

Fortificacion y evaluacion de tortillas de nixtamal

*Juan de Dios Figueroa Cárdenas, María G. Acero Godínez, Nora L. Vasco Méndez,
Alejandro Lozano Guzmán, Luz M. Flores Acosta y Jesús González-Hernández*

CINVESTAV-IPN, Querétaro, Qro. México- Universidad de Colima y Universidad Autónoma de Aguascalientes. México

RESUMEN. Se evaluó el efecto de la adición de vitaminas y pasta de soya desgrasada sobre la calidad de la tortilla de nixtamal (TN), así como las pérdidas de algunos nutrientes durante el proceso de nixtamalización. La adición de vitaminas y pasta de soya desgrasada se fijaron en 0.15% y 4% respectivamente, puesto que valores superiores afectaron negativamente el color y sabor en el producto. Se observó que el maíz pierde aproximadamente 1.5% de proteínas durante su transformación a tortilla, mientras que la tortilla de nixtamal fortificada con 4% de soya desgrasada (TNS) presentó 3% más proteína que la TN. Los contenidos de calcio en las tortillas fueron de 7.7, 114 y 212.5 mg/100 g para el maíz, TN y para TNS respectivamente. Respecto a la pérdida de vitaminas durante la transformación de maíz a tortilla se cuantificó 29.0% de pérdida para niacina, 46.3% para ácido fólico, 36.4% para tiamina y 80% para riboflavina. Durante el lavado del nixtamal se pierden gran cantidad de vitaminas, se cuantificó una pérdida de 18.2% de tiamina, 16.6% de riboflavina y 20.7% de ácido fólico. Por el contrario la harina nixtamalizada integral, en cuyo proceso de elaboración no se contempla el lavado, presentó un balance de niacina positivo del 7.9%. Las pérdidas durante el cocimiento de la tortilla fueron muy elevadas especialmente para la riboflavina, ya que del 80 % de pérdidas de esta vitamina durante el proceso total, el 63.8 % se presentó durante su cocimiento y el 16.6% durante el lavado del nixtamal.

Palabras clave: Tortilla de nixtamal, fortificación, vitaminas, calidad de la tortilla.

SUMMARY. Fortification and evaluation of the nixtamal tortillas. The effect of the addition of vitamins and soy protein on the quality characteristics of nixtamal tortillas (TN) and the losses of nutrients during the nixtamalization process were evaluated. Vitamins (0.15% as is) and defatted soy (4% as is) were added to the tortillas without affecting their sensory characteristics. Higher values of those nutrients had a negative effect on the color and flavor of the product. During the production of the tortilla the corn lost approximately 1.5% of proteins. The nixtamal tortilla fortified with 4% of defatted soy (TNS) showed 3% higher protein content than the TN. The calcium content in the samples was 7.7, 114 and 212.5 mg/100 g for the corn, the TN and the TNS respectively. In the process of producing the nixtamal tortillas from corn 28.9% of the niacin, 46.3% of the folic acid, 36.3% of the thiamin and 80% of the riboflavin were lost. During the washing and rinsing of the nixtamal there were losses of 18.2% of the thiamin, 16.6% of the riboflavin and 20.7% of the folic acid. Although the niacin showed a 28.9% loss, the alkaline process caused an important release of that vitamin. The losses during the cooking of the tortillas were high especially for riboflavin which showed a total loss of 80% in comparison with the original corn. Of the total, 63% was lost during cooking and 16.6% was lost during washing of the nixtamal.

Key words: Nixtamal tortilla, fortification, vitamins, tortilla quality.

INTRODUCCION

La fortificación de alimentos es el mejoramiento nutritivo de alimentos por medio del agregado de nutrientes, tales como vitaminas, minerales y aminoácidos (u otros suplementos proteínicos) (1). Las estrategias de la fortificación se basan en el potencial para beneficiar, en el menor tiempo, a la mayor parte de la población que padece desnutrición por medio del mejoramiento de la calidad del alimento o alimentos que componen la mayor parte de la dieta. En 1997 en México se estableció la adición de micronutrientes a las harinas de trigo y maíz para reponer las vitaminas y minerales perdidos durante la transformación de los granos en harina. Actualmente en el país se han implementando las medidas

para que las harinas refinadas sean enriquecidas con tiamina (5 mg), riboflavina (3.0 mg), niacina (35 mg), ácido fólico (2.0 mg), hierro (30 mg) y zinc (20 mg)/kg. El costo de la adición de estos seis nutrientes básicos representa aproximadamente 1.6% del precio de la tortilla por lo que se espera no incremente el costo del producto. La industria harinera nacional está llevando a cabo varios programas para la fortificación de la tortilla hecha de harina nixtamalizada. En este aspecto se espera enriquecer la tortilla elaborada de harina que representa el 22.8% del consumo total en México, sin embargo no se ha contemplado el 36.7% de la tortilla que se elabora con masa de molinos de nixtamal comerciales, ni el 40.5% de la tortilla elaborada a mano en zonas rurales (2). Por esta razón el objetivo del presente trabajo fue evaluar

tecnologías sencillas y de bajo costo para fortificar con vitaminas, minerales y proteínas la tortilla de nixtamal.

La tortilla en la dieta

En México la tortilla forma parte de la dieta de todos los estratos sociales, con un consumo per cápita de 120 kg anuales, esto es 328 g/día de tortilla. La tortilla sola provee 38.8% de las proteínas, 45.2% de las calorías y 49.1% del calcio de la dieta diaria de la población de México y en zonas rurales provee aproximadamente el 70% del total de calorías y el 50% de las proteínas ingeridas diariamente (3). En términos de porcentaje en peso del alimento la tortilla aporta el 65% y el frijol aporta el 15% de la dieta rural (4). Esto aunque muy crítico, es algo afortunado por la combinación del frijol con el maíz que permite la sobrevivencia en esas comunidades. Datos semejantes fueron presentados por Elías y Bressani (5) sobre la dieta de niños de Guatemala que indican cifras de 72% y 8% de maíz y frijol, respectivamente.

El maíz, como todos los cereales, es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano, y también en niacina, vitamina del complejo B que previene la pelagra y que es sintetizada a partir del triptofano. La nixtamalización implica un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz e incrementa el balance de aminoácidos esenciales y libera niacina que de otra manera permanecería sin ser aprovechada. Asimismo, el proceso de nixtamalización provee beneficios como la alta disponibilidad de calcio en la tortilla que es importante porque evita el desarrollo de osteoporosis (6- 8).

