

Formulación y caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica de tortillas elaboradas con maíz y cacahuate

D. Castañeda-Arriaga¹, M. Hernández-Ayala¹, D. Olvera-Torres¹, M. del R. Ramírez-Castillo¹, A. Cerón-García^{1,2}, M. E. Sosa-Morales^{1,2}, y Mares-Mares E^{1,2}.

¹Departamento de Alimentos, ²Posgrado en Biociencias. División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Gto., C.P. 36500.

e.maresmares@ugto.mx

RESUMEN:

La tortilla de maíz posee una calidad proteica limitada por el bajo contenido en lisina y triptófano por lo que es necesario que en su elaboración se incorporen alimentos que compensen estas deficiencias. Una alternativa, es el uso de oleaginosas como el cacahuate, las cuales se caracterizan por un alto contenido de triptófano. El objetivo de este trabajo fue formular e incorporar el cacahuate en la tortilla y obtener su caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica. Para ello, se establecieron dos formulaciones con diferentes contenidos de cacahuate, se eligió la de mayor aceptación mediante evaluación sensorial y se sometió a un análisis bromatológico (AOAC, 1990), se midieron algunas propiedades como esfuerzo de corte, pH y color. Se determinó su calidad proteica y el índice glucémico. Finalmente, se determinó la vida útil sensorial en almacenamiento a 4°C. De acuerdo a los resultados, no existió diferencia significativa entre las 2 formulaciones (Tukey<0.05). El contenido de proteína fue de 8.5% y la calidad proteica aumentó casi el doble con la adición de cacahuate (58.48%) y el índice glucémico se mantuvo respecto al control y el esfuerzo de corte fue superior (813.66g) con respecto al control (369.00g). Se determinó que el sabor limita el tiempo de vida útil a 7 días después de su elaboración.

ABSTRACT:

Corn tortilla has a protein quality limited by the low lysine and tryptophan content, so it is necessary to incorporate foods in its elaboration that compensate these deficiencies. An alternative is the use of oilseeds such as peanuts, which are characterized by a high content of tryptophan. The objective of this work was to formulate and incorporate the peanut in the tortilla and to obtain its physicochemical, bromatological and microbiological characterization. For this, two formulations with different peanut contents were established, the one of greater acceptance was chosen through sensorial evaluation and it was submitted to a bromatological analysis (AOAC, 1990), some properties were measured as shear testing, pH and color. Their protein quality and glycemic index were determined. Finally, the sensory storage life at 4 °C was determined. According to the results, there was no significant difference between the two formulations (Tukey <0.05). The protein content was 8.5% and the protein quality increased almost double with the addition of peanut (58.48%) and the glycemic index remained respect to the control and the shear stress was higher (813.66g) than the control (369.00g). It was determined that the taste limits the useful life to 7 days after its elaboration.

Palabras clave: Tortilla, Maíz, Cacahuate, PDCAAS, Vida-Útil.

INTRODUCCIÓN

La tortilla de maíz es un alimento que se engloba dentro de la categoría de los cereales. Una sola ración de tortilla de maíz (consideramos como ración 1 onzas, es decir, unos 28.35 gramos de tortilla de maíz) contiene aproximadamente 62 calorías. Si lo comparamos con otros cereales, la tortilla de maíz es menos calórico que la media de cereales, ya que contiene 218 calorías por cada 100 gramo (Bello-Pérez *et al.*, 2002). El maíz es deficiente en lisina y triptófano, y obviamente el nixtamal y la tortilla también lo son. Sin embargo, la nixtamalización incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales: es una de las principales contribuciones a la nutrición humana. En general, se ha observado que uno de los indicadores importantes del valor nutritivo de una proteína, la relación de eficiencia proteínica, se incrementa por el proceso de nixtamalización; es una de las bondades de consumir tortilla, en lugar de maíz sin nixtamalizar. Es pertinente aclarar que la relación de eficiencia proteínica mide la relación que existe entre la ganancia en peso con respecto a la cantidad de proteína consumida. De esta forma, una proteína presentará mejor eficiencia proteínica cuando el organismo en cuestión gane más peso con menor cantidad de proteína ingerida. Así, el valor biológico de la proteína se incrementa sensiblemente como resultado de la nixtamalización y la producción de la tortilla, mientras que la utilización neta de la proteína puede disminuir ligeramente (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1999). Pero el valor biológico de una proteína se mide por la cantidad de nitrógeno que es asimilado por el cuerpo humano, mientras que la utilización neta de la proteína se calcula con base en la digestibilidad y el valor biológico de la proteína (Rascón-Cruz, 2004). En resumen, la nixtamalización mejora considerablemente en forma global el aporte nutritivo de las proteínas del grano de maíz (Paredes López *et al.*, 200) (Salinas *et al.*, 1995).

