는데 이러한 결과는 최가(12) 행한 실험의 강남콩 단백질의 용해도 변화와 일치하였다. 이는 단백질에 NaCl을 첨가했을때 염농도가 묽을때는 Cl이온이 단백질의 전하와 결합하여 electros-

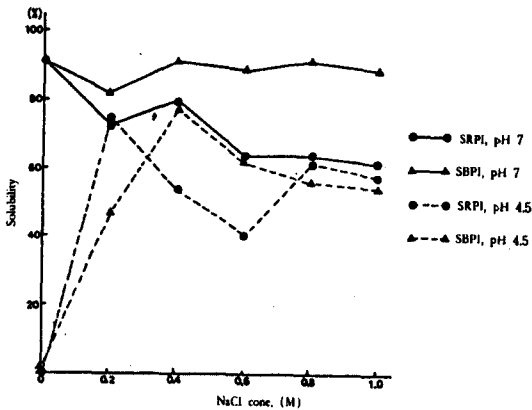


Fig. 4. Effect of NaCl concentration on solubility of two Small red bean protein isolates

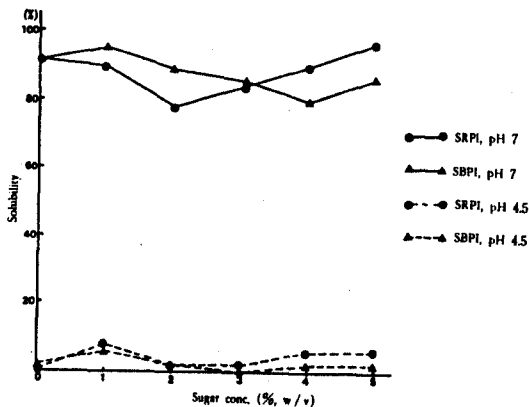


Fig. 5. Effect of sugar concentration on the solubility of two Small red bean protein isolates

tatic interaction을 감소시켜 water-protein interaction이 증가하여 용해도가 증가하게 되는것으로 사료된다.

4) sugar 첨가에 따른 용해도

sugar 첨가에 따른 용해도의 변화는 Fig.5에서 볼 수있듯이 pH4.5, pH7 모두 sugar 첨가에 따른 용해도의 차이는 비유의적이었고 적두와 거두간의 차이도 없었다(P<0.05). 이는 녹두단백질이 sugar 첨가에 의한 용해도의 변화가 유의적이었다는 민의(13) 보고와는 상반된 결과이다.

4. 기포 형성력

1) pH에 따른 기포 형성력

pH에 따른 기포 형성력의 변화를 Fig.6에 요약했다. pH4.5에서의 기포 형성력은 적두가 197.17%, 거두가 209.67%로서 가장 높았고 pH7에서는 가장 낮게 나타났다. 또한, 단백질간의 차이도 유의적이었으며(P<0.05) 거두가 적두보다 기포 형성력이 우수하게 나타났다.

2) 열처리에 따른 기포 형성력

기포 형성력은 열처리 정도에 따라서 많은 영향을 받는데 그 결과를 Fig.7에 요약하였다. pH4.5, pH7

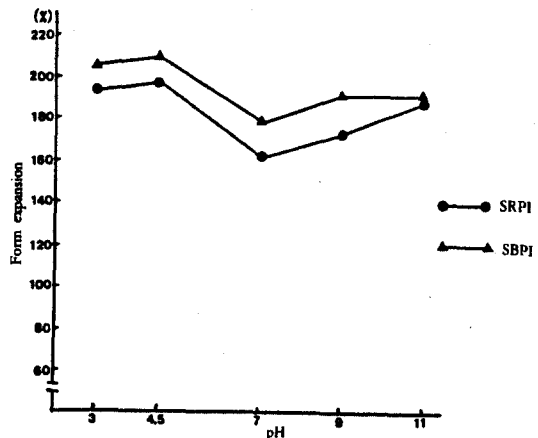


Fig. 6. Effect of pH on the foam expansion of two Small red bean protein isolates

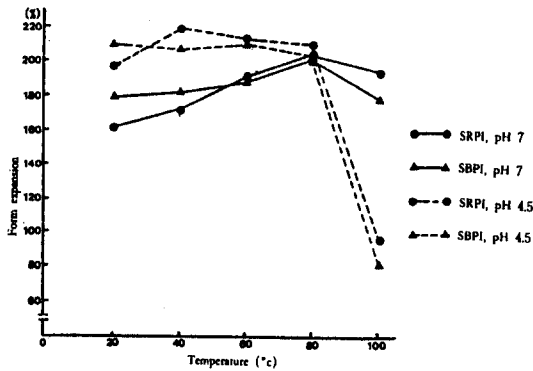


Fig. 7. Effect of heating temperature on the foam expansion of two Small red bean protein isolates

