

Modificaciones químicas en sorgo durante el proceso de extrusión y elaboración de tortillas

Fernando Martínez B.¹ y César F. Ciacco²

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Chapingo, México
y
Universidad de Campinas (UNICAMP), Campiñas, Sao Paulo, Brasil

RESUMEN Se estudiaron las modificaciones químicas que ocurren durante la preparación de harinas instantáneas de sorgo procesadas por extrusión, y durante la elaboración de tortillas. En el proceso de elaboración de harinas instantáneas y tortillas se utilizaron dos harinas, una integral, obtenida del cultivar de Sorgo cmsxs 9A, y otra obtenida de sorgo decortinado (20%), cultivar cmsxs 145. Estas harinas fueron procesadas en un extrusor Brabender GNF/2 de tornillo sin fin unido, con una relación de compresión 1 : 1, temperatura de extrusión de 80, 100 y 100 °C en la 1a, 2a y 3a zonas, respectivamente, dado con orificio de 5 mm, velocidad del tornillo de 130 rpm, y humedad de la harina de 15% con una concentración de 0.15% de Ca(OH)₂. Las harinas de sorgo decortinado acusaron un menor contenido de cenizas, proteínas, fibra, lípidos, vitaminas y minerales en relación a las harinas de sorgo integral, debido a una pérdida parcial de pericarpio y germen. La reducción de esos componentes aumentó el porcentaje de almidón en el sorgo decortinado. La adición de álcali provocó un incremento en el contenido de calcio y cenizas de las harinas instantáneas y tortillas. Los componentes más afectados durante el proceso de extrusión fueron tiamina, calcio y los aminoácidos histidina, arginina y leucina. En la etapa de cocimiento para la elaboración de tortillas, las modificaciones más acentuadas se observaron en el contenido de calcio, leucina, arginina, histidina y fenilalanina.

SUMMARY Chemical changes in sorghum during the extrusion and tortilla preparation process Chemical changes that occur during preparation of instant sorghum flours processed by extrusion and during the preparation of tortillas, were studied. In the preparation process of instant flours and tortillas two flours were used: whole flour obtained from a sorghum cultivar genotype cmsxs 9A, and another one (20%) from decorticated sorghum flour cultivar, cmsxs 145. These flours were processed in Brabender laboratory extruder GNF/2 of a single screw, with a compression rate of 1:1 and extrusion temperature of 80, 100 and 100°C in the 1st, 2nd, 3rd zones, respectively, with a 5 mm diameter and a screw rate of 130 rpm, flour with 15% moisture and 0.15 Ca(OH)₂ concentration. The decorticated sorghum flours presented a lower content of ashes, protein, fiber, lipids, vitamins and minerals in comparison with the whole sorghum flours, due to a partial loss of pericarp and germ. Reduction of said components increased the starch percentage in the decorticated sorghum. The addition of alkali induced an increment in the calcium and ash content of instant flours and tortillas. The most affected components during the extrusion process were thiamine, calcium and the amino acids histidine, arginine and leucine. The more notorious changes in the cooking process for the preparation of tortillas were observed in the calcium, leucine, arginine, histidine and phenylalanine content.

INTRODUCCION

En términos de consumo humano mundial, el sorgo figura después del arroz, maíz y trigo (1). Alrededor del 75% del cultivo de sorgo granífero es empleado como alimento humano, principalmente en países de Africa, Asia y Centroamérica. La importación del sorgo en esas partes

- 1 Investigador CIFAP-MEXICO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Apartado Postal N°10, Chapingo, Edo. de México, C.P. 56230
- 2 Profesor investigador, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, C.P. 13081 Campinas, Sao Paulo, Brasil.

