

두유생산과정 중에 발생하는 비지의 성분에 관한 연구

우은열 · 이경애* · 이옥희 · 김강성†

용인대학교 식품영양학과, *한국식품개발원

Composition of Okara Produced from Soymilk Processing

Eun-Yeol Woo, Kyung-Ae Lee*, Ok-Hee Lee and Kang-Sung Kim†

Department of Food Science and Nutrition, Yongin University

*Korea Food Research Institute

Abstract

In order to utilize okara protein as a food additive, nutritional composition of soymilk okara was investigated. Protein in okara is highly insoluble due to excessive heat treatment during soymilk processing. Protein content of okara was 37.3% as compared to 42.5% for soybean. Carbohydrate and lipid contents of okara were 40.6% and 17.9%, respectively. Okara lipid extracted with chloroform-methanol consisted of neutral lipid, glycolipid and phospholipid, with neutral lipid making up 98.6%. Linoleic acid, oleic acid, and palmitic acids accounted for about 80% of the total fatty acids with linoleic acid sharing 50.3% of the total. Amino acid composition of okara protein was dissimilar to that of soy protein: Cysteine was totally absent in okara while lysine, which is the limiting amino acid of soy protein, was present in higher amount in okara on dry weight basis. Both aqueous extract of okara protein and soy protein were found to have ACE inhibitory activity.

서 론

콩은 우리나라 또는 동북아시아가 원산지인 식물로 곡류 위주의 식습관을 지닌 우리나라 사람들에게 있어 단백질과 지방의 중요한 영양공급원이 되고 있다. 또한 무기질과 비타민이 풍부하고 특히 콩 단백질에는 곡류의 제한 아미노산인 lysine 함량이 풍부하여 부족되기 쉬운 단백질을 보충하는 주요 급원이 되고 있다. 최근 들어 식물성 단백질에 대한 관심이 높아지면서 콩은 새롭게 각광을 받고 있다. 그것은 콩이 양질의 단백질과 높은 함량의 필수지방산을 함유함에 따라 영양적으로 우수한 식품소재가 될 수 있다는 재평가가 되어지고 있기 때문이다¹⁾.

한편 우리나라는 해마다 150만 톤 가량의 대두를

외국으로부터 수입하고 있는데 수입된 대두 가운데 약 30% 가량만이 식품으로 직접 이용되고 나머지 70%는 식용유, 두부 및 두유 등의 2차 가공품 생산에 활용된다. 이들 공장의 가공과정 중 생산되는 부산물인 비지 또는 대두박은 전량 건조되어 동물사료로 사용되고 있다. 그러나 두부 및 두유 공장에서 발생하는 비지는 수분함량이 80%이상 되므로 이를 단순 건조하는 데에도 막대한 비용이 소요되고 있을 뿐 아니라 일부만이 동물사료로 충당되며 나머지는 폐기 처분되고 있는 실정이어서 환경오염 측면에서도 중대한 문제점을 제기하고 있다.

영양학적인 측면에서 비지는 대두로부터 수용성 물질이 추출된 상태이기는 하나 상당량의 단백질과 탄수화물을 함유하고 있고^{2,3)}, 특히 두유비지의 단백

† Corresponding author : Kang-Sung Kim

질은 다른 식품 단백질에서 부족 되기 쉬운 황함유 아미노산과 lysine의 함량이 비교적 많아 protein efficiency ratio가 대두, 두부 및 두유보다 높아서^{5,6)} 양질의 단백질로 평가되고 있어 비지의 식품화의 효율적인 활용에 관한 연구가 절실한 실정이다. 김 등⁷⁻⁹⁾은 acetylation 반응에 의한 콩단백질의 기능적 특성 향상을 보고하였고, 두유 공정 중 생산되는 비지로부터 식품가공에 사용될 수 있는 단백질생산과 효소처리에 의해 가용화하여 단백질의 이용도 증진에 관한 연구를 보고하였다¹⁰⁻¹³⁾. 그러나 두유공정 중에 생산되는 비지는 과도한 열 처리에 의하여 단백질이 변성된 상태이므로 기능적 특성이 상실되어 있어 식품소재로 이용하기 위해서는 용해도를 비롯하여 단백질의 기능을 증대시키는 기술이 선결되어야 한다. 열 변성된 콩단백질은 내부의 -SH기와 소수성 아미노산 잔기가 분자표면에 노출되어 분자간의 S-S결합이나 소수결합이 형성되면서 수용성인 주 단백질이 물에 불용화되는 것으로 알려졌다¹⁴⁾. 이 불용성 응집물을 녹이는데는 강산, 강알칼리로 하여 분자간 정전기력을 강하게 하거나 2-mercaptoethanol과 같은 -SH기제로 S-S결합을 SDS 같은 계면활성제로 소수결합 등을 절단하여 일부 가용화 시켜 이용할 수 있다.

