

## 동결건조한 두유 분말의 품질 특성

\*김 용 선

유한대학교 식품영양과

### Quality Characteristics of Freeze-Dried Soymilk Powder

\*Yong-Sun Kim

Dept. of Food and Nutrition, Yuhan University, Bucheon 422-749, Korea

#### Abstract

In this study, soybean is used to produce soymilk according to various extracting methods and heating time. Specifically, the soy slurry is being filtered before being heated, or heated before being filtered. Following that the soymilk produced is freeze-dried to be powdered, and then, the quality characteristics of the powdered soymilk are mutually compared to determine the applicability of various food additives. The freeze-dried soymilk powder shows 2.03~6.35% of moisture content, and in terms of unit quantity, retained more proteins, which suggests that the ratio of protein extraction is higher than any other nutrients. Accordingly, the protein coefficient is significantly higher in soymilk powder being heated and processed than in raw soybeans. In particular, protein coefficient is the highest in the soymilk which is heated for 20 minutes before being filtered (SHBF20). The longer the heating time was, the trypsin inhibitor (TI) tended to be far less active. Such an inactivation seems to be more apparent in the "SHAF" soymilk powder than "SHBF" soymilk powder. Because protein had to be denaturated by heating for soymilk, the nitrogen solubility index (NSI) of soymilk powder is decreased considerably, while the protein digestibility, water absorption, emulsification and foaming activity all increase. Oil absorption tends to decrease slightly. As discussed above, the soymilk heated for 10 minutes after being filtered (SHAF10) and the soymilk heated for 20 minutes before being filtered (SHBF20) show optimum processing conditions for soymilk powder.

Key words: soymilk powder, extracting methods, heating time, quality characteristics, TI, NSI

#### 서 론

콩(大豆, soybean, *Glycine max*(L.) Merrill)은 1년생 콩과 작물로서, 콩 가공제품 중 가장 많이 이용되고 있는 두유(豆乳, soymilk)는 기원전 2세기에 중국에서 처음으로 제조되어 왔으며(Liu KS 1997), 콩에 있는 수용성 물질 즉, 고형분과 단백질질을 주로 추출하여 이용한 가공제품이다. 한편, 두유는 두부 등과 같은 콩 가공품을 제조하기 위한 중간물질로 사용되기도 하며, 여러 종류의 생리활성물질(phytochemicals)을 갖고 있으며, 콜레스테롤도 거의 없어(Chen S 1989) 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서 천연적인 건강식품으로서 가치를

인정받게 되어, 이의 품질 향상을 위한 연구가 많이 진행되어 왔으며, 또한 두유를 이용한 2차 가공품도 개발·이용되고 있다(Yang 등 2013).

콩 단백질은 저비용의 식물성 단백질로, 동양에서는 콩 자체를 식용하는 것 외에 여러 가지 다양한 형태로 전환되어 사용되어 왔으나, 서양에서는 콩기름과 사료용으로 대두박만을 이용해 왔을 뿐이다(Liu 등 1995; Wilson LA 1995). 그러나 식품산업이 발전하면서 다양한 식품 가공 제조에 콩가루(soy flour), 탈지대두(defatted soy meal), 농축대두단백(soy protein concentrate), 분리대두단백(soy protein isolate), 조직대두단백(texturized soy protein) 등 콩 단백질 제품들(soy protein product)

\* Corresponding author: Yong-Sun Kim, Dept. of Food and Nutrition, Yuhan University, Bucheon 422-749, Korea. Tel: +82-2-2610-0808, Fax: +82-2-2610-0808, E-mail: kys282@hanmail.net

이 사용되고 왔는데, 그 양은 아주 적은 것으로 나타났다 (Garcia 등 1997; Liu KS 1997; Lusas & Riaz 1995). 이 콩 단백질 제품들은 우수한 영양성, 기능성 및 경제적인 이유로 육류, 곡류, 과자류, 음료, 이유식, 유제품 및 소위 차세대 콩 식품(second generation soy food)과 같은 다양한 가공제품에 첨가물로서 사용되어 다양한 2차 가공제품으로 만들어지고 있다(Johnson 등 1992; Lee C 2010; Lusas & Riaz 1995; Synder & Kwon 1987).

단백질의 기능성은 용해도(solubility), 수분흡수력(water absorption), 유지흡수력(oil absorption), 유화성(emulsion capacity), 기포성(foam capacity), 겔 형성력(gelation), 응고성(coagulation), 점성(viscosity) 등으로 분류가 되며(Abbey & Ibeh 1988; Hackler 등 1963; Sathe & Salunche 1981; Shiga & Nakamura 1987), 이런 특성으로 인하여 단백질 식품이 다양한 식품 가공 제조에 사용되어지고 있는 것이다. 그리고 단백질의 기능성은 물리적, 화학적 가공조건 등에 따라 크게 좌우되므로, 가공식품에서 요구하는 목적에 따라 단백질의 기능성을 변화시키려는 시도가 많이 이루어지고 있다(Seyam 등 1983; Wiseman & Price 1987). 특히, 콩 단백질 제품 중에서 약 92% 정도의 단백질 함량을 갖는 분리대두단백질이 가장 우수한 기능성을 가지고 있어 인조 유제품과 인조육의 결합제 및 유화제로 사용되고 있다(Saio 등 1977; Visser & Thomas 1987). 하지만 분리대두단백과 농축대두단백은 원료 콩보다 제조과정이 번거롭고 비용이 높은 단점을 가지므로 널리 보편적으로 이용되지 못하고 있는 실정이다.

그러므로 보편적으로 널리 이용 가능한, 즉, 원료 콩보다 영양성, 기능성 및 가공적성이 향상된 콩 단백질 식품 소재를 개발할 필요성이 있는데, 두유는 영양학적으로 그 우수성이 이미 알려져 있는바, 그 저장용적을 줄이고 수송을 간편화할 수 있으면서, 2차 가공제품에 첨가물 용도로 사용 가능하게 분말화한다면 원료 콩보다 이용범위가 확대될 수 있으리라 생각된다. 그러므로 본 논문에서는 대두를 2가지의 추출방법, 즉, 여과 후에 가열 처리하는 생추출법과 여과 전에 가열 처리하는 가열추출법에 의해, 그리고 가열시간을 달리해서 제조된 두유를 동결건조하여 분말화한 후, 이 두유 분말의 품질 특성 즉, 이화학적, 기능적 특성을 비교 분석하여 두유 분말이 콩 단백질의 새로운 식품재료 즉, 첨가물로서의 가공적 성 적합가능성을 타진하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용된 원료 콩은 장엽콩으로 농촌진흥청에서 구입하여 냉장보관(4℃)하면서 실험에 사용하였고, 실험에

사용한 모든 콩 시료는 형태, 색, 크기가 이상한 것을 선별 제거한 완전립 만을 사용하였다.

