

홍게 가공회수 단백질의 용해도, 유화력 및 안정성

김용진 · 신태선 · 오훈일

세종대학교 식품공학과

Solubility, Emulsion Capacity, and Emulsion Stability of Protein Recovered from Red Crab Processing Water

Yong-Jin Kim, Tai-Sun Shin and Hoon-Il Oh

Dept. of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

Abstract

The functional properties of protein recovered from red crab (*Chitinoecetes opilio*) processing in water (RCP) were examined and compared with those of soybean protein isolate (SPI) at pH 2~10 in water and NaCl solution (0.1 and 0.5M). The solubilities of RCP and SPI were minimum at pH 4, the isoelectric point (pl) and increased significantly at lower or higher than pH 4. Solubilities in NaCl solution for both proteins decreased with incr NaCl concentration increase at all pH ranges. Emulsion capacity for both proteins was also minimum at pH 4 and increased as protein concentration increased from 2 to 6%. Emulsion capacity of RCP was higher than thses of SPI at pH 6~10 and all protein concentrations. Emulsion stability showed a similar trend to that of emulsion capacity. RCP had higher oil absorption capacity and lower water absorption capacity than SPI.

Key words : red crab protein, protein solubility, emulsion capacity, emulsion stability.

서 론

단백질은 인간의 필수 영양소이다. 그래서 섭취량과 질은 선진국에서도 중요한 문제이다. 우리 나라는 물론 아시아, 아프리카 등 저개발국으로 갈수록 단백질은 절대량이 부족하여 새로운 단백질 자원의 개발이 시급한 문제가 되고 있다. 그래서 지금까지 활용되지 않고 있는 폐단백질자원을 식용으로 이용하면 식량난을 해결할 수 있다. 우리나라 동해 근해에서 어획되는 홍게(*Chitinoecetes opilio*)는 대부분 60°C 물에서 약 5분간 데쳐 껌질을 제거한 후 일본으로 수출한다. 데친 물에는 상당량의 수용성 단백질과 수용성 영양소가 유출되어 수질을 오염시키기 때문에 정화하는 데 많은 경비가 소요된다. 그러므로 이러한 단백질을 회수하여 식품으로 이용하면 새로운 단백질 식량자원이 되고, 폐수 처리 비용을 절감하는 효과를 볼 수 있다. 그러나 단백질은 영양가가 높고, 풍미, 색 및 조직성이 좋고, 용해도, 거품형성력, 유화성, 점도, 겔 형성력 등 기능성이 뛰어나야 한다^{1~4)}. 단백질의 기능성에 영향을 미치는 인자는 단백질의 물리, 화학적 성질 즉, 아미노산의 종류, 분자의 크기

와 형태에 따라 일차적으로 영향을 받으며, pH, 이온 세기, 점도 등에 따라서도 복잡한 외적인 영향을 받는다^{1~4)}.

단백질의 기능성에 관한 연구는 많다. Sathe 와 Salunkhe^{5,6)}은 Great Northern 콩단백질과 루핀콩(lupin seed) 단백질의 기능성을 albumin 및 globulin과 비교하여 보고하였고, Chen 등⁷⁾은 분말 어류 단백질로부터 숙시닐화한 균원 섬유 단백질의 기능성을 보고하였다. 그러나 홍게 부산물 단백질(이하 홍게 단백질이라 한다)의 회수 및 기능성에 대한 연구는 보고된 바 없다. 본 연구는 홍게 가공 폐액 단백질을 분리하여 식용으로 이용하고자 용해도, 유화력 및 유화 안정성 등의 기능성을 분석 검토한 결과이다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

강원도 속초시 H상사로부터 입수한 60°C에서 5분간 데친 홍게 가공 폐액을 pH 별로 용해도를 측정하여 용해도가 가장 낮은 pH 4.0로 맞춘 후 24시간 침전시킨

후 $5000 \times g$ 로 10분 동안 원심분리하여 상정액을 제거하였다. 침전은 중류수에 녹인 후 투석막에 넣어 4°C 에서 중류수에 대해 하룻밤 투석시킨 후 SUR-QUICK 동결건조기 Dryer 05(II Sin Engineering Co.)로 동결 건조시켜 홍게 단백질로 사용하였다. 비교구인 콩 단백질(이하 콩 단백질이라 한다)은 Protein Technology International사(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 일반성분 분석

일반성분은 AOAC 법, 수분은 102°C 상압건조법⁸⁾, 조단백질은 Kjeldhal법⁹⁾, 지방은 Soxhlet법¹⁰⁾, 회분은 550°C 에서 직접회분법¹¹⁾으로 분석하였다.

