

유채박 단백질의 정제조건에 따른 이화학적 성질과 기능성에 관한 연구

이장순* · 김효선 · 김충희 · 정용현 · 강영주†

제주대학교 식품공학과

*제주전문대학 식품영양과

Physicochemical and Functional Properties of Rapeseed Protein upon Purification Conditions

Jang-Soon Lee*, Hyo-Sun Kim, Chung-Hee Kim, Yong-Hyun Jung and Yeung-Joo Kang†

Dept. of Food Science and Technology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Cheju Junior College, Cheju 690-140, Korea

Abstract

We investigated the physicochemical and functional properties of rapeseed (*Brassica napus var. Youngsan*) protein prepared by combining various solvent and purification procedures, such as ultrafiltration(UF) concentration and acid-washing. The lightness value(Y_{CIE}) of each protein was gradually improved and its hydrophobicity increased by the degree of purification. The analysis of each protein by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) had nine bands revealed without difference, the considerable portion of which were of $1.96 \sim 1.59 \times 10^4$ dalton molecular weight. The content of amino acid increased a little more in the other processed proteins than in the control, and decreased considerably in the proteins extracted by the mixed solvent of 1% sodium hexametaphosphate(SHMP) and 0.25M ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA). The better proteins were purified, the lower the kinematic viscosities were in their values. The water absorption and foaming properties were scarcely different according to the processes. The oil absorption and the emulsion activity index normally increased according to the degree of purification. The properties of heat coagulation revealed high values only in the proteins processed by EDTA while they showed considerably low values the other proteins.

Key words : rapeseed protein, functional properties of protein

서 론

최근 대두, 땅콩, 유채, 해바라기씨 등의 유종 단백질 개발과 이용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 십자화과에 속하는 유채는 제주도 전역과 남해안 지역에서 많이 재배되고 있는 국내에서 중

요한 식용유지 작물이다. 유채씨에서 기름을 짜낸 후의 유채박에는 약 43%의 단백질을 함유¹⁾하고 있는데 이것은 대부분 저분자 subunit로 구성되어 있고 당단백질이 많은 것이 특징이며²⁾ lysine과 합황아미노산이 풍부하고³⁾ 아미노산 조성이 우수한 단백질이라고 알려져 있다⁴⁾. 또한 Sarwar 등⁴⁾이 유채단백질과 다른 여러 단백질들의 영양적 가치에 대하여 비교 실험한 결과에 의하면 유채단백질은 두류나 소맥과 같은 식

¹⁾To whom all correspondence should be addressed

물원료에서 얻어낸 단백질 보다도 우수하며 우유단백질인 casein과는 그 품질이 거의 같다고 하였다. Sosulski¹⁰도 식품학적 기능면에서도 수분 및 유흡수성, 애멸견 특성, 점도 등에서 대두단백질 보다 우수하다고 하였다. 그러나 유채단백질에는 glucosinolate, phytate, 및 polyphenol 등 항영양적인 불순물들이 공존하고 있어서^{11,12} 식품용 단백질로 이용하기 위해선 이들을 효과적으로 제거하는 공정개발이 필요하다. 따라서 저자들은 유채단백질을 추출하여 이것을 등전점에서 침전시키고 산성화에서 세척하고 한외여과(ultrafiltration : 이하 UF로 표기)를 행하는 등의 여러가지 방법을 조합하여 상기 항영양성분을 제거하는 처리공정에 관한 연구 결과를 발표하였다⁸. 본 연구에서는 상기 처리공정 차이에 따라 영향받는 유채단백질의 이화학적인 성질과 그 기능성의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

제주도에서 가장 많이 재배되고 있는 *Brassica napus (Youngsan)*종을 시중에서 구입하여 분쇄기를 사용하여 약 10 mesh로 분쇄한 후 풍선에 의하여 껌질을 제거하고 실온에서 유채실 1kg당 n-hexane 2L를 가하여 4일간 4회 털지한 후 일건하고 다시 60 mesh로 갈아서 유채박분을 만들어 시료로 사용하였다.

실험방법

단백질의 추출 및 정제⁹

유채박 50g을 1% sodium hexametaphosphate (SHMP) 용매 또는 1% SHMP와 0.25M ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) 혼합용매 1L에 넣어서 1시간 동안 1차 추출하고 원심분리($10,000 \times g$, 20분, 2°C)한 후 상동액을 얻었으며, 잔사는 다시 추출 용매 500ml에 녹여서 30분 동안 2차 추출 후 원심분리하여 얻은 상동액을 1차 추출에서 얻은 상동액과 합하여 다음과 같이 정제하였다.