### 2. 두유 및 두유 분말의 제조

두유(soymilk)은 정선된 콩 100 g을 2번 수세한 후 12시간 수침한 다음, 원료 콩 중량의 10배의 물을 가하여 waring blender(Model 36BL23, Waring Products Division Dynamics Co., New Hartford, CT, USA)로 5분간 마쇄한 후 Fig. 1과 같은 방법으로 제조하였다. 즉, 추출방법으로 생추출법(SHAF)과 가열추출법(SHBF)을 사용하였으며, 여과는 1겹의 여과포(서울시 직물협동조합)를 사용하여 두유와 비지를 분리하였고, 가열 처리는 95~98℃에서 5분, 10분 및 20분씩 저어주면서 가열하였다.

두유 분말(soymilk powder)은 Fig. 1에 의해 제조된 두유를 동결건조(Freeze Dry System, Model 77530-13, Labconco Co., Kansas City, MO, USA)시킨 후, 60 mesh(250 μm)로 분말화(Braun Aromatic Grinder, KSM2, Braun Inc., Lynnfield, MA, USA)한 후 -20℃에 저장하여 사용하였다.

### 3. 일반성분

원료 콩과 두유 분말의 수분, 조단백질(질소계수: 6.25), 조지방 및 조회분의 정량은 AOAC 표준방법(1995)에 의해 측정하였다. 그리고 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분을 제하여 환산한 값으로 하였다.

### 4. 색도

두유 분말의 색도는 색도계(Minolta Chroma Meter, Model CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)을 측정하였고, ΔE값(total color difference)은  $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ 의 공식에 의하여 구하였다. 이 때 표준 백색판의 L값은 97.75, a값은 -0.39 그리고 b값은 +0.88이었다.

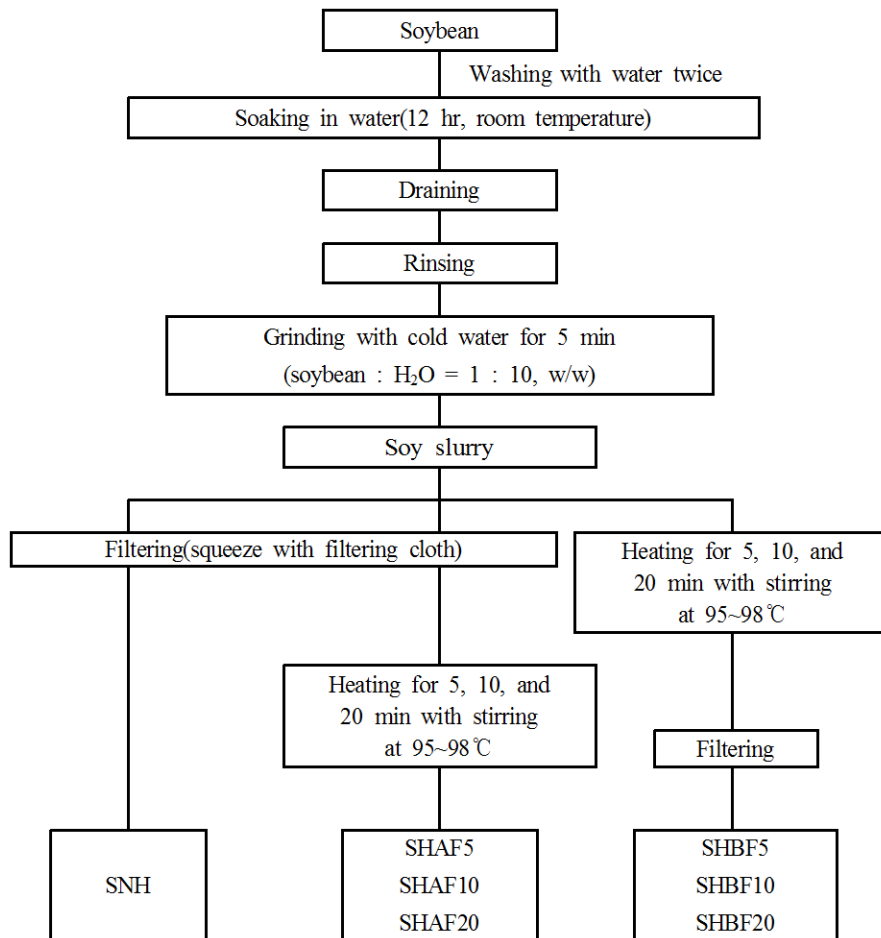
### 5. Trypsin inhibitor 활성

Trypsin inhibitor(TI) 활성은 AACC 표준방법(1983)과 Kakade 등(1969)의 방법 따라 분석하였고, TI 활성은 trypsin inhibitor unit(TIU)로 나타내며, 다음 식에 의해 계산되었다.

$$TIU/mg = \frac{Y \text{ intercept}(TIU/ml) \times \text{dilution factor}}{\text{Sample weight, mg}}$$

### 6. 단백질 소화율

*In vitro*법에 의한 단백질 소화율(protein digestibility) 측정은 Hsu 등(1977)의 multienzyme 방법에 따라 분석하였으며,



**Fig. 1. Flow sheet for the preparation of various soymilk.** SNH means soymilk not heated, SHAF means soymilk heated after being filtered, and SHBF means soymilk heated before being filtered.

이에 사용된 multienzyme은 porcine pancreatic trypsin(type IX), bovine pancreatic chymotrypsin(type II)과 porcine intestinal peptidase로 Sigma사 제품(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하였다. 측정방법은 60 mesh(250  $\mu$ m)의 두유 분말 현탁액(6.25 mg protein/ml) 50 ml를 pH 8.0으로 0.1 N NaOH나 0.1 N HCl로 조절한 다음(37°C), multienzyme solution(pH 8.0) 5 ml를 가한 후 37°C에서 stirring하면서 10분 동안 pH의 감소를 측정하였다. 단백질 소화율은 다음 식에 의해 산출하였다.

$$\text{Protein digestibility(\%)} = 210.464 - 18.103X$$

(X: 10분 후 pH value)

## 7. 기능적 특성

### 1) 질소용해도 계수

질소용해도 계수(nitrogen solubility index: NSI)는 AOCS

표준방법(1988)에 의해 측정하였다. 즉, 100 mesh(150  $\mu$ m)로 분쇄한 시료 5 g을 200 ml의 증류수에 가하여 30°C 수조에서 2시간 동안 magnetic stirrer로 완전히 분산시킨 후, 그 혼합물에 증류수를 더 첨가하여 총 용액이 250 ml가 되도록 하였다. 이때 1 N HCl이나 1 N NaOH로 pH 7로 조정하여 시료로 사용하였다. 그리고 몇 분 동안 방치 후 550 $\times$ g에서 10분간 원심분리를 하고, 유리섬유 깔대기를 통해서 거른 후 상층액의 25 ml를 취하여 Kjeldahl 방법으로 질소 함량을 정량하고, 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Nitrogen solubility index} = \frac{\% \text{ Water soluble nitrogen}}{\% \text{ Total nitrogen}} \times 100$$

