

Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. I. Composición química y contenido de gossipol de harinas de torta de semilla de algodón elaboradas en el área *

— RICARDO BRESSANI**, LUIZ G. ELIAS***, J. EDGAR BRAHAM**, ROBERTO JARQUIN***

ABSTRACT

The article summarizes the chemical composition, mineral and vitamin content, free and total gossypol and essential amino acid content of cottonseed meal as produced in several countries in Central America employing three different processing methods.

Processing method is the main factor responsible for variations in the chemical components studied. Screw press meals contain larger amounts of crude fat and less gossypol than those produced by pre-press solvent or direct solvent extraction methods. Meals produced by the latter techniques show larger amounts of lysine. Essential amino acid composition is independent of processing technique with the exception of lysine content.

Although the variation in composition is not large, efforts should be made by cottonseed millers as well as by governments to standardize cottonseed meals of similar chemical composition in order to minimize variations in formulated feeds using this ingredient. — The authors.

Introducción

EL incremento del cultivo del algodón y el establecimiento de fábricas que se encargan de procesar la semilla con miras a industrializar el aceite, han sido los factores responsables de que hoy día se disponga, en Centro América, de cantidades relativamente amplias de harinas de torta de semilla de algodón. Esta se usa sobre todo en la alimentación de ganado lechero y de engorde y, en cantidades limitadas, en la alimentación de cerdos y de aves de corral.

La harina de torta de semilla de algodón constituye prácticamente la única fuente de proteína relativamente económica en el Istmo Centroamericano. Por consiguiente, se considera que el conocimiento de su composición química y calidad proteínica, con el fin de ampliar su uso en la alimentación animal, es de interés práctico. Concretamente, los factores de mayor importancia que restringen el uso de la harina de torta de semilla de algodón en raciones para animales monogástricos y gallinas ponedoras, son: a) la presencia del pigmento gossipol, el cual es tóxico en cantidades relativamente altas, en especial para el cerdo (1, 9), y que produce la coloración oscura de la yema del huevo de gallina (9, 20); b) el hecho de que el proceso de elaboración a que se somete la semilla para la extracción del aceite, destruye la calidad de la proteína, sobre todo reduciendo la cantidad de lisina disponible, aminoácido que es esencial para el crecimiento y, por lo tanto, para la crianza de animales (1), y c) la presencia de grasas residuales y de los ácidos grasos malvético y estercúlico

* Recibido para la publicación el 14 de marzo de 1968. Estudios financiados por la Oficina Regional para Centro América y Panamá (ROCAP) de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos de América (Guatemala, C. A.), y de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, EE. UU. Publicación INCAP E-397.

** Jefe y Jefe Asistente de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, respectivamente.

*** Científicos de la misma División.

que producen cambios de coloración en la clara del huevo de gallinas alimentadas con concentrados que contengan estas sustancias (20). Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos de los procedimientos usados para elaborar la semilla de algodón, ahora ya es posible producir harinas de alto valor nutritivo y de mayor aplicación en la industria animal. Lo que es más, también se están usando con mucho éxito en la alimentación humana (5, 15) harinas producidas bajo condiciones favorables de elaboración. La harina de torta de semilla de algodón cambia mucho en su composición química y valor nutritivo según la variedad de algodón que se utilice, la época de la cosecha y las condiciones de almacenamiento, pero el factor que más influye en este sentido es el proceso industrial al cual se someta la semilla para la extracción del aceite (1, 4, 7).

El trabajo aquí descrito tiene, pues, por finalidad, dar a conocer la composición química y el contenido de lisina disponible y de gósipol, libre y total, de las harinas elaboradas a partir de tortas de semilla de algodón producidas en varios países de Centroamérica. Con ello se persigue poner al alcance de los industriales que procesan la semilla, de los productores de concentrados con destino a la industria animal, y de otros con actividades relacionadas con algún aspecto de la nutrición animal, datos de interés y utilidad en este rubro.

Materiales y métodos

Las muestras de las cuales se informa en este artículo, 165 en total, fueron recolectadas directamente en las diferentes fábricas de aceite de semilla de algodón que operan en diversos países del área, o bien fueron enviadas al Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) por los propios productores o industriales interesados. En todo caso, las muestras, generalmente de más de medio kilo de peso por unidad, fueron debidamente identificadas con respecto a su procedencia y al proceso empleado para su producción.

