KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 38, No. 4, pp. 483~487 (2006)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

# 발아콩분말의 기능적 특성

이호석 · 엄권용 · 최희숙[1] · 김동희[2] · 유상호 · 김우정*
세종대학교 식품공학과, [1]안산공과대학 식품생명과학과, [2]유한대학 식품영양과

# Functional Properties of Germinated Whole Soy Flour

**Ho-Suk Lee, Kwon-Yong Eom, Hee-Sook Choi[1], Dong-Hee Kim[2], Sang-Ho Yoo, and Woo-Jung Kim***
*Department of Food Science and Technology, Sejong University*
*[1]Department of Food and Biotechnology, Ansan College of Technology*
*[2]Department of Food and Nutrition, Yuhan College*

**Abstract** In this study we investigated the effect of soybean germination on protein solubility, water and oil absorption and foaming and emulsion properties. The soybeans were germinated at 20°C for 12 and 24 hr and then ground fine enough to pass through a 60 mesh sieve. The germinated whole soy flour (GWSF) was relatively low in oil absorption capacity and protein solubility at pH 2 and 10 and high in water absorption capacity compared to ungerminated soy flour. Relatively low foaming capacities were measured for GWSF at pH 2 and 12 while the stabilities of GWSF were higher than that of ungerminated soy flour at pH 2-12 and setting time of 30-120 min. Emulsion capacity and stability were improved by germination at pH 10-12.

**Key words:** soy flour, functional properties, germination

## 서 론

오래전부터 간장, 된장 등 발효식품과 두부, 콩우유, 콩기름 등 비발효 가공식품에 이용하여왔던 콩은 단백질과 지방질이 많이 함유되어있을 뿐만 아니라 isoflavone, phytate, saponin, 올리고당 등 만성질환에 효과(1-4)가 있는 기능성 성분이 함유되어 있어 식품가공에의 콩 이용은 그 관심이 더욱 높아가고 있다. 미국, 브라질 등 주요 콩 생산국가에서는 콩을 콩기름 생산에 주로 이용하고 있어, 이때 부산물로 발생하는 막대한 양의 탈지대두박은 주로 사료로 이용하고 있어 인간이 섭취할 수 있는 식품으로 활용하기 위한 노력이 있었다. 그 결과 탈지대두박에서 여러 종류의 콩단백질제품을 만들어 육가공 또는 유가공 제품에 첨가하거나 빵 등 저단백질제품의 단백질 강화용으로 사용하고 있다(5). 그러나 콩단백질제품을 첨가했을 때 불리한 기능적 특성이 있어 첨가량이 제한되어 있다. 농축콩단백이나 분리콩단백 등 콩 단백질제품을 식품에 이용할 때 가공제품의 특성에 적합하도록 화학적 및 효소적 처리를 하여(6,7) 콩단백질 제품의 가공적성을 향상시켜 왔다. 탈지콩단백제품을 식품에 첨가할 때는 용해성, 거품성, 유화성, 수분 및 유지의 흡수성 등 기능적 특성이 고려되어야 하며 이때 pH에 따른 용해도와 수분과 유지의 흡착력, 유화력, 거품형성능 등이 주요 특성이 된다(5,8).

일반적으로 콩단백질의 기능적 특성은 온도, pH, 염 등의 조건에 따라 영향을 받는다. 콩단백질의 용해도는 pH 4.5 내외의 등전점에서 가장 낮고 산성과 알칼리성에서 증가하며, 등전점에서 이온강도가 증가될 때 용해도는 향상된다(9). 유화력 및 안정성은 용해도, 거품형성능은 단백질 농도에 의해 영향을 받으며 sucrose는 거품안정성을 증가시키는 반면 수분과 유지흡착력은 pH와 온도의 영향이 적다고 알려져 있다(10).

콩은 발아되면서 단백질과 지방질 함량이 서서히 감소하며(11), 올리고당은 raffinose와 stachyose가 빠르게 감소되지만(12), 만성질환 예방에 효과가 있는 isoflavone은 발아 초기에 그 함량이 향상되며 특히 daidzein과 genistein 등 aglycone 형태의 증가가 뚜렷하다고 하였다(12,13). Isoflavone은 자궁암, 유방암 등의 항암효과(14,15)와 심혈관 질환 예방(16), 체내 항산화 효과(17) 및 폐경기 이후 여성의 골다공증에 효과가 있음이 밝혀져 있으며(18), 발아에 의해 증가한 aglycone 형태의 isoflavone은 배당체 형태보다 체내 흡수속도와 흡수율이 높은 것으로 보고되어 있다(19).