### 2) 수분흡수력과 유지흡수력

수분흡수력(water absorption capacity)과 유지흡수력(oil absorption capacity)은 Lin & Humbert(1974)의 방법을 변형하

여 분말 시료 0.5 g을 시험관에 각각 넣고 무게를 측정 한 후, 수분흡수력은 증류수 10 mL를, 유지흡수력은 대두유(Haepyo, Sajo Industries Co., Korea) 10 mL를 가하여 각각 1분 동안 교반한 후, 25°C에서 1시간 동안 15분마다 5초간 교반하였다. 각 시험관을 2,220×g에서 30분간 원심분리한 후 상등액을 제거하고 무게를 측정하여 건조 시료와 흡수 시료의 무게 차이를 계산하여 건조시료의 무게 증가 비율(%)로서 나타내었다.

### 3) 유화성 및 유화안정성

유화성(emulsion activity) 및 유화안정성(emulsion stability)은 Wang & Kinsella(1976)의 방법을 변형하여 각 시료 0.5 g에 증류수 10 mL를 가하고, 1분간 균질화한 후 1 N HCl이나 1 N NaOH로 pH 7로 조정 한 다음, 대두유(Haepyo, Sajo Industries Co., Korea) 10 mL씩을 첨가하여 5분간 균질화하였다. 그리고 이 유화액을 6,170×g에서 5분간 원심분리하여 다음 식에 의해 유화성을 구하였다. 한편, 유화안정성은 유화액을 80°C의 수조에서 30분간 가열한 후 15°C로 냉각하여 6,170×g에서 5분간 원심분리하여 유화안정성을 구하였다.

$$\text{Emulsion activity(\%)} = \frac{\text{Height of emulsified layer}}{\text{Height of total contents}} \times 100$$

### 4) 기포력 및 기포안정성

Yasumatsu 등(1972)의 방법을 변형하여 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가한 후(pH 7), 25°C에서 5분간 균질화하여 거품을 형성시킨 후 메스실린더에 옮겨 거품의 부피를 측정하여 기포력(foam activity)을 구하고, 거품 형성 후 30, 60, 120분이 경과한 뒤 다음 식에 의해 기포안정성(foam stability)을 나타내었다.

$$\text{Foam activity(\%)} = \frac{\text{Volume after whipping} - \text{Volume before whipping}}{\text{Volume before whipping}} \times 100$$

$$\text{Foam stability(\%)} = \frac{\text{Volume of foam after time}}{\text{Volume of initial foam}} \times 100$$

## 8. 통계 처리

본 실험의 결과는 SAS Package Program를 이용하여 분산분석(ANOVA)한 후 Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였고, 이화학적 검사 결과 간의 상관 정도는 Pearson's correlation에 의해 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

원료 콩의 일반성분 결과, 수분 함량 11.77±0.02%, 조단백질 34.82±0.13%, 조지방 18.34±0.45%, 조회분 4.77±0.07% 및 탄수화물 함량은 30.30±0.51%로 나타내었다.

두유 분말의 일반성분 결과는 Table 1에 나타내었다. 즉, 수분 함량을 보면, 2.03~6.35% 범위로 나타났으며, 가열하지 않은 SNH 두유 분말이 다른 두유 분말의 수분 함량보다 다소 높게 나타났다. 건물질 기준으로, 조단백질은 46.36~49.97%로 나타났으며, 조지방은 19.08~20.70%로 나타났다. 이 결과는 원료 콩에서의 단백질과 지방함량보다 현저히 높게 나타났는데, 이것은 콩으로부터 두유 추출시 단백질과 지방이 다른 성분보다 추출 수율이 높기 때문으로, Omosaiye & Cheryan (1979)의 결과와도 유사한 경향을 보였다. 가열하지 않은 SNH 두유 분말의 단백질 함량은 가열시간이 길어질수록 증가함을 보였다.

또한 두유 분말의 조회분 함량은 여과 전 콩죽을 가열 처리할수록 감소하는 경향을 보였으며, 특히 두유 분말의 탄수

Table 1. Chemical compositions of various soymilk powder

Process	Moisture (%)	Composition (%) <sup>1)</sup>			
		Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate
SNH	6.35±0.21 <sup>a2)3)</sup>	47.53±0.04 <sup>c</sup>	20.01±0.07 <sup>b</sup>	5.91±0.03 <sup>ab</sup>	26.55±0.06 <sup>bc</sup>
SHAF5	3.23±0.10 <sup>c</sup>	47.90±0.06 <sup>b</sup>	19.92±0.03 <sup>b</sup>	5.94±0.04 <sup>a</sup>	26.24±0.05 <sup>cd</sup>
SHAF10	2.03±0.18 <sup>c</sup>	47.83±0.04 <sup>b</sup>	19.48±0.45 <sup>c</sup>	5.87±0.03 <sup>bc</sup>	26.82±0.45 <sup>b</sup>
SHAF20	2.97±0.10 <sup>d</sup>	47.77±0.03 <sup>b</sup>	19.97±0.07 <sup>b</sup>	5.83±0.02 <sup>c</sup>	26.42±0.05 <sup>cd</sup>
SHBF5	2.92±0.09 <sup>d</sup>	46.36±0.14 <sup>d</sup>	19.08±0.08 <sup>d</sup>	5.82±0.03 <sup>c</sup>	28.73±0.05 <sup>a</sup>
SHBF10	3.09±0.09 <sup>cd</sup>	47.41±0.17 <sup>c</sup>	20.70±0.05 <sup>a</sup>	5.75±0.05 <sup>d</sup>	26.14±0.09 <sup>d</sup>
SHBF20	3.51±0.06 <sup>b</sup>	49.97±0.03 <sup>a</sup>	19.99±0.06 <sup>b</sup>	5.59±0.03 <sup>e</sup>	24.45±0.06 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> Dry basis. <sup>2)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>3)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ) among various processes.

화물 함량은 원료 콩보다 현저히 감소되었으며, 콩죽의 가열 처리 시간이 증가할수록 현저히 감소되는 결과가 나타났다. 즉, 두유 제조시 불용성 탄수화물 즉, 섬유소 및 기타 불용성 물질들이 여과 시에 잘 추출이 되지 않고 제거되기 때문에, 상대적으로 단백질과 지방 등의 함량이 높게 나타나는 것이다.

