

## 율무 식이섬유의 칼슘, 철분과의 결합특성

우 자 원

연세대학교 식품영양학과 강사

### Binding of Calcium and Iron by Job's tears (*Yulmoo*: *Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* Stapf.) Total Dietary Fiber and Acid Detergent Fiber

Ja-Won Woo

Department of Food and Nutrition, Yonsei University

#### Abstract

This study was performed to examine the mineral binding properties of total dietary fiber (TDF) and acid detergent fiber (ADF) from Job's tears (*Yulmoo*: *Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* Stapf.) bran.

The endogenous Ca and Fe contents of dietary fiber extracted from *Yulmoo* bran were measured by atomic absorption spectrophotometer (AAS). Ca contents were 40, 118.6  $\mu\text{g}$  Ca/g TDF and 131.6  $\mu\text{g}$  Ca/g ADF. Fe contents were 1,219.7  $\mu\text{g}$  Fe/g TDF and 277.5  $\mu\text{g}$  Fe/g ADF.

The calcium binding capacities of dietary fiber at pH 5.0, 6.0, 7.0 were 50.77, 77.57, 86.64% for TDF, 40.27, 51.42, 40.90% for ADF, respectively. The iron binding capacity of dietary fiber at pH 5.0~7.0 was 95~97% for TDF and 85~95% for ADF.

#### 서 론

율무(薏苡, soft-shelled Job's tears, *Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* (Roman.) Stapf.)는 오래 전부터 우리나라를 비롯한 동양 각국에서 약용으로 이뇨, 위장보호, 진통, 소염제 및 폐결핵, 관절통, 동맥경화증에 효력이 있다는 전통적인 관념에서 널리 이용되어 왔고, 근래에는 건강식품으로 많이 사용되고 있다.

최근 식이섬유의 결핍문제가 서구의 많은 질병과 관계가 있다는 설이 받아들여지면서 여러 식품에서 식이섬유의 성분과 생리적 효과에 대해 많은 연구가 이루어져 왔는데, 율무에 관한 연구는 거의 없는 실정이다<sup>1)</sup>.

인간의 영양에 있어서 식이섬유의 개념이 발달된 것은 밀겨의 하제작용이 미국에서 20세기 초에 연구되면서 부터이다<sup>2)</sup>. 1972년에 Trowell은 섬유소의 생리학적 정의를 내리기를 사람의 소화관에서 분비되는 효소에 의해 소화되지 않는 식물성 식품의 잔유물이라고 하였다<sup>3)</sup>.

고섬유식은 당뇨병, 게실증(diverticular disease), 동맥경화증, hypercholesterolemia, 결장-직장암, 비만 등과 음의 상관관계에 있으며, 위장관에서의 미량원소들의 흡수감소와는 양의 상관관계에 있다고 한다<sup>4)</sup>.

식이섬유가 무기질의 이용에 영향을 주는 기전의 하나는 양이온 교환작용(cation exchange)으로서, 그의 구성다당류들은 양이온과 결합하는데 있어서 양이온교환제(cation exchanger)로서 작용할 수 있다고 한다<sup>5)</sup>. 식이섬유는 추출방법에 따라서, 또한 그 급원에 따라서 무기질을 결합하는 능력이 다르며 물리화학적 특성도 동일하지 않다<sup>6)</sup>. 따라서 본 연구에서는 건강식품으로 현재 우리나라에서 많이 섭취하고 있는 울무의 식이섬유와 칼슘, 철분과의 결합 특성을 장의 pH와 유사한 조건에서 조사하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험 재료

울무는 경동시장에서 현울무를 구입하여 영등포에 있는 농산물 검사소 양곡 실험실에서 McGill Sheller Mill (McGill Sheller Co., U.S.A.), 정미기 용량 600 g 을 이용하여 76.4%로 도정하여 울무겨를 얻었다. 울무겨는 분쇄기로 곱게 갈아서 60 mesh 체를 통과시켰으며 식이섬유의 추출을 위해 85%(V/V)메탄올 수용액과 아세톤으로 3회씩 탈지한 후 다시 60 mesh 체를 통과시켰다. 총식이 섬유와 산성세제 저항섬유는 각각 Prosky 등<sup>6)</sup>의 방법과 AOAC법<sup>7)</sup>에 따라 추출하였다.

### 2. 식이섬유의 Ca 및 Fe 결합력

울무겨에서 추출한 total dietary fiber (TDF)와 acid detergent fiber (ADF)의 Ca 및 Fe 결합력은 Camire와 Clydesdale의 방법<sup>8)</sup>에 의해 측정하였다.