본 연구에서는 isoflavone의 함량이 높은 품종으로 알려진 신팔달 2호 콩을 12-24시간 발아시켰을 때 가장 많이 증가한다는 보고(13)에 따라 초기 발아시킨 발아콩분말을 가공식품에 첨가하는 원료로서의 사용 가능성을 검토하고자 단백질 용해도, 거품형성능, 유화력, 수분 및 유지흡착력 등의 기능적 특성을 조사하여 식품에의 이용을 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 발아콩분말은 신팔달 2호 콩을 20°C 항온기에서 12 및 24시간 발아시킨 뒤 60°C의 열풍건조기에서 건조하여 60 mesh 크기로 마쇄하여 사용하였다. 단백질 용해도를 위한 bovine serum albumin(BSA)과 유화력 측정을 위한 sodium dode-

*Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, Sejong University, 98 Kunja-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea
Tel: 82-2-3408-0227
Fax: 82-2-497-8866
E-mail: kimwj@sejong.ac.kr
Received January 9, 2006; accepted June 8, 2006

cyl sulfate(SDS)는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

### 단백질 용해도 측정

증류수 10 mL에 발아콩분말 0.1 g을 분산시켜 1 N HCl과 NaOH 용액으로 pH 2-12로 조정한 후 10분간 ultrasonication하여 pH 를 재조정하였다. pH별 발아콩분말 분산액은 15,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 여과지(Whatman No. 41)에 통과시킨 뒤 여액 1 mL를 증류수 9 mL에 희석하였다. 희석액 3 mL는 buret 시약 3 mL에 반응시켜 상온에서 30분간 방치한 후 Franzen과 Kinsella(7)의 방법과 같이 spectrophotometer(Du 650, Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 용해도는 BSA 표준곡선에서 발아콩분말의 용해된 단백질 양을 계산한 뒤 pH 12에서의 값을 100으로 하여 pH별 상대적인 양으로 나타내었다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Protein solubility (\%)} = \frac{\text{Solubility at designated pH}}{\text{Solubility at pH 12}} \times 100$$

### 거품형성능 및 안정성 측정

거품형성능은 Sathe 등(20)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 증류수 50 mL에 발아콩분말 1.5 g을 분산시켜 1 N HCl과 NaOH 용액으로 pH 2-12로 조정한 후 단백질 용해도 측정방법과 동일하게 ultrasonication 후 pH를 재조정하여 Waring blender (34BL97, Waring commercial, USA)로 speed 5에서 3.5분 동안 거품을 형성하였다. 거품이 형성된 발아콩분말 분산액은 100 mL 메스실린더에서 30초간 방치한 후 부피를 측정하여 아래의 식으로 거품형성능을 계산하였다. 거품안정성은 거품생성 후 30분 간격으로 2시간 동안 거품의 부피를 측정하여 거품생성 직후(0분)의 값을 100으로 하여 값으로 계산하였다.

$$\text{Vol. increase (\%)} = \frac{\text{Vol. after whipping (mL)} - \text{Vol. before whipping (mL)}}{\text{Vol. before wipping (mL)}} \times 100$$

$$\text{Foaming stability (\%)} = \frac{\text{Vol. of whipping (mL) after t}}{\text{Vol. of initial whipping (mL)}} \times 100$$

(t: 30, 60, 90, 120 min)

### 유화력 및 유화 안정성 측정

유화력과 안정성은 Pearce와 Kinsella(21)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 증류수 25 mL에 발아콩분말 0.1 g을 분산시켜 1 N HCl과 NaOH 용액으로 단백질 용해도 측정 방법과 동일하게 pH를 조정한 다음 콩기름(해표, (주)신동방) 1 mL를 넣은 후 균질기(Polytron pt 2100, Kinematica Ag, Switzerland)로 30,000 rpm에서 1분간 균질화하여 유화액을 형성하였다. 발아콩분말의 유화력 측정은 유화액 0.1 mL에 0.1% SDS 용액을 넣어 150배 희석한 뒤 spectrophotometer로 500 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 계산식에 의해 계산한 값을 유화력으로 표현하였다.

