

Cambios en algunos componentes químicos y nutricionales durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por extrusión continua

Carlos Alberto Gómez Aldapa¹, Fernando Martínez Bustos², Juan de Dios Figueroa Cárdenas², César Abelino Ordorica Falomir³ y Jesús González Hernández.²

RESUMEN. Se evaluaron los cambios ocurridos en algunos componentes químicos de carácter nutricional (proteína, fibra dietaria total, vitaminas hidrosolubles, lisina, triptófano extracto etéreo y ácidos grasos), de tortillas preparadas con harina integral obtenidas por un proceso experimental de extrusión continua (proceso CINVESTAV) comparadas con tortillas obtenidas por el proceso tradicional de nixtamalización y maíz crudo. El contenido de proteína de las tortillas obtenidas por los procesos de extrusión y tradicional, fue similar al de maíz crudo; sin embargo, en las tortillas de nixtamal se observó el menor valor de este componente. Los contenidos de fibra dietaria total y lisina disponible de las tortillas experimentales obtenidas por extrusión mostraron mayores valores ($p < 0,05$) en relación a las tortillas del proceso tradicional. Las tortillas de ambos procesos presentaron pérdidas de vitaminas hidrosolubles, con respecto a sus respectivos maíces sin procesar. La disminución de los niveles de proteína, triptófano y vitaminas en las tortillas tradicionales de nixtamal con respecto al maíz crudo, es atribuida a la pérdida de pericarpio, capas de aleurona y otras partículas solubles durante el proceso. El tratamiento térmico en ambos procesos (tradicional y CINVESTAV) disminuyó el contenido de extracto etéreo y ácidos grasos. Las tortillas obtenidas por el proceso de extrusión CINVESTAV, presentaron mejores características nutricionales en los componentes evaluados que las obtenidas por el proceso tradicional de nixtamalización.

SUMMARY. Chemical and nutritional changes during preparation of whole corn tortilla prepared with instant flour obtained by extrusion process. Chemical changes of some nutritional components (protein, total dietary fiber, vitamins, lysine, tryptophan, ether extract and fatty acids) of tortillas made from instant whole corn flour prepared by extrusion process (CINVESTAV process) were evaluated. The tortillas prepared by extrusion process were compared with tortillas made by traditional process and raw corn. The protein content of tortillas from both processes were statically similar to those of the raw corn, although the traditional tortillas showed the lowest actual values. Tortillas from traditional process contained the lowest amount of total dietary fiber and available lysine. The loss of protein, crude fiber, total dietary fiber, available lysine, tryptophan, and vitamin contents during traditional tortillas process, was attributable to the partial loss of pericarp, aleurone and germ tissue during the process. Tortillas prepared by both processes showed loss of vitamins. The thermal treatment in both processes (traditional and extrusion) decreased the ether extract and fatty acids contents. Tortillas prepared by extrusion process showed better nutritional characteristics than traditional tortillas prepared by nixtamalization process.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) y su principal forma de consumo la tortilla, son los productos básicos de la alimentación en México y en algunos países de América Central y el sur de los Estados Unidos de Norteamérica (1). En México, la producción anual de tortillas es de aproximadamente 10 millones de toneladas (2). Este producto forma parte de la dieta diaria de todos los estratos sociales del país con un consumo diario «per capita» de 325 g (3), y su consumo cobra mucha importancia en las zonas rurales más pobres y marginadas del país, donde provee aproximadamente el 70% de las calorías totales y el 50% de las proteínas ingeridas. Este alimento forma parte esencial de la denominada «dieta indígena» (constituida fundamen-

