

## Efecto del proceso de extrusión del sorgo sobre el color de las harinas y tortillas a base de mezclas con harina de maíz nixtamalizada

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup>, César F. Ciacco<sup>2</sup> y Yolanda Salinas M.<sup>3</sup>*

**RESUMEN.** Fue estudiado el efecto del proceso de extrusión sobre el color de las harinas instantáneas de sorgo y sus respectivas tortillas elaboradas con diferentes niveles de sustitución con harinas de maíz nixtamalizada. En el proceso de extrusión fueron utilizadas cuatro harinas obtenidas de dos genotipos de sorgo (integral y decorticado de cada genotipo). Estas harinas fueron procesadas en el extrusor de laboratorio Brabender GNF/2 de tornillo sin fin único. Para la elaboración de tortillas de sorgo y mezclas maíz-sorgo fueron seleccionadas 4 harinas del proceso de extrusión, 1) Cultivar CMSXS 9A: harina integral extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm y harina de sorgo decorticado con tamaños de partícula menores de 0.420 mm extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm; 2) Cultivar CMSXS 145: harina integral extrudida con 18% de humedad y con una velocidad de tornillo de 170 rpm y harina de sorgo decorticado extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm. Las harinas instantáneas y tortillas obtenidas de sorgos decorticados (20%) presentaron colores más blancos (mayores valores de 'L') en relación con sus respectivas harinas integrales. La adición de niveles crecientes de harina de maíz nixtamalizada (10, 20, 30, 40 y 50%) a las harinas de sorgo instantáneas, mejoraron el color de las mezclas de harinas y sus respectivas tortillas, principalmente en el caso de harinas integrales de sorgo. Los resultados obtenidos indicaron un cambio considerable en las características de color de las harinas, cuando fueron transformadas en tortillas, obteniéndose los mejores resultados con las tortillas elaboradas con harina de sorgo decorticado de ambos genotipos y en el caso de harinas integrales, las mezclas con harina de maíz mejoraron sensiblemente el color de las tortillas. Estos resultados indicaron que la separación de las capas externas del grano, posibilitó la obtención de tortillas con mejores características de color en relación a las tortillas elaboradas con harina de sorgo integral.

**SUMMARY.** Effect of the extrusion process in the color of instant sorghum flours and its tortillas prepared with different levels of lime-treated corn flours. The objective of this work was to study the effect of the extrusion process in the color of instant flours and its tortillas prepared with mixtures of commercial instant corn flour. In the extrusion process four flours from two genotypes of sorghum (whole and decorticated sorghum of each genotype) were used. These flours were processed in a single screw Brabender laboratory extruder. In the preparation of sorghum tortillas and sorghum-corn tortillas four flours were selected from the extrusion process. 1) genotype CMSXS 9A: Whole flour extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm, flour from decorticated sorghum with particle size less than 0.420 mm extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm, 2) genotype CMSXS 145: whole flour extruded with moisture content of 18% and screw rate of 170 rpm, decorticated sorghum flour extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm. Also these flours were utilized with mixtures of commercial instant corn flour for the preparation of tortillas. The instant sorghum flours and tortillas from decorticated sorghum (20%) presented whiter color compared to instant whole sorghum flour and its tortillas. The addition of different levels of commercial instant corn flour (10, 20, 30, 40 and 50%) to the instant sorghum flours improved the color of the mixtures of flour and tortillas. This improvement was more pronounced with instant sorghum flour from whole sorghum grain. The results obtained indicated a great change in the color characteristics of the flours when tortillas were prepared. The best results were obtained with mixtures prepared with decorticated instant sorghum flour from both genotypes and commercial instant corn flour. This results indicated that the separation of external layers of the grain permit the obtaining of tortillas with better color characteristics, compared to the tortillas prepared with whole instant sorghum flour.

1,3 Investigadores del CIFAP-MEXICO, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. Postal 10 CP. 56230. Chapingo Edo. de México. México.

