

유채단백질의 Proteolysis에 의한 기능성 변화

김충희 · 김효선 · 이장순* · 강영주†

제주대학교 식품공학과
* 제주전문대학 식품영양과

Functionality Changes of Rapeseed Protein upon Proteolysis

Chung-Hee Kim, Hyo-Sun Kim, Jang-Soon Lee* and Yeung-Joo Kang†

Dept. of Food Science and Technology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Cheju Junior College, Cheju 690-140, Korea

Abstract

Purified rapeseed (*Brassica napus* var. Youngsan) protein was hydrolyzed by pronase. The hydrolysate protein was investigated for the some physicochemical and functional properties. UV and intrinsic fluorescence spectra of the hydrolysate showed the maximum absorption at 274nm and 360nm respectively. Intensity of yellow color decreased in the process of hydrolysis and the surface hydrophobicity decreased up to fourfold. The main bands of hydrolysate by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) were observed at 14,000 to 12,000 dalton molecular weight. Solubilities of hydrolyzed protein increased by 10~15% compared to those of unhydrolyzed protein at acidic pH. In the hydrolysate, while absorption of both water and oil, foam expansion and emulsion stability were increased, absolute viscosity, heat coagulation, calcium coagulation, foam stability and emulsion activity were decreased.

Key words : pronase, rapeseed protein hydrolysate, functional properties

서 론

단백질의 기능성은 식품을 가공하고 제조하거나 저장하는 동안에 식품 단백질의 역할을 지배하는 특성으로서 식품의 품질에 영향을 미친다. 이 기능성은 수화성, 분산성, 용해도, 팽윤, 에멀전, 거품성, 유흡착, 겔화, 부착성, 응집성, 막형성 등을 말하는데 영양적 가치와는 다른 것으로서 단백질의 이용방법에 영향을 미친다. 효소에 의한 단백질의 가수분해는 단백질의 수용성과 소화율을 증가시키고, 식품의 기능성을 변화시킴으로써 여러가지로 이용될 수 있다. 특히 이들 방법은

단백질 음료라든가 아이스크림, 기타 가공 식품에 많은 용도로 쓰이고 있으며, 이러한 가수분해 제품은 여러가지 식품의 성분으로 사용될 뿐만 아니라 의약품으로도 개발 가능하다¹⁾. 유채단백질의 가수분해에 관한 연구로써 Hermansson 등²⁾은 농축 유채단백질을 pepsin과 papain으로 가수분해해서 얻어진 가수분해물은 용해성, 에멀전 안정성, 거품 형성능을 증가시켰으며 carboxymethylcellulose 같은 안정제의 사용은 거품성과 에멀전 안정성을 증가시켰다고 하였다. Lacroix 등³⁾은 pepsin과 trypsin으로 가수분해 후 환의여과하여 얻어진 저분자량 가수분해물의 영양가는 casein 보다 높고 단백질 소화율은 casein과 차이가 없었다고 하였다. Ponnampalam 등⁴⁾은 아세틸화된 유채단백질을

†To whom all correspondence should be addressed

trypsin과 pepsin으로 가수분해함으로써 가용성 단백질을 70% 이상 증가시켰다고 보고하였으나 국내에서는 이에 대한 연구가 거의 없는 형편이다. 본 연구에서는 유채단백질을 가수분해하여 얻어진 가수분해물의 이화학적 특성 즉 UV 및 고유허광 스펙트럼, 표면소수성, 황색도, SDS-PAGE분석 등을 측정하였고, 또한 가수분해물의 기능성 즉 점도, pH별 용해도, 열 및 칼슘 응고성, 수분 및 유 흡수성, 거품성, 에멀전 특성을 측정하였다.

재료 및 방법

재료

제주도에서 생산량이 가장 많은 *Brassica napus* (Yongsan)종을 시중에서 구입하여 유채박분을 만들어 시료로 사용했다.

유채단백질 제조

단백질의 추출, 정제공정은 이 등⁵⁾의 방법에 따라 유채박을 sodium hexametaphosphate (SHMP)용매로 추출하고 등전침전시킨 후 단백질을 1회 산세척하고 이것을 환의여과(100K Da. cut-off) 농축처리한 것을 동결건조하였다.

