

방사선 조사에 의한 참깨박 단백질의 용출 및 기능성 변화

조영제 · 김진구 · 차원섭 · 박준희 · 오상룡 · 변명우* · 천성숙** · 김순희***

상주대학교 식품공학과, *한국원자력연구소,

영남대학교 식품가공학과, *김천과학대학 식품가공과

Change of Physical Properties and Extraction of Sesame Meal Protein by Gamma Irradiation

Young-Je Cho, Jin-Ku Kim, Won-Seup Cha, Joon-Hee Park, Sang-Lyong Oh, Myung-Woo Byun*,
Sung-Sook Chun** and Soon-Hee Kim***

Department of Food Engineering, Sangju National University, *Korea Atomic Energy Research Institute

**Department of Food Science & Technology, Yeungnam University

***Department of Food Science & Technology, Kimchun College

Abstract

To extract insoluble proteins and improve physical properties of proteins, the sesame meal proteins was irradiated with 5 kGy~20 kGy at room temperature. The highest extraction rate of sesame meal protein was showed at irradiation dose of 5 kGy. The foaming capacity, foaming stability, emulsion capacity and emulsion stability of gamma irradiated sesame meal protein (GISP) were all increased as compared to those of the non-irradiated protein. Water absorption capacity of GISP was similar to that of non-irradiated protein and oil absorption capacity of GISP was decreased after treatment by gamma irradiation.

Key words : physical properties, extraction, sesame meal protein, irradiation

서 론

식량자원의 한계에 따른 단백질의 부족 현상은 곧 현실화 될 것이고, 이러한 문제의 해결 차원에서 미개발자원 중에서 특히 식물성 단백질 자원에 대해 연구가 활발히 이루어지고 있다⁽¹⁻⁵⁾. 식물성 단백질 원료로는 우리 나라에서는 그 생산량이 그다지 많지 않으나 착유 후 부산물로 얻어지는 참깨박이 가장 유망한 것으로 판단되지만 참깨는 볶은 후에 착유하기 때문에 단백질의 변성과 착색으로 인해 현재는 사료 또는 비료로서만 이용되고 있으며, 이를 식용화 할 경우 단백질로 주목하게 될 것이며 폐자원 이용 면에서의 의의가 클 것이다⁽⁶⁾. 그러나 참깨박 단백질은 phytate와 복합체를 형성하여 용출율이 낮기 때문에 단백질 자원으로 활용하기에 어려움이 많다. 이들 폐기 종실의 단백질을 식품에 이용하기 위해서는 단백질의 분리 효율

성을 높여야 하며, 아미노산 종류, 분자의 크기와 형태 등의 구조에 의한 내재 요소와 pH, 이온 강도, 점도 등의 외적 요소 등 단백질 자체의 물리 화학적 성질에 영향을 받는다고 알려진⁽⁶⁾ 기능적인 측면에서 또한 종실 단백질의 기능 특성 개선을 도모하여 식품에의 이용성을 증가시키는 연구가 병행되어야 한다^(7,10).

방사선조사는 1896년 방사성 물질이 발견되면서 이용되기 시작하여 1930년경부터 세계각국에서 분유와 채소류의 안전성과 저장 등 식품의 장기 안전보관을 위해 이용되었고, 1950년대에 대량의 방사성 동위원소의 생산과 이용이 가능해지면서 본격적인 연구가 수행되었다. 1980년 방사선 조사식품의 건전성에 대해 FAO/IAEA/WHO가 식품에 대해 10 kGy 이하 선량의 조사는 문제가 없다고 보고한 바 있으며^(11,12), 현재는 고선량(10~70 kGy)조사에 의한 식품의 보존, 무균화 등의 실용화 연구가 진행되고 있다⁽¹³⁾. 단백질을 주성분으로 하는 식품에 고선량의 방사선을 조사할 경우, 생성된 라디칼이 연쇄반응하여 단백질분자가 고분자화 또는 단편화되고, 단백질의 구조변화나 구성아미노

