Separado de *Turrialba* Vol. 20, N° 2, págs. 166-170. Trimestre Abril-Junio 1970

Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. V. Composición química de algunos subproductos derivados de la industria de los cereales: trigo, arroz y maíz*[1/]

——LUIZ G. ELIAS**, RICARDO BRESSANI***

ABSTRACT

By-products from the milling of rice, wheat and corn as produced in the Central American countries were examined for chemical composition. Rice by-products included bran, polishings and hulls, wheat by-products were wheat middlings, wheat bran and germ, and from corn, the germ and gluten meal. The polishing and bran from rice had a high concentration of protein and crude fat; hulls and fines, large amounts of crude fiber. Various fractions showed small differences in calcium, phosphorus and iron. Wheat germ contained more protein and fat than wheat middlings and bran. The last two by-products had similar amounts of protein; fiber content was greater in wheat bran.

Both corn germ and corn gluten had high protein values; they differed in crude fiber, ash and phosphorus. By-products of wheat and corn germ were of superior chemical composition than rice by-products, and consequently possessed the greater nutritive value. — The authors.

Introducción

EL desarrollo eficiente de la industria animal exige, entre otras consideraciones, el conocimiento de la composición química y del valor nutritivo de los materiales a utilizar en la elaboración de raciones destinadas a la alimentación de animales. Ese conocimiento asume mayor importancia si se tiene en cuenta que la composición de las diversas raciones varía según los requerimientos de los diferentes animales para la satisfacción eficiente de funciones específicas como son las de crecimiento, producción, mantenimiento y reproducción.

En publicaciones anteriores de esta misma serie se han dado a conocer datos sobre la composición química de las harinas de algodón (3), de diversas semillas oleaginosas (2) y de otros productos utilizados en la industria animal (7).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar, desde el punto de vista químico, algunos de los subproductos derivados de la industria del arroz, del trigo y del maíz.

* Recibido para su publicación el 22 de setiembre de 1969.

1/ 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, E.U.A.

** Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

*** Jefe de la citada División.

Publicación INCAP E— 439.

Materiales y métodos

Todos los subproductos cuyo análisis comprendió el estudio aquí descrito fueron obtenidos de molinos que operan en los países de Centroamérica y Panamá. Se recolectaron muestras representativas, las que debidamente identificadas se transportaron a los laboratorios del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), donde se molieron y almacenaron en un

cuarto refrigerado hasta el momento de practicar su análisis.

Los subproductos estudiados fueron: en el caso del arroz — el pulimento, el afrecho, la cáscara y el afate; en el trigo — el granillo y el afrecho, y en el maíz — el germen y el gluten.

Evidentemente, en el desarrollo de estudios de este tipo, uno de los factores más importantes es la definición precisa de las muestras, condición necesaria para que los resultados de los análisis puedan ser utilizados más eficientemente en la práctica. Esta fue la razón que indujo a definir en los siguientes párrafos, los materiales analizados.

Pulimento de arroz — Producto derivado de la fricción del grano en la máquina descascaradora, al ser beneficiado. Así, pues, está formado en gran parte por las capas aleurónicas del grano, es decir, por la cutícula localizada entre la cáscara y el grano.

Afrecho de arroz — Está formado por las capas externas del grano, el germen y pequeños pedazos del endosperma.

Cáscara o cascabillo de arroz — Como su nombre lo indica, es un producto constituido por la gluma o palea del grano.

Afate de arroz — Lo integran las hojas o pedazos de hojas de la planta.

Afrecho de trigo — Constituido principalmente por las capas exteriores del grano (epicarpio, mesocarpio, testa, aleurona) y por el germen.

Granillo de trigo — Producto formado por capas internas del grano, localizadas entre el afrecho y la parte almidonada del endosperma.

Germen de trigo — Está constituido por el propio germen del grano.

Gluten de maíz — Es el derivado del grano resultante de la eliminación de la cáscara, la fibra, el germen y la mayor parte del almidón.

