KOREAN J. SOC. FOOD SCI.
Vol. 6, No. 3, August, 1990

분리 땅콩 단백질의 기포 특성에 관한 연구

박 현 경·손 경 희·김 현 정

연세대학교 식품영양학과

A Study of the Foaming Properties of Peanut Protein Isolate

Hyun Kyung Park, Kyung Hee Sohn, Hyon Jung Kim

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

Abstract

Peanut prptein isolate was tested for the purpose of finding out the effect of pH, Sodium Chloride concentration and heat treatment on the solubility, surface hydrophobicity, foam expansion and foam stability.

The solubility of peanut protein isolate was affected by pH and showed the lowest value at pH 4.5. When the peanut protein isolate was heated, the solubility decreased at pH 3 and pH 7 but at pH 9 solubility increased. At all pH range, solubility decreased as NaCl was added.

The surface hydrophobicity of peanut protein isolate showed the highest value at pH 1.5. Generally, at acidic pH range the surface hydrophobicity was high, but at alkaline region, the surface hydrophobicity increased as the temperature increased. And when NaCl was added, the surface hydrophobicity was also increased.

Foam expansion of peanut protein isolate was no significant difference among the values about pH. When the peanut protein was heated and NaCl was added, foam expansion was increased at pH 7.

Foam stability was significantly low at pH 4.5 and foam stability was increased at acidic pH region below pH 4.5. At pH 7 and pH 9, heat treatment above 60℃ increased foam stability. When NaCl was added, foam stability was significantly increased at pH 3 and pH 7.

Ⅰ. 서 론

단백질의 식품학적 기능 특성에 대한 중요성이 인식되면서 이에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있으며 단백질의 중요한 기능성의 하나인 기포특성은 식품내에서 질감과 외관등의 관능적 품질을 증진 시키는데 이용된다.

기포 형성의 특성은 단백질 표면 활성의 저하와 피막 형성의 특성에 밀접한 관계를 가지며 또한 공기 입자를

둘러싸는 단백질 피막이 수분을 보유할 정도의 강도가 있어야 하며 기계적인 자극에 잘 견디어야 안정한 기포를 만들수 있다.

단백질의 기포 특성에 영향을 미치는 요인으로는 단백질의 구조, 표면장력, 단백질 용액의 점도, 소수성 등의 내적 요인과 pH, 열처리, 염의 첨가와 같은 환경적 요인도 있다[1].

영양적으로나 식품학적으로 동물성 단백질을 대신하면서 경제적으로 저렴하여 널리 공급 가능한 단백질의 개발은 매우 중요한 문제이다. oil seed는 우수한 식물성 단백질 급원이면서 기름을 이용하기 위해 우선 기름을 짜고 남은 나머지를 싼 값의 단백질로 이용할 수 있기 때문에 그런 목적에 매우 잘 부합되는 단백질원이 될 수 있다.

땅콩은 대두, cottonseed와 더불어 세계적으로 많이 생산되는 3대 oil seed의 하나인데 땅콩에서 짜낸 기름은 낙화생유라 하여 식용유로 이용되고 있어 기름을 짜고 남은 땅콩박이 단백질 급원으로 효과적으로 이용될 수 있다. 실제로 땅콩 단백질에는 bland flavor와 antinutritional factor의 함량이 낮고 습열 처리시 beany flavor의 감소와 다른 고단백 oil seed에서 볼 수 없는 gelatinization의 장점을 가지고 있어 땅콩 단백질의 식품학적 기능 물질로의 이용가능성에 대한 연구는 높은 관심의 대상이 되고 있다[2].

본 연구에서는 땅콩 단백질의 식품학적 기능 물질로 이용 가능성을 검토해 보고자 땅콩으로부터 분리 땅콩 단백질을 제조하여 용해도, 표면 소수성, 기포 형성력, 기포 안정성에 대해 알아보았다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시료의 조제

본 실험에서 사용한 땅콩은 진풍 89호로 경기도 수원시 농작물 시험장에서 구입하여 실험 재료로 사용하였다. 땅콩의 외피를 제거하고 hexane으로 지방을 추출한후 분쇄하여 만든 탈지 땅콩 가루에 10배(w/v)의 증류수를 가하여 3N-NaOH로 pH를 8.2로 맞춘후 16,000×g에서 15분간 원심 분리하여 상층액을 회수한 후 3N-HCl로 pH를 4.5로 조절하여 이 용액을 다시 16,000×g에서 15분간 원심 분리하여 침전을 모은 후 1 N-NaOH로 pH를 7로 맞춘 후 동결 건조하여 분리 땅콩 단백질을 제조하였다.

