

볶음온도가 참깨 분리단백질의 항영양인자와 기능성에 미치는 영향

김진 · 박정룡[†] · 전정례
영남대학교 식품영양학과

Effects of Roasting Temperature on the Antinutrients and Functional Properties of Sesame Protein Isolates

Jean Kim, Jyung Reung Park[†] and Jeong Ryae Jeon

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

Abstract

This study was designed to investigate the effects of roasting temperatures on the antinutritional factors and functional properties of sesame protein isolates. The protein contents a sesame protein isolates (SPI) prepared at roasting temperatures of 50°C, 100°C, 150°C and 200°C were 65.5%, 66.6%, 68.9% and 64.1%, respectively. Total phenolic compounds, condensed tannin and phytate contents of SPI was increased from 50°C to 200°C.

From color measurements, higher roasting temperature decreased 'L' and 'b' values significantly, but 'a' value was increased. The bulk density, fat absorption and water absorption of SPI was increased as the temperature of roasting was increased. Sesame protein isolates prepared by roasting at 50°C, 100°C and 150°C had higher emulsifying activity than those prepared by roasting at 200°C. Foaming capacity of SPI was not changed by roasting up to 100°C, but this property was reduced dramatically when roasted at 200°C.

Key words: sesame protein Isolates, antinutrients, functional properties.

I. 서론

일반적으로 유량종자 단백질은 값이 비교적 저렴하고 양적으로도 풍부하여 식품원료로 이용할 수 있는 충분한 가치를 가지고 있다.

유량종자 중 참깨는 참기름의 원료로서 한국인의

중요한 유지자원 중의 하나이며 참기름을 착유 후 분리되는 참깨박에는 단백질, methionine, calcium, phosphorus, niacin이 상당량 함유되어 있음에도 불구하고 가축의 사료나 비료로서 그 이용이 제한되고 있다¹⁾.

한편 참깨에 함유되어 있는 oxalic acid와 phytic acid는 강한 chelating agent이며 필수 무기질인 cal-

[†] To whom all correspondence should be addressed

cium, iron, zinc와 결합하여 무기질과의 복합체를 형성하여 체내 무기질의 이용효율을 저하시킨다^{2,3)}. 그리고 유량종자의 고단백 부산물의 이용에 있어서 또 다른 문제점은 phenol 성분으로 이는 쉽게 산화되어 갈색으로 전환되며 기호성과 단백질과 vitamin의 이용을 저하시키는 원인이 된다^{4,5)}.

이러한 영양학적인 문제 이외에도 유량종자를 단백질원으로 이용하기 위해서는 수분흡수력, 지방흡수력, 유화성, 기포성, 점도와 같은 기능적 특성이 고려되어야한다. 참깨에서 참기름을 압착하기 전에 기름의 추출효율을 높이고 독특한 풍미의 생성을 위해 고온에서 일정시간 볶는 과정을 거치는데 이러한 열처리는 단백질의 기능성에도 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본실험은 참깨의 볶음온도가 참깨분리단백질의 항영양인자의 함량과 기능성에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 재료는 흰참깨(*Sesamum indicum* L.)로써 경북 의성에서 재배한 대립종으로 낱알이 건전하고 크기가 균일한 것을 골라 사용하였다.

2. 실험방법

1) 참깨의 가열방법과 조건

참깨를 일정한 온도로 볶기 위하여 oil bath에 기름교반장치와 온도조절 장치를 부착하여, 50°C, 100°C, 150°C, 200°C에서 교반하면서 20분간 볶았다. 볶은 참깨는 착유기(깨돌이, HOE-2000, 한일공업주식회사)를 사용하여 참기름을 분리하고 이때 얻은 참깨박을 분리단백질 제조에 사용하였다.

2) 참깨박 분리단백질의 제조

참깨박 분리단백질의 제조는 Dench 등⁶⁾의 방법에 따라 참깨박에 10배의 증류수를 가하여 1 N NaOH 용액으로 pH 9.0으로 조정한 다음 40°C에서 30분 동안 교반기로 추출하고 10,000×g에서 10분간 원심분

리하여 얻은 상정액을 1 N HCl 용액으로 pH 4.5로 조정한 다음 원심분리하여 얻은 침전물을 모아 1 N NaOH로 pH 7.0으로 조정한 뒤 -40°C에서 동결하여 냉동건조기(일신 Engineering, Model MCDF 5510)로 건조하였다.