Previo el análisis químico, y siempre que se juzgó necesario, las muestras se molieron, en un molino Wiley, a un grueso de 40 mallas. Luego fueron almacenadas en frascos de vidrio, en un cuarto refrigerado a la temperatura de 4° C hasta el momento de efectuar su análisis químico. Este consistió en la determinación del contenido de humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y proteína, según los métodos de la AOAC (3). La concentración de gósipol libre y total fue establecida por los métodos de la AOCS (2), y la cantidad de lisina disponible por medio del procedimiento descrito por Conkerton y Frampton (10). Además, se analizaron algunas muestras representativas para averiguar su contenido de tiamina, examen que se hizo empleando la técnica del tiocromo de Hennessey y Ceredo (12); la riboflavina fue determinada por el método fluorométrico de Hodson y Norris (13), y la niacina por procedimientos microbiológicos usando *Lactobacillus arabinosus* 17-5. Varias muestras fueron analizadas también para establecer su contenido de calcio y fósforo, siguiendo, para el caso, los métodos de la AOAC (3), y los de Fiske y Subbarow (11) modifi-

cado por Lowry y López (16) y de Jackson (14), Moss y Mellon (18), respectivamente. En un grupo de cuatro muestras representativas de diferentes fábricas se practicaron análisis de aminoácidos, por medio de métodos microbiológicos ya descritos (8). La solubilidad del nitrógeno se determinó también en varias muestras según las recomendaciones de la AOCS (2).

Resultados

El Cuadro 1 resume los datos correspondientes a las muestras colectadas, según el país y la fábrica de procedencia de la harina. El examen de los datos revela que entre los componentes principales, la grasa, fibra cruda y proteína son los que presentan mayores variaciones. El contenido de grasa fluctuó entre 2,5 y 8,3 por ciento, mientras que el de fibra cruda varió de 4,2 a 14,2 por ciento, y el de proteína, de 35,8 a 51,3 por ciento. El factor ceniza fue muy constante tanto en relación a las diversas fábricas productoras como a los países de procedencia.

El contenido de gósipol total acusó valores desde 0,757 hasta 1,221 por ciento, y el de gósipol libre, entre 0,036 y 0,126 por ciento. La solubilidad del nitrógeno presentó variaciones considerables, desde un valor mínimo de 39,5 hasta uno máximo de 83,2 por ciento, y lo mismo puede decirse en cuanto al contenido de lisina disponible.

Los datos correspondientes al tipo de elaboración a que se somete la semilla para extracción del aceite se dan a conocer en el Cuadro 2. Los procesos empleados en Centroamérica para este propósito son tres: el de uso más común es el de prensa hidráulica; el segundo es el procedimiento de pre prensa solvente y hace poco se ha introducido también la técnica de solo extracción con solvente, en cuyo caso el aceite se extrae con hexano. Como lo indican los datos, la diferencia principal entre los tres procesos en cuanto a composición química, estriba en el contenido de aceite residual y de gósipol. El proceso de prensa por lo general rinde un producto de mayor contenido en grasa; le sigue el método de pre prensa solvente y, por último, el de solo solvente. Con respecto al gósipol, es obvio que el contenido de este factor es mayor cuando el aceite se extrae utilizando el método de solvente que cuando se usa el método de prensa. La misma tendencia puede observarse en cuanto a solubilidad del nitrógeno y lisina disponible.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados concernientes al contenido de calcio y fósforo, así como de ceniza. El calcio varió de 429 a 709 mg por 100 g, y el fósforo, de 603 a 1.306 mg por 100 g, con promedios para todas las muestras de 564 y 877, respectivamente. La información referente a tiamina, riboflavina y niacina consta en el Cuadro 4 y, según revelaron los análisis, las muestras no contenían riboflavina, siendo sus valores promedio para tiamina y niacina, de 7,1 y 2,84 mg/100 g.

Por último, el Cuadro 5 resume los datos referentes al contenido de los aminoácidos esenciales de cuatro harinas producidas en Centroamérica. Puede decirse

Cuadro 1.—Composición química de harinas de torta de semilla de algodón producidas en Centroamérica por fábrica y por país. — (Expresada en g/100 g).