공정1: 2N HCl 용액으로 pH 3.5에서 등전침전시켜 얻은 단백질을 150ml의 중류수에 ultraturraxhomogenizer (Karl kolb, West Germany)를 사용하여 10,000rpm에서 약 2분간 완전히 혼탁한 후, 1N NaOH

용액으로 중화(pH 7.5)하여 동결건조하였다.

공정2: 등전침전시켜 얻은 단백질을 중류수 150ml에 잘 혼탁시킨 후 다시 원심분리하여 상동액은 버리고 pH 3.5로 조정한 중류수 150ml로 잘 세척(이하 산세척으로 표기)한 후 이것을 중화시켜 동결건조하였다.

공정3: 공정2와 같은 방법으로 처리하였는데 단, 산세척을 2회하였다.

공정4: 상동액을 30K(공정분자량한계 30,000 dalton)여과막을 사용하여 단백질용액의 부피가 50% 될 때까지 UF농축하고, 등전침전 시킨 후 중화하여 동결건조하였다.

공정5: 공정4와 같은 방법으로 처리하였는데 단, 100K(공정분자량한계 100,000 dalton)여과막을 사용하였다.

공정6: 등전침전시킨 단백질을 중류수에 녹여 500ml로 만들고 이것을 중화하여 100K UF농축하고 동결건조하였다.

공정7: 등전침전시킨 단백질을 1회 산세척하고 이것을 중류수에 녹여 500ml로 만들고 중화한 후 100K UF농축처리한 것을 동결건조하였다.

공정8: 1% SHMP와 0.25M EDTA를 혼합한 추출 용매로 공정7과 동일한 방법으로 처리하였다.

유채단백질의 이화학적 성질 및 기능성 측정

자외 스펙트럼은 0.1% 단백질용액을 UV spectrophotometer (Unikon 860, Kantron Co.)로, 고유형광스펙트럼 (Intrinsic fluorescence spectrum)은 형광 spectrophotometer (Perkin-Elmer Ltd. LS-5)를 사용하여 300nm에서 400nm까지의 상대형광값을 측정하였고, 표면소수성은 Toro-Vazquez와 Rengenstein⁹의 방법에 따라 측정하였으며, 황색도는 색차계 (Model TC-1, Tokyo Denshoku Co. Ltd.)로 측정하였다. 동점도는 25°C에서 1% 단백질 용액에 대해서 Ostwald 형 점도계를 사용하여 측정하였고, 전기영동분석은 sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)로 강 등¹⁰의 방법에 따라 실시하였다. 아미노산 함량 측정은 시료단백질을 6N 염산으로 $110 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 24시간 가수분해하고 가수분해된 시료단백질은 HPLC-PICO. TAG System (Waters Co., USA)를 사용하여 분석하였다. 거품성은 Hsu 등¹¹의 방법에 따라 실시한 후 다음과 같이 계산하였다.

거품농(%) =

$$\frac{\text{거품형성 후의 부피(ml)} - \text{거품형성 전의 부피(ml)}}{\text{거품형성 전의 부피(ml)}}$$

$\times 100$

$$\text{거품안정성(%) = } \frac{\text{거품에서 유출된 액량(ml)}}{\text{거품형성 전의 액량(ml)}} \times 100$$

에멀젼 활성지수는 Pearce와 Kinsella^[2] 및 Haque과 Kinsella^[3]의 방법에 따라 에멀젼 안정성, 에멀젼 열 안정성을 다음의 식에 의하여 표면적(surface area)으로 계산하였다.

$$\text{표면적 (m}^2/\text{g protein}) = \frac{2(2.303\text{A})}{\Phi C} \times 100$$

A=550nm흡광도

Φ =체적분율(단백질 용액 : 옥수수 기름, v/v)

C=단백질농도

칼슘 응고성은 1% 단백질 용액에 대해서 강 등^[10]의 방법에 따라, 열 응고성은 Kramer와 Kwee^[14]의 방법에 따라 측정하였고, 유흡수력 측정은 Sathe와 Salunkhe^[15] 방법에 준하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 공정 차이에 따른 유채박 단백질들의 자외스펙트럼을 나타낸 것이다. 단백질의 자외스펙트럼 흡수는 구성아미노산 중에서 tyrosine, phenylalanine, tryptophan에 의해 이루어지며 이들 아미노산들의 함량 뿐만 아니라 단백질의 입체구조와도 깊은 관계가 있다^[16]고 알려지고 있다. 실험 결과 대부분 280nm 부근에서 최대 흡수를 나타내는 전형적인 단백질 스펙트럼을 나타내고 있으나, 1회 산세척 및 UF(100K) 농축혼용 공정(7번)인 경우와 1% SHMP와 0.25M EDTA 혼합용매를 사용한 공정(8번)은 270nm 부근에서 최대 흡수를 나타내어 약간의 blue shift가 일어났음을 알 수 있다. 325~330nm범위에서 나타나는 peak 혹은 shoulder 형태들은 시료에 포함되어 있는 황색 계통의 phenol성 물질의 영향으로 생각되는데 Kozlaska 등^[17]은 유채분에 포함되어 있는 phenol성 주성분은 p-hydroxybenzoin, cinnamin 및 sinapin산 등이며 이들 성분이 유채단백질의 주 촉색 성분이라고 보고하고 있다. 따라서 이 325nm에서의