del mundo radica en que puede cultivarse en zonas agronómicas y condiciones ambientales desfavorables para la producción de otros cultivos. En el Hemisferio Occidental, básicamente en América Central y algunas regiones del sur de México, substituye parcial o totalmente al cultivo del maíz en la preparación de tortillas y atoles, cuando la producción de maíz es afectada por sequías prolongadas o por condiciones ambientales desfavorables. La sémola y la harina de sorgo se utilizan como adjuntos en la elaboración de cervezas de cebada tipo europeo. No obstante, su uso como alimento humano en América Latina es limitado, aun cuando continúa incrementándose (2). Se han realizado diversas investigaciones (3-9) con la finalidad de estudiar los diferentes parámetros involucrados en la elaboración de tortillas de sorgo, utilizando también algunos procesos como el hidrotérmico y la extrusión para obtener harinas instantáneas de sorgo para elaboración de tortillas (19-13), concluyendo estos autores que los sorgos blancos (integral o decorticado) sin testa, producen tortillas, atoles y fritos de tortilla con buenas características sensoriales. Bressani et al. (5) informaron que las tortillas de sorgo presentaron menor contenido y de calidad de proteína en relación con las tortillas de maíz. Gómez et al. (14) notificaron los cambios estructurales ocurridos durante el proceso alcalino y cocción de las tortillas. Serna et al. (15) manifestaron que el proceso alcalino y elaboración de tortillas de sorgo mejora ligeramente la energía de digestibilidad, y reduce moderadamente la digestibilidad de proteínas, concluyendo estos autores que la substitución parcial o total de maíz por sorgo en tortillas, podría no afectar sensiblemente su valor nutricional. Serna et al. (13) informan, por su parte, que las tortillas elaboradas con harina de sorgo decorticado, preparada mediante el proceso de extrusión, tuvo mejor digestibilidad que las tortillas de maíz, utilizando en ambos casos el mismo proceso. No obstante que las tortillas de sorgo tienen su proteína de menos calidad -hecho atribuido a su bajo patrón de aminoácidos- la fortificación con soya y ajonjolí, incrementó su contenido de lisina, valor biológico, utilización neta de la proteína, e índice de eficiencia proteínica (PER). Durante el proceso de elaboración de harina instantánea de sorgo por el proceso de extrusión, la harina está sujeta, en algunos casos, a altas temperaturas y presiones en combinación con la acción de fuerza de compresión. Como resultado de este tratamiento y del cocimiento de las tortillas, la materia prima sufre modificaciones físicas, químicas y nutricionales.

Considerando lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivos fundamentales estudiar los cambios ocurridos durante el proceso de extrusión y elaboración de tortillas, en la composición química, contenido de vitaminas (grupo B), minerales (Fe, Ca y P) y aminoácidos.

MATERIAL Y METODOS

Materia Prima:

Se usaron dos genotipos de sorgo, cmsxs 9A y cmsxs 145, cosechados durante el ciclo agrícola de 1986, ambos de endospermo blanco sin testa, pericarpio grueso y con textura intermedia de grano (50% vitreo, 50% harinoso), Ambos fueron proporcionados por el Centro Nacional de Maíz y Sorgo de la Embrapa (Empresa Brasileña de Investigaciones Agropecuarias, Minas Gerais, Brasil).

Para la elaboración de harinas instantáneas, se utilizó como testigo harina nixtamalizada comercial de maíz amarillo, la cual también se empleó en las mezclas en proporciones de 10, 20, 30, 40 y 50% para elaborar tortillas.

Las harinas instantáneas de sorgo de ambos genotipos usadas en las mezclas fueron: 1) Cultivar 9A; harina integral, extruida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm. 2) Cultivar 145: harina de sorgo decorticado, extruida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm. La harina integral se obtuvo moliendo el grano de sorgo en molino de cuchillas (marca Tigre, tipo CV2, potencia 0.75 CV, 3800 rpm, S.P. Bradil) y empleando una criba con una abertura de 3 mm y, a continuación, una molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. En el caso de obtención de harinas de sorgo decorticado, las muestras fueron previamente decortizadas (20%) con su contenido de humedad original (12.23%) en una beneficiadora de arroz Kepler Weber (S'Andra Limeira S.P. Brasil) durante un minuto y, posteriormente, sometidas a molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. Este molino se usó con la finalidad de obtener un tamaño de partícula de las harinas de sorgo integral y decorticado apropiado para su procesamiento en el extrusor.

