

들깨종실단백질 중의 phytate 제거에 관한 연구

박진희·양차범
한양대학교 식품영양학과

Studies on the Removal of Phytate from Korean Perilla (*Perilla ocimoides*, L.) Protein

Jin-Hee Park and Cha-Bum Yang
Department of Food and Nutrition, Hanyang University

Abstract

The solubility of protein and phytate was measured at various pH's in distilled water and at various concentrations of NaCl, CaCl₂ and Na₂SO₃ solutions, and then optimum condition for producing low phytate protein isolate from perilla flour was investigated. The protein solubility in water showed minimum at pH 4.0 and increased at pH higher or lower than 4.0, while phytate solubility was highest at pH 5.0 and decreased at pH higher or lower than 5.0. In NaCl solution, protein solubility was lowest between pH 3.0-4.0, while phytate solubility was high between pH 2.0-5.0 and abruptly decreased above pH 6.0. In Na₂SO₃ solution, protein solubility was lowest between pH 2.0-3.0 and phytate solubility showed maximum values between pH 5.0~6.0, and it's solubility was low in 3% salt concentration at all pH ranges. In CaCl₂ solution, protein solubility in 3% salt concentration was relatively low at all pH ranges, and phytate solubility showed highest values between pH 2.0~3.0 and abruptly decreased (1.0%) above pH 4.0. In order to make low phytate protein isolate, defatted perilla flour protein was extracted at pH 9.0 and precipitated at pH 4.0 in 3% NaCl solution. The yield of low phytate protein isolate was 61.4% of total protein. This protein was found to contain 0.02% phytate by weight.

.Key words: perilla protein, phytate, solubility, pH, salt concentration

서 론

들깨(荳蔻, 蘇子; *Perilla ocimoides*, L.)는 꿀풀과의 일년생초본으로 중국이 원산지이고^(1,2) 우리나라에서는 통일신라 때부터 재배되어 현재는 전국적으로 경작되고 있으며, 들깨 생산량은 1970년에 6,349 M/T 이었던 것이 1987년에는 28,118 M/T으로 꾸준히 증가되는 추세이다⁽³⁾.

들깨종실은 지질 40~45%, 단백질 16~22% 이상을 함유하여 중요한 식용유지자원일 뿐만 아니라⁽⁴⁾ 채유 후에 남는 탈지粕(깻묵)은 단백질 함량이 46% 정도로 높고 대두 등에 부족한 methionine 등의 함황아미노산이 풍부하므로⁽⁵⁾ 단백질 식품으로서의 이용가치가 크다고 사료된다.

그러나 들깨종실에는 영양저해인자로 알려진 phytic

acid가 많이 함유되어서 이의 제거방법이 크게 중요시 되고 있다. Phytic acid(myo inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis dihydrogen phosphate)는 Ca, Mg, Fe, Zn, Mn 등의 2가 혹은 3가 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내흡수를 저해한다고 알려져 있다⁽⁶⁾. 또한 단백질과 작용하여 불용성 화합물을 형성하여 단백질의 이용성을 감소시킨다고 보고된 바 있다⁽⁷⁾.

따라서 그 동안 여러 종자류에서 phytate를 감소 또는 제거시키기 위한 시도로서 단백질과 phytate의 용해도차를 이용한 방법⁽⁸⁾, 향은 및 고온가열처리법⁽⁹⁾, 발효⁽¹⁰⁾, 효소분해방법⁽¹¹⁾, 이온교환수지와 활성탄을 이용하여 제거하는 방법^(12,13), 투석과 환외여과법에 의한 제거⁽¹⁴⁾ 등 여러 연구가 이루어져 왔다. 최근 김 등⁽¹⁵⁾은 대두를 발아시켜 콩우유를 제조하였을 때 phytate가 감소하였다고 보고하였으며 양⁽¹⁶⁾은 저농도의 Ca²⁺ ion을 처리하여 대두단백질의 phytate 제거효과를 검토한 바 있다.

본 실험에서는 들깨粕 단백질로부터 영양저해인자인

Corresponding author: Cha-Bum Yang, Department of Food and Nutrition, Hanyang University, 17, Hengdang-dong, Sungdong-gu, Seoul, 133-791

phytate를 제거할 목적으로, pH와 염의 종류 및 농도 변화에 따른 단백질과 phytate의 용해도 차이를 이용한 phytate 제거효과를 조사하여, 단백질 수율은 높고 phytate 함량이 낮은 양질의 단백질을 제조하는 방법을 검토하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 시료의 조제

실험에 사용한 들깨종실은 경북산으로 1989년 5월 중순에 구입하여 낱알이 충실하고 크기가 균일한 것을 선별한 후 깨끗이 세척하였다. 잘 건조시킨 들깨를 분쇄기 (KENWOOD A920)로 가볍게 분쇄한 후 n-hexane (1:20, w/v)으로 탈지시키고, pinmill로 60~100 mesh 까지 분쇄하여 탈지분말시료로 하였다. 들깨종실 내의 부위별 phytate 함량을 분석하기 위한 脫皮들깨시료는 자동去皮器로 1차 種皮를 제거한 다음 다시 선별하여 잔여종피를 제거한 후 상기와 같이 탈지·분쇄과정을 거쳐서 제조하였다.