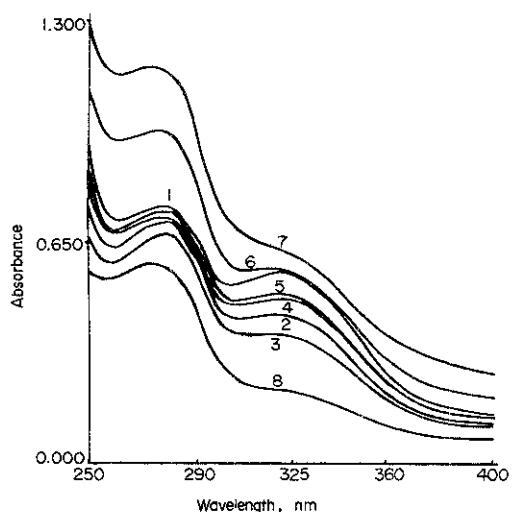


Fig. 1. UV spectra of rapeseed proteins. Spectra were recorded using 1mg/ml rapeseed protein concentration. Number of spectra are as described in the method.

peak는 정제가 상당히 이루어진 경우(공정7, 8)에서는 shoulder 형태를 취하고 있다. 그리고 스펙트럼에서 흡광도의 차이는 시료의 단백질 함량 차이에 의해 이루어진 것으로 생각된다.

Fig. 2는 각 공정별로 얻어진 유채단백질의 고유형광 스펙트럼을 나타낸 것으로 대체로 345nm 부근에서 모두가 peak를 보였으며 처리공정 차이에 따라서 상대형광값이 상당히 차이를 나타내고 있다. 이와 같은 고유형광 스펙트럼의 peak는 주로 tryptophan잔기에 의해 나타나는 것^[18]으로 1번 공정에서 등전침전시켜 얻은 단백질에 비하여 산세척과 UF농축 등 여러가지 정제 공정을 실시함에 따라 불순물이 제거되어 분자내에 감추어졌던 tryptophan잔기가 보다 많이 노출이 되고, 또한 그 양이 상대적으로 증가되어서 고유형광 스펙트럼의 상대형광값이 크게 나타난 것으로 생각된다. 8번 공정인 1% SHMP와 0.25M EDTA 혼합용매로 얻은 단백질은 상대형광값이 가장 크게 나타났으며 다른 것들에 비하여 낮은 파장인 335nm부근에서 peak를 보여 약간의 blue shift가 일어나고 있다. 이는 단백질 구조가 변화할 때 일어나는 현상^[19]으로 추출용매에 EDTA를 첨가함으로써 단백질의 용해도가 증가하여 저분자량 단백질들의 순설 또는 단백질의 4차구조의 변화 등으로 인하여 일어난 결과^[20]로 생각된다.

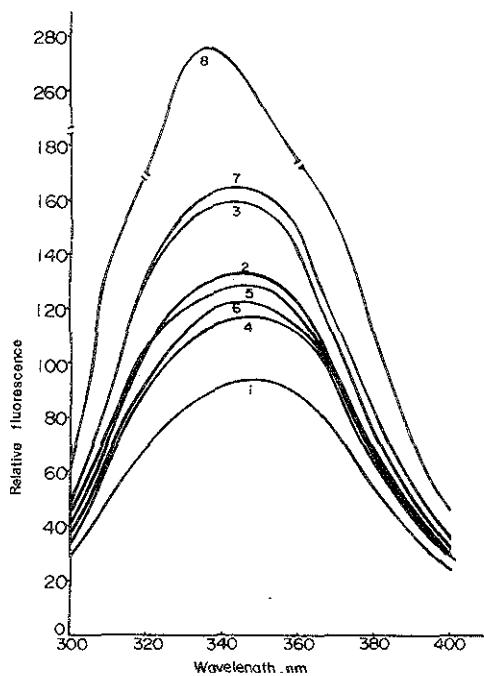


Fig. 2. Intrinsic fluorescence spectra of rapeseed proteins. Number of spectra are same as described in the method. Protein solutions (1mg/ml in 0.1M phosphate buffer of pH 8.0) were excited at 280nm using a 5nm bandwidth.