2) 총아미노산 함량

시료 1g에 6N-HCl 15ml를 첨가하여 공기를 제거하고 질소를 채워 102°C 오븐에서 24시간 건조시켰다. 이를 $0.45\mu\text{m}$ 필터와 Sep-pak C₁₈ 카트라지를 통과시키고 Waters Pico-tag vacuum station에서 전 처리한 후 고정상은 Waters Pico-Tag 컬럼($3.9 \times 150\text{mm}$, $4\mu\text{m}$), 이동상은 1l 에 0.14M sodium acetate trihydrate, 0.05% triethylamine를 함유한 용액을 인산으로 pH 6.4로 조절한 것은 A용매로 하고, B용매는 acetonitril로 하여 유속 1.0에서 시작하여 1.5로 올렸다가 1.0로 낮추었다. 검출기는 Waters 486를 사용하여 254nm에서 검출하였다¹²⁾.

3) 단백질 용해도 측정

용해도는 이 등¹³⁾의 방법으로 측정하였다. 1g의 시료를 100ml 중류수, 0.1M 또는 0.5M NaCl 수용액에 가하여 교반기로 분산시킨 후, 각 분산액의 pH를 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 및 10.0으로 조절하고 $3000 \times g$ 로 20분간 원심분리하여 얻어 상정액의 단백질을 Lowry방법¹⁴⁾으로 정량하여 시료중의 총 단백질 함량에 대한 백분율로 나타내었다.

4) 유화력 및 유화안정성

유화력 및 유화안정성은 Yamauchi 등¹⁵⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 2.0, 4.0 및 6.0%의 시료 용액을 pH 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 및 10.0으로 조절하여 30ml씩 취하고 여기에 옥수수 기름(동방유량) 30ml를 첨가하여 waring blender로 5분간 분산시켰다. 이 유화액을 원심분리관에 각각 5ml씩 담고, $3000 \times g$ 로 실온에서 5분

간 원심 분리한 후 다음 식으로 유화력을 계산하였다.

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

유화 안정성은 유화력 측정과 같은 방법으로 유화액을 만들어 80°C 수조에서 30분간 처리한 후 다음 식으로 계산하였다.

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

5) 유지 및 수분 흡착력 측정

유지 및 수분흡착력은 Sathe와 Salunkhe의 방법⁶⁾에 따라 시료 1g에 중류수나 옥수수 기름 10ml를 각각 가하여 섞고 실온에서 30분간 정지한 다음 $3000 \times g$ 로 20분간 원심 분리하여 상정액의 부피를 측정하였다. 흡착력은 1g의 시료에 흡착된 중류수나 옥수수 기름의 부피 ml수로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 일반성분 분석

홍게 가공 폐액을 pH 4.0에서 침전시킨 후 동결 건조하여 일반성분을 분석한 결과(Table 1) 단백질 함량은 81.9%였다. 이것은 콩 단백질의 91.0% 보다 낮은 값이다. 지방은 7.6%로 콩 단백질 0.2%보다 상당히 높았다. 단백질 함량은 이 등¹⁶⁾ 정어리를 에틸알코올로 추출하여 농축한 시료의 84.5%, 박 등¹⁷⁾이 탈지 참깨와 들깨를 등전점 침전시켜 동결 건조한 시료의 약 83%와 유사하였다. 지방 함량은 7.6%로 정어리를 열수처리한 시료의 9.0%와 유사하였다. 지질함량이 이렇게 높으면 저장시 산폐가 문제가 된다. 회분 함량은 3.2%로 콩 단백질보다 낮았으나 김 등¹⁸⁾이 열수추출한 게(*Portunus trituberculatus*) 단백질의 회분 함량(2.3%) 보다 높았다.