일반성분의 분석

일반성분은 AOAC法⁽¹⁷⁾에 준하여 水分함량은 105°C 건조법, 粗단백질은 Kjeldahl 법, 粗지방은 soxhlet 추출법, 粗회분은 550°C 회화로법으로 정량하였다.

phytate의 분석

Wheeler와 Ferrel의, 방법⁽¹⁸⁾에 의하여 3% TCA 수용액으로 phytate를 추출한 후 FeCl₃ 용액을 가하여 ferric phytate를 얻고, 다시 1.5N NaOH 용액으로 phytate에 결합되었던 Fe를 ferric hydroxide의 침전으로 얻은 후 3.2N HNO₃ 용액으로 녹이고 1.5N KSCN 용액으로 발색시켜 Spectrophotometer (Spectronic 601, Milton & Roy Co.)로 480nm에서 흡광도를 측정하였다. 이렇게 구한 Fe의 농도로부터 phytate 1 mole에 4 mole의 Fe가 결합한다는 분자구조의 이론적 가정하에서 Fe 값에 2.98을 곱한 값으로 phytate의 양을 구하였다.

단백질과 phytate의 용해도 측정

시료와 증류수의 비율이 1:40(w/v)이 되게 섞고 30분간 교반한 후 4N HCl과 4N NaOH 용액으로 pH를 2.0~11.5로 조절하고 30분 후 다시 pH를 조절 교반하였다. 추출액을 5,500rpm에서 15분간 원심분리하

여, 상층액으로 Lowry 법에 의하여 단백질을 정량하였고, phytate는 상기의 방법으로 정량하여, 시료 중의 총 단백질량과 총 phytate 량에 대한 백분율로 용해도를 표시하였다.

염의 종류와 농도에 따른 용해도 측정

상기의 용해도 측정법에 따라 NaCl, Na₂SO₃, CaCl₂의 각각 3, 5, 7% 농도의 수용액으로 pH에 따른 (pH 2.0~11.5) 용해도를 측정하였다.

低 phytate 분리단백질의 제조

pH와 염의 종류 및 농도에 따른 용해도 측정의 결과로부터 低 phytate 분리단백질을 Fig. 1과 같이 제조하였다. 즉, 탈지분말시료에 증류수, 3% NaCl 용액, 3% Na₂SO₃ 용액 또는 7% CaCl₂ 용액을 각각 1:40(w/v)의 비율로 가하고 실온에서 교반하면서 4N NaOH로, pH를 각각 증류수 처리구에서는 pH 10.0과 11.5로, 3% NaCl 처리구와 3% Na₂SO₃ 처리구에서는 pH 9.0으로, 그리고 7% CaCl₂ 처리구에서는 pH 6.0으로 조절하였다. 이들 분산액을 실온에서 1시간 동안 교

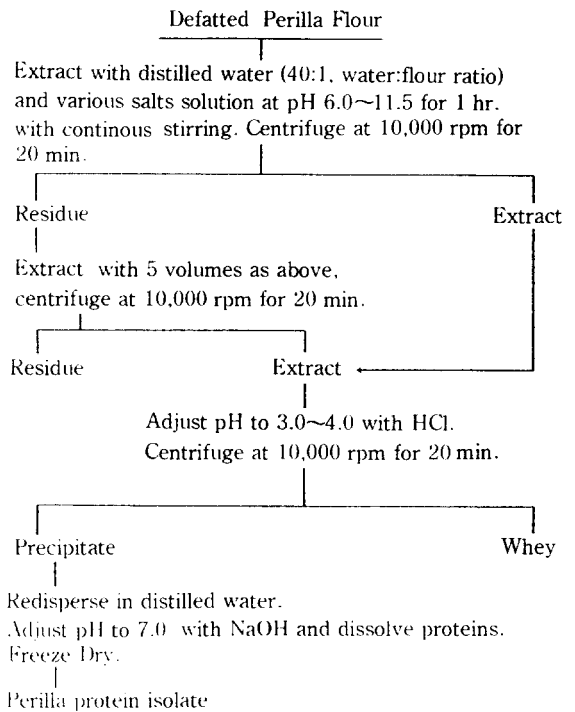


Fig. 1. Flow diagram for preparation of low phytate protein isolate from defatted perilla flour

반하면서 추출한 다음 10,000rpm에서 20분간 원심분리하여 상층액을 모으고, 잔사에 5배의 용매를 재차 가하여 같은 방법으로 단백질을 추출하였다. 추출액을 합하여 각각의 등전점 즉, 증류수, 3% NaCl 및 3% Na₂SO₄ 처리구는 pH4.0으로, 7% CaCl₂ 처리구는 pH3.0으로 조절하여 단백질을 침전시키고 원심분리하였다. 이 때 얻어진 침전물을 증류수에 분산시켜 pH7.0으로 중화하고 등결건조시켜 phytate 함량이 낮은 분리 단백질을 얻었다.

