

## 대두의 발효가 흰쥐의 단백질 및 무기질의 생체 이용율에 미치는 영향

배 영 희 · 윤 선

연세대학교 가정대학 식생활학과

### The Effect of Fermentation of Soybeans on the Protein and Mineral Bioavailability in the Rats

Bai Young -Hee, Yoon Sun

*Yonsei University College of Home Economics, Department of Food and Nutrition*

#### = ABSTRACT =

This study was attempted to investigate the effect of fermentation of soybean on protein and mineral bioavailability.

The traditional, oriental fermented soybean foods, Meju and Tempeh, and isolated soybean protein( ISP ) and cooked soybean were prepared and fed to rats as sources of protein.

The C-PERs of ISP, cooked soybean, Meju and Tempeh were 1.82, 1.98, 2.11, and 2.36, respectively C-PERs of fermented soybean products, Meju and Tempeh were higher than ISP and cooked soybeans. However, they were not significantly different.

The percent retention of protein of rats fed with casein, ISP, cooked soybean, Meju and Tempeh were 47.44%, 51.83%, 47.67%, 50.90% and 45.97%, respectively, showing no significant differences among the diets.

The rates of calcium retention percent were 62.26%, 59.22%, 61.59%, 55.78% and 67.09% in rats fed with casein, ISP, cooked soybean, Meju and Tempeh, respectively, demonstrating no significant differences.

Rats fed with cooked soybeans did show significantly higher iron retention rate than other samples. However, this study failed to any significant increase in iron availability.

The percent of zine retained in rats fed with ISP was significantly lower than those of rats fed with other diets, however, significantly high amounts of zinc were retained in rats fed with Tempeh compared with other diets.

The percents of zinc, iron, calcium retained in the bones of rats were not significantly different among the diets.

접수일자 : 1985년 5월 30일

## 서 론

대두는 단백질을 풍부하게 함유하고 있을 뿐만 아니라 비타민, 무기질, 필수지방산과 같은 영양소의 좋은 공급원이기도 하다<sup>1)</sup>. 그러나 대두에 함유되어 있는 단백질 및 무기질은 두류에 있는 phytic acid와 결합하여 불용성 염을 형성함으로써 체내에서 이용되는 정도가 낮아진다는 연구보고들이 있다<sup>2)~5)</sup>. 따라서 phytic acid에 의한 단백질과 무기질의 체내 이용율의 감소는 대두 식품의 개발과정에서 해결해야 할 과제로 남아있다. 대두의 phytic acid의 함량은 발아, 침지, 발효 등에 의해 감소됨이 보고되었다<sup>1)6)7)</sup>. 또한 yeast bread에서는 효모에 의해 밀가루의 phytic acid의 양이 감소됨이 밝혀졌다<sup>8)</sup>.

Warg 등<sup>9)</sup>에 의하면 대두를 발효시키는 과정에서 미생물이 분비하는 phytase가 phytic acid를 분해시킴으로서 phytic acid의 함량을 감소시켰다고 한다. 우리나라를 비롯한 동남 아시아에서는 대두를 이용한 발효식품으로 메주, 된장을 식생활에 이용하고 있으며, Indonesia에서는 Tempeh를 부식, 간식으로 많이 이용하고 있다.

박<sup>6)</sup>과 강<sup>7)</sup>은 각각 Tempeh와 메주를 제조하였을 때 phytic acid 함량이 감소함을 관찰했다고 하였다. 또한 이들 시료를 ultrafiltration한 후 retentate에 보유된 무기질 함량을 측정해 본 결과, Ca, Zn가 발효식품에서 유의적으로 낮았다고 하였다. 이는 발효식품에서 Ca, Zn가 무기질-단백질-phytic acid의 복합체를 형성하는 경향이 낮다는 것을 시사하며 발효과정 중 생성된 phytase에 의해 phytic acid의 함량이 감소된 것이 그 원인의 하나라고 추정하였다.

