

번데기 농축단백질의 기능성

박금순 · 박정룡

영남대학교 식품영양학과

Functional Properties of Silkworm Larvae Protein Concentrate

Geum Soon Park and Jung Rewng Park

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University

Abstract

The functional properties of defatted silkworm larvae flour and protein concentrate have been compared with those of soybean. The protein contents of soybean and silkworm larvae protein concentrate were 70.3% and 84.1%, respectively. The solubility of silkworm larvae protein concentrate was lower than that of soybean protein at various pH tested. However, silkworm larvae protein concentrate showed better fat absorption, poorer water absorption and overall higher bulk density than soybean protein. The silkworm larvae protein concentrate showed higher emulsifying capacity and stability, but showed lower foaming capacity and stability than soybean protein. Silkworm larvae protein concentrate showed highest viscosity among various protein products at all concentrations and reached the highest viscosity at 5~7% protein concentration. Therefore, high emulsification properties of silkworm larvae protein concentrate will be a good protein source when it is added to emulsified food.

서 론

F.A.O.에 의하면 1980년의 세계 단백질 수요량은 4,200만톤이며, 2,000년에는 6,500만톤으로 증가되어 그 부족량은 2,000만톤에 달할 것 이라고 보고하고 있다⁽¹⁾. 이 단백질 부족 현상은 선진국을 제외한 거의 전세계적으로 일어나고 있으며, 아시아 및 아프리카지역의 Kwashiorkor 병과 같은 영양장애 현상과 성장기 아동에게 심각한 문제로 대두되고 있다. UN Protein Advisory Group (PAG)은 단백질원의 보급을 위하여 가격이 저렴하고, 영양가가 풍부한 새로운 식품 단백질원의 개발과 실제로 사료나 식량으로 식품에 첨가 되었을때 영향을 미치는 기능적 성질에 관한 연구를 우선적으로 제안한 바 있다⁽²⁾.

국내외의 식품 단백질 기능성에 관한 연구로는 대두를 위시하여 참깨, 면실, 평지, 잇꽃등의 종자⁽³⁻⁶⁾와 소심장 근육, 생선^(7, 8), 효모⁽⁹⁾등에 관해서 보고되고 있다.

1982년도 우리나라의 고치생산 현황은 12,547^M/T로 많은 량의 번데기가 거의 년중 공급되고 있다⁽¹⁰⁾. 그러나 번데기는 주로 동물의 사료와 비료로 쓰이고, 시중에서는 적은량의 번데기가 증자 상태로 간식으로 판매되거나, 통조림한 가공품으로 제조되어 사용용도가 제한되어 있는 실정이다.

번데기에 관한 보고로는 Lin⁽¹¹⁾등의 번데기의 특수한 이

취 제거에 관한 연구와 井上등⁽¹²⁾이 번데기를 정제해서 식품, salad oil, 영양제등을 조제하려는 시도가 있으며 국내에서는 이⁽¹³⁾와 남⁽¹⁴⁾의 번데기 단백질의 영양가와 아미노산 함량에 관한 보고가 있으며 유⁽¹⁵⁾ 및 전⁽¹⁶⁾의 번데기의 식품용도 개발 및 번데기 단백질의 추출에 미치는 요인 등에 관한 보고정도가 있을 뿐이며, 번데기 단백질의 기능성에 관한 논문은 보고되지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 번데기로 농축 단백질을 조제해서 식품 단백질원으로서의 이용 가능성을 구명하기 위하여 이의 기능성을 대두 농축단백질과 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

시중에서 구입한 번데기와 대두분을 건조기에서 40°C로 48시간 건조시켜 번데기는 지방추출이 용이하도록 분쇄하여, 대두분과 함께 Soxhlet장치를 이용하여 에테르로 탈지시킨후, 실온에서 48시간 풍건해서 Wiley mill로 60메쉬를 통과하도록 분쇄하여 사용하였다.

일반성분 분석

대두와 번데기 단백질원의 일반성분 분석은 A.O.A.C.법⁽¹⁷⁾에 의해 수분은 105°C 상압건조법, 조단백질은 K-

Jeldahl 법, 지방은 Soxhlet 법, 회분은 550°C 에서 직접 회분법으로 분석하였다.

