

단백질 분해효소에 의한 참깨박 단백질의 기능성 변화

이선호·조영제·천성숙·김영활*·최 청

영남대학교 식품가공학과, *대구보건전문대학 임상병리과

Functional Properties of Proteolytic Enzyme-Modified Isolated Sesame Meal Protein

Seon-Ho Lee, Young-Je Cho, Sung-Sook Chun, Young-Hwal Kim* and Cheong Choi

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

*Department of Clinical Pathology Daegu Junior Health College

Abstract

Effect of enzymatic modification with pepsin, papain and trypsin was studied on functional properties of isolated sesame meal protein hydrolysates. Solubility of protein hydrolysates distinctively increased from 2% to 53~94% at pH 4. Emulsifying properties showed marked increase 6 fold and 4.5 fold at degree of 10%, 20% hydrolysis by trypsin and degree of 10% hydrolysis by papain. The emulsion stability of the protein was unstable by heat treatment for 30 min. at 80°C. Foaming properties were also enhanced by enzymatic hydrolysis except at degree of 30% hydrolysis. Bulk density and water absorption of protein with trypsin and papain decreased about 0.1 g/ml and 0.3~0.7 ml/g, but oil absorption was increased about 1 ml/g.

Key words: Functional properties, sesame protein, pepsin, papain, trypsin

서 론

최근 많은 종류의 농축단백질과 분리단백질이 식물성, 동물성 및 미생물 자원으로부터 개발되어 점차적으로 식품에 이용되고 있으며 단백질 자원으로 대두를 비롯한 땅콩, 면실, 해바라기 종자 및 참깨 등에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다⁽¹⁻³⁾. 참깨로부터 착유한 후 부산물인 참깨박은 약 49% 내외의 단백질을 함유하고 있으며 methionine, lysine을 보강하면 그 필수아미노산 조성이 F.A.O.의 표준단백질을 능가하는 우수성이 알려져 있다⁽⁴⁻⁷⁾. 대두와 옥수수분말에 참깨 단백질의 보충가가 인정되었으며, 여러가지 종실분말의 제빵 특성이 비교 검토되었다⁽⁸⁾. De Pauda⁽⁹⁾는 육류를 참깨로 대체할 수 있는 첨가량을 연구하였는데 관능검사에서 육류의 30%까지는 참깨박으로 대체할 수 있으며, 식품의 증량제로 이용할 수 있다고 보고하였다. 그러나 단백질이 식품에 이용되기 위해서는 영양가가 높고 어떤 독성도 없어야 하며 풍미, 색 및 조직성 등의 기호성이 좋아야 한다. 이들 단백질의 기능성은 단백질 자체의 물리 화학적 성질 즉 아미노산 종류, 분자의 크기와 형태 등의 구조에 의한 내적인 요소에 일차적으로 영향을 받을 뿐 아니라 pH, 이온강도, 점도 등의 매우 복잡한 외적 인자에 영향을

받는다고 알려져 있다^(10,11). 일반적으로 단백질을 식품에 폭 넓게 이용하기 위해서 기능적 특성의 변형을 줄 수 있는데, 그 방법은 주로 화학적 변형과 효소적 변형의 방법이 이용되고 있다. 단백질을 산이나 알칼리에 의해 가수분해하면 염의 농도가 증가하거나 유해물질이 생성되는 문제점을 가지고 있으므로⁽¹²⁾ 효소에 의한 변형방법이 많이 이용되고 있는데, 이러한 방법에 의해 대두 땅콩, 면실 및 유채 단백질 등에서 기능성 및 영양가의 향상이 보고되고 있고⁽¹³⁻¹⁷⁾, 가수분해도를 잘 조정하면 기능성을 향상시킬 수 있다고 제안되고 있으며, 이들 가수분해물의 항산화 작용 및 생리활성작용이 밝혀지고 있다⁽¹⁸⁻²³⁾.

본 연구에서는 참깨박 단백질의 기능성을 개선하여 식품에 적용키 위해 분리된 참깨박 단백질에 pepsin, papain 및 trypsin 등의 단백질 가수분해효소를 작용시켰으며 각 효소의 특성에 따른 각 처리군의 용해도, 유화력, 기포성, 수분 및 유지 흡착성 등의 식품학적 기능성과의 관계를 비교 검토함으로써 참깨박에서 분리한 단백질을 활용하는 방안을 마련코자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시료조제

본 실험에 사용한 참깨박은 1993년 10월에 경북 의성시장에서 구입한 참깨(*Sesamum indicum* L. white)를 세척한 후 영남대학교 식품가공학과 가공공장에서 200~

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

220℃에서 담갈색이 될 때까지 볶은후 expeller형의 연속 압착식 착유기(풍산 기공사, 대구)로 착유한 다음 얻은 부산물인 참깨박을 40 mesh로 분쇄하여 20시간 n-hexane으로 탈지한 후 4℃의 저온실에 보관하면서 사용하였으며, 단백질 분해 효소로는 pepsin, trypsin 및 papain (Sigma Co.)을 사용하였고, 유지는 시중에 판매되는 D 회사의 corn oil(d:0.89)을 사용하였다.