## 2. Protein coefficient

Protein coefficient는 단백질 순도를 표현하는 방법 중 하나로, 단백질과 탄수화물의 총 함량에 대한 단백질의 비율로 정의된다(Omosaiye & Cheryan 1979). 특히, 이것은 콩에 함유된 탄수화물이 장내 가스 유발 및 유아에게 바람직하지 못한 영향을 미치기 때문에, 콩 가공품에서 탄수화물 함량 평가를 용이하게 하기 위해 유아 식품산업에서 주로 사용되어왔다.

두유 분말의 protein coefficient 결과는 Table 2와 같다. 즉, 원료 콩에서는 약 0.53로 나타났으나, 두유 분말에서는 원료 콩보다 전체적으로 증가되었으며, 특히 여과 전 20분 가열 처리한(SHBF20) 두유 분말이 가장 높게 나타났다. 한편, 0.9 이상의 protein coefficient 결과를 나타낸 한외여과(ultrafiltration)에 의한 대두 물 추출물(water extracts)의 연구결과(Omosaiye & Cheryan 1979)와 비교해 보면 전통적인 추출방법을 선택한 본 실험의 결과가 상당히 낮은 경향을 보였다.

이 결과를 보듯이 두유 분말이 원료 콩보다 protein coefficient가 유의적으로 높아진 이유는 여과과정 중에 소당류, 섬유소 및 불용성 탄수화물 등이 제거되었기 때문인 것으로 여겨지며(Omosaiye & Cheryan 1979), 결과적으로 원료 콩보다는 두유 분말을 첨가물로 가공제품에 응용 시 영양면에서 더 효과적인 것으로 생각된다.

## 3. 색도

Table 2. Protein coefficient of various soymilk powder

Process	Protein coefficient <sup>1)</sup>
Raw soybean	0.5346±0.0048 <sup>(2)3)</sup>
SNF	0.6416±0.0004 <sup>cd</sup>
SHAF5	0.6461±0.0007 <sup>b</sup>
SHAF10	0.6407±0.0039 <sup>d</sup>
SHAF20	0.6438±0.0005 <sup>bcd</sup>
SHBF5	0.6174±0.0011 <sup>e</sup>
SHBF10	0.6446±0.0016 <sup>bc</sup>
SHBF20	0.6715±0.0004 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Protein coefficient=Protein/(Protein+Carbohydrate).

<sup>2)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>3)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

Table 3. Color of various soymilk powder

Process	Hunter's color value			
	L	a	b	ΔE
SNH	81.79±0.03 <sup>a1)2)</sup>	-1.25±0.04 <sup>d</sup>	19.77±0.08 <sup>f</sup>	24.74±0.08 <sup>g</sup>
SHAF5	79.47±0.03 <sup>c</sup>	-1.30±0.02 <sup>d</sup>	20.88±0.05 <sup>d</sup>	27.11±0.02 <sup>e</sup>
SHAF10	78.05±0.02 <sup>e</sup>	-1.18±0.02 <sup>c</sup>	22.33±0.06 <sup>b</sup>	29.13±0.05 <sup>b</sup>
SHAF20	75.10±0.04 <sup>g</sup>	-1.03±0.03 <sup>b</sup>	23.39±0.04 <sup>a</sup>	31.94±0.05 <sup>a</sup>
SHBF5	80.61±0.02 <sup>b</sup>	-1.29±0.03 <sup>d</sup>	20.00±0.04 <sup>e</sup>	25.70±0.01 <sup>f</sup>
SHBF10	79.16±0.08 <sup>d</sup>	-0.99±0.03 <sup>b</sup>	20.93±0.05 <sup>d</sup>	27.35±0.04 <sup>d</sup>
SHBF20	77.96±0.08 <sup>f</sup>	-0.59±0.03 <sup>a</sup>	21.56±0.30 <sup>e</sup>	28.62±0.27 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>2)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ) among various processes.

두유 분말의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 즉, L 값(명도)을 살펴보면, 가열 처리를 하지 않는 SNH 두유 분말이 81.79로 다른 두유 분말보다 높은 값을 보였으며, 가열 처리 시간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 이것은 SNH 두유 분말이 두유 제조시 비지 제거과정을 통해 L값이 낮은 콩 외피를 비롯한 불용성 성분들이 걸러졌기 때문으로 생각된다.

b값(황색도)을 살펴보면, SHAF와 SHBF 두유 분말 모두에서 가열시간이 길어질수록 유의적으로 높게 나타나 황색이 증가함을 알 수 있었으며, 특히 SHAF 두유 분말이 SHBF 두유 분말보다 더 급격하게 b값은 증가하고, L값은 감소하는 경향을 보였다. 즉, 이와 같은 결과는 두유 제조시 가열 처리에 의해 비효소적 갈변반응인 maillard 반응 때문으로 사료된다. 한편, 이 때 carbonyl compound와 반응하는 amines은 lysine, cysteine, methionine 등으로 알려져 있으며, 또한 갈색색소 형성 정도는 carbonyl compound와 amines의 비율, pH, decarbonyl 양, 촉매속도 유무 및 가공, 저장 중의 온도 등에 따라 달라진다고 보고되고 있다(Hong KS 1989; Liu KS 1997)

또한 a값은 두유 분말의 경우, 특히 SHAF보다 SHBF 두유 분말이 가열 처리에 의해 더 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 또한 ΔE값은 가열시간이 길어질수록 즉, SHAF20에서 가장 큰 값을 나타내었다.

## 4. Trypsin inhibitor 활성

두유 분말과 원료 콩의 trypsin inhibitor(TI) 활성을 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 즉, 원료 콩의 TI 활성은 69.94 TIU/mg으로 나타났으며, 이 결과는 60.2 TUI/mg으로 보고된 Liu & Markakis(1989)의 결과와 유사하게 나타났다. 반면에, 81.2 TUI/mg으로 보고된 Omosaiye & Cheryan(1979)의 연구결

**Table 4. Trypsin inhibitor activity of various soymilk powder**

Process	TIU <sup>1)</sup> /mg, dry basis
Raw soybean	69.94 (100.0) <sup>2)</sup>
SNH	61.31 (87.66)
SHAF5	13.30 (19.02)
SHAF10	8.09 (11.57)
SHAF20	4.24 ( 6.06)
SHBF5	29.50 (42.18)
SHBF10	14.33 (20.49)
SHBF20	10.41 (14.88)

<sup>1)</sup> Trypsin inhibitor unit.

<sup>2)</sup> Value in parenthesis indicates percentage to raw soybean.

과와 92.4 TIU/mg으로 보고된 Rackis JJ(1981)의 연구결과보다는 낮은 경향을 보였는데, 이는 TI 활성 측정방법과 사용된 trypsin의 종류에 따른 차이로 알려져 있으며(Liu & Markakis 1989), 그 외에 콩 품종, 탈지방법, 및 콩 분말화 방법 등에 따른 차이로 생각된다.