La problemática de la producción de tortilla se ha venido incrementando en México, ya que actualmente se consumen 10 millones de toneladas de tortillas al año. La falta de una dieta apropiada, debido a la limitación de recursos económicos y al incremento de la población, han hecho que la población sea más dependiente de la tortilla para su alimentación diaria. Es un hecho que el consumo de tortilla en zonas rurales se incrementa considerablemente en épocas de crisis económicas.

Investigaciones y estrategias de fortificación de la tortilla

Las primeras investigaciones sobre la tortilla en México se efectuaron en los años 50's por el Instituto Nacional de Nutrición (9). Posteriormente, se estudió la fortificación de la tortilla con harina de soya, garbanzo etc. (9-11). El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) con sede en Guatemala también ha estado a la vanguardia en lo relacionado al mejoramiento del valor nutritivo de la tortilla, llevando a cabo la suplementación de la harina instantánea de maíz con sus aminoácidos limitantes (12). Se ha encontrado que la adición de aminoácidos limitantes (lisina y triptofano) mejora el valor nutritivo de las proteínas de la tortilla. Sin embargo, se obtiene un aumento mayor cuando la harina de maíz esta fortificada simultáneamente con aminoácidos y

vitaminas tales como tiamina, riboflavina y niacina (13). Otros investigadores han intentado enriquecer la tortilla, usando proteína de pescado, harina de soya, etc. (14,15). En algunos casos se han registrado avances importantes, en otros se ha alterado el sabor, color o bien el producto se endurece con rapidez (2,15).

En el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se están mejorando los maíces con altos niveles de lisina y triptofano, gracias al gene Opaco-2 (O_2). Actualmente hay maíces QPM (Quality Protein Maize) que tienen el gene O_2 modificado para producir endospermo cristalino, duro y así dar un mayor rendimiento en el proceso (16). Por otra parte en el CINVESTAV se han llevado a cabo estudios de los cambios químicos en el contenido de vitaminas y otros nutrientes del maíz que se pierden en la transformación de maíz a tortilla. Gómez et al (17) indicaron que las pérdidas de alrededor del 50% en tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico fueron significativas durante el proceso de la producción de la tortilla. En este estudio la meta fue restablecer los niveles de algunos nutrientes perdidos en la transformación del maíz a tortilla, por medio de tecnologías de fortificación sencillas y de bajo costo sin perder los atributos de calidad de la tortilla de nixtamal.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó maíz comercial para la preparación de las tortillas que fueron elaboradas por el proceso tradicional (18). A 10 kg de maíz se le adicionaron 20 litros de agua y 1% de cal $[Ca(OH)_2]$, se colocaron en el fuego a ebullición por 20 minutos y posteriormente se dejaron en reposo por 14 hr. El nixtamal obtenido se lavó cuatro veces con agua y se escurrió para proceder a la molienda con molino de piedras. En la etapa de molienda del nixtamal se agregó en seco 0.15% de la premezcla de vitaminas y/o 4% (base húmeda) de la pasta de soya desgrasada y cocida. El nixtamal generalmente tiene una humedad de 42% a 45% y la pasta 9.6% por tanto la pasta de soya agregada puede variar 6.2 a 6.5% (base seca). Cabe mencionar que dichos porcentajes fueron fijados en base a ensayos preliminares que no se describen en esta publicación. La pasta de soya se homogeneizó con el nixtamal con una pala o bien con la masa en las mezcladoras comerciales donde se acondiciona agua quedando la humedad final de la masa de 52.9% a 56.3% para cocer la tortilla.

Premezcla de vitaminas y minerales

Mononitrato de tiamina 53.920 g; Riboflavina 33.330 g; Nicotinamida 383.850 g; Acido fólico 6.165 g; Hierro reducido 321.430 g; Oxido de zinc 130.760 g; Maltodextrinas c.b.p. 1000.000 g. Esta premezcla se adicionó al 0.15 % en peso del nixtamal (base húmeda).

Pasta de soya desgrasada

La pasta de soya se produce comercialmente calentando el grano de soya y haciendo hojuelas para extraer el aceite con el uso de hexano o solventes homólogos de hidrocarburos hasta menos del 1%. Las hojuelas extraídas se cuecen y muelen para formar una harina. La pasta de soya desgrasada y cocida presentó en base seca un contenido de 48.7% de proteínas, 0.96% de grasa, 9.6% de humedad y 3.85% de fibra cruda. El análisis de minerales en la pasta de soya fue de 0.017% de hierro, 0.002% de zinc y 0.351 % de calcio.

Reología de la masa

Las determinaciones de textura en la masa y de las tortillas se realizaron con el equipo Texture Analyzer (TA), modelo TA-XT2 (Texture Technologies Corp.), de 25 kg-f de capacidad con sensibilidad de 0.0001 kg. A la masa obtenida se le efectuaron estudios reológicos de consistencia, cohesión y adhesión. Se tomaron porciones de 25 g, que se moldearon con un anillo de plástico de 7.5 cm de diámetro y 1.9 cm de altura; la masa así moldeada se colocó en la plataforma de aluminio del Texture Analyzer y se hizo penetrar una esfera metálica de 1.27 cm de diámetro (TA-18, Texture Technologies Corp.), con una velocidad de penetración de 2 mm/s y con una distancia de 4 mm. Cada prueba se realizó con una repetición.

Preparación de los tratamientos

Los tratamientos probados fueron: Maíz crudo molido; TN= Tortilla de Nixtamal; TNV = Tortilla de Nixtamal con 0.15% (b.h.) de premezcla de vitaminas hidrosolubles y minerales; TNS = Tortilla de Nixtamal con 4% (b.h.) de harina de pasta de soya desgrasada y cocida; TNVS = Tortilla de Nixtamal con 0.15% de premezcla de vitaminas y 4% de pasta de soya desgrasada y cocida; TIS = Tortilla Integral preparada de acuerdo a la metodología de Gómez-Aldapa (15,16) + 4% de pasta de soya desgrasada y cocida.

