

大豆たん白質と亜鉛の有効利用性

BIOAVAILABILITY OF ZINC AFFECTED WITH SOYBEAN PROTEIN-PHYTATE.

内藤 博・野口 忠・篠田粧子・竹中昭雄（東京大学農学部）

Hiroshi NAITO, Tadashi NOGUCHI, Syoko SHINODA and Akio TAKENAKA

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Tokyo 113

ABSTRACT

The interaction of soybean protein and phytate on the bioavailability of zinc was investigated. Overnight-fasted rats were fed a diet containing phytate-free 20% SPI and ^{65}Zn , and tissues uptake of radioactivities after 3 hr of dose was compared with those fed a diet containing 0.35% phytate. The presence of phytate depressed the absorption of zinc, irrespective of protein source (casein or SPI) and of state of phytate (intrinsically contained or addition of sodium phytate). On the other hand, solubility in the small intestinal tract of labeled zinc in rats fed SPI was not altered in the presence of phytate, whereas dietary casein added with phytate depressed the solubilization of zinc. These results suggest that zinc is not insolubilized with phytate in SPI, probably due to the formation of soluble protein-phytate-zinc complex, but the absorption of zinc is markedly inhibited with phytate unrelated to the luminal solubility of the metal. It was also confirmed that SPI per se did not affect the absorption of zinc, suggesting that the availability of zinc may be improved by removal of phytate in SPI. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* 8, 31-33, 1987.

分離大豆たん白質（SPI）は種々の栄養的にすぐれた特性を有しているが、ミネラルの有効利用に関しては若干の問題を含んでいる。これはフィチン酸（phy）の存在によることが明らかとなっている。しかしその機構は必ずしも単純ではなく、ミネラルの種類によって利用性や大豆たん白質、phy、ミネラル三者間の相互作用の程度が異っている可能性がある。本研究はこれらの点についてたん白質の種類も考慮して検討した。

実験方法

脱フィチン酸・脱ミネラル大豆たん白質試料（試料S0）の調製

低温脱脂大豆フレークを粉末化し、20℃以下、pH 11.5で1時間抽出し、遠沈上清をchelex 100樹脂でバッチ処理、脱ミネラルしたのち、pH 5.5で沈澱したSPIを標品とした。（NSI, 87-88; Ca 0.24%; Mg 0.27%;

Zn 0.004%; Fe 0.002%; フィチン酸 0.035%）

対照として同一原料から pH 4.5 で沈澱した脱 phy 処理をしない SPI を調製した（Sph, phy 1.75%）

動物実験

(1) 予備実験：Ca 及び Zn の腸管吸収に及ぼすカゼインと phy 含量の影響（in situ ループ法）

Phy との相互作用が起こる可能性の低いカゼイン存在時に Ca の吸収と phy 量との関連を検討した。体重200gのWistar雄ラットを20%カゼイン基礎飼料で1週間予備飼育後、一夜絶食したのち実験飼料各2.5gを1時間摂取させ、2時間後麻酔下開腹し、十二指腸または回腸部を7cm長に内容物を含んだまま結紮し、 $^{45}\text{CaCl}_2$ を注入し、1時間後内容物を洗い出し、内容物上清及び各組織中の放射能を測定した。

また同様な条件下で ^{65}Zn を用いて検討した。

(2) 大豆たん白質の Zn 吸収に及ぼす phy の効果（in

vivo)

ラットを予備実験と同様一夜絶食したのち、 ^{65}Zn を含む実験飼料2.5gを1時間投与し、3時間後前述と同様サンプリングした。

たん白質は20%とし、フィチン酸ナトリウム添加量(+phy)はSph群の含量に合わせ0.35%とした。

結果と考察

20%カゼインにフィチン酸ナトリウム1%添加すると、十二指腸内容物中の上清Ca比放射能値は増加し、特に回腸部では顕著であった。これは特に回腸部に ^{45}Ca を注入した場合、大腿骨中のみかけ上の取り込み増加として反映した。phy添加の効果は0.5%でも発現している。また ^{65}Zn の吸収については、回腸部位注入後の内容物中、可溶性 ^{65}Zn はphy添加で低下した(以上データ省略)。

Znにおける傾向は経口投与によっても同様で、十二指腸部における ^{65}Zn 溶解性に差は認められないが、回腸部ではphy添加区(C-1)では無添加区(C-0)にくらべて溶解性が低下し、これが血液への移行低下に反映した(Table 1)。また各組織中への ^{65}Zn もC-1群で有意に低下し、特に大腿骨中への取込みは、3時間後に明かに低下した(Table 2)。

以上の予備実験結果を参考とし、 ^{65}Zn 経口投与後3時間のちの試料について比較した。

実験群は各5頭ずつとし、カゼイン-無phy(C-0)、カゼイン-phy添加(C+phy)、SPI-無phy(S-0)、SPI-phy含有(Sph)及びSPI+phy添加(S-0+phy)の5群に分けた。

小腸内容物中の ^{65}Zn 可溶性には各群間に差が認められないが、回腸部ではカゼイン群でのみphy添加効果が認められた。しかしSPI群では全く差が認められなかった(Table 3)。