Table 1은 각 공정별로 얻어진 유채단백질의 황색도 및 표면소수성을 나타낸 것이다. 유채단백질의 황색도는 주로 황색성분인데 유채박분에서는 황색도가 60.7이었으나 등전침전, 산세척, UF농축처리 공정으로 모두 다 개선되고 있는 경향이며, 7번 공정인 산세척 및 UF(100K) 농축혼용 경우에는 47.6으로 상당히 많이 개선되었다. 이것은 Thompson 등¹⁹이 1% SHMP 용매를 사용하여 추출한 후 2회 산세척한 단백질의 황색도가 48.5라고 보고한 결과보다 약간 더 개선되었으며, 8번 공정인 1% SHMP와 0.25M EDTA 혼합용매로 얻은 단백질인 경우에는 특히 좋았다. 이는 여러가지 공정을 실시함에 따라 수용성인 flavonoid계 색소가 제거²⁰되고 EDTA 첨가시 단백질과 결합되어 있던 나머지 색소성분들이 제거되는 것으로 여겨진다. 또한 이것은 앞서 자외 스펙트럼 (Fig. 1)에서와 같이 325nm 부근에서의 흡수 스펙트럼 결과와 상당히 일치되고 있다. 표면소수성은 단백질 분자들이 표면에 나타나는 소수성기들의 양으로

Table 1. The lightness value(YCIE) and surface hydrophobicities(So) of rapeseed proteins prepared by different processes

Processes	Properties	
	YCIE	So
Meal	60.7	~
1	56.6	13.0
2	50.8	16.8
3	49.2	16.2
4	52.5	17.0
5	51.2	16.1
6	52.4	23.7
7	47.6	31.4
8	34.4	20.9

나타나는데 0.1% 단백질 용액에 1-anilino-8-naphthalene sulfonate (ANS)를 가하여 활성화시켰을 때의 표면소수성은 1번 대조구에 비하여 산세척 공정과 UF 농축처리 공정에서 모두 높게 나타났으며, 7번인 산세척 및 UF(100K) 농축혼용 처리인 경우는 가장 높게 나타났으나 EDTA 첨가시는 산세척 공정과 비슷하게 낮았다. 표면소수성은 단백질이 용액중에서 소수성 물질들과의 결합능력²¹을 나타내는 것으로서 여러 가지 처리공정에 따른 표면소수성이 높게 나타나는 것은 산세척 등으로 phytate, glucosinolate, polyphenol등과 같은 불순물이 제거되고 당단백질 및 일부 저분자 단백질이 셋겨나가서 소수성기들이 보다 더 많이 노출되었고 또한 UF농축 처리에 의해 polyphenol, 당단백질 및 glucosinolate 등의 저분자물질들이 제거되어 단백질 분자내의 소수성기 노출이 증가된 결과라고 생각된다.

Fig. 3은 각 공정별로 얻어진 단백질의 SDS-PAGE 분석 결과이다. 일반적으로 유채단백질의 band는 9개로 나타났으며, 현저하게 명백히 나타난 band는 6, 7, 8, 9였고 상대이동도(Rm)에 따라 표준단백질과 비교된 분자량은 6, 7, 8, 9 band가 각각 2.82×10^4 , 2.48×10^4 , 1.96×10^4 , 1.59×10^4 dalton으로 측정되었다. 즉, 유채박 단백질의 50% 이상은 $1.96 \sim 1.59 \times 10^4$ dalton 분자량을 가진 저분자 band로 구성되었으며, 나머지 30%정도는 $3.25 \sim 2.48 \times 10^4$ 의 분자량을 가진 band로 구성되어 있는 것으로 조사되었다. 처리공정에 따른 변화는 거의 볼 수 없었으나 특이하게 1% SHMP와 EDTA 혼합용매로 얻어진 8번 시료에서는 9번 band가 거의 나타나지 않았는데 이는 EDTA 첨가로 인하여 주로 저분자 단백질이 소실되었고 4, 5, 6, 7, 8번 band가 상당히 증가를 보인 것은 1%

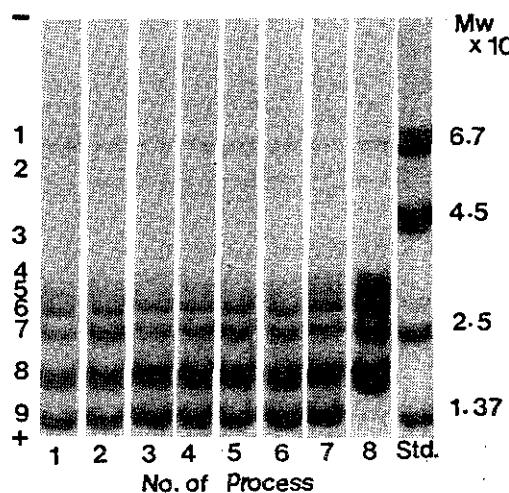


Fig. 3. SDS-PAGE patterns of rapeseed proteins prepared by different processes.