이에 본 연구에서는 대두 발효식품인 메주, Tempeh를 단백질원으로 하여 실험동물에게 섭취시킨 후 이에 따른 단백질 및 무기질(Ca, Fe, Zn)의 생체 이용율을 측정하여, 발효에 따른 phytic acid의 감소가 단백질 및 무기질의 생체 이용율에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1) 실험재료

대두는 신촌시장에서 구입하였고, 메주 제조에 필요한 균주 *Aspergillus oryzae*와 Tempeh 제조에 필요한 균주 *Rhizopus oligosporus*는 한국 종균협회에서

분양받았다. 이들 균주는 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지에서 사면배양한 후 5℃에서 보관하였다가 starter로 사용하였다.

분리대두단백질 (Isolated Soy Protein: ISP)은 ADM사의 ARDEX<sup>®</sup>F를 사용하였다. 삶은 콩은 대두 1Kg을 3ℓ의 물에 담아 24시간 침지시켜 껍질을 벗긴 후 15 lbs, 121℃에서 20분간 autoclaving하여 80℃의 열풍 건조기에서 48시간 풍건하여 곱게 미세한 후 냉장보관하였다가 식이 조성에 이용했다.

메주와 Tempeh의 제조는 강<sup>7)</sup>의 방법과 박<sup>6)</sup>의 방법으로 제조하였다. 대두 1Kg을 3ℓ의 물에 담아 24시간 침지시켜 껍질을 벗긴 후 15 lbs, 121℃에서 20분간 autoclaving 한다. 이를 30℃로 식힌 후 질구로 빵아콩 300g 정도에 균주를 1 slant 접종하여 37℃에서 2일간 발효시켰다. 이렇게 만든 메주와 Tempeh를 각각 80℃의 열풍 건조기에서 48시간 풍건하여 미세한 후 냉장보관하였다가 식이 조성에 이용했다.

### 2) 실험동물 및 실험기간

이유 후 체중이 45~65g 정도 된 Sprague-Dawley strain 흰 쥐 숫컷 25마리를 3일간 시판 배합사료를 주어 환경에 적응시킨 후 한 group에 5마리씩 다섯군으로 나누어 4주간 사육하였다. 흰 쥐는 3주간은 일반 사육장에서 사육하였고, 나머지 1주간은 stainless steel의 대사장 (Metabolic cage)에서 1마리씩 분리사육하고 물은 탈이온 증류수 (deionized distilled water)를 매일 제한없이 주었다. 무기질 오염을 방지하기 위해 쥐장 및 사육에 관계되는 모든 기구는 4g/ℓ EDT-A (Ethylene Diamine Tetraacetate)에 세척 후 탈이온 증류수로 행구어 사용하였다. 사육실의 환경은 온도 18~23℃를 평균 유지하였고 조명은 12시간을 주기로 밤과 낮의 환경을 맞추어 주었다.

### 3) 식이 조성

식이 조성은 Table 1과 같다. 탄수화물 단백질 지방의 비율은 80:10:5로 하였다. 이때 단백질원으로는 Casein, 분리대두단백, 삶은콩, 메주 그리고 Tempeh를 사용하였다. 무기질 혼합물 (Hubble Mendel Wakeman Mixture)과 비타민 혼합물 (Harper's Mixture)을 4:1의 비율로 첨가하여 주었다. 분리대두단백질 (ISP), 삶은콩, 메주, Tempeh는 AOAC법에 의해<sup>10)</sup> 조지방, 조단백, 조섬유, 수분 그리고 무기질 함량을 각각 구한 후, 이들에 따라 식이조성을 조절하였다. 이들 식이는 2주일에 한번씩 만들어 냉장고에 보관하여 사용하였으며 물은 날마다 갈아 주었다.

