

유채박 단백질의 추출 및 정제에 관한 연구

이장순* · 강동섭 · 강영주

제주대학교 식품공학과

*제주전문대학 식품영양과

Extraction and Purification of Rapeseed Protein

Jang-Soon Lee*, Dong-Sub Kang and Yeung-Joo Kang

Department of Food Science and Technology, Cheju National University, Cheju

*Department of Food Science and Nutrition, Cheju Junior College, Cheju

Abstract

In order to establish the effective extraction and purification process of rapeseed protein, the extraction solvents were compared with one another; and the residues of glucosinolate and phytate and the extraction yield of protein, which had been extracted by 1% sodium hexa meta-phosphate (SHMP) and purified through isoelectric precipitation, acid-washing and UF concentration, were investigated. As for the condition for extraction of rapeseed proteins, the solvent of 1% SHMP (pH 8.0) turned out the most appropriate; so far as the purification process for the elimination of glucosinolate and phytate was concerned, the acid-washing twice or the process of the acid-washing once and UF concentration was considered the most effective. The yield and content of rapeseed protein were 37.1% and 75.3% respectively in the case of the acid-washing twice, 42.1% and 72.4% respectively in the case of the acid-washing once and UF concentration. Consequently, with the elimination effects of glucosinolate and phytate put into consideration, the process of isoelectric precipitation, acid-washing once (pH 3.5), neutralizing (pH 7.5), UF concentration and then freeze drying proved the most effective purification process.

Key words: rapeseed protein, extraction, purification, UF concentration

서 론

십자화과에 속하는 유채는 캐나다, 아르헨티나, 인도 등에서 다량 재배되고 있는 유종실 작물이며, 생산량이 세계 5번째로 많고⁽¹⁾ 국내에서는 제주도 전역과 남해안 지역에서 재배되고 있는 중요한 식용유지 자원이다. 유채실에서 기름을 짜낸 유채박은 약 40% 이상의 단백질을 함유하고 있고 lysine과 함황 아미노산이 풍부하며⁽²⁾ 콩류나 밀의 단백질 보다 영양적, 품질면에서 우수하여 우유단백질 casein과 거의 같다⁽³⁾. 식품학적 기능면에서도 수분 및 유지흡착력, 유화력특성, 점도 등이 대두 단백질 보다 우수한 것으로 알려져 있다⁽⁴⁾. 그러나 유채 단백질에는 신장과 갑상선 기능에 이상을 일으켜 성장을 저해하는 glucosinolate⁽⁵⁾와 중요한 무기질, 특히 식이성

Ca²⁺의 흡수를 방해하는 phytate^(6,7)와 맛과 색택에 변화를 가져오는 polyphenol 화합물 등이 들어 있어⁽⁸⁾ 유채단백질의 식용화에 저해요인으로 작용하고 있어서 이들을 제거하기 위한 여러 가지 용매추출법^(3,9-16)과 육종학적인 품종개량 등⁽¹⁷⁾의 보고가 있었으나 충분한 효과를 거두지 못하고 있으며, 국내에서도 유채단백질에 관한 연구는 양 등⁽¹⁸⁾의 알칼리 역류추출법에 대한 보고와 강 등⁽⁹⁾의 SHMP(sodium hexa meta phosphate) 농도 및 침전 pH에 관한 연구와 김 등⁽²⁰⁾의 발아에 의한 유채의 glucosinolate의 변화와 허 등⁽²¹⁾의 한국산 평지 종실 단백질의 phytate 제거에 관한 연구, 강 등⁽²²⁾의 품종별 유채박 단백질의 추출에 관한 연구 등을 보고하고 있으나, 유채단백질의 이용에 관한 본격적인 연구가 미진한 실정이며 유채박은 일부 사료나 유기질 비료 정도로 사용될 뿐 그 경제적인 가치를 높이지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 국내산 유채의 식용단백질화를 모색하여 유채박 단백질의 효과적인 이용을 위한 추출 및 정제 공정 확립에 그 목적을 두고 있다.

Corresponding author: Yeung-Joo Kang, Department of Food Science and Technology, Cheju National University, Ara-dong, Cheju, Cheju-do 690-756

재료 및 방법

재료

현재 제주도에서 생산량이 가장 많은 *Brassica napus*, L.(Youngsan) 종을 시중에서 구입하여 약 10 mesh로 분쇄한 후 풍선에 의하여 껍질을 제거하고 실온에서 유채종실 1kg에 대하여 n-hexane을 2l씩 가하여 8일간 4회 탈지한 후 일건하고, 다시 60 mesh로 갈아서 유채박분을 만들어 사용하였다.