참깨박단백질 분리

탈지 참깨박을 10배의 증류수에 분산시켜 1 N NaOH용액으로 pH를 최대 용출 pH인 9.0으로 조절한 후⁽⁴⁾ 실온에서 약 3시간동안 교반하였다. 이 분산액을 4℃, 30분간 2700×g로 원심분리하여 상징액을 모은 다음 1 N HCl용액으로 pH를 5.0으로 조절하여 15분 교반한후 생성되는 단백질 침전을 4℃, 30분간 2700×g로 원심분리하여 회수하였다. 이와같이 얻어진 침전물은 pH 5.0으로 조절된 세척수로 3회 세척한후 pH를 7.0으로 조정한 다음 동결건조하여 참깨박 분리 단백질로 사용하였다.

단백질 정량

단백질의 정량은 Lowry 등⁽²⁴⁾의 방법에 의하여 측정하였으며 단백질값은 bovine serum albumin을 사용한 표준곡선에 의하여 환산하였다.

참깨박 단백질의 가수분해

이 등⁽²⁵⁾이 보고한 바와 같이 분리된 참깨박에 pepsin, papain 및 trypsin을 처리하여 분해하였다.

가수분해도의 측정

Edward와 Shipe⁽²⁶⁾의 방법과 Kim 등⁽²⁷⁾의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 참깨박단백질 용액에 각 효소를 가하여 분해시킨 가수분해물 3 ml를 95℃의 불중탕에서 5분간 열처리하여 효소를 불활성화 시킨 다음 20% trichloroacetic acid(TCA)용액 3 ml를 가하여 실온에서 30분 방치시키고 2700×g에서 10분간 원심분리하여 TCA 불용성물질을 침전시켜 제거한 후 얻어진 상징액의 가용성 단백질량을 정량하였고, 가용성단백질은 10% TCA 용액에 침전하지 않는 단백질로 하였으며, 가수분해도는 다음과 같이 나타내었다.

$$\text{가수분해도} = \frac{\text{가용성 단백질}}{\text{총단백질}} \times 100$$

단백질의 기능성 측정

용해도: 용해도는 이 등⁽²⁸⁾의 방법에 준하여 측정하였다. 효소반응 용액 2 ml를 pH 2.0~12.0까지 조절하였고 2000×g, 20℃에서 20분간 원심분리하여 불용성 단백질을 제거한 후 상징액의 단백질의 함량을 측정하여 시료중의 총단백질 함량에 대한 백분율로 나타내었다.

유화형성력 측정: 유화형성력(emulsifying activity: EA)은 Yamauchi 등⁽²⁹⁾의 방법으로 측정하였다. 제조된 1.5% 분리 참깨박단백질의 가수분해 용액을 pH 2.0~12.0으로 조절한후 20 ml씩을 취하고 여기에 corn oil 20 ml를 첨가하여 균질기로 20000 rpm에서 5분간 분산시켰다. 이 유화액을 원심관에 각각 5 ml씩 담고 2000×g, 20℃에서 5분간 원심분리한 후 다음 식과 같이 계산하여 유화력을 측정하였다.

$$EA(\%) = \frac{\text{Height of emulsified layer}}{\text{Height of total contents in the tube}} \times 100$$

유화안정성: 유화안정성(emulsifying stability: ES)은 유화형성력 측정기와 같은 방법으로 유화액을 형성하여 80℃ 온탕수조에서 30분간 가열한 후 다음식으로 계산하였다.

$$ES(\%) = \frac{\text{Height of emulsified layer after heating}}{\text{Height of emulsified layer}} \times 100$$

기포형성력의 측정: 기포형성력은 차와 윤⁽³⁰⁾의 방법에 준하여 측정하였다. 1.5% 분리 참깨박 단백질의 가수분해용액을 pH 2.0~12.0까지 조절한 후 눈금 cylinder에 20 ml씩 취하였다. 그리고 20000 rpm에서 4분간 균질기로 기포를 형성시켜 증가된 부피를 측정하였다.