$$T = \frac{2.303A}{l}$$

(T: 탁도, A: 흡광도, $l$: cuvette의 길이(1 cm))

유화 안정성 측정은 유화액 형성 후 30-60분 동안 정치시킨 유화액 0.1 mL를 유화력 측정 방법과 동일하게 0.1% SDS용액으로 150배 희석하여 500 nm에서 흡광도를 측정한 값을 아래와 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Emulsion stability (\%)} = \frac{\text{T of emulsion after t}}{\text{T of initial emulsion}} \times 100$$

(t: 30, 60 min)

### 수분 및 유지 흡착력 측정

수분 흡착력은 Beuchat(22)의 방법으로 측정하였다. 증류수 10 mL에 발아콩분말 0.5 g을 분산시켜 mixing한 다음 15,000 rpm에서 30분간 원심분리를 하였다. 발아콩분말 분산액의 상등액은 부피를 측정하여 발아콩분말에 흡수된 수분양을 계산하여 발아콩분말 1 g당 흡착된 물의 양으로 표현하였다. 발아콩분말의 유지 흡착력은 콩기름 10 mL에 발아콩분말 0.5 g을 분산시켜 수분흡착력측정 방법과 동일하게 하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 단백질의 용해도

발아시간별 신팔달 2호 콩분말의 pH에 따른 단백질 용해도를 분리콩단백(ISP)과 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. pH 2-12의 범위에서 ISP는 전형적인 단백질 용해도 곡선을 나타내는데 반해 비발아콩분말은 pH 6 이후 ISP에 비해 완만한 증가를 보였다. 비발아콩분말이 pH 6-10에서의 낮은 단백질 용해도를 나타낸 것은 ISP가 순수단백질인 반면 콩분말은 단백질 외에 지방과 섬유질이 다량 포함되어있어 이들 성분이 단백질의 용해도에 영향을 주었으리라 생각된다. 이 결과는 pH 12에서의 용해도를 100으로 하여 비교한 값으로 등전점 근처인 pH 4에서 비발아콩분말의 용해도(4.89%)가 ISP의 용해도(19.22%) 보다 낮았다.

신팔달 2호의 발아콩분말의 용해도의 경우 pH 4 이상에서는 발아의 영향이 거의 없었으나 pH 2와 10에서는 발아콩분말이 비발아콩분말보다 단백질 용해도가 낮았다. Phillips 등(23)에 의하면 단백질의 용해도에 영향을 주는 요인으로는 펩타이드 사슬의 분자량 감소, $NH_3^+$와 $COO^-$ 같은 단백질의 극성 이온기 증가, 분자적 공간 배열의 변화에 기인한다고 하였으며, 이러한 이론을 바탕으로 Kang(24)은 pH 6 이상에서 단백질 분해 효소처리한 ISP

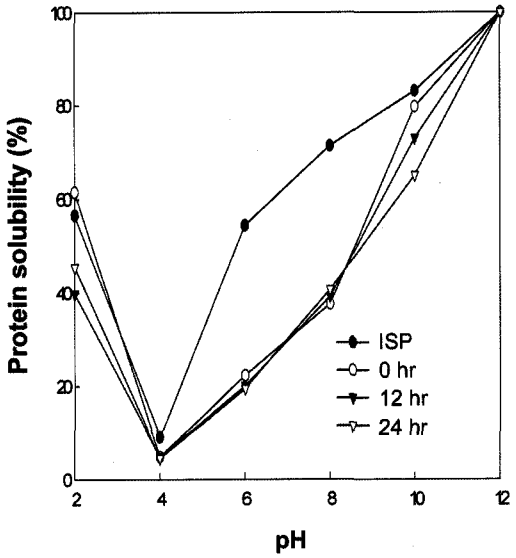


**Fig. 1. Protein solubility of isolated soy protein and germinated whole soy flour at various pH.**

**Table 1. Foaming capacity of germinated whole soy flour at various pH** (unit: %)

| Germination time (hr) | pH | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 0 | 19.0±1.88 | 6.00±0.00 | 20.0±2.00 | 20.6±0.53 | 17.3±0.58 | 32.2±1.61 |
| 12 | 14.0±1.68 | 4.00±0.50 | 16.9±0.85 | 18.3±0.64 | 11.6±1.76 | 23.2±3.26 |
| 24 | 15.4±4.37 | 6.00±1.15 | 20.0±1.00 | 17.0±0.89 | 13.7±0.30 | 24.6±2.08 |