농축단백질의 조제

농축단백질은 Nath 등⁽¹⁸⁾의 방법을 일부 수정하여 Fig. 1과 같은 방법으로 행하였다. 탈지 대두분과 번데기분은 5% 트리클로로 아세트산 용액으로 15분간 교반하고, 다시 열탕의 5% 트리클로로 아세트산 용액으로 15분간 교반한 후, 1,300×g에서 10분간 원심분리 하였다. 분리된 잔사는 예비실험 결과 대두 및 번데기 단백질의 추출이 가장 높았던 pH 10.0과 12.0으로 각각 N-NaOH로 조정한 후 실온에서 30분간 교반하면서 추출하였다. 단백질 추출액은 1,300×g에서 20분간 원심분리해서 상정액에 대두는 pH 4.5, 번데기는 pH 5.0에서 각각 단백질을 침전시켜 원심분리한 후 생성된 커드를 모아 pH 7.0으로 조정된 다음 -50°C에서 48시간 동결건조시켜 사용하였다.

용해도

용해도는 Jane 등⁽¹⁹⁾의 방법으로 행하였다. 각시료 0.5g에 0.1N HCl과 0.1N NaOH를 각각 사용하여 pH를 조정한 후 최종 용량이 40ml가 되게 한 후 25°C에서 30분간 교반하면서 다시 pH를 조절한 다음 1,300×g에서

15분간 원심분리해서 상정액 10 ml를 취해서 semi-micro Kjeldahl법으로 질소화합물을 정량하여 용해도를 계산하였다.

겉보기 밀도, 수분 및 지방흡수력

겉보기 밀도는 Rahma 등⁽⁴⁾의 방법으로 행하였다. 무게가 측정된 12ml 원심분리관에 시료를 넣어 계속 가볍게 두드려서 부피가 일정하게 될 때까지 넣은 후 다음식에 의해 계산하였다.

$$\text{겉보기 밀도} = \frac{\text{시료의 무게}}{\text{시료의 부피}}$$

수분과 지방흡수력은 Wang 등⁽²⁰⁾의 방법으로 시료 1g에 10ml의 증류수 또는 옥수수기름을 각각 첨가해서 초음파 파쇄기로 1분간 파쇄시킨 후, 자석교반기로 30분간 교반한 다음 900×g에서 15분간 원심분리해서 10ml 실린더에 옮겨 흡수된 수분과 지방의 양으로 계산하였다.

유화성

유화성과 유화 안정성은 Knuckles 등⁽¹¹⁾의 방법에 의해 시료 2.5g에 증류수 50ml를 가해 15분동안 교반한 후 옥수수기름 50ml를 가해 3분간 Waring blender로 균일 혼합해서 900×g에서 5분동안 원심분리하여 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{유화성} = \frac{\text{유화된 층의 높이}}{\text{시험관내 총 내용물 높이}} \times 100$$

유화 안정성은 유화액을 80°C에서 물증탕으로 가열하고 난후 15°C로 냉각한 다음 원심분리하여 유화성측정과 동일한 방법으로 계산하였다.

유화력은 시료 1g에 증류수 50ml를 첨가하여 교반하면서 옥수수기름 50ml를 넣어 Waring blender로 1분간 균일 혼합한 후 뷰렛으로 기름을 1ml/sec로 첨가하면서 균일 혼합의 저항이 생길때 정지하여 유화된 기름의 양으로 나타내었다.

포말성

포말성과 포말안정성은 Sathe 등⁽²²⁾의 방법으로 시료 2g에 증류수 100ml를 첨가하여 분산시키고, 이 혼합물을 실온에서 Waring blender로 고속으로 5분간 포밍시킨 후, 500ml 실린더에 옮겨 전체량을 기록하고, 각각 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 8.0, 36.0시간이 경과한 후 거품의 양을 계산하여 측정하였고, 달걀 알부민(Sigma Co.)을 비교 단백질로 사용하였다.

$$\text{비체적} = \frac{\text{포럼 후의 부피 (ml)}}{\text{포럼 후의 무게 (g)}}$$

$$\text{포말성} = \frac{\text{포럼 후의 부피 (ml)} - \text{포럼 전의 부피 (ml)}}{\text{포럼 전의 부피 (ml)}} \times 100$$

