

ALAN vol.51 no.3 Caracas Sept. 2001

Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central

Ricardo Bressani, Juan C. Turcios, Luis Reyes y Roberta Mérida

Instituto de Investigaciones-Universidad del Valle de Guatemala

RESUMEN.

El objetivo del presente estudio fue el de caracterizar las harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano que se comercializan en Centro América por algunas propiedades físicas y químicas que puedan contribuir en conocer su composición química y ser de ayuda a programas de nutrición y de fortificación de alimentos con micronutrientes. Se adquirieron 12 marcas en triplicado de los supermercados en Guatemala, El Salvador y Honduras, muestras que se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de su análisis. Los parámetros físicos y resultados fueron: granulometría, con muchas harinas con niveles que no pasan 60 mesh, pH (5.4-7.5), índice de absorción de agua, WAI (3.4-4.0 g gel/g muestra), índice de sólidos en agua, WSI (4.8-7.8 g/100g) y densidad (0.410-0.547 g/ml). Las diferencias entre harinas fueron estadísticamente significativas para todos los parámetros, menos para WAI. Las características químicas incluyeron humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietética. Las diferencias fueron estadísticamente significativas entre harinas con la excepción de la grasa. El contenido de proteína fue bajo, variando entre 6.7 - 8.1 g/100g y el de fibra dietética total entre 7.7-12.0 g/100g en base seca. Las muestras fueron analizadas por ácido fítico con una variación de 632 a 903 mg/100g, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Las harinas fueron analizadas por su contenido de hierro total y soluble (pH 7.5), calcio, zinc, fósforo, potasio, magnesio, cobre y manganeso. Las diferencias en el contenido de calcio y hierro entre harinas fueron estadísticamente significativas. La variabilidad física y química entre las harinas de maíz nixtamalizado fue relativamente alta por lo que se recomienda que se establezcan estándares de calidad a través de materia prima y procesamiento, para una mayor efectividad de acciones en fortificación con micronutrientes que se pretenda realizar en el futuro.

Palabras clave: Harina nixtamalizada de maíz, características físicas y químicas, nixtamalización industrial de maíz, maíz nixtamalizado consumo humano.

SUMMARY.

Physical and chemical characteristics of industrial nixtamalized maize flour for human consumption in Central America. The objective of this study was the characterization of industrial nixtamalized maize flour for human consumption and which are marketed in Central America for some selected physical and chemical properties which may contribute to food composition information and help nutrition and micronutrient fortification programs. A total of 12 brands purchased in triplicate were obtained from supermarkets in Guatemala, El Salvador and Honduras. These samples were kept under refrigeration until analyzed. The physical parameters measured and results were the following: particle size with most samples having a high percentage of particles greater than 60 mesh, pH (5.4-7.5), water absorption index (WAI) (3.4-4.0 g gel/g sample), water soluble index (WSI) (4.8-7.8 g/100g) and flour density (0.410-0.547 g/ml). The differences were statistically significant for all parameters measured, except for WAI. The chemical characteristics included, moisture, protein, fat, ash and dietetic fiber. Differences between flour samples were statistically significant except for fat content. Protein content was low, ranging between 6.7-8.1 g/100g and total dietary fiber varied between 7.7-12.0 g/100g. The samples were analyzed for phytic acid with a variation from 632 to 903 mg/100 g, with statistical significant differences. The samples were also analyzed for total and soluble (pH 7.5) iron, phosphorus, calcium, potassium, zinc, copper, manganese, and magnesium. The difference in the iron and calcium content between flour samples were statistically significant. The physical and chemical variability found between flour samples of nixtamalized maize was relatively high and it is recommended to establish quality standards through raw material and process standardization for greater effectiveness of nutrition programs and activities on micronutrient fortification which may be pursued in the future.

Key words: Nixtamalized maize flours, industrial nixtamalization physical and chemical characteristics, nixtamalized maize for human consumption.

