

## 처리방법에 따른 종자중 Phytic acid의 함량변화

안 빈·양 차 범

한양대학교 식품영양학과

### Effects of Soaking, Germination, Incubation and Autoclaving on Phytic Acid in Seeds.

Bin Ahn, Cha Bum Yang

Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul

#### Abstract

Changes in phosphorus compounds and phytic acid of mung bean, soybean, sesame and perilla were investigated during soaking in water, germination, incubation at 60°C and autoclaving at 120°C. The results showed that total P in all the seeds was decreased slightly by soaking and incubation, but increased in mung bean, soybean during germination. Inorganic P was increased for all the seeds after soaking for 24 hrs, while its content in mung bean, soybean and sesame was significantly increased during germination. Phytic acid content in mung bean, soybean and sesame was significantly reduced by 92 %, 76 % and 78 %, respectively, after 5-6 days of germination. Soaking the seeds for 24 hrs resulted in the reduction of phytic acid by the range of 8-25 %. It was also found that incubation at 60°C for 10 hrs or autoclaving at 120°C for 4 hrs affected significantly for removal of phytic acid from the legume seeds.

#### 서 론

우리의 식생활에서 단백질과 지방의 공급원으로서 중요한 대두와 녹두는 전통적으로 발아 또는 발효를 시켜 이용되어 왔으며 참깨와 들깨는 볶은 뒤에 기름을 짜서 지방으로 섭취할 뿐만 아니라 조미료로서도 중요하게 이용되어 왔다. 그리고 대두, 참깨 그리고 들깨의 탈지박에는 단백질이 40~50% 정도 함유되어 있어 식품에의 활용방안이 계속 연구개발되고 있다. 그러나 영양저해 인자로 알려진 phytic acid가 탈지박에 많이 함유되어 있어 이의 제거를 위한 연구가 요구되고 있다.

Phytic acid(myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis)는 Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn 등의 2가 혹은 3가 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내흡수를 저해한다고 알려져 있다.<sup>1,2</sup> 또한 phytic acid는 단백질과 작용하여 불용성화합물을 형성하여 단백질의 이용성을 감소시킨다고 보고된바 있다.<sup>3,4</sup>

최근에 phytic acid를 제거하거나 감소시키기 위하여 많은 연구결과가 보고되어 왔다. 그중에는 phytate와 protein의 용해도 차이를 이용하여 phytate를 제거하는 방법과<sup>5,6</sup> pH를 이용하여 protein과 phytate의 결합을 해리시키는 방법<sup>7</sup> 등이 제안되었고 incubation과 autoclaving에 의하여 곡류의 phytate함량을 감소시키는 보고가 있었다.<sup>8,9</sup> 최근 김등<sup>10</sup>은 대두를 발아시켜 콩우유를 제조하였을 때에 phytic acid가 감소하였다고 보고한바 있다.

본 실험에서는 한국산 녹두, 대두, 참깨 및 들깨등을 침지, 발아, incubation 그리고 autoclaving하여 phosphorus와 phytic acid의 함량변화를 비교하였기에 이를 보고하는 바이다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험의 시료로 대두는 충남산 유태, 녹두는 충북 산 재래종, 참깨와 들깨는 경북산으로 수확한지 8개월된 것을 서울 경동시장에서 구입하였고, 크기와 모양 그리고 전전성에 따라 선별한 것을 재료로 사용하였다.

### 침지 및 발아

선별된 재료를 5g씩 취하여 비커에 넣고 증류수 50ml를 가한 다음 비닐로 봉하여 24시간 실온(22±1℃)에서 침지시킨 후 표면수를 흡착제거시킨 뒤에 침지시료로 사용하였다. 발아시료는 5g의 종실을 0.01% HgCl<sub>2</sub> 용액에 30분간 담가 살균한 뒤, 증류수에 8시간 침지시켜 충분한 수분을 흡수하게 한 다음 발아시켰다. 발아는 바닥이 구멍뚫린 플라스틱통에 탈지면과 가아제를 깔아놓은 위에 불린 종실을 잘 펴놓고 실온에서 1일 4~6회씩 수도물을 뿌려 발아시켰다. 상기 침지 및 발아시료를 일정량씩 취하여 生体 그대로 phytic acid 측정용 시료로 하였고 또 일정량을 취하여 105℃에서 건조한 후 분쇄하여 total P, inorganic P의 분석용 시료로 하였다.

