

한국산 평지 종실 단백질의 Phytate 제거에 관한 연구

제 1 보. 평지 종실 단백질과 Phytate의 용해도에 대한 pH와 염류의 영향

허 채 옥·양 차 범

한양대학교 식품영양학과
(1986년 5월 2일 수리)

Studies on the Removal of Phytate from Korean Rapeseed (*Brassica napus*, L) Proteins

I. Effects of pH and Salts on Protein and Phytate Solubility of Defatted Rapeseed Flour

Chai-Ok Huh and Cha-Bum Yang

Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul, Korea

Abstract

Proteins in Korean rapeseeds, as in many other plantseeds, are usually bound to phytate molecules. These phytate-bound proteins are of little value as foodstuffs because of their poor solubility in digestive systems. Therefore it is necessary to remove phytates from proteins in order to convert these proteins to a useful foodstuff.

In this work, an efficient procedure for removal of phytates from defatted Korean rapeseed was found.

The influence of pH on the solubility of protein and phytate of rapeseed flour showed that the former was the lowest at pH 5.0 and began to increase as pH further raised. Meanwhile, the latter was the highest at pH 6.0, however, it was decreased abruptly at alkaline pH, especially to content of 1.3% at pH 11.5.

The solubility of protein was relatively high in NaCl aqueous solution at pH 6.0~8.0, and did not make any noticeable difference depending on NaCl concentration. On the other hand, the solubility of phytate was high at pH of below 6.0 showing an abrupt decrease at pH of above 6.0.

The solubility of protein in CaCl₂ aqueous solution was highest at pH 6.0~8.0, however, there was no significant change at the whole range of tested pH of the solution. A maximum solubility of phytate was shown at pH 3.0~4.0. And it was decreased abruptly at a higher pH of the above range and also decreased at a lower pH with higher CaCl₂ concentration.

The solubility of phytate in Na_2SO_3 aqueous solution was highest at pH 5.0~8.0. As the concentration goes up the maximum value of solubility was found to move to higher pHs. Depending on the concentration of Na_2SO_3 , the decreasing pattern was changed in an alkaline solution.

The solubility of phytate in the solution containing low concentration of Ca^{2+} ion was low in all treatments at pH of above 7.0 and showed the maximum value at low pH as Ca^{2+} ion concentration increases.

The solubility of protein at pH 11.5 showed the highest value in 1mM Ca^{2+} ion solution.

서 론

인구증가에 따르는 식량의 수요를 충족시키는 방도로서 미이용 또는 폐기자원의 식량화를 들 수 있겠는데 채유후의 평지 종실박의 단백질 함량이 40% 이상 되고 그의 필수아미노산 조성이 사람의 아미노산 요구에 가까우며¹⁾ 곡류와 다른 식물 단백질에서 제한아미노산인 lysine을 비교적 많이 함유하고 있어²⁾ 영양상 좋은 급원이 될 수 있다.

그러나 평지 종실에는 인체내에서 강한 음전하를 띠어 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} 등의 금속 양이온들이나 단백질과 강하게 결합하여 생체이용을 감소시키는³⁾ phytate(1, 2, 3, 4, 5, 6-cyclohexanehexol phosphoric acid)라는 성분이 다른 종자(1~2%)에 비하여 비교적 많은 양(3~6%)이 함유되어^{4,5)} 그 粕의 이용에 제한요소가 되고 있다. Phytate는 종자의 성숙과정 중 P의 최종산물로서⁶⁾ 일반적으로 Total P의 60~90%를 함유하며⁷⁾ 종자의 발아시 phytase에 의하여 가수분해되어 에너지로 사용되는 물질⁸⁾로 종자생리에는 중요하나 그의 제거가 어려워 인체내에서는 영양저해인자로 작용한다. 근래에 와서 식품에 있는 phytate를 제거하거나 감소시키는 여러 연구가 진행되고 있어 de Boland등⁹⁾과 Carter등¹⁰⁾은 autoclaving의 효과를, Ranhotra등¹¹⁾은 밀가루빵 제조 중 phytase의 효과를 보고하였고, Chang등¹²⁾은 incubation했을 때 가수분해와 확산작용으로 phytate가 제거된다고 보고하였다. 그리고 최근 안등¹³⁾에 의하면 녹두, 대두, 참깨 및 들깨가 발아할 때 phytate가 크게 감소되는 동시에 무기인의 함량이 급격히 높아져 발아시 phytate의 감소를 뒷받침하고 있다. 또한 박등¹⁴⁾은 temphe 제조시 phytate 함량이 낮아짐을 보고하고 있다. 이