2. 아미노산 조성 및 함량

단백질의 총아미노산 함량(Table 2)은 콩 단백질이 84,423mg%로 홍게 단백질의 75,071mg%보다 높게 나타났다. 소수성 아미노산(Ala, Pro, Val, Met, Ile, Leu, Phe)도 콩 단백질이 32,030mg%로 홍게 단백질의 29,300mg% 보다 높았다.

Table 1. Proximate analysis of soybean protein and protein recovered from red crab processing water
(Unit : %)

Protein	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Soybean protein	5.8	91.0	0.2	3.2
Protein recovered from red crab processing water	6.1	81.9	7.6	4.4

Table 2. Total amino acid composition of soybean protein and protein recovered from red crab processing water
(Unit : %)

Amino acid	Soybean protein	Protein recovered red crab processing water
Asp	8.8	10.7
Glu	13.3	7.4
Ser	4.5	3.3
Gly	4.3	3.3
His	2.2	4.0
Arg	5.9	4.4
Thr	3.6	3.7
Ala	3.9	3.8
Pro	5.4	3.1
Tyr	4.1	4.4
Val	4.3	4.7
Met	1.6	2.2
Cys	0.8	0.5
Ile	4.5	3.7
Leu	7.4	6.3
Phe	5.0	5.6
Lys	4.9	4.0
Total	84.4	75.1

Bigelow¹⁹⁾는 단백질의 전하와 소수성이 용해도를 결정하는 주요 인자로, 전하가 낮고 소수성이 낮으면 단백질의 용해도가 증가한다고 하였다. Kato와 Nakai²⁰⁾는 형광을 이용한 소수성도 정량에서 단백질의 소수도 유화형성력 사이에 유의적 차이가 있다고 하였다. 본 실험에서 콩 단백질의 소수도가 홍게 단백질의 소수도보다 높고 유화형성력도 높고, 용해도는 홍게 단백질이 높아 위의 두 결과도 일치한다. 그러나 Aoki 등²¹⁾은 단백질의 유화형성력은 유화성과 지질성 사이의 균형에 의존한다고 하였으며 단백질의 소수성이 증가한다고 유화형성력이 증가하지는 않는다고 하였다.

3. 유지 및 수분 흡착력

홍게 단백질은 1g당 6.3ml의 유지를 흡착하여 콩 단백질의 1g당 3.2ml의 유지 흡착력보다 높은 값을 나타냈다. 이것은 박 등¹⁷⁾의 함께 단백질 결과와 같이 홍게 단백질이 동결건조로 접촉면적이 증가되었기 때문으로 보인다. 유지 흡착력은 향미를 보존해 주고 입 속에서

감촉을 좋게 해주는 육제품의 기능성 중 하나이다. Sathe와 Salunkhe⁶⁾는 친수기와 소수기의 평형, 단백질의 농도, pH 등이 유화성에 영향을 미친다고 하였으며, 소수성 탄소수가 증가할수록 유화성이 증가한다고 하였다.

콩 단백질의 수분흡착력은 1.0g당 6.2ml로 홍게 단백질의 3.2ml 보다 우수하였다. 이는 시료내에 지방이 있고, 단백질과 수분과의 상호작용에 관계하는 극성 아미노산의 이용 효율이 낮고, 시료를 등전점으로 침전시킨 후 동결 건조하여 사용하였기 때문에 콩 단백질보다 pH가 낮아 수분 흡착력도 낮아졌기 때문으로 보인다. Desslie와 Cheryan²²⁾에 따르면 수분 흡수력은 극성 아미노산 양과 비례한다고 하였다. Beuchat 등²³⁾은 가수분해로 인한 카드복실기와 아미노기 같은 극성기의 증가가 수분 흡수력을 증가시킨다고 보고하였다.