3) Phytate의 정량

Phytate함량은 Wheeler와 Ferrel⁸⁾의 방법에 의하여 시료에 3% TCA용액을 가하여 30분간 교반하여 phytate를 추출한 후 10,000 × g에서 15분간 원심분리하였다. 원심분리후 상정액에 FeCl₃용액을 가하고, 80°C 항온수조에서 45분간 가열한 후 10,000×g에서 15분간 다시 분리한 후 침전물에 3% TCA용액을 가한 다음 형성된 침전물에 증류수와 1.5N NaOH용액을 가하여 충분히 혼합한 다음, 80°C의 항온수조에서 30분간 다시 가열하였다. 이때 형성된 침전물은 3.2N HNO₃용액을 가해 용해하였고 1.5N KSCN용액으로 발색시켜, Spectrophotometer (Mode 1163, Hitachi Co., Japan)로 480nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였으며, 표준곡선에 의해 구한 Fe의 함량은 phytate 1 mole에 4 mole의 Fe이 결합한다는 분자구조의 이론적 가정하에 Fe값에 conversion factor 2.98을 곱하여 phytate함량으로 나타내었다.

4) 총페놀 화합물의 함량측정

총페놀의 함량분석은 Folin-Denis법⁷⁾으로 측정하였다. 즉 시료를 에탄올로 추출하여, Folin-Denis시약과 탄산나트륨 포화용액을 혼합하여 실온에서 30분간 방치시킨 후, Spectrophotometer로 760nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 tannic acid로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

축합형 탄닌의 함량은 Price 등⁹⁾의 vanillin법에 따라 행하였으며 catechin으로 표준곡선을 작성하여 축합형 탄닌의 함량을 계산하였다.

5) 색도

색도는 색도계(Chromatometer, Model CR-200, Minolta Co., Japan)에 의하여 L(백색도), a(적색도), b(황색도)로 나타내었으며, Hunter-Scofield식을 사용하여 백색표준판 (L = +62.71, a = -0.04, b = +

3.95)에 대한 색차를 측정하였다.

6) 기능성 측정

(1) 겔보기 밀도

겔보기 밀도는 Rahma와 Narasinga Rao¹⁰⁾의 방법에 의하여 중량을 측정한 시료를 15ml 원심분리관에 넣고 1분당 120회를 두드려 더 이상 부피 변화가 없을 때 중단하여 시료의 중량을 시료의 부피로 나누어 계산하였다.

(2) 수분 및 지방 흡수력

수분 및 지방흡수력은 Wang과 Kinsella¹¹⁾의 방법에 따라 시료 1g에 수분 흡수력은 증류수 10ml, 지방흡수력은 옥수수 기름 10ml를 각각 첨가하여 homogenizer로 30초간 균질시킨 후 3,000×g에서 15분간 원심분리하여 얻은 상정액의 부피를 측정하였다. 각각의 흡수력은 1g의 시료에 흡수된 증류수와 옥수수 기름의 부피를 ml로 나타내었다.

(3) 유화성

유화활성과 유화안정성은 Wang과 Kinsella¹¹⁾의 방법에 따라 시료 1g에 증류수 10ml를 가하여 homogenizer로 5,000 rpm에서 1분간 분산시킨 후, 옥수수기름 10ml를 다시 첨가하여 동일한 방법으로 분산시켜 균일 혼합하였다. 이 혼합액은 두개의 원심관에 ½씩 나누어 넣고, 각각 유화활성과 유화안정성의 측정에 사용하였다.

유화활성은 1,600×g에서 5분간 원심분리하여 다음 식에 의하여 계산하였으며 유화안정성은 유화액을 80℃ 항온수조에서 30분간 가열한 후 15℃로 냉각한 다음 1,600×g에서 5분간 원심분리하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

유화활성(%) =

$$\frac{\text{유화된 층의 높이}(ml)}{\text{시험관내 총 내용물의 높이}(ml)} \times 100$$

유화안정성(%) =

$$\frac{\text{가열후의 유화된 층의 높이}(ml)}{\text{시험관내 총 내용물의 높이}(ml)} \times 100$$

(4) 기포성

기포형성력과 기포안정성은 Sathe 등¹²⁾의 방법을 일부 수정하여 시료 0.5g에 증류수 50ml를 첨가하여 분산시키고 이 분산액을 homogenizer로 8,000 rpm에서 3분간 포립한 후 250ml 실린더에 옮겨 전체량을 기록하고 경시적(0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 8.0시간)으로 각각의 부피를 측정하여 다음 식에 의해 계산하였다.