### Incubation 및 Autoclaving

60℃에서의 항온처리하는 재료를 각각 5g씩 취하여 10ml의 증류수를 가하여 5시간 동안 침지한 후, 다시 40ml의 증류수를 더 가하여 비닐로 밀봉한 뒤 60℃의 물중탕에서 5시간과 10시간 동안 가온시킨 후, 표면수를 제거하고 phytic acid함량 측정용 시료로 하였으며, 또 이들을 105℃에서 건조한 후, 분쇄하여 total P와 inorganic P의 분석용 시료로 하였다.

또한 고온처리의 시료는 材料를 粗粉粹하여 hexane으로 탈지한 후 40mesh의 분말로 만든 것을 petri dish에 놓고 120℃에서 1시간 및 4시간 가열하였다.

### Phosphorus와 Phytic acid의 정량

Total phosphorus는 molybdovanadate 발색시약을 사용한 황색법(yellow color method)으로 비색정량하였고,<sup>(11, 12)</sup> inorganic phosphorus는 박동<sup>(13)</sup>의 방법으로 추출하여 total phosphorus와 같은 방법으로 발색시켜 비색정량하였다.

Phytic acid는 Wheeler와 Ferrel<sup>(14)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다. phytate P는 phytic acid가 28.16%의 phosphorus를 함유하는 것으로 부터 계산하였다.

### 침지와 발아의 효과

각 원료종실의 침지, 발아, incubation 및 autoclaving에 따른 total P, inorganic P 그리고 phytate P의 변화를 보면 Table 1과 같고 phytic acid의 함량변화는 Table 2와 같다.

Total P의 함량을 보면 100g의 건물량중 녹두에서는 441.7mg, 대두는 681.7mg, 참깨는 869.5mg 그리고 들깨는 777.8mg 함유되어 있었다. 이들 함량은 24시간의 침지후 약간씩의 감소를 보이었는데 이는 phosphorus 화합물이 물에 용출되어 나갔기 때문이라고 볼 수 있으며, 발아시에는 녹두와 대두에서 약간의 증가를 보였으나 전체적으로 큰 변화는 없었다.

한편 inorganic P의 함량은 전시료에서 침지한 후 전체적으로 증가되었고 발아함에 따라서는 녹두의 경우 발아초기에 현저한 증가를 보여 5일에는 3.6배나 증가되었다. 대두의 경우는 발아초기에 서서히 증가되다가 5일후에 크게 증가되어 6일의 발아에서 3배가 증가되었고, 참깨는 5일에 6배의 큰 증가를 보였다. 이와 같은 inorganic P의 증가는 발아중 phytase 효소에 의한 phytic acid의 가수분해 결과라고 사료된다.

Lolas 등<sup>(15)</sup>은 navy bean 발아중 phytic acid를 분해시키는 phytase 활성이 증가되면서 orthophosphate 가 증가된다고 하였으며 효소의 활성은 발아 2일동안 약간 증가되나 6일째에는 6배의 증가를 보인다고 하여, 본 실험결과와 비슷한 경향을 보였다.

김등<sup>(16)</sup>은 대두의 발아에서 inorganic P가 발아 2일째에 2배정도로서 발아초기에 현저히 증가되고, 그 이후 완만하게 증가되어 5일 발아때에 4배정도로 증가된다고 하여 본 실험결과와는 약간 다른 경향을 보였다. Tabekhia 등<sup>(14)</sup>은 black eyed bean을 침지시켰을 때는 inorganic P의 변화를 보이지 않았다가 발아 72시간 이후에 증가되었고, red kidney bean, mung bean 및 pink bean 등은 96시간 이후부터 12~68%로 현저히 증가를 보인다고 보고하였다.