Elaboración de tortillas

De cada muestra de masa se elaboraron tortillas de 12.5 cm de diámetro en una tortilladora manual de rodillos, previamente calibrados para obtener una abertura de 1.2 mm. Las tortillas fueron cocidas en un comal de acero a una temperatura de $280^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, por 30 segundos de un lado (para formar la capa delgada) y 25 segundos por el otro lado, finalmente se voltearon una vez más y se dejaron por un tiempo hasta lograr el inflado. Las tortillas se enfriaron a 27°C para que no se pegaran y se guardaron en bolsas de polietileno de baja densidad hasta su evaluación.

Análisis de la calidad de la tortilla

Pérdida de peso

Se efectuó por diferencia de peso de la tortilla cruda y cocida. Para lo cual se pesó la tortilla cruda con las dimensiones de grosor descritas anteriormente, se mantuvo la tortilla en un material aislante (polietileno de baja densidad) para evitar pérdida de peso hasta que le tocó el turno de su cocimiento. Se coció la tortilla con las condiciones previamente descritas del comal y se determinó por quintuplicado el porcentaje de pérdida de peso por diferencia cuando la tortilla tenía 40°C .

Inflado

Para evaluar el grado de inflado se hicieron cinco tortillas bajo las condiciones antes descritas, evaluando la formación de la ampolla durante el cocimiento de la tortilla. Dependiendo de la proporción de la ampolla que presentó la tortilla, se le asignó una calificación de acuerdo a la escala siguiente: 1=inflado al 100%, 2=inflado al 50% y 3=no hubo inflado. Tortillas con valores de «1» son las preferidas porque retienen más la humedad, tienen más suavidad y mejor textura.

Rolabilidad

Para determinar la rolabilidad de la tortilla se utilizó el método descrito por Bedolla (19), con algunas modificaciones. La prueba se llevó a cabo a temperatura ambiente después de 30 minutos de elaborada la tortilla. Se tomaron al azar tres tortillas completas, éstas se enrollaron en un tubo de 2 cm de diámetro y se observó si se presentó o no la ruptura. Se asignaron calificaciones dependiendo del grado de rompimiento que se presentó. Los extremos de la escala de calificación fueron 1= cuando no se rompió y 5= cuando hubo 100% de rompimiento al enrollamiento (como para formar un taco).

Color

Para evaluar el color de la tortilla se utilizó el MiniScan (Hunter Lab Reston Virginia USA). Tomando los valores de luminosidad «L» con escala de 0=negro a 100=blanco; los valores de rojo a verde «a», en la escala de rojo cuando es positivo, verde cuando es negativa y gris cuando es cero. Los valores de amarillo a azul «b», con escala que mide el color amarillo cuando es positiva, azul cuando es negativa y gris cuando es cero. Se evaluaron tres tortillas de cada tratamiento.

Olor y sabor

Con respecto al olor y sabor de las tortillas, se efectuaron análisis subjetivos para determinar olores y sabores indeseables no característicos de la tortilla.

Tensión

Esta prueba simula la fuerza al rasgado con las manos. Se eligieron al azar tres tortillas de cada tratamiento, a las que se les cortó la parte central utilizando un molde de lámina de forma de "i" mayúscula (I) cuyas dimensiones fueron, 8.6 cm de largo por 3.7 cm de ancho. El pedazo de tortilla con la forma establecida se sujetó con dos mordazas de tensión (TA-96) del texturómetro TA-XT2. Dicha prueba de rompimiento por tensión se efectuó con el texturómetro a una velocidad de 2mm/s y a una distancia de 10 mm. Se determinó la fuerza máxima de la tensión con dos repeticiones.

Corte

La prueba simula la fuerza del corte de un diente durante el masticado. Dicha prueba utiliza el accesorio TA-90 del texturómetro TA-TX2. Este accesorio es una cuchilla plana de 3mm de espesor y 69.3 mm de ancho que se conecta al brazo sensor del texturómetro y al desplazarse hacia abajo pasa a través de la ranura de una placa de aluminio ocasionando que el material expuesto se corte.

La prueba se realizó en las mitades intactas de las tortillas utilizadas en la prueba de tensión y sometiéndolas transversalmente al corte, a una velocidad de 2 mm/s y a una distancia de 15 mm. Las mediciones se hicieron en la primera hora y a las 24 h después de ser elaboradas. Cada prueba se realizó por duplicado.

Análisis químico proximal

El análisis químico proximal de los tratamientos en tortilla se realizó de acuerdo a la metodología descrita por la AACC (20). Proteína por el método 46-26, empleando el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6.25, Humedad por el método 44-19, Cenizas por el método 08-12, Extracto etéreo por el método 30-20 y Fibra cruda por el método 32-10.

Análisis de vitaminas hidrosolubles

Para el análisis de vitaminas (ácido nicotínico, niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico) las muestras se prepararon de acuerdo a la metodología descrita por Fellman et al (21) y se cuantificaron utilizando un cromatógrafo de líquidos, siguiendo la técnica de Lam et al (22) con ligeras modificaciones que se detallan enseguida:

Estándares: Niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico (Sigma). Reactivos: trietilamina, grado HPLC Chromanorm, Heptan sulfonato de sodio (Regis Co.), ácido acético glacial (Baker), metanol grado HPLC (Baker), agua destilada y desionizada, ácido clorhídrico, acetato de sodio y ácido tricloroacético (Merck) y amiloglucosidasa (Sigma). Los estándares y la curva de calibración se prepararon como lo indica Lam et al (22).

Para la preparación de la muestra se utilizó la técnica descrita por Fellman et al (21) que no solo es aplicable a

tiamina y riboflavina sino también para el resto de las vitaminas hidrosolubles.

La determinación cromatográfica se efectuó por HPLC, de acuerdo a la técnica descrita por Lam et al (22). La fase móvil se preparó con 0.941 g de heptan sulfonato de sodio, 10 ml de ácido acético, 1 ml de trimetilamina en un litro de solución. De esa solución se tomaron 850 ml y se aforaron a 1 litro con alcohol metílico grado HPLC. El pH se ajustó a 3.6 y la fase se paso por una membrana de teflón de 0.22 y se sonicó durante 40 minutos.

Se utilizó un cromatógrafo de líquidos LDC-Analytical con detector de UV ajustando la longitud de onda a 250 nm para niacina y tiamina y 270 nm para ácido fólico y riboflavina y columnas C-8, 5 μ , 250x4.6mm. Se trabajó a temperatura ambiente con la fase móvil mencionada con un flujo de 0.7ml/min. Se inyectaron 20 μ l de estándar o muestra. Se efectuaron 5 determinaciones de cada muestra o tratamiento.