2. 실험방법

1) 용해도 측정

용해도는 Vananuvat 등의 방법에 의해 다음과 같이 측정하였다[3]. 증류수를 이용하여 0.3%의 단백질 용액을 제조하여 30분간 교반시킨 후 20 ml을 취해 1N-NaOH, 1N-HCl로 pH를 조절한 후 16,000×g에서 15분간 원심분리하여 상층액의 단백질 양을 정량한 후 여러가지 처리에 따른 용해도 값중 가장 높은 값을 100으로 보고 이에 대한 백분비로 표기하였다. 열처리에 의한 용해도 변화를 알아보기위해 Wiseman 등의 방법에 따라 실험하였고 NaCl 첨가에 따른 용해도의 변화도 알아보았다[4].

2) 표면 소수성(So)의 측정

표면 소수성은 Hayagawa 등의 방법에 따라 측정하였다[5]. 완충용액을 이용하여 0.025~0.15%의 단백질 용액을 제조한 후 ANS(1-Anilino-8-Naphthalene Sulfonate) 용액을 첨가하여 Amino-Bowman spectrofluorometer로 형광도를 측정하였다. 단백질 용액의 순수 형광도는 ANS로 처리한 값과 처리하지 않은 값의 차이로 나타내었으며 단백질 농도에 대한 순수 형광도를 도식하여 최소자승법에 의해 기울기를 구하여 표면 소수성(So)으로 표기하였다.

3) 기포 형성력의 측정

기포 형성력의 측정은 Chen 등이 제시한 방법을 사용하였다[6]. 3%의 단백질 용액을 pH에 따라 제조하거나 가열 혹은 NaCl을 첨가하여 제조하고 용액 15 ml를 mass cylinder에 넣고 General aid model M 24 mixer를 사용하여 기포를 형성시켰다. 기포 형성력은 교반 전 단백질 용액의 부피와 교반 후 생성된 기포의 부피를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

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

4) 기포 안정성 측정

기포 안정성은 변등의 방법을 수정하여 측정하였는데 기포 형성력 측정시와 같은 방법으로 기포를 형성시켜 30분 경과 후 남아있는 기포의 부피를 측정하여 다음과 같이 계산하였다[7].

$$\text{기포 안정성}(\%) = \frac{\text{Foam volume after 30 min}}{\text{Initial foam volume including liquid}} \times 100$$

III. 실험 결과 및 고찰

1. 용해도

pH, 열처리, NaCl 첨가에 의한 분리 땅콩 단백질의 용해도 특성을 그림 1, 2, 3에 제시하였다. pH 1.5, 3, 4.5, 7, 8.2, 9, 11의 pH 영역에서 용해도를 측정해본 결과 대부분의 두류 단백질과 마찬가지로 pH 4.5에서 가장 낮은 용해도를 보였으며 pH 8.2에서 가장 높은 용해도를 나타냈다. 그리고 pH 3에서의 용해도 역시 낮은 값을 나타냈는데 Cherry 등의 연구에서도 보면 cotton-seed의 경우 등전점에서 pH 1.5 사이의 pH 영역에서 단백질의 용해도가 감소되었으며 이는 낮은 pH 영역에서의 단백질 분자의 전하의 변화 때문이다[8].

pH 3과 pH 7의 분리 땅콩 단백질 용액은 열처리에 의해 용해도가 감소되었으며 100℃ 이상의 열처리시 특히 많이 감소하였는데 이는 과도한 열처리에 의해 단백질 분자간의 응집 현상이 증가되었기 때문이다. pH 9에서는 열처리에 의해 용해도가 다소 증가되어 알칼리성 영역보다 산성 영역에서 열처리에 의한 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

0.2 M의 NaCl 첨가에 의해 세 pH 영역 모두에서 용해도는 매우 감소되었다. 다량의 NaCl 첨가에 의해 다소 회복되기는 하였으나 NaCl의 첨가에 의해 분리 땅콩 단백질의 용해도는 감소되는 것으로 나타났으며 이는 alfalfa leaf protein을 시료로한 실험의 결과와도 일치하였다[9].