가수분해물의 제조

김 등⁶⁾에 의하여 유채단백질의 가수분해 조건에 관하여 연구된 결과에 따라 다음과 같이 실시하였다. 추출, 정제된 유채단백질 10g을 1L의 증류수에 녹이고 1N NaOH를 가하여 pH 8.0으로 조정하고 40°C의 항온수조에서 20분간 평형을 유지하였다. 이 때 pronase 용액(2mg/ml)을 효소와 기질의 비가 1 : 100이 되도록 기질용액에 가한 후 pH 8.0과 40°C를 유지하면서 1시간 가수분해한 후 동결건조하여 가수분해물로 사용하였다.

가수분해단백질의 이화학적 및 기능적 특성 측정

자외선 스펙트럼은 0.1% 단백질 용액을 UV spectrophotometer (Unikon 860, Kantron Co.)로, 고유허광 스펙트럼(Intrinsic fluorescence spectrum)은 형광 spectrophotometer (Perkin-Elmer Ltd. LS-5)를 사용하여 300nm에서 400nm까지의 상대형광값을 측정하였고,

표면소수성은 이 등⁵⁾의 방법에 따라 측정하였으며, 황색도는 색차계(Model TC-1, Tokyo Denshoku Co. Ltd.)로 측정하였다. 점도는 1% 단백질 용액에 대해서 20°C에서 Ostwald 형(Kimax, No. 50) 점도계를 사용하여 절대점도를 측정하였고, 절대점도는 다음과 같은 식에 의하여 나타내었다.

$$\eta_2(\text{centipoise}) = \eta_1 \times \frac{\rho_2 \times t_2}{\rho_1 \times t_1}$$

η_1 : 순수한 물의 절대점도(20°C)

η_2 : 시료의 절대점도

ρ_1 : 순수한 물의 밀도

ρ_2 : 시료의 밀도

t_1 : 순수한 물의 낙하시간

t_2 : 시료의 낙하시간

전기영동분석은 sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)로 Kang 등⁷⁾의 방법에 따라 실시하였고, gel scanning은 흡광도 550-nm에서 Dual-Wavelength Flying-Spot Scanner (Shimadzu)를 사용하여 상대이동도(Rm)에 따라 분자량을 측정하였다. 분자량 측정을 위하여 표준시약은 SDS Molecular Weight Marker (Sigma Mw. 10,000~70,000)를 사용하였으며 분자량 45,000은 egg α -albumin, 34,700은 pepsin, 24,000은 trypsinogen, 18,400은 β -lactoglobulin, 14,300은 lysozyme 이다. pH별 단백질 용해도는 pH 10에서의 용해도를 100%로 하여 pH에 대한 단백질 용해도를 micro-biuret 방법으로 측정하였다. 칼슘 응고성 및 열 응고성은 Kang 등⁷⁾의 방법에 따라 실시하였다. 수분 흡수력은 Conway unit (Witeg)를 사용하여 시료에 흡착된 수분의 양으로 나타내었고, 유 흡수력 측정은 이 등⁵⁾의 방법에 준하였다. 거품성은 Kang 등⁷⁾의 방법에 따라 실시한 후 다음과 같이 계산하였다.

거품 형성능(%)=

$$\frac{\text{거품형성 후의 부피(ml)} - \text{거품형성 전의 부피(ml)}}{\text{거품형성 전의 부피(ml)}} \times 100$$

$$\text{거품 안정성(}\%) = \frac{1\text{시간 후의 거품 부피(ml)}}{\text{최초의 거품 부피(ml)}} \times 100$$

에멀전 활성지수, 에멀전 안정성, 에멀전 열안정성은 이 등⁵⁾의 방법에 따라 측정하였으며, 다음의 식에

의하여 표면적(surface area)으로 계산하였다.

$$\text{표면적 (m}^2\text{/g protein)} = \frac{2(2.303 A)}{\Phi C} \times 10^2 \times 10^4$$