Análisis de minerales (Ca, y P) por espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción (ICP)

Las muestras previamente calcinadas se pesaron en vasos de precipitado, adicionando 20 ml de HCL 1:1. Las muestras se mantuvieron en calentamiento y agitación en placas de agitación con control de temperatura hasta su completa solubilización. Se agregó agua destilada según se requirió para su solubilización. Se transfirieron estas soluciones a matraces volumétricos de 200 ml aforando con agua destilada. Una vez preparadas las muestras se procedieron a inyectarlas al espectrómetro de emisión atómica de plasma (ICP) marca Spectro modelo Flame, la cual fue inyectada a través de un tubo capilar de flujo gaseoso que forma el plasma con gas Argón UAP (ultra alta pureza). Con la utilización de estándares de Ca y P marca Alfa se determinó de manera directa la concentración de los minerales en la muestra.

Determinación de hierro y zinc por absorción atómica

La preparación de la muestra fue igual a la descrita anteriormente para el método de emisión atómica por plasma (ICP). La muestra en solución es aspirada por medio de un quemador de aire-acetileno en el que se hace incidir un haz de energía radiante con la longitud de onda del Zn ($\lambda = 213.9$ nm) y para el Fe ($\lambda = 248.3$ nm). Se utilizó un Espectrómetro de Absorción Atómica marca Perkin-Elmer modelo 2380, en el cual la energía radiante absorbida se relaciona con la concentración de patrones de Zn y Fe marca Alfa de concentración conocida.

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de rango múltiple de Duncan para la comparación de medias de las diferentes variables de respuesta obtenidas, utilizando el programa Statistical Analysis System (23).

RESULTADOS Y DISCUSION

Calidad de la tortilla fortificada

Este trabajo evaluó cuatro formas de fortificación para el mejoramiento nutricional de la tortilla con diferentes micronutrientes y proteínas, entre las cuales se encuentran: a) el uso de micronutrientes (vitaminas y minerales) adicionados al nixtamal, b) la adición de pasta de soya integral para aprovechar los niveles de lisina, triptofano, vitaminas y minerales naturalmente presentes en la soya integral, c) el uso de nuevos métodos de nixtamalización que favorecen el aprovechamiento integral del grano de maíz (2,18), y d) la combinación de todos los puntos anteriores. Ensayos preliminares no incluidos en esta publicación, ayudaron a fijar los niveles probados de la premezcla de vitaminas y pasta de soya, que fueron adicionados de tal forma que no se viera afectada la calidad sensorial de la tortilla (color, sabor, aroma y vida de anaquel). En la Tabla 1 se muestran las características reológicas de las masas y la textura de las tortillas fortificadas. Se puede observar que la adición de 4% y 6% de soya incrementó la cohesión de la masa pero no afectó la adhesión. Esto es la soya incrementó el aglomeramiento de las partículas en la masa pero ésta no se hizo pegajosa. Por otra parte la textura al corte o al masticado de la tortilla se afectó favorablemente con la adición de soya y vitaminas, ya que estas tortillas presentaron mayor suavidad. La adición de las

vitaminas y minerales así como también la soya en la tortilla fortificada, disminuyeron la resistencia mecánica al corte. El rendimiento de la masa se incrementó de 2.10 kg/kg de maíz en TN a 2.13 para TNS con 4% de pasta de soya incrementando también el rendimiento de tortilla de 1.76 Kg de tortilla/Kg de maíz en TN hasta 1.82 en TNS con 4 % de pasta. Varios investigadores han encontrado resultados similares con tortillas fortificadas con diferentes porcentajes de soya (24-27). Collins y Sánchez (24) encontraron que la absorción de agua con niveles del 10% y 20% de soya fue mayor que la del maíz y la masa desarrollo mejor consistencia la cual incrementó la cohesión de la masa. La soya en la tortilla fortificada disminuyó la firmeza (dureza) de la tortilla y aumentó la flexibilidad o rolabilidad de la tortilla debido a la mayor cantidad de agua presente en el producto. Por su parte Rooney (26) mostró que las tortillas fortificadas con 5% de soya desgrasada aumentaron la absorción de humedad de la masa y en general produjeron tortillas con mayor contenido de humedad. El mismo autor (26) estableció que la adición de pasta de soya desgrasada produjo tortillas más suaves, con mejor rolabilidad, color y calidad lo que refuerza los datos encontrados en el presente trabajo. Green et al (28) indicó que tortillas fortificadas con soya sin desgrasar al 12% presentaron colores similares a los de la tortilla control y valores mayores del 12% producen un color oscuro del producto.

TABLA 1
Características de textura en los diferentes tratamientos de fortificación de la tortilla con premezcla de vitaminas y soya desgrasada¹

Tratamiento	Masa		Tensión (N)	Tortilla	
	Cohesión (N)	Adhesión (N)		Corte (día 1) (N)	Corte (día 2) (N)
TN (Control)	2.57 ± 0.10 b	-0.301 ± 0.01a	4.62 ± 0.20 a	22.69 ± 2.04 a	27.16 ± 2.32 a
TN+0.1% Vitaminas	2.61 ± 0.06 b	-0.33 ± 0.02 a	3.51 ± 0.13 b	13.07 ± 0.05 b	16.63 ± 0.09 b
TN+0.15% Vitaminas	2.43 ± 0.02 b	-0.28 ± 0.03 a	2.69 ± 0.11c	14.02 ± 1.41b	13.94 ± 1.40 c
TN+4% soya	2.88 ± 0.09 a	-0.25 ± 0.05 a	3.52 ± 0.29 b	12.79 ± 0.84 b	17.24 ± 0.42 b
TN+6% soya	2.89 ± 0.11a	-0.24 ± 0.07 a	2.48 ± 0.14 c	8.93 ± 1.04 c	13.77 ± 0.97 c

TN=Tortilla de nixtamal, N=Newton.

¹ Medias ± desviación estándar seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0.05).

En la Tabla 2 se hace una comparación de algunas características de calidad de las diferentes tortillas. Se puede observar que con la adición de vitaminas en niveles superiores de 0.15% (base húmeda) se empiezan a detectar sabores, colores y olores desagradables a vitaminas por lo que el máximo nivel aceptable para trabajar en los tratamientos se fijó en 0.15% de la premezcla mencionada. Por otra parte, el uso de la soya desgrasada se fijó en 4% (base húmeda) puesto que valores superiores incrementaron el color en el producto.