단백질의 추출

추출용매는 1% SHMP, 5% NaCl, 증류수, 1% SHMP+0.25 M EDTA 등을 사용하였고, 추출 pH는 7.0 또는 8.0으로 조정하여 실시 했으며 일반적인 추출공정은 강 등(23)의 방법에 따라 상온에서 2회 추출하고 등전침전(pH 3.5)시켜 얻은 침전단백질을 증류수(pH 3.5)로 2회 세척한 후 NaOH수용액으로 pH를 7.5로 조절한 다음 동결건조하여 분리단백질을 얻었다(Fig. 1).

추출단백질의 정제

추출단백질의 정제를 위하여 산세척 및 한외여과(Ultrafiltration, UF) 효과를 비교하기 위하여 유채박 50g을 1% SHMP용매(pH 8.0) 1l에 넣어서 1시간 동안 1차 추출하고 원심분리하였고, 2차 추출은 잔사를 1% SHMP 용매 500ml에 다시 녹여서 원심분리하여 얻은 상등액을 합하여(1,600 ml) 다음과 같이 처리하였다.

1. 2 N HCl 용액으로 pH 3.5에서 등전침전시켜 얻은 단백질을 150 ml의 증류수에 잘 현탁한 후, 1 N NaOH 용액으로 중화하여 pH 7.5로 조정하고 동결건조하여 이것을 control로 했다.

2. 등전침전시켜 얻은 단백질은 150 ml 증류수(pH 3.5)에서 Ultra-turraxhomogenizer(Karl kolb, West Germany)를 사용하여 10,000 rpm에서 약 2분간 완전히 현탁시킨 후 다시 원심분리(10,000×g, 20분, 2°C)하여 1회 산세척하여 이것을 중화시켜 동결건조하였다.

3. 2와 같은 방법으로 처리하였는데 단, 산세척을 2회 실시하였다.

4. 상등액(1,600 ml)을 30 K 여과막을 사용하여 UF농축(800 ml)하고, 등전침전 시킨 후, 중화하여 동결건조하였다.

5. 4와 같은 방법으로 처리하였는데 단, 100 K 여과막을 사용하였다.

6. 등전침전시킨 단백질을 증류수에 녹여 500 ml로 만들고 이것을 중화하여 100 K UF농축(250 ml)하고 동결건조하였다.

7. 등전침전시킨 단백질을 1회 산세척하고 이것을 증

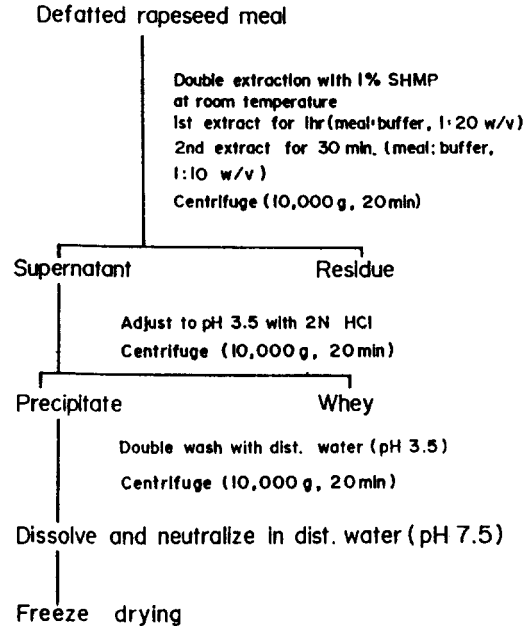


Fig. 1. Preparation of rapeseed protein

류수에 녹여 500 ml로 만들고 중화한 후 100 K UF 농축 처리한 것을 동결건조하였다.

8. 7과 같은 방법인데 추출용매를 1% SHMP+0.25 M EDTA로 사용하였다.

한외여과기(Ultrafiltration, UF) 운용

한외여과기는 Pellicon Lab Cassette System(Japern Millipore, Tokyo)을 사용하여 주로 농축식으로 운용하였고, Pellicon막(membrane)은 공칭 분자량한계(nominal molecular weight cut-off) 30 K 및 100 K를 사용했으며, 여과면적을 240 cm²(60 cm²×4)로 일정하게 하였고, 압력은 출구압이 2 kg/cm²가 되도록 조절하였다. 1회 농축시간은 단백질용액 부피가 50% 감소할 때까지 실시하였다.