Corresponding author: Young-Je, Cho, Department of Food Engineering, Sangju National University, Sangju 742-100, Korea

산의 화학적변화를 일으키는 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 폐단백질을 활용하는 방도의 하나로 방사선 처리가 참깨박의 불용성 단백질의 분리 효율성과 기능 특성에 미치는 영향을 살펴봄으로서 단백질추출의 효율화와 추출 단백질의 기능성 개선을 위한 방법을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시료 조제

본 실험에 사용한 참깨박은 1998년 5월에 시중에서 구입한 참깨(*Sesamum indicum* L, white, 국내 의성산)를 세척하여 볶은 후 압착법으로 착유한 다음 부산물인 참깨박을 40 mesh로 분쇄하여 20시간 ethylether로 탈지한 후 4°C의 저온실에 보관하면서 사용하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 투명한 polyethylene bag에 담고 한국원자력연구소내 선원 10만 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 시간당 2.5 kGy 선량율로서 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter을 이용하였고, 총 흡수선량의 오차는 $\pm 5\%$ 내외이었다.

단백질 정량

용출된 단백질은 Lowry 등의 방법⁽¹⁴⁾에 의하여 bovine serum albumin을 표준단백질로 사용하여 단백질량을 측정하였다.

방사선 처리 참깨박 단백질의 용출에 미치는 pH 및 온도의 영향

방사선 처리된 참깨박 단백질의 용출에 미치는 pH 및 온도의 영향을 알기 위하여 pH (2~3, glycine-HCl buffer), pH (4~5, acetate buffer), pH (6~8, sodium phosphate buffer), pH (9~12, borax-NaOH buffer) 등의 완충용액을 이용하여 pH 2~12까지 조정하였으며, shaking incubator를 이용하여 온도를 10~80°C까지 조건을 달리하며 용출량을 측정하였다. 먼저 방사선을 조사하지 않은 참깨박의 단백질 용출량을 비처리구로 하고 선량을 달리하여 방사선을 조사한 시료를 처리구로 하여 시료무게의 20배 분량의 완충액을 가하여 24시간 동안 shaking하고 여과한 후 여액의 총 단백질량을 정량하였다.

단백질 분리, 제조 및 정량

방사선처리구 및 비처리구 시료에 borax-NaOH buf-

fer (pH 9.0)을 가하여 상온에서 단백질을 용출하고, 용출된 단백질용액에 70% 황산암모늄을 가해 단백질을 침전시키고 원심분리하여 회수하였으며, 회수된 단백질은 증류수로 48시간 동안 투석하고 동결 건조시켜 단백질 시료로 하였다.

거품형성력 및 안정성

거품형성력은 Wang과 Kinsella⁽¹⁵⁾의 방법을 이용하였다. 즉, 각 시료 0.3 g에 증류수 25 mL씩을 가한 뒤 1N-HCl 또는 1N-NaOH로 pH를 3.0, 5.0, 7.0, 9.0 및 11.0으로 조절하고 눈금실린더에 취한 후 균질기(ED-7, Nissei, Japan)로 8500 rpm에서 30초간 거품을 형성시켰다. 거품형성력은 생성된 거품 부피로 나타내었으며, 안정성은 방치시간(0, 10, 20, 30, 60, 120분)에 따른 거품 부피 변화로 나타내었다.

유화력 및 유화안정성

유화력은 Wang과 Kinsella⁽¹⁵⁾의 방법으로 측정하였다. 즉, 각 단백질 0.6 g에 증류수 10 mL씩을 각각 가하여 vortex mixer로 분산시키고 1N-HCl 또는 1N-NaOH로 pH를 3~11까지 조절한 다음 여기에 corn oil 10 mL를 첨가하여 균질기(ED-7, Nissei, Japan)로 18400 rpm에서 1분간 분산시켰다. 이때 형성된 emulsion은 원심분리관(15 mL)에 넣고, 6,400×g로 20분간 원심분리하여 유화력을 측정하였으며, 유화력의 계산은 유화된 층의 양을 원심분리관 내용물의 총량에 대한 백분율로 나타내었다. 또한 유화안정성은 유화액을 80°C의 물중탕에서 30분간 가열 후, 15°C로 냉각하여 6,400×g로 20분간 원심분리한 다음 유화력측정과 동일한 방법으로 측정하였다.

