

산 · 학 · 연 논문

대두단백질 가수분해물의 기능적 특성 Functional Characterization of Soy Protein Hydrolysate

강진훈 (Jin-Hoon Kang)

고신대학교 식품영양학과

서론

대두는 식품에 있어서나 인간의 건강을 위해서 아주 유
효한 식량자원이라는 것은 주지의 사실이다. 특히, 우수한
단백질이 풍부하고 각종의 비타민과 양질의 지방성분이
함유되어 있어서 영양학적으로 뿐만 아니라 노화의 예방
이라는 측면에서 유효하게 이용되고 있는 식품 중의 하나
이다. 또한 한국에서 생육하는 대두로 만든 발효식품으로
서 된장은 이웃 일본에 비해서 아주 월등한 항암 및 항산
화효과를 가지고 있는 것으로 보고되고 있어 이에 대한
체계적이고 임상학적인 연구가 계속적으로 진행되어야
할 필요가 있다고 하겠다. 근래에는 대두에서 단백질을
추출하여 가수분해시킨 것을 이용한 연구 결과 노화나 발
암의 억제에 아주 유효한 성분이 함유되어 있다고 보고되
고 있어 이에 대한 연구도 한창 진행되고 있는 단계이다.

우리 나라의 자연에서 생산되는 천연식물에서는 항산
화작용을 가지는 성분들이 풍부하게 들어있는 것으로 보
고되고 있고 또 이들은 항산화성 뿐만 아니라 항균성 및
항암성까지도 가지고 있는 것으로 보고되고 있는데(1) 그
주요성분은 주로 flavonoid에 속하는 성분이나 phenol성
분으로 알려지고 있다(2). 본 연구자도 이에 대한 실험을
산사자나 익모초를 중심으로 행한 바 있는데 이들 중에는
phenol 성분이 다량 함유되어 있고 그 조성이 그리 많지
않은 종류로 구성되어 있다는 사실을 보고한 바 있다(2,
3). 또한 이들을 이용해서 지질의 항산화능을 비롯해서 금
속착체형성능 및 DNA 손상억제능을 조사한 바 있는데
그 결과 모두 양호한 결과를 얻은 바 있다. 또한 대두에서
도 이와 같은 생리학적 특성을 가지는 것으로 보고되고
있으며 대두단백질을 가수분해했을 때 얻어지는 물질을
이용해서도 동일한 결과를 얻을 수 있다고 한다(4). 특히,
대두에서 추출한 단백질을 가수분해해서 그 추출물을 이
용해서 생리학적인 유효이용에 대해서 연구가 활발하게
진행되고 있는 중으로 이를 이용해서 노화나 성인병 등의

예방을 위해서도 또는 산업적으로도 유효하게 이용할 수
있는 근거가 된다.

그래서 본 연구자가 대두단백질을 가수분해하여 추출
분리한 물질을 이용해서 대두단백질 가수분해물의 기능
적 특성을 규명하는 연구의 일환으로 시행한 실험의 결과
를 바탕으로 요약하고자 한다.