밖에 주목할만한 것으로 종자에서 phytate와 단백질의 용해도 차이를 이용하여 phytate를 제거한 연구보고들^{15~17)}이 있는데 de Rham과 Jost등¹⁵⁾은 대두 추출물 중 phytate와 단백질의 용해도는 pH, NaCl, Ca염 및 EDTA에 의하여 크게 달라진다고 하였다.

본 연구에서는 여러 방법중 조각이 간단하고 경제적인, pH와 양이온을 조절함으로써 평지 종실 단백질로부터 phytate를 분리하는 방법을 검토하여 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시료의 조제

평지 종실(*Brassica napus, L*)은 제주도에서 1984년 8월에 수확한 것을 구입하였으며 낱알이 건전하고 크기가 균일한 것을 선별하여 사용하였다.

선별된 평지 종실은 유발에서 가볍게 분쇄한 후 풍선으로 종피를 제거하고 n-hexane(1 : 20 w/v)으로 지방을 추출하였으며 이와같이 탈지한 평지 종실박을 ball mill에서 100 mesh로 분쇄하여 분말시료로 하였다.

2. Phytate의 분석

Wheeler와 Ferrel의 방법¹⁸⁾에 의하여 3% TCA 수용액으로 phytate를 추출한 후 FeCl_3 용액(580.6 mg의 FeCl_3 를 3% TCA 수용액 100ml에 녹임)을 가하여 ferric phytate를 얻고 다시 1.5N NaOH 수용액으로 phytate에 결합되었던 Fe를 ferric hydroxide의 침전으로 얻은 후 3.2N HNO_3 수용액으로 녹이고 1.5N KSCN 수용액으로 발색시켜 spectrophotometer (Spectronic 21, Bausch & Lomb)로 480nm에서 흡광도를 측정하였다. 이렇게 구한 Fe의 농도로부터 phytate 1 mole에 4

mole의 Fe가 결합한다는 분자구조의 이론적 가정 하에서 Fe값에 2.98을 곱한 값으로 phytate의 양을 구하였다.

3. 단백질과 phytate의 추출 및 용해도의 측정

pH의 변화에 따른 용해도의 측정: 단백질의 추출은 Gerra의 방법¹⁹⁾에 의하여 실온에서 시료와 증류수의 비율을 1:40(w/v)으로 섞고 30분간 교반 후 4N HCl과 4N NaOH로 pH 2.0~11.5로 조절하였고 30분 후 다시 조절 교반하였다. 추출액을 10,000×g로 20분간 원심분리하여 상층액을 microkjeldahl 질소정량법²⁰⁾에 의하여 단백질을, phytate는 상기의 방법으로 정량하여 시료의 총단백질과 총 phytate에 대한 백분율로 용해도를 표시하였다.

염의 종류 및 농도에 따른 용해도의 측정: 상기한 용해도 측정방법에 따라 NaCl, Na₂SO₃, CaCl₂의 각각 3%, 5%, 7% 농도의 수용액으로 pH에 따른 (pH 3.0~11.5) 용해도를 측정하였다.