가 효소처리하지 않은 ISP보다 용해도가 감소된 것은 분자적 공간 배열의 변화에 의한 것이라 하였다.

### 거품형성능 및 안정성

발아시간별 콩분말의 pH 변화에 따른 거품형성능과 안정성을 비교한 결과는 Table 1, 2와 같다. 콩분말은 pH 4에서 가장 낮은 거품형성능을 나타내었으나 pH 4 전후에서 증가하는 경향을 보였다. 신팔달 2호 원료콩의 거품형성능은 pH 4에서 6.0%로 최소였으나 pH 2에서는 19.0%, pH 12에서는 32.2%로 증가하였다. 등전점 근처인 pH 4에서 거품형성능이 가장 낮은 이유는 낮은 단백질의 용해성과 단백질 구조가 풀리는 것을 막으려는 분자간의 상호 작용 때문으로, 전기적 반발력이 최소가 되어 분자 상호간의 응집성이 증가하고 거품을 형성하는 단백질 막의 기계적 성질과 점도를 증가시켜 주기 때문이다(25). 반면에 pH 4 전후에서의 거품형성능이 증가한 이유는 산성과 알칼리에서 단백질 구조가 상당량 풀려 결과적으로 거품형성능을 증가시킨 것으로 생각된다. 이는 pH에 따른 거품형성능은 단백질의 용해도와도 유사함이 보여 용해된 단백질의 양과 펩타이드의 공간적 배열이 영향을 준다고 생각이 되며 Nakai(26)는 거품형성력은 단백질의 소수도와 용해도와의 복합적인 효과에 의해 결정된다는 보고와 연관이 있으리라 생각된다. 각 pH에 대한 발아콩분말의 거품형성능이 비발아콩분말보다 낮은 것은 발아되면서 단백질의 함량이 감소(27)하기 때문으로 판단된다.

**Table 2. Effects of pH and setting time on foaming stability of germinated whole soy flour** (unit: %)

| pH | Setting time (min) | Germination time (hr) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 12 | 24 |
| 2 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 95.2 | 96.8 | 98.4 |
| | 60 | 93.7 | 95.2 | 96.8 |
| | 90 | 93.7 | 95.2 | 95.2 |
| | 120 | 93.7 | 95.2 | 95.2 |
| 4 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 98.2 | 98.2 | 98.2 |
| | 60 | 98.2 | 98.2 | 98.2 |
| | 90 | 98.2 | 98.2 | 98.2 |
| | 120 | 98.2 | 98.2 | 98.2 |
| 6 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 93.5 | 98.4 | 98.3 |
| | 60 | 93.5 | 96.7 | 98.2 |
| | 90 | 93.5 | 95.1 | 98.2 |
| | 120 | 93.5 | 95.1 | 98.2 |
| 8 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 95.0 | 96.7 | 98.3 |
| | 60 | 95.0 | 95.1 | 96.7 |
| | 90 | 93.3 | 95.1 | 95.0 |
| | 120 | 91.7 | 95.1 | 95.0 |
| 10 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 95.1 | 96.7 | 96.7 |
| | 60 | 93.4 | 95.0 | 95.0 |
| | 90 | 93.4 | 93.3 | 93.3 |
| | 120 | 91.8 | 91.7 | 91.7 |
| 12 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 91.1 | 94.4 | 94.4 |
| | 60 | 91.1 | 90.3 | 90.3 |
| | 90 | 86.1 | 88.9 | 88.9 |
| | 120 | 82.3 | 86.1 | 86.1 |