4. 용해도

콩 단백질과 홍게 단백질 모두 pH 6.0 이하에서는 용해도가 현저히 감소하여 대두 단백질의 등전점인 pH 4.0에서 각각 3.0%와 3.4%의 용해도를 나타냈다(Fig. 1). 등전점 이하의 산성 영역에서는 재용해되어 12.6%와 26.0%로 증가하였고, pH 10.0에서 22.0%와 41.5%로 가장 높은 용해도를 나타냈다. Kakalis와 Regenstein²⁴⁾은 동결건조 달걀흰자 단백질은 등전점에서 용해도가 최소가 되고 산성, 알칼리성으로 pH 증가할수록 용해도가 증가한다고 하였다. 이는 pH에 따라 단백질의 하전상태가 친수적 경향을 나타내기 때문이다. 이런 결과는 단백질의 추출 방법의 차이나 종류와 상관없이 많은 결과가 보고되고 있다^{4~7, 15~18)}. 따라서 홍게 가공 부산물 단백질의 pH에 따른 용해도 결과로 판단할 때 등전점은 pH 4~6 사이에 있는 것으로 보인다.

콩 단백질에 0.1M NaCl을 첨가한 결과 전 pH 구간에서 종류수 처리구보다 용해도가 감소하였고 pH 10.0에서 7.6%로 가장 감소하였다. 홍게 단백질은 용해도에 큰 차이를 나타내지 않았으나 약간 증가하였다. Kakalis와 Regenstein²⁴⁾은 달걀흰자 단백질에 소량의 염을 첨가하면 알칼리의 용해도가 증가한다고 하였다. 이는 염 농도가 낮을 때 염과 단백질 사이의 인력으로

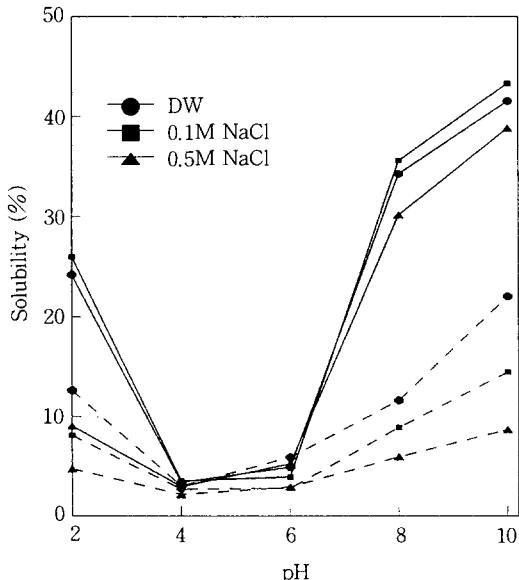


Fig. 1. Effect of pH on the solubility of protein recovered from red crab processing water and soybean protein. — : red crab protein, -- : soybean protein.

정전기적인 단백질-단백질간의 상호작용(결합력)이 억제되어 용해도가 증가하는 염용(salting in) 현상으로 보인다.

0.5M NaCl을 첨가하면, 홍게 단백질과 콩 단백질 모두 종류수 처리구보다 모든 pH에서 용해도가 감소하였다. 홍게 단백질의 경우 pH 2.0에서 15.1%가 감소하여 가장 큰 차이를 나타냈고, 콩 단백질은 pH 10.0에서 13.3%가 감소하여 최고치를 나타냈다. 이 결과는 박 등¹⁷⁾이 들깨 단백질에 염 0.1M NaCl을 첨가하면 종류수 처리구보다 용해도가 약간 증가하였으나 0.5M을 첨가하면 전 pH 구간에서 용해도가 감소한 결과와 유사하다. 이와 같이 염의 농도가 높을 때에는 염과 단백질이 결합하여 불용성의 복합체를 형성하거나, 염의 이온이 수화되려는 경향이 강해 단백질과 서로 경쟁하게 되므로 용해도는 감소한다.

5. 유화력

농도별 단백질 유화력을 pH에 따라 측정한 결과(Fig. 2) 2.0% 농도에서 콩 단백질이나 홍게 단백질 모두 pH 4.0에서 거의 유화되지 않아 등전점 부근에서 가장 낮은 유화력을 보였다. 등전점으로부터 산성, 알칼리성으로 갈수록 유화력이 급격히 증가하여 pH 10.0에서