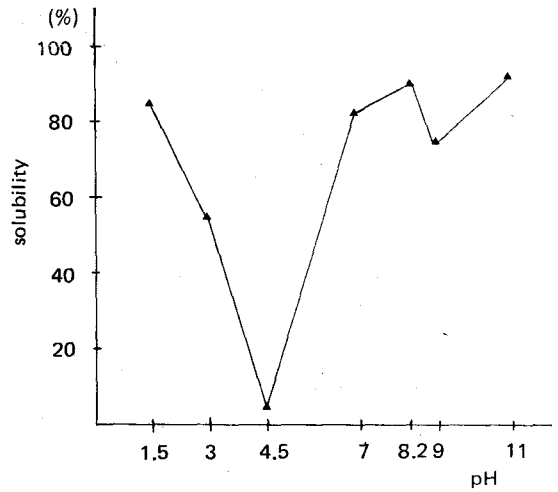

Fig. 1. Effect of pH on the solubility of peanut protein isolate.

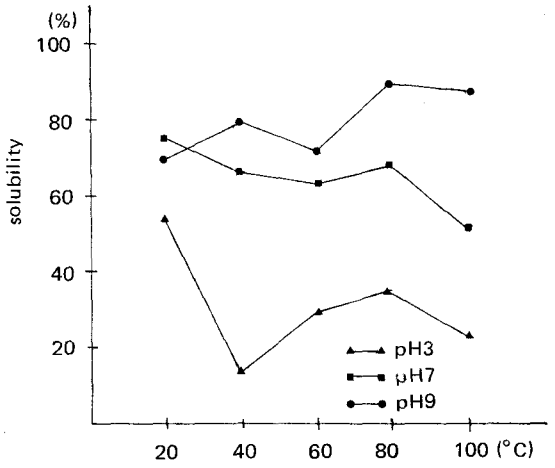

Fig. 2. Effect of heating temperature on the solubility of peanut protein isolate.

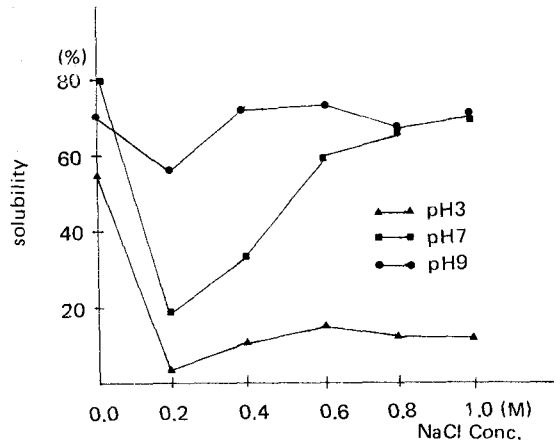

Fig. 3. Effect of NaCl concentration on the solubility of peanut protein isolate.

2. 표면 소수성

분리 땅콩 단백질의 표면 소수성에 대한 실험의 결과는 그림 4, 5, 6에 표시하였다. 분리 땅콩 단백질은 pH 1.5에서 표면 소수성이 가장 높았으며 일반적으로 산성