talmente por maíz y su complemento más accesible, el frijol) y constituye la principal fuente de proteínas y calorías para sectores de escasos recursos económicos del campo y la ciudad. Desde el nixtamal, el metate y el comal, hasta nuestros días un logro en la industria de la tortilla de maíz ha sido la fabricación a nivel industrial de harinas instantáneas de maíz (proceso tradicional sistematizado a gran escala) que han adquirido popularidad entre la población urbana debido a que elimina las labores intensivas y tediosas del proceso de fabricación, el producto es homogéneo y existe un mejor control higiénico durante su elaboración, lo que permite que pueda ser almacenado durante cierto período de tiempo. Las principales desventajas son atribuidas a un mayor costo y una menor calidad de los productos elaborados respecto al sabor y la textura comparados con los productos tradicionales (4). No obstante, la harina integral ofrece propiedades uniformes para su procesamiento, lo que la hace deseable y segura en su utilización (5). Durante el proceso tradicional de nixtamalización se presenta un aumento del valor biológico de la tortilla, se incrementa la disponibilidad de niacina y calcio. No obstante, por otro lado, aunado a una baja calidad nutricional de las proteínas del maíz, (6), durante el proceso térmico-alcalino se producen pérdidas importantes de nutrientes que varían de 9,21 a 14,4%, y que incluyen fibra, almidón, proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y ácidos grasos (7,8,9,10,11,12). Una de las tecnologías

1 Estudiante de Postgrado. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Sinaloa.

2 Profesor Investigador, Laboratorio de Materiales Avanzados, CINVESTAV-IPN.

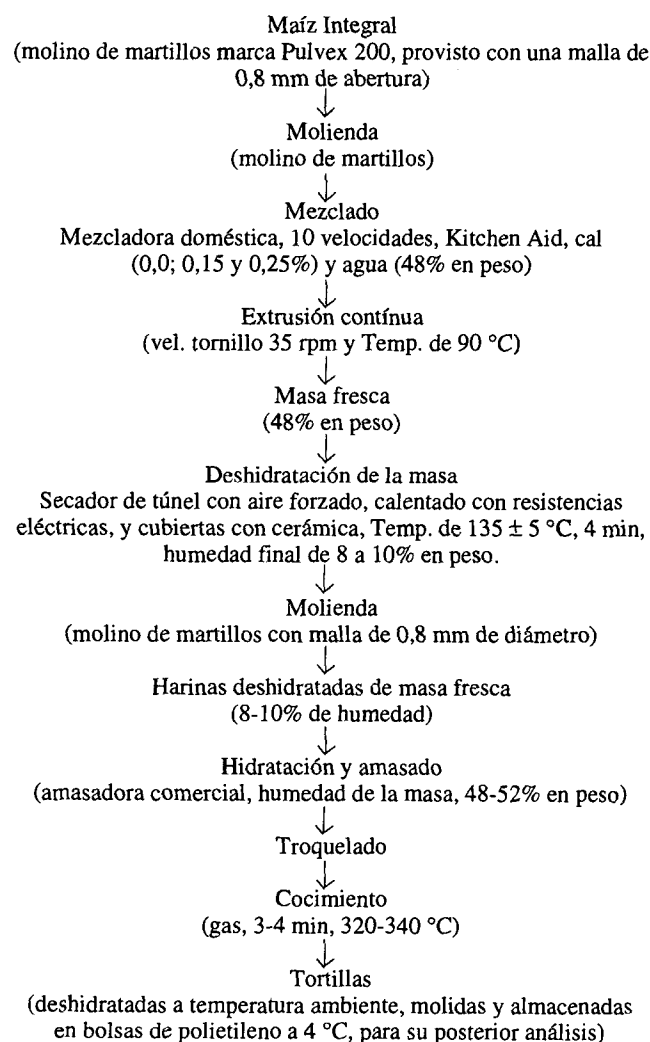
3 Profesor Investigador. Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Sinaloa.

propuestas para aumentar el valor nutricional de las tortillas preparadas con masa fresca y harina instantánea, así como también eliminar las desventajas presentadas en el proceso tradicional ha sido desarrollada por investigadores del CINVESTAV (13,14) por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar cambios en algunos componentes químicos (de carácter nutricional) durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por el proceso previamente mencionado.