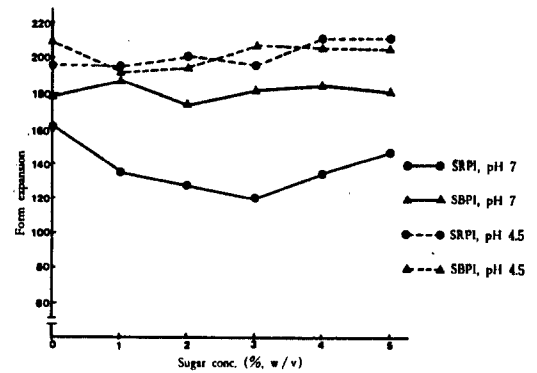


Fig. 9. Effect of sugar concentration on the foam expansion of two Small red bean protein isolates

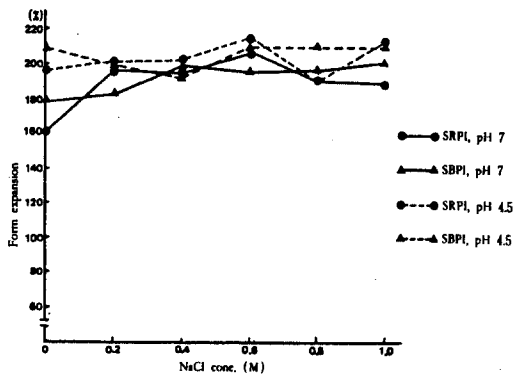


Fig. 8. Effect of NaCl concentration on the foam expansion of two Small red bean protein isolates

모두 적두와 거두간의 차이는 유의적이지 못했고 pH4.5에서는 100°C에서 기포 형성력이 급격히 감소하였다. 이는 높은 온도에서 단백질이 변성되고 응집이 일어나서 기포 형성에 필요한 protein-water interaction을 감소시키기 때문이다. 그러나 단백질이 열변성을 일으키기전까지의 약한 열처리 는 기포 형성력을 증가시켜 준다고 Chen 등이(15) 보고하였는데 본 실험에서도 pH7에서 온도가 증가할수록 기포 형성력이 증가하는 경향을 보였다.

3) NaCl 첨가에 따른 기포 형성력

기포 형성력은 염의 첨가에 의해 변화될 수 있는데 NaCl 첨가에 따른 기포 형성력의 변화를 Fig.8에 나타내었다. NaCl 첨가에 따른 기포 형성력은 유의

적인 차이가 없는것으로 나타났는데 Wiseman(16) 등은 jojoba meal protein concentrate에 NaCl을 첨가했을 때 기포 안정성은 감소되지만 기포 형성력은 차이가 나타나지 않았다고 보고 함으로써 본 실험의 결과와 일치하였다.

4) sugar 첨가에 따른 기포 형성력

기포성을 이용한 식품 제조시는 흔히 다량의 sugar가 첨가되므로 sugar에 따른 기포 특성의 변화는 매우 중요하다. Fig.9에서 보듯이 pH4.5에서는 sugar 첨가에 따른 기포 형성력의 변화가 큰 차이를 보이지 않았으며 pH7에서는 sugar 농도가 3%로 증가했을 때 기포 형성력이 다소 감소하였고 그 이후로는 다시 상승하는 결과를 보였다. Poole 등은(8) sugar가 표면 장력을 높여서 단백질의 unfolding을 방해하기 때문에 물에 대한 친화력이 감소되어 기포 형성력이 저하된다고 설명하였다. 일반적으로 sugar는 용액의 점도를 높여줘서 기포 형성력보다는 기포 안정성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

5) 단백질 농도에 따른 기포 형성력

단백질 농도에 따른 기포 형성력의 변화를 Fig.10에 나타내었다. pH4.5에서는 적두와 거두간에 유의적인 차이는 없었지만 기포 형성력은 농도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였고($P < 0.05$) pH7에서는 3%로 증가시 약간 증가하였다가 그 이후로는 감소하였다. pH의 영향과는 달리 단백질의 농도에 따