Recibido: 10-12-1999 Aceptado: 07-08-2001

INTRODUCCION

El maíz transformado principalmente en tortilla es el alimento que proporciona cantidades significativas de calorías, proteína y otros nutrientes a la dieta de grandes sectores de la población de Centro América, principalmente Honduras, El Salvador y Guatemala (1). Hasta hace relativamente poco tiempo, el maíz era procesado por nixtamalización al nivel del hogar, sin embargo hoy día el uso de harinas nixtamalizadas industrialmente se están volviendo populares por su conveniencia en la preparación de la tortilla y de otras formas de consumo del maíz nixtamalizado. Además estas harinas son por lo menos para cada marca más estables en su contenido de nutrientes, que el maíz utilizado por las amas de casa, lo que favorece los problemas asociados en encuestas de consumo y cálculo de ingestión de nutrientes. Asimismo, favorecen las posibilidades de mejoramiento de calidad nutricional por fortificación.

Gómez, y col (2) han descrito los pasos de transformación de maíz a harina

nixtamalizada y la caracterización de esas harinas para diferentes productos alimenticios y Bedolla y Rooney (3) caracterizaron física y químicamente varias harinas nixtamalizadas de maíz, tanto de México como de Estados Unidos. Estos últimos autores indicaron que las propiedades de la harina que estaban bastante asociadas con la aceptabilidad de las tortillas fueron: a) la distribución y el índice del tamaño de partícula; la absorción de agua, el pH, color y la viscosidad máxima medida con el amilógrafo. Otras propiedades estudiadas como densidad de la harina, el contenido de humedad, proteína y almidón y el contenido de almidón susceptibles enzimas, no influyeron en la funcionalidad de las harinas y aceptabilidad de la tortilla. La variabilidad en composición química, posiblemente es atribuible a diferencias en procesamiento o variedad de maíz.

Para fines nutricionales, para el establecimiento de estándares de composición química y de valor nutritivo y para fines de mejoramiento de su calidad nutricional por fortificación es importante conocer la variabilidad que puede existir entre las marcas comerciales de las harinas nixtamalizadas de maíz. Por consiguiente el propósito de este estudio fue el de obtener información sobre algunas características físicas y químicas de un grupo de harinas comerciales de maíz nixtamalizado en Centro América.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización del estudio se obtuvieron de los supermercados, un total de 12 marcas de las cuales 6 fueron de Honduras, 2 de El Salvador y 4 de Guatemala. Se obtuvieron 3 bolsas de harina para fines de realizar análisis en triplicado. Los análisis físicos incluyeron densidad midiendo el volumen al compactar en un cilindro de 25 ml 20 g de harina y expresando el resultado como g/ml. El pH se determinó de acuerdo al método AOAC (4). La granulometría se obtuvo agitando por 15 min., 100 g de harina de acuerdo al método descrito por Bedolla y Rooney (3); el índice de absorción de agua (WAI) y solubilidad en agua (WSI) por el método descrito por Anderson y col. (5). Las muestras fueron analizadas por humedad, proteína, grasa y cenizas por métodos de la AOAC (4), y los minerales por absorción atómica (4). El contenido de ácido fítico se estableció por el método de Haug & Lantzsch (6). El ácido fítico extraído se precipitó con una solución ácida de hierro III de un contenido conocido. La disminución de hierro en el sobrenadante es una medida del contenido de ácido fítico. Las muestras fueron analizadas por hierro soluble a pH 7.5 (7). Las muestras también fueron analizadas por fibra dietética de acuerdo al método de Englyst y col. (8).