본 연구에서는 두유생산공정 중에 발생하는 비지의 아미노산 조성과 지방의 지방산 조성을 연구하여 식품첨가물로의 활용 여부를 알아보고자 하였다.

실험 재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용된 수입메주콩(입도가 80~100mesh로 분쇄)과 두유 생산 시 부산물로 얻어지는 비지는(주)정·식품(충북 청주)에서 제공받아 냉장 보관하여 사용하였다.

2. 이화학적 특성 분석

1) 일반성분

비지와 soybean flour(대두분)의 조단백, 조지방 및 조회분 함량을 A.O.A.C법¹⁵⁾에 따라 micro-Kjeldahl 법, Soxhelt 법 및 550°C 건식 회화법으로 측정하였다. 탄수화물 함량은 100에서 조단백 함량, 조지방 함량, 조회분 함량을 뺀 값을 사용하였다. 각 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값을 사용하였다.

2) 지방산 조성

지방질은 silicic acid 컬럼 크로마토그래피에 의하여 chloroform, acetone, methyl alcohol의 순서로 용출시켜 중성지방질, 당지방질 및 인지지방질을 분리하였다. 각 지방질은 분획을 분석하기 전에 유리지방산을 얻기 위하여 지방질을 비누화 한 후 가스크로마토그래피를 이용하여 지방산을 분석하였다¹⁶⁾. GC를 이용한 분석조건은 Table 1과 같다.

3) 아미노산 조성 및 함량

비지와 soybean flour(대두분)를 0.25g 칭량하여 ampule에 넣고 6N-HCl 15ml를 가한 다음 질소가스로 치환하여 신속하게 밀봉하였다. 이를 110°C 오븐에서 24시간 가수분해시킨 뒤 방냉하여 탈이온수로 50ml 정용플라스크에 정용 후 0.2 μm membrane filter로 여과하여 AccQ-Tag방법으로 유도체화 시킨 다음 아미노산을 HPLC로 분석하였다. 이때 column은 Nova-pak C18 (3.9×150 mm, Nova, Switzerland), injection volume는 5 μl, flow rate는 1 ml/min 이고, 검출기는 fluorescence, 이동상은 0.14M sodium acetate(A), 60% acetonitrile(B)를 gradient법으로 분석하였다.

3. 비지의 ACE 저해 활성의 측정

1) 물추출

탈지 분말시료에 20배의 증류수를 가하여 잘 섞은 다음 50°C의 진탕항온수조에서 4시간동안 추출된 후, 2,000×g에서 20분간 원심분리하여 상정액을 취하고 이를 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 동결건조한 후에 물추출 시료로 사용하였다.

2) 유기용매 추출

탈지 분말시료에 유기용매(methanol)를 10배씩 가하여 상온에서 1시간 동안 잘 교반하여 추출하였다. 그리고 2,000×g에서 20분간 원심분리하고 그 상정액을 취하여 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 prtri-dish에 넣어 40°C의 열풍건조기에서 유기용매를 날린 후, ether를 적당량 가하여 녹여서 eppendorf tube에 옮겨 넣고 다시 실온에서 ether를 제거한 후에 유기용매추출물 시료로 사용하였다.