他方各組織中への ^{65}Zn の取込みは、たん白質や管腔内の可溶性に関せず、0.35%phyの存在下で有意に減少した(Table 4)。

以上の結果からphyの存在は大豆たん白質、Zn間に可溶性の複合体を形成するものの、吸収は低下する。またカゼインでは複合体を形成せず、phyとZnの不溶化が起こっていることが示唆された。また大豆たん白質それ自体Znの吸収性には全く影響せず、phyは本来存在する状態と添加したもので全く同一の挙動を示した。

このことから、脱phyの工程によってSPIのミネラルの有効利用性は容易に改良することが可能であると考えられた。

Table 1. Distribution of orally administered ^{65}Zn in the small intestinal contents and portal plasma¹

Diet		C-0	C-1
		Duodenum × 10 ² cpm or %	
1 hour	Soluble ^{65}Zn	3.58±2.65	1.17±0.06
	Insoluble ^{65}Zn	7.87±5.35	3.50±1.13
	Soluble % ²	29.9 ± 4.0	27.9 ± 6.1
3 hours	Soluble ^{65}Zn	0.63± 0.16	0.80±0.19
	Insoluble ^{65}Zn	0.63±0.10	0.73±0.08
	Soluble %	50.0 ± 6.4	50.7 ± 7.1
		Ileum × 10 ² cpm or %	
1 hour	Soluble ^{65}Zn	19.06±2.45	1.76±0.23
	Insoluble ^{65}Zn	36.18±2.13	32.69±4.56
	Soluble %	34.3 ± 1.6	5.1 ± 0.1*
3 hours	Soluble ^{65}Zn	6.19±1.86	1.58±0.30
	Insoluble ^{65}Zn	61.08±11.11	91.81±5.00
	Soluble %	9.5 ± 3.3	1.7 ± 0.3*
		Plasma cpm/ml	
1 hour		56.7 ± 14.8	25.0 ± 18.0
3 hours		53.8 ± 12.5	5.0 ± 3.5*

¹Values are means±SEM. ²Soluble % = soluble ^{65}Zn /(soluble ^{65}Zn +insoluble ^{65}Zn)×100. * p <0.05 compared to C-0.

Table 2. Total ^{65}Zn content in rat liver, kidney, spleen and right femur¹

Diet		C-0	C-1
		× 10 ² cpm	
1 hour	Liver	5.39±1.35	1.34±0.11*
	Kidney	1.19±0.29	0.26±0.02*
	Spleen	0.21±0.05	0.03±0.02*
	Femur	0.14±0.03	0.09±0.00
3 hours	Liver	16.98±1.34	5.50±0.43*
	Kidney	3.90±0.11	1.46±0.17*
	Spleen	0.65±0.09	0.29±0.07*
	Femur	0.35±0.02	0.18±0.05*

¹Values are means ± SEM. * p <0.05 compared to C-0.

Table 3. Distribution of orally administered ^{65}Zn in the small intestinal contents^{1,2}

Diet	C0	S0	Sph	C+Phy	S0+Phy
					$\times 10^2$ cpm or %
	Duodenum				
Soluble ^{65}Zn	0.77 ± 0.26	1.01 ± 0.35	0.95 ± 0.14	1.03 ± 0.22	1.96 ± 0.55
Insoluble ^{65}Zn	0.19 ± 0.06	0.36 ± 0.05	0.39 ± 0.08	0.43 ± 0.12	1.60 ± 0.62
Soluble %	76.2 ± 6.1^a	64.7 ± 3.3^a	69.7 ± 6.3^a	70.7 ± 4.2^a	65.8 ± 6.6^a
	Ileum				
Soluble ^{65}Zn	6.83 ± 2.26	10.75 ± 1.44	6.94 ± 1.25	3.27 ± 1.10	10.64 ± 1.62
Insoluble ^{65}Zn	105.60 ± 12.03	77.54 ± 8.12	49.86 ± 11.36	143.95 ± 31.68	78.47 ± 11.81
Soluble %	7.9 ± 2.3^a	12.0 ± 0.4^a	12.9 ± 1.5^a	2.1 ± 0.5^b	12.5 ± 1.1^a

¹Values are mean $\pm$ SEM. Soluble % = soluble ^{65}Zn /(soluble ^{65}Zn + insoluble ^{65}Zn) $\times 100$. ²Means in the same row not sharing common superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.

Table 4. Total ^{65}Zn content in rat liver, kidney, spleen and right femur^{1,2}

Diet	C0	S0	Sph	C+Phy	S0+Phy
					$\times 10^2$ cpm
Liver	18.20 ± 2.76^a	17.25 ± 2.48^a	10.67 ± 1.23^b	10.27 ± 1.33^b	11.37 ± 0.70^b
Kidney	4.53 ± 0.68^a	4.20 ± 0.58^a	2.38 ± 0.32^b	2.48 ± 0.35^b	$2.95 \pm 0.26^{a,b}$
Spleen	0.67 ± 0.09^a	0.73 ± 0.13^a	0.40 ± 0.03^b	$0.47 \pm 0.03^{a,b}$	$0.45 \pm 0.05^{a,b}$
Femur	0.40 ± 0.05^a	$0.36 \pm 0.06^{a,b}$	$0.32 \pm 0.09^{a,b}$	$0.25 \pm 0.05^{a,b}$	0.23 ± 0.02^b

¹Values are means $\pm$ SEM. ²Means in the same row not sharing common superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.