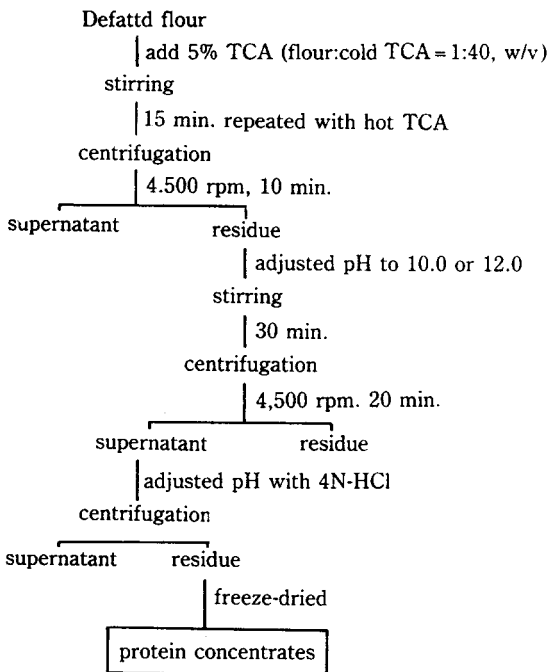


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of protein concentrates.

점도

점도 측정은 Fleming 등⁽²³⁾의 방법으로 행하였다. 시료를 1, 2, 3, 4, 5, 7 및 10% (w/v)의 농도별로 실온에서 30분간 교반한 후 No.1 spindle을 사용해서 50rpm에서 Brookfield viscometer (Model RVF-100)로 측정하였다.

결과 및 고찰

대두와 번데기 단백질원의 조성

Table 1에 나타난 탈지 대두분과 대두 농축단백질의 단백질 함량은 각각 50.40% 및 70.30%로서, 대두 농축단백질은 Sosulski⁽²⁴⁾가 보고한 65.4%보다 조금 높게 나타났다. 또한 탈지번데기분과 번데기 농축단백질의 단백질 함량은 각각 58.90%와 84.10%로서 탈지번데기분은 남⁽¹⁴⁾과 이⁽¹³⁾가 보고한 56.05% 및 59.90%와 거의 비슷하게 나타났으며, 번데기 농축단백질은 탈지번데기분보다 단백질 함량이 약 1.4배 증가되었고, 다른 농축단백질과도 비교시 높은 함량을 나타내어 고단백질원임을 알 수 있었다.

용해도

각 단백질원의 용해도를 실험한 결과는 Fig. 2와 같다. 탈지대두분은 pH 4.5에서 용해도가 6.30%로서 최소를 나타내었으며 pH가 증가할수록 용해도도 증가되어 pH 10.0에서 67.5%로 최대를 나타내었고, 대두 농축단백질은 용해도가 현저히 감소되어 pH 4.5에서 3.0%, pH 10.0에서 20.0%로 최대의 용해도를 나타내었다.

한편 탈지번데기분은 pH 5.0에서 용해도가 8.2%로 최소이고, pH 12.0에서 62.0%로 최대였으며 번데기 농축단백질도 역시 pH 5.0에서 5.4%, pH 12.0에서 21.2%로 최대를 나타내었다.

이상의 결과에서 전반적으로 대두 단백질이 번데기 단백질보다 용해도가 높았으며, 특히 농축단백질은 탈지분보다 용해도가 낮았다. 이는 Betschart 등⁽²⁵⁾의 알팔파

Table 1. Chemical composition of soybean and silkworm larvae products. (%)

Products	moisture	crude protein	crude fat	ash
Soybean				
flour	6.02	50.40	1.68	5.94
conc.	4.75	70.30	0.63	4.51
Silkworm larvae				
flour	4.98	58.90	1.97	7.64
conc.	3.21	84.10	0.48	5.13

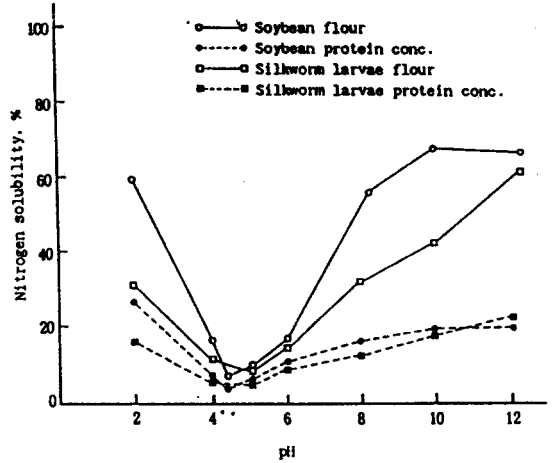


Fig. 2. Effect of pH on the solubility of soybean and silkworm larvae protein products

농축단백질의 실험결과에서 나타난 대두분의 용해도 곡선과 비슷하게 나타났으며, 농축단백질이 탈지분보다 용해도가 낮은 것은 Knuckles 등⁽²¹⁾이 보고한 바와 같이 농축단백질 조제중 가열로 인한 것으로 추정된다.