기포안정성: 기포안정성은 기포형성력 측정기와 같은 방법으로 기포를 형성시켜 형성된 기포의 부피를 기록하고 실온에서 방치한후 방치시간(0, 10, 30, 60, 120분)에 따른 기포의 부피변화를 측정하였다.

유지 및 수분 흡착력 측정: 유지 및 수분 흡착력 측정은 Beuchat의 방법⁽³¹⁾에 의하여 1g의 시료에 증류수 또는 corn oil 10 ml를 각각 가하여 vortex로 잘 섞고 실온에서 30분간 정지한 다음 2000×g에서 20분간 원심분리하여 얻은 상징액의 부피를 10 ml 눈금 cylinder를 사용하여 측정하였다. 흡착력은 1g의 시료에 흡착된 증류수나 corn oil의 부피를 ml수로 나타내었다.

겉보기밀도: 겉보기밀도는 Rahma와 Narasinga⁽¹²⁾의 방법으로 행하였다. 무게를 측정한 10 ml 눈금 cylinder에 시료를 넣어 계속 가볍게 두드려서 부피가 일정하게 될 때까지 넣은 후 다음식에 의해 계산하였다.

$$\text{겉보기밀도} = \frac{\text{시료의 무게(g)}}{\text{시료의 부피(ml)}}$$

결과 및 고찰

용해도

1.5% 참깨박 분리 단백질에 papain, pepsin, trypsin과 같은 효소를 작용시켜 가수분해도를 10%, 20%, 30%로 각각 조정된 단백질 가수분해물의 용해도를 살펴본 결

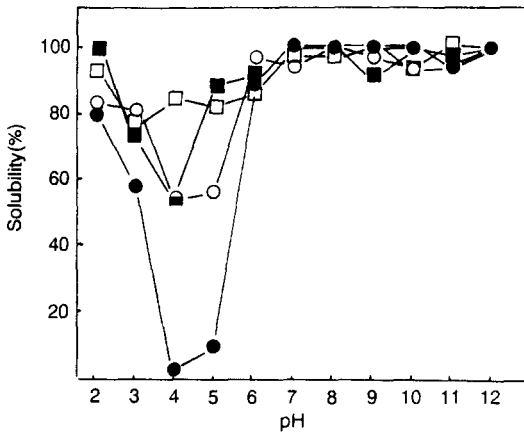


Fig. 1. Solubility profiles of hydrolysates prepared from isolated sesame meal protein with papain

- , Control: Isolated sesame meal protein
- , A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%
- , B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%
- , C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

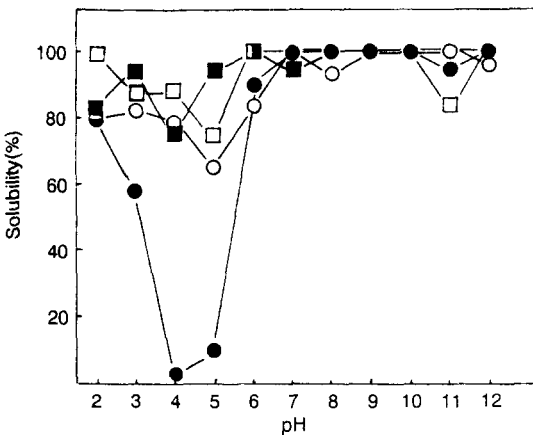


Fig. 2. Solubility profiles of hydrolysates prepared from isolated sesame meal protein with pepsin

과는 Fig. 1, 2 및 3과 같다. 대조군, 효소 처리군 모두 등전점 부근인 pH 4.0~5.0에서 가장 낮은 용해도를 나타내었다. 이와 같은 현상은 등전점과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되며, 양극단의 pH로 갈수록 용해도가 증가하는 전형적인 단백질 용해도 곡선을 보였다. 대조군과 papain, pepsin 및 trypsin 처리군을 비교했을 때 전 실험군에서 가수분해정도가 진행될수록 용해도의 상승을 보였으며 특히 등전점 부근에서는 대조군이 약 2%의 용해도를 보인 반면 papain 처리된 가수분해물의 용해도는 53~85%까지 향상되었다. Pepsin에 있어서도 76~94%, trypsin에 있어서도 42~90% 이상의 용해도의 향상을 나타내었다. 이러한 용해도 상승효과는 효소반응이 진