Table 1. Composition of experimental diets(1)

Ingredients	Group	I group % (g)	II group % (g)	III group % (g)	IV group % (g)	V group % (g)
Casein		10.0 (10.74)	0	0	0	0
Soybean Products:						
Isolated soybean		0	10.0 (12.46)	0	0	0
Cooked soybean		0	0	10.0 (20.79)	0	0
Meju		0	0	0	10.0 (20.58)	0
Tempeh		0	0	0	0	10.0 (19.51)
Corn Starch		65.5 (65.08)	65.5 (63.81)	70.0 (63.76)	70.0 (63.42)	70.0 (65.14)
Oil		5.0 (4.68)	5.0 (4.73)	5.0 (4.45)	5.0 (4.3)	5.0 (4.35)
Glucose		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
α-Cellulose		4.5 (4.5)	4.5 (4.0)	0	0	0
Vitamin Mix. (2)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral Mix. (3)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

(1) : Dry weight basis

I: Casein group

II: Isolated soybean group

III: Cooked soybean group

IV: Meju group

V: Tempeh group

(2) : Vitamin mixture (mg/Kg diet); Harper's Mixture. Thiamin. Hcl 5, Riboflavin 5, Niacinamide 25, Ca - Pantothenate 20, Pyridoxine. Hcl 5, Folic acid 0.5, Biotin 0.2, Vitamin B<sub>12</sub>, DL-tocopherol acetate 100, retinyl palmitate 4,000 IU, Cholecalciferol 400 IU, Choline chloride 2,000, Vitamin C 50, Menadione 0.5, Inositol 100.

(3) : Mineral mixture (g/100g salt mix.) Hubble Mendel Wakeman Mixture. Calcium carbonate 54.3, Magnesium carbonate 2.5, Magnesium sulfate 1.6, Sodium chloride 6.3, Potassium iodide 0.008, Phosphate sulfate 0.017, Cupric sulfate 0.009, Potassium chloride 11.2.

#### 4) 실험방법

##### (1) 단백질효율(Protein Efficiency Ratio: PER.)

처음 3주간의 실험기간을 통하여 물과 식이는 ad libitum으로 급여했고 식이섭취량은 이틀에 한번씩 일정 시각에 측정했다. 4주째의 대사실험기간에는 식이와 물을 매일 주면서 식이 섭취량을 측정했다. 체중은 측정 2시간 전에 식이그릇을 쥐장에서 꺼내 식이섭취에서 오는 갑작스런 체중의 변화를 막도록 하고 매주 한번씩 같은 저울로 측정하였다. 체중 증가량은 4주간의 대사실험의 완료시 최종 체중에서 각각의 개시기 체중을 감한 것을 실험일수로 나누어 구하였다. 단백질효율(PER)은 4주간의 대사실험 기간의 단백질 섭취량에 대한 체중 증가량의 비율로 구하였다. C-PER (Corrected Protein Efficiency Ratio)은 Casein의 PER을 2.5로 환산했을 때를 기준으로 한 각 group의 PER값이다. 공식으로 표현하면 다음과 같다<sup>11)</sup>.

$$\text{Corrected test protein PER} = \frac{\text{PER of test protein}}{\text{PER of casein control}} \times 2.5$$

##### (2) 단백질 보유율(Protein Retention %)

단백질의 체내 보유율을 측정하기 위해 실험 마지막 주 4일동안 urine과 feces를 각각 수집하여 microkjeldahl법으로 단백질을 정량하였다. 단백질의 보유율은 아래와 같은 공식으로 계산하였다<sup>13)</sup>.

$$\text{단백질 보유율(\%)} =$$

$$\frac{\text{식이 섭취 단백질량} - (\text{urine과 feces를 통한 단백질배설})}{\text{식이 섭취 단백질량}} \times 100$$

##### (3) 무기질의 체내이용율 (Ca, Fe, Zn)

대사실험 마지막 4일간 수집한 urine과 feces 및 식이에서 Ca, Fe, Zn의 함량을 측정하였다. Ca, Fe, Zn의 측정을 위한 시료용액은 wet-ashing방법에 의해 조제한 후<sup>6)7)</sup> Nippon Jarrel-Ash사의 AA-845 Atomic Absorption & Flame Emission spectrophotometer에 의해 측정하였다.

