

Phytase와 Protease 혼합처리에 의한 참깨박 단백질 용출 및 기능성 변화

천성숙 · 조영제* · 조국영 · 최 청
영남대학교 식품가공학과, *상주대학교 식품공학과

Change of Functional Properties and Extraction of Sesame Meal Protein with Phytase and Protease

Sung-Sook Chun, Young-Je Cho*, Kuk-Young Cho and Cheong Choi
Department of Food Science & Technology, Yeungnam University
*Department of Food Engineering, Sangju National University

Abstract

To extract insoluble proteins and improve functional properties of sesame meal proteins was treated with phytase and protease from *Aspergillus* sp. It was found that the optimum pH, optimum temperature, optimum treatment time and optimum unit of enzyme for extraction of protein were pH 10-12 (alkaline), 60°C, 11 hr. and 900 units of phytase and 60 units of protease, respectively. The foaming capacity, foaming stability, oil absorption and water absorption of sesame meal protein after treatment with phytase and protease were increased as compared to the control.

Key words: functional properties, extraction, sesame meal protein, phytase, protease

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^(1,2). 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 현재 사료 또는 비료로서만 이용되고 있으며, 이를 식용화 할 경우 단백질량자원으로 주목 시 될 것이며 폐자원 이용 면에서의 의의가 클 것이다⁽³⁾. 그러나 이들 종자 식물에는 영양 저해인자로 알려진 phytic acid가 많이 함유되어 있어 이의 제거를 위한 연구가 요구되고 있다. 식물종자 중에 존재하는 phytic acid는 강산성물질이며 2가 혹은 3가 등의 금속 이온과 복합체를 만들어 불용성 화합물이 되기 때문에 무기질의 체내 흡수를 저해하는 중요한

antinutritional factor로 작용한다⁽⁴⁾. 더욱이 단백질과 결합하여 protein-phytate 복합체를 형성하기 때문에 용해도를 감소시켜 단백질 분해 효소의 작용을 저해하고 단백질 체내흡수를 감소시킨다고 보고된 바 있다⁽¹⁾. 따라서 이들 폐기 종실의 단백질이 식품에 이용되기 위해서는 단백질의 분리 효율성을 높이기 위한 phytic acid의 제거가 선행되어야 하며, 아미노산 종류, 분자의 크기와 형태 등의 구조에 의한 내적 요소와 pH, 이온 강도, 점도 등의 외적 요소 등 단백질 자체의 물리 화학적 성질에 영향을 받는다고 알려진⁽⁵⁾ 기능적인 측면에서 또한 종실 단백질은 종류별로 각 기능 특성이 달라 단백질을 변형시켜 기능 특성을 개선하여 식품에의 이용성을 증가시키는 연구가 병행되어야 한다⁽¹²⁻¹⁵⁾. 이러한 개선방법 중 현실적으로 적용 가능성이 큰 방법으로 단백질에 단백질 가수분해 효소를 처리하여 변형 단백질을 제조하고 그 기능성을 이용하는 연구가 시도되고 있다⁽¹⁶⁻³¹⁾.

따라서 본 연구에서는 폐단백질을 활용하는 방도의 하나로 참깨박으로 부터 불용성 단백질의 분리 효율성과 기능특성을 향상시키기 위해 phytase와 protease를 혼합 처리하여 단백질 추출의 극대화와 추출 단백

Corresponding author: Cheong Choi, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Gyungsan 712-749, Korea

질의 기능성 향상을 유도하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시료 조제

본 실험에 사용한 참깨박은 1996년 10월에 시중에서 구입한 참깨(*Sesamum indicum* L, white)를 세척한 후 영남대학교 식품가공학과 가공 공장에서 볶은 후 압착법으로 착유한 다음 부산물인 참깨박을 40 mesh로 분쇄하여 20시간 ethyl ether로 탈지한 후 4°C의 저온실에 보관하면서 사용하였다.