低 Ca²⁺ 이온 농도에 따른 용해도의 측정: Ca²⁺ 이온의 농도를 1~40mM로 조절된 수용액으로 pH에 따른 (pH 3.0~11.5) 용해도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 단백질과 phytate의 용해도에 미치는 pH의 영향

탈지평지종실의 단백질과 phytate에 대하여 pH를 달리하여 측정한 용해도는 Fig. 1과 같다. 즉

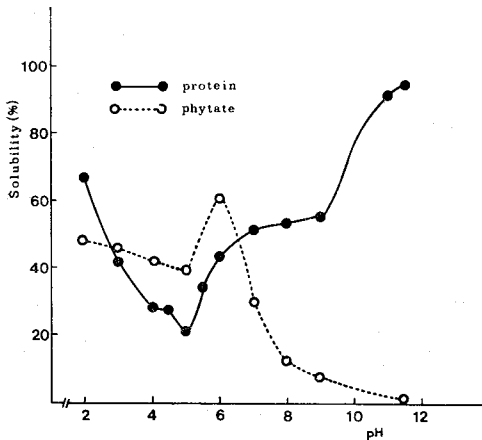


Fig. 1. Solubility profiles of protein and phytate from defatted rapeseed flour at various pH's.

pH에 따르는 단백질의 용해도의 변화를 보면 pH 5.0에서 20.9%로 가장 낮아 등전점을 보였고, 그 이상의 pH에서는 급격히 증가되어 pH 11.5에서의 용해도가 94.5%로 높았다. 양등²¹⁾은 평지 종실 단백질의 용해도가 pH 5.5에서 25%, pH 11.0에서 가장 높아 73.2%라고 보고하여 본 실험결과와는 약간 다르게 나타났다.

pH에 따르는 phytate 용해도의 변화는 pH 5.0에서 39.0%이며 그보다 pH가 낮을수록 단백질과 함께 용해도가 증가하였고 반면 그보다 pH가 높아질수록 증가되어 pH 6.0에서 최대치(61.0%)를 보이다가 그 이상에서는 급격히 감소하여 pH 11.5에서 1.3%까지 떨어져 pH 11.5에서 단백질과 phytate의 용해도 차이가 가장 크게 나타났다.

pH 6.0정도까지는 단백질과 phytate의 용해 양상이 비슷하여 단백질의 용해도가 큰 곳에서 phytate의 용해도도 큰 것으로 나타났다. de Rham 등¹⁵⁾과 Fontaine²²⁾에 의하면 대두, 먼실, 낙화생에서도 그 용해도가 유사한 것으로 나타났으며 대두에서는 pH 11.0정도까지는 비슷하다가 그 이후 phytate의 용해도가 급격히 떨어져 본 실험의 평지 종실과는 다르게 나타났다.

그러므로 평지 종실에서 pH 11.5에서는 대부분의 phytate가 침전되는 반면 단백질은 용해되어 나온다는 성질을 이용하면 두가지 성분의 용해도 차이만을 이용하여도 단백질로부터 phytate를 어느정도 분리 제거할 수 있는 것으로 생각된다. 그리고 pH 11.5로 조절된 용액을 다시 pH 5.0으로 낮추어 단백질을 침전시킬 때 용해되어 있는 phytate의 일부가 다시 용해된 형태로 제거될 수 있다. 그러므로 pH 11.5에서 추출하고 pH 5.0에서 침전시켜 phytate를 제거하여 얻은 분리단백질의 phytate 함량은 0.1% 이하로 현저하게 낮아질 수 있다고 하겠다.

2. 단백질 및 phytate의 용해도에 미치는 염류의 영향

단백질 및 phytate의 용해도에 대한 염의 영향을 알기 위하여 NaCl, CaCl₂와 Na₂SO₃의 각각 3%, 5%, 7%의 수용액에서 pH를 달리 하면서 탈지평지종실을 녹여 단백질 및 phytate의 용해도를 측정한 결과는 Table 1~3과 같다.