Una vez determinado los niveles de adición de la

premezcla y de la pasta de soya, se evaluaron las pérdidas de micronutrientes durante la transformación de maíz a tortilla y el porcentaje de pérdidas de micronutrientes y proteínas después de su adición.

Análisis químico proximal de maíz y tortillas

En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis químico proximal del maíz sin procesar usado como materia prima para hacer el nixtamal, utilizado en elaboración de las tortillas con las diferentes alternativas

de fortificación y de la tortilla integral fortificada. El contenido de proteína del maíz fue mayor que en la tortilla de nixtamal TN. Esto es, el maíz durante la transformación a tortilla pierde aproximadamente 1-1.8% de proteínas solubles. La tortilla de nixtamal fortificada con 4% de pasta de soya presentó porcentajes de proteína de aproximadamente 3% mayores que la TN y 2% mayores que el valor de la proteína

encontrada en el maíz. Este incremento se debe al alto valor de proteína en la pasta de soya desgrasada (48.7%) utilizada en la preparación de los tratamientos. Incrementos de 3% de proteína fueron encontrados en tortillas fortificadas con 8% (base seca) de pasta de soya (25, 27, 14) y para tortillas fortificadas con soya integral al 12% (base seca) (28).

TABLA 2
Evaluaciones de calidad en las tortillas fortificadas

Parámetro	L ¹	a	b	Olor	Sabor	Inflado	Rolabilidad	Pérdida de peso (%)
TN (Control)	77.32±2.32 a	1.68±0.96 c	24.69±1.76 c	Bueno	Bueno	2.0±0.83 a	1.0±0.00 d	23.45±3.54 ab
TN+0.1% Vitaminas	69.15±0.46 d	2.61±0.59 a	32.66±2.27 b	Regular	Regular	1.0±0.00 c	2.0±0.00 a	24.82±3.91 a
TN+0.15% Vitaminas	71.61±1.28 b	1.98±0.55 b	37.28±1.28 a	Ligero olor a vitaminas	Algo amargo	1.0±0.00 c	1.3±0.48 c	23.93±5.96 ab
TN+4% soya	71.03±0.19 bc	2.21±0.18 b	22.48±0.78 d	Bueno	Bueno	1.3±0.48 b	1.6±0.48 b	22.12±1.67 b
N+6% soya	70.66±1.43 c	2.02±0.38 b	22.22±0.42 d	Bueno	Bueno	1.3±0.48 b	1.6±0.48 b	19.31±2.85 c

TN=Tortilla de nixtamal.

¹L=luminosidad con escala de 0=negro a 100=blanco; 'a' con valores de rojo a verde; 'b' con valores de amarillo a azul.

Inflado. Escala 1=100% inflado, 2=50% y 3 no inflan las tortillas.

Rolabilidad. Escala 1= no se rompe, 5= 100% de rompimiento al enrollamiento del taco. Pérdida de peso durante el cocimiento de la tortilla.

Medias ± desviación estándar seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0.05)

TABLA 3
Análisis proximal de tortillas con diferentes tratamientos y materia prima¹

Dietas	Humedad %	Proteína %	Fibra Cruda %	Extracto etéreo %	Cenizas %
Maíz	8.72±2.14 a	8.84±0.33 bdc	2.23±0.00 ab	5.92±0.19 a	1.51±0.34 c
TN	7.74±1.21 a	6.99±0.26 d	1.87±0.37 b	4.36±0.31 bc	1.74±0.16 bc
TNV	7.29±0.99 a	7.60±0.00 cd	2.28±0.00 ab	4.21±0.06 c	1.68±0.04 bc
TNS	7.28±1.01 a	10.91±0.02 b	2.39±1.15 ab	4.12±0.17 c	2.20±0.27 bc
TNVS	7.07±0.74 a	11.02±1.15 b	2.24±1.41 ab	4.19±0.00 c	2.25±0.28 b
TIS	6.80±1.70 a	9.78±1.44 bc	2.55±1.67 ab	4.78±0.45 b	1.85±0.26 bc
Soya	9.57±0.61 a	48.7±0.98 a	3.85±0.45 a	0.96±0.31 d	6.63±0.36 a
Harina ²	9.11±1.71	6.70±0.28	1.56±0.50	4.80±0.24	1.24±0.15
³ Tortilla	38.2 – 45.04 ⁴	5.2 – 7.2	0.7 – 1.1	0.8 – 3.8	0.9 – 1.4
⁵ Tortilla	38.2 – 43.6 ⁴	5.4 – 6.1	1.3 – 1.7	0.8 – 1.0	0.9 – 1.3
⁶ Tortilla tradicional	38.9-43.7 ⁴	7.8-10.3	NR ⁷	NR ⁷	1.55-1.69

Medias±desviación estándar seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0.05).

TN = Tortilla de nixtamal; TNV = tortilla de nixtamal con 0.15% de vitaminas de la premezcla; TNS =Tortilla de nixtamal con 4% de pasta de soya desgrasada y cocida; TNVS = Tortilla de nixtamal y 0.15% de vitaminas y 4% de pasta de soya, TIS =Tortilla integral más 4% de pasta de soya desgrasada y cocida, y Soya= Pasta de soya desgrasada y cocida.

¹.Datos calculados en base seca. ².Tortilla de harina de maíz nixtamalizado comercial con vitaminas y minerales.

³Ranhotra (37). ⁴Humedad en tortilla fresca. ⁵Factor de conversión N x 5.7. ⁶Saldana and Brown (38) N x 6.25. ⁷Cravioto et al. (36). Factor de conversión N x 6.25. ⁷No reportado.