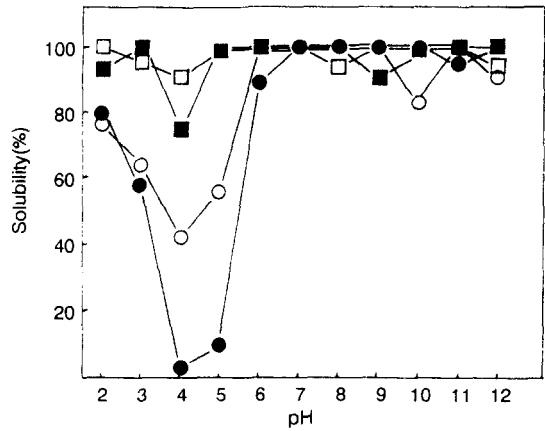


Fig. 3. Solubility profiles of hydrolysates prepared from isolated sesame meal protein with trypsin

행됨에 따라 단백질이 분해되고 그 결과 carboxyl기나 amino기와 같은 charged group이 증가되거나 hydrophilic group이 노출되어 물과의 수소결합의 가능성이 높아지기 때문으로 해석된다. Kim 등⁽¹³⁾은 분리 대두단백에 alcalase, α-chymotrypsin, trypsin, liquozyme, rennet을 처리했을 때 모든 효소 처리군에 있어서 효소에 따라 가수분해정도는 달랐지만 pH 7과 pH 4.5에서 단백질의 용해도가 증가하였는데 특히 pH 4.5에서의 용해도가 현저히 증가하였으며 이러한 용해도의 증가는 효소에 의한 단백질의 가수분해로 인해 단백질 분자 크기가 작아지기 때문인 것으로 생각된다.

유화 형성력 및 유화안정성

참깨박 단백질의 유화력을 pH에 따라서 처리 효소와 가수분해도를 달리하여 측정한 결과는 Table 1, 2와 같다. 유화력은 등전점 부근에서 가장 낮았으며 가수분해도가 높아지면 알칼리영역으로 갈수록 유화형성력이 감소되는 경향을 보였고, trypsin 10%, 20% 처리군은 등전점에서 약 6배 가량의 유화능 향상을 보였으며 30% 처리군은 5배 가량의 증가를 보여 20% 이상의 가수분해는 오히려 역효과를 나타내었다. 이 결과는 과도한 가수분해는 오히려 유화력을 감소시켰다는 Quaglia와 Orban⁽¹²⁾의 연구와 일치하는 것이었다. Papain 10% 처리군은 등전점에서 약 4.5배 가량의 향상을 보였으며 그 이상의 처리로는 유화능의 감소를 보였다. Trypsin, papain 처리군은 산성부근에서 유화능의 향상을 보였고 나머지영역에서는 비슷하거나 감소하는 경향을 나타내었다. 유화 안정성에서도 비슷한 경향을 보여 등전점 부근에서의 trypsin 10%, 20% 처리군에서 비교적 높게 나타났고 효소처리군과 대조군을 비교할 때 효소 처리군이 대조군에 비해 유화안정성이 더 낮거나 비슷한 결과를 보였으며 pH가 높아지고 가수분해도가 높을수록 안정성은 감소하였다.

Table 1. Emulsifying activity of protein hydrolysates prepared from defatted sesame meal with papain, pepsin and trypsin

pH	Emulsifying activity (%) pH									
	Control	Papain			Pepsin			Trypsin		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
2.0	57.7	61.2	61.8	0.0	52.5	6.9	2.9	65.6	68.0	59.8
3.0	57.5	64.6	60.0	0.0	2.0	0.0	0.0	67.5	60.8	45.6
4.0	11.9	47.8	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	61.1	51.0
5.0	11.8	43.8	4.8	0.0	10.5	16.1	2.9	67.3	67.4	65.0
6.0	61.9	63.9	65.0	26.7	62.2	59.0	62.4	64.2	65.3	52.7
7.0	60.6	61.5	60.6	23.1	68.0	57.1	57.1	63.5	59.0	45.9
8.0	61.3	62.5	60.9	11.4	55.2	57.1	48.6	62.0	58.0	38.2
9.0	61.3	62.0	59.2	5.7	55.5	55.4	31.7	61.0	54.2	32.7
10.0	61.3	59.8	54.9	5.9	52.5	53.9	15.1	61.0	53.4	33.3
11.0	60.6	50.0	51.0	5.7	42.2	21.0	8.7	56.2	48.6	22.6
12.0	61.0	50.0	43.9	7.8	15.4	10.5	2.9	30.0	18.5	4.0

A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%
 B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%
 C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