2 Profesor Investigador. Facultad de Engenharia de Alimentos UNICAMP. C.P. 13100. Campinas SP. Brasil.

## INTRODUCCION

El color es un criterio de calidad del producto y representa un factor importante en la aceptación de productos alimenticios. En general el color blanco de harina de sorgo o de sus productos en alimentos tradicionales no representa un factor limitante, más es preferido (1). En países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras, el maíz ha sido el cereal usado tradicionalmente en la preparación de tortillas. No obstante, las grandes ventajas agronómicas presentadas por el sorgo, colocan a este cultivo como una alternativa variable en la elaboración de productos básicos. Durante el proceso alcalino de elaboración de tortillas de sorgo, los compuestos polifenólicos presentes en la testa y/o pericarpio del grano reaccionan con el álcali adicionado, produciendo colores indeseables en los productos elaborados (2) Reichert et al (3,4) reportan que en suspensiones en agua de harinas de mijo la decoloración es dependiente del pH, cambiando reversiblemente de color gris a amarillo verdoso a pH alcalino y parcialmente reversible de color gris a blanco cremoso, en la presencia de ácido.

El uso de sorgo decorticado, harinas con bajo grado de extracción semirefinadas, compuestas y pre-tratadas, han sido recomendadas para mejorar la calidad y aceptación de los productos (5). Las ventajas del uso de sorgo decorticado así como también mezclas de sorgo con maíz en la elaboración de tortillas y fritos de buenas características han sido reportadas por diversos autores (2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto del proceso de extrusión sobre el color de harinas de sorgo integral y decorticado, evaluandose también el color de las tortillas usando diferentes niveles de substitución con harina nixtamalizada de maíz con la finalidad de mejorar el color de los productos.

## MATERIALES Y METODOS

Materia prima, Fueron usados dos genotipos de sorgo CMSXS 9A y CMSXS 145, cosechados durante el ciclo agrícola 1986, ambos de pericarpio blanco, grueso, endospermo amarillo con textura intermedia (50% vítreo, 50% harinoso), pericarpio blanco, sin testa, proporcionados por el Centro Nacional del Maíz y Sorgo de la Embrapa (Empresa Brasileña de Investigaciones Agropecuarias, Minas Gerais, Brasil) para la obtención de harinas usadas para el proceso de extrusión. Se usó como testigo harina nixtamalizada comercial de maíz amarillo (pH 7.2) la cual también se empleó en las mezclas en proporciones de 10, 20, 30, 40 y 50%. Las harinas instantáneas de sorgo usadas en las mezclas fueron: 1) Cultivar 9A: harina integral extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 110 rpm. Harina de sorgo decorticado con tamaños de partícula menores de  $\approx$  420  $\mu$ m extrudida con

15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm, 2) Cultivar 145: harina integral extrudida con 18% de humedad y con una velocidad de tornillo de 170 rpm; harina de sorgo decorticado extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm.

Las harinas integrales fueron obtenidas moliendo el grano de sorgo en molino de cuchillas (marca tigre, tipo CV2, potencia 0.75CV, 3800 rpm S.P. Brasil) usando una criba con una abertura de 3mm y a continuación una molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. En el caso de la obtención de harinas de sorgo decorticado las muestras fueron previamente decorticadas (20%) con su contenido de humedad original (12,23%) en una beneficiadora de arroz Kepler Weber (S' Andrea Limeira S.P. Brasil) durante 1 minuto y posteriormente sometidas a molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. La harina con tamaños de partícula menores de 0.420 mm fue obtenida acondicionando el grano (decorticado de acuerdo a las condiciones anteriores) a un contenido de humedad de 15%. Después de la adición de agua las muestras fueron agitadas vigorosamente para homogenización de la humedad y dejadas en reposo en un recipiente de plástico cerrado herméticamente durante 18 horas a temperatura ambiente y finalmente molidas en el sistema de quiebra del molino Brabender Quadrumat Senior, separando las fracciones con tamaños de partícula menores de 0,420 mm.

### *Proceso de extrusión.*

Las harinas obtenidas fueron acondicionadas a contenidos de humedad de 15 o 18% mediante la aspersión de una solución de hidróxido de calcio (0,15% en relación al peso de la harina). Durante la aspersión, la mezcla fue agitada en un mezclador planetario Brabender durante 15 minutos. Las harinas acondicionadas fueron colocadas en bolsas de polietileno y dejadas en reposo por 2 horas a temperatura ambiente, con la finalidad de promover mayor homogenización de la humedad. Las pruebas de extrusión fueron realizadas en un extrusor de laboratorio marca Brabender modelo GNF 1014/2 de tornillo sin fin único, con camisa ranurada usándose un tornillo de 38 cm de largo y 1,9 cm de diámetro con una relación de compresión de 1:1. La alimentación de la harina en el extrusor fue realizada con el alimentador Brabender con velocidad variable para obtener un flujo constante de 70 g/min. Las harinas obtenidas en las pruebas preliminares, fueron evaluadas y seleccionadas, basándose en la textura y facilidad de preparación de la masa y elaboración de tortillas. En las pruebas realizadas fueron usadas las siguientes variables del proceso de extrusión. Temperatura de la 1ª, 2ª, y 3ª, zonas, 80, 100 y 100º C respectivamente, dado con fondo cilíndrico de 5 mm de diámetro; concentración de Ca(OH)2 0.15% (basados en el peso seco de la harina) contenido de humedad de la harina 15 ó 18%; velocidad de tornillo de