먼저 NaCl의 영향을 보면 (Table 1) 단백질의 용해도는 pH 6.0~8.0이상에서 높은 값을 보였고 NaCl의 농도가 높을수록 용해도도 증가했으며 농

도별 차이는 pH 7.0부터 3%와 5% NaCl 사이에서 차이를 볼 수 있었으나, 5%와 7%간의 차이는 그리 크지 않았다. 그리고 phytate의 용해도는 pH 6.0 이하에서는 전반적으로 높아 80% 이상이었으며 NaCl의 농도가 높을수록 용해도는 감소하는 경향이나 큰 변화는 없었다. pH 6.0 이상의 알칼리쪽으로 갈수록 급격한 감소를 보여 pH 8.0 이상에서는 6% 이하로 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 그러므로 추출 조건은 좋으나 pH전구간에서 단백질의 용해도가 크기 때문에 (45~80%) 추출 단백질

을 다시 침전시킬 때는 그 수율이 낮아 실용적이지 못하다.

NaCl은 대두^{23,24)}, 참깨²⁵⁾ 등의 단백질의 화학적 성질을 연구하는 데 많이 사용되어 왔으며, 용해도를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 김등²⁶⁾의 연구에서 참깨박 단백질의 용해도는 pH 8.0일 때 NaCl의 농도가 증가하면 단백질의 용해도도 증가한다고 하여 본 실험 결과와 비슷한 경향이며, Van Megen²⁴⁾, 또는 Anderson등²³⁾도 NaCl의 농도가 증가하면 등전점에서 단백질의 용해도도 증

Table 1. Effect of NaCl concentration on protein and phytate solubility of defatted rapeseed flour

Conc. of NaCl	3% NaCl		5% NaCl		7% NaCl							
	Protein		Phytate		Protein		Phytate					
	mg/g*	S(%)**	mg/g*	S(%)**	mg/g	S(%)	mg/g	S(%)				
pH												
3.0	225.8	45.7	27.48	83.7	243.8	49.3	26.77	81.5	263.7	53.3	27.84	84.8
4.0	249.6	50.5	30.71	93.5	263.7	53.3	28.30	86.2	271.0	54.8	29.15	88.8
5.0	334.7	67.7	29.89	91.0	357.4	72.3	27.98	85.2	368.2	74.6	27.34	83.3
6.0	348.0	70.4	28.72	87.5	360.8	72.9	28.44	86.6	356.1	72.0	26.88	81.9
7.0	321.4	65.0	12.30	37.5	377.4	76.3	12.13	36.9	386.0	78.1	13.30	40.5
8.0	314.7	63.6	0.64	1.9	382.7	77.4	0.46	1.4	371.4	75.1	0.92	2.8
9.0	309.4	62.6	0.43	1.3	368.7	74.6	0.89	2.7	372.7	75.4	0.67	2.1
11.5	333.3	67.4	0.54	5.8	372.1	75.2	0.96	2.9	384.7	77.8	0.50	1.5

* Protein and phytate content in extract expressed as mg per g of flour in dry weight basis.

** Solubility was expressed as percent protein or phytate in supernatant divided by total weight of protein and phytate in suspension.

Table 2. Effect of CaCl₂ concentration on protein and phytate solubility of defatted rapeseed flour

Conc. of CaCl ₂	3% CaCl ₂		5% CaCl ₂		7% CaCl ₂							
	Protein		Phytate		Protein		Phytate					
	mg/g*	S(%)**	mg/g*	S(%)**	mg/g	S(%)	mg/g	S(%)				
pH												
3.0	330.2	66.8	30.18	91.9	300.9	60.9	29.96	91.3	308.3	62.3	32.20	98.1
4.0	332.9	67.3	30.25	92.1	316.2	63.9	18.30	55.7	340.2	68.8	12.38	37.7
5.0	335.5	67.8	0.32	0.97	326.2	66.0	0.14	0.4	354.1	71.6	2.38	7.2
6.0	352.1	71.2	0.11	0.32	325.5	65.8	0.25	2.7	356.1	72.0	T	T
7.0	334.2	67.6	0.35	1.1	334.8	67.7	0.21	0.6	342.8	69.3	0.04	0.1
8.0	316.2	63.9	0.14	0.4	324.9	65.7	0.85	2.6	347.5	70.3	T	T
9.0	311.6	63.0	0.25	0.8	330.2	66.8	0.25	0.8	340.8	68.0	0.32	0.97
11.5	304.3	61.5	0.25	0.8	314.9	63.7	0.43	1.3	334.2	67.6	T	T

* Protein and phytate content in extract expressed as mg per g of flour in dry weight basis.