##### (4) 골격의 무기질 보유율

4주간의 대사실험 마지막 날 쥐를 희생시킨 뒤 쥐의 오른쪽 tibia와 femur를 발채하였다. 이들을 450℃에

서 6~7시간 회화, 방냉하여 가루로 만든 후 Ca, Fe, Zn를 측정하기 위한 시료용액을 wet-ashing 방법에 의해 조제하였다<sup>67)</sup>. 뼈에 있는 Ca, Fe, Zn의 함량을 Atomic Absorption & Flame Emission Spectrophotometer에 의해 측정하였다.

결과 및 고찰

(1) 단백질 효율(PER)

4주간의 대사실험 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 이때 단백질 효율은 casein의 PER을 2.5로 환산한 값을 기준으로 한 C-PER로 나타냈다. Casein群, ISP群, 삶은콩群, 메주群, 그리고 Tempeh群의 C-PER은 각각 2.50, 1.82, 1.96, 2.11 그리고 2.36으로서 F-test 검정결과 5% 유의수준에서 식이에 따라 유의적이 아니었다. 그러나 ISP와 삶은 콩의 식이에 비해 메주와 Tempeh 식이의 C-PER이 크게 증가했음을 관찰할 수 있었다. 한편 메주와 Tempeh의 식이에서도 Tempeh가 메주에 비해 높은 C-PER을 보였으나 이는 통계적으로 유의성이 없었다. Zamora와 Veum(1979)<sup>12)</sup>은 dehulled unfermented soybean보다 A. oryzae 나 R. oligosporus를 이용하여 발효시킨 대두를 섭취한 쥐는 체중증가량, 생물가(Biological value) 및 총 단백질이용율(Net Pr-

otein Utilization)이 증가하였음을 보고하였다.

Hackler와 Steinkraus등<sup>13)</sup>의 연구를 보면 Rhizopus 종의 어떤 특정 곰팡이를 대두에 접종시켜 만든 Tempeh 식이를 이유기의 쥐에게 주어 그 효과를 살펴본 결과 PER이나 성장율은 증가시키지 않았는데 이는 곰팡이에 의해 만들어진 어떤 성분이 대두발효식이인 Tempeh의 호용도를 감소시켰기 때문이라고 해석하였다.

(2) 단백질 보유율(Protein Retention %)

단백질의 체내 보유율은 섭취된 단백질에서 urine과 feces를 통한 배설량을 빼고 그것을 섭취된 단백질양으로 나눈 값이다. 실험기간 마지막 4일간의 대사 실험을 통하여 얻은 각 측정치를 Table 3에 요약하였다.

Casein群, ISP群, 삶은콩群, 메주群, 그리고 Tempeh의 단백질 보유율은 각각 47.44%, 51.83%, 47.67%, 50.90%, 그리고 45.97%로서 이들은 식이에 따라 group 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 결과는 A. oryzae와 R. oligosporus로 발효시킨 대두를 함유한 식이섭취는 발효시키지 않은 대두를 함유한 식이보다 생물가와 단백질 이용율이 유의적으로 증가했다는 Zamora(1979) 등의<sup>12)</sup> 연구와는 일치하지 않았다.

Reinhold(1973)등은<sup>2)</sup> phytate의 함량이 많은 발효시키지 않은 빵인 tanok을 사람에게 공급했을때 negative nitrogen balance를 형성했음을 보고하였다. 그

Table 2. Means of intake, weight gain, PER and C-PER of rats fed experimental diets for 25 days.

Diets	Feed Intake (g)	Weight Gain (g)	PER	C-PER
I group	376.75 ±20.51	54.75 ±7.15	1.45 ±0.21	2.50 ±0.41
II group	353.50 ± 4.50	37.50 ±12.78	1.06 ±0.36	1.82 ±0.71
III group	358.25 ±10.84	39.62 ±15.43	1.15 ±0.45	1.98 ±0.91
IV group	361.60 ±16.97	41.69 ±18.40	1.19 ±0.53	2.11 ±1.11
V group	367.20 ±14.87	44.11 ±17.60	1.37 ±0.36	2.36 ±0.71
F-value				F= 0.532

Mean± S.D.  
I: Casein group  
II: Isolated soybean group  
III: Cooked soybean group  
IV: Meju group  
V: Tempeh group

Table 3. Nitrogen metabolism data of rats fed experimental diets for 4 days<sup>1)</sup>.