3) ACE 저해활성효과 측정

ACE 저해 활성의 측정은 Cushman과 Cheung¹⁷⁾의 방법에 따라 측정하였다. 기질(Hip-His-Leu)0.1ml과 시료 0.5ml의 혼합액을 37°C에서 5분간 반응시킨 후 ACE효소액 0.15ml을 첨가하여 1시간 재 반응시킨 다

Table 1. Gas chromatography conditions for analysis of fatty acid composition

Conditions	
Column	Supelco wax-10 capillary column
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	He (1ml/ min)
Column temperature	180°C
Injection temperature	250°C
Injection volume	0.4 μ l
Detector temperature	250°C

음 0.5N HCL (250 μ l)을 사용하여 반응을 정지시켰다. 여기에 에틸아세테이트 1.5ml을 가한 후 2,800rpm에서 10분간 oil bath 140°C에서 15분간 건조하여 1M NaCl (3ml)로 용해시킨 후 228nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 식에 의해 ACE 저해율을 측정하였다. 공실험은 시료용액 대신 증류수 50 μ l를 사용하였으며 대조구는 HCL을 가한 후 효소액을 가하였다. ACE 저해율은 아래와 같이 계산하였다.

- ▶ ACE inhibition ratio(%) = (C - S/C - B) × 100
 단, B : Blank의 흡광도
 S : Sample의 흡광도
 C : Control의 흡광도

결과 및 고찰

1. 일반성분

비지와 대두의 일반성분을 A.O.A.C 방법으로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 비지의 일반성분에는 건물량을 기준으로 할 때 단백질이 24~30%, 지방이 13~15%, 탄수화물이 50~60% 함유되어 있는 것으로 보고하고 있고¹⁸⁾, 대두의 일반성분은 단백질, 지질, 탄수화물이 각각 20~45%, 15~20%, 25~30% 함유되어 있는 것으로 알려졌다¹⁹⁾. 본 실험에서 사용된 비지의 조단백 함량은 37.3%로서 대두의 42.5%에 비해 약

Table 2. Composition of okara and soybean
(unit : %, w/w)

Variety	Okara	Soybean
Crude protein	37.3	42.5
Crude lipid	17.9	23.2
Ash	4.2	5.0
Carbohydrate	40.6	29.0

5% 정도가 적게 나타났다. 비지와 대두의 조지방 함량은 17.9%와 23.2%로 각각 나타났으며 탄수화물은 40.6%와 29.3%로 비지가 상당량 함유하고 있는 것으로 나타났다. 일반성분은 콩의 종류와 비지의 회수 방법에 따라 차이가 있다고 알려져 있지만 비지의 일반성분 중 조단백, 조지방, 조회분의 함량은 대두와 유사하거나 약간 낮게 나타났고 비지는 대두에 못지 않는 상당량의 단백질과 탄수화물을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

2. 지방산 조성

비지와 대두의 지방질은 silicic acid 컬럼 크로마토 그래피에 의해 chloroform, acetone, methyl alcohol의 순서로 중성지방질, 당지방질 및 인지지방질을 용출시켜 분획하였다. 비지와 대두로부터 추출된 총지방질의 지방질의 종류와 구성비는 Table 3에서와 같다. 비지의 지방질 함량은 중성지방질, 당지방질 및 인지지방질의 순서로 낮게 나타났으며 대두는 중성지방질, 인지지방질 및 당지방질의 순서로 함량이 낮았다. 두 시료간에 지방질의 함량을 비교해 보면 중성지방질은 비지가 98.6% 정도로서 대두의 98.3%보다는 약간 높거나 비슷하게 함유되어 있다. 비지와 대두의 당지방질 함량은 0.8%와 0.2%로 비지가 높게 함유되었으며, 인지지방질의 함량은 0.4%와 1.6%로 비지가 대두보다 적었다. 그러나 당지방질과 인지지방질의 함량은 전체성분에 비해 상당히 낮은 함량이기 때문에 영양적인 측면에서 큰 영향을 미치지 못할 것으로 사료된다.