Table 2. Emulsifying stability of protein hydrolysates prepared from defatted sesame meal with papain, pepsin and trypsin

pH	Emulsifying activity (%) pH									
	Control	Papain			Pepsin			Trypsin		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
2.0	58.2	57.0	56.4	0.0	16.7	6.9	0.0	67.3	63.9	34.0
3.0	57.5	58.7	24.8	0.0	1.9	0.0	0.0	66.0	56.3	3.3
4.0	4.9	34.8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	53.7	49.4	3.1
5.0	5.9	29.5	0.0	0.0	8.3	16.1	1.0	65.4	64.7	52.5
6.0	58.4	58.2	55.5	14.3	50.0	49.5	43.6	54.7	47.4	21.6
7.0	61.0	59.5	55.1	19.4	47.4	46.5	39.4	54.5	44.4	14.1
8.0	61.2	56.6	53.6	10.5	41.2	43.0	37.7	50.0	43.1	13.7
9.0	61.5	53.9	50.0	5.7	31.4	16.4	15.0	50.0	41.8	10.8
10.0	57.1	52.0	19.2	5.0	25.5	8.7	4.8	50.0	42.2	11.1
11.0	48.0	28.0	13.3	5.7	7.8	5.7	2.9	45.7	38.1	6.9
12.0	44.2	24.8	17.0	5.8	7.7	2.9	2.9	5.0	4.9	2.0

A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%
 B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%
 C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

이는 효소처리에 의하여 펩타이드의 크기가 너무 작아 지고 단백질특성의 변화가 심하게 일어 날 경우 기름 입자를 둘러싸는 단백질막이 얇아져 유효를 안정시키기에 불충분할 것이기 때문에 해석할 수 있었다. Adler-Nissen⁽²³⁾은 단백질이 가수분해를 잘 조절함으로써 유효력을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 이같은 결과를 통해 유효력을 높이기 위해서는 일정한 크기의 펩티드가 필요하다는 것을 알 수 있으며 단백질의 가수분해는 수용액중에 이러한 펩티드의 수를 증가시키고 또한 단백질 내부에 있는 소수성 잔기들을 노출시켜 hydrophile-lipophile balance를 높여줌으로써 유효력을 향상시키는

것으로 판단된다.

기포형성력 및 기포안정성

기포형성력 및 안정성은 Table 3, 4, 5 및 6에서 증가된 기포의 부피 및 변화된 부피로 나타내었으며, 기포형성능은 등전점 부근에서 비교적 낮은 값을 나타내었으나 pH에 따른 변화 폭은 작았다. 효소 처리한 실험군은 대조군에 비해 기포형성력의 향상을 보였으며, 기포성은 중성부근에서 가장 높았으며, pH가 높아짐에 따라 기포성 및 기포 안정성이 감소 되었다. 특히 30% 처리군에 있어서는 알칼리 영역에서 매우 낮은 기포성을 보였다.

Table 3. Foaming activity of protein hydrolysates prepared from defatted sesame meal with papain, pepsin and trypsin

pH	Foaming activity (ml)									
	Control	Papain			Pepsin			Trypsin		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
2.0	48	49	53	74	57	44	49	57	68	65
3.0	51	63	68	72	70	47	63	65	77	74
4.0	45	63	64	68	61	60	61	55	70	73
5.0	50	60	67	74	63	52	60	53	68	89
6.0	59	65	75	51	65	65	56	64	72	68
7.0	62	82	78	46	71	66	61	64	69	70
8.0	67	80	75	46	71	66	64	64	67	79
9.0	61	80	75	30	70	66	64	65	63	57
10.0	60	7	69	33	68	66	55	61	62	45
11.0	59	7	69	31	68	65	48	51	53	36
12.0	60	7	66	31	61	49	40	55	48	44

A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%

B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%

C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

Table 4. Foaming stability of hydrolysates prepared from defatted sesame meal protein with papain

pH	Control					10% hydrolysis					20% hydrosis					30% hydrosis pH				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
2.0	48	3	2	0	0	49	4	1	0	0	53	4	0	0	0	74	53	51	17	11
3.0	51	6	1	0	0	63	6	2	0	0	68	3	0	0	0	72	62	62	18	10
4.0	45	32	2	1	0	63	50	7	2	0	64	16	4	3	0	68	56	56	7	3
5.0	50	13	2	1	0	60	7	2	1	0	67	8	2	1	0	74	54	49	35	16
6.0	59	49	48	43	16	65	57	51	30	2	75	63	58	57	32	51	29	25	23	18
7.0	62	50	42	18	10	82	72	63	34	17	78	61	34	16	10	46	28	23	15	14
8.0	67	56	43	25	23	80	67	41	24	15	75	55	36	5	4	46	29	22	21	20
9.0	61	47	40	20	19	80	66	31	16	5	75	52	31	1	0	30	16	16	14	12
10.0	60	43	40	39	17	79	66	14	4	1	69	50	12	0	0	33	20	16	16	13
11.0	59	47	42	38	19	76	57	8	1	0	69	52	14	1	0	31	19	18	15	13
12.0	60	44	42	39	8	74	59	24	5	2	66	56	13	2	0	31	21	15	14	9