SHMP로 추출했을 때보다 상대적으로 많은 양의 단백질들이 추출된 것으로 생각된다.

Table 2는 각 공정별로 얻어진 유채단백질들의 아미노산 함량을 나타냈다. 대체로 모든 처리공정에서 아미노산 함량변화는 크지 않았지만 EDTA를 첨가한 8번 공정에서는 전체적으로 아미노산 함량이 감소한 것으로 나타났다. 그러나 아미노산 함량은 이미 보고된 결과^{5, 21, 22}들도 차이가 크게 보고되고 있는데 이는 품종, 시료의 정제 및 측정방법에 따라 차이가 큰 것으로 생각된다. 그러나 8번 시료에서 전반적으로 다

른 시료보다 아미노산 함량이 상당히 적게 측정되고 있는 것은 미량으로 시료 중에 잔존되어 있는 EDTA가 아미노산 정량에 어떤 영향을 미치는 것으로 추론할 수 있으나 앞으로 더 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 이 결과는 Serraino와 Thompson²⁰이 EDTA를 첨가한 용매로 추출하여 얻은 단백질의 아미노산 함량이 감소했다는 보고와 일치하고 있다.

Fig. 4는 각 공정별로 얻어진 시료단백질의 pH에 따른 용해도 곡선을 나타낸 것이다. 모든 시료는 pH가 감소함에 따라 용해도가 감소하였으며 등전점은 pH 3~4부근이었으나 8번 공정에 의해 얻어진 시료만 상당히 다른 용해도 곡선을 나타내고 있다. 이는 추출 용매, 추출 조건, 품종 등에 따라 등전점이 달라진다는 Sarwar 등²¹의 보고와 일치하고 있으며 EDTA가 칼레이트를 형성함으로써 단백질의 입체구조가 변화하게 되어 단백질의 용해도에 영향을 미친 것으로 추정된다. 그리고 유채단백질의 pH가 3.5인 것을 보면 산성식품에는 등전점이 pH 4.5인 대부분 단백질 보다는 유채단백질을 사용하는 것이 더 유용할 것으로 생각된다.

Table 3은 각 시료단백질들의 동점도, 칼슘 및 열응고성, 수분 및 유흡수성을 나타냈다. 유채단백질의 동점도는 1.02~1.12 centistoke 사이에 있었는데 정제도가 높을수록 낮은 값을 보이고 있다. 동점도는 단백질의 수용액 상태에서 유체역학적인 성질을 나타내는 것으로, 동점도의 변화는 단백질의 입체구조 및

Table 2. Amino acid compositions of rapeseed proteins prepared by different processes (g/protein 100g)

Amino acid	Processes						
	1	2	3	4	5	7	8
Aspartic acid	5.5	5.8	5.9	5.0	5.9	5.4	6.8
Glutamic acid	15.8	17.6	17.6	14.2	16.3	15.8	12.0
Serine	3.6	4.2	4.2	3.5	4.0	3.9	3.1
Glycine	4.5	5.1	4.8	4.1	4.9	4.5	4.1
Histidine	2.5	2.9	2.9	2.3	2.9	2.6	1.6
Arginine	5.8	6.5	6.3	5.2	6.1	5.8	5.0
Threonine	3.5	4.0	3.9	3.3	3.6	3.6	2.9
Alanine	3.9	4.4	4.3	4.0	4.2	4.0	3.3
Proline	5.8	6.5	6.4	5.2	6.0	5.7	3.7
Tyrosine	1.4	1.9	1.4	1.4	1.1	1.4	1.1
Valine	4.3	4.8	4.2	3.7	4.8	4.2	3.6
Methionine	1.5	1.6	1.6	1.3	1.1	1.5	0.9
Cystine	0.5	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.2
Isoleucine	0.3	3.1	2.7	2.4	3.2	2.7	2.2
Phenylalanine	1.8	1.6	1.3	1.3	1.9	1.4	1.2
Lysine	5.2	6.0	5.8	4.7	5.7	5.4	3.1
Leucine	5.1	5.4	4.8	4.3	5.4	4.7	4.1