각 지방질을 분획을 분석하기 전에 유리지방산을 얻기 위하여 지방질을 비누화 한 후 가스크로마토그래피를 이용하여 지방산을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 비지의 지방산 조성은 포화지방산이 16.1%, 불포화지방산이 83.9%의 비율로 나타났다. 그 중 linoleic acid (18:2)가 50.3%로서 가장 높은 비율을 차지하였으며, oleic acid (18:1)가 23.4%, palmitic acid (16:0)가 11.4% 순서로 나타났다. 주요 지방산으로 stearic acid (18:0)는 4.2%로서 가장 낮은 비율을 차지하고 있어서 전형적인 대두의 지방산 조성고 같았

Table 3. percentage of lipid fraction in okara and soybean
(%)

Lipid	Okara	Soybean
Neutral lipid	98.6	98.3
Glycolipid	0.8	0.2
Phospholipid	0.4	1.6

Table 4. Fatty acid composition of total lipid of okara and soybean (%)

Fatty acid	Okara	Soybean
Palmitic acid(16:0)	11.5	11.4
Stearic acid(18:0)	4.2	4.6
Oleic acid(18:1)	24.1	23.4
Linoleic acid(18:2)	50.3	52.2
linolenic acid(18:3)	9.5	7.1
Arachidic acid(20:0)	0.4	0.2
SFA	16.1	16.5
UFA	83.9	82.7

SFA: Saturated Fatty Acid.

UFA: Unsaturated Fatty Acid.

다²⁰⁾. 비지는 상당한 열처리를 받았음에도 불구하고 이와 같이 지방산 조성에서 차이가 나타나지 않았기 때문에 영양적인 측면에서도 차이가 없다고 사료된다. 따라서 대두 지방의 특징인 불포화지방산이 대량 함유되어 있고, 필수지방산인 linoleic acid와 linolenic acid 함량이 높아 신진대사에 필요한 지방산을 공급해주고 성인병 예방 및 치료의 효과가 있는 특징을 가질 것으로 사료된다.

3. 아미노산 조성 및 함량

비지와 대두의 아미노산 조성과 함량을 Table 5와 같다. 비지의 아미노산은 cysteine을 제외한 aspartic acid, serine, glutamic acid, glycine, histidine, threonine, arginine, alanine, proline, tyrosine, valine, methionine, lysine, isoleucine, leucine, phenylalanine 으로 16종이 분석되었고 대두는 17종이 분석되었다. 비지의 총 아미노산 함량에 대한 각 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid 순으로 비교적 높은 것으로 나타났고, 가장 적게 함유되어있는 아미노산은 methionine, histidine인 것으로 나타났다. 이것은 대두의 아미노산 조성과 비교하여 비슷한 경향을 보이고 있다. 곡류에 제한아미노산 이나 콩의 주요한 아미노산 인 lysine 함량은 비지가 70.9 mg/g protein이었고 대두는 56.5mg/g protein으로 비지에 더 높게 나타났으며, serine, phenylalanine 또한 비지에서 더 높게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 비지는 특정 amino acid 가 더 추출되거나 적게 추출되지는 않는 것으로 사료되며 cysteine을 제외한 아미노산 조성이 대두와 거의 비슷하기 때문에 영양적인 측면에서 문제되지는 않을 것으로 사료된다.

Table 5. Amino acid content of the okara and soybean (unit : mg/g protien)

Amino acid	Okara	Soybean
Asp.	71.1	103.1
Ser.	29.8	28.0
Glu.	108.0	155.9
Gly.	25.9	37.2
His.	17.5	22.2
Thr.	24.4	26.0
Arg.	46.8	57.4
Ala.	26.2	38.2
Pro.	35.1	42.2
Cys.	0	5.7
Tyr.	19	29.0
Val.	30.3	43.8
Met.	3.8	2.9
Lys.	70.9	56.5
Ile.	42.9	42.7
Leu.	28.6	64.2
Phe.	59.7	43.7
Total	634.8	798.6

4. 비지의 ACE 저해활성 효과

비지와 대두를 물로 추출하여 얻은 물추출물과 유기용매(methanol)로 추출하여 ACE 저해활성을 측정 한 결과를 Table 6에서 보여주고 있다. 그 결과 비지는 물추출에서 ACE 저해 활성이 76.9%로 유기용매 추출물 55.9%로 나타났으며 대두는 물추출에서 ACE 저해 활성이 89.2%로 유기용매 추출물 59.6%로 나타났다. 따라서 두 시료 모두 유기용매 추출물에서보다 물추출물에서 ACE 저해효과가 현저히 높아 ACE 저해성분은 물에서 추출되어 나오는 수용성 물질임을

Table 6. ACE inhibitory and antiplatelet activity of extracts on water and solvents of okara and soybean