En el caso del aprovechamiento integral del grano, se han desarrollado nuevos procesos de nixtamalización que permiten el incremento nutricional de la tortilla aprovechando todas las partes del grano (2,18). Las tortillas integrales (TI) y las tortillas integrales con 4% de pasta de soya (TIS) obtenidas mediante el proceso desarrollado por el CINVESTAV, se incluyeron en el estudio para evaluar las pérdidas de nutrientes durante el lavado. La tortilla integral conserva los nutrientes de las capas externas del maíz (pericarpio) que en el proceso tradicional de nixtamalización se pierden con el agua de lavado o nejayote. En el pericarpio se concentran gran cantidad de proteínas de buena calidad, vitaminas, minerales y fibra dietaria que en el proceso del CINVESTAV se aprovechan para incrementar los niveles nutricios de la tortilla. Como se esperaba las tortillas (TI y TIS) elaboradas con el proceso CINVESTAV, presentaron mayores valores de fibra comparadas con la TN del proceso tradicional. Estos niveles se deben a que en la tortilla integral se utiliza el grano entero, por lo que la presencia del pericarpio participa en el contenido de la fibra. Por otra parte, aunque el objetivo de este trabajo no fue evaluar la calidad de esta tortilla integral, sí es pertinente mencionar que el pericarpio no afectó negativamente las características de calidad de la tortilla y el color, sabor y aroma fueron comparables o superiores a los de la TN.

Con respecto al contenido de cenizas, se puede observar una tendencia al incremento en los tratamientos de tortillas en comparación con el maíz sin procesar (Tabla 3). Esta tendencia se hace más evidente para los contenidos de calcio presentados para las diferentes tortillas (Tabla 4). El maíz sin procesar presentó un contenido de calcio de 7.7 mg/100 g comparado con 114 mg/100 g para TN y 212.5 mg/100 g para TNS. Estos datos concuerdan con los reportados por Bressani et al (29), Serna-Saldivar et al (14, 30) y Gómez et al (17), quienes indicaron que durante el proceso térmico alcalino de nixtamalización se incrementa la biodisponibilidad de niacina en las tortillas, además que incrementan su contenido de calcio con respecto al maíz crudo en un rango de 2000%. Este hecho es muy importante desde el punto de vista nutricional ya que la tortilla representa una importante fuente de ingestión de este mineral y de esta vitamina (31). También el calcio está involucrado en funciones fisiológicas como coagulación de la sangre y actividad neuromuscular. De acuerdo con Karanja y McCarron (32), una dieta deficiente en calcio puede predisponer a la susceptibilidad a hipertensión e incrementar el riesgo de osteoporosis.

Como se esperaba las tortillas con la premezcla de vitaminas y minerales incrementaron sus niveles de hierro y zinc (Tabla 4), es importante de recalcar es que las tortillas que fueron fortificadas con pasta de soya presentaron

importantes niveles de Fe. Se ha mencionado que para que el hierro sea absorbido, la adición de este mineral debe de estar acompañada con una adición de zinc para mantener un equilibrio en la dieta (33). Esto parece ser válido para hierro y zinc incorporado en soluciones acuosas o bebidas pero no cuando estos minerales son suministrados en alimentos sólidos donde este efecto no es observado (34,35). Esta controversia se explica debido a que estos elementos son muy similares químicamente y comparten la misma ruta para la absorción dentro de la célula, resultando en mayor competencia en alimentos acuosos que en alimentos sólidos (34). Tablas 3 y 4 muestran que en general la TN presentó valores de fibra cruda, grasa y cenizas además del Ca, Fe y Zn similares a los reportados para tortilla de nixtamal tradicional de Cravioto et al (36). Por otra parte, Ranhotra (37), Saldana y Brown (38), encontraron valores de análisis proximal y minerales para tortilla de maíz en Estados Unidos muy similares a los valores de la tortilla elaborada con harina de maíz nixtamalizado de este estudio y relativamente bajos comparada con TN y tortilla de nixtamal reportada por Cravioto (36). La tortilla de maíz elaborada con harina de maíz nixtamalizado generalmente presenta bajos valores debido a un excesivo lavado del nixtamal para retirar cal, pericarpio y otras sustancias solubles (38).

TABLA 4
Análisis de minerales en tortillas con diferentes
tratamientos y materia prima¹

Dieta	Calcio mg/100 g	Hierro mg/100 g	Zinc mg/100 g
Maíz	7.7	2.9	1.4
TN	114.0	1.2	1.8
TNV	131.3	4.5	2.0
TNS	212.5	3.3	2.3
TNVS	199.9	5.2	NR ⁵
TIS	153.7	5.0	1.7
SOYA	351.2	17.0	2.0
HARINA ² .	89.4	4.8	1.8
³ Tortilla de maíz	87-205	1.2-1.9	1.1-1.4
⁴ Tortilla de maíz	87.3-210.0	1.2-1.8	NR ⁵
⁶ Tortilla tradicional	178-214	3.2-4.5	NR ⁵

¹. Datos calculados en base seca. TN = Tortilla de nixtamal; TNV = tortilla de nixtamal con 0.15% de vitaminas de la premezcla; TNS = Tortilla de nixtamal con 4% de pasta de soya desgrasada y cocida; TNVS = Tortilla de nixtamal y 0.15% de vitaminas y 4% de pasta de soya; TIS = Tortilla integral más 4% de pasta de soya desgrasada y cocida; y Soya = pasta de soya desgrasada y cocida. ². Tortilla de harina de maíz nixtamalizado comercial con vitaminas y minerales. ³ Ranhotra (37). ⁴ Saldana and Brown (38). ⁵ N x 6.25 ⁶ Cravioto et al., (36).

Pérdidas de vitaminas hidrosolubles en maíz y tortillas

En la Tabla 5 se presentan los resultados del análisis de vitaminas realizados al maíz y a las diferentes tortillas fortificadas. Durante la transformación de maíz a tortilla de nixtamal (TN) se pierden 29.0% de niacina, 36.4% de tiamina, 46.3% de ácido fólico y 80% de riboflavina, como se puede observar las vitaminas que más se pierden son la riboflavina (80%) y el ácido fólico con (46.3%). La tiamina y niacina presentan pérdidas de 36.4% y 36.9% respectivamente. Estas pérdidas del proceso tradicional se pueden separar en dos partes. Pérdidas de componentes solubles durante el lavado del nixtamal y pérdidas durante el cocimiento de la tortilla. El uso del método del CINVESTAV para la elaboración de la tortilla integral donde el nixtamal se elabora sin efluentes del nixtamal nos permite determinar el porcentaje de cada uno de los componentes perdidos durante las etapas de elaboración de la tortilla tradicional.