** Solubility was expressed as percent protein or phytate in supernatant divided by total weight of protein and phytate in suspension.

Table 3. Effect of Na₂SO₃ concentration on protein and phytate solubility of defatted rapessed flour

pH	Conc. of Na ₂ SO ₃		3% Na ₂ SO ₃		5% Na ₂ SO ₃		7% Na ₂ SO ₃					
	Protein		Phytate		Protein		Phytate					
	mg/g*	S(%)**	mg/g*	S(%)**	mg/g	S(%)	mg/g	S(%)				
3.0	238.3	48.2	19.22	58.5	219.6	44.4	19.68	59.9	246.8	49.9	20.82	63.4
4.0	271.3	54.9	21.13	64.4	227.3	46.0	22.59	68.8	289.4	58.5	22.16	67.5
5.0	332.0	67.1	22.80	69.4	335.8	67.9	23.97	73.0	357.5	72.4	26.06	79.4
6.0	357.5	72.3	22.52	68.6	371.5	75.1	23.97	73.0	408.6	82.6	25.00	76.1
7.0	383.0	77.4	18.90	57.6	381.8	77.2	27.66	84.2	434.1	87.8	29.22	89.0
8.0	405.6	82.0	5.96	18.1	388.1	78.5	17.27	52.6	417.1	24.3	31.63	96.3
9.0	421.3	85.2	2.52	7.7	390.7	79.0	8.05	24.5	459.6	92.9	22.48	68.5
11.5	446.8	90.3	0.14	0.4	413.7	83.6	0.85	9.2	476.7	96.4	25.28	77.0

* Protein and phytate content in extract expressed as mg per g of flour in dry weight basis.

** Solubility was expressed as percent protein or phytate in supernatant divided by total weight of protein and phytate in suspension.

가하므로 NaCl 용액에서의 등전점 침전에 의한 단백질 수율은 좋을 수 없다고 하였다. 그러나 양²⁵⁾은 찹깨박 단백질에서 5% NaCl 수용액으로 처리하였을 때 낮은 pH에서는 단백질 용해도가 낮았으나 pH가 증가함에 따라 계속 증가되어 pH 9.0에서 최대치를 보여 본 실험의 평지 중질에서와는 다른 경향을 보였다.

Phytate의 용해도에 대한 CaCl₂의 효과를 보면 (Table 2) pH 3.0~4.0의 범위 이상에서 급격한 감소를 보였고 CaCl₂의 농도가 높을수록 더 낮은 pH에서 용해도가 급격히 감소하여 3% CaCl₂ 수용액에서 pH 4.0까지는 용해도가 90.0% 이상이었으나 5%와 7% CaCl₂ 수용액에서는 pH 3.0에서 그 용해도가 각각 91.3%, 98.1%로 최대치를 보이고, pH 4.0에서는 5% 수용액에서 55.7%, 7% 수용액에서는 37.7%를 보이고 있어 농도가 증가할수록 더 낮은 pH에서 용해도가 급격히 감소하였다. 이것은 Mg 또는 Ca-phytate는 낮은 pH에서는 용해상태라는 Jackman 등²⁷⁾의 결과와 잘 부합되며, 급격한 감소는 불용성인 Ca-phytate가 형성되기 때문이라고 생각되는데 de Rham 등¹⁵⁾도 Ca이 충분할 때 phytate가 Ca염으로 침전되어 단백질로부터 분리된다고 하였다.

Saio 등²⁸⁾의 대두단백질의 phytate 용해도에 미치는 Ca²⁺이온의 영향에 대한 연구에서는 pH 5.5~6.0에서 용해도가 급격히 감소되었다고 하였는데 이것은 본 실험의 결과와는 약간 다르게 나타났

다. 그리고 양²⁵⁾은 찹깨중질을 사용하여 CaCl₂ 수용액하에서의 phytate 용해도는 pH 7.0에서 최대치를 보이고 그보다 산성 또는 알칼리쪽에서 감소된다고 하여 본 실험의 결과와는 다르게 나타났다.