유채박과 정제단백질의 일반성분

수분과 지방정량은 AOAC(24)의 방법에 따라 실시하였으며 단백질의 정량은 micro-kjeldahl(ADAC)방법을 사용하였다.

Glucosinolate 및 phytate 정량

Glucosinolate는 Wetter와 Young(25)의 방법에 의하여 총 isothiocyanate와 5-Vinyl-OZT량을 측정하였고, phytate 함량은 Wheeler와 Ferrel(26)의 방법에 의하여 측정하였다.

Table 1. Chemical composition of rapeseed and meal^{a)} (%)

	Moisture	Crude fat	Crude protein	Carbohydrate ^{b)}	Ash	Yield
Whole seed	5.04	41.62	22.5	23.78	7.06	100
Dehulled seed	5.68	44.36	28.3	15.24	6.42	83.1
Dehulled, defatted meal	3.61	6.42	43.6	40.27	6.10	45.2

a) All analysis were carried out in triplicate and means reported

b) By difference

결과 및 고찰

유채박 단백질의 함량 및 용매에 따른 추출률

표 1은 유채박 제조과정에서 성분조성 변화를 나타낸 것으로 유채박의 수율은 유채종실에 대하여 약 45%이며, 단백질 함량은 약 43%를 나타내고 있어 단백질원으로 충분하다고 생각된다. 이 함량은 Sosulski⁽⁴⁾가 보고한 약 40%의 함량과 거의 비슷한 것으로 나타났다.

표 2는 용매에 따른 추출률 변화를 나타낸 것으로 추출 pH를 7.0 또는 8.0으로 조정하여 2회 추출하였다.

추출물은 모든 용매에 대하여 pH 8.0에서 pH 7.0보다 더 증가를 보였고, pH 8.0 이상에서 추출률이 더 증가할 것으로 예상이 되는데 허 등⁽²¹⁾은 pH 11.5에서 94.5%, 양 등⁽¹⁸⁾이 pH 11.0에서 유채박 단백질을 추출했을 때의 수율이 73.2%로 보고하고 있으나 강알칼리하에서 단백질의 변성 및 아미노산의 변화⁽²⁷⁾가 예상되며, pH 9.0 이상에서는 선택이 어두워지고 풍미가 나빠진다는 보고⁽²⁾에 따라서 식품학적인 기능을 가진 단백질 추출에는 일반적인 방법이 아니라고 생각된다. 1% SHMP를 추출용매로 사용한 것은 강 등⁽²²⁾의 실험결과와 Thompson 등⁽¹²⁾의 결과에 의한 것으로 저농도인 0.25%와 0.5% SHMP로 추출시는 단백질의 추출량은 많았으나 등전침전(pH 3.5)되는 단백질량이 적었으며, 고농도 2% 경우에는 1% SHMP의 추출량 보다도 적었고 등전침전되는 단백질량도 적어서 1% SHMP를 추출용매로 선정했다. 본 실험에서의 용매들 중 가장 높은 추출률은 1% SHMP+0.25 M EDTA 혼합용매로서 pH 8.0에서 79.1%를 나타냈고 두번째로 높은 추출률은 1% SHMP를 사용했을 때 73.0%로서 Thompson 등⁽¹²⁾이 보고한 79.7% 보다는 낮게 나타났다. 그러나 1% SHMP+0.25 M EDTA 혼합용매로 추출한 단백질 용액을 등전침전시킨 후의 단백질 수율은 약 34% 정도로 1% SHMP 용매를 사용하였을 때의 70% 수율보다 약 36%가 적게 얻어진

Table 2. Effects of variable solvents on extraction of nitrogen from rapeseed meal^{b)}

Extraction ^{b)}	pH	1% SHMP	5% NaCl	dist. water	1% SHMP + 0.25 M EDTA
1st	7.0	57.2	53.2	40.2	71.6
	8.0	65.6	56.8	43.2	75.6
2nd	7.0	11.9	6.6	3.6	5.8
	8.0	7.4	3.3	4.7	3.5
Total	7.0	69.1	59.8	43.8	77.4
	8.0	73.0	60.1	47.9	79.1

a) Extractable nitrogen % measured by micro kjeldahl method

b) Two times extraction as described in Fig. 1

결과로 봐서 추출용매로서는 1% SHMP용매가 가장 효과적인 것으로 확인되었다(Fig. 2). 여기서 단백질 추출 용액을 등전침전 시키는 것은 실제적인 면에서 그 부피를 감소시켜서 공정과정의 간편화를 위한 것이다.