phytase 및 protease의 정제

대구 및 경북지방의 토양과 부식토를 균원 시료로 하여 균을 순수분리하고 효소활성을 측정하여 phytase와 protease 생성능이 뛰어난 3 균주씩을 1차 선별하고 3차례 반복실험을 행하여 효소생성능력이 가장 우수한 균주를 선별하였다. 효소생산을 위하여 밀기울 50 g에 2% glucose 50 mL를 첨가한 밀기울배지를 사용하여 공기 균주의 균사체 및 포자를 5백금이 접종하고, 35°C에서 3일간 배양하였다. 배양된 밀기울 배지에 8배의 0.2 M acetate buffer (pH 5.0 for phytase)와 0.2 M boric acid-borax buffer (pH 9.0 for protease)를 각 배양된 균주에 가한 뒤 4°C에서 24시간동안 교반하여 효소를 추출하고, 6,400×g로 30분간 원심분리한 후 상징액을 모아, 여과하여 조효소액으로 사용하였다. 효소의 정제는 조효소액을 70% 포화 황산암모늄으로 염석한 후 투석하고, 저온실에서 Sephadex G-100 및 G-150 컬럼을 이용한 gel filtration과, DEAE-cellulose를 이용한 이온교환 크로마토그래피로 정제하여 동결 건조하였다. 정제한 결과 phytase는 specific activity가 244.32 units/mg⁽³²⁾, protease는 specific activity가 340.43 units/mg인 효소를 얻었다⁽³³⁾.

단백질 정량

용출된 단백질은 Lowry 등의 방법⁽³⁴⁾에 의하여 bovine serum albumin을 표준단백질로 사용하여 단백질량을 측정하였다.

효소활성 측정

Phytase 활성 측정은 p-nitrophenylphosphate를 기질로 사용하는 Heinonen과 Lahti의 방법⁽³⁵⁾에 의하여 실시하였으며, protease의 활성측정은 Hammarstein milk casein을 기질로 쓰는 Anson-萩源의 방법^(36,37)에 의하여 실시하였다.

참깨박 단백질의 용출 최적조건의 결정

참깨박 단백질의 용출 최적조건을 정하기 위하여 pH (3~11), 온도(20~80°C), 시간(1~11 hr) 및 첨가 효소량(60~900 units for phytase, 4~60 units for protease)을 달리하여 용출량을 측정하였다. 먼저 효소액 작용 전 참깨박의 단백질 용출량을 대조구로 하고 각 시료 5 g을 삼각 플라스크에 취한 후 buffer 90 mL와 효소액 10 mL를 가하여 shaking incubator에서 반응을 시키고 반응이 끝난 액을 여과한 후 여액의 총 단백질량을 정량하였으며, 통계처리는 t분포표에 의해 95% 또는 99% 수준에서 대조구에 대한 유의성 여부를 판단하였다.

단백질 분리, 제조 및 정량

시료에 효소를 처리하여 단백질을 용출하고, 용출된 단백질용액에 70% 황산암모늄을 가해 단백질을 침전시키고 원심분리하여 회수하였으며, 회수된 단백질은 증류수로 48시간 동안 투석하고 동결 건조시켜 단백질 시료로 하였다. 단백질의 정량은 Lowry⁽³⁴⁾의 방법에 의하여 실시하였으며 단백질 값은 bovine serum albumin을 사용한 표준곡선에 의하여 환산하였다.

거품 형성력 및 안정성

거품 형성력은 Wang과 Kinsella⁽²⁰⁾의 방법을 이용하였다. 즉, 각 시료 0.5 g에 증류수 50 mL씩을 가하여 눈금실린더에 취하고 pH를 3.0, 5.0, 7.0, 9.0 및 11.0으로 조절한 후 균질기(ED-7, Nissei, Japan)로 8500 rpm에서 30초간 거품을 형성시켰다. 거품 형성력은 생성된 거품 부피로 나타내었으며, 안정성은 방치시간(0, 10, 20, 30, 60, 120분)에 따른 거품 부피 변화로 나타내었다. 결과는 t분포표에 의해 통계 처리하여 95% 또는 99% 수준에서 대조구에 대한 유의성 여부를 판단하였다.

유화력 및 유화 안정성

유화력은 Wang과 Kinsella⁽²⁰⁾의 방법으로 측정하였다. 즉, 각 단백질 0.6 g에 증류수 10 mL씩을 각각 가하여 Vortex mixer로 분산시키고 pH를 3~11까지 조절한 다음 여기에 corn oil 10 mL를 첨가하여 균질기(ED-7, Nissei, Japan)로 18,400 rpm에서 1분간 분산시켰다. 이때 형성된 emulsion은 두개의 원심관(15 mL)에 나누어 넣고, 6,400×g로 20분간 원심분리하여 유화력을 측정하였으며, 결과는 t분포표에 의해 통계 처리하여 95% 또는 99% 수준에서 대조구에 대한 유의성 여부를 판단하였다.