TABLA 5
Análisis de vitaminas hidrosolubles en los diferentes
tratamientos de tortillas^{1,2}

Dieta	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Acido fólico
Maíz	0.44±0.028 d	0.60±0.030 c	2.14±0.053 e	0.082±0.003 a
TN	0.28±0.029 f	0.12±0.017 e	1.52±0.030 g	0.044±0.003 d
TNV	0.60±0.032 b	0.71±0.038 b	2.80±0.042 b	0.045±0.003 d
TNS	0.56±0.029 bc	0.61±0.037 c	2.02±0.046 f	0.062±0.004 c
TNSV	0.72±0.029 a	0.78±0.048 *	2.92±0.038 a	0.070±0.003 b
TI	0.36±0.033 e	0.50±0.032 d	2.31±0.065 d	0.065±0.003 c
TIS	0.52±0.039 c	0.61±0.026 c	2.60±0.038 c	0.072±0.004 b
³ Tortilla				
de maíz	0.07-0.22	0.04-0.10	0.85-2.11	0.014-0.019
⁴ Tortilla				
de maíz	0.00-0.22	0.06-0.12	0.85-1.38	NR ⁵
³ Tortilla				
tradicional	0.29-0.37	0.08-0.12	1.46-1.89	NR ⁵

¹mg/100 g de muestra.

²Medias ± desviación estándar seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0.05).

TN = Tortilla de nixtamal; TNV = tortilla de nixtamal con 0.15% de vitaminas de la premezcla; TNS = Tortilla de nixtamal con 4% de pasta de soya desgrasada y cocida; TNSV = Tortilla de nixtamal y 0.15% de vitaminas y 4% de pasta de soya; TI = Tortilla integral y TIS = Tortilla integral más 4% de pasta de soya desgrasada y cocida.

³Ranhotra (37). ⁵No reportado

⁴Saldana and Brown (38).

⁶Cravioto et al (36).

Tomando la tortilla de maíz como 100% de nutrientes y restando a los porcentajes de pérdidas totales de la tortilla de nixtamal con los encontrados en la tortilla integral nos permite determinar las pérdidas de la tortilla por el lavado. En la etapa de lavado del nixtamal, la tiamina perdió 18.2%, la riboflavina

16.7% y el ácido fólico 20.7% sin embargo la niacina aunque presentó 29.0 % de pérdidas en el todo el proceso tradicional hubo una liberación de niacina con un balance positivo de 7.9%. Bressani et al (39) indicaron que el endospermo del grano de maíz contribuye con el 80% de la niacina, el germen con el 11% y el pericarpio con el 9% y durante el procesamiento se pierden 19%, 56% y 100% de niacina respectivamente de estas fracciones del grano, lo que suma un 30.36% de pérdidas totales lo cual es muy similar al 29% encontrado en el presente estudio. Las pérdidas durante el cocimiento de la tortilla fueron muy elevadas especialmente para la riboflavina ya que del 80% de pérdidas durante el procesamiento, el 63.84% se presentó en el cocimiento de la tortilla y el 16.7% en el lavado del nixtamal. Los otros componentes con más pérdidas durante el cocimiento fueron el ácido fólico con 25.6% y la tiamina con 18.2%.

CONCLUSIONES

Se evaluaron tratamientos de tortillas fortificadas ya sea con 0.15% de una premezcla de vitaminas y minerales o con 4% (base húmeda) de pasta de soya desgrasada, debido a que en ensayos preliminares se estableció que valores superiores de estos nutrientes afectaron el sabor color y calidad de la tortilla. La textura al corte o al masticado de la tortilla se afectó favorablemente con la adición de soya y vitaminas en los niveles mencionados ya que dichas tortillas presentaron textura más suave. El maíz pierde aproximadamente 1.8% de proteínas solubles durante su transformación a tortilla, mientras que la tortilla de nixtamal fortificada con 4% de pasta de soya presentó cerca de 3% mas proteína que la TN y 2% más proteína que la encontrada en el maíz utilizado como materia prima. El proceso de nixtamalización y la fortificación de la tortilla, ya sea con soya o con vitaminas y minerales incrementaron significativamente los niveles de calcio en la tortilla, este hecho es muy importante desde el punto de vista nutricional, ya que la tortilla representa una importante fuente de ingestión de este mineral que previene la osteoporosis. Las pérdidas de vitaminas hidrosolubles durante la transformación de maíz a tortilla, fueron muy importantes, en total se perdieron 29.0% de niacina, 46.3% de ácido fólico, 36.4% de tiamina y 80% de riboflavina. Los componentes vitamínicos que más se perdieron fueron la riboflavina y el ácido fólico, cuyas pérdidas fueron muy elevadas especialmente durante la etapa de cocción de la tortilla.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétaro (CONCYTEQ), y a la Universidad Autónoma de

Aguascalientes por el apoyo económico para la realización de este trabajo. También agradecemos la valiosa participación y apoyo técnico en los trabajos de fortificación de la tortilla de las siguientes personas: Rivelino Flores, Eduardo Morales, José Juan Véles, Carmen Santoyo, Esmeralda Rebollar, Marcela Gaytán y Araceli Mauricio.