두유 분말의 TI 활성 결과를 살펴보면 가열 처리하지 않은 SNH 두유 분말의 경우, 원료 콩보다는 다소 낮게 나타났는데, 이는 마쇄과정과 여과 등에 의해 감소된 것으로 생각된다. 그리고 SHAF, SHBF 두유 분말에서 가열 처리 시간이 길어질수록 TI 활성은 현저히 감소하는 경향을 보였는데, SHAF 두유 분말이 SHBF 두유 분말보다 TIU가 더 낮게 나타났다.

한편, 콩가루를 30분 가열하였을 때 TI가 92% 불활성화 된다는 Rackis JJ(1981)의 보고와 본 실험결과를 비교해 보면, TI의 불활성화가 더 급격하게 일어남을 볼 수 있었다. 그러나 콩의 수분 함량이 많을 때는 불활성화 속도가 훨씬 빨라진다는 Albrecht 등(1966)의 보고와, 비록 침지가 TI 불활성화에 효과는 없을지라도 침지 후 가열시 더 효과적으로 TI가 불활성화된다는 Liu & Markakis(1987)의 연구보고들을 살펴보면, 본 실험에서는 콩가루의 가열이 아니라 두유 제조 시 가열 처리를 하기 때문에, 불활성화 속도가 빠른 결과를 보인 것으로 생각된다.

### 5. 단백질 소화율

두유 분말과 원료 콩의 단백질 소화율(*in vitro* protein digestibility) 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. 즉, 단백질 소화율은 가열 처리로 인하여 원료 콩에서 보다 상당히 유의적으로 향상되는 결과를 보였는데, SHAF 두유 분말이 SHBF 두유 분말보다 전체적으로 높은 소화율을 보였으며, 특히, SHAF 공정으로 10분 가열할 때까지는 소화율이 증가하다가 20분 가열시 오히려 소화율이 약간 떨어지는 경향을 보였다.

**Table 5. *In vitro* protein digestibility of various soymilk powder**

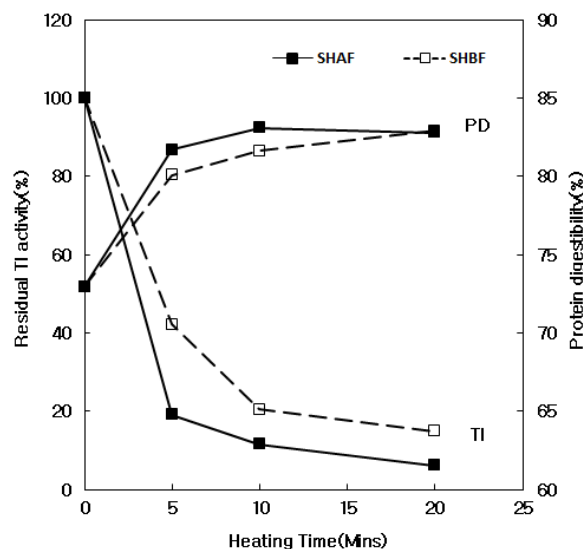
Process	Protein digestibility (%)
Raw soybean	72.94±0.11 <sup>1)2)</sup>
SNH	74.63±0.12 <sup>c</sup>
SHAF5	81.69±0.10 <sup>c</sup>
SHAF10	83.08±0.09 <sup>a</sup>
SHAF20	82.78±0.10 <sup>b</sup>
SHBF5	80.06±0.11 <sup>d</sup>
SHBF10	81.63±0.10 <sup>c</sup>
SHBF20	82.90±0.12 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>2)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

이와 같이 가열 처리에 의한 소화율 향상의 원인은 TI의 불활성화와 열변성에 의한 단백질 구조 변화로 단백질 분해가 향상되었기 때문으로(Hsu 등 1977; Ikeda 등 1995), Fig. 2에 TI 활성이 단백질 소화율에 미치는 영향을 나타내었다. 즉, 5분간을 가열해도 TI는 현저히 불활성화되며, 소화율은 상당히 증가됨을 볼 수 있으며, SHAF 공정은 10분 가열할 때가 소화율이 가장 높았으며, 20분간 가열해도 더 이상 증가하지 않고 오히려 소화율이 감소되는 경향을 보였다. 이는 지나친 가열로 인하여 단백질이 지나치게 변성되어 오히려 단백질의 효소분해가 어려운 형태로 변했기 때문으로 생각된다.

이 결과는 소화율이 70.1%인 원료 콩이 열처리로 인해 85.4%로 증가되었다는 Liener IE(1976)의 연구결과와 유사한 결과를



**Fig. 2. Effect of heating time on trypsin inhibitor activity and protein digestibility of various soymilk powder.**

나타냈으며, 한편, Kim CJ(1988)의 보고에 의하면, 효소 반응 시 처음 1분 동안에 56.5~72.9%의 분해가 일어나고, 분해시간을 1시간으로 증가시켜도 10분에서와 같은 결과를 보였으며, 또한 전통적인 방법으로 60분간 가열한 두유의 경우, 83.3%의 소화율을 나타냈는데, 본 실험결과와 비교해 보면 SHAF10 두유 분말이 83.08%로 유사하였다. 한편, 농축대두단백의 소화율이 87.2%, 분리대두단백은 88.1%라는 Hsu 등(1977)의 보고결과가 있으며, 콩 가공품 중 유바가 100%에 가까운 가장 높은 소화율을 보이는 것(Kwon & Niranjani 1995)으로 알려져 있다.

결과적으로, 콩 가공 시 영양저해인자인 TI를 어느 정도 파괴하여 불활성화하면서 소화율을 최대로 향상시키는 적절한 가열시간을 찾는 것이 콩 단백질의 영양적 품질을 향상시키는 방법으로, 본 실험에서는 두유 분말이 소화율이 우수하였고, 특히 SHAF10 두유 분말이 가장 높은 소화율을 보였다.

## 6. 기능적 특성

### 1) 질소용해도 계수

두유 분말과 원료 콩의 질소용해도(NSI) 결과는 Table 6에 나타내었다. 즉, 질소용해도는 식품가공에서 중요한 기능적 특성 중 하나인 단백질 용해도를 측정하는 것으로, 본 실험결과, 원료 콩은 NSI가 96.30%로 상당히 높게 나타났다.

그러나 두유 제조 시 가열 처리 시간이 길어질수록 두유 분말의 질소용해도가 현저히 유의적으로 감소되는데, 그것은 열변성으로 단백질 구조가 풀어져서 소수기가 표면으로 노출이 되고, 노출이 많아지면 소수기끼리 소수성 결합과 S-S 결합으로 단백질 중합체를 형성함(Hashizum 등 1975; Kato & Takagi 1988)으로써 질소용해도가 감소되는 것이다. 이 결과는 콩가루 NSI가 97.2%에서 열처리 시간이 길어질수록 낮아져서, 20분 가열 처리 시 37.9%에 이른다는 Rackis JJ(1981)의

**Table 7. Pearson's correlation of nitrogen solubility index, trypsin inhibitor activity and protein digestibility in various soymilk powder**

	NSI <sup>1)</sup>	TIA <sup>2)</sup>	PD <sup>3)</sup>
NSI	1.00000		
TIA	0.95009***	1.00000	
PD	-0.92597***	-0.98190***	1.00000

<sup>1)</sup> Nitrogen solubility index. <sup>2)</sup> Trypsin inhibitor activity.