결과 및 고찰

일반성분 및 phytate 함량

실험에 사용한 쏘라들깨종실과 脫脂들깨종실의 일반성분은 Table 1과 같다. 쏘라들깨종실의 지방함량은 44.6%로 성⁽¹⁹⁾이 보고한 47.4~49.2%보다 약간 낮았으나 단백질 함량은 26.7%로서 성⁽¹⁹⁾의 19.1~22.3%보다 높았다. 탈지들깨粕에서는 단백질 함량이 46.5%이었고, phytate 함량은 4.1%나 되어 참깨박의 5.2%에는 못미치나 유채박(3.7%)과 비슷했으며 대두(1.4%)나 땅콩粕(1.7%)에 비해서는 훨씬 많았다⁽²⁰⁾.

들깨종실을 탈지한 후, 전들깨종실(whole perilla seed)과 胚乳(cotyledon) 및 種皮(Hull)의 부위별 phytate 함량을 보면, 쏘라들깨종실박에는 4.1%였는데 비해 종피를 완전히 제거한 배유에서는 5.1%, 그리고 종피는 0.2%로 나타나, phytate가 껍질에는 거의 없고 주로 배유에 함유되었다. 따라서 미강과 밀기울 중에 함유율이 높은 쌀이나 밀의 경우⁽²⁰⁾에서와는 달리 들깨에서는 phytate를 제거하기 위하여 脫皮하는 것은 별 의미가 없음을 알 수 있었다.

단백질과 phytate의 용해도에 미치는 pH의 영향

脫脂들깨종실의 단백질과 phytate에 대하여 pH를 달리하여 측정한 용해도는 Fig. 2와 같다. 즉 단백질의 용해도는 pH4.0에서 9.5%로 가장 낮아 등전점을 보였고 이보다 산성 또는 알칼리성으로 갈 수록 현저히 증가되어 pH9.0에서는 84% 이상의 높은 용해도를 보였다. 이와 같은 경향은 참깨종실⁽²¹⁾에서와 비슷하였으나 대두⁽¹⁵⁾나 유채⁽²²⁾와는 조금 다른 양상을 나타냈다. Phytate의 용해도는 pH5.0에서 76.45%로 가장 높았으며 그보다 산성 또는 알칼리성쪽으로 갈 수록 급격히 감소되어 pH3.0과 pH10.0에서 각각 1.1%와 1.52%로 가장 낮았고, pH2.0과 pH11.0부터는 다시 약간씩 증가되었다. 이 또한 대두⁽¹⁶⁾, 면실, 낙화생⁽²³⁾과는 달랐

Table 1. Proximate composition and phytate content of perilla and defatted perilla flour (%)

| | Whole perilla | Defatted perilla |
|----------------------|---------------|------------------|
| Moisture | 7.8 | 11.5 |
| Crude protein | 26.7 | 46.5 |
| Crude fat | 44.6 | 1.9 |
| Crude ash | 3.2 | 5.5 |
| Phytate | 2.4 | 4.1 |
| pH (2.5% suspension) | — | 6.6 |

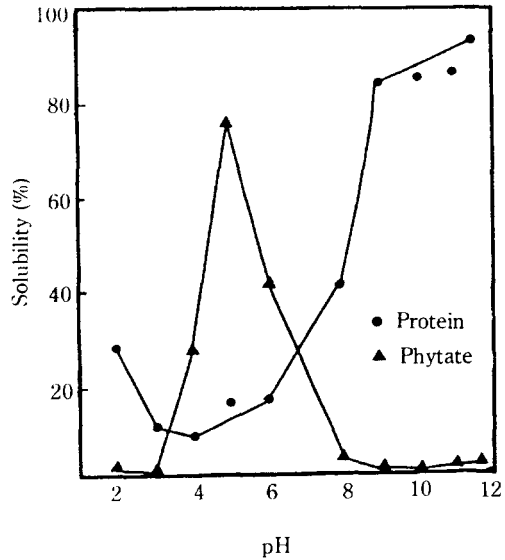


Fig. 2. Solubility profiles of protein and phytate from defatted perilla flour at various pH's.

으나 참깨종실⁽²¹⁾과는 비슷한 경향이였다.