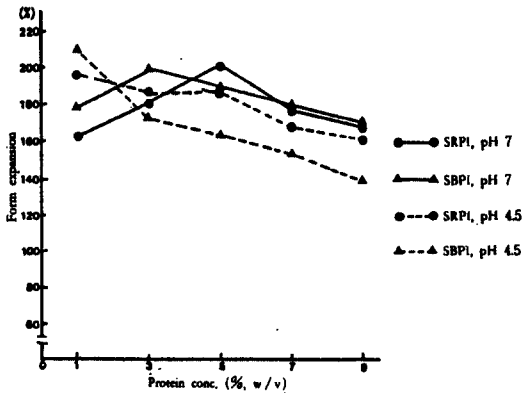


Fig. 10. Effect of protein concentration on the foam expansion of two Small red bean protein isolates

른 기포 형성력의 변화에 관한 실험은 연구자들에 따라 상반된 결과들이 보고되고 있는데 이는 단백질 종류의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

5. 기포 안정성

1) pH에 따른 기포 안정성

pH에 따른 기포 안정성의 변화를 Fig.11에 요약하였는데 그 결과를 살펴보면 단백질 종류간에는 유의적인 차이가 없었으나 pH4.5에서는 기포 안정성이 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 이는 등전점 부근에서 단백질 사이의 electrostatic interaction이 강하게 나타나서 흡착된 단백질 피막의 강도를 높여주기 때문인 것으로 생각된다.

2) 열처리에 따른 기포 안정성

열처리에 따른 기포 안정성의 변화를 Fig.12에 나타내었다. pH4.5에서는 100°C에서 기포 안정성이 감소하였고 pH7에서 기포 안정성은 유의적인 차이는 없었지만 온도가 증가함에 따라 점차 상승하는 경향을 보였다. Cherry 등도(17) 변성이 일어나지 않을 정도의 열처리시는 단백질의 unfolding이 일어나서 단백질 피막의 두께와 점도를 증가시켜 기포 안정성을 높일 수 있다고 보고한 바 있다.

3) NaCl 첨가에 따른 기포 안정성

NaCl 첨가에 따른 기포 안정성의 변화를 Fig.13에

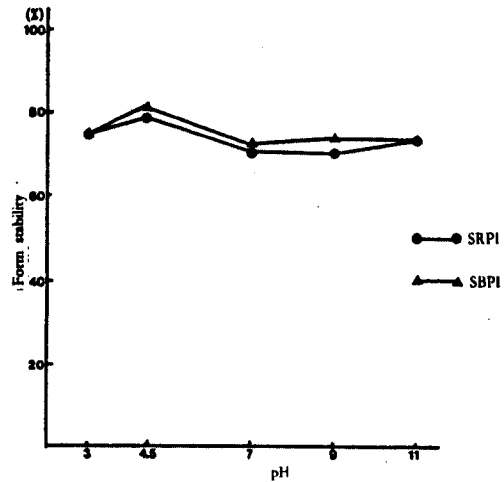


Fig. 11. Effect of pH on the foam stability of two Small red bean protein isolates

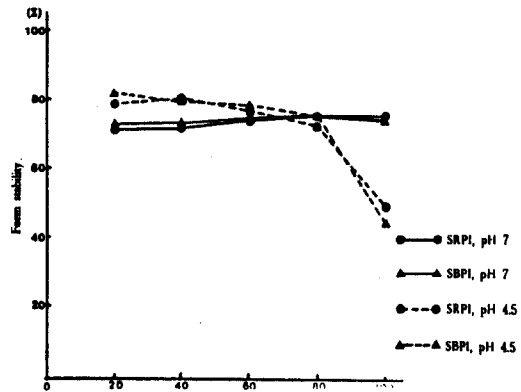


Fig. 12. Effect of heating temperature on the foam stability of two Small red bean protein isolates

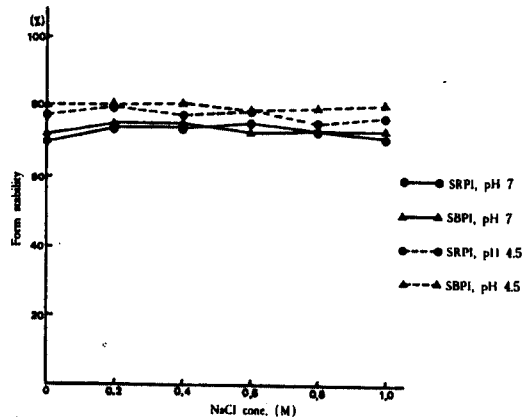


Fig. 13. Effect of NaCl concentration on the foam stability of two Small red bean protein isolates

요약하였다. pH4.5, pH7 모두 NaCl 첨가에 따른 유의적인 차이는 없었으며 적두와 거두간의 차이도 나타나지 않았다. 그러나 다른 연구에서는(18) NaCl 첨가시 기포 안정성이 감소한다는 보고가 있었다. 염의 종류 및 농도가 기포 안정성을 변화시키는 원인에 대한 연구는 아직까지 미비한 상태로 계속 연구되어야 할 것이다.