<sup>3)</sup> Protein digestibility. \*\*\*:  $p < 0.001$ .

연구결과와 같은 경향을 나타내었다.

한편, SHBF 공정보다 SHAF 공정으로 제조된 두유 분말이 가열 처리 시간 증가에 따라 더 급격하게 감소되는 경향을 보였으며, 이것은 TI 활성도 측정 결과와 같은 경향을 보였다. 즉, Table 7은 질소용해도, 단백질 소화율, TI 활성 간의 상관관계를 나타낸 것으로, NSI는 TI 활성과 정의 상관관계를 가지며( $p < 0.001$ ), 단백질 소화율과는 부의 상관관계를 보여( $p < 0.001$ ), Fulmer RW(1988)와 Anderson RL(1992)의 연구결과들과 같은 경향을 보였다.

결과적으로 가열 처리로 TI 활성 저하와 더불어 NSI가 감소되므로 콩 단백질 가공 시 TI 활성을 최대로 불활성화시키면서, 소화율은 최대로, 그리고 NSI는 최소로 감소되는 온도, 시간 등의 조건이 고려되어야 한다.

### 2) 수분흡수력

두유 분말의 수분흡수력 측정 결과는 Table 6과 같다. 즉, 단백질의 수분흡수력은 치즈, 소시지, 육류, 빵, 케이크 등과 같은 식품의 품질에 큰 영향을 주는 기능성으로서(Thekoronye AI 1986), 특히 반죽의 조작성을 쉽게 해주며, 빵의 신선도를 유지시켜 주는 특성으로 알려져 있다(Wolf WJ 1970).

**Table 6. Nitrogen solubility index of various soymilk powder**

Process	Nitrogen solubility index	Water absorption (%)	Oil absorption (%)	Emulsion activity (%)	Emulsion stability (%)
Raw soybean	96.30±0.26 <sup>a1)2)</sup>	171.11± 5.84 <sup>c</sup>	124.56± 4.11 <sup>c</sup>	49.73 <sup>f</sup>	43.72 <sup>g</sup> (92.71) <sup>3)</sup>
SNH	92.33±0.72 <sup>b</sup>	111.80± 6.89 <sup>d</sup>	311.11± 8.48 <sup>a</sup>	53.59 <sup>e</sup>	49.77 <sup>f</sup> (92.87)
SHAF5	42.21±0.29 <sup>f</sup>	324.52±10.12 <sup>b</sup>	258.02± 3.48 <sup>c</sup>	62.72 <sup>bc</sup>	59.20 <sup>cd</sup> (94.39)
SHAF10	39.37±0.51 <sup>g</sup>	327.58± 4.84 <sup>b</sup>	271.86± 3.23 <sup>b</sup>	64.59 <sup>abc</sup>	61.05 <sup>bc</sup> (94.52)
SHAF20	33.52±0.29 <sup>h</sup>	354.73±10.76 <sup>a</sup>	238.87±13.51 <sup>d</sup>	66.92 <sup>a</sup>	64.60 <sup>a</sup> (96.53)
SHBF5	70.55±0.14 <sup>c</sup>	257.86± 8.81 <sup>c</sup>	248.65± 3.38 <sup>cd</sup>	59.54 <sup>d</sup>	55.44 <sup>e</sup> (93.11)
SHBF10	59.30±0.61 <sup>d</sup>	322.93± 9.07 <sup>b</sup>	248.73± 2.83 <sup>cd</sup>	61.87 <sup>cd</sup>	58.04 <sup>d</sup> (93.81)
SHBF20	44.17±0.62 <sup>e</sup>	354.53± 5.95 <sup>a</sup>	240.33± 4.03 <sup>d</sup>	65.54 <sup>ab</sup>	61.63 <sup>b</sup> (94.03)

<sup>1)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>2)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup> Value in parenthesis indicates percent to emulsion activity.



본 실험결과를 살펴보면, 가열 처리하지 않은 SNH 두유 분말의 경우, 매우 낮은 흡수력을 보였으나, 가열 처리로 인하여 수분흡수력이 현저히 증가되는 결과를 볼 수 있었다. 특히 20분 가열 처리한 두유 분말이 가장 높은 흡수력을 보였다. 즉, 가열 처리로 인하여 변성된 단백질의 높은 표면 소수도는 단백질 소수성끼리의 결합을 촉진시켜 구조 내에 상당량의 물을 보유할 수 있는 단백질 망상구조(matrix)를 형성(Riganakos & Kontominas 1994)하기 때문에 수분흡수력이 증가됨을 알 수 있었다. 이상의 결과는 분리대두단백의 수분흡수력이 400%라는 보고(Fulmer RW 1988)와 비교해 보더라도 상당히 높음을 알 수 있다.

### 3) 유지흡수력

두유 분말의 유지흡수력 측정 결과는 Table 6과 같다. 즉, 유지흡수력은 식품에 향미 부여와 식감을 좋게 해주는 기능성(Thekoronye AI 1986)으로 육류, 소시지, 도넛, 팬 케이크, 스프 등에서 필요로 한다(Okezie & Bello 1988). 유지흡수력은 가열 처리하지 않은 SNH 두유 분말이 가장 높은 값을 보였으며, 가열 처리를 할수록 유지흡수력이 유의적으로 저하되는 경향을 보였다.

### 4) 유화성 및 유화안정성

두유 분말의 유화성 및 유화안정성 측정 결과는 Table 6과 같다. 즉, 원료 콩과 가열 처리를 하지 않은 SNH 두유 분말이 제일 낮은 유화성을 보였으며, 이것은 가열 처리 시간이 길어질수록 유화성이 증대되었으며, 특히 SHAF 공정이 SHBF 공정보다 더 현저히 증가되는 경향을 나타냈다. 즉, 이것은 가열 처리로 인해 단백질 구조가 열변성이 되어, 풀어져서 소수기가 표면으로 노출되고, 콩에 있는 지질, 특히 인지질과의 상호작용이 증가됨으로써 유화성이 향상되는 것이다. 즉, 열

변성된 분자는 기름-물 계면으로 확산되는 속도도 증가되어, 계면을 형성하는 단백질-단백질의 회합을 용이하게 해주므로(Liu K 1997; Quaglia & Orban 1990) 유화력이 증대되었다.