우선 각 섬유소 시료의 Ca 및 Fe의 내인성 수준을 측정하기 위해 섬유소 1.0 g을 취해 600°C 전기로에서 4시간 회화시킨 다음 회분을 농염산으로 녹여 Whatman # 41 여과지로 여과하여 50 ml용적 플라스크에 넣고 2차 증류수로 채웠다. 이것을 원소 흡광 분석기로 Ca 및 Fe의 내인성 함량을 각각 422.7 nm 및 248.3 nm에서 측정하였다.

또한 pH 변화에 따른 결합도의 차이를 측정하기 위해 각 섬유소 0.5 g씩을 취해 100 ml 삼각 플라스크에 넣고

pH 5.0, 6.0, 7.0 완충용액을 각각 25 ml씩 가한 후 0.5N HCl이나 0.5N NaOH로 pH를 조정하였다. 철분과의 결합력을 측정하기 위해서 여기에 250 ppm Fe stock solution을 1 ml 가하고 30°C 진탕기에서 24시간 진탕한 후 Whatman #41 여과지를 사용하여 여과하였다. 소량의 2차 증류수로 여러번 잔사를 씻어낸 후 여과액을 50 ml 용적 플라스크에 옮겨 표선까지 채웠다. 이것을 원소 흡광 분석기로 용해성 Ca 및 Fe 함량을 측정하였다.

앞의 잔사를 여과지와 함께 100 ml Kieldahl 분해장치에 옮기고 농염산 10 ml과 몇개의 비등석을 넣고 10분간 가열하였다. 이를 냉각시킨 후 Whatman #41 여과지로 여과하여 50 ml 용적 플라스크에 표선까지 채웠다. 이것을 원소 흡광 분석기로 결합성 Ca 및 Fe 함량을 측정하였다.

식이섬유와 결합된 칼슘의 양은 이들 섬유소에 의해 결합된 총 내인성 칼슘의 %로서 표시하였다. 원소 흡광 표준용액은 1,000 ppm Fisher Certified Atomic Absorption Reference Solutions를 사용하였고, 모든 시약은 분석용을 사용하였으며 기구는 모두 농염산으로 씻고 2차 증류수로 세척하여 사용하였다. 사용된 완충용액은 다음과 같다.

Phthalate-sodium hydroxide buffer (0.1M, pH 5.0)는 0.2M potassium acid phthalate 50 ml와 0.2 M NaOH 23.9 ml를 합하여 200 ml로 희석하였고, Phthalate-sodium hydroxide buffer (0.1M, pH 6.0)는 0.2M potassium acid phthalate 50 ml와 0.2 M NaOH 45.5 ml를 합하여 200 ml로 희석하였으며, Tris-maleate buffer (0.1M, pH 7.0)는 0.2M tris acid maleate 50 ml와 0.2M NaOH 48.0 ml를 합하여 200 ml로 희석하였다.

사용된 원소 흡광 분석기는 Perkin Elmer Model 2380으로 air-acetylene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-air) flame을 사용하였고 single slot head를 갖고 있으며 Pt-Rd corrosion resistant nebulizer를 사용하였다. lamp는 Ca-Mg-Zn combination hollow cathode lamp 와 iron-specific hollow cathode lamp를 사용하였다.

## III. 결과 및 고찰

울무겨에서 추출한 총 식이섬유와 산성세제 저항섬유

Table 1. Percent of total calcium and iron bound by dietary fiber

	Percent of total Ca bound		
	pH 5.0	pH 6.0	pH 7.0
ADF	40.27	51.42	40.90
TDF	50.77	77.57	86.64

	Percent of total Fe bound		
	pH 5.0	pH 6.0	pH 7.0
ADF	94.27	85.07	85.57
TDF	97.55	95.43	96.37

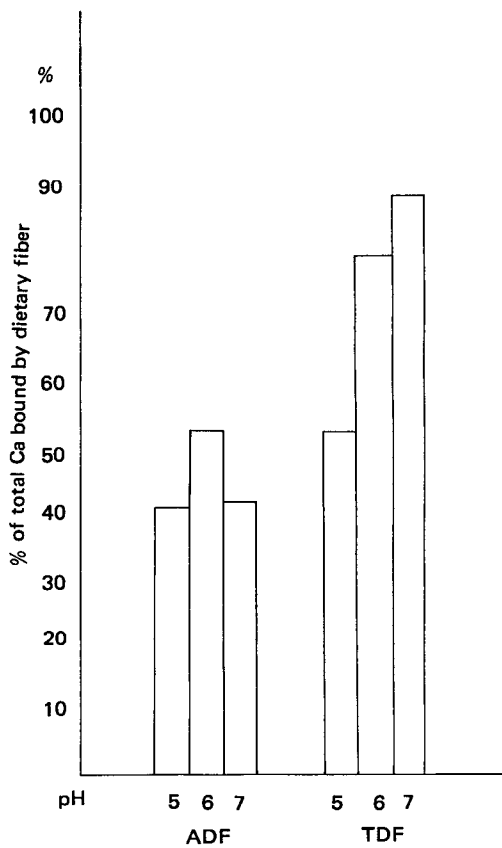


Fig. 1. Effect of pH on Ca binding to Yulmoo ADF & TDF after 24 hr. incubation in shaker-bath at 30 °C.