유지 및 수분흡착력 측정

유지 및 수분흡착력은 Beuchat⁽⁷⁾의 방법에 의하여 1 g의 각 시료에 증류수 또는 corn oil 10 mL를 각각 가하여 vortex mixer로 잘 섞고 실온에서 30분간 정지한 다음 6,400×g에서 20분간 원심분리하여 얻은 상정액의 부피를 1 mL 눈금 실린더를 사용하여 측정하였다. 흡착력은 1 g의 시료에 흡착된 증류수나 대두유의 부피를 mL수로 나타내었다.

통계처리

처리 방사선 조사선량의 변화에 따른 측정결과는 평균점수로 나타내며 그 평균값 사이의 유의차는 ANOVA Test를 이용하였고, Duncan's Multiple Range Test⁽¹⁶⁾로 95% 유의수준으로 유의성을 검정하였다.

Table 1. Effect of pH on extraction of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

pH	Protein extract (mg/sesame g)			
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	20 kGy
2	89.65±1.52a	110.76±2.68b	103.97±2.45b	99.51±2.09b
3	84.78±0.56a	101.81±2.46c	93.99±0.54b	88.79±2.08b
4	81.23±3.09a	87.99±5.87ab	86.23±3.03ab	83.91±1.28b
5	75.14±4.48a	86.68±8.93ab	85.64±2.33b	83.01±0.44b
6	80.92±1.64a	95.19±2.08b	89.79±2.63b	84.08±0.60b
7	84.06±0.58a	96.19±6.32c	90.51±0.81bc	88.45±2.06c
8	87.06±0.38a	104.01±0.79c	93.68±0.76b	90.37±1.04b
9	102.58±1.75a	118.69±2.78b	105.30±0.99a	109.09±3.11b
10	131.22±1.77a	156.38±1.48c	142.03±1.16b	134.04±0.95b
11	156.31±2.37a	183.75±6.77d	163.75±3.50bc	158.70±0.44c
12	174.13±1.37a	209.49±9.79c	184.24±3.10b	177.02±1.04b

*Another alphabet was described to significantly different of 95% level

Table 2. Effect of temperature on extraction of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

Temp.(°C)	Protein extract (mg/sesame g)			
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	20 kGy
10	67.87±1.44a	75.24±1.56bc	73.24±1.35c	70.47±0.94c
20	73.46±0.47a	79.82±0.23b	79.32±0.27c	72.12±0.61b
30	77.20±0.89a	84.69±0.39b	85.33±0.79c	75.75±2.60b
40	80.45±2.02a	87.24±0.75b	84.84±0.45b	77.06±0.17a
50	101.44±0.47a	110.94±1.88c	106.31±0.85c	98.32±0.44b
60	104.74±0.85a	117.81±1.13b	113.06±1.06b	104.78±1.684b
70	109.26±2.11a	114.32±4.50ab	116.36±0.65c	107.79±3.66bc
80	128.10±2.94a	137.81±6.99a	133.01±2.49a	119.46±2.82a