130 o 170 rpm, con una relación de compresión 1:1. Las muestras extrudidas fueron secadas en estufa con circulación forzada de aire, a temperatura de 45° C durante 3 horas. Posteriormente fueron molidas en un molino de cuchillas con criba de abertura de 3 mm de diámetro y finalmente en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumart Senior.

*Elaboración de tortillas*

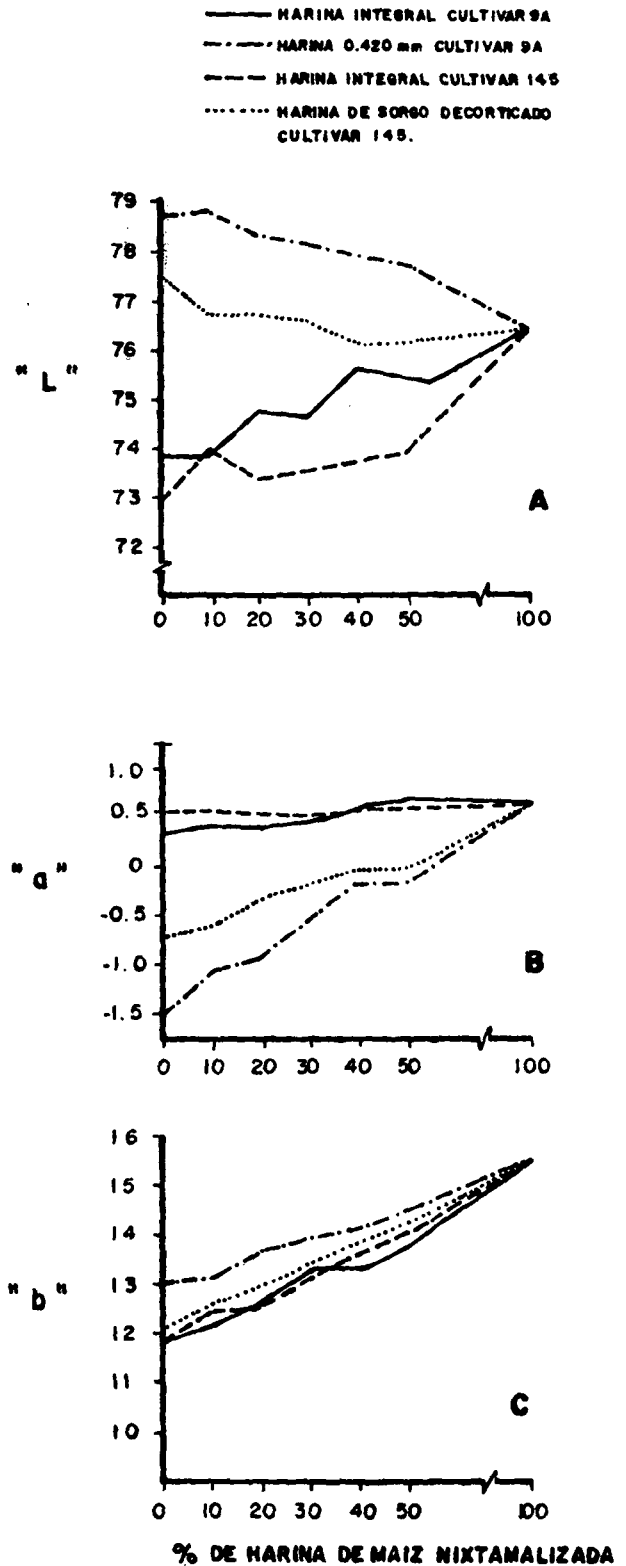
Las 4 harinas de sorgo instantáneas fueron mezcladas con harinas de maíz nixtamalizada, usada esta última, en proporciones de 10, 20, 30, 40 y 50% y posteriormente amasadas con agua, hasta obtener una textura apropiada para elaboración de tortillas. Fueron cortadas porciones de aproximadamente 25 g amasadas y modeladas en forma de disco usando una amasadora comercial para la elaboración de tortillas de aproximadamente 12 cm de diámetro y 1 mm de espesor. Las tortillas fueron cocidas en una superficie de barro (comal) a una temperatura aproximadamente de 180° C durante 3 minutos por ambos lados.