추출 단백질의 정제효과

1% SHMP를 용매로하여 pH 8.0에서 추출된 단백질 용액을 정제하기 위하여 등전침전, 산세척, UF농축 등으로 처리했을 때 얻어지는 유채단백질의 함량과 수율에 대한 결과는 표 3에 나타내었다.

여러 가지 정제과정에서 얻어지는 단백질의 함량은 약 70% 전후를 나타내고 있는데, 1% SHMP+0.25 M EDTA 혼합용매로 추출하였을 때가 82.4%로 가장 높게 나타났지만 고형물의 수율과 질소수율이 다른 정제공정들에 비해서 약 1/4 정도로 크게 감소하여서 실제적인 면에서 유용성이 없다고 판단되며, 이것은 EDTA를 첨가한 용매인 경우 본 실험조건 하에서는 단백질의 용해도가 증가하여 침전율이 적어지는 현상⁽²⁸⁾으로 설명할 수 있겠다. 1% SHMP 용매로 추출한 후 2회 산세척하여 얻은 75.3%의 단백질 함량은 Thompson 등⁽¹²⁾이 1% SHMP 용매로 추출한 후 2회 수세하여 얻은 79.7% 보다는 약간 낮았다. 고형물의 수율면에서는 대체로 42~45%에서 얻어지고 있는데 이것은 Thompson 등⁽¹⁰⁾이 보고한 2% SHMP 용매 사용시 34%의 수율보다는 약 10% 정도 높았고 Thompson 등⁽¹²⁾이 1% SHMP 용매로 얻은 43.8%의 수율과 거의 일치하는 결과이었으며, 1% SHMP 용매로 추출한 후 2회 산세척 하였을 때가 37.1%로 가장 낮은 고형물의 수율을 나타내었다. 질소의 수율은 대체로 70~75% 범위에서 얻어지고 있는데 이것은 Thompson 등⁽¹²⁾이 1% SHMP 용매로 추출하여 등전침전시킨 후 얻은 62.9%보다 약 10% 정도 높았으며 Tzeng 등⁽¹⁵⁾이 1% SHMP 용매로 추출한 후 활성탄처리, UF농축, diafiltration, ion-exchange하여 얻은 63.1%의 질소수율 보다

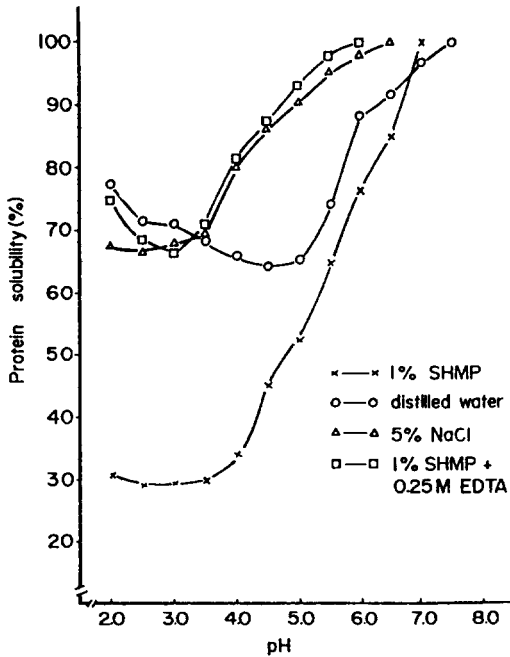


Fig. 2 Effect of pH on precipitation of rapeseed proteins extracted by various solvents

는 약 10% 정도 높은 수율을 얻었는데, 이는 본 실험에서는 박피한 유채종실을 사용한 반면, Tzeng 등⁽¹⁵⁾은 껍질에 약 10% 단백질이 결합되어 있는 박피하지 않은 유채종실을 사용한 결과의 차이라고 생각된다.