4) sugar 첨가에 따른 기포 안정성

일반적으로 sugar를 단백질 용액에 첨가하여 기포를 형성시켰을때 기포 형성력은 감소하지만 기포 안

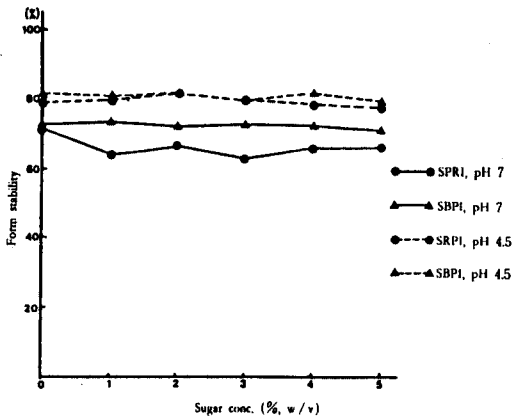


Fig. 14. Effect of sugar concentration on the foam stability of two Small red bean protein isolates

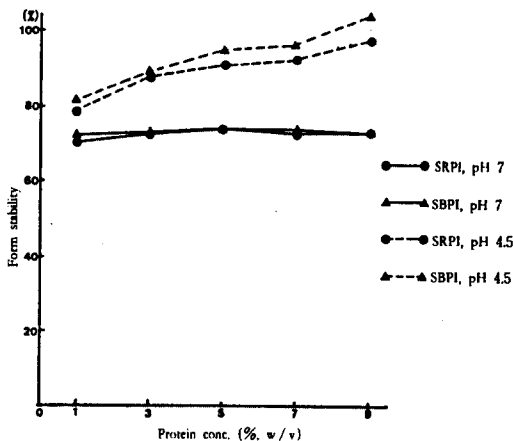


Fig. 15. Effect of protein concentration on the foam stability of two Small red bean protein isolates

정성은 증가하게 된다. 그 결과를 Fig.14에 요약하였다. 지금까지 알려진 바와는 달리 본 실험에서는 pH7에서 거두가 적두보다 기포 안정성이 높았을 뿐 sugar 첨가량에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. Dickinson 등은(19) 기포형성시 sugar를 첨가하면 단백질 용액의 점도가 높아져서 liquid drainage가 감소하기 때문에 기포 안정성이 높아진다고 설명하였다.

5) 단백질 농도에 따른 기포 안정성

단백질 농도에 따른 기포 안정성의 변화를 Fig.15에 요약하였는데 pH4.5에서는 단백질 농도가 증가할수록 기포 안정성이 증가하였는데 이는 용액의 점성이 증가하기 때문이며 Chen 등도(15) 대두 단백질이 10% 농도에서 최대의 기포 안정성을 나타냈다고 보고하였다.

이상의 실험을 통해 분리 팔 단백질은 팔의 종류에 따른 기능특성의 차이는 나타나지 않았고 기포특성에 영향을 주는 여러가지 요인에 대해서는 다른 두류 단백질과 비슷한 결과를 보였으며 등전점 부근에서 기포 형성력 및 기포 안정성이 우수한 것으로 나타났다.

기포 특성은 실험 기기 및 실험 조건에 따라 그 결과에 많은 차이가 있을 수 있으므로 앞으로는 그동안 연구되어 온 각종 두류 단백질의 기포특성을 동일한 조건에서 비교해 본다면 그 우위성을 보다 정확히 가릴 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 요약

본 연구는 적두와 거두로부터 단백질을 분리하여 식품학적 기능특성중 기포특성에 대해 알아보고자 pH, 열처리, NaCl, sugar, 단백질 농도가 단백질 용액의 용해도, 기포 형성력, 기포 안정성에 미치는 영향을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 분리 팔 단백질은 조 단백질이 적두가 84.58%, 거두가 88.36%로 나타났으며 아미노산 조성을 분석한 결과, 비극성 아미노산의 비율이 높게 나타났고 그 다음이 산성 아미노산, 염기성 아미노산이었으며 함황 아미노산이 매우 적었다.
2. 분리 팔 단백질의 용해도는 pH에 따라 큰 차이