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

기포형성력(%) =

$$\frac{\text{포립후의 부피}(ml) - \text{포립전의 부피}(ml)}{\text{포립전의 부피}(ml)} \times 100$$

III. 결과 및 고찰

1. 볶음온도를 달리하여 제조한 참깨 분리단백질의 일반성분

볶음온도를 달리하여 제조한 참깨 분리단백질의 일반성분의 함량은 Table 1에 나타난 바와 같다. 수분의 함량은 가열온도가 증가함에 따라 다소 감소하였으며 지방의 함량은 현저하게 감소하였다. 그러나 참깨 분리단백질의 단백질의 함량은 150℃에서 가열한 경우 68.9%로 증가하였으나, 200℃에서는 감소하는 결과를 나타내었다.

Srikanta와 Narasinga Rao¹³⁾에 의하면 ground nut를 98℃, 121℃, 135℃에서 습열처리하였을 때 단백질의 함량은 98℃에 비해 121℃에서는 증가하였으나, 135℃에서는 오히려 감소됨을 보고하였다. 이는 1kg/cm² 압력하에서 가열은 단백질을 이합시켜 단백질이 증가하는 경향을 나타낸 것이고, 135℃, 2kg/cm² 압력하에서는 단백질의 변성과 가열에 의해 단백질과 탄수화물이 복합체를 형성하여 단백질의 함량이 감소한 것이라고 설명하였다.

2. 볶음온도를 달리하여 제조한 참깨 분리단백질의 총페놀과 축합형 탄닌의 함량

Table 2에 나타난 바와 같이 볶음 온도를 달리하여 제조한 참깨 분리단백질의 총페놀의 함량은 50℃

Table 1. Chemical composition of sesame protein isolate prepared at different roasting temperature

Temp.	Protein	Fat	Carbohydrate	Ash	Moisture
50°C	65.5	8.67	12.9	10.43	2.43
100°C	66.6	6.92	12.6	11.57	2.29
150°C	68.9	3.23	12.5	13.53	1.82
200°C	64.1	3.12	15.5	15.63	1.65

Table 2. Total phenolic content, condensed tannin and phytate of sesame protein isolate prepared at different roasting temperatures

Temp.	Phenols	Condensed tannin	Phytate
50°C	0.28±0.01 ^d	0.10±0.01 ^d	4.03±0.12 ^d
100°C	0.32±0.01 ^c	0.16±0.07 ^c	4.57±0.06 ^c
150°C	0.38±0.01 ^b	0.30±0.02 ^b	5.26±0.06 ^b
200°C	0.49±0.04 ^a	0.39±0.03 ^a	5.97±0.21 ^a

Values are mean ± S. D. (n=3).

Means followed by the same letter in the column are not significantly different(p<0.05).

에서 0.28%이며 150°C에서는 0.38%, 그리고 200°C에서는 0.49%로 볶음온도가 상승할수록 총페놀의 함량도 증가하였으며, 축합형 탄닌의 함량도 50°C에서의 0.06%에서 200°C에서는 0.15%로 증가하였다. 그리고 50°C에서 볶아서 제조한 참깨 분리단백질의 phytate의 함량은 4.03%이었으며, 200°C에서는 5.97%로서 온도가 상승할수록 phytate의 함량도 증가하였다.

3. 색도의 변화

Table 3에 나타난 볶음온도에 따른 색도의 변화를 보면 L값(lightness)은 50°C에서 200°C로 온도를 상승시키면 65.2에서 42.2로 유의적으로 감소하였고, a 값(red)은 200°C에서 가열시에 8.03으로 50°C의 2.61로 볶음 온도가 높아질수록 유의적으로 증가하였다. 그리고 b값(yellow)은 온도가 높아지면 유의적으로 감소하였고, 50°C에 비해서 200°C에서 볶는 온도를 상승시킬수록 명도는 낮아지고 색은 짙어지고 고운에서 볶는 경우에 갈변화가 많이 일어남을 알 수 있었다.