원료종실의 phytic acid 함량을 보면 녹두에서는 100g 당 772.1mg, 대두에서는 1,351mg 참깨에서는 2,176mg 그리고 들깨에서는 1,831mg이 함유되었다. 이들 phytic acid 값으로부터 phytate P로 환산하면 각각 219.6mg, 381.0mg, 613.6mg 및 516.2mg의 함유량으로 0.219~0.613%의 범위로 phytate P가 함유되었다. Chang 등<sup>(4)</sup>은 대두의 phytate P 함량이 3.06mg/g으로 total P에 대한 비율이 약 70%라고 보고하였으며, 또 California small white bean의 경우 phytic acid가 1%정도 함유된다고 하였고, Tabekhia 등<sup>(14)</sup>은 phytic acid 함량이 red

### 결과 및 고찰

**Table 1. Effects of soaking, germination, incubation and autoclaving on the contents of phytate P and phosphorus compounds of various seeds**

Sample	(mg/100g d.b.)				
	Total P	Inorganic P	Inorganic P as % of total P	Phytate P	Nonphytate P
<b>(A) Mung beans</b>					
Dry bean	441.7	50.9	11.5	219.6	222.1
Soaked bean	423.5	64.3	15.2	164.2	259.3
Germinated 1 day	447.1	53.4	11.9	192.3	254.8
Germinated 3 days	517.9	179.9	34.7	97.1	420.8
Germinated 5 days	539.8	184.3	34.1	16.5	523.3
Incubated 5 hrs	354.4	57.8	16.3	45.4	309.0
Incubated 10 hrs	310.8	55.8	18.0	35.7	275.1
Autoclaved 1 hr	425.4	49.3	11.6	189.5	235.8
Autoclaved 4 hrs	430.8	145.3	33.7	74.4	356.4
<b>(B) Soy beans</b>					
Dry bean	681.7	91.5	13.4	381.0	300.7
Soaked bean	659.7	121.0	18.3	331.3	328.4
Germinated 1 day	725.2	118.8	16.4	355.8	369.4
Germinated 3 days	730.6	143.9	19.7	333.4	397.2
Germinated 6 days	756.0	290.8	38.5	93.3	662.7
Incubated 5 hrs	583.4	102.5	17.6	281.2	302.2
Incubated 10 hrs	567.1	107.9	19.0	147.1	420.0
Autoclaved 1 hr	660.0	91.7	13.9	372.5	287.5
Autoclaved 4 hrs	665.4	223.7	33.6	121.7	543.7
<b>(C) Sesame</b>					
Dry Seed	869.5	54.7	6.3	613.6	255.9
Soaked Seed	817.9	143.7	17.5	481.5	336.4
Germinated 1 days	845.1	102.0	12.1	527.6	317.5
Germinated 3 days	850.6	202.8	23.8	279.3	571.3
Germinated 5 days	845.1	326.0	38.6	135.7	709.4
Incubated 5 hrs	797.5	116.1	14.6	526.3	271.2
Incubated 10 hrs	779.7	143.0	18.3	483.9	295.8
Autoclaved 1 hr	857.4	61.7	7.2	604.1	253.3
Autoclaved 4 hrs	878.7	99.1	11.3	509.6	369.1
<b>(D) Perilla</b>					
Dry Seed	777.8	50.1	6.4	516.2	261.6
Soaked Seed	747.0	78.5	10.5	475.7	271.3
Incubated 5 hrs	719.7	75.7	10.5	471.7	248.8
Incubated 10 hrs	692.5	73.0	10.5	448.1	244.4
Autoclaved 1 hr	742.6	66.4	8.9	491.8	250.8
Autoclaved 4 hrs	780.9	93.5	12.0	458.5	322.4

kidney bean에서 1.17%, black eyed bean에서 1.15%, pink bean에서 0.50% 그리고 mung bean에서 0.21% 함유된다고 보고한 바 있다. Lolas등<sup>(17)</sup>은 15종의 대두에서 1.00~1.47%의 함유량을 보고하여 본 실험의