거품을 형성한 콩분말 분산액을 120분까지 정치시키면서 거품안정성을 측정한 결과 30분 동안 정치하였을 때 빠르게 감소하다가 30분 이후부터 그 감소정도가 완만하였다. pH 변화에 따른 거품안정성은 거품형성능이 가장 낮았던 pH 4에서 가장 높고 pH가 4보다 높아지거나 낮아질수록 안정성은 낮아져 pH 12에서 가장 낮았다. 등전점 근처인 pH 4에서의 거품안정성이 최대값을 보인 것은 거품형성능과 반대의 경향으로 등전점 부근에서 표면장력이 최소로 되면서 거품 안정성이 최대로 된다는 Phillips 등(28)의 보고와 일치하는 경향을 보였다. 특히 산성 pH에서의 거품안정성이 알칼리성 pH에서보다 높은 것은 산성에서 공기와 물의 접촉면에 기포에 안정성, 조직성 및 탄성력을 부가해 주는 안정한 분자층이 형성되기 때문이다(29). 거품안정성에 대한 발아의 영향을 측정한 결과 모든 pH 구간과 정치시간에서 발아콩분말의 거품안정성이 비발아콩분말의 안정성보다 다소 높게 나타났다.

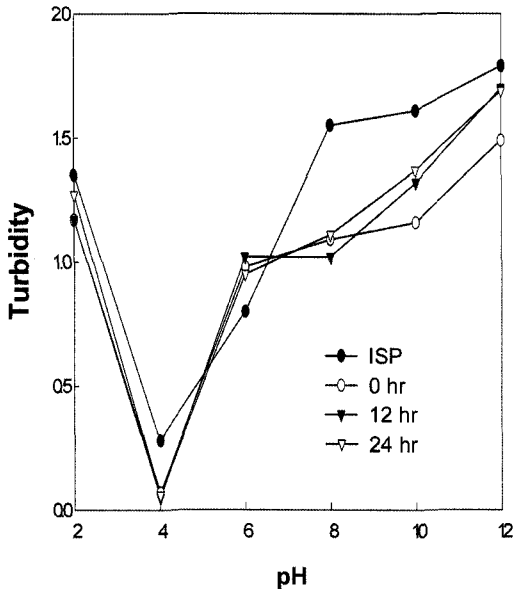


**Fig. 2. Emulsion capacity of isolated soy protein and germinated whole soy flour at various pH.**

**Table 3. Effect of pH and setting time on the emulsion stability of isolated soy protein and germinated whole soy flour** (unit: %)

| pH | Setting time (min) | ISP | Germination time (hr) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 12 | 24 |
| 2 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 96.74 | 94.87 | 93.16 | 94.49 |
| | 60 | 89.67 | 83.76 | 83.76 | 81.10 |
| 4 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 82.50 | 57.14 | 80.00 | 66.67 |
| | 60 | 82.14 | 28.57 | 60.00 | 33.33 |
| 6 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 84.38 | 93.88 | 97.06 | 96.84 |
| | 60 | 81.25 | 78.57 | 86.27 | 85.26 |
| 8 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 96.90 | 92.66 | 94.12 | 94.59 |
| | 60 | 90.32 | 83.49 | 85.29 | 94.59 |
| 10 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 92.11 | 97.41 | 98.48 | 94.89 |
| | 60 | 91.30 | 78.45 | 84.29 | 86.13 |
| 12 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 30 | 96.48 | 92.62 | 97.65 | 99.41 |
| | 60 | 89.39 | 86.58 | 87.65 | 97.63 |

이는 발아에 의한 콩 성분의 변화 혹은 콩단백질의 구조적 변화에 기인한 것으로 판단된다.