또한 번데기 단백질은 pH 12.0에서 최대의 용해도를 나타낸 것은 Kinsella 등⁽²⁶⁾이 대두잎 농축단백질을 대상으로 실험한 결과와 같이 pH 12.0에서는 단백질의 해중합과 분산이 일어나 용해도가 커진다고 보고한 것과 일치하였다.

겉보기 밀도, 수분 및 지방흡수력

겉보기 밀도와 수분 및 지방의 흡수력은 Table 2에 나타난 바와 같다. 대두와 번데기 단백질원의 겉보기 밀도를 비교해 보면 탈지분보다도 농축대두와 번데기 단백질의 겉보기 밀도가 높으며, 특히 농축번데기 단백질이 0.559 g/ml로서 가장 높았다.

이 결과는 Wang 등⁽²⁰⁾이 보고한 것 보다는 조금 높았으며, 농축 번데기 단백질은 다른 식물성 단백질의 겉보기 밀도보다 높게 나타났다. Dench 등⁽¹⁹⁾은 시료를 동결 건조 하기전 수분의 함량이 겉보기 밀도에 영향을 주는데 수분의 함량이 많을수록 낮은 겉보기 밀도를 나타낸다는 보고와 일치하였다.

수분 흡수력은 탈지 대두분이 (2.89 ml/g), 대두농축단백질 (3.84 ml/g)로서 탈지 번데기분의 (2.64 ml/g)와 번데기 농축단백질 (3.11 ml/g)보다 더 높게 나타났다. 탈지 대두분의 수분 흡수력은 Fleming 등⁽²³⁾이 보고한 2.77 ml/g보다 조금 높았으며 농축단백질은 3.30 ml/g으로 비슷하게 나타났다. 전체적으로 번데기 농축단백질이 대두 농축단백질보다 낮은 흡수력을 나타내었다. Chor와 Morr⁽²⁷⁾는 단백질의 수분 결합은 단백질분자의 크기, 구조적

Table 2. Some functional properties of soybean and silkworm larvae protein products

Products	Properties		
	Bulk density g/ml	Water absorption ml H ₂ O/g	Fat absorption ml oil/g
Soybean			
flour	0.343	2.89	1.12
conc.	0.548	3.84	1.43
Silkworm larvae			
flour	0.364	2.64	2.48
conc.	0.559	3.11	2.86

특질, 친수소수기 평형, 지질, 단백질과 관련된 탄수화물, 물리 화학적환경 (pH, 이온강도, 온도, 증기압등), 단백질 분자의 용해성에 의해 영향을 받는다고 보고하였다.

지방 흡수력은 탈지 대두분(1.12ml/g), 대두 농축단백질이(1.43ml/g)으로 탈지 번데기분(2.48ml/g), 번데기 농축단백질(2.86ml/g)보다 낮게 나타났으며 특히 번데기 농축단백질은 가장 높은 지방 흡수력을 나타내었다. 이는 Carnella 등⁽²⁶⁾의 실험 결과에서와 같이 번데기 단백질이 많은 친유성기를 가지고 있기 때문이라 추정되어진다.

유화성

육류제품, 우유, 달걀, 밀가루반죽, 사라다드레싱 등의 많은 식품조각에서 중요성 역할을 하는 유화성에 관한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다.

유화성은 대두 농축단백질이 51.0%에 비해 번데기 농축단백질은 62.8%로서 대두 농축단백질 보다 높게 나타났으며 각 시료중에서 가장 높은 유화성을 나타내었다.

유화력은 탈지 대두분(205 ml/g), 대두 농축단백질(252 ml/g)으로 탈지번데기분의 (223 ml/g), 번데기 농축단백질(307 ml/g) 보다 낮았으며 역시 번데기 농축단백질은 가장 높은 유화력을 보여 주었다.

