

Nota Técnica

FOSFORO FITICO EN MATERIAS PRIMAS DE ORIGEN VEGETAL USADAS EN LA ALIMENTACION ANIMAL EN COSTA RICA^{1/*}

Emilio Vargas **
Marco V. Lobo ***

ABSTRACT

Phytic phosphorus in Costa Rica feed ingredients of plant origin. A study was conducted to determine phytate, phytic phosphorus and other nutrients in fourteen feed ingredients in Costa Rica. Results showed that phytic acid content of the feed ingredients studied is in the range of data previously reported. Rice bran and rice hulls showed the highest and lowest values (6.22 and 0.1% respectively). A mean values of 31% phosphorus present in the feeds was in an inorganic form, with values between 7% in broken rice and 69% in banana flour. The phytate:zinc molar ratio may be a useful means to predict zinc availability. The phytate: zinc molar ratios were in 86% of the cases over 20, a value considered as critical for this relationship. The effect of phytates over the availability of some cations is discussed.

INTRODUCCION

La ingesta de P en los animales domésticos generalmente proviene de los ingredientes de la ración y de una fuente inorgánica que se agrega como un suplemento. El P presente en los ingredientes proporciona, en la mayoría de los casos, más del 50% del P total de la dieta.

Una porción importante del P en las materias primas de origen vegetal se encuentra como sales de ácido fítico (Mc Gillivray, 1974). El P en esta forma es generalmente de baja disponibilidad para los animales domésticos. El compuesto debe ser degradado por la enzima "fitasa" antes de que el P sea utilizado (IMC, 1973).

Además, el ácido fítico atrapa a otros cationes divalentes, como el Ca, Zn, Fe, Mg, Cu, etc. (Nelson, 1968; Forbes *et al.*, 1984; Moya, 1982; O'Dell, 1984).

Se ha demostrado una relación inversa entre el nivel de ácido fítico y la disponibilidad de Zn (Davies y Oplin, 1979). Cuando la relación molar fitato:Zn es mayor que 20, se ha encontrado que la disponibilidad de Zn disminuye.

Por consiguiente, es importante conocer el contenido de ácido fítico de las materias primas, así como el contenido de P no fítico o disponible, con el objeto de poder calcular la cantidad de elementos esenciales que deben ser agregados a las raciones, y de esta manera, obtener un óptimo rendimiento en los animales.

El presente trabajo lista el contenido de ácido fítico, P total, P disponible y otros elementos, en las principales materias primas de origen vegetal que se utilizan en el país.

MATERIALES Y METODOS

Se estudió un total de 14 materias primas de uso común en la formulación de alimentos para animales. Inspectores oficiales del Ministerio de

^{1/} Recibido para publicación el 20 de enero de 1991.

* Parte de la Tesis de Grado presentada por Marco V. Lobo ante la Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

** Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** División de Investigación y Producción Pecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

Agricultura y Ganadería, siguiendo técnicas estandarizadas de muestreo, (Cuadro 1), tomaron un total de 5 muestras de cada materia prima, las cuales fueron recolectadas en fábricas de alimentos y plantas procesadoras de materias primas.

Las muestras fueron molidas, en un molino de acero inoxidable con malla de 1 mm y se guardaron en frascos de vidrio con tapa hermética. Luego, una submuestra fue molida en un molino de ciclón Tecator (Cyclotec, 1093) con malla de 0,5 mm para hacer el análisis de fitatos.

Análisis químicos

Todos los análisis se realizaron por duplicado. La humedad y proteína se determinaron por el método de la AOAC (1984). Los minerales Ca y Zn, por absorción atómica (Fick *et al.*, 1979), y el P total, por el método de Fiske y Subarrow (1925), modificado por Fick *et al.* (1979).