Table 3. Kinematic viscosity, calcium precipitation, heat coagulation, water and oil absorption of rapeseed proteins prepared by different processes

Processes	Process				
	Viscosity (centistoke)	Calcium precipitation (%)	Heat coagulation (%)	Water absorption (g/g protein)	Oil absorption (ml/g protein)
1	1.10	66	11.6	0.37	5.50
2	1.05	71	8.2	0.35	5.84
3	1.02	86	6.6	0.32	6.32
4	1.06	77	9.2	0.33	6.02
5	1.08	73	9.4	0.36	5.72
6	1.04	75	10.9	0.34	4.80
7	1.03	74	6.6	0.32	6.95
8	1.12	78	31.3	0.33	7.00

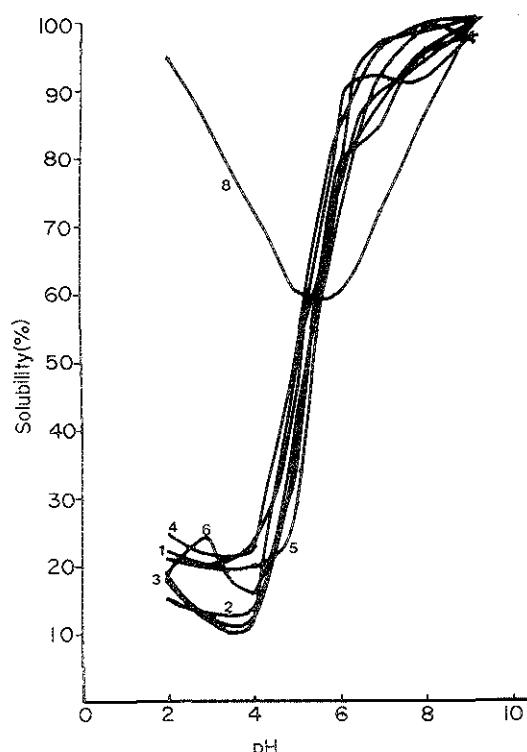


Fig. 4. pH-solubility profiles of rapeseed proteins prepared by different processes.

수화력의 변화에 기인한 것이다¹⁸. 따라서 본 연구에서 정제도에 따른 점도의 변화는 불순물의 제거에 따른 수화력의 감소로 생각할 수 있으며, 8번인 SHMP와 0.25M EDTA 혼합용매로 얻어진 단백질인 경우에는 EDTA에 따른 단백질의 입체구조 및 저분자량 단백질의 제거로 추론할 수 있다. 시료 단백질들의 칼슘 침전성은 1번 공정에 비해 모든 공정에서

높게 나타났는데 이는 여러가지 정제과정을 통한 단백질 이외의 성분들이 제거되는 효과로 생각되며 특히 산세척 및 UF농축 처리한 혼합공정에서는 다른 공정들에 비해 약 30% 증가하여 칼슘에 대한 반응성이 민감하였다. 이것은 산성 pH에서는 단백질이 양 전하를 띠게 됨으로서 단백질과 양이온 물질들과의 결합이 해체되어 버려서²⁰ 칼슘과 결합할 수 있는 단백질의 양이 다른 처리구들에 비하여 상대적으로 증가하였기 때문으로 생각된다. 또한 이렇게 칼슘에 대한 반응성이 민감한 것은 갈 형태의 식품을 만들 때 유용할 것으로 생각된다. 시료단백질들의 열응고성은 8번 공정에서 얻은 시료를 제외한 모든 시료들은 1번 대조구에 비해 감소하였다. EDTA 혼합용매로 얻은 시료인 8번에서 특이하게 열응고성이 증가한 것은 단백질 입체구조의 폴리머화 때문으로 여겨진다. 그리고 전체적으로 본 실험에 사용된 유제단백질 시료는 열응고성이 10% 이하로서 대부분 단백질의 열응고성 50%에 비해 상당히 높게 나타나 열처리 음료용 단백질로 좋을 것으로 생각된다. 수분흡수력은 모든 시료에서 평균적으로 0.33g/g protein을 나타내고 있어 1번 보다는 약간 낮았고 대부분 분리단백질의 평균 수분흡수력인 0.35g/g protein²⁰보다 약간 낮았다. 유흡수력은 모든 공정에서 비슷한 결과를 보이고 있는데 3, 7, 8번 공정에서는 유흡수력이 증가하였고, 4, 5, 6번 공정에서는 비교적 적게 증가하였으며 6번 (동전침전 후 100K 막 UF농축)에서 가장 적은 것으로 나타났다.