염의 종류와 농도에 따른 용해도의 변화

단백질 및 phytate의 용해도에 대한 염의 영향을 알기 위하여 NaCl, Na₂SO₄ 및 CaCl₂를 각각 3%, 5% 및 7% 수용액으로 하여 pH를 달리하면서 탈지들깨분말을 녹여 단백질 및 phytate의 용해도를 측정한 결과는 Table 2, 3 및 4와 같다.

먼저 NaCl 용액의 영향을 보면 (Table 2), 단백질의 용해도가 pH6.0에서부터 현저하게 증가되었으며 염의 농도가 높을 수록 중성부근에서 더 크게 증가되었다. 즉 3% NaCl 용액에서는 pH4.0에서 23.8%로 가장 낮고 pH6.0에서는 56%로 급격히 증가하였으며, 5%와 7% 수용액에서는 pH3.0에서 가장 낮은 용해도를 나타냈고, pH6.0에서 84.5~88.8%의 높은 용해도를 보였다. 따라서 증류수군에 비해 NaCl 처리구가 전반적으로

Table 2. Effect of NaCl concentration on protein and phytate solubility of defatted perilla flour

| Conc. of NaCl | 3% NaCl | | | | 5% NaCl | | | | 7% NaCl | | | |
|---------------|--------------------|-------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | Protein | | Phytate | | Protein | | Phytate | | Protein | | Phytate | |
| | mg/g ^{a)} | S(% ^{b)} | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) |
| 2.0 | 127.3 | 27.4 | 36.90 | 90.0 | 115.9 | 24.9 | 36.95 | 90.2 | 133.3 | 28.7 | 39.28 | 95.8 |
| 3.0 | 116.7 | 25.1 | 35.93 | 87.7 | 110.6 | 23.8 | 38.14 | 93.1 | 113.2 | 24.4 | 39.45 | 96.3 |
| 4.0 | 110.6 | 23.8 | 38.00 | 92.7 | 119.3 | 25.7 | 38.60 | 94.2 | 124.6 | 26.8 | 39.62 | 96.7 |
| 5.0 | 129.8 | 27.9 | 40.20 | 98.1 | 165.5 | 36.0 | 38.20 | 93.2 | 277.9 | 59.8 | 39.73 | 96.9 |
| 6.0 | 260.4 | 56.0 | 34.91 | 85.2 | 392.8 | 84.5 | 34.11 | 83.2 | 412.9 | 88.8 | 31.84 | 77.7 |
| 7.0 | 293.5 | 63.1 | 11.47 | 28.0 | 405.0 | 87.1 | 10.22 | 24.9 | 409.4 | 88.0 | 11.24 | 27.4 |
| 8.0 | 335.4 | 72.1 | 1.87 | 4.6 | 383.3 | 82.4 | 0.85 | 2.1 | 411.1 | 88.4 | 1.65 | 4.0 |
| 9.0 | 394.6 | 84.9 | 0.34 | 0.8 | 393.7 | 84.7 | 0.68 | 1.7 | 426.8 | 91.8 | 1.99 | 4.9 |
| 10.0 | 407.7 | 87.7 | 1.99 | 4.9 | 414.6 | 89.2 | 1.42 | 3.5 | 440.8 | 94.8 | 3.12 | 7.6 |
| 11.0 | 417.2 | 89.7 | 11.58 | 28.3 | 434.7 | 93.5 | 19.24 | 47.0 | 428.6 | 92.2 | 14.99 | 36.6 |
| 11.5 | 449.5 | 96.7 | 18.22 | 44.5 | 459.0 | 98.7 | 23.90 | 58.3 | 441.6 | 95.0 | 64.20 | 99.9 |

^{a)}Protein and phytate content in extract expressed as mg per g of flour in dry weight basis.