표 4는 여러 가지 정제공정에 따른 단백질 추출용액에 대한 정제효과를 비교한 것이다. Glucosinolate 제거는 산세척과 UF농축 처리 등의 공정에서 매우 좋은 효과를 보여 주고 있는데 특히, 2회 산세척과 1회 산세척 후 100 K UF농축 처리한 정제공정에서 거의 제거되고 있다. Phytate에 대해서는 glucosinolate에 비하여 등전침전과 UF농축 처리에서는 제거율이 아주 낮았지만 2회 산세척 방법과 1회 산세척 및 UF농축 혼합방법에서는 대부분 제거되었다. 이는 pH 3.5에서 단백질의 용해도는 최저가 되며, phytate의 용해도는 최대가 되는 조건⁽²⁾이어서 산세척에 의한 phytate제거 효과가 좋은 것으로 생각된다. 강 등⁽²²⁾이 보고한 품종별 연구에서 Youngsan종인 경우 2회 산세척에 의하여 phytate가 3.6% 정도 분리단백질에 남아있는 것으로 보고하고 있으나, 본 실험에서 행한 2회 산세척으로 모두 제거된 것으로 나타났다. 이는 세척방법의 차이로 생각되는데 본 실험에서는 Ultra-turrax homogenizer로 잘 현탁하여 가용성분들이 충분히 제거된 결과로 생각된다. 또한 2회 산세척시 고형물의 수율과 질소수율이 크게 감소한 것은(표 3) 산세척 후 원심분리하여도 단백질이 충분히 분리되지 않아서 Whey 단백

Table 3. Effects of acid washing and UF concentration on the yields and residual rate of rapeseed proteins extracted with 1% SHMP buffer(pH 8.0)^{a)}

Treatment ^{b)}	Protein ^{c)}	Soild	N
Starting meal	43.6	100	100
pI ppt. only	72.1	45.7	75.6
1st washing	73.4	42.5	71.5
2nd washing	75.3	37.1	64.0
Concn by UF(30 K)	68.4	43.7	68.5
Concn by UF(100 K)	70.6	42.4	68.7
Concn by UF(100 K) after pI ppt.	71.2	43.2	70.5
Concn by UF(100 K) after pI ppt. and 1st washing	72.4	42.1	70.2
Concn by UF(100 K) after pI ppt. and 1st washing (1% SHMP + 0.25 M EDTA)	82.4	10.7	20.2

- a) As of meal
- b) Processed as described in the Method section
- c) Protein % in products

질로 제거되기 때문이며, 이는 유채단백질에 저분자량 및 당단백질이 많아서⁽²⁹⁾ 등전침전 후 산세척이 반복됨에 따라 침전단백질 중 염농도가 감소하여 이에 따라 이온강도가 감소하기 때문에 단백질 용해도가 증가하여 산세척시 씻겨져 나간 것으로 생각된다.

이러한 결점을 보완하기 위하여 UF에 의한 농축을 실험하였다.

예비실험에서 UF 여과막은 10 K, 30 K, 100 K를 실험하였으나, 10 K와 30 K는 추출용액의 부피(1,600 ml)를 1/2로 감소시키는데 8~15시간이 소요되어 비효율적이었으나, 100 K인 경우는 약 2.5시간이 소요되었고, 단백질 손실도 30 K에 비하여 2% 정도로 무시할 수 있어 충분히 실용성이 있는 것으로 판단되었다. 그러나 UF에 의한 농축처리만으로는 단백질의 유해물질들을 충분히 제거할 수가 없었다. Diosady 등⁽¹⁴⁾이 UF(100 K)를 사용하여 얻어낸 분리단백질 중에는 glucosinolate가 약 91%가 제거됨을 보고하고 있는데, 본 실험에서도 약 92%의 제거율을 보여 비슷한 제거효과를 얻었으나, UF만으로는 glucosinolate를 완전히 제거할 수 없었다⁽³⁰⁾. 그러나 1회 산세척한 후 UF농축 처리한 결과 glucosinolate는 거의 모두 제거되었다. 또한 phytate 경우는 본 실험에서 UF만으로 농축 처리했을 경우 30~50% 정도의 낮은 제거율을 보였으나, 1회 산세척하고 UF농축 처리한 결과 약 85%의 제거율을 얻을 수 있었는데 이는 Tzeng 등⁽¹⁵⁾이 얻은 약 86%의 phytate 제거율과 거의 비슷하였다. 따라서 산세척과 UF농축하는 혼합운용 방법을 채택하여, 등전침전시킨 단백질을 1회 산세척하고 이를 증류수(pH 7.5)에 용해하여 UF(100 K)로 농축 처리한 결과 glucosinolate와 phytate의 충분한 제거효과를 얻을 수 있었다.