Table 4는 시료단백질들의 표면특성을 나타낸 것이다. 거품팽창성은 8번을 제외한 모든 시료단백질에서 150~168%로 거의 비슷한 증가를 나타냈으며 최대치와 최소치 차이는 5.5ml였다. Dev와 Mukherjee²⁰은

Table 4. Foam and emulsion properties of rapeseed proteins prepared by different processes

Processes	Properties					
	Foam expansion (ml)	Foam stability ^{a)} (%)	Foam stability ^{a)} (ml)	Emulsion activity index (m ² /g)	Emulsion stability (m ² /g)	Emulsion heat stability (m ² /g)
1	31.0	155	27.0	135	15.19	1.17
2	30.0	150	26.5	133	11.71	1.01
3	32.5	163	27.5	138	12.57	1.32
4	33.5	168	30.5	153	12.96	1.18
5	30.5	153	26.0	136	13.48	1.20
6	32.5	163	27.0	135	15.96	1.08
7	31.0	155	27.0	135	17.91	1.40
8	35.5	178	34.0	170	4.98	1.12

^{a)} Measured at 1hr after expansion measurement

유채단백질의 거품성에 대한 1차적인 결정은 단백질의 구조와 입체형태라고 보고하고 있는데 8번의 거품팽창성이 178%로 가장 높게 나타난 것은 EDTA 첨가로 인한 단백질 구조 변화에 따른 것으로 추정된다. 거품안정성은 4번 153%, 8번 170%로 높게 나타났고 그 외 다른 시료에서는 1번 135%와 거의 비슷하였다. 거품팽창 시킨 후 1시간 정차 후 측정한 결과 감소한 거품량은 약 10~20% 정도로 높은 거품안정성을 보여주었다. 시료 단백질에 대한 에멀젼 활성지수는 phytate 함량이 낮을수록 좋은 에멀젼 활성지수를 가지는데²⁰ 2번에 비하여 3번이, 4번에 비하여 5, 6, 7번의 phytate 함량이 낮은 결과²⁰는 에멀젼 활성지수가 2번 보다 3번이 높아진 것과 또한 4, 5, 6, 7번 순서로 높아진 결과와 관련이 있는 것으로 나타나 낮은 함량의 phytate를 지닌 유채분리단백질이 높은 에멀젼 활성지수를 갖는 것으로 생각된다. 그러나 8번 시료는 phytate 함량이 가장 적었음에도 에멀젼 활성지수가 4.98m²/g으로 낮게 나타난 것은 EDTA 첨가로 인한 단백질의 구조적 변화로 인한 것으로 생각되며 1번의 에멀젼 활성지수가 15.19m²/g으로 좀 높게 나타난 것은 다른 공정들에 비해 덜 정제된 불순물들에 의한 영향으로 추정된다. 에멀젼 열안정성은 모든 시료에서 큰 차이를 보이지는 않았으나 8번에서는 약간 높게 나타났다. 전체적으로 에멀젼 활성지수는 모든 시료에서 상당히 높은 값이었으나 에멀젼 안정성과 에멀젼 열안정성은 낮은 값이었다. 결국 1% SHMP와 0.25M EDTA 혼합용매로 추출된 단백질은 이화학적인 성질 및 기능성면에서 1% SHMP로 추출된 단백질과 상당히 다른 성질을 가지고 있어 앞으로 이에 대한 연구가 요망된다.

요약

국내산 *Brassica napus*, var. *Youngsan*종 유채단백질의 추출용매 및 공정차이에 따른 이화학적 성질 및 기능성에 대하여 조사하였다. 각 공정별로 얻어진 유채단백질은 정제가 잘 될수록 황색도와 표면소수성이 개선되었다. SDS-PAGE 분석결과 9개의 band가 나타났으며 상당부분이 1.96~1.58×10⁴ dalton 분자량으로 구성되었고, EDTA 혼합용매로 추출한 경우 저분자량 band가 거의 나타나지 않았다. 아미노산 함량은 정제에 따라 약간씩 높았으나 EDTA 혼합용매로 추출한 단백질에서는 전체적으로 상당히 낮았다. EDTA 혼합용매로 추출한 단백질에서의 용해도가 1% SHMP로 추출한 단백질과 매우 다르게 나타났으며, 동점도는 정제가 잘 될수록 낮은 값이었다. 수분흡수력과 거품성은 큰 차이가 없었으며, 유흡수력과 에멀젼 활성도는 대조구 보다 약간씩 증가하였으며 대조구에 비하여 다른 모든 처리구의 칼슘에 대한 반응성이 민감하였다. 열응고성은 EDTA 처리구만 높았고 나머지 모든 처리구에서는 상당히 낮은 값으로서 열안정성이 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 1989년도 학술연구조성비 지원(과제번호 : 891-1508-050-2)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 준 한국과학재단에 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