Table 3. Trisitimulus color value of sesame protein isolate prepared at different roasting temperatures

Temp.	L	a	b
50°C	65.2±1.13 ^a	2.61±0.39 ^c	15.4 ±0.95 ^a
100°C	62.9±1.48 ^a	3.46±0.20 ^c	14.8 ±1.25 ^a
150°C	51.4±4.45 ^b	5.68±0.91 ^b	11.5 ±0.80 ^b
200°C	42.2±3.62 ^c	8.03±1.70 ^a	9.63±0.58 ^c

Values are mean ± S. D. (n=3).

Means followed by the same letter in the column are not significantly different(p<0.05).

4. 기능성

1) 겉보기 밀도, 수분 흡수력 및 지방 흡수력

Table 4은 볶음처리한 참깨 분리단백질의 겉보기 밀도, 수분 흡수력과 지방흡수력을 측정된 결과이다. 겉보기 밀도는 50°C보다 200°C로 온도가 상승함에 따라서 유의적으로 증가하였고, 200°C에서 겉보기 밀도가 가장 높았다.

수분 흡수력은 50°C에 2.50ml에 비해서 200°C에서는 3.57ml로 볶음처리 온도가 상승함에 따라서 유의적으로 증가하였다. Catsimopoolas 등¹⁴⁾에 의하면 가열에 의해서 subunit가 분리되며 분리된 subunit은 다중복합체인 단백질보다 수분결합부위가 많기 때문에 가열처리하지 않은 것에 비해 보다 높은 수분 흡수력을 나타낸다고 보고하여 본 실험에서 얻은 볶음 온도가 높을수록 수분 흡수력이 유의적으로 증가한 결과와 일치하였다.

단백질이 지방과 결합하는 능력은 풍미를 보유하

Table 4. Bulk density, water absorption and fat absorption of sesame protein isolate prepared at different roasting temperatures

Temp.	Bulk density (g/ml)	Water absorption (ml H ₂ O/g)	Fat absorption (ml oil/g)
50°C	0.76±0.01 ^c	2.50±0.10 ^d	1.72±0.01 ^c
100°C	0.76±0.01 ^c	3.12±0.06 ^c	1.77±0.01 ^c
150°C	0.81±0.01 ^b	3.57±0.05 ^b	1.88±0.01 ^b
200°C	0.89±0.01 ^a	4.18±0.16 ^a	2.14±0.07 ^a

Values are mean ± S. D. (n=3).

Means followed by the same letter in the column are not significantly different(p<0.05).

고 식품의 맛을 증대시키는 역할을 하기 때문에 중요하다¹⁰⁾. 지방 흡수력은 온도가 50°C에서 200°C로 상승함에 따라서 지방 흡수력은 100g중에 1.72ml에서 2.14ml로 증가하는 결과를 나타내어 고온에서 가열할수록 지방의 흡수력이 향상됨을 알 수 있다. Rahma와 Mostafa¹⁵⁾는 땅콩 가루의 지방 흡수력을 140°C, 160°C에서 60분간 가열하여 비교한 결과에 의하면 160°C에서 가열한 것이 지방 흡수력이 높았고, 100°C와 120°C에서 단시간 가열시에는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다.

또한 가열한 참깨 분리단백질의 지방 흡수력의 증가는 가열에 의해서 단백질의 분리와 변성때문에 단백질 분자의 비극성 잔기들의 노출에 의해서 비극성 아미노산 잔기들이 지방과 결합하여 지방의 흡수력이 높아진 것으로 사료된다¹⁶⁾.

2) 유화성

단백질은 표면 활성을 가지는 물질로서 물과 기름이 단백질과 결합하여 단백질의 표면 장력을 저하시킴으로 유화를 형성하며, 유화성이 높으면 콜로이드성 식품조질을 안정화하는데 보다 유용하다¹⁷⁾.

Table 5는 볶음온도가 참깨 분리단백질의 유화성에 미치는 영향을 실험한 결과이다. 50°C에서 제조한 분리단백질의 유화성은 72.8%에서 온도를 150°C로 높이면 81.5%로 향상되었으나, 200°C에서 볶아서 제조한 참깨 농축단백질은 69.1%로 감소하는 경향을 나타내었다.