Diets	Protein Intake(g)	Excretion in urine(g)	Excretion in feces(g)	Retention (%)
I group	6.43 ±0.90	2.25 ±0.34	1.13 ±0.40	47.44 ± 3.93
II group	6.28 ±0.38	2.26 ±0.29	0.76 ±0.23	51.83 ± 2.28
III group	6.13 ±0.65	2.22 ±0.99	1.04 ±0.20	47.67 ±11.73
IV group	5.90 ±1.00	1.76 ±0.62	1.12 ±0.40	50.90 ±14.97
V group	6.58 ±0.53	2.52 ±0.93	1.09 ±0.25	45.97 ±13.86
F-value:				F= 0.24

Mean± S.D.  
(1): Dry weight basis  
I: Casein group  
II: Isolated soybean group  
III: Cooked soybean group  
IV: Meju group  
V: Tempeh group

- 대두의 발효가 흰쥐의 단백질 및 무기질의 생체 이용율에 미치는 영향 -

Table 4. Calcium metabolism data of rats fed experimental diets for last 4 days<sup>1)</sup>.

Diets	Input	output		Retention	
	Feed Intake (mg)	Excretion in urine (mg)	Excretion in feces (mg)	(mg)	(%)
I group	383.43 ±28.68	58.71 ±5.04	86.01 ±15.13	241.48 ±29.88	62.26
II group	363.05 ±21.84	67.48 ±2.09	80.46 ±11.33	215.01 ±10.73	59.22
III group	376.05 ±39.91	70.09 ±4.64	74.34 ±25.83	237.88 ±57.00	61.59
IV group	342.87 ±58.41	70.05 ±7.60	81.57 ±24.10	220.79 ±39.70	55.78
V group	434.91 ±34.79	69.66 ±8.18	73.47 ±21.40	290.96 ±29.37	67.09
F - value				F = 3.46	

Mean ± S.D.  
 (1) Dry weight basis  
 I: Casein group  
 II: Isolated soybean group  
 III: Cooked soybean group  
 IV: Meju group  
 V: Tempeh group

Table 5. Iron metabolism data of rats fed experimental diets for last 4 days<sup>1)</sup>

Diets	Input	Output		Retention	
	Feed Intake (mg)	Excretion in urine (mg)	Excretion in faces (mg)	(mg)	(%)
I group	8.95 ±1.26	0.90 ±0.72	5.92 ±1.28	2.33 <sup>d</sup> ±1.61	23.80
II group	20.51 ±1.23	1.98 ±1.23	7.81 ±0.19	10.39 <sup>a,d</sup> ±0.24	50.66
III group	27.83 ±2.94	1.33 ±1.09	6.23 ±2.46	21.28 <sup>a,b,c,d</sup> ±6.10	76.46
IV group	18.39 ±3.13	1.06 ±1.23	8.28 ±2.59	8.32 <sup>b,d</sup> ±4.07	45.24
V group	19.45 ±1.56	1.18 ±1.36	7.35 ±1.23	10.92 <sup>c,d</sup> ±1.14	56.14
F - value				F = 14.07*	

Mean ± S.D.  
 (1) Dry weight basis  
 \* : P < 0.05  
 a.b.c.d. : P < 0.05  
 I: Casein group  
 II: Isolated soybean group  
 III: Cooked soybean group  
 IV: Meju group  
 V: Tempeh group

러나 식사에 tanok 대신 발효시킨 빵을 공급했을 때는 질소평형에 역행하는 효과가 나타나지 않았다고 하였다. 이같이 발효시킨 두류들은 발효과정 중 phytase 생성에 의해 phytic acid가 분해되고 이때 유리상태의 단백질이 쉽게 protease에 의해 아미노산으로 분해됨에 따라 소화율이 좋아져 체내 보유율이 증가되는 것으로 사료된다.

(3) 무기질의 생체 이용율(Ca, Fe, Zn)

실험 4주체의 4일간 섭취한 식이의 무기질양에서 urine 과 feces로 배설된 양을 빼어 이것을 체내의 보유치로 보고 이 결과를 Table 4, 5와 6에 요약하였다.