MATERIALES Y METODOS

Materiales: Se utilizó maíz de tipo cristalino, comercial. Tortillas de harinas de masa de maíz integral deshidratada obtenidas por extrusión continua. Las tortillas de harina instantánea fueron elaboradas en equipo comercial siguiendo las condiciones de procesamiento descritas en el diagrama presentado en la Figura 1, de acuerdo a las patentes de Figueroa et al (13), Martínez et al (14) y evaluadas por Arámbula-Villa (15).

FIGURA 1
Diagrama de proceso CINVESTAV para obtención de harinas instantáneas y preparación de tortillas



Tortillas elaboradas por el proceso tradicional. Maíz tipo cristalino integral (10 kg) fue cocido con agua (30 L) y cal (2% en relación al peso del maíz) a temperatura de ebullición, durante 55 minutos, el grano cocido (nixtamal) fue dejado en reposo en el agua de cocimiento durante 12 h. Posteriormente lavado y separado el líquido de cocimiento (nejayote), molido en molino de piedras, troquelada la masa y finalmente cocidas las tortillas a una temperatura de 320-340 °C durante aproximadamente 3 minutos, todas estas etapas fueron realizadas en una máquina tortilladora comercial. Las tortillas elaboradas fueron deshidratadas, molidas y almacenadas de acuerdo a la metodología descrita para las tortillas experimentales obtenidas por extrusión.

Métodos: Para la determinación del análisis químico proximal de maíz integral y tortillas se utilizó la metodología descrita por la A.A.C.C. (16). Proteína (46-26), empleando un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 5.7. Humedad (44-19). Cenizas (08-12). Extracto etéreo (30-20). El extracto libre de nitrógeno se calculó restando de 100 la suma del resto de los componentes del análisis proximal. La determinación de ácido fólico se realizó de acuerdo al método descrito por Tangendjaja (17), mediante el uso de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). Para el análisis de vitaminas (ácido nicotínico, niacina, tiamina, piridoxina, riboflavina y ácido fólico) las muestras se prepararon de acuerdo a la metodología descrita por Fellman y col. (18) y se cuantificaron utilizando un cromatógrafo de líquidos (19). La fibra dietaria total se determinó siguiendo la metodología descrita por Prosky y col (2). Para el análisis de lisina disponible se utilizó el método descrito por Hurrell y col (21) modificado por Mejía y Correa (22). La determinación de triptófano fue realizada de acuerdo con el método de Lombard y De Lange (23). La composición relativa de ácidos grasos fue determinada de acuerdo con el método N° 28.060 de la AOAC (24).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis proximal de maíz y tortillas: En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en el análisis químico proximal de los materiales experimentales. En general, el contenido de proteína de las tortillas elaboradas por el proceso de extrusión CINVESTAV fue mayor en relación al de las tortillas tradicionales. Bresani y col (7) reportaron que durante el proceso tradicional de transformación de grano a masa se pierde alrededor del 10% de nitrógeno. El empleo de maíz integral en el proceso de extrusión mantiene los niveles de proteína en la tortilla, con valores similares al maíz integral. Las tortillas elaboradas con harinas integrales obtenidas por el proceso CINVESTAV presentaron mayores valores de fibra dietaria, significativamente diferentes a las tortillas tradicionales. El maíz crudo presentó un valor de fibra dietaria total de 11.14%, este valor es significativamente menor ($p < 0,05$), al de las diferentes tortillas elaboradas por el proceso de extrusión. No obstante significativamente mayor ($p < 0,05$) al de las tortillas tradicionales. El valor más alto de fibra dietaria total correspondió a la muestra de tortilla experimental con 0,25% de cal, el cual fue significativamente diferente ($p < 0,05$) al resto de los materiales evaluados. En general, el contenido de fibra dietaria total se incrementó al incrementar la concentración de cal utilizada en la elaboración de las tortillas obtenidas por extrusión. El incremento en este componente es atribuido a la formación de productos insolubles, resultantes de la reacción de Maillard y desnaturalización y formación de enlaces cruzados entre proteínas (35). También la presencia del pericarpio incrementa el contenido de