Torta de germen del maíz — Producto que queda después de someter el germen al proceso de prensa para extraer parte del aceite.

La determinación de humedad, extracto etéreo, fibra cruda, ceniza, calcio y proteína se hizo aplicando los métodos de la AOAC (1); el de fósforo usando la técnica de Fiske y Subbarow (6) modificada por Lowry y López (9), y el hierro se determinó según el procedimiento de Jackson (8) y de Moss y Mellon (12).

Resultados

La composición química proximal así como el contenido de calcio, fósforo y hierro de los subproductos del arroz se detallan en los Cuadros 1 y 2.

Según se aprecia, el pulimento y el afrecho acusaron un contenido de proteínas de 11,7 y 10,7 g por ciento, respectivamente, en comparación con 3,8 y 9,7 g por ciento para la cáscara y el afate. Los valores encontrados en cuanto al extracto etéreo fueron de 15,6, 12,3 y 6,3 g por ciento para el pulimento, el afrecho y el afate, en ese orden. Como es natural, la cáscara reveló 0,8 g por ciento. En lo que respecta a fibra cruda, la cáscara y el afate mostraron las mayores cantidades, mientras que en el pulimento y el afrecho se encontraron porcentajes aceptables. El contenido de calcio y fósforo fue bastante similar en los cuatro subproductos estudiados.

En el Cuadro 3 se incluyen los análisis químicos correspondientes a los subproductos del trigo, esto

Cuadro 1.—Composición química de subproductos del beneficio del arroz.

Componente	Pulimento		Afrecho	
	Valor Promedio		Valor Promedio	
Materia seca, g %	88,8	(90,1 — 86,7)	87,9	(89 — 85,6)
Carbohidratos, g %	46,5	(34,1 — 60,3)	43,3	(18,2 — 65,7)
Extracto etéreo, g %	15,6	(20,3 — 7,7)	12,3	(19,3 — 3,8)
Fibra cruda, g %	7,2	(11,9 — 3,6)	12,1	(24,9 — 3,7)
Nitrógeno, g %	1,87	(2,28 — 1,37)	1,71	(2,27 — 1,10)
Proteína, g %	11,7	(14,2 — 8,6)	10,7	(14,2 — 6,8)
Cenizas, g %	7,8	(9,6 — 6,5)	9,5	(12,4 — 5,6)
Calcio, mg %	254	(390 — 174)	249	(491 — 211)
Fósforo, mg %	367	(512 — 260)	351	(542 — 158)
Hierro, mg %	11	(14 — 9)	16	(32 — 5,4)

Las cifras entre paréntesis corresponden a los valores máximo y mínimo.

Cuadro 2.—Composición química de subproductos del beneficio del arroz.

Componente	Cáscara		Afate	
	Valor promedio		Valor promedio	
Materia seca, g %	89,6	(90,3 — 88,2)	88,6	(88,8 — 88,5)
Carbohidratos, g %	19,6	(11,4 — 30,9)	39,4	(30,9 — 47,9)
Extracto etéreo, g %	0,8	(1,3 — 0,5)	6,3	(7,3 — 5,3)
Fibra cruda, g %	44,4	(48,2 — 37,8)	21,3	(27,4 — 15,2)
Nitrógeno, g %	0,61	(1,12 — 0,38)	1,55	(1,57 — 1,53)
Proteína, g %	3,8	(7,0 — 1,7)	9,7	(9,8 — 9,6)
Cenizas, g %	21,0	(22,4 — 17,3)	11,9	(13,4 — 10,5)
Calcio, mg %	280	(330 — 200)	291	(320 — 263)
Fósforo, mg %	128	(164 — 86)	433	(444 — 422)
Hierro, mg %	12	(29 — 2,0)	14	(23 — 4,5)

Las cifras entre paréntesis corresponden a los valores máximo y mínimo.

es, el granillo, el afrecho y el germen. En este caso, el contenido promedio de proteína total fue de 17,8, 16,6 y 25,4 g por ciento para el granillo, el afrecho y el germen. El granillo y el germen acusaron cantidades de fibra cruda relativamente bajas, en contraste con el afrecho: 10,9 g por ciento, comparado con 3,3 y 6,3 g por ciento para el germen y el granillo, respectivamente. La grasa se encontró en mayores concentraciones en el germen, observándose que el granillo y el afrecho contenían cantidades similares. Con respecto a los minerales, el granillo mostró mayores cantidades de calcio que el afrecho y el germen. El contenido de fósforo fue más alto en el granillo y en el afrecho, y menor en el germen.