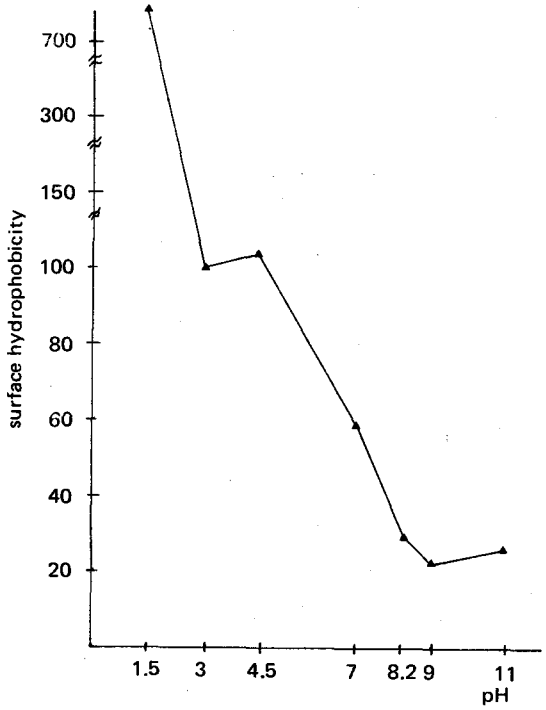

Fig. 4. Effect of pH on the surface hydropobicity of peanut protein isolate.

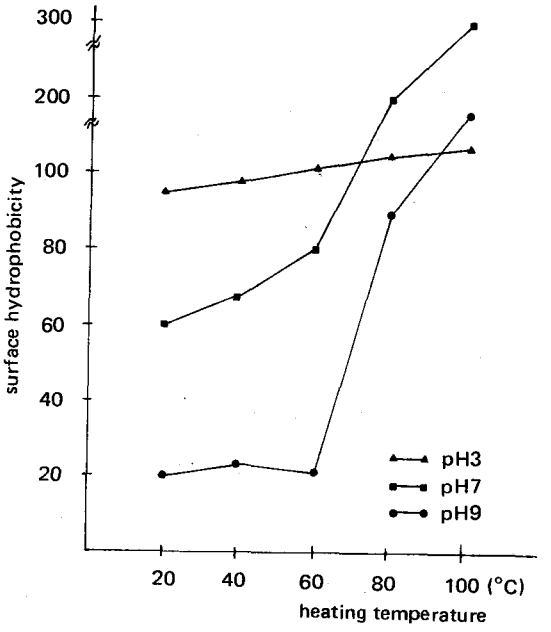

Fig. 5. Effect of heating temperature on the surface hydrophobicity of peanut protein isolate.

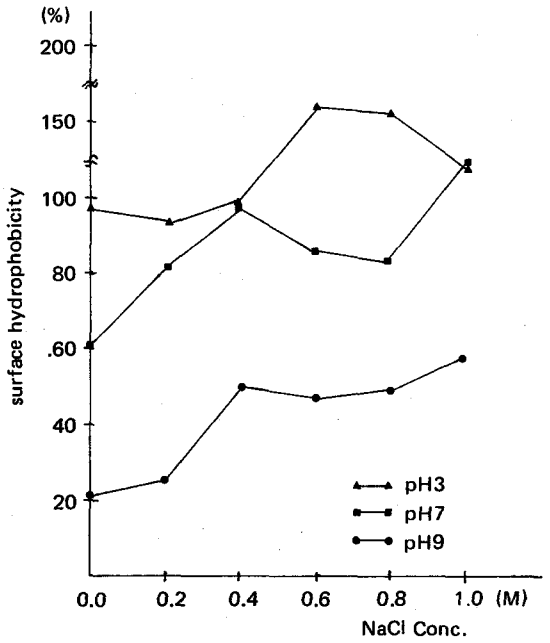

Fig. 6. Effect of NaCl concentration on the surface hydrophobicity of peanut protein isolate.

영역에서 높은 값을 갖고 알칼리성 영역에서는 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.

열처리에 의해 표면 소수성은 증가되는 경향을 보였으며 특히 60℃ 이상의 열처리시에 더욱 증가하였다. 이는 단백질 용액이 열처리를 받아 단백질 분자들이 unfolding 되어 소수성 잔기들이 분자 표면으로 노출되며 나타난 결과이다. 그러나 열처리가 너무 심하면 오히려 분자간의 응집에 의해 소수성 잔기가 다시 분자 내부로 묻히면 표면 소수성은 감소되므로 단백질의 열변성 현상이 일어나기 전까지의 열처리를 해주는 것이 중요하다.

NaCl의 첨가에 의해서도 역시 땅콩 단백질의 표면 소수성은 증가되는 결과를 보였다.