País	Fábrica	Nº de muestras	Agua	Grasa	Fibra cruda	Proteína	Ceniza	Gosipol		Grupos epsilon amino libres de la lisina g/16 gN	Solubilidad del nitrógeno en NaOH %
								Libre	Total		
Guatemala	1	9	7,8	6,3	10,7	40,8	6,6	0,054	1,051	3,09	53,3
	2	4	6,6	6,5	10,2	42,4	6,5	0,052	1,221	2,53	39,5
	3	18	6,9	8,3	14,2	38,4	6,3	0,036	0,790	—	40,8
	4	3	6,3	4,6	12,2	42,9	6,1	0,011	0,923	2,36	—
Nicaragua	1	16	8,5	8,1	8,0	43,4	6,7	0,056	0,967	3,50	74,8
El Salvador	1	11	8,3	5,2	7,9	46,2	7,0	0,057	1,073	3,16	48,6
	2	54	7,8	3,3	4,2	51,3	7,7	0,063	0,949	3,62	71,0
	3	7	9,5	2,5	8,5	43,8	7,0	0,049	0,757	4,12	64,4
	4	2	11,0	2,5	10,9	35,8	6,6	0,126	0,996	—	83,2
Costa Rica	*	4	8,1	9,1	9,0	40,6	6,4	0,059	0,912	—	51,7

* No se determinó.

que, en general, éste es bastante similar al de una harina de algodón elaborada por un proceso de solvente que emplea un mínimo de temperatura (6), y al de las harinas de que informan Orr y Watt (19). Al comparar este Cuadro con los datos concernientes al aminoácido lisina, en el Cuadro 1, puede notarse también que el contenido de este aminoácido, determinado microbiológicamente, es mayor que el establecido por medio del reactivo dinitrofluorobenceno.

Discusión

Los resultados de este estudio indican que la composición química proximal de las harinas de algodón producidas en varios países de Centroamérica, comparada con la de harinas producidas en otros países del

mundo, es favorable a pesar de que el material de una de las fábricas reveló un contenido de proteína de 36 por ciento, que es inferior al valor estipulado (1) para la harina de semilla de algodón. El alto contenido de humedad y de fibra cruda fueron los factores responsables de la baja concentración proteínica de estas muestras. El contenido de grasa, en muchos casos también fue relativamente alto, ya que este componente no debería encontrarse en niveles mayores de 5 por ciento. Desde el punto de vista industrial, los valores que exceden de 5 por ciento se traducen en pérdidas económicas, aunque desde el ángulo de la nutrición la grasa adicional es favorable como fuente de energía. Las fábricas que elaboran la semilla de algodón por medio de solvente, con o sin prensado previo, logran producir harinas de menor contenido en grasa, pero,

Cuadro 2.—Composición química de harinas de torta de semilla de algodón de varios países de Centroamérica y clasificación según el proceso industrial empleado. — (Expresado en g/100 g).

Proceso de elaboración	Nº de muestras	Humedad	Grasa	Fibra cruda	Proteína	Ceniza	Gosipol		Solubilidad del nitrógeno en NaOH, %	Lisina disponible g/16 gN
							Libre	Total		
Prensa	65	7,5	6,9	10,3	42,1	6,5	0,051	0,991	51,4	2,93
Pre-prensa solvente	61	8,6	2,9	6,3	47,6	7,3	0,056	0,853	67,7	3,87
Solvente	2	11,0	2,5	10,9	35,8	6,6	0,126	0,996	83,2	—

Cuadro 3.—Contenido de calcio y fósforo de muestras representativas de harinas de torta de semilla de algodón elaboradas en Centroamérica.

Proceso de elaboración	Nº de muestras		Ceniza %	Calcio mg/100 g.	Fósforo mg/100 g.
Prensa	26	Promedio Variación	7,1 6,2-8,5	530 429-709	869 603-1.306
Pre-prensa solvente	6	Promedio Variación	7,7 7,5-7,7	607 552-659	931 743-1.203
Solvente	3	Promedio Variación	6,6 6,2-7,0	555 537-590	832 776-918

por lo general, éstas contienen más proteína cruda total. Sin embargo, un contenido de grasa reducido no necesariamente indica que la harina fue producida por solvente, ya que los encargados de la elaboración de la semilla agregan las grasas saponificadas a la harina en una concentración de 5 por ciento.