대두도 이 범위내에 속함을 알 수 있었으며, 또 나<sup>(18)</sup>는 대두에서 1.79%, 권<sup>(19)</sup>은 녹두 1.07%, 대두 1.49% 함유한다고 보고하여 본 실험의 대두와 녹두보다 높은 함유량으로 나타내었다. de Boland등<sup>(20)</sup>도 참깨에서 최고

**Table 2. Removal of phytic acid from various seeds by soaking, germination, incubation and autoclaving**

(d.b.)

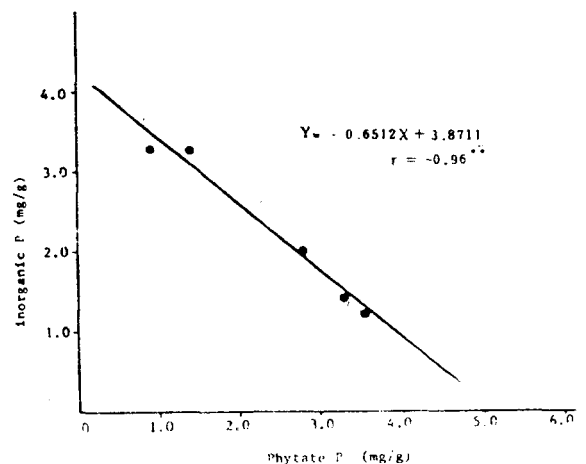
Conditions	Mung bean		Soy bean		Sesame		Perilla	
	Phytic acid (mg/100g)	Phytic acid retention (%)	Phytic acid (mg/100g)	Phytic acid retention (%)	Phytic acid (mg/100g)	Phytic acid retention (%)	Phytic acid (mg/100g)	Phytic acid retention (%)
Dry Seeds	778.7	100	1,351	100	2,176	100	1,830	100
Soaked Seeds	582.2	74.8	1,175	87.0	1,707	78.4	1,687	92.2
Germinated 1 day	681.9	87.6	1,262	93.4	1,871	85.9	-	-
Germinated 3 days	344.3	44.2	1,182	87.5	990	45.5	-	-
Germinated 5 days	58.5	7.5	-	-	481	22.1	-	-
Germinated 6 days	-	-	331	24.5	-	-	-	-
Incubated 5 hrs	161.0	20.7	997.2	73.8	1,866	85.7	1,673	91.4
Incubated 10 hrs	126.6	16.3	521.6	38.6	1,716	78.9	1,589	86.8
Autoclaved 1 hr	672.0	86.3	1,321	97.7	2,142	98.4	1,744	95.4
Autoclaved 4 hrs	264.0	33.9	431.6	31.9	1,809	83.0	1,626	88.8

5.18%의 phytic acid를 함유한다고 보고하였고, O' Dell 등<sup>(20)</sup>은 5.10% 함유된다고 하여 본 실험의 참깨에서 보다 높게 나타났다. 이와 같이 종실의 품종에 따라 phytic acid 함량은 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

본 시료들의 침지시에는 phytic acid의 감소율이 녹두에서는 25%, 대두에서는 13%, 참깨에서는 22% 그리고 들깨에서는 8% 정도 감소하여 녹두에서 가장 큰 감소율을 보였다. Ologhobo 등<sup>(21)</sup>은 대두를 3일간 침지하여서 14~16%의 phytate P가 감소된다고 하였고, Tabekhia 등<sup>(18)</sup>은 mung bean을 12시간 침지하여 14% 감소된다고 하였다.