		Inhibition rate (%)	
		Water extraction (0.3 g/ml)	Methanol extraction (0.3 g/ml)
Antiplatelet activity	Okara	80.3	79.0
	Soybean	88.3	81.2
ACE inhibition	Okara	76.9	55.9
	Soybean	89.2	59.6

알 수 있었다. 염 등²²⁾에 의하면 위와 같이 식품중의 중요한 구성성분으로 함유되어 있는 단백질이 효소에 의하여 가수분해되면 여러 가지 생리활성을 가지는 peptide가 생성될 것으로 보고하고 있다. 현대 성인병은 심장순환기계의 질환들이 주류를 이루고 있는데 특히 고혈압은 심부전증, 신장기능 저하, 뇌졸중 등 치명적인 심장순환기계의 직접원인이 되는 것으로 알려져 있다. 혈압의 상승과 유지에 중요한 작용을 담당하고 있는 효소인 안지오텐신-I 전환효소 (angiotensin-I converting enzyme, ACE)가 신장의 방사구체 세포에서 분비되는 레닌의 작용에 의해 angiotensinogen에서 유리되는 불활성 decapeptide 인 angiotensin I의 C 말단 부위 His-Leu를 절단하여 활성 octapeptide인 angiotensin II로 전환시키는 효소이다. 또한 ACE는 혈압강화 펩타이드인 bradykinin을 불활성화하는 효소이기도 하다²³⁾. ACE에 의해 생성된 angiotensin II는 혈압을 높이는 작용을 한다고 알려져 있다. 따라서 식품에서 ACE저해 peptide의 탐색은 혈압상승 억제기능을 가진 새로운 식품소재의 개발이라는 면에서 중요한 의미를 가진다.

결 론

본 연구에서는 두유의 공정 중 열에 의해 변성되어 기능적 특성이 상실된 비지와 대두의 일반성분과 pH에 따른 단백질의 추출율을 비교하였다. 또한 비지의 생리활성물질인 ACE 저해활성효과를 측정하여 성인병을 예방할 수 있는 식품을 개발하고 비지단백질의 고부가가치화의 일환으로 식품소재로서의 이용 가능성에 대해 분석하였다. 비지와 대두의 일반성분을 분석한 결과, 단백질의 함량은 비지가 37.3%로서 대두의 42.5%에 비해 약 5% 정도가 적게 나타났다. 비지와 대두의 지방 함량과 탄수화물 함량은 17.9%와 23.2% 그리고 40.6%와 29.3%가 각각 함유되어 있다. 비지는 대두에 못지 않는 상당량의 단백질과 탄수화물을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 비지의 지방질 함량은 중성지방질, 당지방질 및 인지지방질의 순서로 낮게 나타났으며, 대두는 중성지방질, 인지지방질 및 당지방질의 순서로 함량이 낮았다. 두 시료 모두 총 지방질의 지방산은 linoleic acid가 가장 높은 비율로 나타났고 oleic acid, palmitic acid 순으로 이들 세 지방산이 80% 이상을 차지하였다. 비지는 열처리를 받았음에 불구하고 지방산 조성에서 대두와 별 차이가 안 나타났기 때문에 영양적인 측면에서도 차이가 없다고 본다. 아미노산 조성은 비지가 cysteine을 제외한 as-