CaCl₂ 수용액에서의 단백질 용해도는 전 pH구간에서 큰 변화없이 일정하였고 6.0~7.0 부근에서 최대치를 보였다. 그리고 pH 9.0 이상의 알칼리쪽으로 갈수록 약간 낮아지는 경향을 보였으나 큰 변화는 없었다. 이는 양²⁵⁾이 보고한 찹깨중질 단백질의 용해도가 pH 7.0~8.0의 범위에서 비교적 높은 값을 보이고 그보다 산 또는 알칼리쪽에서 크게 감소된다는 경향과는 다르게 나타났다.

CaCl₂ 수용액은 NaCl 수용액에서와 마찬가지로 추출 조건은 좋으나 단백질의 용해도가 60~70%의 범위를 약간 상회하므로 단백질 수율이 낮은 것으로 생각된다.

Na₂SO₃ 수용액에서는 (Table 3) 농도에 따라 pH가 5.0~8.0 부근에서 phytate의 용해도가 최대치를 보여 NaCl 또는 CaCl₂ 수용액에 비하여 phytate의 용해도 양상이 다르게 나타났다. Na₂SO₃의 농도별로는 전 pH구간에서 농도가 증가할수록 phytate의 용해도는 증가하였으며 3% Na₂SO₃ 수용액에서는 그 용해도가 18.1% 이하이던 것이 7% 용액에서는 68.5% 이상이나 되었다. 따라서 Na₂SO₃ 수용액을 추출용매로 사용할 경우에는 그

농도가 낮을수록 phytate 제거 효과는 커진다고 할 수 있다. Phytate와 단백질의 용해도 차이가 큰 pH 11.5에서 3% Na₂SO₃ 수용액으로 단백질을 추출한 다음 pH 3.0에서 침전시키면 단백질의 수율은 CaCl₂ 또는 NaCl 수용액에서 보다 클 것으로 기대되나 역시 증류수로 추출하는 경우보다는 단백질의 수율이 낮게 나타났다.

3. 단백질과 phytate의 용해도에 미치는 저 Ca²⁺ 이온의 효과

앞에서 언급한 바와 같이 (Table 2) CaCl₂ 수용액은 phytate의 용해도를 크게 감소시키는 좋은 효과를 보였지만 단백질의 용해도가 전 pH구간에서 낮았기 때문에 Ca²⁺이온의 농도를 더욱 낮추면 단백질 용해도는 증가될 것이라 생각되어 1mM, 3mM, 20mM 및 40mM의 Ca²⁺이온 농도별로 단백질과 phytate의 용해도를 측정 한 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

Phytate의 용해도는 농도에 따라 pH 4.0~6.0 부근에서 가장 높았고, 그 이상에서는 급격히 감소되어 pH 11.5에서 용해도는 농도별로 거의 비슷하게 낮았다. 그리고 Ca²⁺이온의 농도가 높을수록 더 낮은 pH에서 최대치를 보였다. 단백질의 용해도는 Ca²⁺이온 1mM에서는 증류수만을 사용하였을 때와 거의 비슷한 경향을 보였으며 pH 11.5에서는 증류수보다 약간 낮았으나(증류수에서 94.5%, 1mM CaCl₂에서 92.8%) pH 5.0에서는 증류수의 경우보다 약간 더 높았다. Phytate의 용해도는 pH 11.5에서는 증류수의 경우와 비

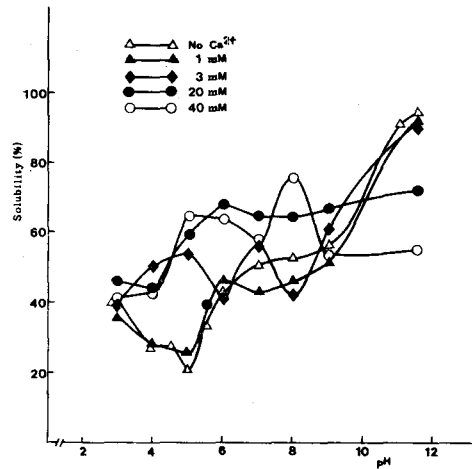


Fig. 3. Effect of Ca²⁺ ion concentration on protein solubility from defatted rapeseed flour.