3. 기포 형성력

pH에 따른 분리 땅콩 단백질의 기포 형성력의 변화를 그림 7에 요약하였다. 분리 땅콩 단백질의 기포 형성력은 pH에 따라 큰 차이는 없는 것으로 나타났으나 pH 1.5와 pH 3에서는 비교적 기포 형성력이 높고 pH 4.5와 pH 7에서 낮게 나타났다.

열처리와 NaCl 첨가에 따른 기포 형성력의 결과는 그림 8, 9에 표시하였다. pH 3에서는 40℃, 80℃의 열처리

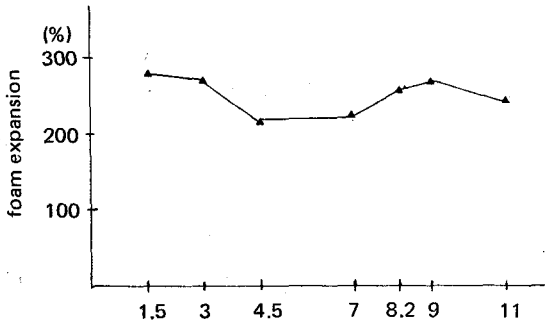

Fig. 7. Effect of pH on the foam expansion of peanut protein isolate.

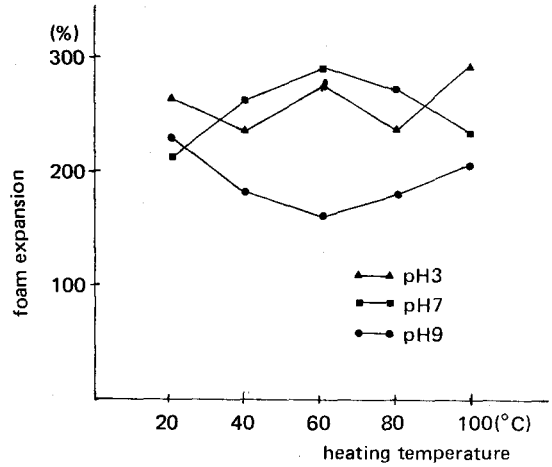

Fig. 8. Effect of heating temperature on the foam expansion of peanut protein isolate.

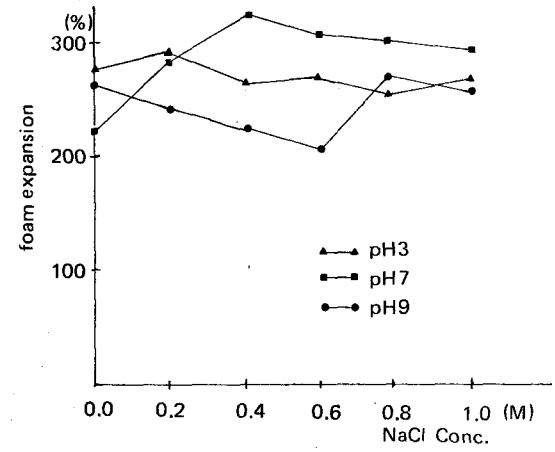

Fig. 9. Effect of NaCl concentration on the foam expansion of peanut protein isolate.

에 의해 기포 형성력이 다소 감소되었고 pH 7에서는 60℃까지의 열처리에 의해 기포 형성력이 증가하였다. pH 9에서는 이와 반대로 60℃까지의 열처리시엔 기포 형성력이 감소되고 그 이상의 열처리에 의해선 다시 회복되는 경향을 보였다. 일반적으로 열변성이 일어나기 전까지의 열처리에 의해선 기포 형성력이 증가되나 너무 높은 온도의 열처리시엔 단백질의 변성이 일어나 응집이 일어나면서 기포 형성에 필요한 protein-water 간의 interaction이 감소되어 기포 형성력이 감소된다.

pH 7에선 NaCl 첨가에 의해 기포 형성력이 매우 증가되었다. NaCl의 첨가는 기포가 형성되는 동안에 colloidal solution의 계면에서 단백질의 용해도를 증가시켜 기포팽창을 증가시킨다[10].