fibra. Recientes investigaciones acerca de la fibra dietaria y sus implicaciones en la reducción de ciertas enfermedades, han cambiado la manera tradicional de enfocar la importancia de las paredes celulares y sus componentes. Los beneficios sobre la salud, asociados al incremento en el consumo de fibra, son muy importantes y han sido tema de muchas investigaciones en los últimos años. Diversos estudios revelan que dietas particularmente altas en grasa total y bajas en fibra dietaria se asocian con riesgos de desarrollo de cáncer del colon, hipertensión arterial, elevación de colesterol en sangre. Por lo tanto grasa dietaria puede ser un factor de riesgo en la ausencia de factores que son protectores, como el consumo de fibra dietaria y alimentos fibrosos (27,28). Las tortillas elaboradas por ambos procesos presentaron reducción en el contenido de lípidos de entre 40 y 45% con respecto a sus respectivos maíces sin procesar. Efectos similares fueron reportados por Serna-Saldivar y col (29). Esta reducción puede ser debida a la formación de complejos de los triglicéridos con los diferentes componentes del gránulo de almidón y a las reacciones de saponificación de estos mismos componentes durante el tratamiento térmico-alcálico. La reducción de extracto etéreo durante el proceso tradicional de grano a masa se sitúa entre 20 y 33%, dependiendo del fenotipo de maíz y del proceso utilizado (7,11) y es atribuido principalmente a la pérdida del germen. Con respecto al contenido de cenizas, se observó un incremento en los tratamientos de extrusión con 0,15 y 0,25% de cal y proceso tradicional, en relación al maíz sin procesar y tortilla sin cal (proceso CINVESTAV) con 1,18 y 1,14% respectivamente, los cuales mostraron diferencias significativas con los materiales restantes. El porcentaje más alto correspondió a la tortilla elaborada por el proceso CINVESTAV con 0,25% de cal. Con excepción de las tortillas elaboradas a partir de harinas instantáneas obtenidas sin cal por el proceso de CINVESTAV, el contenido de carbohidratos de las tortillas fue significativamente ($p < 0,05$) mayor que el del maíz crudo. Durante este proceso los carbohidratos son retenidos, mientras que en el proceso tradicional un porcentaje de carbohidratos es perdido en el líquido de cocimiento. El máximo incremento relativo (2,4%) en el contenido de carbohidratos se presentó en las tortillas tradicionales. Serna-Saldivar y col. (30,31) reportaron un incremento relativo en el contenido de almidón del orden de 9% en la tortilla, con respecto al contenido de almidón en el grano, cuando se utilizó el proceso tradicional. Este incremento fue explicado con base a la reducción de fibra, proteínas y extracto etéreo que se produce durante el proceso de elaboración de la masa. En la Tabla 1 se puede apreciar el contenido de ácido fólico en maíz integral, en las diferentes tortillas experimentales (0,0; 0,15 y 0,25% de cal) y en las tortillas tradicionales. Las tortillas experimentales con 0,15% de cal presentaron el valor más bajo (0,72%) de ácido fólico, seguidas por las tortillas experimentales con 0,25% de cal (0,81%) y sin cal (0,82%), lo cual correspondió a una reducción de entre 31 y 36% de ácido fólico, con respecto al maíz integral. Las tortillas tradicionales mostraron el valor más alto (0,84%), con una reducción aproximada de 29% de ácido fólico. Dado que este compuesto es un agente quelante que tiene preferencia por metales bivalentes, dispone en el momento de la absorción cantidades considerables de Zn, Ca y Fe, causando a largo plazo deficiencias en el «status» de estos minerales en el organismo humano, es necesario que las cantidades de este compuesto sean lo más bajas posible. Esto indica que el proceso CINVESTAV utilizado, presenta la capacidad de reducir considerablemente este compuesto, el cual tiene un efecto inverso en la asimilación de algunos minerales, haciéndolos indisponibles para animales monogástricos (32,33,34).