유화 안정성도 번데기 단백질이 대두 단백질보다 더 높았으며, 번데기 농축단백질이 65.8%로서 가장 높았다. 이상의 결과로서 유화성 실험은 모두 번데기 농축단백질이 대두 농축단백질 보다 높게 나타났다. Sathe 등⁽²²⁾과 Ramantham 등⁽²⁹⁾은 친수친유기 평형, 단백질의 농도, pH 등은 유화력에 영향을 주는데, 알칼리 pH에서 보다 산성 pH에서 더 증가를 시킨다고 보고하였다. 또한 Knuckles 등⁽²¹⁾은 알팔과잉 농축 단백질의 유화액에 식초나 향신료를 첨가하여 혼합하면, 맛과 외관, 농도가 마요네즈와 비슷하고, 냉장고에서 3개월이상 보관해도 안정하다고 보고하였다. 높은 유화성을 가지고 있는 번데기 농축단백질도 자체의 독특한 이취의 완전 제거방법 및 색깔의 향상에 관한 연구를 하면 다양하게 단백질의 급원으로 식품에 첨가하여 사용이 가능하리라고 사료된다.

포말성

Egg albumin을 비교 단백질로 하여 행한 대두와 번데기 단백질원의 포말성에 관한 결과는 Table 4와 같다.

포말성은 탈지 대두분, 대두 농축단백질이 각각 52.2% 85.0%로서 egg albumin의 42.0%보다 우수하였으며, 이는 Lin 등⁽³⁰⁾이 보고한 탈지 대두분과 농축단백질의 포말성인 35.0%와 70.0%보다 높게 나타났다. 한편 탈지

Table 3. Emulsifying properties of soybean and silkworm larvae protein products.

Products	Emulsification properties		
	Activity(%)	Stability(%) ^a	Capacity (ml oil/g)
Soybean			
flour	41.8	42.1	205
conc.	51.0	53.8	252
Silkworm larvae			
flour	48.6	51.5	223
conc.	62.8	65.8	307

a. Similar to emulsion activity except the emulsion was heated to 80°C for 30 min before centrifugation.

Table 4. Foaming properties of soybean and silkworm larvae protein products*

Products	Wt. after whipping (g)	Vol. after whipping (ml)	Vol. increase (%)	Specific vol. (ml/g)	Vol. (ml) at room temp. after time(hr)							
					0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	8.0	36.0
Egg albumin	96.68	142	42	1.47	140	135	130	125	125	120	115	105
Soybean												
flour	96.82	152	52	1.56	150	145	140	135	120	110	105	100
conc.	98.42	185	85	1.88	150	130	120	105	100	100	100	100
Silkworm larvae												
flour	95.92	140	40	1.46	135	130	125	120	115	110	105	100
conc.	96.54	154	54	1.60	120	115	105	100	100	100	100	100

* The properties were determined on 2% (w/v) aqueous suspension.

번데기분은 40.0%, 번데기 농축단백질은 54.0%로 달걀 알부민 보다는 조금 높았으나 대두 단백질 보다는 포말성이 낮게 나타났다. Carnella 등⁽²⁰⁾은 거품은 식품조각에서 제면 활성제와 중합제, 물의 다구성성분 용액과 세분된 지질, 고체, 가스의 혼합으로 여러개의 양상을 함유한 복합체라고 보고하였으며, Cater 등⁽³¹⁾도 포말성은 단백질보다는 다른 성분들의 영향을 받는다고 보고하고 있다.

포말 안정성은 달걀알부민이 36시간만에 거품이 거의 소실되어 매우 안정하였고, 탈지 대두분과 번데기분은 8시간, 대두, 번데기농축 단백질은 거의 2시간만에 거품이 완전히 소실되었으며, 농축 단백질이 탈지분보다 포말 안정성이 훨씬 불안정 하였다. 이는 Lin⁽³⁰⁾의 연구 결과에서 보고한 열처리로 인한 단백질의 열변성은 낮은 포말 안정성을 나타낸다는 것과 일치 하였다.

점도

점도 측정을 행한 결과는 Table 5과 같다. 각 농도별

로 번데기 단백질이 대두 단백질보다 점도가 조금 더 높았으며, 번데기 농축단백질이 각 시료중 가장 점도가 높았다. 농도가 5%까지는 점도증가 현상이 비교적 적었으나, 7%에서 증가 현상이 가장 크게 나타났다.

이는 Sathe 등⁽³²⁾이 보고한 5~10% 사이에서 높은 점도의 증가 현상을 나타낸 것과 비슷한 결과를 나타냈다.

요 약

번데기 단백질의 이용성을 증진시킬 목적으로 농축 단백질을 조제하여 중요한 성질인 기능성을 대두 단백질과 비교하였다.