### 유화력 및 유화 안정성

발아시간별 신팔달 2호 분말의 pH에 따른 유화력을 ISP와 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 전반적으로 탁도로 측정한 각 pH에 대한 유화력은 단백질의 용해도와 비슷한 경향을 나타내었다. 등전점 근처인 pH 4에서 유화력은 최저였고 pH 12에서 최고값을 보였다. ISP의 유화력은 콩 전체분말의 유화력보다 높았으며 특히 알칼리성에서 더욱 현저하였다. 발아에 의한 유화력에 영향(Fig. 2)은 pH 4에서는 차이가 없었으나 pH가 증가하여 pH 10-12에서는 발아콩분말의 유화력이 비발아콩분말보다 높았으며 24시간 발아콩분말이 12시간 발아콩분말보다 약간 더 높았다. 유화액을 60분까지 정치시켜 측정한 유화안정성(Table 3)은 정치시간이 길어질수록 감소하여 60분후에는 많은 감소가 있었고 특히 pH 4에서의 감소가 현저하였다. pH 4에서의 유화안정성의 큰 감소는 등전점 근처에서의 단백질 입자의 위축과 관계있을 것으로 생각된다. 이와 유사한 경향을 보고한 Pearce와 Kinsella(21)는 유화에 작용하는 단백질의 peptide 크기가 작고, 단백질의 구형이 깨지면서 기름방울을 잘 둘러싸지 못하기 때문이라는 보고하였고 본 결과도 유사한 경향을 보여주었다.

### 수분 및 유지 흡착력

발아시간별 콩분말의 수분과 유지 흡착력을 ISP와 비교한 결과는 Table 4와 같다. 수분흡착력은 ISP가 4.69 mL/g이었던 것에 비해 전체 콩분말은 2.9 mL/g 내외로 낮았으며 발아콩분말이 비발아콩분말보다 0.05-0.14 mL/g으로 높아졌다. 전체 콩분말의 수분흡착력이 ISP와 큰 차이를 나타낸 것은 ISP와 전체 콩분말간의 성분 차이로 콩분말에 함유된 20%정도의 지방질과 5%내외의 섬유질이 수분의 흡수력을 크게 저하시켰기 때문이라고 생각된다. 그러나 유지 흡착력에서는 ISP와의 차이가 크지 않았으며 오히려 비발아콩분말의 유지 흡착력이 약간 더 높았다. 콩을 발아시켰을 때 유지 흡착력의 변화를 측정한 결과 24시간 발아콩분말은 비발아콩분말에 비해 0.23 mL/g 감소하였다. 발아에 의한 유지흡착력의 감소는 발아에 의한 단백질의 감소와 유지흡착력이 상대적으로 낮은 섬유질의 증가가 영향을 주었으리라 생각되며, 발아에 의한 이들 성분의 변화는 Lee(27)가 보고한 바 있다.

**Table 4. Water and oil absorption of isolated soy protein and germinated whole soy flour** (unit: mL/g)

| | ISP | Germination time (hr) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 12 | 24 |
| Water absorption capacity | 4.69±0.08 | 2.88±0.20 | 2.93±0.04 | 3.02±0.12 |
| Oil absorption capacity | 2.02±0.08 | 2.11±0.04 | 1.97±0.01 | 1.88±0.03 |

## 요 약

본 연구에서는 발아에 의해 콩의 단백질 용해도, 거품형성능, 유화력 및 유화안정성, 수분 및 유지 흡착력에 미치는 영향을 조사하였다. 발아콩분말은 20°C에서 12, 24시간 동안 발아시킨 후 60°C에서 24시간 건조하여 60 mesh로 마쇄하여 제조하였다. pH 2-12에서의 콩단백질의 용해도를 측정한 결과 pH 4에서 용해도가 가장 낮았으며, 그 이하, 이상의 pH에서는 증가하였다. 특히 pH 2와 10에서는 발아콩분말이 비발아콩분말보다 용해도가 낮게 나타났다. 거품형성능에 대한 발아의 영향을 조사한 결과는 pH 2와 12에서의 발아콩분말이 비발아콩분말보다 낮은 거품형성능을 나타낸 반면 30-120분간 정치시켜 측정한 거품안정성은 오히려 높았다. 콩분말의 각 pH 별 유화형성능 및 안정성을 알아본 결과 pH 10-12에서 발아콩분말이 비발아콩분말보다 값이 높았다. 수분흡착력은 발아에 의해 증가하였으나 유지흡착력은 감소하였다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단(R01-2004-000-10740-0)의 연구비 지원으로 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Setchell KDR, Cassidy A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. J. Nutr. 129: 758-767 (1999)
2. Anderson RL, Wolf WJ, Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. J. Nutr. 125: 581S-588S (1995)
3. Yoshiki Y, Kudou S, Okubo K. Relationship between chemical structure and biological activities of triterpenoid saponins from soybean. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62: 2291-2299 (1998)
4. Tomomatsu H. Health effects of oligosaccharides. Food Technol. 48: 61-65 (1994)
5. Giese J. Proteins as ingredients: types, functions, applications. Food Technol. 48: 50-60 (1994)
6. Kim SY, Park PSW, Rhee KC. Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. J. Agric. Food Chem. 38: 651-656 (1990)
7. Franzen KL, Kinsella JE. Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. J. Agric. Food Chem. 24: 788-795 (1976)