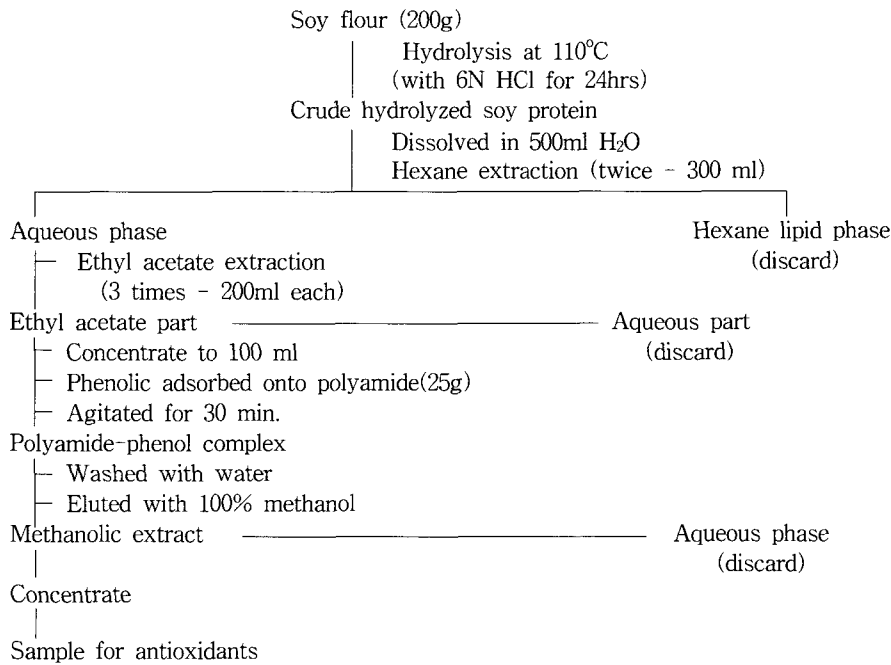
대두단백질의 가수분해

대두단백질은 주로 염산을 이용해서 가수분해하거나
효소적인 방법에 따라 가수분해된다. 본 연구자를 비롯해
서 Pratt 등(5)은 염산을 이용해서 Scheme 1과 같은 방법
에 따라 가수분해하였다. 물론 연구자에 따라, 또는 실험
재료에 따라 조금씩 다르게 사용하였지만 여기서는 Pratt
등(5)의 방법대로 나타낸다.

한편, 염(6)은 탈지분말대두를 시료로 사용해서 alcalase,
bromelain, pancrease, pepsin, α -chymotrypsin, trypsin
및 papain을 비롯해서 각종의 복합효소를 섞어 서로 다른
온도 하에서 시료를 가수분해해서 다량의 peptide를 얻을
수 있었다고 보고한 바 있다.

단백질 가수분해물의 조성

Pratt 등(5)은 상기의 방법으로 대두단백질을 가수분해
시키고 phenol성 항산화성분을 추출하였는데 Table 1과
같이 주요성분이 isoflavone인 genistein과 daidzein, glyci-
tein 등이라고 보고하였다. Walz(7)는 대두로부터 isoflavone
glucoside인 genistin, daidzin 등을 분리하였는데 이들을
aglucone인 genistein(5, 7, 4'-dihydroxyisoflavone)과
glucose(1:1), 같은 aglucone인 daidzein(7, 4'-dihydroxyiso-
flavone)으로부터 추출하였다고 하였다. Walter(8)는 핵
산을 이용해서 대두flake로부터 genistin을 분리하였다고
보고하여 Walz(7)의 결과를 입증한 바 있다. Rackis(9),



Scheme. 1. Isolation of antioxidants from soybean protein hydrolyzates

Table 1. Chromatographic characteristics of isoflavones of soy protein hydrolysates

Compound	GLC ^a	TLC
Genistein		
Authentic	1.00	Co-chromatography in 4 solvents systems(Same)
Isolated	1.00	
Daidzein		
Authentic	0.80	Co-chromatography in 4 solvents systems(Same)
Isolated	0.80	
Glycitein		
Isolated	1.72	

Table 2. Phenolic acids of soy protein hydrolyzate

Acid	λ max ^a Co-chromatography ^b		Concentration	
	nm	TLC ^c	GLC ^d	moles/kg
caffeic	316	5	1.00	3.6×10^{-3}
	285			
Ferulic	314	5	0.80	1.5×10^{-4}
	287			
p-Coumaric	310	5	0.43	Tr
	286			
Syringic	270	4	0.38	1.8×10^{-4}
Vanillic	260	4	0.23	1.2×10^{-5}
	285			
Genistic	328	4	0.25	Tr
p-Hydroxybenzoic	251	4	0.14	Tr

a : λ max are the same for isolated and authentic compounds.
 b : Co-chromatography of isolated and authentic compounds
 c : Number of chromatographic systems used
 d : Retention time relative to caffeic acid

Honig 등(10)도 genistin과 daidzin이 대두에서 분리한 주요 phenol성 화합물이라고 보고하였으나 Okano와 Beppu (11)의 보고에서는 이들 외에 다른 isoflavone도 함유하고 있을 것이라고 추정하기도 하였다. Gyorgy 등(12)은 이들 외에도 6, 7, 4'-trihydroxyisoflavone을 발효한 대두단백질인 tempeh로부터 분리하였으며 Naim 등(13)은 glycitein이라고 부르는 7, 4'-dihydroxy, 6-methylisoflavone을 분리한 바 있다.

한편 대두단백질의 가수분해물에는 isoflavone류와 같은 항산화성물질 뿐만 아니라 Table 2와 같이 phenol산도 다수 포함되어 있어 있는 것으로 Pratt 등(5)이 보고하여 대두단백질 가수분해물의 이용성을 향상시킬 수 있는 근거를 제공하였다.

한편, 각종의 단백질을 이용해서 인체 생리학적인 유효성분을 많이 추출하는 실험이 행해지고 있는데 염(6)은

우유 단백질인 β -, κ -casein의 trypsin 가수분해물로부터 opioid peptide를 추출하였다고 보고하였는데 이것은 진통작용을 가지는 물질로 이용되고 있다. 丸山(14)은 우유 casein으로부터 ACE저해능을 가지는 peptide와 함께 상기한 opioid peptide가 생성한다고 하였다. 그리고 拓植信昭 등(15)은 卵 albumin을 효소적으로 가수분해시키고 각종의 peptide를 분리한 후 이들의 항산화성에 대해 조사한 바 있는데 이들은 추출한 peptide가 다음의 Table 3과 같은 아미노산 배열을 가진다고 밝혔다.