*Análisis*

La determinación de color de las harinas y tortillas fue realizada utilizando el colorímetro de reflectancia Hunterlab D25. Este equipo mide el color de las superficies planas, simulando la luz del día, basado en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro y la reflejada por el color blanco, así como la descomposición de la luz en los colores rojo, azul, amarillo y verde (14) L: mide la brillantez y varía de 100 para blanco y 0 para el negro a: mide el color rojo (+a) y verde(-a) y b: mide el color amarillo (+b) y azul (-b). Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de 5% de significancia para la comparación múltiple de medias (15).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

En las gráficas 1A, 1B y 1C son presentados los resultados obtenidos en el color de las mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada. Las harinas integrales de ambos genotipos obtenidas por extrusión presentaron una coloración más oscura (menores valores de +L) en relación a la obtenida de los mismos sorgos decorticados. A este respecto Reichert (4) cita que algunos compuestos identificados en mijo como son glucosilvitexina, glucosilorientina y vitexina son responsables por el intenso color amarillo verdoso de la harina de mijo en presencia de álcali y pueden ser responsables por el color gris natural del endospermo periférico del grano. El color blanco (+L) de las harinas integrales instantáneas de ambos genotipos fue mejorado con la adición de harina nixtamalizada de maíz amarillo, manteniéndose prácticamente constantes los valores de +a en el caso de harinas integrales, con un aumento de los valores de +b (amarillo) en las cuatro muestras estudiadas a medida que aumento el nivel de substitución de harinas



GRAFICAS 1A, 1B y 1C

Color de las mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada

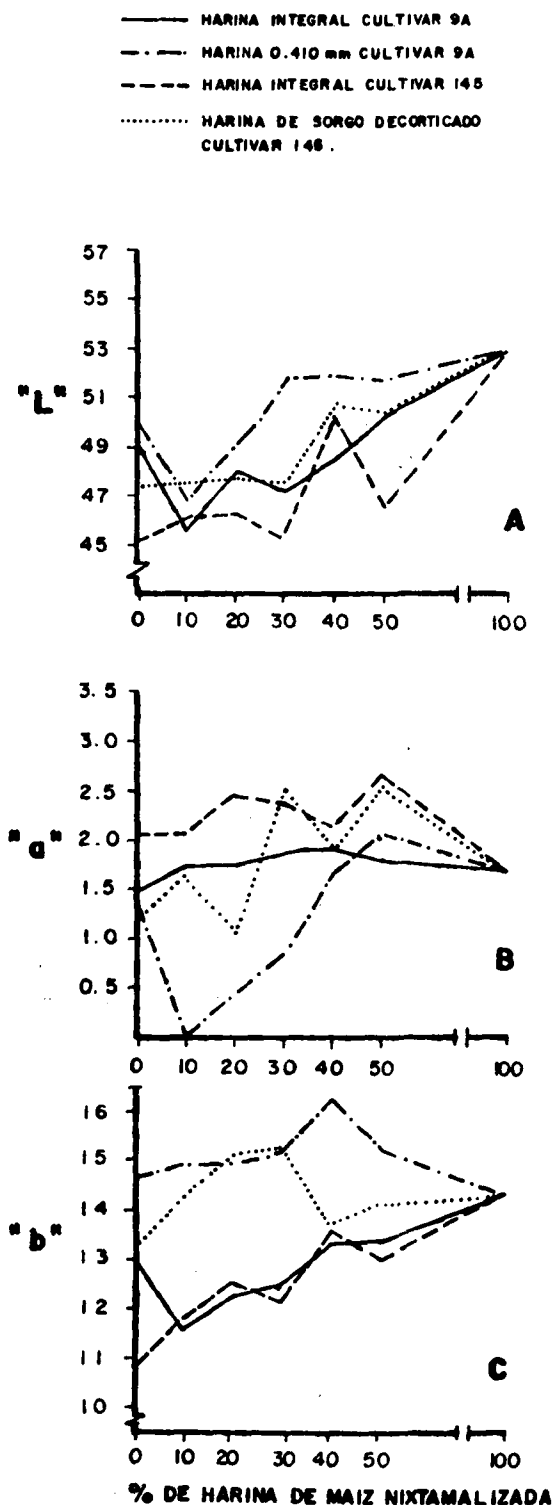
instantáneas de sorgo. Las harinas con tamaños de partículas menores de 0.420 mm del genotipo 9A y harina de sorgo decorticado del genotipo 145 presentaron mayores valores de +L en relación al testigo y a sus respectivas harinas integrales.