RESULTADOS Y DISCUSION

Algunos datos de las características físicas de las 12 harinas estudiadas se resumen en la [Tabla 1](#). La densidad de las harinas en g/ml varió entre 0.410 a 0.547 g/ml con un promedio de 0.498 con diferencias estadísticamente significativas. Estas cifras están cerca de los valores que se han informado en la literatura de 0.420 - 0.435 (3). Los valores altos de densidad sugieren que son harinas de una granulometría fina que empacan bien en el envase. El índice de absorción de agua (WAI) varió entre 3.41 a

4.02 g gel/g harina seca con un promedio de 3.71 g gel/g harina seca. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los valores de la literatura varían entre 4.20 a 4.40 para harinas nixtamalizadas en Estados Unidos y en México (3). Este índice está muy asociado al número y al peso de tortillas por 100 g de harina, o sea que las de mayor índice son las que dan mayor número y peso de tortillas. Así mismo la suavidad, dureza o sequedad de la tortilla están asociadas al WAI. El índice de solubilidad de los sólidos varió entre 4.77 a 7.00 g/100 g con un promedio de 5.74 g/100g, valores que están dentro de los valores informados en la literatura (2,3). Las diferencias fueron significativas estadísticamente. Finalmente el pH de la harina varió entre 5.40 a 7.51 con un promedio de 6.31 ± 0.64 . Este amplio rango sugiere que existen diferencias en el lavado del maíz cocido después de la cocción. Los valores de la literatura son entre 6.90 a 7.40 (3). La [Tabla 2](#) resume la granulometría de las harinas, la mayoría de las cuales tenían un tamaño de partícula mayor de 60 mesh, lo cual no está de acuerdo a lo informado en la literatura, en la que se indica que las harinas son más finas.

Estas diferencias pueden ser debido a que en Centro América las tortillas se preparan con las manos y muy poco con máquinas, las cuales requieren una harina más fina.

La [Tabla 3](#) presenta los datos de humedad, proteína, grasa y cenizas en las harinas industriales, siendo las diferencias entre ellas significativas al 0.01% con la excepción del contenido de grasa. El contenido promedio de humedad de 10.09 ± 1.80 g/100g es adecuado, sin embargo el contenido de proteína, con un promedio de 7.76 g/100g se considera del lado bajo. Los contenidos promedio de grasa y de ceniza son similares a los informados en la literatura (9-11).

TABLA 1

Algunas características físicas de las harinas de maíz nixtamalizadas industriales

| Harina No. | Densidad g/ml | WAI g gel/ g muestra | WSI g/100 g | pH |
|------------|---------------|----------------------|-------------|---------|
| 1 | 0.522 ab | 3.57 a | 5.80 abc | 5.40 c |
| 2 | 0.540 a | 3.45 a | 6.98 a | 5.53 de |
| 3 | 0.516 ab | 3.60 a | 7.00 a | 6.00 c |
| 4 | 0.547 a | 3.86 a | 6.79 ab | 5.73 cd |
| 5 | 0.530 ab | 3.99 a | 5.53 abc | 6.57 b |
| 6 | 0.460 bc | 3.58 a | 4.38 c | 6.77 b |
| 7 | 0.526 ab | 4.02 a | 5.95 abc | 5.93 c |
| 8 | 0.507 ab | 3.66 a | 5.62 abc | 5.93 c |
| 9 | 0.480 abc | 3.50 a | 4.77 bc | 6.77 b |
| 10 | 0.480 abc | 3.41 a | 5.10 abc | 7.51 a |

| | | | | |
|------------------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| 11 | 0.410 c | 3.91 a | 4.78 bc | 6.73 b |
| 12 | 0.460 bc | 3.52 a | 6.15 abc | 6.83 b |
| Promedio ± DS | 0.498 | 3.71 | 5.74 | 6.31 |
| | 0.041 | 0.22 | 0.88 | 0.64 |
| Literatura | 0.435±0.044** | 4.40±0.6* | 5.00- 7.20*** | 7.10±0.20 |
| | 0.420±0.023* | 4.20±0.4** | | 7.40±0.20 6.90 |

Harinas de México (3)