Standing time; A, 0 min.; B, 10 min.; C, 30 min.; D, 60 min.; E, 120 min.

Table 5. Foaming stability of hydrolysates prepared from defatted sesame meal protein with pepsin

pH	Control					10% hydrolysis					20% hydrosis					30% hydrosis pH				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
2.0	48	3	2	0	0	57	21	5	3	0	44	7	6	5	0	49	4	4	0	0
3.0	51	6	1	0	0	70	21	2	0	0	47	6	1	0	0	63	24	3	0	0
4.0	45	32	2	1	0	61	28	2	1	0	60	7	4	0	0	61	22	3	2	0
5.0	50	13	2	1	0	63	34	2	0	0	52	7	3	2	1	60	23	4	4	0
6.0	59	49	48	43	16	65	56	53	14	7	65	29	26	24	18	56	24	20	19	7
7.0	62	50	42	18	10	71	62	59	57	51	66	57	53	52	48	61	47	42	34	15
8.0	67	56	43	25	23	71	61	48	42	38	66	54	48	46	40	64	50	42	37	25
9.0	61	47	40	20	19	70	58	44	30	17	66	54	40	29	18	64	50	33	26	17
10.0	60	43	40	39	17	68	56	38	30	11	66	54	24	12	6	55	16	7	5	3
11.0	59	47	42	38	19	68	58	49	17	6	65	53	10	5	2	48	9	7	4	2
12.0	60	44	42	39	8	61	41	12	5	3	49	15	8	5	2	40	7	5	2	0

Standing time; A, 0 min.; B, 10 min.; C, 30 min.; D, 60 min.; E, 120 min.

Table 6. Foaming stability of hydrolysates prepared from defatted sesame meal protein with trypsin

pH	Control					10% hydrolysis					20% hydrolysis					30% hydrolysis					pH
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
2.0	48	3	2	0	0	57	35	5	2	0	68	44	4	1	0	65	7	4	1	0	
3.0	51	6	1	0	0	65	59	32	5	1	77	64	25	4	1	74	55	6	2	0	
4.0	45	32	2	1	0	55	47	19	5	3	70	63	48	25	2	73	50	12	3	0	
5.0	50	13	2	1	0	53	8	5	3	3	68	9	6	6	5	89	13	6	5	0	
6.0	59	49	48	43	16	64	55	48	45	7	72	58	51	15	8	68	56	49	41	17	
7.0	62	50	42	18	10	64	53	48	27	13	69	49	16	14	10	70	57	27	9	6	
8.0	67	56	43	25	23	64	54	45	31	19	67	45	26	21	13	79	51	13	10	6	
9.0	61	47	40	20	19	65	55	43	18	11	63	35	12	7	6	57	12	4	3	2	
10.0	60	43	40	39	17	61	54	18	11	7	62	42	9	4	1	45	5	2	1	0	
11.0	59	47	42	38	19	51	45	10	7	1	53	12	2	1	0	36	3	2	0	0	
12.0	60	44	42	39	8	55	47	4	1	1	48	11	2	0	0	44	6	2	0	0	

Standing time: A, 0 min.; B, 10 min.; C, 30 min.; D, 60 min.; E, 120 min.

가수분해물의 기포성이 낮은 것은 점도와 소수성의 감소, 전하밀도의 증가에 기인하며 지나친 가수분해는 기포성의 감소를 가져온다고 하는데⁽³²⁾, 본 실험에서는 30% 처리군의 알칼리 영역을 제외한 나머지 영역에서는 전반적인 증가를 보였다. 기포안정성은 기포형성후 시간의 경과에 따라 감소하는 결과를 보였는데, 중성부근에서 가장 높은 기포 안정성을 보여주었으며, 효소 처리에 따라 가수분해도가 높아질수록 알칼리 쪽에서 더 불안정한 것으로 나타났다고 보고한 한과 황⁽³³⁾의 결과와 유사하였다. 효소제를 사용하여 단백질의 기포성을 높일 경우 가수분해도가 커질수록 기포형성력은 pH와 효소의 종류에 따라 다르게 나타나지만 대체적으로 그 안정성이 저하되므로 이를 보완하기 위해 안정제를 첨가하는 것도 고려해 볼 수 있을 것이라 생각된다.