TABLA 1
Análisis proximal y de fibra dietaria total de maíz y tortillas¹

Muestra	Proteína (%) ²	Fibra dietaria total ²	Extracto etéreo (%) ²	Cenizas (%) ²	Carbohidratos (%) ^{2,3}	Acido fólico (%)
Maíz (grano)	8,41abc	11,14c	6,25a	1,18d	82,2b	1,19a
Tortilla sin cal	8,61ab	12,54b	3,89b	1,14d	82,8b	0,82b
Tortilla cal 0,15%	8,65a	13,05b	3,44c	1,35c	83,49a	0,76c
Tortilla cal 0,25%	8,35bc	13,70a	3,31c	1,50a	83,74a	0,81b
Tortilla nixtamal	8,14c	8,90d	3,94b	1,43b	84,13a	0,84b

n= 3

1 Medias en la misma columna, con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0,05$)

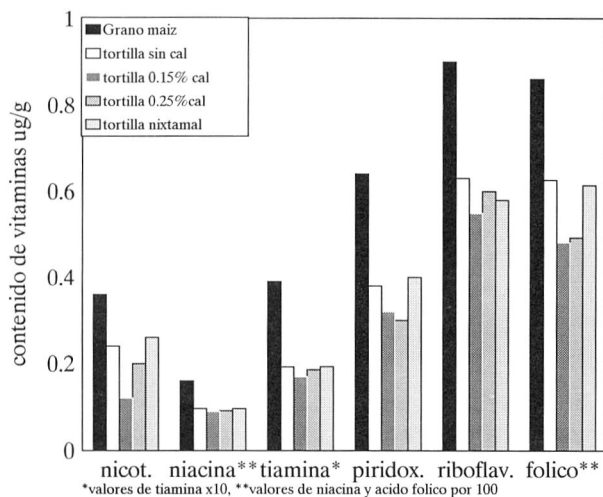
2 Datos reportados en base seca

3 Calculados por diferencia

Análisis de vitaminas hidrosolubles en maíz y tortillas: En la Figura 2 se presentan los resultados del análisis de vitaminas realizados en las tortillas obtenidas por el proceso CINVESTAV y proceso tradicional, así como también del maíz integral crudo. Las tortillas obtenidas por el proceso CINVESTAV con 0,15% de cal, presentaron pérdidas de ácido nicotínico del orden de 66,67%, seguidas por las tortillas con 0,25% de cal con pérdidas de 44,44%. En tortillas sin cal las pérdidas fueron del orden de 33,33% y las tradicionales presentaron una disminución del 27,72% con respecto al contenido de esta vitamina en la muestra de maíz crudo. En el mismo orden, las pérdidas de niacina de las tortillas evaluadas fueron del 45,4; 43,7; 41,0 y 40,7% para las tortillas experimentales con 0,25; 0,15 y 0,0% de cal y tortillas tradicionales, respectivamente. En general las pérdidas de tiamina y piridoxina en tortillas se situaron alrededor de 53 y 45% respectivamente, con una ligera tendencia a disminuir en los valores de piridoxina en la muestra de tortilla experimental con 0,25% de cal, con un valor de 53,13%. Las pérdidas de riboflavina en tortillas se presentaron en un rango de 30 a 39%, obteniéndose las mayores pérdidas en tortillas experimentales con 0,15% de cal, y sin cal respectivamente. El ácido fólico mostró pérdidas de alrededor del 43% para las tortillas experimentales con cal y de 28% aproximadamente para las sin cal y las tradicionales. En general, estas últimas tortillas presentaron menores pérdidas de vitaminas (ácido nicotínico, niacina, piridoxina, riboflavina y ácido fólico) en relación a las tortillas preparadas con cal por el proceso CINVESTAV. Bressani y col (7) reportaron que durante el proceso tradicional de cocimiento alcalino del grano de maíz hasta la obtención de masa se pierden de 60-65% de tiamina, de 32-52% de riboflavina y de 31-32% de niacina, principalmente atribuido a la pérdida física de los componentes del grano durante el proceso usado. El proceso evaluado para obtención de harinas instantáneas y tortillas de maíz integral permite una menor retención de las vitaminas analizadas, atribuido principalmente a que durante el proceso de extrusión las vitaminas contenidas en las capas externas del grano fueron sometidas a una combinación de efectos térmico-mecánico-alcálico que redujeron sensiblemente su contenido, lo que ocasiona que estos componentes se encuentren en contacto más directo con la superficie caliente del equipo utilizado para su preparación. Condiciones menos drásticas del proceso o una