*Another alphabet was described to significantly different of 95% level

결과 및 고찰

방사선 처리 참깨박 단백질의 용출을 위한 pH의 영향

방사선 처리가 참깨박 단백질의 용출에 미치는 pH의 영향을 살펴보기 위하여 24시간 동안 추출한 결과 Table 1에서와 같이 비처리구의 경우 등전점 근처인 pH 5에서 75.14 ± 4.48 mg/g으로 최저값을 보이다가 pH가 증가할수록 증가하는 양상이었다. Lee 등⁽¹⁷⁾, Choi 등⁽¹⁸⁾, Chun 등⁽¹⁹⁾은 참깨박 단백질이 등전점 부근에서 용해도가 최저가 되고 알칼리로 갈수록 용해도가 증가한다고 보고하였으며 본 실험도 유사한 결과를 나타내었다. 단백질을 주성분으로 하는 식품재료에 고선량의 방사선을 조사할 경우, 생성된 라디칼이 연쇄반응하여 단백질분자가 고분자화되거나 단편화가 일어난다는 연구 보고가 있으며⁽²⁰⁻²³⁾, Kume⁽²⁴⁾는 10 kGy 이상의 선량으로 조사된 난백단백질에서 peptide fragment가 생성되었음을 확인하였다. 또한 옥 등⁽²⁵⁾은 우유, 돈육, 계육에 방사선 조사를 한 뒤 단백질을 비교한 결과 비처리구에 비해 단백질의 저분자량화가 일어

났음을 보고하였다. 이러한 여러 가지 보고를 종합한 결과 방사선을 처리한 참깨박 단백질에도 이러한 저분자화 현상이 일어나 단백질의 fragment가 생성되면서 용출율이 증가한 것으로 판단되며 조사선량이 증가할수록 유의적인 차를 나타내며 용출율이 다소 감소한 것으로 보아 5 kGy 조사시 단백질의 fragment화가 최대로 일어나며 그 이상의 선량으로 조사시에는 다시 고분자화가 진행되는 것이 아닌가 추측하였다.⁽²⁰⁻²³⁾

단백질의 용출을 위한 온도의 영향

온도의 변화에 따라 방사선처리에 의한 참깨박 단백질의 용출을 살펴보기 위하여 10°C에서 80°C까지 온도를 변화시키며 24시간 동안 추출한 결과 Table 2에서와 같이 방사선 비처리구의 경우 온도가 높아짐에 따라 용해도가 완만하게 증가하였으며 방사선 처리구의 경우 비처리구에 비해 유의적인 차를 나타낼 정도의 상승효과가 관찰되었고 조사선량간의 유의적인 차이도 관찰되었다. 또한 5 kGy 조사시 용출율이 최대가 되고 그 이상의 조사선량에서는 용출율의 감소가 관찰되어

Table 3. Foaming capacity of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

pH	Foaming capacity (mL)									
	0 kGy					5 kGy				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
3	55.33±6.43a	45.17±2.47a	35.33±2.52a	29.00±1.00a	26.67±1.53a	60.67±6.03ab	59.17±7.25b	50.50±16.04ab	42.83±18.41ab	28.00±3.00a
5	51.00±5.57a	42.00±1.00a	31.17±4.25a	26.33±0.58a	25.00±0.00a	56.00±2.00ab	51.50±4.77b	43.67±10.50ab	31.17±5.39ab	26.33±1.53a
7	52.33±5.86a	47.50±7.37a	33.50±4.50a	27.33±1.16a	25.67±0.58a	59.00±1.73bc	55.00±4.58ab	46.33±12.01ab	38.17±9.09ab	28.00±3.61a
9	53.33±4.51a	47.00±5.29a	35.33±2.52a	27.67±0.58a	26.00±1.73a	61.33±3.51b	58.67±3.51b	50.17±11.73b	36.00±7.94ab	27.33±2.52a
11	53.67±5.51a	49.33±3.22a	36.17±3.62a	29.33±2.08a	25.67±1.16a	60.00±3.46ab	59.50±4.92b	47.50±11.46ab	37.50±10.26ab	27.67±3.06a

Table 3. Continued

pH	Foaming capacity (mL)									
	10 kGy					20 kGy				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
3	64.33±1.16bc	62.83±2.36bc	56.17±7.22b	50.17±12.57b	41.00±13.75a	69.67±3.51c	67.40±2.50c	61.50±4.77b	53.00±6.93b	37.83±12.27a
5	58.67±1.53b	57.00±3.00bc	50.17±8.22b	43.83±14.15b	31.33±6.81a	65.67±4.04c	63.00±6.08c	54.17±9.78b	44.67±7.23b	30.33±8.51a
7	63.67±2.52cd	61.83±3.33bc	54.33±9.71b	46.70±16.32bc	34.00±7.21a	68.17±2.47d	66.17±2.57c	60.33±4.16b	52.00±6.93c	32.33±10.21a
9	62.67±1.16b	61.67±0.57b	55.17±5.49bc	47.77±14.65bc	36.83±13.71a	70.67±3.22c	68.50±1.80c	61.50±4.44c	54.00±5.57c	34.50±13.94a
11	65.67±2.52bc	63.17±4.48c	55.67±4.73bc	48.00±13.23bc	39.50±13.94a	69.67±1.53c	64.83±4.86c	62.33±5.51c	53.67±6.66c	40.83±12.85a