유화력 (%) =

$$\frac{\text{유화된 층의 높이}}{\text{시험관 내 층 내용물의 높이}} \times 100$$

유화 안정성은 유화액을 80°C의 물중탕에서 30분간 가열 후, 15°C로 냉각하여 6,400×g로 20분간 원심분리 한 다음 유화력 측정과 동일한 방법으로 측정하였다.

유화 안정성 (%) =

$$\frac{\text{가열 후 유화된 층의 높이}}{\text{시험관 내 층 내용물의 높이}} \times 100$$

유지 및 수분 흡착력 측정

유지 및 수분 흡착력은 Beuchat⁽¹²⁾의 방법에 의하여 1 g의 각 시료에 증류수 또는 corn oil 10 mL를 각각 가하여 Vortex mixer로 잘 섞고 실온에서 30분간 정치 한 다음 6400×g에서 20분간 원심분리하여 얻은 상층 액의 부피를 1 mL 눈금 실린더를 사용하여 측정하였다. 흡착력은 1 g의 시료에 흡착된 증류수나 대두유의 부피를 mL수로 나타내었다. 측정결과를 1분포표에 의해 통계처리하여 95% 또는 99% 수준에서 대조구에 대한 유의성 여부를 판단하였다.

결과 및 고찰

단백질의 용출을 위한 pH의 영향

pH가 효소 처리에 의한 참깨박 단백질의 용해도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 phytase 900 unit와 protease 60 unit를 가하고 16시간 동안 추출한 결과 Table 1에서와 같이 대조구의 경우 등전점인 pH 5에서 28.20±0.27 mg/g으로 최저값을 보이다가 pH 9와 11에서 48.47±1.92와 49.77±1.24 mg/g으로 가장 높은 값을 보였으며 효소처리 한 경우는 모든 pH영역에서 49.33±1.15~69.03±1.07 mg/g으로 대조구에 비해 유의성 있는 용출율의 증가를 나타내었고(p<0.01), 이는 phytase가 산성에서, protease가 알칼리에서 각각 작용이 이루어진 결과라 판단된다. 이러한 결과는 이 등⁽³⁸⁾이 natto protease가, 최 등⁽²⁹⁾이 미생물 protease가 효소의 최적작용 pH에서 단백질의 용출율을 최대로 증가시켰다고 보고한 것과 유사하였다.

단백질의 용출을 위한 온도의 영향

온도의 변화에 따라 효소처리에 의한 참깨박 단백질의 용해성을 살펴보기 위하여 phytase 900 unit와 protease 60 unit를 가하고 20°C에서 80°C까지 온도를 변화시키며 16시간 동안 추출한 결과 Table 2에서와

Table 1. Effect of pH on extraction of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

pH	Protein content (mg/g sample)	
	Control	Phytase and protease treat-
2	33.57±0.60	49.33±1.15**
3	33.77±1.12	48.97±1.27**
4	31.87±1.12	55.00±2.19**
5	28.20±0.27	53.23±1.86**
6	30.23±0.25	45.77±0.83**
7	36.57±0.60	50.67±1.51**
8	39.03±0.86	52.83±0.76**
9	48.47±1.92	61.97±1.22**
10	46.20±1.08	65.80±2.82**
11	49.77±1.24	68.17±0.61**
12	49.57±3.26	69.03±1.07**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C for 16hr with 900 units of phytase and 60 units of protease

²⁾**p<0.01, *p<0.05.

Table 2. Effect of temperature on extraction of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

Temperature (°C)	Protein content (mg/g sample)	
	Control	Phytase and protease treatment
20	20.10±0.46	28.47±0.45**
30	25.73±0.60	51.73±0.86**
40	29.13±0.45	64.83±1.04**
50	35.07±2.17	68.87±0.93**
60	38.03±0.65	70.77±0.32**
70	41.93±1.17	51.37±0.60**
80	42.57±0.90	50.37±0.32**

¹⁾ Sesame meal was treated at pH 11 for 16 hr with 900 units of phytase and 60 units of protease

²⁾**p<0.01, *p<0.05.