Los resultados del análisis de los subproductos del maíz constan en el Cuadro 4, pudiéndose apreciar que la cantidad de proteínas y extracto etéreo, fue bastante similar en ambos materiales. Los valores encontrados fueron: 17,1 g por ciento de proteínas y 7,1 g por ciento de extracto etéreo para el gluten, y 15,4 y 5,5 g por ciento para el germen. Los contenidos de fibra cruda y ceniza fueron más altos en el germen que en el gluten. Asimismo, el análisis reveló 1587 mg por ciento de fósforo en el caso del germen, y 133 mg por ciento en el del gluten. No se constataron diferencias en lo referente al contenido de calcio y hierro en los dos subproductos analizados.

Cuadro 3.—Composición química de subproductos del beneficio del trigo.

Componente	Granillo		Afrecho		Germen	
	Valor Promedio		Valor Promedio		Valor Promedio	
Materia seca, g %	87,3	(88,0 — 86,3)	86,4	(87,5 — 85,0)	88,2	(88,8 — 87,6)
Carbohidratos, g %	54,4	(54,4 — 62,2)	48,7	(41,1 — 58,4)	47,5	(40,5 — 54,8)
Extracto etéreo, g %	5,2	(7,1 — 3,6)	4,9	(6,4 — 4,0)	8,2	(9,7 — 6,6)
Fibra cruda, g %	6,3	(9,4 — 3,4)	10,9	(12,6 — 6,0)	3,3	(3,7 — 2,9)
Nitrógeno, g %	2,84	(3,45 — 2,36)	2,66	(3,00 — 2,12)	4,05	(4,96 — 3,15)
Proteína, g %	17,8	(21,6 — 14,8)	16,6	(20,8 — 13,2)	25,4	(31,0 — 19,7)
Cenizas, g %	3,6	(4,5 — 2,3)	5,3	(6,6 — 3,4)	3,8	(3,9 — 3,6)
Calcio, mg %	683	(1315 — 127)	322	(580 — 64)	92	
Fósforo, mg %	605	(961 — 203)	621	(1275 — 103)	229	
Hierro, mg %	31	(119 — 9,6)	34	(120 — 12)	89	

Las cifras entre paréntesis corresponden a los valores máximo y mínimo.

Cuadro 4.—Composición química de los subproductos del maíz.

Componente	Gluten		Germen (torta)		
	Valor promedio		Valor promedio		
Materia seca, g %	88,1	(91,2 — 84,3)	91,3	—	—
Carbohidratos, g %	60,7	(54,9 — 64,0)	57,1	—	—
Extracto etéreo, g %	7,1	(10,2 — 4,9)	5,5	—	—
Fibra cruda, g %	2,1	(3,9 — 1,2)	6,5	—	—
Nitrógeno, g %	2,75	(3,17 — 2,18)	2,47	—	—
Proteína, g %	17,1	(19,8 — 13,6)	15,4	—	—
Cenizas, g %	1,1	(2,4 — 0,6)	6,8	—	—
Calcio, mg %	43	(50 — 36)	66	—	—
Fósforo, mg %	133	(140 — 126)	1587	—	—
Hierro, mg %	28	(31 — 25)	20	—	—
Tiamina, mg %	0,04	(— — —)	—	—	—
Riboflavina, mg %	0,45	(— — —)	—	—	—
Niacina, mg %	2,18	(2,39 — 1,98)	—	—	—

Las cifras entre paréntesis corresponden a los valores máximo y mínimo.