Para determinar el ácido fítico se usó el método de Davis y Oplin (1979), modificado por Koss (1979), con algunos cambios que se describen a continuación:

1. Al sulfato férrico de amonio se le agregó 10 ml de ácido nítrico 0,5 M por litro.

2. Para preparar el fitato de sodio 0,14 mmol/L, se pesó 0,1528 g de fitato de sodio (Sigma Chemical Co., 98% pureza, humedad 13,6%, peso molecular del ácido fítico libre 660 con 12M de sodio), y se aforó en un L con agua bidestilada. Para la curva estándar se usó soluciones de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 ml de fitato de sodio 0,14M. A cada una se le agregó 0,5 ml de HNO₃, 0,5M y 0,5 ml de NH₄Fe(SO₄)₂ y se diluyó hasta un volumen final de 2 ml con agua bidestilada; cada solución contenía 28, 56, 84, 112 y 140 nmol de fitato de sodio, respectivamente.

3. Para el análisis de fitato, según el contenido, se tomó cantidades variadas de muestra en un ámbito de 0,1 a 1,0 ml, y se vació en un tubo de centrifuga cónico. A cada uno de los tubos se le añadió 0,5 ml de HNO₃, 0,5M y 0,5 ml de NH₄Fe(SO₄)₂, y se llevó con agua bidestilada a 2 ml. Luego, se siguió la técnica de Koss (1979).

El contenido del P fítico se estimó con base en que el 28,2% del peso del ácido fítico es P (Tecklembur *et al.*, 1984). El P inorgánico se calculó por la diferencia del P total y del P fítico (Lolas y Markakis, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 muestra los resultados de humedad, proteína, Ca y Zn de las diferentes materias primas estudiadas. Se observa que los valores obtenidos están dentro de los ámbitos normales para este tipo de materia prima (Vargas, 1984; NRC, 1982), con excepción del Ca en la harina de banano, el cual es muy alto debido al uso de carbonato de calcio para su deshidratación y secado. El valor de Ca en la harina de soya es ligeramente alto respecto a su valor normal de 0,3%.

El Cuadro 2 presenta los valores de ácido fítico, P fítico, P total y P inorgánico. Estos valores se encuentran dentro del ámbito reportado por el IMC (1973) y Nelson y Ferrara (1968), para algunas de estas materias primas. Los resultados de P total, fítico e inorgánico fueron altos en la harina de soya, subproducto de trigo, harina de semilla de algodón y semolina de arroz.

En general se puede decir que los productos que tienen un alto contenido de P total, presentan alto contenido de ácido fítico y P fítico, y a su vez, una baja relación de P inorgánico:P total (Cuadro 3).

La razón porcentual de P inorgánico:P total, varía desde 20-50% para cereales (Salunkhe, 1977) y entre 10-40% para granos de leguminosas (Lolas y Markakis, 1975). Los productos analizados en este estudio se encuentran dentro de los ámbitos citados, ya que se obtuvo un promedio para la relación P inorgánico:P total de 31%. Esto implica que únicamente el 31% del P total es P inorgánico, y que el contenido relativo de éste es más alto en aquellas materias primas donde el P fítico es menor y viceversa.

El P total de una ración formulada con base en materias primas vegetales es un valor sin significado, debido a que la disponibilidad biológica del P fítico varía, dependiendo de la especie y edad del animal. Cerca de un 70% del P vegetal está ligado al fitato. Se considera que el P fítico es utilizado por los animales de la siguiente manera (IMC, 1973; Peller, 1972):

Pollos jóvenes	0-10%
Pavos jóvenes	0%
Gallinas ponedoras	50%
Cerdos jóvenes	10-20%
Cerdos adultos	40%
Bovinos	60%

Cuadro 1. Contenido de proteína, Ca y Zn de algunas materias primas en Costa Rica (Base seca).