슷하게 크게 낮았고, Ca²⁺이온 1mM에서는 pH 5.0에서 더 높아 phytate의 제거효과는 1mM CaCl₂ 수용액에서 더 클 것으로 예상되나 단백질의 용해도를 고려한다면 별 차이가 없을 것이다.

따라서 1mM CaCl₂ 수용액으로 pH 11.5에서 단백질을 추출한 다음 pH 5.0에서 침전시키는 것도 低 phytate 含有分離蛋白質을 얻는 방법의 하나가 될 수는 있으나 증류수만으로 추출하였을 때보다 더 좋은 효과는 인정되지 않았다.

De Rham 등¹⁵⁾은 대두의 경우 Ca²⁺이온이 4mM 이하에서는 단백질과 phytate의 용해도에 효과가 없다고 보고하여 본 실험의 평지 종실의 결과와는 다르게 나타났다.

요 약

pH를 달리한 수용액 및 농도를 달리한 염류수용액에서 평지 종실의 단백질과 phytate의 용해도를 측정하여 단백질로부터 phytate를 제거할 수 있는 조건을 검토하였다.

1. 평지종실의 단백질과 phytate의 용해도에 미치는 pH의 영향을 측정 한 결과 단백질의 용해도는 pH 5.0에서 가장 낮은 20.9%로 등전점을 보였고, 그 보다 산성 또는 알칼리쪽으로 갈수록 그 용해도가 증가되어 pH 11.5에서 94.5%로 가장 높았다. Phytate의 용해도는 pH 6.0에서 가장 높았으며(61.0%) 알칼리쪽에서 더 급격히 감소되어 pH 11.5에서는 그 용해도가 1.3%였다.

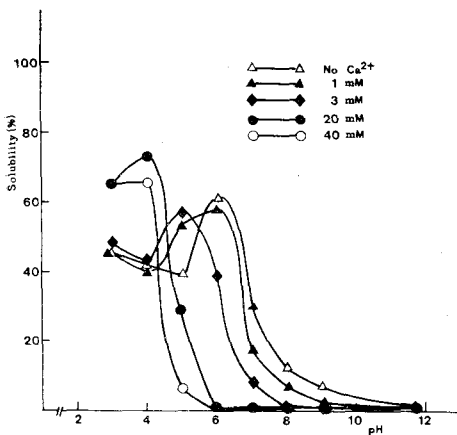


Fig. 2. Effect of Ca²⁺ ion concentration on phytate solubility from defatted rapeseed flour.

2. 단백질과 phytate의 용해도에 미치는 염류의 영향을 보면 NaCl 수용액을 처리하였을 때 단백질의 용해도는 pH 6.0~8.0 이상에서 높은 값을 보였고, 염의 농도별 차이는 크지 않았다. Phytate의 용해도는 pH 6.0 이하에서는 높았으나 그 이상의 pH에서는 급격히 감소되어 pH 8.0 이상에서 6.0% 이하로 떨어졌다.

CaCl₂ 수용액 처리에서는 단백질 용해도가 pH 6.0~8.0 부근에서 최대치를 보이거나 전 pH구간에 서 큰 변화를 보이지 않았다. Phytate의 용해도는 pH 3.0~4.0 부근에서 최대치를 보이고 그 이상의 pH에서는 급격히 감소되어 pH 5.0~6.0에서 7% 이하로 떨어졌다. 그리고 염의 농도가 높을 수록 더 낮은 pH에서부터 감소를 보였다.