한편, 두유 분말의 유화안정성은 높게 나타났으며, 가열 처리를 한 두유 분말일수록 유화안정성이 증가하는 경향을 보였는데, 특히 SHAF20의 안정성이 높게 나타났다. 이는 열에 의해 단백질이 변성되어 응집체가 형성되므로 크기가 커져서 기름방울 둘레에 두꺼운 막을 형성하기 때문에(Kang YJ 1984) 안정성이 증가되는 것으로 사료된다.

이와 같이 두유 분말은 탈지시킨 콩가루나, 농축대두단백 및 분리대두단백과 달리 지질을 완전히 제거하지 않고 만든 콩 단백질 제품이므로, 인지질인 lecithin이 포함되어 있어(Fulmer RW 1988) 유화성이 높은 것으로 생각되며, 이 두유 분말을 과자류에 첨가물으로써 이용된다면, lecithin에 의해 산화안정성과 비타민 안정성을 증진시켜줄 것으로 여겨진다.

### 5) 기포력 및 기포안정성

두유 분말의 기포력 및 기포안정성 측정 결과는 Table 8과 같다. 기포력은 원료 콩과 가열 처리하지 않은 SNH 두유 분말이 가장 낮게 나타났으며, 가열 처리를 한 두유 분말은 다소 기포력이 증가되는 경향을 보였다. 일반적으로, 기포력은 pH에 의해 영향을 많이 받아 분리대두 단백질의 경우, 등전점에서 최소의 기포력을 나타내며, 용해도가 증가될수록 기포력이 향상된다고 보고된 바 있다(Nakai S 1983). 하지만 본 실험결과에서는 질소용해도가 큰 두유 분말일수록 기포력이 다소 감소하는 경향을 보였다.

기포안정성을 살펴보면, 전체적으로 기포력이 낮은 두유 분말의 경우, 기포안정성은 더 좋게 나타났으며, 이 결과는 용해도의 감소가 단백질 표면에 높은 점도를 주어 거품 형성은

Table 8. Foam activity and foam stability of various soymilk powder

Process	Foam activity	Foam stability		
		30 min	60 min	120 min
Raw soybean	22.68±0.40 <sup>e(1)2)</sup>	87.40±0.68 <sup>a</sup>	84.69±0.69 <sup>a</sup>	84.24±0.27 <sup>a</sup>
SNH	31.50±0.44 <sup>b</sup>	87.50±0.10 <sup>a</sup>	82.44±0.26 <sup>b</sup>	81.25±0.06 <sup>b</sup>
SHAF5	39.92±0.47 <sup>a</sup>	85.40±0.87 <sup>b</sup>	78.80±0.05 <sup>f</sup>	76.80±0.11 <sup>c</sup>
SHAF10	40.03±0.27 <sup>a</sup>	83.80±0.09 <sup>c</sup>	79.77±0.39 <sup>e</sup>	77.72±0.62 <sup>d</sup>
SHAF20	40.11±0.10 <sup>a</sup>	83.00±0.04 <sup>de</sup>	79.91±0.10 <sup>de</sup>	76.79±0.09 <sup>e</sup>
SHBF5	39.87±0.07 <sup>a</sup>	82.68±0.22 <sup>e</sup>	80.42±0.21 <sup>cd</sup>	77.71±0.20 <sup>d</sup>
SHBF10	39.76±0.65 <sup>a</sup>	83.53±0.21 <sup>cd</sup>	79.49±0.21 <sup>e</sup>	77.70±0.20 <sup>d</sup>
SHBF20	40.59±1.02 <sup>a</sup>	83.31±0.30 <sup>cd</sup>	80.56±0.32 <sup>c</sup>	78.74±0.29 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Values are mean±standard deviation of 4 replications.

<sup>2)</sup> Values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ) among various processes.



어려우나, 안정성에 도움이 된다는 Pomeranz Y(1985)의 결과와 일치하였다.

결과적으로 콩 단백질 제품 중 분리대두단백이나 농축대두단백의 경우는 기능성이 다소 우수하기는 하나, 복잡한 제조과정과 비용이 높아 일반적인 식품 가공 제조 시, 보편적인 사용이 어려워 식품에의 이용이 매우 적은 것으로 알려져 있다(Liu KS 1997). 그러므로 본 실험에서 제조된 두유 분말을 대신 식품 가공 제조에 직접 이용한다면, 동물성 우유와 분유의 대체물질로서, 육류제품, 유제품, 곡류제품, 이유식, 음료 및 제과 등의 식품 제조에 첨가물로서의 무한한 가능성이 있는 것으로 생각되며, 특히 쿠키, 비스킷, 팬케이크, 스낵, 크래커 등 제과 및 제빵 등에 이용할 때는 건조된 상태이기 때문에 반죽 또는 혼합이 용이하며, 밀가루에 혼합 시 곡류에서 부족되기 쉬운 아미노산을 풍부히 가지므로 두유 분말은 영양적, 기능적이면서 또한 경제적이고 실용적인 콩 단백질 제품으로 사료된다.

## 요약 및 결론

대두를 이용하여 추출방법과 가열시간을 달리하여 즉, 여과 후에 가열 처리하는 방법(SHAF)과 여과 전에 가열 처리하는 방법(SHBF)에 의해 제조된 두유를 동결건조시켜 분말화한 두유 분말의 가공공정별 품질 특성을 상호비교하여 다양한 식품 가공 제조에 콩 단백질 첨가물로서의 적용가능성을 타진하고자 하였다. 동결건조한 두유 분말은 2.03~6.35%의 수분 함량을 보였으며, 건물량 기준으로 볼 때, 단백질 함량이 높게 나타났는데, 이는 두유 제조 시 다른 성분보다 추출수율이 높기 때문으로 여겨진다. 따라서 protein coefficient는 원료 콩보다 가열 처리한 두유 분말에서 유의적으로 증가되었으며, 특히 여과 전 20분 가열 처리한 SHBF20 두유 분말이 가장 높게 나타났다. TI 활성은 가열 처리 시간이 길어질수록 현저히 감소하는 경향을 보였으며, SHAF 두유 분말이 SHBF 두유 분말보다 쉽게 불활성화되었다. 두유 분말은 두유 제조시 가열 처리에 의해 단백질이 변성됨으로써 질소용해도(NSI)는 현저히 감소되었고, 단백질 소화율, 수분흡수력, 유화성과 기포성은 증가되는 결과를 나타냈으며, 유지흡수력은 다소 저하되는 경향을 보였다. 이상의 결과로서, 여과 후 10분 가열한 공정(SHAF10)과 여과 전 20분 가열한 공정(SHBF20)으로 제조된 두유 분말이 영양적, 기능적 측면에서 적합한 특성을 나타냈다.