La adición de niveles crecientes de harina de maíz a las mezclas de harinas instantáneas de sorgo provocó una reducción en los valores de la diferencia total de color en relación al testigo (harina de maíz nixtamalizada) (Tabla 1). Presentándose las menores diferencias en el caso de harinas instantáneas elaboradas con sorgo decorticado de ambos genotipos.

Las tortillas de harinas instantáneas de sorgo integral de ambos genotipos presentaron colores más oscuros en relación a las tortillas elaboradas de harina de sorgo decorticado. No obstante, el color desarrollado por las harinas integrales o sus respectivas tortillas no debe ser considerado un factor limitante, considerando que ocasionalmente, en diversas regiones de México y América Central se consumen tortillas elaboradas con maíz de color azul.

En las tortillas elaboradas con mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada fue observado un aumento en los valores de +L (blanco) a medida que fue aumentando el porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en las mezclas (Gráfica 2A). Los valores de (+a) sufrieron un incremento con la adición de harina de maíz (Gráfica 2B), obteniéndose tortillas con tonalidades más amarillas (Gráficas 2C). Sin embargo, en el caso del uso de harinas de sorgo decorticado con tamaños de partículas menores de 0.420 mm del genotipo 9A y harinas de sorgo del genotipo 145, fue observado un color menos blanco en las tortillas en relación al testigo con un aumento en los valores de (+b) (más amarillas). Choto et al (11) reportan la obtención de tortillas por proceso tradicional de buenas características cuando 25% del maíz fue reemplazado por sorgo blanco integral y que el color de las tortillas fue mejorado a medida que se incrementó el nivel de perlado de sorgo, obteniéndose buena calidad de tortillas con sorgo perlado 15% a diferentes niveles de sustitución de maíz amarillo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la diferencia total del color (DE) entre las tortillas elaboradas con las diferentes mezclas de harinas instantáneas de sorgo y de harina de maíz nixtamalizada, en relación al testigo (harina de maíz nixtamalizada). Las harinas del cultivar 9A presentaron menores diferencias en relación al testigo notablemente a un nivel de sustitución de 50%. No fue observado un comportamiento genérico en el color de las tortillas a medida que aumentó el nivel de sustitución de harina de sorgo en la mezcla. Esto puede ser atribuido a diferencias en el contenido de humedad de las muestras que afecta la intensidad del color de las mismas (16) así como



GRAFICAS 2A, 2B y 2C

Color de las tortillas elaboradas con harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada

**TABLA 2**  
**DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR (DE) DE LAS MEZCLAS DE HARINA**  
**INSTANTANEA DE SORGO Y HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA EN RELACION AL TESTIGO <sup>1</sup>**

Muestra	Porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en la mezcla					
	0	10	20	30	40	50
9A integral 15% humedad 130 rpm	3,7 ± 0,1 <sup>2</sup>	7,4 ± 0,0	5,7 ± 0,0	5,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	2,2 ± 0,0
9A decorticado 1 minuto 0,42 mm 15% humedad	7,3 ± 0,2	6,1 ± 0,0	4,0 ± 0,0	2,2 ± 0,1	3,3 ± 0,0	1,9 ± 0,1
145 integral 18% humedad 170 rpm	10,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	8,8 ± 0,1	9,7 ± 0,0	5,0 ± 0,1	8,4 ± 0,0
145 decorticado 1 minuto, 15% humedad, 130 rpm	7,7 ± 0,0	7,3 ± 0,1	4,5 ± 0,1	7,6 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,2 ± 0,0

1: Harina de maíz nixtamalizada

2: El valor precedido del signo ± se refiere a la desviación estandar de la media.