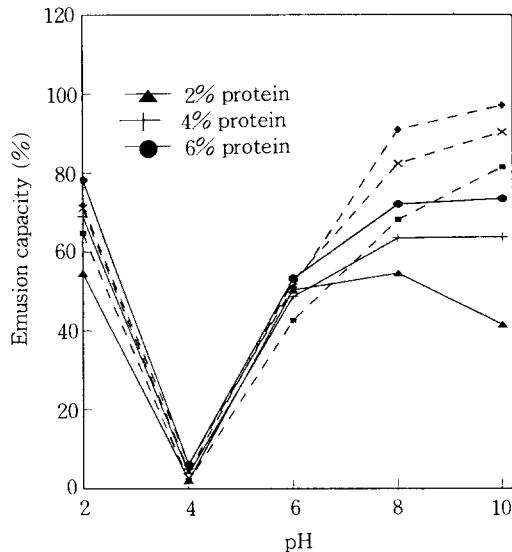


Fig. 2. Effect of pH and concentration of protein recovered from red crab processing water and soybean protein on emulsion capacity. — : red crab protein, -- : soybean protein.

콩 단백질은 81.9%, 홍게 단백질은 59.0%로 최대의 유화력을 나타내어, Fig. 1의 용해도와 비슷한 경향을 보였다. 이 결과는 유화성 증가에는 용해도가 높아야 하며, 유화성과 용해도 사이에 상관관계가 있음을 나타내고 있다. Sosulski와 Fleming²⁵⁾은 유화력에 대한 pH의 영향력을 수용성 단백질의 친수성-소수성 균형에 의존한다. Chen 등⁷⁾과 Franzen과 Kinsella²⁶⁾도 변형 단백질의 유화 특성과 용해도의 변화는 일치한다고 하였다. Yamauchi 등¹⁵⁾의 유장단백질(whey protein) 유화력 실험과 Nath와 Narasinga Rao²⁷⁾의 구아(guar) 콩 단백질 유화력 실험에서도 등전점에서 최소의 유화력을 나타냈고, 등전점으로부터 산성, 알칼리성으로 갈수록 유화력이 증가한다고 하여 본 실험과 일치하였다. 이와 같이 단백질은 등전점에서 유화력이 가장 낮다. 단백질의 유화작용은 변성되어 아미노산 결사슬의 소수성 기와 친수성기가 드러나고 이들이 물과 기름의 계면에 흡착된 후 계면 장력을 저하시켜서 기름중에 물을 분산시키거나 물중에 기름을 분산시켜 분산된 입자가 다시 응집하지 않도록 안정화시키는 데 있다. 그러나 등전점에서는 분자 상호간의 전기적 반발력이 최소가 되고 결합력이 강해 단백질이 변성되는 것을 막기 때문에 용해도가 낮아진다. 등전점보다 낮은 산성 영역에서는 단백질들이 (+) 전하의 반발력으로 입체구조가 흐트러지면

서 많은 소수성기가 노출되어 이들이 기름과 결합해 유화성을 증가시킨다고 한다²⁸⁾.

한편, 단백질의 농도가 4.0%와 6.0%인 경우도 콩 단백질은 각각 4.3%와 6.1%의 유화력을 보였으며 홍게 단백질도 3.9%와 6.1%의 유화력을 나타내 pH 4.0에서 가장 낮은 유화력을 보였다. 또한, 농도가 증가할수록 유화력도 증가하였다. pH 2.0의 경우 2.0%의 단백질 농도에서 홍게 단백질은 유화력이 54.5%, 콩 단백질은 64.7%였으나 6.0%의 단백질 농도에서는 78.2%와 71.8%로 홍게 단백질의 유화력이 더 높았다. 콩 단백질은 4.0%와 6.0%의 농도에서 유화력 차이가 거의 없었다. 이는 유와 이²⁹⁾가 알칼리 처리하여 얻은 어분 단백질의 단백질 농도 증가에 따라 유화성이 급격히 증가한 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 그러나 Sathe와 Salunkhe²⁶⁾의 농축 루핀콩 단백질의 유화력은 농도 증가에 따라 유화력이 감소하여 본 결과와 달랐다. 이것은 단백질 농도가 증가하여 단백질 흡착이 촉진되고 흡착 단백질은 계면장력을 감소시켜 유화안정성을 증진시키기 때문이라고 하였다. Chung과 Ferrier³⁰⁾는 단백질 농도가 0.1~0.5%로 증가할 때 유화력이 17.0% 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 변화를 보이지 않았다고 하여 위 두 실험과는 달랐다. 이상의 결과는 단백질 용해도가 단백질의 농도나 pH 뿐만 아니라 온도, 단백질의 형태, 용해도 및 사용된 기름의 종류, 수분함량 등 여러 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 여러가지 결과를 나타내기 때문이다.