의 Ca 및 Fe 결합력을 측정된 결과는 Table 1과 같으며, 이 결과를 그림으로 표시한 것은 Fig. 1, 2와 같다.

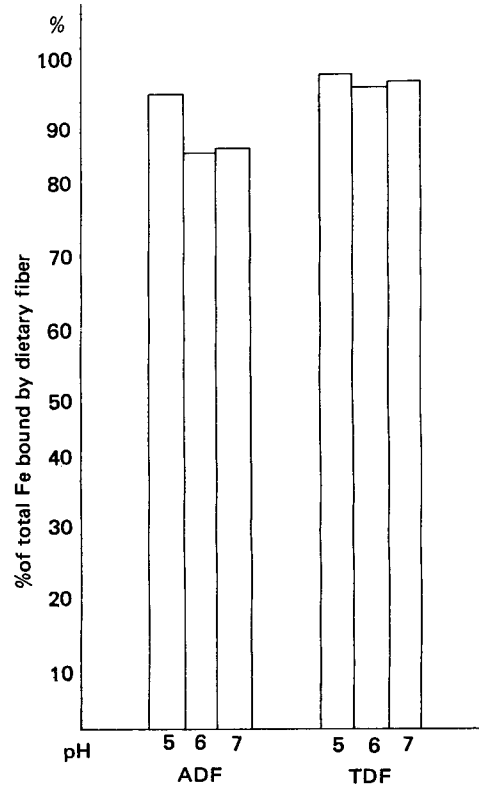


Fig. 2. Effect of pH on Fe binding to Yulmoo ADF & TDF after 24 hr. incubation in shaker-bath at 30 °C.

Table 2. The content of endogenous calcium and iron of dietary fiber

Mineral	Acid detergent fiber (ppm)	Total dietary fiber (ppm)
Ca	131.6	40118.6
Fe	277.5	1219.7

율무겨의 TDF 및 ADF의 내인성 Ca 및 Fe 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

식이섬유와 자체내 칼슘과의 결합을 보면, ADF의 경우 pH 5.0~7.0 범위에서 측정된 결과 pH 6에서 가장 칼슘과 결합하는 비율이 높아 51.42%였으며, pH 5와 pH 7에서는 40%정도였다. TDF의 경우는 pH 7에서 가장 칼슘과 결합하는 비율이 높아 86.64%였으며, pH가 pH 5에서 pH 7로 증가함에 따라 칼슘과 결합하는 비

율도 증가하였다.

전반적으로 칼슘과 식이섬유의 결합은 pH 의존적이며 섬유소의 종류에 따라 차이가 크게 나타났다. 또한 pH 5.0~7.0 범위에서 칼슘은 ADF보다는 TDF와 더 높은 비율로 결합하고 있어서, 칼슘과 섬유소의 결합은 cellulose 보다는 non-cellulosic polysaccharide에 의해 더 큰 영향을 받을 것으로 사료된다.

James등<sup>9)</sup>은 phytate의 함량이 적은 당근등의 식물로부터 추출한 식이섬유가 섬유소의 유론산 함량과 비례적으로 칼슘과 결합한다고 하였으며, 섬유소 중 non-cellulosic polysaccharide 분획에 의한 칼슘 결합은 중성 pH 환경인 소장에서 칼슘의 흡수 이용을 감소시킬 것이나, 결장의 미생물들에 의한 유론산의 소화로 칼슘이 유리되게 된다고 하였다.

따라서 고섬유 식이에 있어서 칼슘의 균형을 유지시키는 능력은 칼슘 흡수에 대한 결장의 적응력에 의존하는 것이라고 보고하였다. 그러므로 본 실험의 결과에서 칼슘과 섬유소의 결합이 주로 non-cellulosic 분획에 의해 더 큰 영향을 받는다는 것은 결장에서의 적응력에 의해 유리되는 칼슘이 흡수 이용될 수 있는 가능성을 시사하고 있다.