본 실험의 종실이 발아함에 따라서는 phytic acid가 더 많이 감소되어 발아 5~6일에 녹두는 92%, 대두는 76% 그리고 참깨는 78%나 크게 감소되었다. Tabekhia 등<sup>(18)</sup>은 mung bean을 5일 발아하여 31%의 감소율을 보인다고 하여, 본 실험의 녹두품종보다 적은 변화를 보였다. 나<sup>(14)</sup>는 대두의 발아과정에서 phytic acid가 계속 감소되어 2일째에 子葉部에서 6.1%, 4일째에 19% 그리고 6일째에 54%의 감소율을 보인다고 하였으며, 김등<sup>(19)</sup>은 대두 5일발아에서 41% 정도 감소된다고 보고하여 본 실험의 대두품종보다 적은 감소율을 나타내었다. 참깨에서는 발아 1일 이후에 크게 감소하여 발아 3일째에 55%, 5일째에 78%나 감소되었다.

Inorganic P의 증가는 주로 phytate P의 감소에 기인한다고 할 수 있는데 발아기간중에 대두와 참깨의 phytate P와 inorganic P 함량과의 관계를 보면 Fig. 1과 같이 높은 유의성의 負의 相關關係가 성립되어 phytate P가 1mg 감소됨에 따라 inorganic P는 0.65mg씩 증가함을 알 수 있다.



**Fig. 1. Relationship between Phytate P and Inorganic P contents of sesame and soybean during germination**

### Incubation과 Autoclaving의 효과

각 시료를 60℃에서 5시간과 10시간 동안 incubation 하였을 때 total P는 모든 시료에서 약간의 감소를 보이었으나 큰 변화는 없었고 inorganic P 함량은 참깨에서 5시간에 114%, 10시간에 161%로 가장 많이 증가되었고 들깨에서는 5시간에 50%정도 증가되었으나 녹두와 대두에서는 별다른 증가가 없었다.

Phytic acid의 함량변화를 보면 녹두에서는 5시간과 10시간 incubation하였을 때 각각 80% 및 84%의 감소를 보이었고 대두에서는 5시간에 26%, 10시간에 61%의 감소율로 10시간에서 급격히 감소되었다. Chang 등<sup>(1)</sup>은 California small white bean을 미리 수침한 후에 60℃에서 10시간 incubation하였을 때 phytate 함량이 90%나 감소된다고 하였고 lima bean에서는 40%, 그리고 wheat에서는 24%정도 감소된다고 하였으며 mung bean slurry를 60℃의 水中에서 하루밤 incubation하였을 때 43%, lima bean slurry에서는 80% 그리고 wheat slurry에서는 64%나 감소된다고 하여 같은 종류의 시료에서도 시료의 제조방법에 따라 다르다고 하였다. 참깨에서는 5시간 incubation하여 14%, 10시간에 21% 감소되었고 들깨에서는 5시간에 8.6%, 10시간에 13.2% 감소율을 보이어 이들 깨종실은 두류에 비하여 incubation 효과가 적게 나타났다.

Autoclaving 효과를 보면 120℃에서 1시간 가열시 phytic acid의 함량이 모든 시료에서 큰 변화가 없었으나 4시간 가열에서 녹두에서는 66%, 대두에서는 68%나 큰 감소율을 보이었고 그에 따라 inorganic P는 녹두에서 285%, 대두에서는 244%로 증가되었다. de Boland 등<sup>(2)</sup>은 soyprotein을 1시간 autoclaving하였을 때 15%, 4시간 하였을 때는 57%정도 감소된다고 하여 본 실험결과치 보다는 낮은 감소율을 나타내었다. 참깨와 들깨에서는 1시간 가열처리에서 별다른 변화를 보이지 않았으나 4시간 가열에서는 11~17%의 감소를 나타냈는데 두류에 비해서 그 효과가 적게 나타났다. de Boland 등<sup>(2)</sup>은 sesame meal을 4시간 autoclaving하여 약 25%가 감소한다고 보고하여 본 실험결과보다는 높은 감소율을 보이었다. phytate가 autoclaving 하는 동안 주로 가수분해에 의하여 감소되는데, 시료에 따라 단백질 또는 무기질과의 결합상태에 따라 열에 의한 안정성이 달라진다고 볼 수 있다.<sup>(3)</sup> 이상의 결과에서 보면 녹두와 대두는 발아시켜서 phytic acid를 제거할 수도 있겠지만 4시간 정도의 autoclaving으로도 현저히 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

녹두, 대두, 참깨 및 들깨를 상온에서의 침지 및 발아 그리고 60℃에서 incubation 및 120℃에서 autoclaving 시켰을 때 이들의 처리가 phosphorus와 phytic acid의 함량에 미치는 영향을 조사하였다.