McWatters와 Cherry¹⁷⁾는 땅콩을 50°C, 75°C, 100°C에서 각각 15분 간격으로 90분간 열처리에 따른 유화 형성력을 조사한 결과, 60분 이상의 가열처리시에는 온도가 높아질수록 유화형성력은 상대적으로 증가하였고, 100°C에서 90분간의 가열 처리시에도 유화형성력이 가장 향상되었음을 보고하였다.

본 실험결과에서는 150°C에서는 온도가 상승함에 따라서 유화성이 높게 나타난 것과는 일치하였으나, 200°C에서는 오히려 감소한 결과를 나타내었다. Cherry와 Robert¹⁸⁾에 의하면 땅콩을 50°C와 100°C에서 가열한 경우에 유화성은 증가하였으나, 용해성 단백질은 감소했다고 보고하였다. 특히 전기영동의 결과에 의하면 땅콩의 globulin인 arachin은 100°C, 90

Table 5. Emulsifying activity and stability of sesame protein isolate prepared at different roasting temperatures (%)

Temp.	Emulsifying properties	
	Activity	Stability
50°C	72.8±0.07 ^c	58.6±0.35 ^d
100°C	74.5±0.12 ^b	58.7±0.15 ^b
150°C	81.5±1.08 ^a	58.9±0.50 ^b
200°C	69.1±0.61 ^d	59.5±0.20 ^a

Values are mean ± S. D. (n=3).

Means followed by the same letter in the column are not significantly different (p<0.05).

분간의 가열처리에 폴리펩티드가 subunit으로 분리되며, 분리된 것들은 다시 응집하여 다른 형태로 변화되면서 유화성이 증가한다고 보고하였다.

3) 기포성

단백질 용액내에서 공기를 함유함으로써 안정된 기포를 형성할 수 있는 단백질의 기포성은 식품의 질감과 색깔에 크게 영향을 끼치며 유제품과 cake류와 같은 식품의 제조에 이용되는 성질이다. 따라서 계면에서의 단백질의 분자구조와 밀접한 관계가 있으며 단백질농도 등에 의해서도 변화한다고 알려져 있다¹⁹⁾.

Table 6은 온도별로 처리하여 제조한 참깨 분리단백질의 기포성과 기포 안정성을 나타낸 것으로 온도가 상승할수록 기포성은 감소하였다. 50°C와 100°C에서는 기포성의 감소가 크게 나타나지는 않았지만, 150°C와 200°C에서 볶음처리에 따른 기포성이 현저하게 감소하였다. 기포 안정성은 100°C에서 가장 안정하게 나타났으며, 200°C에서 활성탄 처리한 참깨 농축단백질이 가장 낮게 나타났다. Yamagishi 등²⁰⁾도 열처리에 대두 단백질에 변성이 일어나서 기포성이 감소한다고 보고하여, 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 Rahma와 Mostafa¹⁵⁾에 의하면 기포 형성력은 단백질의 변성과 밀접한 관계가 있으므로, 천연의 가공되지 않은 단백질은 변성된 단백질보다 기포 형성력과 기포 안정성이 낮다고 보고하여 기포성과 기포안정성은 고온 장시간 가열시에 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 6. Foaming capacity and stability of sesame protein isolate prepared at different roasting temperature

Temp.	Wt. after whipping(g)	Vol. after whipping(ml)	Vol. increase (%)	Specific Vol. (ml/g)	Vol.(ml) at room temp. after time (hrs)						
					0.1	0.5	1.0	2.0	2.5	3.0	12.0
50°C	95.92	260	160	2.60	260	230	220	200	180	150	100
100°C	95.91	255	155	2.55	255	240	230	210	200	180	150
150°C	95.91	220	120	2.20	210	190	180	160	155	130	100
200°C	95.80	160	60	1.60	160	140	130	120	115	110	100

IV. 요약

본 실험에서는 50°C, 100°C, 150°C, 200°C 온도에서 20분간 가열하여 전처리한 참깨를 압착해서 참기름을 제거한 후 제조한 참깨 분리단백질의 항영양인자인 phytate와 phenolic acid의 함량의 변화와 식품학적 기능적 특성을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

참깨 분리단백질의 함량은 볶음 온도를 150°C로 상승시켰을 때 68.9%, 50°C에서의 65.5%에 비해 증가하였으나, 200°C에서는 64.1%로 오히려 감소하였고, 총폐놀, 축합형 탄닌함량과 phytate함량은 50°C에서 200°C로 볶음온도를 상승시에 유의적으로 증가하였다.