Table 3. Amino acid sequence of isolated peptide

	Amino acid sequence
P1	Ala-His-Lys
P2	Val-His-His
P3	Val-His-His-Ala-Asn-Glu-Asn

대두단백질의 기능적 특성

대두단백질에 관한 산업적인 이용은 이미 오래 전부터 활발하게 연구 보고되고 있고 또한 식품의 가공이나 제조 등에 적용되어 왔으나 대두단백질에 함유되어 있는 성분에 의한 임상학적인 이용에 관해서는 그다지 오래 되지 않았다고 할 수 있다. 그래서 본 항에서는 대두단백질이나 그 가수분해물로부터 각종의 성분을 추출하고 이의 생리학적인 유효이용에 관해 조사 보고한 바를 나타내고자 한다.

대두단백질의 항산화성

우리 나라의 자연 식물에는 polyphenol성 화합물이 많아 지질의 산화를 억제하는 능력이 크다는 사실은 여러 연구보고에 의해 발표되어 왔다. 익모초나 산사자 등의 약용식물들에도 항산화능이 있다는 사실은 본 연구자에 의해 발표된 바 있고(2,3) 이들의 항산화성은 flavonoid에 기인한다는 결과를 얻었다.

특히, 본 연구자의 실험 결과(2,3) 대두단백질에서도 이런 결과를 얻을 수 있다는 사실이 보고되어 있는데 그것을 나타내면 Fig. 1 및 2와 같다.

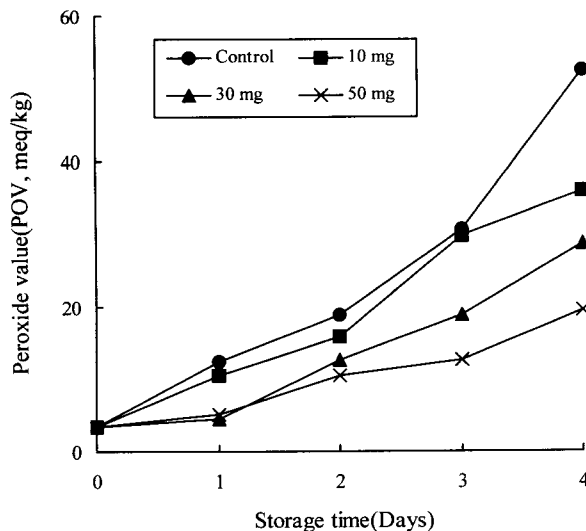


Fig. 1. Changes in peroxide value by linoleic acid peroxidation during storage of linoleic acid. Control doesn't contain antioxidants.

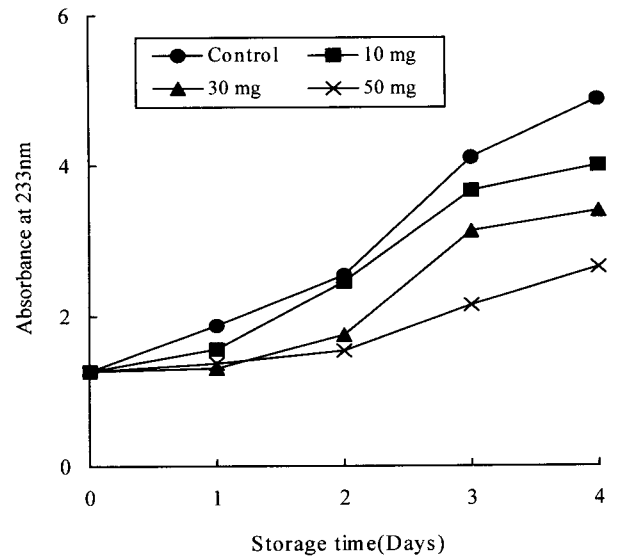


Fig. 2. Changes in TBA value by linoleic acid peroxidation during storage of linoleic acid and antioxidants. Control doesn't contain antioxidants.