식이섬유와 철분과의 결합을 보면, ADF의 경우는 pH 5.0~7.0 범위에서 측정된 결과 pH 5.0에서 철분과 결합하는 비율이 94% 정도로 가장 높았으며, pH 6~7에서는 오히려 결합하는 비율이 감소하였다. TDF의 경우는 철분과의 결합에 있어서 pH의 변화에 의해 거의 영향을 받지 않았으며, 결합하는 비율은 95.43~97.55% 범위였다. 이 두가지 섬유소가 모두 철분과 높은 결합력을 갖는 것으로 나타나, 생리적 pH조건에서 철분의 이용에 상당한 영향을 줄 것으로 사료된다.

이 등<sup>10)</sup>은 쌀겨에서 추출한 중성세제 저항섬유와 철분과의 결합을 측정된 결과 pH 5.0~7.0 범위에서 pH 7.0에서 철분과 섬유소의 결합하는 비율이 가장 높아 49% 정도였으며, pH 5~6에서는 20~25% 정도였다고 보고하였는바, 본 실험의 결과와 비교할때 시료 및 섬유소의 종류, 그리고 섬유소의 추출방법에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다.

또한 식이섬유와 철분과의 결합은 ascorbic, citric 및 phytic acid와 EDTA에 의해 강하게 저해된다고 보고된 바<sup>11,12)</sup>, 이들 보조제에 의해 식이섬유와 철분의 결합에서 철분을 유리시켜 철분의 흡수를 촉진시킬 수 있을

것으로 사료된다. 한편 이들 섬유소 자체내 Ca 및 Fe 함량을 보면, TDF의 경우에 ADF의 경우보다 Ca는 300배 이상, Fe는 4배이상 함유되어 있어 섬유소의 추출방법 및 종류에 따라 무기질의 함량에 상당한 차이가 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

식이섬유와 무기질의 장내 흡수의 관계를 알아보기 위해 울무겨에서 추출한 식이섬유의 Ca 및 Fe 결합력을 장의 pH 조건과 유사한 범위에서 측정하였다. 울무겨에서 추출한 식이섬유의 내인성 Ca 및 Fe 함량을 원소 흡광 분석기로 측정된 결과, 총 식이섬유에는 산성세제 저항섬유보다 자체내 Ca 함량을 300배 이상이나, Fe 함량은 4배 이상 함유되어 있었다.

식이섬유와 칼슘과의 결합 정도를 pH 5.0~7.0 범위에서 측정된 결과 TDF는 pH가 증가함에 따라 50.77%에서 86.64%로 증가했고, ADF는 40~50% 정도를 나타내어, TDF가 pH의 변화에 민감하게 반응하여 칼슘과 결합한다는 것을 알 수 있었다.

또한 식이섬유와 철분과의 결합 정도는 pH 5.0~7.0 사이에서 TDF는 95~97%, ADF는 85~95%를 나타내, 철분은 pH 변화에 영향을 받음이 없이 섬유소에 높은 비율로 결합하고 있음을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 우자원, 이미숙, 이희자, 김형수 : 울무와 열주의 식이섬유, 아미노산 및 지질 성분의 비교, 한국식품과학회지, 21(2), 269, 1989.
- 2) Hugh, T.: The development of the concept of dietary fiber in human nutrition, *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, S3, 1978.
- 3) Trowell, H.C.: Definitions of fiber, *Lancet*, 1, 503, 1974.
- 4) Kelsay, J.L.: A review of research on effects of fiber intake in man, *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, 142, 1978.
- 5) Thompson, S.A. and Weber, C.W.: Copper and zinc binding to dietary fiber sources: an ion exchange column method, *J. Food Sci.*, 47, 125, 1981.
- 6) Prosky, L., Asp, N-G., Furda, I., DeVries, J.W., Schweizer, T.F. and Harland, B.F.: Determination of total dietary fiber in foods and food products:

- collaborative study, *J. Assoc. Off. Anal Chem.*, **68**, 677, 1985.
- 7) AOAC, Official methods of analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 1984.
- 8) Camire, A.L. and Clydesdale, F.M.: Effect of pH and heat treatment on the binding of Ca, Mg, Zn and Fe to wheat bran and fractions of dietary fiber, *J. Food Sci.*, **46**, 548, 1981.
- 9) James, W.P.T., Branch, W.J. and Southgate, D.A.T.: Calcium binding by dietary fiber, *Lancet*, **1**, 638, 1978.
- 10) 이회자, 변시명, 김형수 : 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **20**(4), 576, 1988.
- 11) Reinhold, J. G., Salvador, G.J. and Garzon, P.: Binding of iron by fiber of wheat and maize, *Am. J. Clin. Nutr.* **34**, 1384, 1981.
- 12) Camire, A.L. and Clydesdale, F.M.: Interactions of soluble iron with wheat bran, *J. Food Sci.*, **47**, 1296, 1982.