Discusión

En términos generales, el procesamiento o beneficio del arroz tiene por objeto eliminar el afrecho, el germen y las capas aleurónicas de este último. El producto final es el arroz pulido o blanco, cuyo contenido de almidones es alto y que, por lo tanto, es una excelente fuente de energía. Los rendimientos que se obtienen de los diversos subproductos durante el proceso de la molienda, son como sigue: aproximadamente 20 por ciento de cáscara, 8 por ciento de afrecho y 2 por ciento de pulimento.

Los resultados referentes a la composición química de los subproductos derivados del arroz, confirman los datos que la literatura notifica a este respecto (10). El mayor contenido de proteína total del pulimento y el afrecho, en contraste con el arroz pulido, hacen que tales materiales ofrezcan grandes posibilidades de uso en la alimentación humana y animal. Asimismo, otros investigadores informan que el afrecho y el pulimento contienen mayores cantidades de los aminoácidos lisina, treonina y metionina que el grano pulido de arroz (10). Obviamente, estos datos son de sumo interés puesto que las proteínas del arroz se consideran deficientes en esos tres aminoácidos. Por otro lado, tanto el pulimento como el afrecho contienen mayores cantidades de vitaminas del complejo B que la harina resultante del procesamiento de dicho grano (10).

En países de mayor desarrollo tecnológico, se han encontrado medios de utilizar la cáscara del arroz, tanto en diversas ramas de la industria, como para propósitos de combustible, y en menor escala en la alimentación de animales.

En el caso del trigo, los subproductos obtenidos de su procesamiento representan el 30 por ciento del total, correspondiendo a la harina de trigo, el 70 por ciento restante. Del 30 por ciento citado, 14 por ciento está representado por el afrecho, 2 por ciento por el germen y el otro 14 por ciento por el granillo.

Los valores comprobados en el curso del trabajo aquí descrito en lo referente a la composición química de los subproductos de trigo, concuerdan con los que citan las especificaciones establecidas en la literatura a este respecto (4).

Por su contenido de proteína de buena calidad, el granillo y el afrecho constituyen materiales que pueden ser utilizados sobre todo en la alimentación animal. Sin embargo, en estudios llevados a cabo por otros investigadores (5) en cuyo desarrollo usaron una metodología apropiada, se logró incrementar el contenido de proteínas y reducir la cantidad de fibra cruda de estos subproductos, permitiendo así su uso en la alimentación humana. Salta a la vista el interés de estos datos, puesto que la mejor utilización de dichos derivados se reflejaría no sólo en beneficios económicos, sino también en un mejoramiento de la nutrición, principalmente en los países en vías de desarrollo donde se enfrenta escasez de materias primas como fuentes de proteínas de buena calidad.

De los tres subproductos de trigo analizados en este estudio, el germen es la fracción que contiene más proteína y menos fibra cruda, constituyendo así excelente material para la alimentación humana. Como única desventaja podría señalarse su bajo rendimiento a partir del grano, en comparación con el granillo y el afrecho. No obstante, cabe señalar que desde el

punto de vista nutricional, el germen contiene la proteína de mejor calidad (13). Por otro lado, en algunos países altamente industrializados, el germen de trigo se somete a procesamiento, ya sea para usarlo directamente como alimento, o con miras a extraerle el aceite; el residuo queda así como un subproducto, y ello hace la disponibilidad de la proteína más factible económicamente.