같이 대조구의 경우 온도가 높아짐에 따라 용해도가 완만하게 증가하였으나 효소처리의 경우는 30°C에서 60°C까지 51.73±0.86~70.77±0.32 mg/g으로 급격하게 상승하다가(p<0.01) 70°C 이상에서 용출율이 떨어지는 양상을 나타내었다. 이는 70°C이상의 고온에서 효소의 활성이 실행되어 효소의 작용이 이루어지지 않은 결과로 판단되었으며 최 등⁽²⁹⁾이 단백질 용출에서 효소처리시 최적 작용온도에서 용출율이 증가한다고 보고한 것과 유사하였다.

단백질의 용출을 위한 반응시간의 영향

최적 pH와 최적 온도가 판단되는 pH 11과 60°C에서 반응시간을 달리하여 용해도를 측정된 결과 Table 3에서와 같이 반응시간의 경과에 따라 용해도가 점차 증가하는 양상이었고 대조구와 효소처리구 모두 반응 초기에는 용출율이 급속도로 증가하다가 4시간 이후

Table 3. Effect of reaction time on extraction of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

Time (hr)	Protein content (mg/g sample)	
	Control	Phytase and protease treatment
1	22.87±0.57	29.70±0.66**
2	27.17±1.63	36.97±0.96**
3	34.97±2.81	45.30±0.96**
4	37.30±0.75	51.17±1.80**
5	39.47±0.35	54.03±0.91**
6	40.40±0.60	54.90±1.15**
7	41.73±1.79	56.47±0.45**
8	42.93±0.91	57.10±0.46**
9	44.30±0.44	59.30±1.25**
10	45.50±0.62	61.33±0.76**
11	46.40±0.66	65.27±1.00**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 with 900 units of phytase and 60 units of protease.
²⁾**p<0.01, *p<0.05.

부터 용출율의 증가가 완만해지기 시작했으며, 효소처리의 경우 11시간 경과시 까지도 용출율은 계속 증가하였다(p<0.01). 최 등⁽²⁹⁾도 참깨박 단백질에 *Bacillus* sp.의 protease를 처리했을 때 효소처리 시간이 경과할수록 초기 용해성이 증가하다가 증가율이 점차 완만해진다고 보고하였다.

단백질의 용출을 위한 처리효소량의 영향

첨가 효소량에 의한 용출율의 변화를 살펴보기 위하여 phytase 60 unit에 protease 4 unit를 더한 것으로부터 효소양을 증가시켜 phytase 900 unit에 protease 60 unit를 더한 것까지 첨가하는 효소량을 달리한 후 4시

Table 4. Effect of enzyme concentration of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

Phytase+Protease (unit)	Protein content (mg/g sample)
Control	38.20±0.70
60+4	42.90±0.92**
120+8	43.27±0.32**
300+20	44.47±0.91**
600+40	46.30±0.53**
900+60	48.63±1.63**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 for 11hr with phytase and protease.
²⁾**p<0.01, *p<0.05.

간 동안 작용시켜 단백질의 용출에 미치는 영향을 살펴본 결과 Table 4와 같이 phytase 900 unit와 protease 60 unit 정도 처리했을 때도 용출량 증가는 계속 관찰되었으나(p<0.01) 반응초기보다는 다소 완만해졌다. 이러한 결과로부터 폐단백질에서 단백질의 용출을 위한 효소처리는 어느 한계 처리농도가 있을 것이라 추측했으며 그 이상의 효소처리는 낭비이며 효소 단독처리보다는^(30,40) 혼합처리가 유리할 것으로 판단되었다.

효소 처리 단백질의 거품 형성력 및 안정성

효소 처리 참깨박 단백질의 거품 형성력을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 효소처리 참깨박단백은 등전점 부근에서 거품 형성력이 최소값을 나타냈으며 대조구에 비해 거품 형성력이 증가함이 관찰되었다. 또한 거품 안정성은 대조구의 경우 30분 방치시에 거품 부피가 50% 이하로 떨어졌으나 혼합효소처리의 경우 90분 경과시에도 최고 80%까지 유지되는 것이 관찰되었다. 이는 대조구의 경우 표면활성이 효소처리 단