이들 무기질의 체내 보유는 phytic acid의 함량이 적으면 protein-phytate-mineral 복합체 형성이 적어짐으로써 단백질 및 무기질의 소화흡수율이 증가되어 체내 이용율이 높을 것으로 사료된다. 이 실험의 결과를 보면 Ca의 보유율은 식이에 따라 유의적인 차이가 없었으나 Fe 과 Zn는 5% 유의수준에서 식이에 의해 차이가 있는 것으로 나타났다. 박<sup>6)</sup>에 의하면 낱콩과 Tempeh 사이의 Ca과 Zn함량에는 유의적인 차이가 없었으나 낱콩과 Tempeh의 탈지가루를 용해하여 ultrafiltration한 후 retentate 에 남아있는 Ca의 보유량을 본 결과 낱콩에 비해 Tempeh가 유의적으로 낮았다고 하였

다. 또한 Zn의 보유량도 낱콩에 비해 Tempeh 에서 유의적으로 낮았다. 강<sup>7)</sup>은 낱콩, 열처리콩, 메주 각각의 탈지가루를 용해시켜 ultrafiltration한 후 retentate 의 Zn보유량을 본 결과 낱콩과 열처리콩에 비해 메주가 유의적으로 낮았다고 했으며 Fe의 함량도 열처리콩과 메주가 낮은 수치를 보였는데 이는 열처리와 발효에 의해 retentate 내의 무기질 보유가 유의적으로 감소하였다는 것을 나타낸다. 인간이나 동물에게 있어 철 흡수에 미치는 phytate 의 영향에 관해서는 여러 설이 있다. 어떤 연구에서는 phytate 가 철 흡수를 방해한다고 하였고<sup>4) 14-15)</sup> 또 다른 연구에서는 방해효과가 없다고 하기도 한다.<sup>16) 17)</sup> 즉 이는 식이 phytate 의 수준, 철의 상태, 그리고 실험동물이나 실험조건에 따라 phytate 가 철의 흡수와 보유율에 일정치 않은 영향을 주기 때문이라고 풀이된다. 본 연구에서는 식이에 의해 철 보유율이 유의적으로 영향을 받음이 나타났는데 casein군에 비해 ISP군, 삶은콩군, 메주군 그리고 Tempeh 군이 모두 유의적으로 철 보유가 크게 나타났음을 알 수 있다. 특히 삶은콩군은 다른 식이섭취군에 비해 유의적으로 철 보유가 크게 나타나고 있었다.

Plasma 내의 낮은 Zn농도는 성적(性的) 성숙의 지연과 성장의 퇴보를 가져온다<sup>18)</sup>. 이 실험에서 Zn의 체

Table 6. Zinc metabolism data of rats fed experimental diets for last 4 days<sup>1)</sup>

Diets	Input	Output		Retention	
	Feed intake (mg)	Excretion in urine (mg)	Excretion in feces (mg)	(mg)	%
I group	1.79 ±0.25	0.32 ±0.05	0.41 ±0.07	1.05 <sup>ab</sup> ±0.28	58.66
II group	0.28 ±0.08	0.37 ±0.03	0.35 ±0.19	-0.45 <sup>a</sup> ±0.23	-
III group	1.70 ±0.18	0.36 ±0.04	0.36 ±0.17	0.99 <sup>ac</sup> ±0.24	58.24
IV group	1.65 ±0.28	0.25 ±0.16	0.39 ±0.16	0.94 <sup>cbd</sup> ±0.33	56.97
V group	1.84 ±0.15	0.25 ±0.09	0.32 ±0.16	1.26 <sup>acd</sup> ±0.18	68.48
F-value				F = 26*	

Mean ± S.D.  
 (1): Dry weight basis  
 \* : P < 0.05  
 a.b.c.d. : P < 0.05  
 I: Casein group  
 II: Isolated soybean group  
 III: Cooked soybean group  
 IV: Meju group  
 V: Tempeh group