Materia prima	Humedad (%)			Proteína (%)		Ca (%)		Zn (mg/kg)	
	n	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE
Algodón, harina de semilla	5	7,5	1,0	43,6	3,4	0,22	0,06	70	8
Arroz: Semolina	5	8,5	0,8	15,8	0,8	0,05	0,01	71	12
Puntilla	4	10,7	1,0	11,3	0,9	0,02	0,005	18	2
Cascarilla	5	7,6	0,9	1,9	0,2	0,02	0,005	11	2
Banano, harina de banano verde con cáscara	5	15,6	1,5	2,8	0,1	4,9	0,7	30	12
Maíz: Grano entero blanco	5	12,4	1,1	9,7	0,5	0,02	0,005	40	6
Grano entero amarillo	5	12,9	0,6	9,6	0,6	0,02	0,008	34	5
Palma africana, harina de coquito	3	6,2	0,4	15,5	0,9	0,25	0,02	47	1
Sorgo: Grano entero	5	10,7	0,8	8,7	0,3	0,03	0,01	31	4
Soya: Harina 44	3	11,4	0,5	50,8	0,5	0,5	0,16	69	2
Integral	5	7,2	0,7	37,8	1,5	0,17	0,02	47	3
Trigo: Acemite	5	11,0	1,0	18,8	1,2	0,08	0,01	98	18
Salvadillo	5	11,1	1,0	19,0	1,5	0,10	0,02	99	12
Salvado	5	10,5	1,2	18,2	1,3	0,10	0,02	93	16

DE= Desviación estándar.

Cuadro 2. Contenido de fósforo total, fítico e inorgánico de materias primas en Costa Rica (% base seca).

Materia prima	Acido fítico	Fósforo		
		Total	Fítico	Inorgánico
Algodón, harina de semilla	3,61	1,28	1,02	0,26
Arroz: Cascarilla	0,10	0,06	0,02	0,04
Puntilla	0,96	0,29	0,27	0,02
Semolina	6,22	2,05	1,75	0,30
Banano, harina banano verde con cáscara	0,13	0,13	0,04	0,09
Maíz: Grano entero ban	1,01	0,40	0,29	0,11
Grano entero amarillo	1,06	0,38	0,30	0,08
Palma africana, harina de coquito	1,46	0,62	0,42	0,20
Sorgo: Grano entero	1,00	0,39	0,28	0,11
Soya: Harina 44	1,84	0,79	0,52	0,27
Integral	1,12	0,60	0,31	0,29
Trigo: Acemite	2,82	1,12	0,80	0,32
Salvadillo	3,75	1,30	1,06	0,24
Salvado	4,32	1,49	1,22	0,27

En general, cuando se formulan raciones, el P inorgánico de los vegetales se puede considerar como 100% disponible y el P fítico se debe ajustar utilizando los datos de disponibilidad indicados anteriormente.

Otro aspecto importante de los fitatos, es que pueden formar quelatos con cationes como Ca, Mg, Zn, etc. y reducir así la disponibilidad biológica de los mismos (Nelson y Ferrara, 1968).

Un cálculo sencillo indica que un 1% de ácido fítico puede formar quelatos con 0,36% del Ca. Si esto es verdad, el nivel de Ca en la dieta debe incrementarse en función del contenido de fitatos presentes.

Según Davis y Oplin (1979) y Koss (1979) una relación molar fitato:Zn mayor que 20, indica que la disponibilidad del Zn será afectada por el fitato. Los resultados obtenidos, muestran razones que van desde 4,4 en la harina de banano, hasta

Cuadro 3. Algunas relaciones de minerales en materias primas de origen vegetal en Costa Rica.

Materia prima	P Inorgánico	Ca	Ca	Fitato
	P total (%)	P Total	P Inorgánico	Zn
Algodón, harina de semilla	20,3	0,17	0,83	50,9
Arroz: Cascariilla	67,0	0,33	0,50	8,9
Puntilla	6,8	0,08	1,00	53,3
Semolina	14,6	0,03	0,18	86,7
Banano, harina banano verde con cáscara	69,2	37,8	52,0	4,4
Máiz: Grano entero blanco	27,5	0,06	0,20	25,2
Grano entero amarillo	21,1	0,06	0,28	30,4
Palma africana, harina de coquito	32,2	0,40	1,21	30,8
Sorgo: Grano entero	28,2	0,09	0,30	31,5
Soya: Harina 44	34,2	0,63	1,83	26,5
Integral	48,3	0,29	0,59	23,4
Trigo: Acemite	28,6	0,07	0,24	28,6
Salvadillo	18,5	0,08	0,41	37,5
Salvado	18,1	0,07	0,38	46,2

86,7 en la semolina de arroz. Los datos señalan que el 86% de las materias primas analizadas tienen un valor superior a 20, por lo tanto, se espera una baja o casi nula utilización del Zn por parte de los animales monogástricos que consumen esas materias primas.