Table 5. Foaming capacity of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

pH	Foaming capacity (mL)									
	Control					Phytase and protease treatment				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
3	55.00 ±2.50	50.00 ±1.50	37.50 ±1.80	25.00 ±2.29	20.00 ±0.87	62.00 ±1.32*	56.00 ±0.87**	52.50 ±2.50**	51.00 ±3.12**	49.50 ±2.29**
5	37.50 ±2.00	30.00 ±0.87	22.50 ±1.80	12.50 ±0.87	7.50 ±0.87	47.00 ±1.50**	44.50 ±1.32**	38.00 ±1.80**	34.50 ±0.87**	34.50 ±0.87**
7	47.50 ±1.50	45.00 ±0.87	25.00 ±0.87	12.00 ±1.32	7.50 ±2.50	61.50 ±1.80**	58.00 ±1.32**	49.00 ±2.18**	43.00 ±1.80**	41.00 ±0.29**
9	53.00 ±1.32	50.00 ±1.32	25.00 ±2.18	12.50 ±0.50	10.00 ±1.50	55.00 ±1.80	47.00 ±1.80	41.00 ±1.50**	39.00 ±1.32**	37.50 ±0.87**
11	52.50 ±1.00	50.00 ±0.87	37.50 ±2.60	12.50 ±1.50	10.00 ±1.04	56.00 ±1.50*	51.00 ±0.50	47.00 ±1.32**	38.50 ±0.50**	37.50 ±0.50**

¹⁾Standing time; A: 0 min, B: 10 min, C: 30 min, D: 60 min, E: 90 min.
²⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 for 16 hr with 900 units of phytase and 60 units of protease.
³⁾**p<0.01, *p<0.05.

백질에 비해 표면장력을 충분히 낮추어 줄만큼 강하지 못해 표면적을 적게 해주어 거품 형성력이 낮게 나타났다고 생각되며^(9,17), 거품을 형성하는 동안 가용성 단백질만이 air-water interface에 흡착되고 air droplet을 안정시키는 막을 형성하려고 상호작용 하기 때문에 가용성 단백질의 농도가 중요하다고 판단된다^(9,17,20). 따라서 효소처리군에서 다량의 가용성 단백질이 용출되어 거품 형성력이 높아진 것이 아닌가 추측되었다.

효소 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⁽⁹⁾ pH에 따라서 유화력을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 대조구와 효소처리구 모두 등전점 부근에서 가장 낮았으며 대조구의 경우 알칼리성으로 갈수록 약간씩 증가하였으나 pH에 따른 변화 폭은 작았고, 효소처리구의 경우 pH의 영향을 거의 받지 않는 유화력의 상승을 나타내었다(p<0.01). Dench 등⁽⁹⁾은 pH 7.0 으로 조절된 참깨 분리단백질의 유화력은 50~60%의 범위라고 보고하였으나 본 시료의 효소처리 단백질은 전 pH 범위에서 70%를 상회하는 유화력을 나타내었다.

효소 처리 단백질의 유화 안정성

효소처리 참깨박 단백질의 유화 안정성을 살펴보기 위하여 유화액을 80°C에서 30분간 가열하고 15°C로 식힌 다음 원심분리하여 유화력을 측정한 결과 Table 7과 같이 유화력은 대조구의 경우 23~33%, 효소처리는 70% 내외로 안정성이 크게 증가함이 관찰되었다(p<0.01). 김과 신⁽⁴¹⁾은 acyl화한 분리 참깨박 단백질의 유화 안정성이 37~51%였다고 보고하였으나 본 효소처리 참깨박의 경우 그보다도 다소 높았다. 이와 같은

Table 7. Emulsion stability of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

pH	Emulsion stability (%)	
	Control	Phytase and protease treatment
3	33.2±0.94	71.4±0.74**
5	22.6±1.21	70.0±1.38**
7	29.7±0.64	70.0±1.13**
9	31.1±0.99	70.9±1.06**
11	30.0±1.26	57.8±1.26**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 for 16hr with 900 units of phytase and 60 units of protease.

²⁾**p<0.01, *p<0.05.

결과는 효소의 분해작용에 의해 기름과 물 경계면에서 유화액을 형성하는 데 유용한 펩타이드 수와 극성기의 증가^(9,17)에 기인하는 것으로 판단되었다. 효소 처리된 단백질의 용해성이 증가하여 지방구 주위에 층을 형성하고 aqueous phase와 결합이 더 용이하게 되어 유화 안정성이 높아진 것으로 추측된다. 이와 같이 유화력과 유화안정성이 높은 것으로 보아 유제품의 결착제로서의 이용 가능성도 상당히 높은 것으로 판단하였다.