Table 7. Means of weight and mineral composition of bones of rats fed experimental diets for 25 days<sup>1)</sup>

Diets	Bone Weight(mg)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)
I group	255.85 ± 21.11	95.66 ± 9.67	0.41 ± 0.03	0.27 0.13
II group	210.50 ± 21.63	130.85 ± 20.14	1.51 ± 0.24	0.26 0.24
III group	248.33 ± 14.53	102.44 ± 19.36	0.47 ± 0.10	0.36 0.23
IV group	218.08 ± 23.33	108.32 ± 18.51	0.46 ± 0.03	0.38 0.14
V group	235.00 ± 28.22	103.70 ± 10.69	0.37 ± 0.04	0.38 0.16
F-value		F = 2.89	F = 0.19	F = 0.55

M ± S.D.

(1): Dry weight basis

I: Casein group

II: Isolated soybean group

III: Cooked soybean group

IV: Meju group

V: Tempeh group

내 보유율은 ISP를 섭취시킨 郡에서는 negative balance를 보였다. 이는 다른 식이섭취郡에 비해 ISP가 많은 phytate를 함유하고 있는 결과라고 추측된다.

Tempeh의 Zn 보유율은 1.26mg 즉 68.48%로서 ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡보다 유의적으로 높게 나타났다.

#### 4) 골격에서의 무기질 보유

4주간의 대사실험 마지막 날 채취한 골격의 무기질(Ca, Fe, Zn)의 보유를 조사하여 Table 7에 요약하였다. 건조시킨 bones의 무게와 뼈에 보유된 무기질의 양은 식이에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다(P < 0.05). 이때 Ca와 Fe의 보유는 모든 group중 ISP에서 가장 높게 나타났으나 유의적으로 차이가 없었다. Zn의 보유는 ISP에 비해 casein郡, 삶은콩郡, 메주郡 그리고 Tempeh郡이 높게 나타났으나 유의적은 아니었다(P < 0.05).

고저 하였다. 분리대두단백질 삶은콩, 메주 그리고 Tempeh를 단백질 급원으로 하는 식이를 흰 쥐에게 섭취하게 한 후 그에 따른 단백질 효율과 단백질 보유율, 그리고 무기질들의 생체 이용율을 조사하였다. 이상의 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Casein의 PER을 2.5로 환산한 값을 기준으로 한 C-PER은 ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡, Tempeh郡이 각각 1.82, 1.98, 2.11, 2.36이었으며 식이에 따라 유의적인 차이가 없었다(P < 0.05).

2) 단백질 보유율은 casein郡, ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡, 그리고 Tempeh郡이 각각 44.44%, 51.83%, 47.67%, 50.90% 그리고 45.97%이었고 식이에 따라 유의적인 차이가 없었다(P < 0.005).

3) Ca의 체내 보유율은 casein郡, ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡 그리고 Tempeh郡이 각각 62.26%, 59.22%, 61.59%, 55.78% 그리고 67.09%이었으며 식이에 따른 유의적인 차이가 없었다(P < 0.05). Fe의 체내 보유율은 casein郡, ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡 그리고 Tempeh郡에서 각각 23.80%, 50.66%, 74.46%, 45.24% 그리고 56.14%이었다. 즉 이들은 식이에 따라 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났는데, ISP郡과 삶은콩郡, 삶은콩郡과 메주郡, 삶은콩郡과 Tempeh郡 사이에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(P < 0.005).

Zn의 체내 보유율은 casein郡, ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡, 그리고 Tempeh郡에서 각각 58.66%, negative, 58.24%, 56.97%, 68.48%로서 이들은 식이에 따라 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(P < 0.05). 즉 ISP郡과 삶은콩郡, ISP郡과 메주郡, ISP郡과 Tempeh郡, 그리고 삶은콩郡과 Tempeh郡 사이에서는 Zn보유량에 유의적인 차이가 있었다.