**TABLA 1**  
**DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR (DE) DE LAS MEZCLAS DE HARINA**  
**INSTANTANEA DE SORGO Y HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA EN RELACION AL TESTIGO <sup>1</sup>**

Muestra	Porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en la mezcla					
	0	10	20	30	40	50
9A integral 15% de humedad 130 rpm	4,3 ± 0,1 <sup>2</sup>	3,9 ± 0,0	3,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1
9A decorticado 1 minuto 0,42mm 15% de humedad, 130 rpm	4,2 ± 0,1	4,0 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,8 ± 0,1
145 integral 18% de humedad 170 rpm	5,1 ± 0,1	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1
145 decorticado 1 minuto 15% humedad 130 rpm	4,6 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,3 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1	1,7 ± 0,1

1: Harina de maíz nixtamalizada

2: El valor precedido del signo ± se refiere a la desviación estandar de la media.

también las harinas nixtamalizadas de maíz (comerciales) presentan desuniformidad en relación a color y diámetro medio de partícula.

### CONCLUSIONES

La adición de niveles crecientes de harina nixtamalizada de maíz amarillo a las mezclas, mejoró sus características de color principalmente en el caso de harinas integrales. Las tortillas elaboradas con harina de sorgo decortinado presentaron mejores características de color en relación al testigo. Los resultados obtenidos mostraron que existen cambios considerables en el color de la harina cuando es transformada en tortilla atribuido a las diferencias en el contenido de humedad de las tortillas y desuniformidad en el color y diámetro medio de partículas de las harinas nixtamalizadas de maíz (comercial).

### REFERENCIAS

1. Rooney, LW and Murty DS. Color of sorghum food products, page 323 In: Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney LW, and Murty DS (eds.) ICRISAT CENTER Patancheru, India, 1982.
2. Bedolla S. Development and characterization of an instant tortilla flour from sorghum and maize infra-red cooking (microni-zing) and extrusion cooking. Dissertation submitted to the graduate college of Texas A & M University. Doctor of Philosophy, 1983.
3. Reichert, RD and Youngs, CG Bleaching effect of acid on pearl millet. Cereal Chem 56:287, 1979.
4. Reichert RD. The pH-sensitive pigments in pearl millet. Cereal Chem 56:291, 1979.
5. Pushpamma P and Vogel SM Consumer acceptance of sorghum and sorghum products page 341 In: Proceeding of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney, LW and Murty DS (eds) ICRISAT CENTER Patancheru, India 1982.
6. Bressani R, Elias LG Allwood Paredas, AE and Huevo, MT. Processing of sorghum by lime-cooking for the preparation of tortillas in: Proceeding of a symposium on sorghum and millets for human food. Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemists in Vienna, 1977.
7. Iruegas, A., Cejudo H. and Guiraggossian, V. Screening and evaluation of tortillas from sorghum and sorghum-maize mixtures. page 92 In: Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney LW and Murty DS eds ICRISAT CENTER Patancheru, India 1982.
8. Bedolla S, González de Palacios, M Khan, MN and Rooney LW. The cooking characteristics of sorghum and com for tortillas preparation for traditional methods In: Proceedings of the INTSORMIL. Sorghum grain quality workshop for Latin America. INIA-ICRISAT/CIMMYT. El Batán, México 1982.
9. Silva PM Elaboración de harinas nixtamalizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor*/L/Moench) para tortillas. Características químicas y tecnológicas. Tesis de Licenciatura. Depto. de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1983.
10. Ramírez BRE. Elaboración de harinas pre-gelatinizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor*/L/ Moench) por proceso hidrotérmico. Características químicas y usos. Tesis de Licenciatura Departamento de Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chapingo, 1984.
11. Choto, CE, Morad, MM and Rooney LW. The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone blended with yellow maize. Cereal Chem 62: 51-55. 1985.
12. Serna-Saldivar SO, Tellez-Giron, and Rooney LW. Production of tortilla chips from sorghum and maize. J. of Cereal Sc. 8:275, 1988.
13. Almeida-Domínguez, HD, Serna-Saldivar SO and Rooney, LW Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline-cooked foods. Cereal Chem 68:25 1991.
14. Hunterlab, Manual instruction, Model D-25 L-2 Reston, Virginia, U.S.A. 1976
15. Pimentel GF. Componentes principales e correlacoes canônicas. Nova Odessa, SP. Brasil 18 p. 1984.
16. Manoharkumar BP Gerstenkarn K. Seiler and H. Boiling on measurement of color of maize and its products. J of Food Sc and Tech. 15:6-11, 1976.