concentración menor de cal podría conducir a una menor pérdida de estas vitaminas en el producto final.

FIGURA 2
Contenido de vitaminas en maíz y tortillas



Análisis de lisina y triptófano en maíz y tortillas: El contenido y disponibilidad de lisina, aminoácido limitante en maíz, fue mayor en tortillas preparadas por el proceso CINVESTAV en relación a las tortillas tradicionales (Tabla 2). Diversos autores reportan que durante la elaboración de tortillas tradicionales, el contenido de lisina disponible se reduce ligeramente en un porcentaje de alrededor de 5% (35,30). El hecho de que las tortillas elaboradas por el proceso CINVESTAV presenten mayores contenidos de lisina disponibles que las tradicionales, puede ser debida al corto tiempo del efecto de la combinación del tratamiento térmico-alkalino y a la lisina presente en las proteínas del germen y pericarpio que son aprovechables en este proceso. Con excepción de las tortillas elaboradas con harinas integrales obtenidas por extrusión con 0,15% de cal, el contenido de triptófano de todas las tortillas experimentales fue significativamente menor ($p < 0,05$), comparado con el maíz crudo (Tabla 2). El valor más

bajo correspondió al de las tortillas elaboradas con harina integral sin cal. Algunos autores han reportado una ligera disminución en el contenido de este aminoácido esencial durante el tratamiento térmico alcalino (35,36).

TABLA 2
Variación en el contenido de aminoácidos esenciales en relación a los diferentes tratamientos^{1,2,3}

Muestra	Lisina disponible	Triptófano
Maíz (grano)	2,44bc	0,65a
Tortilla sin cal	2,41c	0,57c
Tortilla cal 0,15%	2,49ab	0,67a
Tortilla cal 0,25%	2,53a	0,6b
Tortilla nixtamal	1,92d	0,6b

n= 3

1 Medias en la misma columna, con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0,05$)

2 Datos reportados en base seca

3 g de AA/100 g de proteína

Análisis de ácidos grasos de maíz y tortillas: En general, el contenido de los diferentes ácidos grasos de las muestras analizadas experimentaron una reducción, con respecto al maíz crudo, por efecto del procesamiento aplicado en la elaboración de tortillas, excepto en el caso de los ácidos mirístico y palmítico; el contenido de estos ácidos grasos no fue afectado por el proceso referido (Tabla 3). Las tortillas experimentales con 0,25% de cal presentaron los menores valores ($p < 0,05$) en el contenido de los ácidos palmítico, esteárico, oléico, linoléico y linolénico. El proceso de extrusión parece disminuir el contenido de ácidos grasos, de manera más considerable en comparación al proceso tradicional, esto puede ser debido a las reacciones de complejamiento por las presiones y temperaturas de procesamiento, las cuales pueden ser incrementadas debido a que el ion Ca^{++} interacciona de una manera más directa con los ácidos grasos y con el almidón presentes durante el proceso de elaboración de tortillas.