4) 골격에서 무기질 함량을 비교해 본 결과 Casein郡, ISP郡, 삶은콩郡, 메주郡 그리고 Tempeh郡에서는 각 Ca, Fe, Zn 별로 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

이 실험에서 나타낸 바와 같이 발효에 의해 PER이나 단백질 보유율은 크게 영향을 받지 않았으나 미량 원소인 Zn의 이용율은 발효에 의해 체내 이용도가 높아질 수 있음이 나타났다.

## 요 약

본 연구는 대두발효식품인 메주나 Tempeh를 식이로서 쥐에서 섭취시킨 후 대두의 발효가 단백질과 무기질의(Ca, Fe, Zn) 생체 이용율에 미치는 영향을 보

## REFERENCES

- 1) TabeKhia, M.M. and Luh, B.S.: Effects of germination, Cooking and canning on phosphorus and phytate retention of dry beans, J. Food

- Sci. 45:406, 1980.
- 2) Reinhold, J.G., Nasr, K., Lahimgarzade, A, Hedayati, H.: *Effects of purified phytate and phytate-rich bread upon metabolism of zinc, calcium, phosphorus and nitrogen in man Lancet* 10: 283, 1973.
  - 3) Chang R., Kennedy, B.M. and Schwimmer, S: *Effects of autolysis on the nutritional qualities of beans (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci.* 44: 1141, 1979.
  - 4) Davies, N.T. and Nightingale, R: *The effect on phytate on intestinal absorption and secretion of zinc and wholebody retention of zinc, copper, iron and manganese in rats Br. J. Nutr.* 34:243, 1975.
  - 5) Welch R.M. and House, A: *Availability to rats of zinc from soybean seeds as affected by maturity of seeds, source of dietary protein and soluble phytate J. Nutr.* 112: 879, 1982.
  - 6) 박은순·윤 선: *Tempeh* 제조시 phytic acid 함량 변화 및 그에 따른 단백질, 무기질과의 상호 작용에 관한 연구. *한국 영양학회지* 16(4):281, 1983
  - 7) 강현주·박은순·윤 선: *Aspergillus oryzae* 를 이용한 메주제조 중 피트산과 무기질의 상호작용. *한국 식품과학회지* 16(4), 403, 1984.
  - 8) Reinhold J.G: *High phytate content of rural Iranian bread: A possible cause of human zinc deficiency. Am.J. Clin. Nutr.* 24:1204, 1971.
  - 9) Wang, H.L., Swain E.W. and Hesseltine, C.W. : *Phytase of molds used in oriental food fermentation, J. Food Sci* 45: 1262, 1980
  - 10) Association of Official Analytical Chemists 1976. "Official Methods of Analysis", Washington. D.C.
  - 11) Robaidek E: *Bioassay Methods for nutrients in Processed Foods. Food Tech.* 37(1):81, 1983.
  - 12) Zamora, R.G. and Veum, T.L: *The nutritive value of dehulled soybeans fermented with Aspergillus oryzae or Rhizopus oligosporus as evaluated by rats. J. Nutr.* 109:1333, 1979.
  - 13) Hackler L.R., Steinkraus, K.H., Van Buren, J.P. and Hand, D.B.: *Studies on the utilization of Tempeh protein by weanling rats. J. Nutr.* 82: 452, 1964.
  - 14) Sharpe, L.M., Peacock, W.C., Cooke, R. and Harris R.S.: *The effect of phytate and other food factors on iron absorption. J. Nutr.* 41:433, 1950.
  - 15) Hussain, R. and Patwardhan, V.N.: *The influence of phytate on the absorption of iron Ind. J. Med. Res.* 47: 676, 1959.
  - 16) Cowan, J.W., Esfahani, M., Salji, J.P. and Azzam, S.A.: *Effect of phytate on iron absorption in the rat. J. Nutr.* 90: 423, 1966.
  - 17) Ranhotra, G.S., Loewe, R.J. and Puyat, L.V.: *Effect of dietary phytic acid on the availability of iron and phosphorus. Cereal chem.* 51:323, 1974.
  - 18) Faridi, H.A., Finney, P.L. and Rubenthaler, G.L.: *Iranian Flat Breads: Relative Bioavailability of zinc. J. Food Sci.* 48:107, 1983.