Total P는 24시간의 침지와 incubation에서 약간 감소하였고, 5~6일간의 발아에서는 녹두와 대두에서 약간의 증가를 보이었으나 전체적으로 큰 변화는 없었다.

Inorganic P는 24시간의 침지후에 전시료에서 그함량이 증가함을 보여주었고, 발아기간이 경과함에 따라 급속히 증가하였다. 10시간의 incubation에서 참깨와 들깨의 inorganic P는 증가되었으나 두류에서는 별다른 변화가 없었고, 4시간의 autoclaving으로는 두류에서 244~285%정도 증가되었으나 깨종실에서는 별다른 변화가 없었다.

Phytic acid는 침지시 녹두에서 25%로 가장 많이 감소되었고 들깨는 7%로 가장 적게 감소되었다. 이들 종실의 발아시는 5~6일 후에 녹두의 phytic acid는 92%, 대두는 76% 그리고 참깨는 78%나 크게 감소되었고, incubation시는 녹두와 대두에서 각각 83%와 61% 감소되었고, autoclaving시에도 대두에서 68%, 깨에서 17%까지 감소되었다.

### 문 헌

1. Reddy, N.R. and Salunkhe, D.K.: *J. Food Sci.*, **46**, 564 (1981)
2. Oberleas, D.: Phytate. In "Toxicants occurring naturally in foods" *National Academy of Science*, Washington, D.C., p. 363 (1973)
3. Smith, A.K. and Rackis, J.J.: *J. Amer. Chem. Soc.* **79**, 633 (1957)
4. Omosaiye, O. and Cheryan, M.: *Cereal Chem.*, **56**, 58 (1979)
5. Hartman G.H. Jr.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 731 (1979)
6. Gillberg, L. and Törnell, B.: *J. Food Sci.*, **41**, 1063 (1976)
7. Fontaine, T.D., Pons, W.A. Jr. and Irving, G.W. Jr.: *J. Boil. Chem.*, **164**, 487 (1946)
8. Chang, R. Schwimmer, S. and Burr, H.K.: *J. Food Sci.*, **42**, 1098 (1977)
9. de Boland, A.R., Garner, G.B. and O'Dell, B.L.: *J. Agr. Food Chem.*, **23**, 1186 (1975)

10. 김우정, 김나미, 성형순 : 한국식품과학회지 16(3), 358(1981)
11. AOAC., *Association of Official Agricultural Chemists*, 12th ed. Washington, D.C. (1975)
12. David, P.: *The Chemical analysis of foods*, 7th ed. p. 23 Chyrchill Livingstone, Edinburgh, London and N.Y. (1976)
13. 박훈, 찰스·에이·스투더 : 한국농화학회지 19(3), 172(1976)
14. Wheeler, E.L. and Ferrel, R.E.: *Cereal Chem.*, 48, 312 (1971)
15. Lolas, G.M. and Markakis, P.: *J. Food.Sci.*, 42, 1094 (1977)
16. Tabekhia, M.M. and Luh, B.S.: *J. Food Sci.*, 45, 406 (1980)
17. Lolas, G.M. and Markakis, P.: *J. Agr. Food Chem.*, 23, 13 (1975)
18. 나영아 : 한양대학교 석사학위논문 (1984)
19. 권영은 : 숙명여대 석사학위논문 (1983)
20. O'Dell, B.L. and de Boland, A.R.: *J. Agr. Food Chem.*, 24, 804 (1976)
21. Ologhobo, A.D. and Fetuga, B.L.: *J. Food Sci.*, 49, 199 (1984)

---

(1985년 10월 30일 접수)