^{b)}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 perilla flour

| 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 | | Protein | | Phytate | |
| | mg/g ^{a)} | S(% ^{b)} | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) |
| 2.0 | 110.6 | 23.8 | — | — | 130.7 | 28.1 | 27.93 | 68.15 | 142.9 | 30.7 | 29.67 | 72.4 |
| 3.0 | 117.6 | 25.3 | 15.36 | 37.40 | 119.3 | 25.7 | 27.08 | 66.08 | 161.9 | 34.9 | 34.67 | 84.6 |
| 4.0 | 121.1 | 26.0 | 18.79 | 45.83 | 185.5 | 39.9 | 30.94 | 75.49 | 216.2 | 46.5 | 36.35 | 88.7 |
| 5.0 | 146.3 | 31.5 | 20.09 | 49.03 | 251.2 | 54.0 | 37.92 | 92.52 | 279.2 | 60.0 | 40.62 | 99.1 |
| 6.0 | 230.8 | 49.6 | 19.37 | 49.07 | 316.3 | 68.0 | — | — | 384.4 | 74.9 | 36.72 | 89.6 |
| 8.0 | 364.1 | 78.3 | 6.19 | 15.10 | 424.4 | 91.3 | 37.41 | 91.27 | 434.0 | 93.3 | 29.51 | 72.0 |
| 9.0 | 417.2 | 89.7 | 5.73 | 13.99 | 437.5 | 94.1 | 30.48 | 74.37 | 443.0 | 95.3 | 28.85 | 70.4 |
| 10.0 | 411.1 | 88.4 | 10.73 | 26.18 | 432.6 | 93.0 | 27.76 | 67.73 | 452.7 | 97.3 | 32.13 | 78.4 |
| 11.0 | 443.4 | 95.4 | 13.57 | 33.10 | 455.8 | 98.0 | 31.11 | 75.91 | 463.1 | 99.6 | 35.12 | 85.7 |
| 11.5 | 447.7 | 96.3 | 17.26 | 42.10 | 459.1 | 98.7 | 34.34 | 83.79 | 463.2 | 99.6 | 32.75 | 92.7 |

^{a)}Protein and phytate content in extract expressed as mg per g of flour in dry weight basis.

^{b)}Solubility was expressed as percent protein or phytate in supernatant divided by total weight of protein and phytate in suspension

더 높은 용해도를 나타냄을 알 수 있는데 이는 양⁽²⁴⁾, 이⁽²¹⁾의 참깨종실, 송⁽⁵⁾의 들깨종실에서와 비슷한 경향이었으며, 들깨단백질의 주요분획인 globulin 이 염용액에서 더 많이 용해되기 때문이라 할 수 있다. Phytate 용해도는 염의 농도에 관계없이 pH 2.0~6.0 구간에서는 거의 80% 이상으로 높았으나 pH 7.0 이상에서는 크게 감소되어 pH 8.0~10.0 사이에서 0.8~7.6%로 낮았다. 그러나 그 이상의 pH에서는 다시 증가하는 경향으로 pH 11.5에서는 염의 농도가 높을수록 더 크게 증가되었다. 이는 lysine 과 arginine 등의 PK_R이 각각 10.53, 12.48로서 pH 10.0 이상에서 단백질분자의 일

전하의 수가 감소되어 protein-phytate complex의 안정성이 감소된 때문이라 생각된다⁽²⁵⁾. 이상의 NaCl 영향을 볼 때, 7% NaCl 처리구에서 단백질 수율이 가장 높지만 phytate의 함량이 높으므로, 3% NaCl 용액을 사용하여 pH 9.0에서 단백질용출시키고 pH 4.0에서 침전시켜 얻은 분리단백질은 기대 수율이 64.7%로서, 증류수 처리구에서보다는 낮았으나 phytate 잔존량은 0.06%로 증류수구보다 현저히 적었다.

Na₂SO₃ 용액의 영향을 보면 (Table 3), 단백질의 용해도는 증류수구나 NaCl 처리구와는 달리 pH 2.0에서 가장 낮이 등전점을 보였고 pH 5.0 이상에서 현저히 증

Table 4. Effect of CaCl₂ concentration on protein and phytate solubility of defatted perilla flour

| Conc. of CaCl ₂ | 3% CaCl ₂ | | | | 5% CaCl ₂ | | | | 7% CaCl ₂ | | | |
|----------------------------|----------------------|--------------------|---------|-------|----------------------|------|---------|-------|----------------------|------|---------|-------|
| | Protein | | Phytate | | Protein | | Phytate | | Protein | | Phytate | |
| | mg/g ^{a)} | S(%) ^{b)} | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) | mg/g | S(%) |
| pH 2.0 | 153.3 | 33.0 | 37.86 | 92.38 | 227.3 | 48.9 | 41.20 | 98.87 | 259.6 | 55.8 | 37.46 | 91.40 |
| 3.0 | 156.8 | 33.7 | 36.16 | 88.23 | 222.1 | 47.8 | 39.33 | 95.97 | 233.4 | 50.2 | 37.52 | 91.55 |
| 4.0 | 164.6 | 35.4 | 4.09 | 9.98 | 226.5 | 48.7 | 9.37 | 22.86 | 284.0 | 61.1 | 1.02 | 2.49 |
| 5.0 | 196.9 | 42.3 | 0.51 | 1.24 | 442.5 | 95.2 | 0.06 | 0.14 | 446.9 | 96.1 | 0.28 | 0.69 |
| 6.0 | 207.3 | 44.6 | 0.57 | 1.39 | 445.1 | 95.7 | 0.17 | 0.41 | 456.6 | 98.2 | 0.17 | 0.41 |
| 8.0 | 177.7 | 38.2 | 0.57 | 1.39 | 379.8 | 81.7 | 0.06 | 0.14 | 449.3 | 96.6 | 0.40 | 0.97 |
| 9.0 | 195.1 | 42.0 | 0.45 | 1.11 | 398.9 | 85.8 | 0.00 | 0.00 | 418.1 | 89.9 | 0.45 | 1.11 |
| 10.0 | 227.3 | 48.9 | 0.79 | 1.94 | 378.9 | 81.5 | 0.17 | 0.41 | 398.9 | 85.8 | 0.85 | 2.08 |
| 11.0 | 209.1 | 45.0 | 3.07 | 7.49 | 237.8 | 51.1 | 2.21 | 5.39 | 265.7 | 57.1 | 1.76 | 4.29 |
| 11.5 | 188.1 | 40.5 | 33.43 | 81.57 | 215.2 | 46.3 | 28.44 | 69.39 | 232.6 | 50.0 | 25.32 | 61.78 |