4. 기포 안정성

그림 10, 11, 12에 분리 땅콩 단백질의 기포 안정성의 결과를 요약하였다. pH 3과 pH 1.5에서 분리 땅콩 단백질의 기포 안정성은 가장 높았고 pH 4.5에서 가장 낮았다. 이는 녹두나 팥 단백질이 pH 4.5에서 가장 높은 기포 안정성을 보인 것과는 반대되는 결과이다[11,12].

열처리에 의해 pH 3에선 기포 안정성이 증가되었고 pH 7에서도 80℃ 이상의 열처리에 의해 기포 안정성은 크게 증가되었다.

변성이 일어나지 않을 정도의 열처리는 단백질의 unfolding을 증가시켜 단백질 피막의 두께와 점도를 증가시킴으로 기포 안정성을 높일 수 있다.

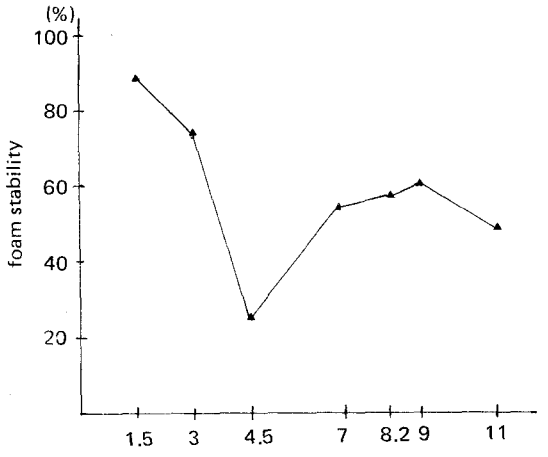

Fig. 10. Effect of pH on the foam stability of peanut protein isolate.

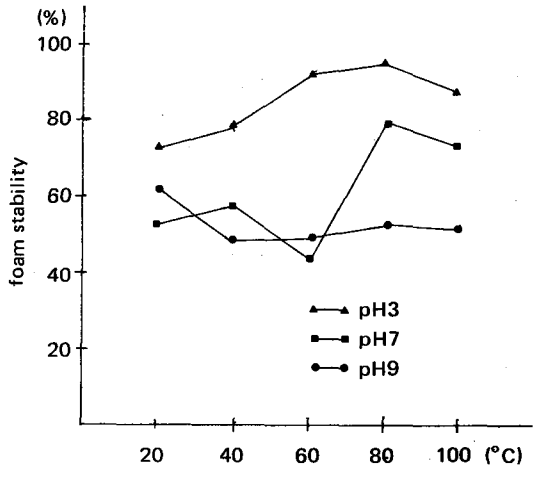

Fig. 11. Effect of heating temperature on the foam stability of peanut protein isolate.

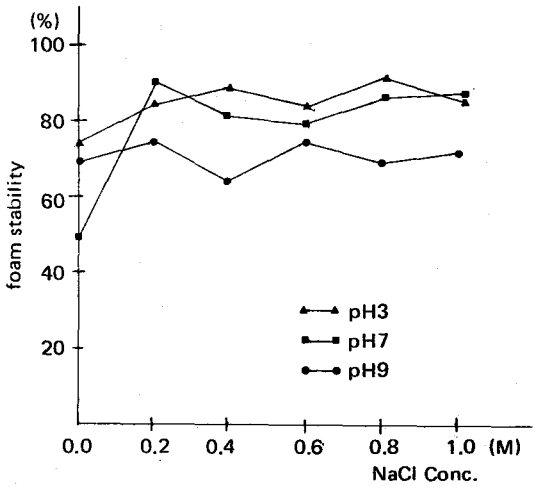

Fig. 12. Effect of NaCl concentration on the foam stability of peanut protein isolate.

NaCl의 첨가에 의해서 역시 pH 3, pH 7에서 기포 안정성이 증가되는 결과를 보였다.