**Harinas de Estados Unidos (3)

***(2).

TABLA 2

Granulometría de las harinas, %

| Harina No. | No pasa 60 | Mesh No pasa 80 | + de 80 |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 86.5 | 12.0 | 1.5 |
| 2 | 34.0 | 59.5 | 1.5 |
| 3 | 42.0 | 51.5 | 6.5 |
| 4 | 16.5 | 81.5 | 2.0 |
| 5 | - | - | - |
| 6 | 82.0 | 18.0 | 0 |
| 7 | 38.5 | 49.5 | 12.0 |
| 8 | 71.0 | 22.5 | 1.5 |
| 9 | 41.0 | 58.0 | 1.0 |
| 10 | 77.0 | 17.5 | 5.5 |
| 11 | 72.4 | 25.0 | 2.6 |

Tabla 4. Las diferencias entre harinas fueron estadísticamente significativas al 0.01%. El contenido promedio de FDT fue de 10.24 g/100g y el de la FDI de 8.12 g/100g, valores que están dentro de los rangos de la literatura (12). Sánchez - Castillo y col (13) informaron de valores para F.D. Total, Insoluble y Soluble para harina nixtamalizada de uso urbano de 6.5, 5.3 y 1.1 g/100g respectivamente. Para harina en área rural los valores fueron 8.3, 6.2 y 1.1 g/100g respectivamente. Los valores de fibra dietética dependen en parte del método de análisis y también de la eficiencia de remoción de la cáscara del maíz en procesamiento (12,14). Los datos sobre el contenido de ácido fítico, hierro total y hierro soluble (pH 7.5) se presentan en la **Tabla 5.** El ácido fítico varió entre 0.632 a 0.903 g/100g, con un promedio de 0.808 g/100g. Las cifras citadas en la literatura varían de 0.5 - 0.6 g/100g hasta 0.95 g/100g (15, 16, 21), de tal manera que las cifras de este estudio están dentro de lo informado en la literatura. Urízar y Bressani (18) informaron de un valor de 0.739 g/100g en harina nixtamalizada de maíz. Además indicaron que la cifra en la harina depende del nivel de cal y tiempo de cocción utilizado para cocinar el maíz. Khan y col. (19) utilizando otros métodos de procesamiento térmico del maíz, informaron de pérdidas entre 11.5 a 52.6%, indicando la alta estabilidad del compuesto en el maíz. Como es conocido el ácido fítico es un compuesto que influye sobre la biodisponibilidad del hierro y es deseable que su contenido en la harina sea el más bajo posible. El contenido de hierro total varió entre 1.66 a 4.79 mg/100g con un promedio de 2.53 mg/100g. Las cifras están dentro de la variabilidad que ha sido informada. El hierro soluble medido a pH 7.5 después de hidrólisis enzimática varió entre 0.39 a 0.57 mg/100 g con un promedio de 0.48 mg/100g. Este hierro representa entre el 9.4 al 30.1% del hierro total, con un promedio del 19%.

TABLA 3

Composición química de las harinas nixtamalizadas industriales de maíz, g/100 g

| Harina No. | Humedad | Proteína | Grasa | Cenizas |
|------------|----------|----------|--------|----------|
| 1 | 8.29 e | 7.88 ab | 3.45 a | 1.59 c |
| 2 | 9.88 d | 7.98 a | 3.83 a | 1.60 c |
| 3 | 12.70 a | 7.48 ab | 2.16 a | 2.70 ab |
| 4 | 10.43 cd | 7.75 a | 3.77 a | 1.79 abc |
| 5 | 8.22 e | 8.11 a | 3.53 a | 1.95 c |
| 6 | 12.62 a | 7.94 a | 3.04 a | 1.90 c |
| 7 | 7.86 e | 8.01 a | 3.15 a | 2.78 a |
| 8 | 8.59 e | 7.64 ab | 2.72 a | 1.65 bc |
| 9 | 9.93 d | 6.68 b | 3.27 a | 1.25 c |

| | | | | |
|----------|----------|---------|--------|--------|
| 10 | 12.32 ab | 7.77 ab | 3.05 a | 1.14 c |
| 11 | 11.41 bc | 7.46 a | 3.42 a | 1.39 c |
| 12 | 8.83 e | 8.11 a | 3.23 a | 1.22 c |
| Promedio | 10.09 | 7.76 | 3.22 | 1.75 |
| D.E. | ± 1.80 | 0.41 | 0.46 | 0.53 |

Letras diferentes representan valor significativamente diferente.