Table 4. Effects of acid-washing and UF concentration on the composition and residual rate of glucosinolate and phytic acid in rapeseed proteins extracted with 1% SHMP buffer(pH 8.0)

Treatment ^{a)}	Composition			Residual rate	
	Glucosinolate ^{b)} Total	5-vinyl-OZT	Phytic acid %	Glucosinolate	Phytic acid
Starting meal	17.05	9.86	2.41	100	100
pI ppt. only	1.76	1.22	1.97	10.3	81.7
1st washing	0.52	0.10	0.98	3.1	40.7
2nd washing	0.13	nd	nd	0.8	nd
Concn by UF(30 K)	1.32	0.51	1.80	7.7	74.7
Concn by UF(100 K)	1.42	0.90	1.77	8.3	73.5
Concn by UF(100 K) after pI ppt.	0.55	0.29	1.35	3.2	56.0
Concn by UF(100 K) after pI ppt. and 1st washing	nd	nd	0.37	nd	15.4
Concn by UF(100 K) after pI ppt. 1st washing(1% SHMP+0.25 M EDTA)	0.19	nd	nd	1.1	nd

a) Processed as described in the Method section : nd not detection

b) mg/g

결국 1회 산세척과 UF농축하는 혼합운용 방법이 유해물질들의 제거율과 단백질 수율을 고려할 때 가장 효과적인 정제방법이라고 생각된다.

요 약

유채박 단백질의 효과적인 추출 및 정제공정을 확립하기 위하여 추출용매를 비교했으며, 1% SHMP용매로 추출한 후 등전침전, 산세척, UF농축 처리에 의하여 정제한 단백질의 수율 및 glucosinolate와 phytate 잔존량을 조사하였다. 추출조건은 1% SHMP(pH 8.0) 용매가 가장 적당하였으며, glucosinolate 및 phytate 제거를 위한 정제효과 면에서는 2회 산세척시와 1회 산세척 및 UF(100 K) 농축 처리한 공정이 가장 효과적 이었다. 수율과 단백질 함량은 2회 산세척의 경우는 37.1% 및 75.3%이였으며, 1회 산세척과 UF(100 K) 농축의 경우는 42.1% 및 72.4%였다. 따라서 glucosinolate와 phytate 제거효과와 단백질의 수율면울 고려한 결과 가장 효과적인 정제공정은 등전침전→1회 산세척(pH 3.5)→중화(pH 7.5)→UF(100 K) 농축 처리하는 방법이다.

감사의 말

본 연구는 1989년도 과학재단 연구비에 의하여 이루어진 결과의 일부로서 심심한 감사를 드립니다.

문 헌

1. Maheshari, P.N., Stanley, D.W. and Gray, J.I. : Detoxification of Rapeseed Products. *J. Food Prot.*, **44**, 459

(1981)

2. Serraino, M.R. and Thompson, L.U. : Removal of phytic acid and protein-phytic acid interaction in rapeseed. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 38(1984)

3. Sarwar, G., Shannon, D.W.F. and Bowland. : Effects of processing conditions on the availability of amino acids in Soybeans and rapeseed proteins when fed to rats. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.*, **8**, 137 (1975)

4. Sosulski, F.W. : Rapeseed protein for food use. In *Development in food protein-2*, Hudson, B.T.F.(ed), Elsevier Applied Science, p.109(1983)

5. Srivastava, V.K. and Hill, D.C. : Glucosinolate hydrolytic products given by *Sinapis alla* and *Brassica napus* thioglucosidases. *Phytochemistry*, **13**, 1043(1974)

6. Brooks, J.R. and Morr, C.V. : Effect of phytate removal treatments upon the molecular weight and subunit composition of major soy protein fractions. *Am. Chem. Soc.*, **33**, 1128(1985)

7. Khan, N.R. Zaman and Elahi, M. : Effect of processing on the phytic acid content of wheat products. *J. Agric Food Chem.*, **34**, 1010(1986)

8. Kozłowska, H., Sabir, M.A. and Sosulski, F.W. : Phenolic constituents in rapeseed flour. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **8**, 160(1975)