염(6)은 대두를 여러 효소로 가수분해하여 그들의 항산화능을 조사하였는데 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 모든 효소군에서 가수분해물의 항산화능이 상당히 큰 것을 알 수 있다. 이와 같은 항산화능은 대두 원료에서도 나타났었는데 Hayes 등(4)의 연구 결과를 이용하면 Table 4와 같다. 표에서 볼 수 있듯이 각종의 가공식품에서의 soy bean flour의 항산화능이 우수한 것을 알 수 있다. 그러나 항산화능이 만족할만한 정도를 나타내는 대두밀의 함량은 식품의 종류에 따라 다르며 효능을 나타

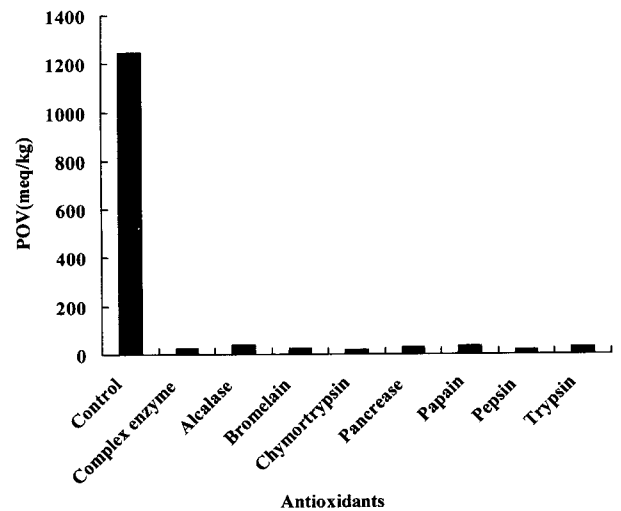


Fig. 3. Antioxidative effect of enzymatic hydrolysate solution of defatted soybean cake on oxidation of linoleic acid. 1g of linoleic acid was incubated with hydrolysate containing 5 mg of nitrogen compounds at 37°C for 7 days.

Table 4. Effective antioxidative levels of soybean flour in various products

Product	Effective level of use (flour)	Comment	Reference
Lard	5~10%	-	Musher(1935a)
Premier juice	2~6%(unspecified type)	Original condition of fat strongly influenced soy effectiveness	Sylvester et al.(1942)
Ghee(bufflo butter)	0.5, 1.0%(full-fat)	About equally effective	El-Sokkary and Ghoneim(1951)
Frozen pastry	5~20%(full-fat)	All concentrations were about equally effective	Overman(1947)
Raw Pastry mixes and Baked pastry	10%(low-fat)	50°C storage	Overman(1951)
Ration biscuits	4~20%(defatted)	progressively lower peroxide values with increasing conc.	Lips et al.(1949)
Dehydrated pork-corn meal scrapple	2.8%(full-fat)	-	Morgan and Watts (1948)
Frozen, raw ground pork and Frozen, precooked ground pork	2.5~7.5%(full-fat)	No significant difference in peroxide values with conc	Neil and Page(1956)
Degermed, uncooked corn meal-soy flour blend	15, 20%(toasted, defatted) or (commercial-proces full-fat) or (extrusion-cooked full-fat)	No flavor difference between 15% and 20% products	Bookwalter et al. (1971a)
Degermed, uncooked corn meal-soy flour blend ferrous sulfate	15~25%(toasted, defatted)	No rancidity after storage	Anderson et al. (1974)
Instant, fully cooked corn meal-soy flour-milk blend (plus 5% soybean oil)	27.5%(toasted, defatted)	Low peroxide values after storage	Bookwalter(1976)

내는 함량의 범위도 아주 넓은 것으로 보고되고 있다. 특히, Overman(16)은 저지방의 대두밀을 10% 정도 함유하는 pastry가 저장기간을 연장하는데 효과적이었다고 하였는데 이는 구운 pastry의 원래 한계의 약 3배에 가까운 정도이고 생물학적 산패가 진행되기 직전의 pastry혼합물의 원료의 정상기간의 약 6배에 달하는 결과를 얻었다고 보고하였다. 이같은 결과로 미루어보아 대두의 원료를 이용해서도 소기의 항산화효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

이와 함께 拓植信昭(15)는 卵 알부민에서 분리한 저분자 peptide 중 Table 1의 P1, P2, P3 등의 peptide 확분에서 항산화능이 아주 크게 나타났다고 보고한 바 있다.

한편, 본 연구자는 이러한 대두단백질이나 그 가수분해물의 지질산화억제능이 어떠한 기구에서 기인하는 것인지에 대해 조사하였다. Fig. 4는 linoleic acid의 산화에 대한 활성산소종의 영향을 측정된 결과인데 그림에서 보다시피 각종의 활성산소 소거제를 첨가한 반응구에서 지질의 산