1) Standing time; A: 0 min, B: 10 min, C: 30 min, D: 60 min, E: 90 min

2) Another alphabet was described to significantly different of 95% level

Table 4. Emulsion capacity of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

pH	Emulsion capacity (%)			
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	20 kGy
3	41.81±0.48a	53.70±1.43c	45.54±0.43b	44.25±0.26b
5	38.87±0.35a	52.13±0.78c	43.54±0.58b	42.83±1.85b
7	41.92±0.41a	56.91±0.38d	47.14±0.55c	43.61±0.39b
9	43.22±1.12a	54.94±0.57c	46.83±0.27b	43.98±0.12a
11	42.92±1.01a	54.59±0.40c	45.26±0.93b	43.05±0.81a

*Another alphabet was described to significantly different of 95% level

Table 5. Emulsion stability of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

pH	Emulsion stability (%)			
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	20 kGy
3	40.27±1.60a	43.35±0.68a	44.37±0.35a	40.98±0.29a
5	38.64±0.69a	42.03±0.12b	43.96±0.11c	40.18±1.84ab
7	39.85±0.15a	43.25±0.36b	44.56±0.61c	38.59±0.90a
9	42.35±1.02a	44.27±0.39b	45.49±0.53b	39.50±0.59c
11	41.69±0.75a	42.96±0.36b	44.77±0.33c	39.70±0.76d

*Another alphabet was described to significantly different of 95% level

pH의 영향에서 나타난 패턴과 같았다.

방사선 처리 후 추출한 단백질의 거품형성력 및 안정성
방사선 처리 참깨박 단백질의 거품형성력을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 방사선처리 참깨박단백질은 등전점 부근에서 거품형성력이 최소값을 나타냈으며 비처리구에 비해 거품형성력이 다소 증가함이 관찰되었다. 또한 거품안정성은 방사선 처리구의 경우 방사선 조사에 의해 생성된 fragment가 표면활성의 증대를 유발하여 표면적이 커져 거품형성력이 증가된 것으로 생각되며^(6,26) 거품형성력에 작용하는 가용성 단백질이 air-water interface에 흡착되어 air-droplet를 안정시키는 능력을 향상시켜 준 것으로 판단된다.^(6,16,26) Lee 등⁽¹⁷⁾, Choi 등⁽¹⁸⁾, Chun 등⁽¹⁹⁾은 참깨박 단백질이 등전점 부근에서 거품형성력이 최저가 되었다고 보고하였으며 본 실험도 유사한 결과를 나타내었다.

방사선 처리 단백질의 유화력 측정

단백질의 유화력은 많은 요인 즉, 기름의 첨가속도, 온도, pH, 단백질의 형태, 용해도 및 농도, 사용되는 기름의 종류, 수분함량 등에 의해서 영향을 받는다고 알려져 있으며,⁽⁶⁾ 본 실험에서 pH에 따라서 유화력을 측정한 결과는 Table 4와 같이 방사선 비처리구와 처리구 모두 등전점 부근에서 가장 낮은 유화력을 나타내었으며, 비처리구의 경우 pH간 변화의 폭은 크지 않았고, 방사선 조사선량에 상관없이 비처리구에 비해 유의적인 차