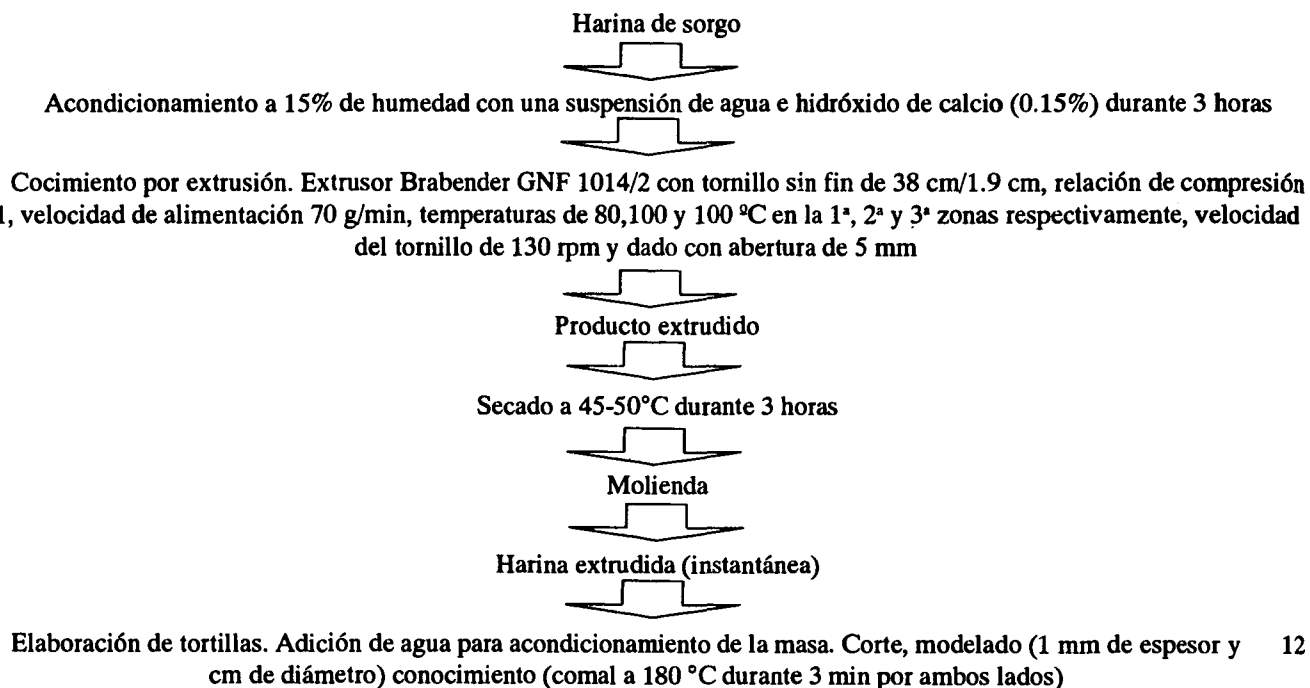
Extrusión y Elaboración de Tortillas

El diagrama de flujo que se presenta en la Figura 1, esquematiza los procesos de extrusión y elaboración de tortillas utilizadas.

Composición Química

La determinación de humedad se llevó a cabo usando el método 45-5 de la AACC (16), y el contenido de proteína (N x 6.25) fue calculado mediante la determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl AACC 46-10 (16). Para determinar el contenido de lípidos se aplicó la técnica de Bligh & Dyer (17). El contenido de cenizas se estimó por medio de la calcinación de la muestra a 600°C, de acuerdo con el procedimiento 08-03 de la AACC (16). La determinación de fibra fue realizada usando el método 7.05 A de la AOAC (18), y el contenido de almidón total se determinó colorométricamente en muestras autoclaveadas e incubadas con glucoamilasa. La composición de

FIGURA 1
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS



aminoácidos que establecida con el analizador de aminoácidos Beckman, Modelo 19CL de acuerdo con el método de Moore, Spackman y Stein (19). El triptofano se cuantificó por la técnica colorimétrica de Mondragón, Barne y Calderón (20), y la absorbancia se leyó a 590 nm, calculando el contenido de triptofano mediante una curva de calibración. Para la determinación de tiamina, niacina y riboflavina se usaron los métodos de la AACC (16), 86-60, 86-70 y 86-50, respectivamente. En la determinación de hierro, calcio y fósforo se aplicaron los procedimientos de la AOAC (18) 14.011, 14.014 y 7.103, respectivamente; todo los análisis se hicieron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto en el contenido de proteína, lípidos, fibra, ceniza y almidón.