9. Eklund, A., Agren, G. and Langer, T. : Rapeseed protein fractions. I. Preparation of a detoxified lipid-protein concentrate from rapeseed by a water-ethanol extraction method. *J. Sci. Food Agric.*, **22**, 650(1971)

10. Thompson, L.U., Allum-Poon, P. and Procope, C. : Isolation of rapeseed protein using Sodium hexa meta phosphate. *J. Can. Inst. Food Sci. Technol.*, **9**(1). 15

- (1976)
11. El Nockrashy, A.S., Mukherjee, K.D. and Mangold, H.K. : Rapeseed protein isolate by countercurrent extraction and isoelectric precipitation. *J. Agric. Food Chem.*, **25**(1), 193(1977)
 12. Thompson, L.U., Reyes, E. and Jones, J.D. : Modification technique of rapeseed protein concentrate preparation. *J. Food Sci.*, **47**, 982(1982)
 13. Thompson, L.U. and Cho, Y.S. : Effect of acylation upon extractability of nitrogen concentrates. *J. Food Sci.*, **49**, 771(1984)
 14. Diosady, L.L., Tzeng, Y.M. and Rubin, L.J. : Preparation of rapeseed protein concentrates and isolates using Ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **49**, 768(1984)
 15. Tzeng Y.M., Diosady, L.L. and Rubin, L.J. : Preparation of rapeseed protein isolate by sodium hexametaphosphate extraction, Ultrafiltration, diafiltration, and ion-exchange. *J. Food Sci.*, **53**(5), 1537(1988)
 16. Finnigan, T.J.A., Lewis, M. and Dietz, M. : Detoxification of commercial united kingdom rapeseed meal by glucosinolate hydrolysis with exogenous myrosinase and the extractability of the aglucons by aqueous industrial methylated spirits. *J. Sci. Food Agric.*, **46**, 331(1989)
 17. 이정일, 권병선 : 유채지방산조성·개량육종에 관한 연구. *한국육종학회지*, **14**(1), 19(1982)
 18. 양창일, 고정삼, 김계식 : 역류추출 및 등전침전에 의한 유채박 단백질의 분리. *한국식품과학회지*, **10**(2), 162(1978)
 19. 강동섭 : 유채박 단백질의 추출에 관한 연구. 제주대학교 대학원 석사학위논문(1986)
 20. 김인숙, 권태봉, 오성기 : 발아에 의한 유채의 glucosinolate 및 유리당 함량의 변화에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**(2), 194(1988)
 21. 허채옥, 양차범 : 한국산 평지 종실 단백질의 Phytate 제거에 관한 연구 : 제 1보. 평지 종실 단백질과 Phytate의 용해도에 대한 pH와 염류의 영향. *한국농화학회지*, **29**(2), 212(1986)
 22. 강동섭, 이장순, 강영주 : 품종별 유채박 단백질의 추출에 관한 연구. *한국영양식량학회지*, **19**, 315(1990)
 23. 강영주 : 대두단백질의 효소적변형 : 분리대두단백질의 기능성에 미치는 단백질 가수분해의 영향. *한국식품과학회지*, **16**, 211(1984)
 24. AOAC : *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., p. 858(1980)
 25. Wetter, L.R. and Youngs, C.G. : A thiourea-UV assay for total glucosinolate content in rapeseed meal. *JAOCs*, **53**, 162(1976)
 26. Wheller, E.L. and Ferrel, R.E. : A method for phytic acid determination in wheat and wheat traction. *Cereal Chem.*, **48**, 312(1971)
 27. Friedman, M. : Alkali-Induced Lysinoalanine formation in structurally difference proteins. In *Functionality and Protein Structure*, A. Pour-EI(ed), ACS sym. Ser., Washington D.C., **92**, p. 225(1979)
 28. Shen, J.L. : Solubility and Viscosity. In *Protein Functionality in Foods*, M.J. Comstock(ed), ACS Sym. Ser., Washington D.C., **147**, p. 89(1981)
 29. Venkatesh, A. and Appu Rao, A.G. : Isolation and characterization of low molecular weight protein from mustard. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 1150(1988)
 30. Omosaiye, O. and Cheryan, M. : Low-phytate, full-fat soy protein products by ultrafiltration of aqueous extracts of whole soybeans. *Cereal Chem.*, **56**(2), 58(1979)

(1990년 7월 16일 접수)