A = 600nm 흡광도, Φ = 체적분율 (단백질 용액 : 총액, v/v), C = 단백질농도

결과 및 고찰

UV 및 고유형광 스펙트럼

단백질의 UV 및 고유형광 스펙트럼은 구조아미노산 중에서 tyrosine, phenylalanine, tryptophan에 의하여 이루어지며, 이들 아미노산들의 함량뿐만 아니라 단백질의 입체구조와도 깊은 관계가 있다고 알려져 있다⁸⁾. Fig. 1은 UV 스펙트럼을 나타내었는데 대조구가 279nm, 가수분해물은 274nm 부근에서 최대흡수를 나타내어 가수분해에 따른 약간의 blue shift가 나타났으나 전체적으로는 큰 차이가 없는 전형적인 단백질 스펙트럼을 나타내고 있으며, 스펙트럼에서 흡광도의 차이는 시료에서 단백질 함량의 차이에 의하여 이루어진 것으로 생각된다.

Fig. 2는 시료 단백질의 고유형광 스펙트럼을 나타낸 것으로 대조구가 345nm부근에서 최대흡광도를 보인 반면 가수분해물은 360nm에서 최대흡광도가 나타나고 있으며 대조구에 비하여 가수분해물의 상대형광값이 약간 높게 나타나고 있다. 이와 같은 고유형광 스펙트럼의 최대흡광도는 주로 tryptophan 잔기에 의하여

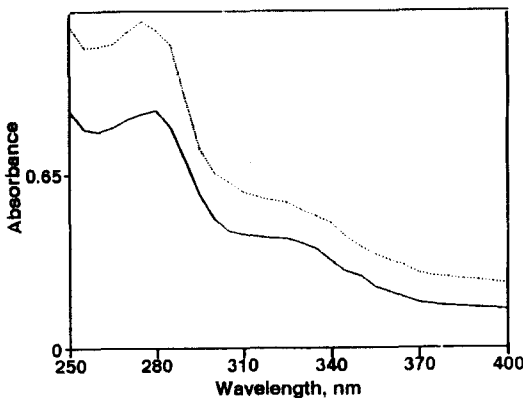


Fig. 1. UV spectra of rapeseed protein and its hydrolysate. Spectra were recorded using 1mg/ml protein concentration (— control, - - - hydrolysate)

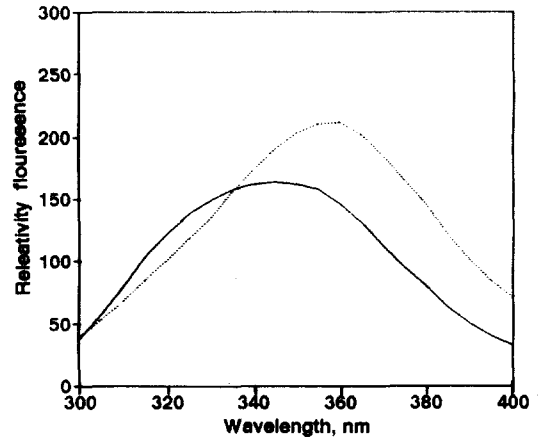


Fig. 2. Intrinsic fluorescence spectra of rapeseed protein and its hydrolysate. Protein solutions were excited at 280nm using a 5nm bandwidth (— control, - - - hydrolysate)

나타나는 것으로 본 실험에서는 가수분해로 인하여 단백질의 구조가 달라지고, 분자내에 가리워져 있던 tryptophan 잔기가 보다 많이 노출되고 또한 그 양이 상대적으로 증가된 결과 고유형광값이 크게 나타난 것으로 생각된다.