Los cambios porcentuales que se observaron en las dos harinas estudiadas se atribuyen al efecto del tratamiento térmico y presión durante el proceso de extrusión, así como al efecto del álcali adicionado durante esta etapa. Estos fueron: para almidón, 0.23-1.49%; el contenido de ceniza aumentó como resultado del agregado de álcali (40.95-43.97%). Resultados similares fueron informados por Serna et al. (13). En las Tablas 1 y 2 se exponen los cambios ocurridos durante el proceso de cocimiento, para la

elaboración de tortillas. Se obtuvo un ligero incremento en el contenido de ceniza, el cual varió de 1.67 a 2.02%. Durante ambas etapas de extrusión y elaboración de tortillas no se detectaron cambios en el contenido de fibra y lípidos en las muestras sometidas a estudio. Serna et al. (13) indicaron, asimismo, que durante el proceso de elaboración de tortillas utilizando harina de sorgo decorticada, elaboradas por el proceso de extrusión (Wenger X-5), no se presentaron cambios en el contenido de lípidos y almidón, ocurriendo un incremento de 50% en el contenido de ceniza y una reducción de 25% en el de fibra cruda.

Efecto en el contenido de vitaminas (Grupo B) y sales minerales (Ca, Fe, P)

Durante el proceso de extrusión y elaboración de tortillas se obtuvieron modificaciones en el contenido de vitaminas del grupo B (Tabla 3 y 4), presentándose un efecto más pronunciado durante la etapa de extrusión en el caso de la tiamina, con valores que variaron de 10.25 a 24.48%. Björck y Asp (21) citan que de acuerdo con diversos estudios realizados durante el proceso de extrusión, la riboflavina acusa una buena retención; sin embargo, la retención de tiamina parece ser altamente dependiente de las condiciones del proceso.

Durante el presente estudio el contenido de sales minerales sufrió un alza durante la etapa de extrusión y

TABLA 1
EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA HARINA DE SORGO INTEGRAL CULTIVAR CMSXS 9A

| Componente | Harina ¹ | Harina extruida ² | Tortilla ³ | % Cambio | |
|------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | % | | | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Proteina | 15.05 | 14.98 | 14.92 | (-)0.46 | (-)0.40 |
| Lípidos | 5.07 | 5.07 | 5.07 | — | — |
| Fibra | 2.00 | 2.00 | 2.00 | — | — |
| Ceniza | 1.66 | 2.39 | 2.43 | (+)43.97 | (+)1.67 |
| Almidón | 71.02 | 69.95 | 69.95 | (-)1.49 | — |

a: Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.
Resultados expresados en base seca.

TABLA 2
EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA HARINA DE SORGO DECORTICADO CULTIVAR CMSXS145

| Componente | Harina ¹ | Harina extruida ² | Tortilla ³ | % Cambio | |
|------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | % | | | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Proteina | 11.80 | 11.70 | 11.63 | (-)0.84 | (-)0.59 |
| Lípidos | 2.35 | 2.35 | 2.35 | — | — |
| Fibra | 0.51 | 0.51 | 0.51 | — | — |
| Ceniza | 1.05 | 1.48 | 1.51 | (+)40.95 | (+)2.02 |
| Almidón | 79.20 | 79.10 | 79.10 | (-)0.23 | — |

a: Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.
Resultados expresados en base seca.

elaboración de tortillas, principalmente el calcio, con valores que variaron de 230 a 290% durante el proceso de extrusión, y de 3.21 a 6.50% durante la etapa de cocimiento de las tortillas; el ligero aumento del resto de minerales estudiados puede ser atribuido a las sales presentes en el agua utilizada. Serna et al. (13), ya citados, informan también un incremento de 335% de calcio en tortillas elaboradas con harina de sorgo, decorticado por el proceso de extrusión, adicionando 0.2% de hidróxido de calcio durante el proceso.