Varias de las harinas estudiadas también revelaron cantidades relativamente altas de fibra cruda. En consecuencia, sería necesario establecer normas químicas de identificación, ya que la falta de constancia en la composición química de este producto puede ocasionar pérdidas económicas o causar daños a los animales alimentados con raciones que contienen harina de torta de semilla de algodón, puesto que las raciones se preparan en el supuesto de que las harinas contienen niveles adecuados de los diversos nutrimentos.

Uno de los factores que han restringido el uso de la harina de torta de semilla de algodón en raciones para animales monogástricos, es el gopipol. En este sentido, pues, se considera interesante subrayar que la mayor parte de las harinas contienen niveles relativamente bajos, pero no en grado suficiente para ser utilizadas

con libertad en la alimentación de cerdos o de aves de corral. Por el contrario, algunas otras harinas, sobre todo las elaboradas por el método de pre prensa solvente, aunque contienen cantidades similares de gopipol que las producidas por el método de prensa, tienen niveles más altos de lisina, que es el aminoácido que limita la calidad de la proteína del algodón (1, 4, 5, 7, 20). Se estima, por lo tanto, que los fabricantes de harina de semilla de algodón deberían procurar que su producto tenga niveles reducidos de gopipol, y sobre todo, que la proteína no sea perjudicada por el proceso, lo cual puede determinarse observando el nivel de lisina disponible o la solubilidad del nitrógeno en hidróxido

Cuadro 5.—Contenido de aminoácidos esenciales de muestras representativas de harinas de torta de semilla de algodón elaboradas en Centroamérica. — (Expresado en mg/gN).

Aminoácidos	Prensa	Pre prensa solvente	Solvente
Arginina	1008	1024	1084
Histidina	223	238	251
Isoleucina	211	275	286
Leucina	246	237	252
Lisina	293	292	350
Metionina	85	88	86
Cistina	65	70	73
Fenilalanina	350	320	362
Tirosina	131	165	152
Treonina	202	204	211
Triptófano	84	97	95
Valina	409	392	422
Nitrógeno (%)	6,26	7,06	6,48

Cuadro 4.—Contenido de Tiamina, Riboflavina y Niacina de muestras representativas de harinas de torta de semilla de algodón elaboradas en Centroamérica. — (Expresado en mg/100 g).

Proceso de elaboración	Tiamina	Riboflavina mg/100 g	Niacina
Prensa	3,9	0	2,68
Prensa	4,1	0	2,59
Prensa	3,6	0	2,81
Pre prensa solvente	10,4	0	3,29
Pre prensa solvente	10,6	0	2,65
Solvente	9,0	0	3,00
Solvente	8,1	0	2,86

de sodio. Si la semilla se elabora con cuidado es factible obtener harinas de alto valor nutritivo que podrían utilizarse eficientemente en raciones para animales monogástricos y en suplementos proteínicos destinados al consumo humano (1, 5, 15, 20). Durante la extracción del aceite se emplean, en la mayor parte de los casos, temperaturas relativamente altas que producen o catalizan la reacción entre el gossipol y los grupos epsilon amino libres de la lisina. El resultado es que la lisina no es disponible al organismo (1, 17) provocándose así una deficiencia mayor de este aminoácido esencial. Esto explica, pues, la diferencia en cuanto a los valores encontrados entre la lisina determinada microbiológicamente y los establecidos por el método del reactivo dinitrofluorobenceno. En el primer caso se emplea ácido clorhídrico 6N para hidrolizar la proteína en sus respectivos aminoácidos y así hacerlos disponibles a la bacteria. Con el segundo método el reactivo utilizado se liga a los grupos libres de la lisina, los cuales se determinan espectrofotométricamente e indican la cantidad de lisina disponible para el animal (1, 10). La importancia de la lisina es aplicable solamente a los animales monogástricos, puesto que los rumiantes pueden, por medio de la flora del rumen, hidrolizar en alto grado la proteína del algodón elaborado en condiciones de temperatura excesiva. Además, la flora bacteriana del rumen es digerida en el abomaso del animal, no siendo la lisina exógena necesaria. Las temperaturas altas son también responsables de los bajos valores de vitaminas y de la completa destrucción de la riboflavina, vitamina que es sensible al calor.

A pesar de que las variaciones constatadas en el grupo de muestras de harina de torta de semilla de algodón de que se da cuenta en este trabajo no son muy amplias, deberían reducirse a través del método empleado para elaborar la semilla. Ello garantizaría un alimento para consumo animal, normalizado y de buen valor nutritivo.