효소 처리 단백질의 유지 및 수분 흡착력

효소 처리 참깨박 단백질의 유지 및 수분흡착력을 측정한 결과는 Table 8과 같다. 유지 흡착력을 보면 대조구의 3.5 mL/g에 비해서 효소처리구가 4.5 mL/g으로 증가하였고(p<0.01), 이는 박 등⁽⁴²⁾의 탈지 참깨 단백질의 유지 흡착력 3.3 mL/g 보다 훨씬 높았다. 이러한 결과는 효소 처리 참깨박 단백질이 입자의 부피가 증가된 fluffy structure를 가지기 때문으로 추측하였다. 수분 흡착력도 대조구의 3.7 mL/g에 비해서 효소처리구가 4.1 mL/g으로 약간의 증가가 관찰되었다(p<0.01). 단백질의 수분 흡착력에 영향을 미치는 인자는 pH, ion 농도, 단백질 종류, 아미노산 조성, 탄수화물의 존재 등이며, 또한 고도의 가용성 단백질은 수분 흡착력에 나쁜 영향을 끼친다^(9,12).

Table 6. Emulsion capacity of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

pH	Emulsion capacity (%)	
	Control	Phytase and protease treatment
3	42.6±1.32	74.9±1.08**
5	38.6±1.35	72.8±1.06**
7	43.5±0.73	75.8±0.94**
9	45.0±1.21	74.3±1.10**
11	44.2±0.78	75.1±0.99**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 for 16hr with 900 units of phytase and 60 units of protease.

²⁾**p<0.01, *p<0.05.

Table 8. Oil and water absorption capacity of protein from defatted sesame meal treated with phytase and protease

	Absorption volume (mL/g)	
	Control	Phytase and protease treatment
Oil	3.5±0.08	4.5±0.07**
Water	3.7±0.09	4.1±0.12**

¹⁾Sesame meal was treated at 60°C and pH 11 for 16hr with 900 units of phytase and 60 units of protease.

²⁾**p<0.01, *p<0.05.

요 약

폐단백질을 활용하는 방도의 하나로 참깨박으로부터 불용성 단백질의 분리 효율성을 높이고 기능성을 개선하기 위하여 미생물이 생성하는 phytase와 protease를 처리하였다. 이때 참깨박 단백질의 용출을 위한 최적 pH, 최적 온도, 최적 처리시간과 최적 첨가효소량은 pH 10~12까지의 알칼리 영역, 60°C, 11시간, phytase 900 unit+protease 60 unit이었다. 효소처리된 참깨박 단백질은 거품 형성력과 거품 안정성이 대조구에 비해 크게 증가하였고, 유화력과 유화 안정성 및 유지 흡착력과 수분 흡착력도 효소처리구가 대조구에 비해 매우 증가하였다.