홍게 단백질의 유화안정성을 80°C에서 30분간 가열하여 측정한 결과는 Fig. 3과 같이 각 구간별로 큰 차이를 나타내지 않아 80°C에서 30분간 가열하여도 안정하였다. 2.0%의 경우 콩 단백질과 홍게 단백질 모두 pH 10.0에서 4.0%와 2.3%가 감소하여 유화 안정성이 가장 낮았다. 홍게 단백질이 콩 단백질보다 안정성이 떨어졌다. 이 결과는 차와 유후³¹⁾가 pepsin 가수분해 콩 단백질이 알칼리에서 유화안정성이 증가하였다는 결과와는 같은 경향이지만 actinidin으로 가수분해시킨 콩 단백질과는 반대의 경향을 보였다. pH 10.0을 제외한 다른 pH에서는 1~2% 감소하여 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한, Yamauchi 등¹⁵⁾은 등전점에서 유화안정성이 최소인 반면, 유화의 점도와 지방 입자 표면 위에 흡착된 단백질은 최대를 나타내고 하였고, 유화된 크림의 안정성은 단백질의 전기적 성질에 큰 영향을 받는다고 하였다. 본 연구에서도 농도에 따른 유화안정성은 Yamauchi 등¹⁵⁾의 결과와 유사하였으나 2.0% 단백질 농도에서 pH 10.0 일 때의 콩 단백질과 홍게 단백질의 유화안정성이 각각 4.0%와 2.3%이었던 것이 단백질 농

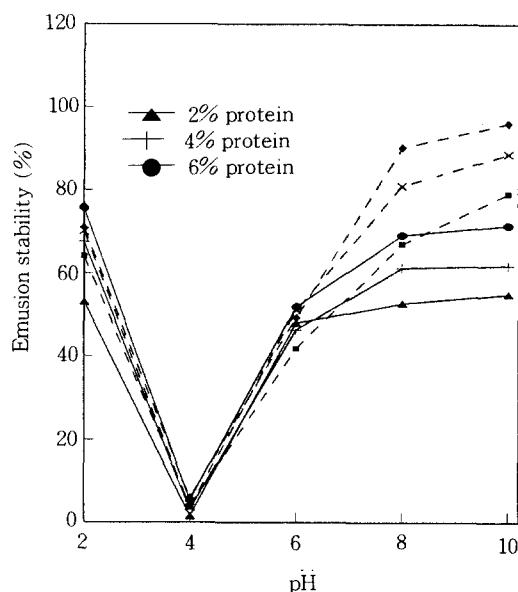


Fig. 3. Effect of pH and concentration of protein recovered from red crab processing water and soybean protein on emulsion stability. - : red crab protein, -- : soybean protein.

도가 6.0% 이었을 때에는 2.3%와 1.8%가 감소하여 단백질 농도가 증가할 경우 유화안정성이 증가하였다.

요약

홍게를 데친 가공액을 pH 4.0로 침전시켜 분리 단백질을 제조한 후 기능성 즉, 용해도, 유화력 및 유화 안정성을 pH와 염농도 등을 달리하여 콩 단백질과 비교 측정하였다. 단백질 용해도는 홍게 단백질과 비교구로 사용된 콩 단백질 모두 pH 4.0에서 가장 낮았고, pH 2.0과 pH 8.0 이상에서는 크게 증가하였다. 0.5M NaCl 첨가시는 홍게 단백질과 콩 단백질 모두 전 pH 범위에서 단백질의 용해도가 감소하였다. 유화력은 각 시료 단백질의 등전점 부근에서 가장 낮았고 단백질 농도가 증가할수록 유화력도 증가하였다. 유화 안정성은 유화력과 비슷한 크기로 나타나, 80°C에서 30분 가열하여도 안정하였다. 수분 흡착력은 콩 단백질이 우수한 반면 유지 흡착력은 홍게 단백질이 더 우수하였다.