Tabla 3
Concentración de ácidos grasos de maíz y tortillas¹

Muestra	Acido Mirístico	Acido Palmítico	Acido Palmítico	Acido Esteárico	Acido Oléico	Acido Linoléico	Acido Liolénico
Maíz (grano)	0,40a	880,14a	8,27a	176,87a	2286,88a	2832,15a	42,1a
Tortilla sin cal	0,26a	516,3bc	4,4a	115,44b	1457,75b	1755,03b	21,65bc
Tortilla cal 0,15%	6,7a	504,24bc	6,31a	99,55cd	1268,3cd	1515,1c	18,74c
Tortilla cal 0,25%	1,77a	454,06c	4,36a	95,43d	1230,3d	1484,53c	20,46c
Tortilla nixtamal	0,73a	539,26b	4,0a	108,75bc	1407,9bc	1849,88b	27,44b

n= 3

1 Medias en la misma columna, con la misma letra no son diferentes significativamente ($p < 0,05$)

2 Datos reportados en base seca

3 mg de ácido graso/100 g de muestra

CONCLUSIONES

Las tortillas elaboradas por el proceso CINVESTAV, presentaron menor reducción de proteína, fibra dietaria total, lisina disponibles y ácido fólico, en relación a las tortillas tradicionales. La combinación de efectos térmico- mecánico- alcalino del proceso CINVESTAV, afectó la retención de vitaminas, ácidos grasos oléico, linoléico y esteárico de las tortillas elaboradas, las cuales presentaron valores ligeramente menores en relación a las tortillas tradicionales. En base a lo anteriormente señalado se puede concluir de manera general, que las tortillas obtenidas por el proceso de extrusión CINVESTAV, presentaron mejores características nutricionales en los componentes evaluados que las obtenidas por el proceso tradicional de nixtamalización.