partic acid, serine, glutamic acid, glycine, histidine, threonine, arginine, alanine, proline, tyrosine, valine, methionine, lysine, isoleucine, leucine, phenylalanine으로 16종이 분석되었고 대두는 17종이 분석되었다. 비지의 총 아미노산 함량에 대한 각 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid 순으로 비교적 높은 것으로 나타났고, 가장 적게 함유되어 있는 아미노산은 methionine, histidine인 것으로 나타났다. 곡류에 제한아미노산인 lysine의 함량은 비지가 70.9 mg/g protein이었고 대두는 56.5 mg/g protein으로 비지가 더 높게 나타났다. 비지와 대두는 물로 추출하여 얻은 물추출물과 유기용매(methanol)로 추출하여 ACE 저해활성을 측정하였다. 그 결과 비지와 대두는 물추출에서 ACE 저해 활성이 76.9%와 89.2%로 유기용매 추출물 55.9%와 59.6%로 각각 나타났다. 따라서 유기용매 추출물에서보다 물추출물에서 ACE 저해효과가 현저히 높아 ACE 저해성분은 물에서 추출되어 나오는 수용성 물질임을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비(KRF-99-003-G00081G6001)에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, Y. W.: Characteristics of the soybean protein and its utilization, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 22(5), 643 (1993).
2. 이귀주: 효소제를 첨가한 비지의 발효과정 중 탄수화물 성분변화에 관한 연구. *한국생화학회지*, 17(1), 44 (1984).
3. 장성수, 장호남, 박무영: 압착 여과와 열풍에 의한 비지의 건조. *한국식품과학회지*, 10(1), 1 (1978).
4. 김강성, 박은하, 최연배, 김교창, 이상화, 손헌수: *Aspergillus niger* CF-34 효소를 이용한 두부 또는 두유비지의 가용화. *한국식품과학회지*, 26, 484 (1994).
5. 김강성, 손헌수: *Aspergillus niger* CF-34로 부터 분리한 두부 또는 두유비지의 가용화 복합효소의 특성. *한국식품과학회지*, 26, 490 (1994).
6. 김강성, 김진국, 박은하, 정형근, 손헌수, 정재원: 두유 또는 두유 비지로부터 두유를 제조하는 방법. 대한민국 특허 3580 (1994).
7. Kim, K. S. and Rhee, J. S. : Effect of acetylation on conformation of glycinin. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 714~718 (1989).
8. Kim, K. S., Kim, S. J. and Rhee, J. S.: Effect of

- acetylation on emulsifying properties of glycinin. *J. Agric. Food Chem.*, 38, 669~673 (1991).
9. Kim, K. S., Lee, S. H. and Rhee, J. S.: Effect of acetylation on functional properties of soy protein during storage with glucose. *Food Sci. Biotechnol.*, 3, 109~114 (1994).
 10. Chae, H. J., In, M. J. and Kim, M. H.: Optimization of enzymatic treatment for the product of hydrolyzed vegetable protein. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 1125~1129 (1997).
 11. Choi, Y. B., Kim, K. S. and Sohn, H. S.: Selective removal of pectinase from soybean cell wall degrading enzyme complex isolated from *Aspergillus niger* CF-34. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 27, 370~374 (1995).
 12. Kim, C. H., Kim, M. R., and Lee, C. H. : Effect of type of enzyme on the bitterness of partial of partial hydrolyzates of soybean. *Food. Sci. Biotechnol.*, 1, 79~83 (1992).
 13. Kim, I. S., Choi, J. H., and Hong, J. H.: Change in functional properties of casein by different chemical modifications. *J. Food Sci. Nutr.*, 2, 17~22 (1997).
 14. Saio, K., Kajikawa, M. and Watanabe, T.: Food processing characteristics of soybean proteins. Part II. Effect of sulfhydryl groups on physical properties of tofu-gel. *Agric Biol. Chem.*, 35, 890~898 (1971).
 15. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington D. C. (1990).
 16. Paquot, C. and Hautfenne, A.: Standard methods of the analysis of oils, fats and derivatives p123~129. Blackwell Scientific Publications Ltd., (1987).
 17. Cushman, D. W. and Cheung, H. S.: Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharm.*, 20, 1637 (1971).
 18. Baure, M. C., Clemente, M. G. and Banzon, J.: Survey of suitability of thirty cultivars of soybeans for soymilk manufacture. *J. Food Sci.*, 41, 1204 (1976).
 19. Keshun, L.: Soybeans: Chemistry, technology and utilization p. 25~113. Chapman & Hall (1997).
 20. 김우정: 콩단백질의 영양과 이용, 미국대두협회 (1987).
 21. 유정선, 이수래: 두유의 품질향상을 위한 효소적 처리의 효과. *한국식품과학회지*, 20(3), 426~432 (1988).
 22. 염동민, 노승배, 이태기: 식품단백질 효소 가수분해물의 Angiotensin-1 전환효소 저해 작용. *J. Korean Soc. Food Soc. Nutr.*, 22(2), 226 (1993).
 23. 키와키시 순로: 식품 중의 생체기능조절물질연구법 (기능성 식품소재연구회 옮김). 한림원, 서울, p.121~132 (1996).

(2001년 10월 30일 접수)