황색도 및 표면소수성

Table 1은 시료 단백질의 황색도 및 표면소수성을 나타낸 것이다. 유채단백질의 착색도는 주로 황색성분인데 대조구가 50.65인 반면 가수분해물은 36.25로 약간 감소되었다. 실제로 관능적으로 판단되는 가수분해물의 색소는 정제된 유채단백질보다 밝은 황색 계통으로 변화되었다. 이러한 결과는 pronase 가수분해로 인한 착색 성분의 감소라기 보다는 단백질과 결합되어 있던 착색 성분이 분리되어 착색도의 변화가 일어난 것으로 추정된다. 좀 더 황색도를 감소시키기 위해서는 황색 성분에 관한 기초적인 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

표면소수성은 단백질분자들이 표면에 나타나는 소수성기들이 양으로 나타나는데 가수분해물은 9.7로 대조구(35.7)에 비하여 4배 정도 감소하였다. 표면소수성은 단백질의 용액 중에서 소수성 물질과의 결합능력을 나타내는 것으로 본 실험결과는 가수분해로 인하여 소수성기가 크게 감소하였다. Phillip와 Beuchat⁹⁾는 단백질의 효소 가수분해는 가수분해물의 친수성기의 노출을 증가시킨다고 보고하고 있는데 본 연구의 결과

에서의 표면소수성의 감소는 유채단백질의 pronase 가수분해로 친수성기의 노출정도가 소수성기의 노출보다 상대적으로 크게 증가하여 소수성기 노출이 감소한 것으로 나타난 것인지 아니면 표면 소수성기 노출이 감소되었기 때문인지는 peptide 조성 등의 연구로 좀 더 깊은 고찰이 필요한 것으로 생각된다.

Table 1. Color(Y_{Cl}) and hydrophobicities of rapeseed protein and its hydrolysate

	Control	Hydrolysate
Y_{Cl}	50.65	36.25
So	35.7	9.7

SDS-PAGE 분석

시료 단백질의 SDS-PAGE 분석 결과는 Fig. 3과 같다. 상대이동도(Rm)에 따라 표준단백질과 비교된 분자량에서 대조구는 상당부분이 $2.3 \sim 1.9 \times 10^4$ dalton의 분자량을 가진 band로 구성된 것으로 나타났고 이외에 $3.5 \sim 3.1 \times 10^4$ dalton을 가진 band가 분석되었으며 가수분해물은 고분자량 band가 감소하면서 대부분 $1.4 \sim 1.2 \times 10^4$ dalton의 분자량을 가진 band가 나타났다. 이러한 가수분해물의 저분자량 band는 유채단백질의 기능적 특성을 변화시킬 것으로 생각된다.

pH별 용해도

시료 단백질의 pH별 용해도는 Fig. 4와 같다. pH가 감소함에 따라 용해도는 감소하여 pH 3에서 대조구와

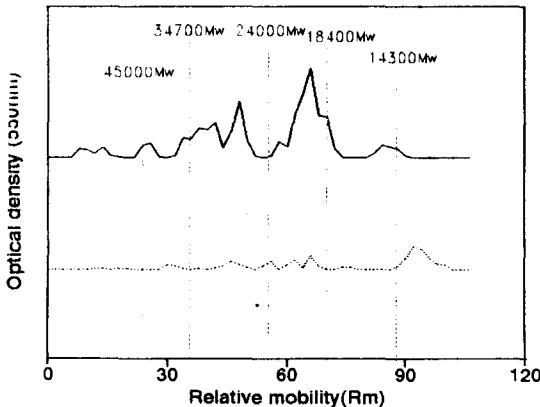


Fig. 3. Molecular weight distribution of rapeseed protein and its hydrolysate by electrophoresis chromatography.

(— control, ····· hydrolysate)
 45,000 Mw : egg albumin, 34,700 Mw : pepsin
 24,000 Mw : trypsinogen, 18,400 Mw : lactoglobulin
 14,300 Mw : lysozyme

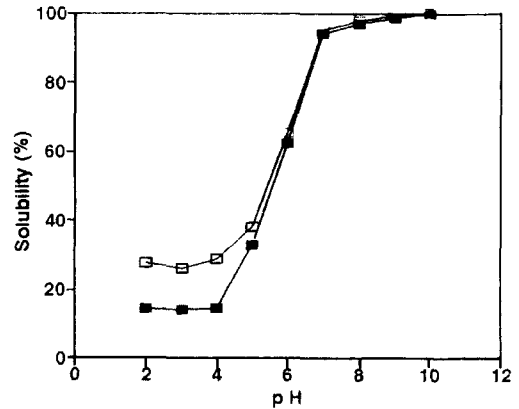


Fig. 4. pH-solubility of rapeseed protein and its hydrolysate.
 (—■— control, -□- hydrolysate)

가수분해물이 각각 15%, 24%로 최소치를 나타내었고 알칼리성 부근에서는 거의 비슷한 용해도를 나타내었다. 가수분해물은 대조구에 비하여 산성 부근에서 10~15% 정도 높은 용해도를 나타내었는데 이것은 pronase 가수분해로 인하여 carboxyl기나 amino기 같은 극성잔기의 증가에 따른 것으로 판단된다.