REFERENCIAS

1. Trejo-González A., Feria Morales A. & Altamirando Wild C. The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation. En: Modification of Proteins: Foods, Nutritional and Pharmacological Aspects. Feeney R.E. & Whitaker J.R. (Eds). Adv. Chem Ser N° 198. American Chemical Society, Washington D.C. p.245-262. 1982.
2. Girald B.A. Comercialización de un desarrollo tecnológico. CINVESTAV, México, D.F. 1994.
3. Paredes López O. & Saharópulos Paredes M.E. A review of tortilla production technology. Bakers Digest. 16-25. Sept. 13. 1983.
4. Robles R.R., Murray E.D. & Paredes López O. Physicochemical changes of maize starch during the lime-heat treatment for tortilla making. International J. of Food Sci. and Technol. 23:91-98. 1988.
5. Gómez M.H., Rooney L.W., Waniska R.D. & Pflugfelder R.L. Dry corn masa flours for tortilla and snack food products. Cereal Foods World 32(5): 372-377. 1987.
6. Mertz E.T. Nutritive value of corn and its products. Cap. 18. In: Corn: Culture, Processing products. Mayor feed and food crops in agriculture and food series. Inglet G.E. (ed). The AVI publishing, Co. Inc. Westport Connecticut, USA. 1970.
7. Bressani R., Paz R.P. & Scrimshaw N.S. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. J. Agri Food Chem 6:770-774. 1958.
8. Bressani R., Gómez Brenes R., Scrimshaw N.S. Effect of processing on distribution and in vitro availability of niacin of corn (*Zea mays*). Food Technol 15:450-454. 1961.
9. Bressani R. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. Food Rev. Int. 6:225-264. 1990.
10. Bedolla S. & Rooney L.W. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. Cereal Foods World 29(11): 732-735. 1984.
11. Pflugfelder R.L., Rooney L.W. & Waniska R.D. Dry matter losses in commercial corn masa production. Cereal Chem. 65:127-132. 1988.
12. Jackson D.S., Rooney L.W., Kunze O.R. & Waniska R.D. Alkaline processing properties of stress-cracked and broken corn (*Zea mays* L.) Cereal Chem 65:133-137. 1988.
13. Figueroa J.D.C., Martínez Bustos F., González Hernández J., Sánchez Sinencio F., Martínez J.L. y Ruíz M.T. Extrusor y proceso continuo para formación de masa fresca de maíz, para la elaboración de tortillas, harinas instantáneas y sus derivados. Patente en trámite. Registro SECOFI N° 936544. México D.F. 1993.
14. Martínez B.F., Figueroa J.D.C., González Hernández J., Sánchez Sinencio F., Martínez J.L. & Ruíz M.T. An extruder and continuous process to make corn masa, instant masa flours for the preparation of tortillas and derivatives. Patente en trámite USA. 1993.
15. Arambula Villa G. Evaluación de un proceso continuo de extrusión para obtención de harinas instantáneas de maíz para elaboración de tortillas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sin. México. 1994.
16. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. 9th ed. Paul MN. 1983.
17. Tangendjaja B. Analysis of phytic acid by high performance liquid chromatography. J. Chromatog. 197(2): 274-277. 1980.
18. Fellman J.K., Artz W.E., Tassinari P.D., Cole C.L. & Augustin J. Simultaneous determination of thiamin and riboflavin in selected foods by high-performance liquid chromatography. J. Food Sci. 47:2048. 1982.
19. Ríos Leal E. Métodos para determinación de vitaminas. Comunicación personal. Laboratorio de cromatografía del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. CINVESTAV, Unidad Zacatenco, México D.F. 1995.
20. Prosky L., Asp N.G., Furda I., Devries J.W., Schweizer T.F. & Harland B.F. Determination of total dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. J. Assoc Off Anal Chem 68:677. 1985.
21. Hurrell R.F., Lerman P. & Carpenter K.J. Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye-binding procedure. J of Food Sci. 44:1221-1227. 1979.
22. Mejía de C. M.I. y Correa N. Estandarización de métodos analíticos sencillos para la determinación de lisina, triptófano y metionina. Rev. del Inst. de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá, Colombia. 1980.
23. Lombard J.H. & De Lange D.J. The chemical of tryptophan in food and mixed. Analytical Biochemistry. 10:260-265. 1965.
24. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 14th. Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 1984.
25. Bandrau S.R. Nutritional factors and colon cancer. Critical Reviews in Food Sci. and Nutr. 35(3): 175-1190. 1995.
26. Jenkins D. & Jenkins A. La dieta y la prevención de la enfermedad cardiovascular. Dieta y salud. Organo informativo de Kelloggs Vol 3 N° 2, 2do. Semestre. 1994.
27. Serna Saldívar S.O., Rooney L.W. & Greene L.W. Effect of Lime Treatment on the Availivility of Calcium in Diets of Tortillas and Beans: Rat Growth and Balance Studies. Cereal Chem 68:565-570. 1991.
28. Serna Saldívar S.O., Cannet R., Vargas J., González M., Bedolla S. & Medina C. Effect of soybean and sesame addition on the nutritional value of maize and decorticated sorghum tortillas produced by extrusion cooking. Cereal Chem 64:44-48. 1988.
29. Serna Saldívar S.O., Knabe D.A., Rooney L.W., Tanksley T.D. Jr. & Sproule A.M. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. J. Cereal Sci. 7:83-94. 1988.
30. Weber F.E. & Chaudhary V.K. Recovery and nutritional evaluation of dietary fiber ingredients from a barley by-products. Cereal Foods World 32(8): 548-550. 1987.
31. Fretzdorff B. & Brümmer J.M. Reduction of phytic acid during bread making of whole-meal breads. Cereal Chem 69(3): 266-270. 1992.
32. Medina D.C. Elaboración de un pan de caja tipo integral empleando pulidura de arroz desengrasada (PAD). Tesis de maestría. CINVESTAV, México, D.F. 1993.
33. Reinhold J.G. & García J.S. Fiber of maize tortilla. Am J Clin Nutr 32:1326-1328. 1979.
34. Bressani R. & Scrimshaw N.S. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. Agri. Food Chem 6:774-778. 1958.
35. Sproule A.M., Saldívar S.O., Bockholt A.J., Rooney L.W. & Knabe D.A. Nutritional evaluation of tortillas and tortilla chips from quality protein maize. Cereal Foods World 33(2): 233-236. 1988.
36. Ortega E.I., Villegas E. & Vasal S.K. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. Cereal Chem 63:446-451. 1986.

Recibido: 23-10-1995

Aceptado: 06-09-1996