문 헌

- World Conference on Vegetable Food Proteins, Amsterdam, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 99-101 (1979)
- 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 (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 109-115 (1980)
- Choi, C., Cho, Y.J., Son, G.M., Lim, S.I. and Lee, W.J.: Effect of pH and salts on protein and phytate solubility of defatted sesame meal (in Korean). *Yeungnam Univ. J. of Resource Development*, **8**, 85-90 (1989)
- 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)
- Bolorforooshan, 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)
- Anderson, R.L., Wolf, W.J. and Glover, D.: Extraction of soybean meal proteins with salt solutions at pH 4.5. *J. Agric. Food Chem.*, **21**, 251-254 (1973)
- 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)
- Kim, K.H. and Kim, D.H.: Improved soy food products through food science and nutrition application (in Korean). *Food Sci. and Ind.*, **29**, 37-43 (1996)
- Chang, C.W.: Study of phytase and fluoride effects in germinating corn seeds. *Cereal Chem.*, **44**, 129-132 (1967)
- 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 (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **14**, 49-53 (1982)
- Adler N.J.: Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 1090-1093 (1976)
- Kinsella, J.E.: Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 242-246 (1979)
- Kim, S.Y., Park, P.S. and Rhee, K.C.: Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate (in Korean). *J. Agric. Food Chem.* **38**, 651-664 (1990)
- Montecalvo, J.J.R., Coonstantinides, S.M. and Yang, C.S.: Enzymatic modification of fish frame protein isolates. *J. Food Sci.*, **49**, 1305-1311 (1984)
- Wang, J.C. and Kinsella, J.E.: Functional properties of novel proteins; alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**, 286-291 (1976)
- Yamauchi, K., Shimizu, M. and Kamiya, T.: Emulsifying properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **45**, 1237-1242 (1980)
- Edwards, J.H. and Shipe, W.F.: Characterization of plastein reaction products formed by pepsin, α -chymotrypsin, and papain treatment of egg albumin hydrolysates. *J. Food Sci.*, **43**, 1215-1222 (1978)
- Kang, Y.J.: Enzymatic modification of soy proteins: effects of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 211-217 (1984)
- Quaglia, G.B. and Orban, E.: Influence of enzymatic hydrolysis on structure and emulsifying properties of sardine (*Sardina pilchardus*) protein hydrolysates. *J. Food Sci.*, **55**, 1571-1575 (1990)
- Sekul, A.A., Vinnett, C.H. and Ory, R.L.: Some functional properties of peanut protein partially hydrolyzed with papain. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 855-863 (1978)
- Kim, C.H., Kim, H.S., Lee, J.S. and Kang, Y.J.: Functionality changes of rapeseed protein upon proteolysis (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **21**, 519-523 (1992)
- Yoo, J.S. and Lee, S.R.: Efficacy of enzyme treatment for the quality improvement of soymilk (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 426-432 (1988)
- Cha, M.H. and Yoon, S.: Modification of functional properties of soy protein isolate by proteolytic enzymes (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 39-43 (1993)
- Choi, C., Chun, S.S. and Cho, Y.J.: Extraction of protein from defatted sesame meal using the enzyme from *Bacillus* sp. CW-1121 (in Korean). *Kor. Agric. Chem. Soc.*, **36**, 121-126 (1993)
- Han, J.S. and Hwang, I.K.: Effects of functional properties of soy protein isolate and qualities of soybean curd upon proteolytic hydrolysis (in Korean). *J. Food Sci. Technol.*, **24**, 294-299 (1992)
- Nkongne, C. and Ballance, G.M.: Enzymic solubilization of cereal proteins by commercial proteases. *Cereal Chem.*

- 61, 316-320 (1984)
32. Chun, S.S., Cho, Y.J., Cha, W.S., Lee, H.D., Lee, S.H. and Choi, C.: Isolation, purification and characterization of phytase from *Aspergillus* sp (in Korean). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 38-45 (1998)
 33. Chun, S.S., Cho, Y.J., Sung, T.S., Son, J.H. and Choi, C.: Isolation, characteristics of microbial protease for application to abolished protein resource (in Korean). *Agric. Chem. Biotech.*, **41**, 6-12 (1998)
 34. 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)
 35. Heinonen, J.K. and Lahti, R.J.: A new and convenient colorimetric determination of inorganic orthophosphate and its application to the assay of inorganic pyrophosphatase. *Anal. Biochem.*, **113**, 313-319 (1981)
 36. Anson, M.L.: The estimation of pepsin, papain and cathepsin with hemoglobin. *J. Gen. Physiol.*, **22**, 79-85 (1938)
 37. Hagihara, S.: Method of enzymatic analysis. Vol.2, 237-246, Tokyo, Japan (1956)
 38. Lee, S.M and Kim, Z.U.: Extraction of proteins from soymilk residue using the enzymes from *Bacillus subtilis* (in Korean). *Korean Agric. Chem. Soc.*, **33**, 282-286 (1990)
 39. Chun, S.S., Cho, Y.J., Kim, Y.H., Woo, H.S. and Choi, C.: Change of functional properties and extraction of protein from abolished protein resource by phytase (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 46-50 (1998)
 40. Chun, S.S., Cho, Y.J., Son, G.M., Choi, H.J. and Choi, C.: Change of functional properties and extraction of protein from abolished protein resource by protease (in Korean). *Agric. Chem. Biotech.*, **41**, 13-17 (1998)
 41. Kim, S.Y. and Shin, H.S.: Effects of H₂O₂ and papain treatment and acylation on chemical and functional properties of defatted sesame oil cake protein (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 405-410 (1988)
 42. Park, H.S., Ahn, B. and Yang, C.B.: Studies on the functional properties of sesame and perilla protein isolate (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 350-356 (1990)
-
- (1997년 10월 9일 접수)