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

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

가되었다. 그리고 염의 농도가 높을 수록 더 크게 증가 되는 경향으로 5%와 7% Na₂SO₃ 수용액에서는 pH 8.0에서 91% 이상이나 되었다. 이는 5% Na₂SO₃를 사용한 참깨종실⁽²⁴⁾과는 일치한 양상이었으나 이⁽²¹⁾의 참깨종실이나 허⁽²²⁾의 rapeseed 단백질과는 약간 다르게 나타났다. Phytate의 용해도를 보면 pH 4.0~8.0 부근에서 최대치를 나타냈고 종류수구나 NaCl 처리구에 비해 pH 구간에서 따른 용해도 변화는 적었다. Na₂SO₃ 농도별로는 농도가 높을 수록 더 낮은 pH에서의 phytate 용해도가 더 크게 나타났다. 따라서 Na₂SO₃ 수용액을 추출 용매로 사용할 경우는 그 농도가 3%에서만 phytate를 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 생각된다.

CaCl₂ 용액의 영향을 보면 (Table 4), 단백질의 용해도는 3% CaCl₂ 용액에서는 pH 전구간에 걸쳐 큰 변화 없이 33~49%의 낮은 용해도를 보였으나 5%와 7% 수용액에서는 pH 2.0~4.0 구간에서 47~61%의 범위로 낮다가 pH 5.0~10.0에서 81% 이상으로 높은 값을 보이고 pH 11.0 이상에서 다시 감소되었다. 이⁽²¹⁾, 양⁽²⁴⁾이 사용한 참깨종실에서는 5% CaCl₂ 처리구에서 단백질 용해도가 pH 7.0~8.0의 범위에서 최고점을 보이고 그보다 산성 또는 알칼리성에서 감소된다고 하였으며 그리고 허⁽²²⁾가 사용한 rapeseed에서도 3%, 5%, 7% 처리구에서 전 pH 구간에 걸쳐 단백질의 용해도가 큰 변화없이 61~71%로 유지된다고 하여 본 들깨종실과는 다르게 나타났다. 그러나 Guerra 등⁽²⁶⁾은 참깨단백질을 사용하여 pH 8.0에서 CaCl₂ 농도를 0.2M에서 1.0M로 증가시켰을 때 단백질의 용해도가 30%에서 70%까지도 증가한다고 하여 본 실험결과와 비슷한 경향이었다.

Phytate의 용해도에 대한 CaCl₂의 효과를 보면 pH 2.0~3.0 사이에서 88.2~98.8%의 범위로 최대값을 나타냈으며 그 이상의 pH에서는 급격히 감소하여 pH 5.0에서 1% 내외의 극히 낮은 용해도를 나타냈다. 이것은 Mg- 또는 Ca-phytate가 낮은 pH에서는 용해된 상태로 존재한다는 Jackman 등⁽²⁷⁾의 결과와 잘 부합되며, 급격한 감소는 불용성인 Ca-phytate가 형성되기 때문이라고 생각되는데 de Rham 등⁽²⁸⁾도 Ca이 충분할 때 phytate가 Ca 염으로 침전되어 단백질로부터 분리된다고 하였다. 이⁽²¹⁾가 사용한 참깨종실에서는 pH 3.0에서 phytate의 용해도가 최대치를 보이다가 그 이상의 pH에서는 급격히 감소되어 pH 5.0에서 0.1~3.8%의 낮은 값을 보여 본 실험의 결과와 비슷하였으며 허⁽²²⁾ 등이 사용한 rapeseed에서도 본 시료와 비슷한 결과를 보였다. 이상에서 단백질과 phytate의 용해도 차이가 가장 큰 7% CaCl₂ 용액을 사용하여 pH 6.0에서 단백질을 추출하고 등전점인 pH 3.0에서 침전시켜 만든 분리단백질은 phytate는 대부분 침전하여 제거시킬 수 있으나 단백질의 기대수율이 낮았다.