겉보기밀도

Table 7은 효소처리에 따른 참깨박 농축단백질의 겉보기 밀도를 나타낸 결과이다. 분리 참깨박 단백질의 겉보기밀도는 0.26 g/ml이었으며 효소 처리군은 전반적인 감소를 보여 부피의 팽창을 보였으며, 보다 부드러운 단백질을 얻을 수 있었다. Dench 등⁽³⁴⁾은 시료를 동결 건조 하기전 수분의 함량이 겉보기 밀도에 영향을 준다고 했는데 수분의 함량이 많을수록 낮은 겉보기밀도를 나타낸다고 하였으며, Buchanan⁽³⁵⁾ 역시 겉보기 밀도는 동결 건조전의 단백질의 수분함량과 밀접한 관계를 가지고 있으며 동결 건조전의 수분함량이 높으면 보다 부드러운 단백질을 얻을 수 있다고 하였다.

유지 및 수분 흡수력

Table 8에서 보는 바와 같이 유지 흡수력은 효소 처리군에 있어 papain 10%, pepsin 30%, trypsin 20%, 30% 처리군은 각 1 ml/g 정도의 증가를 보여 효소에 의한 참깨박 단백질의 가수분해는 유지흡수력을 증가시키는 것으로 나타났다. 가수분해물의 유지흡수성의 증가는

Table 7. Bulk density of protein hydrolysates prepared from defatted sesame meal with pepsin, papain and trypsin

	Bulk density (g/ml)		
	Papain	Pepsin	Trypsin
Control	0.260	0.260	0.260
A	0.209	0.177	0.191
B	0.110	0.140	0.077
C	0.090	0.140	0.078

A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%
 B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%
 C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

효소에 의한 가수분해로 인해서 저분자 펩티드를 얻어 유지흡수력이 증가한 것으로 생각되며, pronase 가수분해로 유채 단백질의 유지흡수력이 증가하였다는 김 등⁽³⁶⁾의 결과와 유사하였다. 가수분해 참깨박 단백질의 수분흡착력은 상당한 감소를 보였는데 *Aspergillus oryzae*로부터 얻은 protease로 목화씨를 처리한 Rahma와 Narsinga Rao⁽³⁷⁾의 결과와는 유사한 결과를 나타내었으나 가수분해로 인한 극성 잔기의 증가로 유채 단백질의 수분흡수력이 증가하였다는 김 등⁽³⁶⁾의 보고와는 상반된 것이었다. 이는 효소처리로 가용성단백질의 양과 단백질의 분산성이 증가되어 높은 용해도를 나타내기 때문인 것으로 생각된다.

요 약

Pepsin, papain 및 trypsin 처리 참깨박 단백질의 기능성의 변화를 조사한 결과 용해도에 있어 pH 4에서 2%의 대조군에 비해 53~94%까지 뚜렷한 증가를 보였으며, trypsin에 의한 10%, 20% 가수분해도 처리군은 등전점에서 약 6배, papain에 의한 10% 가수분해도 처리군은 약 4.5배 가량의 유효능의 향상을 보였다. 기포

Table 8. Oil and water absorption capacity of protein hydrolysate prepared from defatted sesame meal with papain, pepsin and trypsin

	Absorption volume (ml/g)									
	Control	Papain			Pepsin			Trypsin		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
oil	1.1	2.2	1.3	1.3	1.7	1.4	2.7	1.3	2.5	2.4
water	0.8	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3

A: Hydrolysates with degree of hydrolysis 10%

B: Hydrolysates with degree of hydrolysis 20%

C: Hydrolysates with degree of hydrolysis 30%

형성력은 각 효소 처리군의 30% 가수분해도 처리군의 알칼리 영역을 제외한 나머지 영역에서 전반적인 증가를 보였다. trypsin, papain 처리군의 겔보기 밀도와 수분 흡착력은 약 0.1 g/ml와 0.3~0.7 ml/g 정도 감소하였으나, 유지흡착력은 약 1 ml/g 정도의 증가를 보였다.