IV. 결론 및 제언

분리 땅콩 단백질의 pH, 열처리, NaCl 첨가에 의한 단백질의 용해도, 표면 소수성, 기포형성력, 기포안정성의 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 분리 땅콩 단백질의 용해도는 pH에 따라 크게 차이가 있었는데 pH 4.5에서 가장 낮은 용해도를 나타냈고 pH 3에서도 낮은 값을 가졌다. 열처리에 의해 용해도는 더욱 감소되었으며 NaCl의 첨가에 의해서도 역시 낮아졌다. 이 때 0.2 M의 NaCl 첨가시 가장 감소되었고 0.4 M 이상의 첨가에 의해서는 다소 회복되었다.

2) 분리 땅콩 단백질의 표면 소수성은 pH에 따라 매우 다르게 나타났으며 산성 영역에서 높은 값을 알칼리성 영역에서 낮은 값을 가졌다.

분리 땅콩 단백질의 표면 소수성은 열처리에 의해 증가되었고 이는 60℃ 이상의 열처리시 특히 높게 나타났다. 또한 0.4 M 이상의 NaCl 첨가에 의해서 표면 소수성은 증가되었다.

3) 분리 땅콩 단백질의 기포 형성력은 pH에 따라서는 별 차이가 없었다. pH 7에서는 60℃ 이상의 열처리에 의해 기포 형성력이 증가되었고 NaCl의 첨가에 의해서 역시 기포 형성력은 증가되는 경향을 보였다.

4) 기포 안정성은 pH 4.5에서 가장 낮았으며 60℃ 이상의 열처리와 NaCl의 첨가에 의해서 증가됨을 보였다.

이상의 결과에 의한 분리 땅콩 단백질의 기포 특성은 우수하다고는 볼 수 없었다. 이는 본 실험에 이용된 땅콩 단백질에는 약 2%가량의 지방이 함유되어 이것이 기포 특성에 방해가 되는 요인으로 작용했기 때문으로 사료된다.

실제로 땅콩 단백질을 식품학적 기능 물질로 이용시 우선 기름을 이용하기 위해 지방을 모두 제거해낸 탈지 땅콩박을 이용하게 되면 탈지 과정에서 우선 열처리가 이루어지고 지방이 완전히 제거되어 지방에 의한 기포 형성 방해작용이 억제되고 열처리에 의해서 기포 특성은 증가되리라 보여진다.

따라서 땅콩 단백질을 식품학적 기능 물질로 이용 가능성이 있다고 보며 탈지 땅콩박을 이용한 후속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

1) Fennema, O.R., Food chemistry, Marcel Dekker, Inc., 1985
2) Poole, S. and Fry, J.C., Peanuts as Food Proteins. In "Developments in food proteins"-5, Ed. Hudson, B.J. F., Elsevier applied science, London and New York, 1987
3) Vananuvat, P. and Kinsella, J.E., Some functional

properties of protein isolate from yeast, Saccharryces fragilis, *J. Agric. Food. Chem.*, **23**:613, 1972

4) M.O.Wiseman and R.L.Price, Functional properies of protein concentrates from pressed jojoba meal, *Cereal Chem.*, **64**:94, 1987

5) Hayakawa and Naikai, Relationships of Hydropobicity and Net charge to the solubility of Milk and soy proteins., *J. Food Sci.*, **50**:480, 1985

6) Chen and Morr, Solubility and foaming property of phytate-reduced soy protein isolate, *J Food Sci.*, **50**: 1139, 1985

7) 변시명, 김철진, 탈지 대두박에서 추출한 분리 대두 단백질의 식품학적 성질, 한국식품과학회지 **17**:383, 1985

8) Cherry and Macwatters, Whippability and aeration, In "protein functionality in food" Ed, Cherry J.P., *Am. Chem. Soc.*, Washington D.C.

9) Wang and Kinsella, functional properties alfalfa leaf protein; Foaming, *J. Food Sci.*, **42**:498, 1976

10) King, J., Aguirre, C. and Pablo, S., Functional properties of lupin protein isolate, *J. Food Sci.*, **50**:82, 1985

11) 박혜원, 녹두 단백질의 이화학적 및 식품학적 특성에 관한 연구. 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1987. 박사학위 논문

12) 김현정, 분리 팥(적두, 거두) 단백질의 기포 특성에 영향을 주는 제요인에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 식생활학과, 1989. 석사학위 논문