번데기 농축단백질은 대두 농축단백질보다 지방 흡수력이 더 높았으며, 용해도와 수분 흡수력은 낮았다. 유화성은 62.8%로 번데기 농축단백질이 더 높았으며, 유화력도 307ml/g으로 역시 높게 나타났다. 또한 80°C로 가열한 후의 유화안정성도 번데기 농축단백질이 65.8%로 대두 농축단백질보다 더 높게 나타났다. 포말성은 번

Table 5. Viscosity of soybean and silkworm larvae protein products.

Products	Apparent viscosity (cps)*							
	Concentrations, % (w/v)							
	1	2	3	4	5	7	10	
Soybean								
flour	1.38	1.64	2.06	3.12	3.80	9.44	10.84	
conc.	1.60	2.58	4.10	6.34	11.80	24.48	24.83	
Silkworm larvae								
flour	1.40	1.82	2.54	3.66	4.38	10.50	12.41	
conc.	1.66	3.58	4.54	10.80	12.10	29.58	31.36	

* Viscosity was determined by Brookfield viscometer RVF-100 at 20°C

데기 농축단백질이 더 낮았으며 포말안정성은 달걀알부민보다, 번데기, 대두 농축단백질이 더 낮았고, 5~7% 사이에 점도 증가 현상이 크게 나타났다. 이상의 실험결과에서 나타난 번데기 농축단백질의 높은 지방 흡수력과 유효성은 유효력을 이용한 식품제조에 좋은 단백질원으로서 이용이 가능하리라고 사료된다.

문 헌

1. 박세열 : 한국영양학회지, 6(3), 9(1973)
2. 민태식 : 한국식품과학회지, 11, 4(1978)
3. M. Rivero de padua: *J. Food Sci.*, 48, 1145 (1983)
4. Rahma, E. H. and M.S. Narasinga Rao: *J. Agric. Food Chem.*, 31, 352 (1983)
5. Thompson, L.U., R.F.K. Liu and J.D. Jones: *J. Food Sci.*, 47, 1175(1982)
6. Betschart A.A. and R.M. Saunders: *J. Food Sci.*, 43, 964(1978)
7. Eisele, T.A. and C.J. Brekke: *J. Food Sci.*, 46, 1095(1981)
8. Herman S. Groninger, Jr.: *J. Agr. Food Chem.*, 21 (6), 978(1973)
9. Vananurat, P. and J.E. Kinsella: *J. Agr. Food Chem. Soc.*, 54, 100A(1975)
10. 농수산부 : 농림통계연보, 146(1983)
11. Lin, S.W. and H.Y. Shen: *J. Sci. Food Agric.*, 34, 896(1983)
12. 井上柳梧, 岩岡末彦 : 日本工業化學雜誌, 18, 1319 (1978)
13. 이경희 : 한국영양식량학회지, 12(4), 368(1983)
14. 남현근 : 한국영양식량학회지, 4(1), 59(1975)
15. 유태종, 이광열 : 한국영양학회지, 11(1), 39(1978)
16. 전차숙 : 한국영양식량학회지, 12(4), 364(1983)
17. AOAC: *Association of Official analytical Chemists*, 13th ed., Washington D.C., (1980)
18. Nath, J.P. and M.S. Narasinga Rao.: *J. Food Sci.*, 46, 1255(1981)
19. Dench, J.E. Nilo Rivas, R. and J.C. Caygill.: *J. Sci. Food Agric.*, 32, 557(1981)
20. Wang, J.C. and J.E. Kinsella: *J. Food Sci.*, 41, 286(1976)
21. Knuckles B.E. and G.O. Kohler.: *J. Agric. Food Chem.*, 30, 748 (1982)
22. Sathe S.K. Deshpande S.S. and D.K. Salunkhe: *J. Food Sci.*, 47, 491 (1982)
23. Fleming S.E. Sosulski F.W. and E.S. Humbert.: *J. Food Sci.*, 39, 188(1974)
24. Sosulski, F.W., Humbert, E.S. and J.D. Jones.: *J. Food Sci.*, 41, 1349(1976)
25. Betschart, A.A.: *J. Food Sci.*, 39, 1110(1974)
26. Kinsella, J.E. and A.A. Betschart.: *J. Agr. Food Chem.*, 22(1), 116 (1974)

(1986년 2월 22일 접수)