문 헌

- World Conference on Vegetable Food Proteins. Amsterdam. 1978. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 99 (1979)
- King, J., Aguirre, C. and de Pablo, S.: Functional properties of lupin protein isolates(Lupinus albus cv Multolupa). *J. Food Sci.*, **50**, 82 (1985)
- Yang, C.I.: Studies on the nutritional quality of rapeseed protein isolates. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 109 (1980)
- 金俊平, 沈愚萬, 金鍾益: 참깨粕 蛋白質의 分離와 組成. *한국농화학회지*, **23**, 14 (1980)
- 辛孝善: 참깨에 대한 식품영양학적인 연구. *한국식품과학회지*, **5**, 113 (1973)
- El, T.A.H., Khattab, A.H. and Khidir, M.O.: Protein and oil compositions of sesame seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **53**, 648 (1976)
- 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 (1981)
- Bolorforooshan, M. and Markakis, P.: Protein supplementation of navy bean with sesame. *J. Food Sci.*, **44**, 390 (1979)
- De Pauda, M.R.: Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 1145 (1983)
- Wang, J.C. and Kinsella, J.E.: Functional properties of novel proteins; alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**, 286 (1976)
- Kinsella, J.E.: Functional properties of soy proteins: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 242 (1979)
- Rahama, E.H. and Narasinga Rao, M.S.: Effect of acetylation and succinylation of cottonseed flour on its functional properties. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 352 (1983)
- Kim, S.Y., Park, P.S.W. and Rhee, K.C.: Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 651 (1990)
- Kang, Y.J.: Enzymatic modification of soy proteins: Effects of functional properties of soy isolate upon proteolytic hydrolysis. *Korean J. Food Sci. Tech.*, **16**, 211 (1984)
- 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 (1978)
- 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)
- 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)
- 염동민, 노승배, 이태기, 김선봉, 박영호: 식품단백질 효소가수분해물의 Angiotensin-I 전환효소 저해작용. *한국식품과학회지*, **22**, 226 (1993)
- Susumu, M., Kazuya, N., Noboru, T. and Hideo, S.: Angiotensin I-converting enzyme inhibitor derived from an enzymatic hydrolysate of casein II. isolation and bradykinin-potentiating activity on the uterus and the ileum of rats. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 1405 (1985)
- Toshiro, M., Hiroshi, M., Eiji, S., Katsuhiko, O., Masatoshi, N. and Yutaka, O.: Inhibition of angiotensin I-converting enzyme by bacillus licheniformis alkaline protease hydrolyzates derived from sardine muscle. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**, 922 (1993)
- 김선봉, 염동민, 여생규, 지청일, 이용우, 박영호: 효소에 의한 단백질 가수분해물의 향산화작용. *한국식품과학회지*, **21**, 492 (1989)
- 山口直彦, 横尾良夫, 藤巻正生: 蛋白質加水分解物の抗酸化力. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **26**, 14 (1979)
- Adler-Nissen, J.: Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 1090 (1976)
- Lowry, O.H. and Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J.: Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265 (1951)
- 이선호, 조영제, 김 성, 안봉진, 최 청: 참깨박 단백질의 단백질분해효소에 의한 가수분해조건. *한국농화학회지*, **38**, (1995)
- Edwards, J.H. and Shipe, W.F.: Characterization of plastein reaction products formed by pepsin. α -chy-

- motrypsin, and papain treatment of egg albumin hydrolysates. *J. Food Sci.*, **43**, 1215 (1978)
27. Kim, S.Y., Park, P.S.W. and Rhee, K.C.: Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 651 (1990)
28. 이철호, 김학량, 양한철, 이명원, 배중찬: 단백질의 유화작용에 미치는 외적 조건에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **14**, 49 (1982)
29. Yamauchi, K., Shimizu, M. and Kamiya, T.: Emulsifying properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **45**, 1237 (1980)
30. 차명화, 윤 선: 단백질 분해효소에 의한 대두단백의 기능적 특성 변화. *한국식품과학회지*, **25**, 39 (1993)
31. Beuchat, L.R.: Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 71 (1981)
32. 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 (1990)
33. 한진숙, 황인경: 효소처리가 대두 단백질의 기능특성과 두부의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **24**, 294 (1992)
34. Dench, J.E., Nilo Rivas, R. and J.C. Caygil: Selected functional properties of sesame(*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 557 (1981)
35. Buchanan, R.A.: Effect of storage and lipid extraction on the properties of leaf protein. *J. Sci. Food Agric.*, **20**, 359 (1959)
36. 김충희, 김효선, 이장순, 강영주: 유채단백질의 proteolysis에 의한 기능성 변화. *한국식품과학회지*, **21**, 519 (1992)
37. 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 (1983)

(1995년 3월 9일 접수)