Resumen

El artículo presenta los resultados del análisis químico realizado en harinas de torta de semilla de algodón producidas en diferentes fábricas de varios países del Istmo Centroamericano. A pesar de que los análisis revelaron que en general la composición química era similar entre las diversas muestras incluidas en el estudio, se llega a la conclusión de que el proceso industrial utilizado para producirlas es un factor importante que determina la composición química del producto.

Las harinas de algodón elaboradas por el método de prensa contienen más grasa y menos gossipol libre que las producidas por los procedimientos de pre prensa solvente, o de solo solvente. Asimismo, las harinas cuya elaboración se hace por solvente contienen más lisina que las producidas por medio de prensa. Los hallazgos revelaron que en todas ellas el contenido de aminoácidos esenciales, al expresar los resultados en mg de aminoácido por 16 g de nitrógeno, era similar, salvo en lo concerniente a lisina. Se incluyen también resultados referentes al contenido de calcio y fósforo, así como de tiamina, riboflavina y niacina.

Literatura citada

1. ALTSCHUL, A. M., LYMAN, C. M. y THURBER, F. H. Cottonseed meal. In: Processed Plant Protein Foodstuffs. Ed. A. M. Altschul. New York, Academic Press, 1958. pp. 469-534.
2. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official and tentative methods of the A.O.C.S. 2nd. ed., Chicago, Ill., 1945-1950.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of the A.O. A.C. 9th ed. Washington, D. C., The Association, 1960. 832 p.
4. BRAHAM, J. E., ELIAS, L. G. y BRESSANI, R. Factors affecting the nutritional quality of cottonseed oil meals. *Journal of Food Science*, 30:531-537. 1965.
5. BRESSANI, R. The use of cottonseed prote'n in human foods. *Food Technology*, 19:1655-1662. 1965.
6. ———— *et al.* The protein quality of cottonseed protein concentrate prepared by two different industrial processes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 14(5):493-496. 1966.
7. ————, JARQUIN, R. y ELIAS, L. G. Free and total gossypol, epsilon amino lysine, and biological evaluation of cottonseed meals and flours in Central América. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 12(3):278-282. 1964.
8. ———— y MERTZ, E. T. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chemistry*, 35(3):227-235. 1958.
9. CHEMICAL STRUCTURE AND REACTIONS OF GOSSYPOL AND NONGOSSYPOL PIGMENTS OF COTTONSEED. Proc. of a Conference. New Orleans, Southern Regional Research Laboratory, 1959.
10. CONKERTON, E. J. y FRAMPTON, V. L. Reaction of gossypol with free ϵ -amino groups of lysine in proteins. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 81(1):130-134. 1959.
11. FISKE, C. H. y SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry*, 66: 375-400. 1925.
12. HENNESSEY, D. J. y CERECEDO, L. R. The determination of free and phosphorylated thiamin by a modified thiochrome assay. *Journal of the American Chemical Society*, 61(1):179-183. 1939.
13. HODSON, A. Z. y NORRIS, L. C. A fluorometric method for determining the riboflavin content of foodstuffs. *Journal of Biological Chemistry*, 131:621-630. 1939.
14. JACKSON, S. H. Determination of iron in biological material. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 10:302-304. 1938.

15. LAMBOU, M. G., *et al.* Cottonseed's role in a hungry world. *Economic Botany*, 20(3):256-267. 1966.
16. LOWRY, O. H. y LOPEZ, J. A. The determination of Inorganic Phosphate in the presence of Labile Phosphate Esters. *Journal of Biological Chemistry*, 162(3):421-428. 1946.
17. MARTINEZ, W. H., FRAMPTON, V. L. y CABELL, C. A. Effects of gossypol and raffinose on lysine content and nutritive quality of proteins in meals from glandless cottonseed. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 9(1):64-66. 1961.
18. MOSS, M. L. y MELLON, M. G. Colorimetric determination of iron with 2, 2' -bipyridyl and with 2, 2', 2'' -terpyridyl. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 14:862-865. 1942.
19. ORR, M. L. y WATT, B. K. Amino acid content of foods. Washington, D. C. U. S. Department of Agriculture, 1957. Home Economics Research Report N° 4. 41 p.
20. PHELPS, R. A. Cottonseed meal for poultry: from research to practical application. *World's Poultry Science Journal*, 22:86-112. 1966.