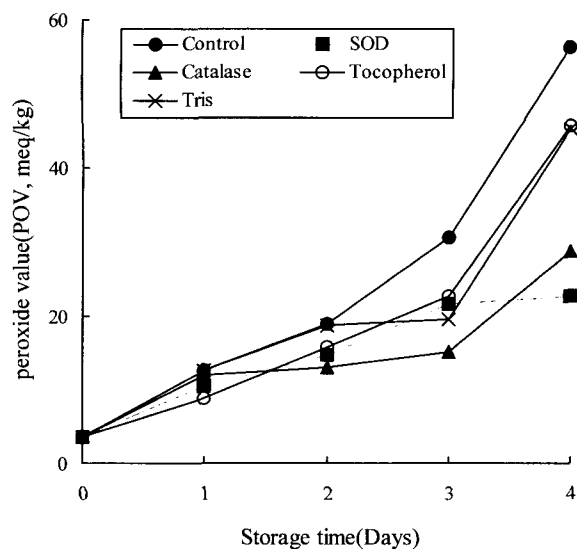


Fig. 4. The effects of active oxygens on the linoleic acid peroxidation without antioxidants. Control was linoleic acid only.

화가 억제되는 것을 알 수 있다. 따라서 linoleic acid의 산화에는 활성산소종이 깊이 관여한다고 할 수 있다. 그리고 Fig. 5 및 6은 과산화수소와 superoxide anion의 두 활성 산소를 각각 대두단백질 가수분해물과 반응시킨 결과를 나타낸 그림이다. 그 결과 대두단백 가수분해물을 첨가한 반응구에서 지질의 산화가 크게 억제하였으며 활성산소를 첨가한 반응구에서도 억제되는 결과를 나타내었다. 따라서 대두단백질의 항산화능에서는 활성산소종의 소거 작용에 기인하는 원인이 크다고 할 수 있겠다. 이와 함께 拓植信昭(15)은 단백질 가수분해물의 항산화능에 대해서 금속과의 착체형성을 조사하였다. 그 결과 ovalbumin 가수분해물에서 얻은 저분자 펩티드 성분의 지질산화 억제능에 있어서 이들이 금속을 강하게 결합함으로써 나타나는 것으로 주장하였다.

이와 함께 본 연구자는 대두단백질 가수분해물의 라디칼 소거능을 조사하고 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 가수분해물의 첨가량이 증가할수록 라디칼 소거능이 향상되는 것을 알 수 있는데 대두단백질 가수분해물의 지질산화 억제능은 활성산소종을 비롯한 라디칼, 금속 등을 소거 또는 봉쇄함으로써 나타나는 것으로 추정할 수 있다.

대두단백 가수분해물의 DNA손상 억제능

Fig. 8은 대두단백질 가수분해물의 DNA 손상억제능을

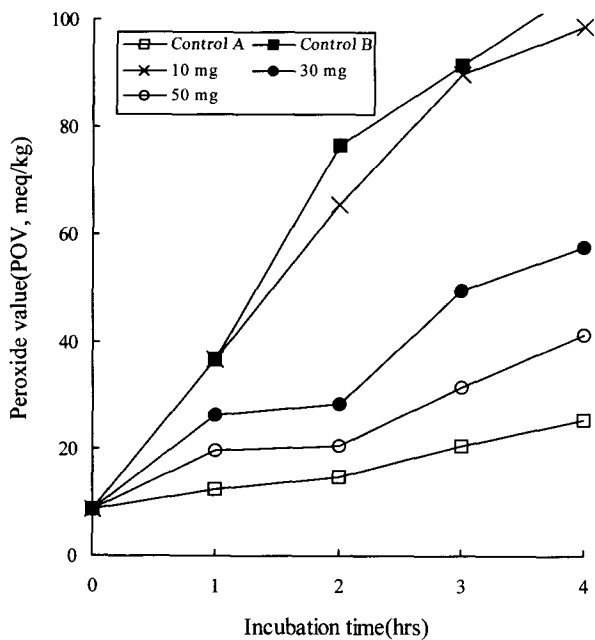


Fig. 5. Changes in POV during incubation of linoleic acid with or without antioxidants when added hydrogen peroxide. Control A was linoleic acid only. Control B was A plus hydrogen peroxide.

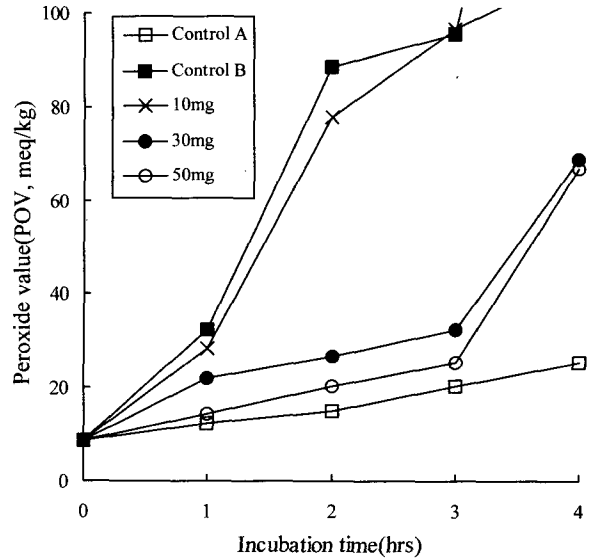


Fig. 6. Changes in POV during incubation of linoleic acid with or without antioxidants when added superoxide anion. Control A was linoleic acid only. Control B was A plus superoxide anion.