REFERENCIAS

- Lachance PA. La Filosofía de la Fortificación Aplicada al Maíz. En: Bressani R, Braham JE, Béhar M, eds. *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Guatemala. INCAP. 1972.
- Figueroa JDC, González-Hernández J, Arámbula VG, Morales SE. *Tecnologías Ecológicas para la Producción de Tortilla. Avance y Perspectiva* 1997;16:363-374.
- González-Hernández J, Figueroa JDC, Martínez L, Vargas H, Sánchez-Sinencio F. Technological Modernization of the Alkaline Cooking Process for the Production of Masa and Tortilla. En: Gazzinelli R, Moreira RL, Rodrigues WN, eds. *Physics and industrial development: Bridging the gap*. Singapore and London. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 1997;126-178.
- Muñoz M, Chávez A. El impacto del maíz fortificado con proteínas y micronutrientes en una comunidad rural. Informe técnico de la evaluación anual sobre el efecto nutricional de la harina de maíz nixtamalizada fortificada. -Yosphi-El Rincón, San Ildefonso, Querétaro. México. Instituto Nacional de Nutrición «S.Z.». 1998.
- Elías LG, Bressani R. Valor Nutritivo de la Proteína de Harina de Tortilla y su Mejoramiento por Medio de Fortificación en Centro América. En: Bressani R, Braham JE, Béhar M, eds. *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Guatemala. INCAP 1973;172-194.
- Figueroa JDC, Martínez BF, González-Hernández J, Sánchez F, Martínez L, Ruiz M. Modernización Tecnológica del Proceso de Nixtamalización. *Avance y Perspectiva* 1994;13:323-329.
- Ranhotra GS, Gelroth JA, Leinen SD, Schneller FE. Bioavailability of calcium in breads fortified with different calcium sources. *Cereal Chem* 1997;74(4):361-363.
- Poneros AG and Erdman JW. Bioavailability of calcium from tofu, tortillas, nonfat dry milk and mozzarella cheese in rats: effect of supplemental ascorbic acid. *J Food Sci* 1988;53(1):208-210.
- Massieu G, Cravioto OY, Cravioto RO, Figueroa F de M. Estudios sobre Proteínas y Aminoácidos de Dietas Mexicanas. III. Eficiencia Proteica de Dietas a Base de Tortilla, Suplementadas con Frijol, Garbanzo o Leche por el Método de Crecimiento de la Rata Blanca. *Ciencia* 1954;14:93-97.
- Cravioto RO, Cervantes MM. Eficiencia proteica de la harina de masa enriquecida con harina de soja y de la adicionada con proteínas de ajonjolí. *Ciencia* 1965;24:159-162.
- Wild-Altamirano C. Presentación de trabajos Realizados en México sobre Enriquecimiento de la Harina de Maíz. En: Bressani R, Braham JE, Béhar M, eds. *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Guatemala. INCAP. 1973;87-89.
- Bressani R. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. En: Bressani R, Braham JE, Béhar M, eds. *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Guatemala. INCAP. 1972;5-30.
- Bressani R, Marengo E. 1963. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan and vitamins. *J Agric Food Chem* 1963;6:517-522.
- Serna-Saldívar SO, 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* 1988;4:44-48.
- Rubio M. La Industria de la Harina y la Tortilla de Maíz. *Industria Alimentaria* 1993;9-19.
- Vázquez CG, Salinas MY. El Mejoramiento de la Calidad de la Tortilla de Maíz. En: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, eds. *La Industria de la Masa y la Tortilla*. México: PUAL, UNAM, 1996;127-138.
- Gómez AC, Martínez B.F, Figueroa JDC, Ordorica FC, González HJ. Cambios en Algunos Componentes Químicos y Nutricionales Durante la Preparación de Tortillas de Maíz. *Arch Latinoamer Nutr* 1996;46(4):315-319.
- Gómez-Aldapa C, Martínez-Bustos F, Figueroa JDC, Ordorica FCA. A comparison of the quality of corn tortillas made from corn flours by traditional or extrusion processing. *J Food Sci. And Tech* 1999;34:391-399.
- Bedolla S. Development and characterization of instant tortillas flours from sorghum and corn by infra-red cooking (micronizing) and extrusion cooking. PhD Thesis. TX, EUA Texas: A & M University, Collage Station. 1983.
- AACC Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 9th ed. St Paul MN. 1995.
- Fellman JK, Artz WE, Tassinari PD, Cole CL, Agustin J. Simultaneous determination of thiamin and riboflavin in selected foods by high-performance liquid chromatography. *J Food Sci* 1982;47:2048-2051.
- Lam FL, Holcomb IJ, Fusari SA. Liquid chromatography assay of ascorbic acid, niacinamide, pyridoxine, thiamine, and riboflavin in multivitamin-mineral preparations. *J Assoc Off Anal Chem* 1994;67(5):1007-1012.
- Statistical Analysis System (SAS). SAS User's Guide. Version 6, Fourth Edition. Volume 1, Cary NC, USA. SAS Institute Inc. 943 pp. 1990.
- Collins JL, Sánchez JF. Quality parameters of tortillas fortified with soy and cheese. *J Food Sci*. 1980;45:667-679.
- Del Valle FR, Pérez-Villaseñor J. Enrichment of tortillas with soy proteins by lime cooking of whole raw corn-soy bean mixtures. *J Food Sci*. 1974;39:244-247.
- Ronney L. Efecto de la adición de proteínas de soya en la calidad de las tortillas. En: *Excelencia en la calidad en la calidad para la tortilla de maíz*. Reporte de investigaciones de la Asociación Americana de Soya 1999;1-22.
- Del Valle FR. Industry-government nutrimental improvement programs: an experience in Mexico. *Food Technology*, 1962;121-126.
- Green JR, Lawhon JT, Cater CM, Mattil KF. Utilization of whole undeffatted glandless cottonseed kernels and soybeans to protein-fortify corn tortillas. *J Food Sci*. 1977;42(3): 790-794.

29. Bressani R, Scimshaw NS. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *Agri Food Chem* 1958;6:774-778.
30. Serna-Saldivar SO, Knabe DA, Rooney LW, Tanksley TD, Sproule AM. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. *J Cereal Sci* 1988;7:83-94.
31. Koetz R, Neukom H. Nature of bond nicotinic acid in cereal and its release by thermal and chemical treatment. En: Hoyden T, Kvale O, eds. *Physical, Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing*. London:Applied Science Publishers, 305. 1977.
32. Karanja N, McCarron D. The calcium-blood pressure hypothesis: Evidence for its validity. *Cont. Nutrition* 1984;9(1):1-3.
33. Casanueva E. La adición de nutrimentos a las harinas de maíz y de trigo: Un caso de enriquecimiento explicable. *Cuadernos de Nutrición* 1999;22(2):69-76.
34. Whittaker P. Iron and zinc interactions in humans. *Am J Clin Nutr.* 1998;68:442S-445S.
35. Solomons NW, Competitive interaction of iron and zinc in the diet: consequences for human nutrition. *J Nutr.* 1986;116:927-935.
36. Cravioto RO, Anderson RK, Lockhart EE, Miranda F de P, Harris RS. Nutritive value of the Mexican tortilla. *Science* 1945;102(2639):91-93.
37. Ranhotra GS. Nutritional profile of corn and flour tortillas. *Cereal Food World* 1985;30(10):703-704.
38. Saldana G, Brown HE. Nutritional composition of corn and flour tortillas. *J Food Sci.* 1984;49:1202-1205.
39. Bressani R, Gomez-Brenes R, Scrimshaw NS. Effect of processing on distribution and in vitro availability of niacin of corn (*Zea mays*). *Food Tech* 1961;450-454.

Recibido:06-01-2000

Aceptado: 10-07-2001