가 있었는데 팔의 종류에 따른 유의적인 차이는 없었으며 pH4.5에서 최소의 용해도를 보였다. 열처리에 따른 용해도는 pH4.5에서 100℃ 처리하였을 때 유의적으로 감소했으며 ($P < 0.05$) pH7에서도 감소하였고 NaCl 첨가시에는 pH4.5에서 0.2M NaCl 첨가시 용해도가 급격히 증가하였다. sugar 첨가시에는 그 차이가 유의적이지 못했다.

3. 기포 형성력은 pH4.5에서 가장 높게 나타났고 열처리시에는 80℃까지는 차이가 없었으나 100℃에서는 기포 형성력이 급격히 감소하였으며 NaCl, sugar에 의해서는 주목할만한 변화가 없었고 단백질 농도를 증가한 경우에는 pH4.5에서 감소하는 경향을 보였다.
4. 기포 안정성은 pH4.5에서 유의적으로 높게 나타났으며 단백질 종류에 따른 차이는 없었다. 100℃로 가열 처리한 경우에는 pH4.5에서 기포 안정성이 급격히 감소하였고 pH7에서는 큰 차이가 없었으며 NaCl, sugar 첨가에 따른 차이는 크지 않았다. pH4.5에서 단백질의 농도가 증가할수록 기포 안정성이 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$).

■ 참고문헌

- 1) Thompson, L. U., Liu, R. F. K. and Jones, J. D., Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate, *J. Food Sci.*, 47 : 1175, 1982.
- 2) Sathe, S. K., Iyer, V. and Salunkhe, D. K., Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins. Amino acid composition, in vitro digestibility, and application to cookies, *J. Food Sci.*, 46 : 8, 1981.
- 3) 임경미, 분리 녹두 단백질의 유화 특성에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1987.
- 4) 강명선, 이서래, 한국산 두류종 단백질의 분별 및 전기영동패턴, 한국식품과학회지, 10 : 415, 1978.
- 5) A.O.A.C., Official method of analysis. The Association of official analytical chemists, Sidney Williams 14th ed., 1984.
- 6) Vananuvat, P. and Kinsella, J. E., Some functional properties of protein isolates from yeast, *Saccharomyces fragilis*, *J. Agric. Food Chem.*, 23 : 613, 1975.
- 7) Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J., Protein measurement with the folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, 193 : 265, 1951.
- 8) Poole, S. and Fry, J. C., High-performance protein foaming and gelation systems, In "Developments in food proteins" (5), Ed. Hudson, B.J.F., Elsevier applied science, London and Newyork, 1987.
- 9) 변시명, 김철진, 탈지 대두박에서 추출한 분리 대두 단백질의 식품학적 성질, 한국식품과학회지, 9 : 123, 1977.
- 10) 박혜원, 녹두 단백질의 이화학적 및 식품학적 특성에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1987.
- 11) 김우정, 콩단백질의 영양과 이용, 미국대두협회, 1987.
- 12) 최희령, 분리 강남콩 단백질의 유화 특성에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1989.
- 13) 민성희, 분리 녹두 단백질의 기포특성에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1988.
- 14) Kim, S. H. and Kinsella, J. E., Surface activity of food proteins : Relationships between surface pressure development, viscoelasticity of interfacial films and foam stability of bovine serum albumin, *J. Food Sci.*, 50 : 1526, 1985.
- 15) Chen, S.H.Y. and Morr, C. V., Solubility and foaming properties of phytate reduced soy protein isolate, *J. Food Sci.*, 50 : 1139, 1985.
- 16) Wiseman, M. O. and Price, R. L., Functional properties of protein concentrates from pressed jojoba meal, *Cereal Chem.*, 64 : 94, 1987.
- 17) Cherry, J. P. and Mcwatters, K.H., Whippability and aeration, In "protein functionality in food" Ed. Cherry, J. P. Am. Chem. Soc., Washington D.C., 1981.
- 18) Sathe, S. K., Deshpande, S. S. and Salunkhe, D. K., Functional properties of winged bean proteins, *J. Food Sci.*, 47 : 503, 1982.
- 19) Dickinson, E. and Stainsby, G., Progress in the formulation of food emulsions and foams, *Food Tech.*, 43 : 75, 1987.