Efecto en el contenido de aminoácidos

Los menores contenidos de aminoácidos se encontraron en la harina de sorgo decorticado (Tablas 5 y 6). Estos resultados concuerdan con los notificados por Hulse, Laing y Pearson (22) y por Sema et al. (13), quienes manifestaron

que los menores contenidos de aminoácidos se obtuvieron en las harinas de sorgos decortificados, como resultado del proceso de separación de las capas externas del grano. Los aminoácidos más afectados durante el proceso de extrusión fueron la lisina (4.25-4.34%), fenilalanina (5.02-6.07%), leucina (1.45-8.90%), histidina (10.43-11.25%) y arginina (6.06 - 6.30%).

Durante la elaboración de tortillas, los aminoácidos que presentaron mayores modificaciones fueron la lisina (2.66-3.18%), leucina (6.74-6.90%), histidina (7.76-9.75%) y arginina (3.36-3.50%).

En ninguna de ambas etapas se observó cambio alguno en el contenido de isoleucina, triptofano, serina, prolina y amida en las muestras de sorgo decorticado, cultivar 145, y en isoleucina en las muestras de sorgo integral, cultivar 9A.

TABLA 3
EFFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN EL CONTENIDO DE ALGUNAS
VITAMINAS Y MINERALES DE LA HARINA DE SORGO INTEGRAL
CULTIVAR CMSXS 9A

| Componente | mcg/100 g de materia seca | | | % Cambio | |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | Harina ¹ | Harina extruida ^{2a} | Tortilla ³ | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Tiamina | 490 | 370 | 310 | (-)24.48 | (-)16.21 |
| Riboflavina | 190 | 180 | 160 | (-) 5.26 | (-)11.11 |
| Niacina | 4030 | 4010 | 3980 | (-) 0.49 | (-) 0.74 |
| Calcio | 39 | 152.1 | 162.0 | (+) 290 | (+) 6.50 |
| Fierro | 8.25 | 8.40 | 8.50 | (+) 1.8 | (+) 1.19 |
| Fósforo | 355 | 356.5 | 357.1 | (+) 0.16 | (+) 0.16 |

^a Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.

TABLA 4
EFFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN EL CONTENIDO DE ALGUNAS
VITAMINAS Y MINERALES DE LA HARINA DE SORGO INTEGRAL
CULTIVAR CMSXS 145

| Componente | mcg/100 g de materia seca | | | % Cambio | |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | Harina ¹ | Harina extruida ^{2a} | Tortilla ³ | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Tiamina | 390 | 350 | 320 | (-)10.25 | (-)8.57 |
| Riboflavina | 160 | 160 | 150 | ----- | (-)6.25 |
| Niacina | 4030 | 4010 | 3980 | (-) 0.49 | (-) 0.74 |
| Calcio | 35.8 | 118.2 | 122.0 | (+) 230 | (+) 3.21 |
| Fierro | 6.4 | 6.5 | 6.6 | (+) 1.56 | (+) 1.53 |
| Fósforo | 302.8 | 303.4 | 304.0 | (+) 0.19 | (+) 0.19 |

^a Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.

Serna et al. (13) informan cambios de 3% en el contenido de lisina utilizando un extrusor Wenger X-5 para elaboración de tortillas de sorgo decorticado.

CONCLUSIONES

Bajo estrictas condiciones de control de variables, durante el proceso de extrusión, es posible obtener harina instantánea para elaboración de tortillas. A partir de los hallazgos ya citados, se llevó a las siguientes conclusiones. Primero, el agregado de álcali durante el proceso de extrusión indujo un aumento en el contenido de calcio y ceniza de harinas instantáneas y tortillas. Segundo, la

separación de las capas externas mediante decorticación, reduce el contenido de proteína, cenizas, fibra, lípidos, vitaminas, minerales y aminoácidos de las harinas y sus respectivas tortillas debido a una pérdida parcial del pericarpio y gérmen. En el presente trabajo, los componentes más afectados durante el proceso de extrusión fueron, tiamina, calcio (aumentando su contenido), lisina, fenilalanina, histidina, arginina y leucina. Durante la elaboración de tortillas las modificaciones observadas ocurrieron en el contenido de calcio, lisina, leucina, histidina y arginina.