Wyatt & Triana - Tejas (20) informaron que el hierro soluble en tortilla era del orden del 26% del hierro total. Correlaciones lineales simples entre ácido fítico y hierro soluble y entre calcio y hierro soluble no alcanzaron significancia estadística. El contenido de calcio, zinc y fósforo en las harinas se presenta en la [Tabla 6](#).

TABLA 4

Contenido de fibra dietética en harinas nixtamalizadas industriales de maíz, g/100g

| Harina No. | Total | Insoluble | Soluble |
|------------|----------|-----------|---------|
| 1 | 7.75 b | 6.78 bc | 0.97 e |
| 2 | 9.20 ab | 7.26 abc | 1.94 d |
| 3 | 9.20 ab | 6.31 c | 2.89 c |
| 4 | 9.20 ab | 8.23 abc | 0.97 e |
| 5 | 10.16 ab | 6.29 c | 3.87 a |
| 6 | 10.16 ab | 7.26 abc | 2.90 c |
| 7 | 11.13 ab | 8.23 abc | 2.90 c |
| 8 | 10.65 ab | 8.72 a | 1.93 d |
| 9 | 11.62 a | 10.65 ab | 0.97 e |
| 10 | 11.13 ab | 10.16 ab | 0.97 e |
| 11 | 12.10 a | 10.16 ab | 1.94 d |
| 12 | 10.55 ab | 7.42 abc | 3.13 b |
| 1 | 7.75 b | 6.78 bc | 0.97 e |
| 2 | 9.20 ab | 7.26 abc | 1.94 d |

| | | | |
|----------|---------|--------|--------|
| 3 | 9.20 ab | 6.31 c | 2.89 c |
| Promedio | 10.24 | 8.12 | 2.11 |
| D.E. | ± 1.23 | ± 1.52 | ± 1.01 |

TABLA 5

Contenido de ácido fítico, hierro total y hierro soluble en harinas nixtamalizadas de maíz

| Muestra No. | Acido Fítico, g/100g | Hierro total, mg/100g | Hierro soluble a pH 7.5 mg/100g | Soluble/total x 100 |
|-------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1 | 0.716 bcd | 2.62 ab | 0.39 f | 14.9 |
| 2 | 0.889 a | 2.12 b | 0.52 c | 24.5 |
| 3 | 0.874 ab | 2.58 ab | 0.45 e | 17.4 |
| 4 | 0.810 abc | 3.00 ab | 0.44 e | 14.7 |
| 5 | 0.632 d | 2.62 ab | 0.50 d | 19.1 |
| 6 | 0.879 ab | 4.79 a | 0.45 e | 9.4 |
| 7 | 0.755abcd | 1.87 b | 0.54 b | 28.9 |
| 8 | 0.864 abc | 1.66 b | 0.50 d | 30.1 |
| 9 | 0.842 a | 2.16 b | 0.50 d | 23.1 |
| 10 | 0.703 cd | 2.58 ab | 0.57 a | 22.1 |
| 11 | 0.903 a | 1.79 b | 0.45 e | 25.1 |
| 12 | 0.775abcd | 2.62 ab | 0.43 e | 16.4 |
| Promedio | 0.808 | 2.53 | 0.48 | 19.0 |
| D.E. | 0.090 | 0.82 | 0.05 | - |