1. Sosulski, F. W., Humbert, E. S., Bui, K. and Jones, J. D. : Functional properties of rapeseed flour concentrates and isolate. *J. Food Sci.*, **41**, 1349(1979)
2. Venkatesh, A. and Appu Rao, A. G. : Isolation and characterization of low molecular weight protein from mustard (*Brassica juncea*). *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 1150(1988)
3. El Nocrashy, A. S., Kiewitt, M., Mangold, H. K. and Mukhejee, K. D. : Nutritive value of rapeseed meals and rapeseed protein isolate. *Nutri. Metab.*, **19**, 145(1975)
4. Sarwar, G., Shanmon, D. W. F. and Bowl, J. P. : Effect of processing conditions on the availability of amino acids in soybean and rapeseed proteins when fed to rats. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.*, **8**, 137(1985)
5. Sosulski, F. W. : Rapeseed protein for food use. In "Food protein" Hudson, R. J. (ed.), Elsevier Applied Science, New York, Vol. 2, p. 109(1983)
6. Erdman, J. W. Jr. : Oilseed phytates-nutritional implications. *Am Oil Chem. Soc.*, **56**, 736(1979)
7. Clandinin, D. R. and Robblee, A. R. : Rapeseed meal in animal nutrition. 2. Nonuminant animals. *J. AOCS.*, **6**, 682(1981)
8. 이장순, 강동섭, 강영주 : 유체박 단백질의 추출 및 정제에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **22**, 780(1990)
9. Tero-Vazquez, J. F. and Rengenstein, J. M. : Physicochemical parameters of protein additives and their emulsifying properties. *J. Food Sci.*, **54**, 1177(1989)
10. 강영주, 이기춘, 박영호 : 대부 7S 및 단백질의 기능성에 대한 효소적 가수분해의 효과. *한국식품과학회지*, **20**, 344(1985)
11. Hsu, H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L. S. and Miller, G. A. : A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, **42**, 1269(1977)
12. Pearce, K. N. and Kinsella, J. K. : Emulsifying properties of proteins ; Evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 716(1978)
13. Haque, Z. H. and Kinsella, J. E. : Emulsifying properties of food proteins ; Bovine serum albumin. *J. Food Sci.*, **53**, 416(1988)
14. Kramer, A. and Kwee, W. H. : Functional and nutritional properties of tomato protein concentrate. *J. Food Sci.*, **42**, 207(1977)
15. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of the Great Northern Bean (*Phaseolus vulgaris L.*) proteins-emulsion foaming, viscosity and gelation properties. *J. Food Sci.*, **46**, 71(1981)
16. Schnid, F. X. : Spectral method of characterizing protein conformation and conformational changes. In "Protein structure" Creighton, T. E. (ed.), IRL Press, p. 251 (1989)
17. Kozlowska, H., Sabir, M. A. and Sosulski, F. W. : Phenolic constituents in rapeseed flour. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **8**, 160(1975)
18. Kella, N. K. D., Kang, Y. J. and Kinsella, J. E. : Effect of oxidative sultitolytic desulfide bond of bovine serum albumin on its structurally properties ; A physicochemical study. *J. Protein Chem.*, **7**, 535(1988)
19. Thompson, L. U., Reyes, E. and Jones, J. D. : Modification of the sodium hexametaphosphate extraction-precipitation technique of rapeseed protein concentrate preparation. *J. Food Sci.*, **47**, 982(1982)
20. Serraino, M. R. and Thompson, L. U. : Removal of phytic acid and protein phytate interaction in rapeseed. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 38(1984)
21. Tzeng, Y. M., Diosady, L. and Rubin, L. J. : Preparation of rapeseed protein isolate by sodium hexametaphosphate extraction, diafiltration and ion-exchange. *J. Food Sci.*, **53**, 1537(1988)
22. Diosady, L. L., Tzeng, Y. M. and Rubin, L. J. : Preparation of rapeseed protein concentrates and isolates using ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **48**, 768(1984)
23. Kinsella, J. E., Damodaran, S. and German, B. : Physicochemical and functional properties of oilseed proteins with emphasis on soy proteins. *New Protein Food*, **5**, 124(1985)
24. Dev, D. K. and Mukherjee, K. D. : Functional properties of rapeseed protein products with varying phytic acid contents. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 775(1986)

(1991년 7월 22일 접수)