TABLA 5
EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN EL CONTENIDO DE
AMINOACIDOS DE LA HARINA DE SORGO INTEGRAL
CULTIVAR CMSXS 9A

| Componente | g de aa/16 g de N | | | % Cambio | |
|-----------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | Harina ¹ | Harina extruida ² | Tortilla ³ | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Lisina | 2.35 | 2.25 | 2.19 | (-) 4.25 | (-) 2.66 |
| Treonina | 3.11 | 3.08 | 3.08 | (-) 0.96 | --- |
| Valina | 5.20 | 5.15 | 5.08 | (-) 0.96 | (-) 1.35 |
| Metionina | 1.42 | 1.42 | 1.42 | ---- | --- |
| Isoleucina | 4.02 | 4.02 | 4.02 | ---- | --- |
| Fenilalanina | 5.10 | 4.79 | 4.69 | (-) 6.07 | (-) 2.08 |
| Leucina | 13.02 | 11.86 | 11.04 | (-) 8.90 | (-) 6.90 |
| Triptofano | 0.91 | 0.90 | 0.88 | (-) 1.09 | (-) 2.22 |
| Histidina | 2.31 | 2.05 | 1.85 | (-)11.25 | (-) 9.75 |
| Arginina | 3.80 | 3.57 | 3.45 | (-) 6.05 | (-) 3.36 |
| Acido aspártico | 7.10 | 7.06 | 7.00 | (-) 0.56 | (-) 0.84 |
| Serina | 4.40 | 4.40 | 4.40 | ---- | ---- |
| Acido glutámico | 19.80 | 19.50 | 18.90 | (-) 1.51 | (-) 3.07 |
| Prolina | 8.80 | 8.80 | 8.80 | ---- | ---- |
| Alanina | 9.85 | 9.79 | 9.57 | (-) 0.60 | (-) 2.24 |
| Tirosina | 3.91 | 3.85 | 3.75 | (-) 1.53 | (-) 2.59 |
| Glicina | 3.19 | 3.15 | 3.08 | (-) 1.25 | (-) 2.37 |
| Amida | 2.35 | 2.35 | 2.33 | ---- | (-) 0.85 |

* Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.
Resultados expresados en base seca.

REFERENCIAS

- De Geus, JG. Fertilizar for the Tropics and Subtropics. end ed. Bleicherweg 33, Zurich, Centre D'Etude de L'azote, 1973.
- Rooney, LW & SO Serna-Saldívar. Sorghum. Chapter V. In: Handbook of Cereal Science & Technology. KJ and Kulp (ed.), New York, N.Y., Markel Dekker, Inc. 1990. 896 p.
- Martínez, BF, GH Ceudo & Guiragossian. Análisis y selección de variedades de sorgo para elaboración de tortillas. Presentado en: XXVIII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de cultivos y Animales (PCCMCA). San José Costa Rica, 1982.
- Silva, PM & BF Martínez. Otro destino para el sorgo. Universidad Autónoma de Chapingo, México, Revista Chapingo N° 4, 1983.
- Bressani, R, LG Elías, AE Allwood Paredes & MT Huezo. Processing of sorghum by lime-cooking for the preparation of tortillas. In: Proceedings of a Symposium on Sorghum and Millets for Human Food. Held at the 9th Congress of the International Ass. for Cereal Chem, Viena, 1977.
- Ramírez, BR & BF Martínez. Elaboración de harina pre-gelatinizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) por proceso hidrotérmico. Características químicas y usos. Universidad Autónoma de México, Recista Chapingo N° 43-44, 1984.
- Almeida-Dominguez, HD, SO Serna-Saldívar & LW Rooney. Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline-cooked foods. *Cereal Chem*, 68:25, 1991.
- Choto, CE, MM & LW. Rooney. The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize. *Cereal Chem*, 62:55, 1985.
- Iruegas, A H Cejudo & V Guiragossian. Screening and evaluation of tortillas form sorghum and sorghum-maize mixture. In: Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, October, 1981. Rooney, LW and D.S. Murty (Eds.), Patancheru, India ICRISAT CENTER, 1982.
- Bedolla, S. Development and Characterization of an Instant Tortilla Flour from Sorghum and Maize by Infra-red Cooking (Micronizing) and Extrusion Cooking. Doctor of Philosophy, Dissertation submitted to the Graduate College of Texas A & M University, 1983.