색도는 고온 처리한 참깨박 분리단백질은 L값과 b값은 유의적으로 감소하였고, a값은 200°C에서 처리한 경우에 증가하였다. 전반적으로 고온처리에 질은 갈색을 띄었으며, 결빙기 밀도와 지방 흡수력 그리고 수분 흡수력은 볶음 온도가 상승함에 따라서 유의적으로 증가하였다. 유화성은 50°C에서 150°C로 온도가 상승시에 증가하였지만 200°C에서 유의적으로 감소하였고, 기포성은 볶음온도에 따라 50°C와 100°C에서는 기포성의 감소가 크게 나타나지는 않았지만, 150°C와 200°C에서 현저하게 감소하였다. 기포 안정성은 100°C에서 가장 높게 나타났으며, 200°C에서 볶아서 제조한 참깨 분리단백질에서 가장 낮게 나타났다.

V. 참고문헌

- Johnson, L. A., Suleiman, T. M. and Lusas, E. W.: Sesame protein : A review and prospects. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56:463, 1979.
- Lyon, C. K.: Sesame : Current knowledge of composition and use. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45:245, 1972.
- Reddy, N. R. and Salunkhe, D. K.: Interactions between phytate, protein and minerals in whey fractions of black germ. *J. Food Sci.*, 46:564, 1981.
- Sosulski, F. W.: Organoleptic and nutritional effects of phenolic compounds on oilseed protein products. A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 34:711, 1979.
- Hegaty, P. V. J. : Influence of food processing on nutritive value of proteins. In "Food proteins", Fox, P. F. and Condon, J. J.(ed). Applied Science Publishers, London and New York, 221, 1982.
- Dench, J. E., Nilo Rivas, R., and Caygill, J. C. : Selected functional properties of sesame flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.*, 323:557, 1981.
- A. O. A. C.: Association of official analytical chemists. 13th ed., Washington, D.C., 1980.
- Wheeler, E. L. and Ferrel, R. E.: A method for phytate determination in wheat and wheat fractions. *Cereal Chem.*, 48:312, 1971.
- Price, M. L., Scoyoc, S. V. and Butler, L. G. : A critical evaluation of vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, 26:1214, 1978.
- Rhama, 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.
11. Wang, J. C. and Kinsella, J. E.: Functional properties of novel proteins : Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, 41:286, 1976.
 12. Sathe, S. K., Desponde, S. S. and Salunkhe, D. K.: Functional properties of lupin seed protein concentrates. *J. Food Sci.*, 47:491, 1982.
 13. Srikanta, S. and Narasinga Rao, M. S. : Effect of wet heating on the physicochemical properties of ground nut protein. *J. Agric. Food Chem.*, 22:667, 1974.
 14. Catsimopoulos, N., Funk, S. K. and Meyer, E. W.: Thermal aggregation of glycinin subunits. *Cereal Chem.*, 47:331, 1970.
 15. Rahma, E. H. and Mostafa, M. M. : Functional properties of peanut flour as affected by different heat treatments. *J. Food. Sci. Technol.*, 25:11, 1988.
 16. Sathe, S. K and Salunkhe, D. K.: Functional properties of the great northern bean proteins. Emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *J. Food Sci.*, 46:71, 1981.
 17. McWatters, K. H. and Cheery, J. P.: Functional properties of peanut paste as affected by moist heat treatment of full fat peanuts. *J. Food Sci.*, 40:1205, 1975.
 18. Cherry, J. P. and Robert, L. O. : Gel electrophoretic analysis of peanut proteins and enzymes. *J. Agr. Food Chem.*, 21:656, 1973.
 19. Mitehell, J. R.: Foaming and emulsifying properties of proteins. In *Developments in food proteins*". Kanekanian A. D. A. and Lewis M. J. (ed.). Elsevier Applied Science, New York, 291, 1984.
 20. Yamagishi, T., Yamauchi, F. and Shibaski, K. : Isolation and partial characterization on heat-denatured products of soybean 11S globulin and their analysis by electrophoresis. *Agric. Biol. Chem.*, 44:1575, 1980.