이를 나타내며 유화력이 상승하였다. 또한 방사선 조사선량간의 유의적인 차이도 관찰되었고, 5 kGy를 기준으로 더 높은 선량의 방사선조사는 유화력의 감소현상을 나타내었다. 이는 고선량과 저선량의 방사선 처리에 의한 단백질 형태의 구조적인 변화에 기인한 것으로 판단되며, 과다한 방사선의 조사는 오히려 유화력을 떨어뜨릴 것으로 판단된다. 단백질은 방사선에 의해 탈아미노, 탈탄산, SH기의 산화, S-S결합의 분해, peptide결합의 분해와 중합 등이 일어난다고 보고된바 있고,⁽²⁷⁾ 이러한 변화들에 의해 유화력도 영향을 받는 것으로 추측하였다. 또한 방사선 처리에 의해 단백질의 용해성이 증가하여 지방구 주위에 층을 형성하고 aqueous phase와 결합이 더 용이하게 되어 유화안정성이 높아진 것으로 추측된다.

방사선 처리 단백질의 유화안정성

방사선처리 참깨박 단백질의 유화안정성을 살펴보기 위하여 유화액을 80°C에서 30분간 가열하고 15°C로 식힌 다음 원심분리하여 유화력을 측정한 결과

Table 5와 같이 pH 3에서는 방사선 비처리구와 처리구간의 유의적인 차이가 관찰되지 않았으나 pH 5~11까지의 영역에서는 방사선처리에 의해 유화안정성이 다소 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 20 kGy의 조사선량에서는 비처리구와 거의 같은 수치로 유화안정성 상승효과는 기대할 수 없었고, 5 kGy의 조사선량에서 유화력이 최대가 되는 것과는 달리 10 kGy의 처리에서 유화안정성이 최대로 나타났다.

Table 6. Oil and water absorption capacity of protein from defatted sesame meal treated by irradiation

	Absorption capacity (mL)			
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	20 kGy
Water	1.80±0.18a	2.10±0.30a	2.35±0.49a	2.40±0.30a
Oil	3.25±0.18a	2.00±0.18d	2.38±0.10c	2.83±0.23b

*Another alphabet was described to significantly different of 95% level

방사선 처리 단백질의 유지 및 수분흡착력

방사선처리 참깨박 단백질의 유지 및 수분흡착력을 측정 한 결과는 Table 6과 같이 유지흡착력의 경우 방사선처리에 의해 조사선량에 상관없이 모두 흡착력이 저하되었으며, 수분흡착력도 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Dench 등⁽⁶⁾과 Beuchat⁽⁷⁾는 고도의 가용성단백질은 수분흡착력과 유지흡착력에 나쁜영향을 미친다고 보고하였다.

요 약

폐단백질을 활용하는 방도의 하나로 참깨박으로부터 불용성 단백질의 분리 효율성을 높이고 기능성을 개선하기 위하여 실온에서 5 kGy에서 20 kGy까지 방사선을 처리하였다. 조사선량 5 kGy에서 참깨박 단백질의 용출율은 최대를 나타내었으며 그 이상의 고선량에서는 용출율이 다소 감소하였다. 방사선처리된 참깨박단백질은 거품형성력과 거품안정성이 대조구에 비해 증가하였고, 유화력과 유화안정성도 방사선처리구가 비처리구에 비해 증가하였다. 수분흡착력은 별다른 변화가 없었으나, 유지흡착력은 방사선처리구가 비처리구에 비해 감소하였다.