TABLA 5
EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y ELABORACION DE TORTILLAS EN EL CONTENIDO DE
AMINOACIDOS DE LA HARINA DE SORGO INTEGRAL
CULTIVAR CMSXS 145

| Componente | g de aa/16 g de N | | | % Cambio | |
|-----------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | Harina ¹ | Harina extruida ² | Tortilla ³ | (1) a (2) | (2) a (3) |
| Lisina | 2.30 | 2.20 | 2.13 | (-) 4.34 | (-) 3.18 |
| Treonina | 2.29 | 2.98 | 2.98 | (-) 0.32 | ---- |
| Valina | 5.02 | 4.97 | 4.88 | (-) 0.99 | (-) 1.81 |
| Metionina | 1.36 | 1.35 | 1.35 | (-) 0.73 | ---- |
| Isoleucina | 3.27 | 3.27 | 3.27 | ---- | ---- |
| Fenilalanina | 5.17 | 4.91 | 4.79 | (-) 5.02 | (-) 2.44 |
| Leucina | 13.09 | 12.90 | 12.90 | (-) 1.45 | (-) 6.74 |
| Triptofano | 0.87 | 0.87 | 0.87 | ---- | ---- |
| Histidina | 2.30 | 2.06 | 1.90 | (-)10.43 | (-) 7.76 |
| Arginina | 3.65 | 3.42 | 3.30 | (-) 6.30 | (-) 3.50 |
| Acido aspártico | 7.10 | 7.06 | 7.00 | (-) 0.56 | (-) 0.84 |
| Serina | 4.21 | 4.21 | 4.21 | ---- | ---- |
| Acido glutámico | 19.40 | 19.25 | 18.72 | (-) 0.77 | (-) 2.75 |
| Prolina | 8.63 | 8.63 | 8.63 | ---- | ---- |
| Alanina | 9.40 | 9.32 | 9.12 | (-) 0.85 | (-) 2.14 |
| Tirosina | 3.61 | 3.58 | 3.48 | (-) 0.83 | (-) 2.79 |
| Glicina | 2.86 | 2.80 | 2.75 | (-) 2.09 | (-) 1.78 |
| Amida | 1.91 | 1.91 | 1.91 | ---- | ---- |

* Extruida con 15% de humedad y velocidad de tornillo de 130 rpm.
Resultados expresados en base seca.

11. Martinez, BF. Obtencao de farinhas instantáneas de sorgo para tortillas pelo processo de extrusao. Tese de Doutorado. FEA. UNICAMP. Campinas, Sao Paulo, Brasil, 1988.
12. Almeida-Dominguez, HD. Development of Maize-Soy-Sesame and Sorghum-Soy Tortilla Flour Using Extrusion and Nixtamalization. M.S. Thesis. Texas A & M University, College Station, Tx. 1984.
13. Serna-Saldivar, SO, R Cannett, J Vargas, M González, S Bedolla & C Medina. Effect of soybean and sesame addition on the nutritional value of maize and decorticated sorghum tortillas produced by extrusion cooking. *Cereal Chem*, 65:44, 1988.
14. Gómez, M, LW MC. Donough Rooney & R.D. Waniska. Changes in corn and sorghum during nixtamalization and tortilla baking. *J Food Sci*, 54:330, 1989.
15. Serna-Saldivar, SO, DA Knabe, LW Rooney, TD Tanksley & AM Sproule. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. *J. Cereál Sci*, 7:83, 1988.
16. American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved Methods of the AACC. 9th ed. St Paul Minn, 1976.
17. Bligh, EC & WJ Dyer. A rapid methods of total lipid extraction and purification. *Can J Byochem*, 37:911, 1959.
18. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of the AOAC. 11 ed. Washington D.C., The Association, 1975.
19. Moore, S, DH. Spackman & WH Stein. Separation of amino acids on sulfonated polysterene resins. *Anal Chem.*, 30:1185, 1958.
20. Mondragon MC, F Barne & M Calderon. Determinación colorimétrica de triptofano en alimentos. *Arch Latinoamer Nutr*, 32:79-86, 1982.
21. Björck, I, & N.G. Asp. The effects of extrusion cooking on nutritional value. A literature review. *J Food Engl* 2:281, 1983.
22. Hulse, JH, EM Laing & OE Pearson. Sorghum and Millets. Their Composition and Nutritive Value. London Academic Press, 1980, 1000 p.