Las diferencias entre harinas fueron significativas para calcio. El contenido varió entre 8 mg a 147 mg de calcio por 100 g de harina y se encontró no estar correlacionado con el pH. El contenido de calcio en harinas nixtamalizadas industriales es variable (1,10-12), pero es en promedio similar al de este informe de 97 mg/100g. La variabilidad se puede atribuir al nivel de cal usado en la cocción del maíz así como también al tiempo y tipo de remojo y lavado del grano cocido que se haga. Con respecto al zinc, la variación fue de 1.4 a 2.8 mg/100g con un promedio de 1.9 ± 0.4 mg/100g, valor similar al informado en la literatura (1,10-12). Con respecto al fósforo el promedio fue de 0.27 ± 0.03 g/100g con una variabilidad de 0.22 a 0.35 g/100g. Finalmente la [Tabla](#)

comerciales nixtamalizadas de maíz. Se observó poca variabilidad con respecto al potasio y al magnesio, no así en el cobre y magnesio. Sin embargo, los valores son similares a los ya informados anteriormente (1,10-12).

TABLA 6

Contenido de calcio, zinc y fósforo en harinas nixtamalizadas industriales de maíz, mg/100g

| Harina No. | Calcio | Zinc | Fósforo g/100g |
|------------|---------|-------|----------------|
| 1 | 69 bcd | 1.8 a | 0.26 |
| 2 | 85 abcd | 2.1 a | 0.35 |
| 3 | 150 a | 1.8 a | 0.28 |
| 4 | 84 abcd | 1.4 a | 0.28 |
| 5 | 64 cd | 1.5 a | 0.22 |
| 6 | 8 d | 2.8 a | 0.26 |
| 7 | 124 abc | 1.5 a | 0.28 |
| 8 | 113 abc | 1.6 a | 0.26 |
| 9 | 125 abc | 2.6 a | 0.25 |
| 10 | 147 ab | 1.6 a | 0.27 |
| 11 | 74 abcd | 2.0 a | 0.28 |
| 12 | 116 abc | 1.8 a | 0.25 |
| 1 | 69 bcd | 1.8 a | 0.26 |
| 2 | 85 abcd | 2.1 a | 0.35 |
| Promedio | 97 | 1.9 | 0.27 |
| D.E. | 40 | ± 0.4 | 0.03 |

TABLA 7

Contenido de varios minerales en harinas nixtamalizadas de maíz

| No. | Potasio g/100g | Magnesio mg/100g | Cobre mg/100g | Magnesio mg/100g |
|-----|----------------|------------------|---------------|------------------|
| 1 | 0.24 | 0.10 | 0.12 | 0.40 |

| | | | | |
|----------|-------|------|-------|-------|
| 2 | 0.27 | 0.10 | 0.27 | 0.48 |
| 3 | 0.26 | 0.11 | 0.18 | 0.51 |
| 4 | 0.25 | 0.10 | 0.18 | 0.48 |
| 5 | 0.24 | 0.10 | 0.19 | 0.47 |
| 6 | 0.35 | 0.13 | 0.16 | 0.62 |
| 7 | 0.23 | 0.10 | 0.17 | 0.68 |
| 8 | 0.23 | 0.10 | 0.17 | 0.49 |
| 9 | 0.21 | 0.10 | 0.13 | 0.40 |
| 10 | 0.26 | 0.10 | 0.19 | 0.45 |
| 11 | 0.29 | 0.10 | 0.20 | 0.53 |
| 12 | 0.24 | 0.10 | 0.17 | 0.52 |
| 1 | 0.24 | 0.10 | 0.12 | 0.40 |
| Promedio | 0.25 | 0.10 | 0.18 | 0.50 |
| D.E. | 0.036 | 0.08 | 0.037 | 0.081 |

Los datos del presente estudio muestran que tanto las características físicas como las químicas estudiadas son diferentes en las diferentes harinas de maíz nixtamalizado lo cual puede reducir la eficiencia de programas de fortificación con vitaminas y minerales que se desee implementar. Es posible que la variabilidad sea debido a variedad de maíz, sin embargo es más probable que sea debido a variaciones en el proceso de nixtamalización. El nivel de cal y el tiempo de cocción pueden por ejemplo afectar el contenido de ácido fítico y también el de calcio, como ya fuera indicado. El lavado del nixtamal puede afectar fácilmente el nivel de calcio así como el nivel de fibra dietética y el pH del producto final. El pH, el contenido de calcio, el de ácido fítico y el de fibra dietética pueden fácilmente afectar la biodisponibilidad del hierro como ya ha sido establecido (15,16,21).