低 phytate 함유 분리단백질의 단백질 수율과 phytate 함량

상기의 단백질과 phytate 용해도 특성을 이용하여 각 처리구별로 제조한 분리단백질의 phytate 함량 및 단백질 수율은 Table 5와 같다. 즉, 종류수를 사용하여 pH 10.0에서 단백질을 용출시키고 pH 4.0에서 침전시켜 만든 분리단백질을 단백질 수율은 63.0%였고, 또한 pH 11.5에서 용출시켜 만들었을 때 단백질 수율은 73.0%로

Table 5. Protein and phytate content of perilla protein isolates prepared by conventional and modified procedures

| Preparation method | Protein recovery of flour protein (%) | Protein contents on dry basis (%) | Phytate contents on dry basis (%) |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Defatted perilla flour | 100.0 | 46.5 | 4.10 |
| Conventional method extraction at pH 10.0 with H ₂ O precipitation at pH 4.0 | 63.0 | 86.0 | 0.50 |
| Modified method I extraction at pH 11.5 with H ₂ O precipitation at pH 4.0 | 73.0 | 99.6 | 0.60 |
| Modified method II extraction at pH 9.0 with 3% NaCl precipitation at pH 4.0 | 61.4 | 92.7 | 0.02 |
| Modified method III extraction at pH 9.0 with 3% Na ₂ SO ₃ precipitation at pH 4.0 | 59.0 | 74.9 | 0.06 |
| Modified method IV extraction at pH 6.0 with 7% CaCl ₂ precipitation at pH 3.0 | 40.0 | 80.1 | 0.01 |

서 높았으나 phytate 가 0.5~0.6% 정도 함유되었다. 그리고 염처리 중 7% CaCl₂를 처리하여 pH 6.0에서 단백질을 용출시키고, pH 3.0에서 침전시켜 만든 분리단백질에서는 phytate 함량이 0.01%로 가장 낮아 phytate 제거효과가 크게 인정되었으나 단백질 수율이 40%로 가장 낮았다. 그리고 3% NaCl을 사용하여 pH 9.0에서 단백질을 용출시키고 pH 4.0에서 침전시켰을 때는 phytate 함량이 0.02%로 현저히 낮았으며 이 때 단백질 수율도 61.4%나 되었다. 따라서 단백질 수율과 phytate 잔존량을 고려하여 저 phytate 분리단백질을 제조할 때, 증류수를 사용하여 제조하는 방법이 단백질 수율면에서는 좋았으나 phytate 함량이 염처리구에 비해 높았으므로, phytate 제거효과면에서 볼 때 3% NaCl을 용매로 하여 pH 9.0에서 추출하고 pH 4.0에서 침전시키는 방법이 가장 좋을 것으로 사료된다.

요 약

pH를 달리한 수용액 및 농도를 달리한 염류수용액에서 들깨종실의 단백질과 phytate의 용해도를 측정하여 단백질로부터 phytate를 제거할 수 있는 조건을 검토하였다. 들깨종실단백질의 용해도는 pH 4.0에서 가장 낮은 9.5%로 등전점을 보였고, 그보다 산성 또는 알칼리성쪽으로 갈수록 증가되었다. 반면에 phytate의 용해도는 pH 5.0에서 가장 높았으며 그보다 산성 또는 알칼

리성쪽으로 갈수록 감소되었다. NaCl 수용액을 처리하였을 때 단백질의 용해도는 pH 3.0~4.0 범위에서 가장 낮았고 pH 6.0 이상에서는 현저히 증가되었다. Phytate의 용해도는 pH 2.0~5.0 범위에서는 약 90% 내외로 높았으나 pH 6.0 이상에서는 급격히 감소되었다. Na₂SO₃ 수용액처리에서는 단백질 용해도가 pH 2.0~3.0 범위에서 가장 낮았고 phytate의 용해도는 pH 5.0~6.0에서 최대치를 보였고, 3%의 경우는 전 pH 구간에 걸쳐서 낮았으나 5%와 7%에서는 전구간에서 높았다. CaCl₂ 수용액처리에서는 단백질 용해도가 3% 수용액에서는 전 pH 구간에서 낮았으나 5%와 7%에서는 pH 5.0~10.0에서 높은 값을 보였으며 phytate의 용해도는 pH 2.0~3.0 사이에서 최대값을 나타내고 pH 4.0 이상에서는 급격히 감소하였다. 이상의 결과에서 3% NaCl 용액을 사용하여 pH 9.0에서 단백질을 추출하고 pH 4.0에서 침전시켰을 때 단백질 수율이 좋고 phytate 잔존량이 가장 적어, 저 phytate 분리단백질을 만드는 가장 좋은 조건이었다.