참고문헌

- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S. and Toda,

- J. : Effect of addition of soybean products on dough properties, *Agr. Biol. Chem.*, **36**(5), 729 (1972).
2. Wang, J. C. and Kinsella, J. E. : Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein, *J. Food Sci.*, **41**, 286 (1976).
3. Saffle, R. L. : Meat emulsions, *Adv. Food Sci. Nutr.*, **7**(3), 219 (1976).
4. Kinsella, J. E. : Functional properties of protein in food: a survey, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **7**(3), 219 (1976).
5. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of the Great Northern bean protein, *J. Food Sci.*, **45**, 1237 (1980).
6. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of lupin seed protein and protein concentrates, *J. Food Sci.*, **47**, 491 (1981).
7. Chen, L., Richardson T. and Amundson, C. M. : Some functional properties of succinylated protein from fish protein concentrate, *J. Milk Food Technol.*, **12**, 95 (1979).
8. A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis* (950.46), 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., (1995).
9. A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis* (988.05), 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., (1995).
10. A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis* (963.15), 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., (1995).
11. A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis* (920.153), 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., (1995).
12. Milford, M. A. : *Operator's Manual* No. 88140, Pico Tag amino acid analysis system, Waters Assoc., June, p. 226 (1984).
13. 이철호, 김학령, 양한철, 이명원, 배종찬 : 단백질의 유화 작용에 미치는 외적 조건에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **14**(1), 49 (1982).
14. 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).
15. Yamauchi, K., Shimizu, M. and Kamiy, T. : Emulsifying properties of whey protein, *J. Food Sci.*, **45**, 1237 (1980).
16. 이승원, 주동식, 김진수, 김풍호, 이응호 : 복원력이 좋은 정어리 단백질 농축물의 가공, *한국 수산학회지*, **24**(2), 137 (1991).
17. 박현수, 안빈, 양차범 : 참깨와 들깨 단백질의 기능성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **22**(3), 95 (1979).
18. 김동수, 이영철, 김영동, 김영명 : 열수추출에 의한 어패류 추출물의 제조 및 품질, *한국식품과학회지*, **20**(3), 385 (1988).
19. Bigelow, C. C. : On the average hydrophobicity of proteins and the relation between it and protein structure, *J. Theor. Biol.*, **16**, 187 (1967).
20. Kato, A. and Nakai, S. : Hydrophobicity determined by a fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins, *Biochim. Biophys. Acta.*, **624**, 13 (1980).
21. Aoki, H., Taneyama, O. and Inami, M. : Emulsifying properties of soy protein: Characteristics of 7S and 11S proteins, *J. Food Sci.*, **45**, 1192 (1981).
22. Desslie, W. D. and Cheryan, M. : Functional properties of soy protein hydrolysates from a continuous ultrafiltration reactor, *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 26 (1988).
23. Beuchat, L. R., Cherry, J. P. and Quinn, M. R. : Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis, *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 4 (1975).
24. Kakalis, L. T. and Regenstein, J. M. : Effect of pH and salts on the solubility of egg white protein, *J. Food Sci.*, **51**(6), 1445 (1986).
25. Sosulski, F. W. and Fleming, S. E. : Chemical, functional, and nutritional properties of sunflower protein products, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **54**, 100A (1977).
26. Franzen, K. L. and Kinsella, J. E. : Functional properties of succinylated and acetylated soy protein, *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 788 (1976).
27. Nath, J. P. and Narasinga Rao, M. S. : Functional properties of guar proteins, *J. Food Sci.*, **46**, 1225 (1981).
28. 김영숙, 조형용, 조은경, 이신영, 변유량 : 분리 대두 단백질의 기름-물 계면흡착과 유화 안정성에 관한연구, *한국식품과학회지*, **18**(6), 468 (1986).
29. 유병진, 이강호 : 어분 단백질의 기능성 개량, *한국수산학회지*, **23**(5), 401 (1991).
30. Chung, S. L. and Ferrier, L. K. : Conditions affecting emulsifying properties of egg yolk phosphatidylserine, *J. Food Sci.*, **56**(5), 1259 (1991).
31. 차명희, 윤선 : 단백분해효소에 의한 대두 단백의 기능적 특성변화, *한국식품과학회지*, **25**(1), 39 (1993).

(1996년 9월 11일 접수)