## References

AACC. 1983. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. The Association. St. Paul, MN. USA  
Abbey BW, Ibeh GO. 1988. Functional properties of raw and

heat processed cowpea flour. *J Food Sci* 53:1775-1777  
Albrecht WJ, Mustakas GC, McGhee JE. 1966. Rate studies on atmospheric steaming and immersion cooking of soybeans. *Cereal Chem* 43:400-407  
Anderson RL. 1992. Effect of steaming on soybean proteins and trypsin inhibitors. *J Am Oil Chem Soc* 69:1170-1176  
AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA  
AOCS. 1988. Official and Tentative Methods. 3rd ed. American Oil Chemists' Society. Champaign, IL. USA  
Chen S. 1989. Preparation of fluid soymilk. In "Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs". Applewhite TH(ed). pp.341-352. American Oil Chemists' Society. Champaign, IL. USA  
Fulmer RW. 1988. Uses of soy protein in bakery and cereal products. In "Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Foodstuffs". Applewhite TH(ed). p.424. American Oil Chemists' Society. Champaign, IL. USA  
Garcia MC, Torre M, Marina ML, Laborda F. 1997. Composition and characterization of soybean and related products. *CRC Crit. Rev Food Sci Nutr* 37:361-391  
Hackler LR, Hand DB, Steinkraus KH, Van Buren JP. 1963. A comparison of the nutritional value of protein from several soybean fractions. *J Nutr* 80:205-210  
Hashizum K, Nakamura N, Watanabe T. 1975. Influence of ionic strength on conformation changes of soybean proteins caused by heating and relationship of its conformation changes to gel formation. *Agric Biol Chem* 39:1339-1347  
Hong KS. 1989. Factors affecting viscosity of soybean milk processed by rapid hydration hydrothermal cooking (RHHTC) method. Ph.D. Thesis, Kansas State Uni. Manhattan, KS. USA  
Hsu HW, Vavak DL, Satterlee LD, Rackis JJ. 1977. A multi-enzyme technique for estimating protein digestibility. *J Food Sci* 42:1269-1273  
Ikeda K, Matsuda Y, Katsumaru A, Teranishi M, Yamamoto T, Kishida M. 1995. Factors affecting protein digestibility in soybean foods. *Cereal Chem* 72:401-405  
Johnson LA, Myers DJ, Burden DJ. 1992. Soy proteins history, prospects in food, feed. *INFORM* 3:429-444  
Kakade ML, Simons N, Liener IE. 1969. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chem* 46:518-526  
Kang YJ. 1984. Enzymatic modification of soy proteins: Effects

- of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis. *Korean J Food Sci Technol* 16:211-217
- Kato A, Takagi T. 1988. Formation of intermolecular  $\beta$ -sheet structure during heat denaturation of ovalbumin. *J Agric Food Chem* 36:1156-1162
- Kim CJ. 1988. Physico-chemical nutritional and flavor properties of soybean extracts processed by rapid-hydration hydrothermal cooking. Ph.D. Thesis, Iowa State Uni. Ames, IA. USA
- Kwon KC, Niranjana K. 1995. Effect of thermal processing on soymilk. *Int'l J Food Sci Technol* 30:263-295
- Lee C. 2010. Changes in physicochemical properties of rice extrudate due to added isolated soy protein. *Korean J Food & Nutr* 23:114-117
- Liener IE. 1976. Legume toxins in relation to protein digestibility-A review. *J Food Sci* 41:1076-1081
- Lin MJY, Humbert ES. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *J Food Sci* 39:368-370
- Liu KS, Markakis P. 1987. Effect of maturity and processing on the trypsin inhibitor and oligosaccharides of soybeans. *J Food Sci* 52:222-223
- Liu KS, Markakis P. 1989. An improved colorimetric method for determining antitryptic activity in soybean products. *Cereal Chem* 66:415-422
- Liu KS, Orthofer F, Thompson K. 1995. The case for food-grade soybean varieties. *INFORM* 6:593-599
- Liu KS. 1997. Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization. Chapman & Hall. NY. USA
- Lusas EW, Riaz MN. 1995. Soy protein products: Processing and use. *J Nutr* 125:573S-580S
- Nakai S. 1983. Structure-function relationship of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. *J Agric Food Chem* 31:676-683
- Okezie OB, Bello AB. 1988. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J Food Sci* 53:450-454
- Omosaiye O, Cheryan M. 1979. Ultrafiltration of soybean water extracts: Processing characteristics and yields. *J Food Sci* 44:1027-1033
- Pomeranz Y. 1985. Functional Properties of Food Components. Academic Press. NY. USA
- Quaglia GB, Orban E. 1990. Influence of enzymatic hydrolysis on structure and emulsifying properties of Sardine (*Sardine pilchardus*) protein hydrolysates. *J Food Sci* 55:1571-1573
- Rackis JJ. 1981. Significance of soya trypsin inhibitors in nutrition. *J Am Oil Chem Soc* 58:495-501
- Riganakos KA, Kontominas MG. 1994. GC study of the effect of specific heat treatment on water sorption by wheat and soy flour. *Z Lebensm Unters Forsch* 198:47-51
- Saio K, Sato I, Watanabe T. 1977. Food use of soybean 7S and 11S proteins: High temperature expansion characteristics of gels. *J Food Sci* 39:777-782
- Sathe SK, Salunche DK. 1981. Functional properties of the Great Northern bean protein: Emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. *J Food Sci* 46:71-81
- Seyam AA, Banasik OJ, Breen MD. 1983. Protein isolates from navy and pinto beans: Their uses in macaroni products. *J Agric Food Chem* 31:499-502
- Shiga K, Nakamura Y. 1987. Relation between denaturation and some functional properties of soybean protein. *J Food Sci* 52:681-684
- Synder HE, Kwon TW. 1987. Soybeans Utilization. AVI. Van Nostrand Reinhold Co. NY. USA
- Thekoronye AI. 1986. Functional properties of meal products of the nigerian 'red skin' groundnut. *J Sci Food Agric* 37:1035-1041
- Visser A, Thomas A. 1987. Review: Soya protein products-their processing, functionality, and application aspects. *Food Rev Int'l* 3:1-32
- Wang JC, Kinsella JE. 1976. Functional properties of novel proteins. Alfalfa leaf protein. *J Food Sci* 41:286-292
- Wilson LA. 1995. Soyfoods. In "Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization". Erickson DR(ed). pp.428-459. AOCS Press. Champaign, IL. USA
- Wiseman MO, Price RL. 1987. Functional properties of protein concentrates from pressed jojoba meal. *Cereal Chem* 64:94-97
- Wolf WJ. 1970. Soybean proteins: Their functional, chemical and physical properties. *J Agric Food Chem* 18:969-976
- Yang M, Kwak JS, Jang S, Jia Y, Park I. 2013. Fermentation characteristics of soybean yogurt by mixed culture of *Bacillus* sp. and lactic acid bacteria. *Korean J Food & Nutr* 26:273-279
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric Biol Chem* 36:719-727