Es importante por consiguiente establecer niveles apropiados de contenido de compuestos en el maíz nixtamalizado, tanto nutrientes como sustancias antifisiológicas para que sean más exitosos los programas de fortificación de alimentos con vitaminas y minerales y hacer de la tortilla un alimento de superior calidad nutricional.

REFERENCIAS

1. Bressani R. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Revs Intl.* 1990;6: 225-264.
2. Gómez MH, LW Rooney, RD Waniska & RL Pflugfelder. Dry corn masa flours for tortilla and snack food production. *Cereal Foods World* 1987;32:

372-377.

3. Bedolla S, & LW Rooney. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 1984;29: 732-735.
4. AOAC - Association of Official Analytical Chemists - Official Methods of Analysis Centennial Edition (14th, 1984) Washington, DC.
5. Anderson RH, HF Conway, VF Pfeifer & EL. Griffin Jr. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Science Today* 1969;14: 4-7; 11-12.
6. Haug W & HJ Lantzsch. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and products. *J Sci Food Agric.* 1983;34: 1423-1426.
7. Narasinga Rao BS & T Prabhavathi. An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods. *Amer J Clin Nut.* 1978;31:169-175.
8. Englyst HN and Cummings JH. Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant food. *J Assoc Off Anal Chem.* 1988;71:808-814.
9. Saldana G & HE Brown. Nutritional composition of corn and flour tortillas. *J Food Sci.* 1984;49: 1202-1203.
10. Bressani R, M Breuner & MA Ortiz. Contenido de fibra ácido- y neutro detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. *Arch Latinoame Nutr* 1989;39: 382-391.
11. INCAP-ICNND. Tablas de Composición de Alimentos para Uso en América Latina. INCAP, Guatemala, 1961.
12. Bressani R, V Benavides, E Acevedo y MA Ortiz. Changes in selected nutrient content and in protein content and in protein quality of common and quality protein maize during rural tortilla preparation. *Cereal Chem* 1990;67: 515-518.
13. Sánchez - Castillo CP, PJS Dewey, M de L Solano, M Rucker & WPT James. The non starch polysaccharides in Mexican Pulses and Cereal Product. *J Fd Comp & Anal.* 1994;7:260-281, 1994.
14. Serna - Saldivar SO, DA Knabe, LW Rooney, TD Tanksley & AM Sproule. Nutritional value of sorghum and medize tortillas. *J Cereal Science* 1988;7:83-94.

15. Reinhold JG and JS García. Fiber maize tortilla. *Am J Clin Nutr* 1979;32: 1326-1328.
16. Reinhold JG, PM García & P Garzon. Solubility of ferrous and ferric ion as affected by constituents of the maize tortilla. *Nut Rep Intal.* 1984;30: 603-615.
17. Poneros AG, JW Erdman, Jr. Bioavailability of calcium from tofu, tortillas, dry milk and mozzarella cheese in rats. Effect of supplemental ascorbic acid. *J Food Sci.* 1988;53: 208-210.
18. Urízar Hernández AL & R Bressani. Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de ácido fítico, calcio y hierro total y disponible. *Arch Latinoamer Nutr* 1997;47: 217-223.
19. Khan N, R Zaman & M Elahi. Effect of heat treatment on the phytic acid content of maize products. *J Sci Food Agric.* 1991;54: 153-156.
20. Wyatt CJ & A Triana-Tejas. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and Phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico. *J Agric Food Chem.* 1994;42: 2204-2209.
21. Martínez-Torres C, Taylor I Leets, E Tropper, J Ramírez & M Layrisse. Iron absorption from maize bread. *Food Nutr Bull.* 1987;9:62-64.