문 헌

- King, J., Aguirre, C. and De Pablo, S. Functional properties of lupin protein isolates (*Lupinus albus cv Multolupa*). J. Food Sci. 50: 82-86 (1985)
- Yang, C.I. Studies on the nutritional quality of rapeseed protein isolates. Korean J. Food Sci. Technol. 12: 109-115 (1980)
- Nilo, R., Dench, J.E. and Caygill, J.C. Nitrogen extractability of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed and the preparation of two protein isolates. J. Sci. Food Agric. 32: 565-570 (1981)
- Boloorforooshan, M. and Markakis, P. Protein supplementation of navy bean with sesame. J. Food Sci. 44: 390-397 (1979)
- Brito, O.J. and Nunez, N. Evaluation of sesame flour as a complementary protein source for combinations with soy and corn flours. J. Food Sci. 47: 457-465 (1982)
- Dench, J.E., Nilo, R.R. and Caygil, J.C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. J. Sci. Food Agric. 32: 557-563 (1981)
- Beuchat, L.R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. J. Agric. Food Chem. 46: 71-75 (1981)
- Lacroix, M., Amiot, J. and Brisson, G.J. Hydrolysis and ultrafiltration treatment to improve the nutritive value of rapeseed proteins. J. Food Sci. 48: 1644-1650 (1983)
- Rahma, E.H. and Narasingga, R.M.S. Effect of limited proteolysis on the functional properties of cottonseed flour. J. Agric. Food Chem. 31: 356-361 (1983)
- Lee, C.H., Kim, H.R., Yang, H.C., Lee, M.W. and Bae, C.C. Effects of external conditions on the emulsifying property of proteins. Korean J. Food Sci. Tech. 14: 49-53 (1982)
- Department of Health and Human Services. Irradiation in the production, processing, handling of food. FDA 21 CFR part-179 Federal Register. 51: 13376, April 18 (1981)
- World health Organization. Wholesomeness of irradiation food Report of joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical report series No. 695. Geneva WHO (1981)
- Olivia, B.W. and Christine, M.B. Position of the American dietetic association. Food irradiation. The American Dietetic Association Info. (1996)
- Lowry, O.H., Rosebrogh, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-271 (1951)
- Wang, J.C. and Kinsella, J.E. Functional properties of novel proteins, alfalfa leaf protein. J. Food Sci. 41: 286-291 (1976)
- Cho, J.S. and Lee, K.J. Experimental Statistics. pp. 188-192 Sunjin Press Inc. (1996)
- Lee, S.H., Cho, Y.J., Chun, S.S., Kim, Y.H. and Cho, C. Funtional properties of proteolytic enzyme-modified isolated sesame meal protein. Kor. J. Food Sci. Tech. 27: 708-715 (1995)
- Choi, C., Chun, S.S. and Cho, Y.J. Funtional properties of protein from defatted sesame meal using the enzyme from *Bacillus* sp. CW-1121. Kor. Agric. Chem. Soc. 36: 172-177 (1993)
- Chun, S.S., Cho, Y.J., Kim, Y.H., Woo, H.S. and Choi, C. Change of funtional properties and extraction of protein from abolished protein resource by phytase. Kor.

- Soc. Food Sci. Nutr. 27: 46-50 (1998)
20. El-Moneim, A., Afify, M.R. and Shousha, M.A. Effect of low-dose irradiation of soybean protein solubility, trypsin inhibitor activity and protein patterns separated by polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Agric. Food Chem.* 36: 810-817 (1988)
 21. Krumhar, K.C. and Berry, J.W. Effect of antioxidant and conditions on solutions. *J. Food Sci.* 55: 1127-1132 (1990)
 22. Le Maire, M., Thauvette, L., De Foresta, B., Biel, A., Beauregard, G. and Totier, M. Effects of ionizing radiations on proteins, evidence of nonrandom fragmentations and a caution in the use of the method for determination of molecular mass. *Biochem. J.* 267: 431-437 (1990)
 23. Simic, M.G. Radiation chemistry of amino acids and peptides in aqueous solutions. *J. Agric. Food Chem.* 26: 6-13 (1978)
 24. Kume, T. Immunochemical identification of irradiated chicken eggs. *J. Sci. Food Agric.* 65: 1-8 (1994)
 25. Yook, H.S., Kim, M.R., Kim, J.O., Lim, S.I. and Byun, M.W. Effect of γ -irradiation on meat proteins. *Kor. J. Food Sci. Tech.* 30: 407-412 (1998)
 26. Kinsella, J.E. Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 56: 242-246 (1979)
 27. Matoba, T., Yoshida, H. and Yonezawa, D. Changes in casein and egg albumin due to reactions with oxidizing methyl linoleate in dehydrated systems. *Agric. Biol. Chem.* 46: 979-985 (1982)
-
- (1999년 3월 16일 접수)