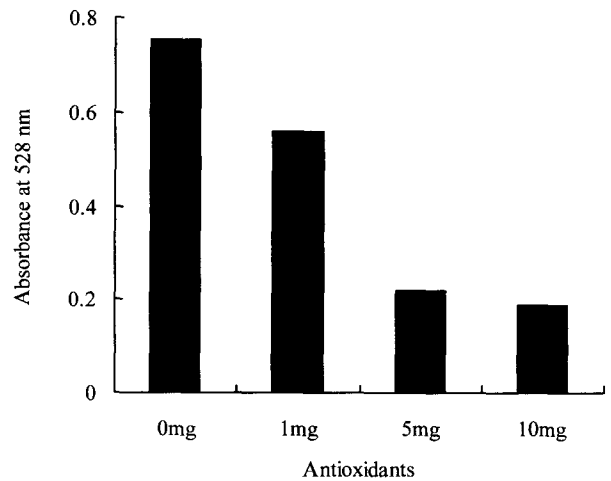


Fig. 7. Radical scavenging effects of antioxidant extracted from soybean protein hydrolyzate. The results were represented by changes in absorbance at 528nm.

조사하기 위하여 *E. coli* Hb 101 plasmid DNA와 linoleic acid를 반응시킨 실험구에 추출물을 첨가한 후 37°C에서 경시적으로 반응시키고 잔존하는 DNA량을 260nm에서의 흡광도를 이용하여 측정하고 그 결과를 나타낸 표이다. 대조구에서 지질의 산화에 따라 점차 손상되어 가는 것을 알 수 있는데 반해 추출물을 첨가시킨 반응구에서는 그 손상을 크게 억제하는 것으로 나타났다. 이로써 대두단백질 가수분해물이 DNA 손상도 억제한다는 것을 알 수 있으며 이에 따라 대두단백질을 이용하여 인체의 노화를

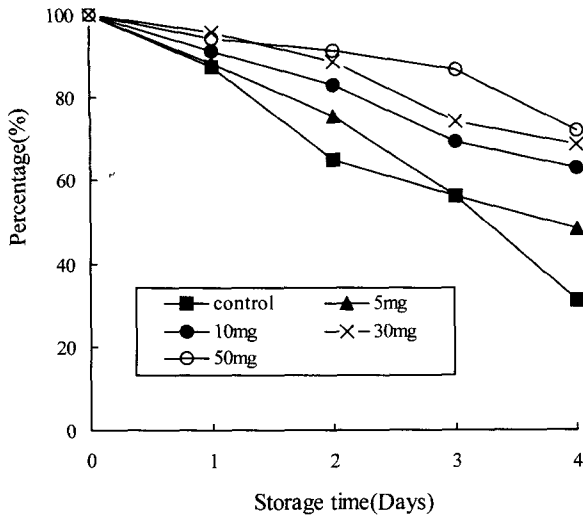


Fig. 8. Changes in DNA contents during incubation with linoleic acid and antioxidants at 37°C.

Control doesn't contain antioxidants.

억제할 수 있다는 추정을 할 수 있다.

대두단백질 가수분해물의 돌연변이 억제능

한편, 대두단백질을 *Salmonella typhimurium* TA100을 이용하여 Ames test에 의해 대두 단백질 가수분해물의 돌연변이 억제능을 조사한 것은 염(17)에 의해서 발표되었다. Table 5는 carbonyl 화합물에 의한 돌연변이 유발에 대해 각종 단백질 가수분해물의 억제능을 조사한 것으로 탈지 대두단백질 가수분해물도 돌연변이를 억제하는 것으로 나타났다. 또한 그 억제능도 첨가량에 비례해서 증가하였다. 또한 시료로 사용한 단백질 종류간에 따라서는 억제능에는 별 다른 차이를 볼 수 없었는데 단백질을 어떤 시료라도 가수분해할 경우 돌연변이를 억제할 수 있는 물질을 생성할 수 있다는 결과로 추정이 된다. 마찬가지로 돌연변이원성 물질에 따라서도 결과가 다르게 나타났다고 보고하였는데 억제하는 기구가 각각 다르게 진행되는 것이 아닐까 생각한다.