A la hora de formular dietas, es importante tener en cuenta la relación fitato:Zn, con el objeto de determinar la cantidad por suplementar de fuentes inorgánicas, para poder así satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio con el objeto de determinar el contenido de fitato, P fítico e inorgánico, así como otros elementos importantes en 14 materias primas de origen vegetal y de uso común en la alimentación animal en Costa Rica. Los datos indican, que el contenido de ácido fítico de las materias primas estudiadas, se encuentran dentro de los valores normales reportados en la literatura. La semolina de arroz mostró el valor más alto con 6,22% y la cascariilla de arroz el valor más bajo con 0,1%. Se encontró que el P inorgánico (no fítico) constituye, en promedio, un 31% del P total presente en las materias primas estudiadas con valor que fluctúan entre 7% en la puntilla de arroz, hasta

69% en la harina de banano. La relación molar fitato: Zn fue en un 86% de los casos superior de 20, lo cual podría afectar la disponibilidad de Zn para los animales. Se discute el efecto de los fitatos sobre la disponibilidad de algunos cationes para los animales.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. Official methods of analysis of the AOAC. 14 ed. Washington, D.C.
- DAVIS, N.; OPLIN, S. 1979. Studies on the phytate:zinc molar contents in diets as a determinant of zinc availability to young rats. *Br. J. Nutr.* 41:591-603.
- FICK, K.; MCDOWELL, L.; MILES, P.; WILKINSON, N.; FUNK, J.; CONRAD, J. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Gainesville, Florida, Animal Science Department, University of Florida.
- FISKE, C.; SUBBAROW. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375.
- FORBES, R.; PARKER, H.; ERDAM, J. 1984. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. *J. Nutr.* 114:1421-1425.
- INTERNATIONAL MINERAL AND CHEMICAL CORPORATION (IMC). 1973. Calcium and phosphorus in animal nutrition. Illinois, IMC.

- KOSS, M. 1979. A study of the protein, zinc and phytate contents of a number of protein source and the molar ratio phytate:zinc for the determination of zinc bioavailability, and its relation to the nutrient fortification of vegetable protein products. Tesis M.Sc. London, University of Reading, Department of Food Science.
- LOLAS, G.; MARKAKIS, P. 1975. Phytic acid and other compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agr. Food Chem. 23 (1):13-15.
- MOYA, J. 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interaction, nutritional significance, and methods of analysis. J. Agr. Food Chem. 70(1):1-9.
- MCGILLIVRAY, J.J. 1974. Biological availability of phosphorus in feed ingredients. Proceedings Minnesota Nutrition Conference.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1982. United States Canadian tables of feed composition. Washington, DC. 3 ed. National Academy Press.
- NELSON, T.S.; FERRARA, L.W. 1968. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. Poultry Sci. 47:1372-1374.
- O'DELL, B. 1979. Effect of soy protein on trace mineral availability. In Soy protein and human nutrition. Ed. by H. Wilchke, D. Hopkins and D. Wooggle. New York, Academic Press. p. 188-207.
- PEELER, H.T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. J. Animal Science 35:695-712.
- SALUNKHE, D. 1977. Toxicant in plant and plant products. Crit. Rev. Food Sci. and Nutr. 9(3):265-324.
- TECKLENBUR, E.; VEBERSAX, M.; ZABRIK, M.; DIETZ, J.; LUSAS, E. 1984. Mineral and phytic acid partitioning among air-classified bean flour fractions. J. Food. Sci. 49(2):569-572.
- VARGAS, E. 1984. Tabla de composición de alimentos para animales de Costa Rica. San José, Editorial Universidad de Costa Rica.