8. Kolar CW, Richert SH, Decker CD, Steinke FJ, Vander ZRJ. Isolated soy protein. pp. 259-299. In: New protein foods. Altschul AM, Wilcke HL. Academic Press, Inc. New York, NY, USA (1985)
9. Shen JL. Soy protein solubility: the effect of experimental conditions on the solubility of soy protein isolates. Cereal Chem. 53: 902-909 (1976)
10. Snyder HE, Kwon TW. Functional properties of soy proteins. pp. 163-185. In: Soybean Utilization. Snyder HE (ed). Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York, NY, USA (1987)
11. Yang CB, Kim ZU. Changes in nitrogen compounds in soybean sprout. J. Korean Agric. Chem. Soc. 23: 7-13 (1980)
12. Kim JS, Kim JG, Kim WJ. Changes in isoflavone and oligosaccharides of soybeans during germination. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 294-298 (2004)
13. Kim WJ, Lee HY, Won MH, Yoo SH. Germination effect of soybean on its contents of isoflavones and oligosaccharides. Food Sci. Biotechnol. 14: 498-502 (2005)
14. Messina MJ, Persky V, Setchell KD, Barnes S. Soy intake and cancer risk: a review of the *in vitro* and *in vivo* data. Nutr. Cancer. 21: 113-131 (1994)
15. Coward L, Barnes NC, Setchell KDR, Barnes S. Genistein, daidzein and their β-glucoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asia diets. J. Agric. Food Chem. 41: 1961-1967 (1993)
16. Clarkson TB. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease. J. Nutr. 132: 566S-569S (2002)
17. Lee CH, Yang L, Xu JZ, Yeung SYV, Huang Y, Chen ZY. Relative antioxidant activity of soybean isoflavones and their glycosides. Food Chem. 90: 735-741 (2005)
18. Potter SM, Baum JA, Teng H, Stillman RJ, Shay NF, Erdman JW Jr. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal woman. Am. J. Clin, Nutr. 68: 1375S-1379S (1998)
19. Izumi T, Piskula MK, Osawa S, Obata A, Tobe K, Saito M. Soy isoflavone aglycones are absorbed faster and in higher amounts than their glucosides in humans. J. Nutr. 130: 1695-1699 (2000)
20. Sathe, SK, Deshpande SS, Salunkhe DK. Functional properties of lupin seed protein and protein concentrates. J. Food Sci. 47: 491-497 (1981)
21. Pearce KN, Kinsella JK. Emulsifying properties of proteins; Evaluation of a turbidimetric technique. J. Agric. Food Chem. 26: 716-723 (1978)
22. Beuchat LR. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. J. Agric. Food Chem. 25: 258-261 (1977)
23. Phillips RD, Beuchat LR. Enzyme modification of proteins. pp. 275. In: Protein Functionality in Foods. Cherry JP (ed). Am. Chem. Soc. Washington D.C., USA (1981)
24. Kang YJ. Enzymatic modification of soy proteins: Effects of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 211-217 (1984)
25. Nath JP, Rao MSN. Functional properties of guar proteins. J. Food Sci. 46: 1255-1259 (1981)
26. Nakai S. Structure-function relationship of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. J. Agric. Food Chem. 31: 676-683 (1983)
27. Lee HS. Improvement of isoflavone in soybean by germination and utilization of germinated whole soybean flour in noodle. PhD thesis, Sejong University, Seoul, Korea (2005)
28. Phillips LG, Haque Z, Kinsella JE. A method for the measurement of foam formation and stability. J. Food Sci. 52: 1074-1077 (1987)
29. Kim YJ, Shin TS, Oh HI. Foaming capacity and foaming stability of protein recovered from red crab processing water. Korean J. Food Nutr. 9: 325-330 (1996)