대두단백질 가수분해물의 ACE 저해능

한편, 대두단백질이 고혈압 유발에 직접적인 원인이 되는 angiotensin converting enzyme(ACE)의 작용을 억제하는 것으로 보고하였는데 이에 대해 요약하면 Table 6과 같다(18).

鈴木 등(19)은 식품 중에 존재하는 ACE 저해인자는 가열처리에 안정하며 체내에서의 흡수도 용이한 비교적 저분자의 물질로서 그 저해능은 혈압 강하제보다는 비교적

Table 5. Desmutagenicity of protein hydrolysate for *S. typhimurium* TA 100 on the plate with carbonyl compound added as a mutant

Protein hydrolysate* (mg/plate)	Desmutagenicity(%)			
	Methyl glyoxal	Glyoxal	Dihydroxy-acetone	
FP(com)	2	77	41	24
	6	86	65	71
	10	loan	loan	loan
DS(com)	2	70	58	64
	6	74	68	87
	10	77	69	100
AL(com)	2	49	67	21
	6	56	69	74
	10	54	59	85
CA(com)	2	65	57	37
	6	72	61	72
	10	72	74	88

*Each protein hydrolysate was filter-sterilized through a 0.45 μm membrane prior to mutation assay.

*FP : Frozen fish DS : Defatted soybean

AL : Eff albumin CA : Casein

*com : complex enzyme

Table 6. ACE inhibition effect of the defatted soybean cake hydrolysate obtained at various hydrolysis time

Enzyme used	ACE inhibition ratio(%)			
	0.5 hr	8 hr	16 hr	24 hr
Complex enzyme	10.6	37.4	38.0	29.1
Pepsin	14.9	38.3	32.6	43.9
Bromelain	14.9	37.5	45.9	27.6
Papain	14.5	22.7	27.3	30.7
Alcalase	3.2	42.9	32.6	34.7
α-Chymotrypsin	9.0	28.5	27.1	24.7
Trypsin	7.0	23.4	27.3	30.5
Pancrease	7.3	10.9	15.5	21.0

*ACE inhibition ratio was determined with 50μl of hydrlysate containing 20μg of nitrogen compounds.

낮은 활성을 나타내지만 대량으로 상시 섭취하는 식품 중에 존재한다는 점에서 그 유용성이 기대된다고 하였다. 이와 함께 Maruyama와 Suzuki(20)가 casein 소화물에서 이 ACE저해인자를 얻었다고 하는 보고와 末綱과 筏島(21)가 정어리 및 갈치육의 단백질 가수분해물에서 얻은 염기성 펩티드가 ACE저해능이 있다고 한 보고를 비롯해서 여러 연구자들에 의해 단백질 가수분해물에서 분리한 저분자의 peptide가 ACE저해능이 있다는 보고를 한 바 있다.

결론

근래에 들어 인간의 식생활이나 문화수준이 급속도로

향상되고 있다. 그에 따라 식생활이 다양해지고 이 때문에 노화나 발암 등의 많은 위험인자들에 노출되어 있다고 해도 과언이 아니다. 그래서 이를 억제하기 위한 여러 연구자들의 노력에 따라 많은 실험결과가 보고되고 있다. 특히, 우리 나라에는 자연에서 생산되는 식물들에 노화나 발암을 억제할 수 있는 여러 성분들이 추출 분리되고 있을 뿐만 아니라 이를 이용한 산업적 이용이나 임상학적 이용에까지 연구의 범위가 넓혀지고 있는 시점이다.

본 연구자도 이를 위한 여러 차례의 실험에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 대두 단백질의 가수분해물을 이용해서 노화나 발암을 억제할 수 있는 연구를 시행한 결과 많은 양호한 결과를 얻었다. 그래서 본 고찰에서 이와 같은 실험 결과와 여러 연구자들이 발표한 내용을 바탕으로 해서 조사한 대두단백질 가수분해물의 기능적 특성을 이용할 경우 이의 유효 이용은 상당한 부분 향상시킬 수 있다고 생각한다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 할 때 대두단백질의 가수분해물이나 시료에 관계없이 분리한 단백질의 가수분해물들이 지질의 산화를 억제하였고 DNA의 손상을 억제하는 결과를 얻었으며 고혈압 유발인자인 ACE를 저해함으로써 노화를 직접적으로 억제할 수 있다는 결과를 찾아볼 수 있었다. 또한 *S. typhimurium* TA 100을 이용한 돌연변이 억제능을 조사한 결과에서도 여러 돌연변이 유발인자들의 작용을 억제함으로써 이에 의한 인체에 대한 질병유발을 억제할 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다. 이와 함께 대두 단백질 가수분해물의 지질산화 억제능을 측정 한 결과, 이들의 산화억제기구가 라디칼을 봉쇄한다든지 금속과의 결합을 통해 나타난다고 하였으며 특히, 활성산소를 소거하는 작용을 가진다는 것은 지질의 산화를 억제한다는 연구 결과에 그치지 않고 노화나 발암, 돌연변이 등의 직접적인 원인을 제거하는 효과를 얻을 수 있기 때문에 대두단백질의 효능은 상당하다고 할 수 있겠다.