Los datos en lo referente al gluten y el germen del maíz indican que estos materiales representan también productos de gran utilidad para la alimentación de animales. Su contenido relativamente alto de proteínas —comparado con el que acusan los granos en general, así como su bajo contenido en fibra, son dos factores que favorecen su utilización en concentrados para animales. Desde el punto de vista de la calidad de su proteína, la experiencia de otros investigadores (11) ha puesto de manifiesto que las proteínas del germen tienen mejor valor nutritivo que las del gluten, diferencia que se basa en el contenido de los aminoácidos ciales lisina y triptófano. °

Como conclusión, puede, pues, decirse que el propósito fundamental que guió el estudio químico de los subproductos derivados del procesamiento del arroz, del trigo y el maíz, fue subrayar la potencialidad de estos materiales como fuentes de nutrimentos; otros objetivos fueron propugnar el desarrollo de mayores investigaciones a este respecto, y estandarizar la calidad de los mismos en términos de composición química y valor nutritivo. A juicio de los autores, la aplicación de estos conocimientos traerá consigo enormes beneficios, no sólo para las industrias que se dedican a este campo tecnológico en particular, sino más importante aún, para nuestras poblaciones.

Resumen

Se presentan datos sobre la composición química de los subproductos derivados del procesamiento o beneficio del arroz, trigo y maíz en muestras obtenidas en los países centroamericanos. Los subproductos de arroz estudiados fueron el pulimento, el afrecho, la cáscara y el afate; los del trigo fueron el granillo, el afrecho y el germen, y los del maíz, el germen y el gluten.

En el caso de los subproductos del arroz, el pulimento y el afrecho se caracterizan por contener mayor cantidad de proteína y grasa cruda, mientras que el afate y la cáscara contienen más fibra cruda. En cuanto a minerales, las diferencias fueron pequeñas entre los diversos subproductos.

Los materiales derivados del procesamiento del trigo variaron también en composición química. El germen acusó mayor contenido de proteína y grasa que el granillo y el afrecho, los cuales mostraron cantidades similares, y de los tres, el afrecho presentó más fibra cruda. Según se determinó, los subproductos del trigo son superiores a los del arroz.

En el caso del maíz, tanto el germen como el gluten mostraron una composición química similar. Las mayores diferencias radicaron en el contenido de fibra cruda, ceniza y fósforo.

Literatura citada

1. 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.

2. BRAHAM, J. E., GONZALEZ, J. M. y BRESSANI, R. Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. III. Composición química y contenido de aminoácidos de la semilla y harinas de frijol de soya, girasol y maní. Turrialba 19(4):449-454. 1969.

3. BRESSANI, R., *et al.* Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. I. Composición química y contenido de gosipol de harinas de torta de semilla de algodón elaborada en el área. Turrialba 18(4):391-396. 1968.

4. FARREL, E. P., *et al.* Extensive analyses of flours and millfeeds made from nine different wheat mixes. I. Amounts and analyses. Cereal Chemistry 44:39-47. 1967.

5. FELLERS, D., *et al.* Protein concentrates by dry milling of wheat millfeeds. Cereal Chemistry 43:715-725. 1966.

6. FISKE, C. H. y SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. Journal of Biological Chemistry 66:375-400. 1925.

7. GOMEZ-BRENES, R. A. y BRESSANI, R. Uso de recursos alimenticios centroamericanos para el fomento de la industria animal. IV. Concentrados proteínicos de origen animal de uso común en el área de Centroamérica y Panamá. Turrialba 20(1):45-52. 1970.

8. JACKSON, S. H. Determination of iron in biological material. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition 10:302-304. 1938.

9. LOWRY, O. H. y LOPEZ, J. A. The determination of inorganic phosphate in the presence of Labile Phosphate Esters. Journal of Biological Chemistry 162: 421-428. 1946.

10. MATZ, S. A. The chemistry and technology of cereal as food and feed. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Co. Inc. 1959. 732 p.

11. MITCHELL, H. H. y BEADLES, J. R. Corn germ: a valuable protein food. Science 99:129-130. 1944.

12. MOSS, M. L. y MELLON, M. G. Colorimetric determination of iron with 2,2' -bipyridyl and with 2,2',2'' -terpyridyl. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition 14:862-865. 1942.

13. WAGGLE, D. H. *et al.* Extensive analyses of flours and millfeeds made from nine different wheat mixes. II. Amino acids, minerals, vitamins and gross energy. Cereal Chemistry 44:48-60. 1967.