점도, 칼슘 및 열 응고성, 수분 및 유 흡수성

Table 2는 시료 단백질의 절대점도(absolute viscosity), 칼슘 및 열 응고성, 수분 및 유 흡수성을 나타낸 것이다. 대조구의 절대점도가 1.096 centipoise인 반면 가수분해물은 1.038 centipoise로 감소하였다. 점도는 단백질의 수용성 상태에서 유체력학적인 성질을 나타내는 것으로, 점도의 변화는 단백질의 입체구조 및 수화력의 변화에 기인하는 것이다. 점도는 분산질의 분자량과 깊은 관계가 있으며 분자량이 작을수록 또한 구조가 구형에 가까울수록 점도는 작아지는데 본 실험에서 관찰된 현상은 효소적 가수분해에 의한 단백질 polypeptide chain의 분해에 기인한 것으로 해석된다.

칼슘 응고성은 대조구가 약 72%인 반면 가수분해물은 약 55%로 감소하였는데 단백질의 효소적 가수분해는 일반적으로 칼슘 응고성을 감소시키고 수분 흡수력과 거품성을 증가시킨다¹⁰고 알려져 있다. 유채단백질의 pronase 가수분해물은 칼슘 응고성이 감소하였는데 이러한 칼슘 응고성은 낙농대용식품(imitation dairy products)제조에서 영양적 가치를 향상시키기 위하여 칼슘을 첨가할 때 중요하다.

열 응고성은 대조구가 7.2%인데 반해 가수분해물은 4.8%로 감소하였다. 단백질의 열 응고는 pH, 이온강도, 가열온도, S-S결합 함량 등 여러가지 요인에 의해 영향을 받는다¹¹. Machiko¹²는 단백질의 열 응고는 소수성과 관계있다고 보고하였는데, 본 연구에서는 유채

Table 2. Absolute viscosity, calcium precipitation, heat coagulation water and oil absorption of rapeseed protein and its hydrolysate

	Control	Hydrolysate
Viscosity (centipoise)	1.096	1.038
Calcium precipitation (%)	71.9	54.9
Heat coagulation (%)	7.2	4.8
Water absorption (g-water/g-protein)	0.36	0.52
Oil absorption (ml-oil/g-protein)	7.46	9.75

단백질이 pronase 가수분해로 인하여 표면 소수성 (Table 1)이 감소함에 따라 열 응고성도 감소함을 나타내고 있다. 유채단백질의 pronase 가수분해로 열 응고성이 감소한 것은 열처리 음료용 단백질로 기능성이 좋은 것으로 생각된다.

수분 흡수력은 대조구의 0.36g water/g protein에 비하여 가수분해물은 0.52g water/g protein으로 증가하였다. 이것은 가수분해로 인한 극성잔기의 증가로 수분 흡수력이 증가한 것으로 생각되며 Desslie와 Cheryan¹³⁾의 보고에 따르면 수분 흡수력은 극성 아미노산의 양과 비례한다고 하였고 Beuchat 등¹⁴⁾은 가수분해로 인하여 carboxyl기와 amino기 같은 극성기의 증가가 수분 흡수력을 증가시킨다고 보고하였다.