Na₂SO₃ 처리에서 단백질의 용해도는 pH가 높아짐에 따라 계속 증가되어 pH 11.5에서 84% 이상이었으며 phytate의 용해도는 pH 5.0~8.0의 부근에서 최대치를 보이며 농도가 높을수록 더 높은 pH에서 최대치가 나타났다. 염의 농도에 따라 알칼리쪽에서의 감소 양상이 달라졌다.

3. 低 Ca²⁺이온 처리에서 phytate의 용해도는 pH 7.0 이상에서 Ca²⁺이온의 농도별로 별차이 없이 낮았고 농도가 증가됨에 따라서 더 낮은 pH에서 최대치를 보였다. 단백질의 용해도는 pH 11.5에서 보면 1mM Ca²⁺이온 농도에서 가장 높게 나타났다.

이상의 결과에서 증류수 또는 1mM CaCl₂ 수용액을 용매로 하여 pH 11.5에서 단백질을 추출하고 pH 5.0에서 침전시킬 때 평지종실단백질로부터 phytate를 제거하는 효과가 가장 좋다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. El Nockrashy, A.S., Kiewitt, M., Mangold, H.K. and Mukherjee, K.D.: Nut. Metab., 19 : 145(1975).
2. Lesile, A.J. and Summers, J.D.: Poultry Sci., 54 : 532(1975).
3. Omosaiye, O. and Cheryan, M.: Cereal Chem., 56 : 58(1979).
4. Erdman, J.W.: JAOCS, 56 : 736(1979).
5. Harland, B.F. and Prosky, L.: Cereal Foods World, 24 : 387(1979).
6. Asada, K., Tanaka, K. and Kasai, Z.: Plant

- Cell Physiol., 19 : 564 (1968).
7. Hall, J.R. and Hodges, T.K.: Plant Physiol., 41 : 1459(1966).
8. Biswas, S. and Biswas, B.B.: Biochim. Biophys. Acta., 108 : 710 (1965).
9. De Boland, A.R., Garner, G.B. and O'dell, B.L.: J. Agr. Food Chem., 23 : 1186(1975).
10. Carter, F.C., Cirino, V.O. and Allen, L.E.: J. Am. Oil Chem., 38 : 148(1961).
11. Ranhortra, G.S., Loewe, R.J. and Puyat, L.V.: J. Food Sci., 39 : 1023(1974).
12. Chang, R., Schwimmer, S. and Burr, H.K.: J. Food Sci., 42 : 1098(1977).
13. 안빈, 양차범 : 한국식품과학회지, 17 : 516 (1985).
14. 박은순, 윤선 : 한국영양학회지, 16:281(1983).
15. De Rham, O. and Jost, T.: J. Food Sci., 44 : 596(1979).
16. Gillberg, L. and Törnell, B.: J. Food Sci., 41 : 1063(1976).
17. Serraino, M.R. and Thompson, L.U.: J. Agr. Food Chem., 32 : 38(1984).
18. Wheeler, E.L. and Ferrel, R.E.: Cereal Chem., 48 : 312(1971).
19. Gerra, M.J. and Park, Y.K.: JAOCS, 52 : 173(1975).
20. 이성우, 이현기, 박원기, 황호관, 이용호 : 식품화학실험, 수확사, p.101(1984).
21. 양창일, 고정삼, 김계식 : 한국식품과학회지, 10 : 162(1978).
22. Fontaine, T.D., Pons, W.A. and Irving, C.W.: J. Biol. Chem., 164 : 487(1946).
23. Anderson, R.L., Wolf, W.J. and Glover, D.: J. Agr. Food Chem., 21 : 251(1973).
24. Megen, W.H. van: J. Agr. Food Chem., 22 : 126(1974).
25. 양차범 : 한양대학교 한국생활과학연구소, 3 : 263(1985).
26. 김준평, 심우만, 김종익 : 한국농화학회지, 23 : 14(1980).
27. Jackman, R.H. and Black, C.A.: Soil Sci., 72 : 179(1951).
28. Saio, K., Koyama, E. and Watanabe, T.: Agric. Biol. Chem., 32 : 448(1968).