따라서 대두단백질의 유효이용에 대한 전망은 앞으로 더욱 밝아질 것이고 특히, 우리 나라에서 생산되는 된장은 일본에서 생산되는 된장보다 항암작용이 월등하다는 보고와 함께 콩의 이용은 식품 산업적으로나 임상학적으로 그 사용범위가 더욱 확대될 것으로 기대되는 바이다.

참 고 문 헌

- 小林彰夫 : 食品研究の新しい潮流-2. 3. 外因性および内因性の食慾調節因子. 化学と生物, 25, 203(1987)
- 강진훈 : 시판하는 천연식물에서 얻은 熱水 및 methanol 抽出物の 抗酸化能 및 金屬錯體形成能 (1) 益母草抽出物の 效果. 高신대학교 보건과학 연구소보, 5, 1(1995)
- 강진훈 : 시판하는 천연식물에서 얻은 熱水 및 methanol 抽出物の 抗酸化能 및 金屬錯體形成能 (2) 山査子抽出物の 效果. 高신대학교 논문집, 23, 225(1996)
- Hayes, R. E., Bookwalter, G. N. and Bagl, E. B. : Anti-oxidant activity of soybean flour and derivatives—a review. *J. Food Sci.*, 42, 1527(1977)
- Pratt, Dan E., C. D., Pietro, W. L., Porter and Giffee, J. W. : Phenolic antioxidants of soy protein hysrolyzate. *J. Food Sci.*, 47, 24(1981)
- 염동민 : 단백질 효소가수분해물의 기능특성. 부산수산대학교 박사학위논문(1991)
- Walz, E. : Isoflavone and saponin glucosides ib Soya hispida. *Ann.*, 489, 118(1931)
- Walter, E. D. : Genistin (an isoflavone glucoside) and its aglucone, genistein, from soybeans. *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 3273(1941)
- Rackis, J. J. : Biologically active compounds. In "Soybeans : Chemistry and Technology" Smith, A. K. and Circle, S. J.(eds.), Avi publishing Co., Westport, CT, p.158(1972)
- Honig, D. H., Sessa, D. J. Hoffmann, R. L. and Rackis, J. J. : Soybean flakes : extraction and characterization. *Food Technol.*, 23, 9(1969)
- Okano, K. and Beppu, I. : Coloring matters of soybean. 1. Isolation of four kinds of isoflavone from soybean. *J. Agric. Chem. Soc. Jpn.*, 15, 645(1939)
- Gyorgy, P., Murata, K. and Ikehata, H. : Antioxidant isolates from fermented soybean(tempeh). *Nature(London)*, 203, 870(1964)
- Naim, M., Gestetner, B., Zilkah, S., Birk, Y. and Bondi, A. : Soybean isoflavone. Charactererization, determination, and antifungal activity. *J. Agric. Food Chem.*, 22, 806(1974)
- 丸山進 : カゼイン由来生理活性物質ペプチド - 牛乳からアンジオテンシン I 變換酵素やオピオイド様物質が得られる. 化学と生物, 22, 485(1984)
- 拓植信昭, 永川由美, 野村幸弘 : 卵アルブミンの酵素分解によって得られる ペプチドの抗酸化性について. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 65, 1635(1991)
- Overman, A. : Antioxidant effect of soy and cottonseed flours in raw pastry mixes and baked pastry. *Food Res.*, 16, 39(1951)
- 염동민 : 단백질 효소가수분해물의 기능특성. 부산수산대학교 박사학위논문, p.50(1991)
- 염동민 : 단백질 효소가수분해물의 기능특성. 부산수산대학교 박사학위논문, p.23(1991)
- 鈴木建夫, 石川宣子, 木黒 照 : 食品中のアンジオテンシン I 轉換酵素阻害能について. 日本農藝化学會誌, 57, 1143(1983)
- Maruyama, S. and Suzuki, H. : A peptide inhibitor of angiotensin I converting enzyme in the tryptic hydrolysate of casein. *Agric. Biol. Chem.*, 46, 1393(1982)
- 末綱邦男, 筏島克裕 : イウシおよびタチウオ筋肉由来鹽基性 ペプチドのアンジオテンシン I 轉換酵素阻害能について. 日水誌, 52, 1981(1986)