유 흡수력은 대조구가 7.46ml oil/g protein인 반면 가수분해물은 9.75ml oil/g protein으로 유채단백질의 pronase 가수분해는 유 흡수력을 증가시키는 것으로 나타났다. 유 흡수성은 표면 소수성과 에멀전 특성과도 관계가 있는데 본 실험에서는 가수분해로 인하여 표면 소수성이 감소(Table 1)하였다는 결과와는 일치하지 않았다. Hutton 등¹⁵⁾은 식물 단백질의 유 흡수력은 온도, 입자 크기, 단백질의 변성 정도에 영향을 받는다고 보고하였는데 본 실험의 결과에서 가수분해물의 유 흡수력이 증가는 pronase 가수분해로 저분자 peptide를 얻어 유 흡수력이 증가한 것으로 생각된다. 유 흡수력에 대한 기작은 다른 기능성들에 비해 많이 연구되어 있지 않아서 충분한 설명을 할 수 없지만 Kinsella 등¹⁶⁾은 기름을 물리적으로 포획하는 기작을 유흡수라고 설명하고 있다. 이런 유 흡수력은 식품에 있어서 향미를 보존해 주고 입속에서의 감촉을 좋게 해주는 식품의 기능성 중의 하나이다.

거품성 및 에멀전 특성

시료 단백질의 거품성 및 에멀전 특성을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 대조구는 50%의 거품 팽창성을 나타내었고 효소처리로 66%로 증가하였는데 이것은 대조구에 비하여 16% 증가한 것으로 이러한 결과는 pepsin, papain 가수분해물은 거품성을 증가시켰다는 Hermansson 등²⁾의 보고와도 일치하는 결과를

Table 3. Foaming and emulsion properties of rapeseed protein and its hydrolysate

	Control	Hydrolysate
Foaming		
Foaming expansion (%)	50	66
Foaming stability (%)	72	69
Emulsion		
Emulsion activity index (m ² /g)	11.89	11.85
Emulsion stability (m ² /g)	0.29	0.49
Emulsion heat stability (m ² /g)	0.26	0.41

얻었다. 거품 안정성에 있어서는 대조구가 72%였으나 가수분해물은 69%로 대조구에 비하여 낮은 안정성을 나타내었다. 이러한 결과는 유채단백질은 pronase 가수분해로 상대적으로 친수성기가 증가하여 안정성이 감소하는 것으로 생각된다. 또한 고점도에서 거품 안정성이 높는데 본 실험에서는 가수분해물의 점도의 감소(Table 2)와 더불어 거품 안정성이 감소하는 결과를 얻었다. 기포형성 동안 단백질 분자는 air-water interface에 흡착되고 air droplet을 안정시키는 막을 형성하려고 상호작용을 한다. 이때 가용성 단백질만이 기포형성에 관여할 수 있기 때문에 가용성 단백질의 농도가 중요하다. 기포의 안정성은 protein-protein과 protein-water interface의 상대적 크기에 의해 좌우되며, 이것은 단백질 분자상의 전하정도와 그것의 ionic environment에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾.

또한 이러한 거품성에 영향을 미치는 인자로는 거품형성 시간, 단백질 농도, pH와 첨가물(염, 당, 향시료, 지방 등)에 영향을 받으며 기포 형성능은 용해도와 깊은 상관관계를 가지나 안정성은 상관관계를 갖지 않는다는 보고도 있다¹⁶⁾.

에멀전 활성지수는 대조구가 11.89m²/g에 비하여 가수분해물은 11.85m²/g으로 거의 비슷하였으며, 에멀전 안정성 및 에멀전 열안정성에 있어서는 0.49m²/g, 0.41m²/g으로 대조구에 비해 약간 증가하였는데 Hermansson 등²⁾의 pepsin, papain 가수분해물은 에멀전 안정성을 증가시켰다는 보고와는 일치하는 결과를 얻었다. Sathe 등¹⁷⁾은 친수기와 친유기의 평형, 단백질의 농도, pH 등이 에멀전에 영향을 미친다고 하였으며, Hermansson 등²⁾은 carboxymethylcellulose 같은 안정제의 사용은 유채단백질의 에멀전 안정성을 10배 이상 증가시켰다고 보고하고 있다. 단백질의 에멀전은 많은 요인 즉 기계설계, 기름의 첨가속도, 온도, pH, 단백질의 형태, 용해도 및 농도, 사용되는 기름의 종류, 염류, 당류 그리고 수분함량 등에 의해서 영향을 받는다고 알려져 있다¹⁸⁾.