문 헌

1. 鄭炫培, 泰熙成: 韓國資源植物, 美都文化社, p. 901(1983)
2. 李昌福: 大韓植物圖鑑, 鄉文社, p. 659(1982)
3. 농수산부: 농림수산 통계연보, p. 88(1986), p. 100

- (1988)
4. 조재선 : 식품재료학, 아카데미서적, p. 288(1979)
 5. 송정순 : 들깨 단백질의 분리 및 특성에 관한 연구, 동덕여
자대학교 대학원 석사학위 논문(1989)
 6. Graf, E.: Applications of phytic acid. *J. Am. Oil
Chem. Soc.*, **60**(11), 1861(1983)
 7. Carnovale, E., Lugaro, E. and Lombardi-boccia, G.:
Phytic acid in faba bean and pea: Effect on protein
availability. *Cereal. Chem.*, **65**(2), 114(1988)
 8. Champagne, E.T., Rao, R.M., Liuzzo, J.A., Robinson,
J.W., Gale, R.J. and Miller, F.: Solubility behaviors of
the minerals, proteins and phytic acid in rice bran
with time, temperature and pH, *Cereal Chem.*, **62**(3),
1218(1985)
 9. 안 빈, 양차범 : 처리방법에 따른 종자 중 phytic acid
의 함량변화, 한국식품과학회지, **17**(6), 516(1985)
 10. Lu, So-Yan, Kim, H., Eskin, N.A.M., Latta, M. and
Johnson, S.: Changes in phytase activity and phytate
during the germination of six canola cultivars. *J.
Food Sci.*, **52**(1) (1987)
 11. Ruth chang : Phytate: Removal from whole dry beans
by enzymatic hydrolysis and diffusion. *J. Food Sci.*,
42(4), 1098(1977)
 12. Brooks, J.R. and Moor, C.V.: Phytate removal from
soy protein isolates using ion exchange processing
treatments. *J. Food Sci.*, **47**, 1280(1982)
 13. Seo, A. and Morr, C.V.: Aactivated carbon and ion
exchange treatments for removing phenolics and
phytate from peanut protein products. *J. Food Sci.*,
50, 262(1985)
 14. Okubo, K., Waldrop, A.B., Iacobucci, G.A. and Myers,
P.V.: Preparation of low-phytate soybean protein
isolate and concentrate by ultrafiltration. *Cereal
Chem.*, **62**(4), 238(1985)
 15. 김우정, 김나미, 성형순 : 발아에 의한 콩우유의 phytic
acid와 가용성 무기물의 함량변화, 한국식품과학회지,
16(3), 358(1984)
 16. Yang, C.B.: Removal of phytate in soybean protein.
Korean Living Science Research Institute(Hanyang
University), **6**, 65(1988)
 17. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis.*, 13th ed.,
Association of Official Analytical Chemists, Washin-
gton, D.C.(1980)
 18. Wheeler, E.L. and Ferrel, R.E.: A method for phytic
acid determination in wheat and wheat fractions.
Cereal Chem., **48**, 312(1971)
 19. 성환상 : 재래종 들깨의 성분에 관한 연구, 한국영양식량
학회지, **5**(1), 69(1976)
 20. Cheryan, M.: Phytic acid interactions in food systems.
CRC Critical Riviews in Food Science and Nutrition,
12, 297(1980)
 21. 이현주 : 참깨 종실 단백질로부터 phytate 제거에 관한 연
구, 한양대학교 대학원 석사학위논문(1986)
 22. 허재욱, 양차범 : 한국산 평지종실 단백질의 phytate 제거
에 관한 연구, 한국농화학회지, **29**(2), 212(1986)
 23. Fontaine, T.D., Pons, W.A. and Iriving, C.W.:
Protein-phytic acid relationship in peanuts and
cottonseed. *J. Biol. Chem.*, **164**, 487(1946)
 24. Yang, C.B.: Process improvement for low phytate
protein from sesame seed. Korean Living Science
Research Institute(Hanyang University), **3**, 263(1985)
 25. Hartman, G.H.: Removal of phytate from soy protein.
J. Am. Oil Chem., **56**, 731(1979)
 26. Guerra, M.J. and Park, Y.K.: Extration of sesame
seed protein and determination of its molecular
weight by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel
electrophoresis. *J. Am. Oil Chem.*, **52**, 73(1975)
 27. Jackman, R.H. and Black, C.A.: Solubility of iron,
aluminum, calcium and magnesium inositol phos-
phates at different pH values. *Soil Sci.*, **72**, 179(1951)
 28. de Rham, O. and Jost, T.: Phytate-protein interac-
tions in soybean extracts and manufacture of low-
phytate soy protein products. *J. Food Sci.*, **44**,
596(1979)
-
- (1990년 4월 14일 접수)