요 약

탈지유채박(*Brassica napus* var. Youngsan)으로부터 추출, 정제하여 얻어진 유채단백질을 가수분해하여 가수분해물의 이화학적 및 기능적 특성을 조사하였다. 가수분해물의 UV 및 고유행광 스펙트럼은 각각 274nm, 360nm에서 최대치를 나타내었다. 황색도는 약간 감소한 반면 표면 소수성은 약 4배 감소하였다. SDS-PAGE 분석 결과 상당부분이 $1.4 \sim 1.2 \times 10^4$ dalton의 분자량을 가진 band로 나타났으며, pH별 용해도는 산성부근에서 10~15% 정도 증가하였고, 수분 및 유 흡수성, 거품 팽창성, 에멀전 안정성은 증가한 반면 절대 점도, 열 및 칼슘 응고성, 거품 안정성, 에멀전 활성 지수는 감소하였다.

문 헌

1. Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaba, S., Toda, J., Wada, T. and Ishi, K. : Effects of addition of soybean products on dough properties. *Agric. Biol. Chem.*, **36**, 729(1972)
2. Hermansson, A. M. : Functional properties of proteins for foods flow properties. *J. Texture Studies*. In press(1974)
3. Lacroix, M., Amiot, J. and Brisson, G. J. : Hydrolysis and ultrafiltration treatment to improve the nutritive value of rapeseed proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 1644 (1983)
4. Ponnampalan, R., Vijayalakshmi, M. A., Lemieux, L. and Amiot, J. : Effect of acetylation on composition of phenolic acids and proteolysis of rapeseed flour. *J. Food Sci.*, **52**, 1552(1987)
5. 이장순, 강동섭, 강영주 : 유채박 단백질의 추출 및 정제에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **22**, 780(1990)
6. 김충희, 김효선, 정용현, 강영주 : 유채단백질의 단백질효소에 의한 가수분해 조건에 관한 연구. *한국영양식량학회지* **21**(5), 513(1992)
7. Kang, Y. J. : Enzymatic modification of soy proteins : Effect of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis. *Kor. J. Food Sci. Tech.*, **12**, 211 (1984)
8. Kella, N. K. D., Kang, Y. J. and Kinsella, J. E. : Effect of oxidative sulfitolysis of disulfide bond of bovine serum albumin on its structural properties : A physicochemical study. *J. Protein Chem.*, **7**, 535(1988)
9. Phillips, R. D. and Beuchat, L. R. : Enzyme modification of proteins. In "Protein functionality in foods" Cherry, J. P. (ed.), ACS Sym. Ser. 147. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C., p.275(1981)
10. Rckis, J. J. : Enzyme in soybeans processing and quality control. In "Enzymes in food and beverage processing" Org. R. L. and Angelo, A. S. (eds.), ACS Sym. Ser. 47, Am. Chem. Soc., Washington, D. C., p.244 (1977)
11. Kinsella, J. E. and Shetty, K. J. : Chemical modification for improving functional properties of plant and yeast proteins. In "Functionality and protein structure" Akiva Pour-El (ed.), ACS Sym. Ser. 92, Am. Chem. Soc., Washington, D. C., p.37(1979)
12. Machiko, M. and Matsushita, S. : Improvement of water absorption of soybean protein by treatment with bromelain. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 486(1984)
13. Desslie, W. D. and Cheryan, M. : Functional properties of soy protein hydrolysates from a continuous ultrafiltration reactor. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 26 (1988)
14. Beuchat, L. R., Cherry, J. P. and Quinn, M. R. : Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 616(1975)
15. Hutton, C. W. and Cambell, A. M. : Water and fat adsorption. In "Protein functionality in foods" Cherry, J. P. (ed.), ACS sym. 147. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C., p.275(1981)
16. Kinsella, J. E. : Functional properties of protein in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **7**, 219(1976)
17. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of the great northern bean(*Phaseolus vulgaris* L.) proteins : Emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *J. Food Sci.*, **46**, 71(1981)

(1992년 6월 22일 접수)