A pesar de los beneficios de en las transformaciones que ocurren durante la nixtamalización, está claro que se requiere complementar los productos alimenticios de esta tecnología con otros como frijol, frutas, verduras, y oleaginosas (nueces, almendras, cacahuates etc) todos ellos parte de la dieta tradicional mexicana (Serna-Saldívar *et al.*, 1990). El cacahuete es rico en proteínas, fibra, carbohidratos, vitaminas, sales minerales y ácidos grasos no saturados; de esta forma garantiza un buen aporte de energía y proteínas a sus consumidores (Robles, 1980). Por esta razón, en nuestro país el 12% de la producción se destina a la elaboración de aceite. Entre las propiedades nutricionales del cacahuete (Barrera 1987) cabe también destacar que tiene los siguientes nutrientes: 2.50 mg de hierro, 60 mg de calcio, 8.10 g. de fibra, 13 mg de yodo, 7.91 g. de carbohidratos, 2 mg de sodio, 0.33 ug de vitamina A, 0.16 mg de vitamina B2, 0.44 mg de vitamina B6, 3.43 ug de vitamina B7, 110 ug de vitamina B9, 0 ug de vitamina B12, 0 mg de vitamina C, 0 ug de vitamina D, 2 ug de vitamina K, 563 kcal de calorías, 0 mg de colesterol, 46 g de grasa, 4.02 g de azúcar (Ascham, 1949).

La utilización del cacahuete para la elaboración de tortillas es una oportunidad para reducir la escalada de precios actuales en la tortilla. Además, en México existen áreas donde la siembra del maíz ya no es rentable, por lo que el cacahuete podría establecerse y elevar la rentabilidad, al incrementar el valor agregado del grano al ser convertido en tortillas. La demanda creciente de granos que se presentan a nivel mundial, obliga a la búsqueda de nuevas alternativas que garanticen el abasto de alimentos de alta calidad proteica para una población en constante aumento. Por ello aun en países como México, donde el cultivo del maíz no solo representa la producción de granos para el consumo humano, sino que además encierra fuertes lazos culturales, se está volviendo la vista al cultivo de oleaginosas, cuyo grano en la actualidad es utilizado principalmente por la industria para la producción de alimentos balanceados. Sin embargo ha demostrado tener ciertas características productivas y tradicionales que lo hacen atractivo para ser considerado como un cultivo que atienda necesidades de consumo humano. Por tal motivo el objetivo de la presente

investigación fue formular e incorporar el cacahuete en la tortilla de maíz y obtener su caracterización fisicoquímica y bromatológica y microbiológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Formulación y elaboración de tortillas. Se establecieron dos formulaciones y un control: Formula 1 (25% de cacahuete y 75% de masa de maíz) y Formula 2 (35% de cacahuete y 65% de masa de maíz) y un control (100% Maíz). Para su elaboración se pesaron porciones de 40 ± 0.5 g de masa y se guardaron en una bolsa de polietileno, posteriormente se elaboraron las tortillas con una maquina manual. Las tortillas fueron cocidas en un comal por 60 s de un lado, transcurridos 60 s por el otro lado y finalmente se dejaron un tiempo de 90 segundos para lograr el inflado. Las tortillas se dejaron enfriar y después se guardaron en una bolsa, para su evaluación posterior. Para elegir la mezcla, se realizó una evaluación sensorial con un panel de 50 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde la calificación máxima es 9 (Me gusta muchísimo) y 1 es la mínima (Me disgusta muchísimo). Los resultados obtenidos fueron evaluados en el programa de STAT GRAPHICS XVI para el analisis de varianza y comparación múltiple de medias con el método de Tukey con un nivel de confiabilidad del 95%. Para la fórmula elegida estadísticamente y el control se procedió a realizar las siguientes determinaciones por triplicado:

Análisis químico proximal. Se determinó por triplicado el contenido de nitrógeno total (método 954.01), grasa (método 920.39), cenizas (método 923.03), fibra (método 962.09) y humedad (método 925.09) de la semilla de apio de acuerdo a los procedimientos estándar de la AOAC (1990). Con los datos obtenidos y mediante complementación bibliográfica de la FAO se elaboró la información del etiquetado nutrimental de acuerdo a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

Índice Glucémico (IG) y Carga Glucémica (CG) y PDCAAS. El Índice Glucémico (IG) es una forma numérica de describir la rapidez de absorción de los hidratos de carbono de algún alimento. Para la formula obtenida del analisis sensorial y el control se determinó mediante la fórmula y los datos de literatura aportados por la FAO (Mendoza-Rodríguez, 2015) $Carga\ Glucémica = ((IG\ del\ alimento) * (Cantidad\ de\ CHO's\ del\ alimento)) / 100$. Se calculó el Puntaje Químico Corregido por la digestibilidad Verdadera (PDCAAS) considerando los datos de los aminoácidos y proteína proporcionados por la FAO (1981) para la formula obtenida del analisis sensorial y el control.

Fuerza de corte. Se utilizó un analizador de textura TA-XT2 marca Stable Micro Systems. Esta determinación se realizó mediante la fuerza mecánica requerida para la deformación justo en el punto de ruptura y se consideró la firmeza expresada en gramos. Se cortaron unos rectángulos de tortilla de 3.7cm x 8.7 cm, el equipo se programó a una velocidad de 2mm/s y una distancia de 15mm, penetrando 2 veces a una distancia de 15mm a partir de la superficie de la muestra, durante un intervalo de tiempo de 5 segundos. (Alcántara, 2004)

Color. Se usó un colorímetro Hunter Lab, y el color de las muestras fue expresado mediante los parámetros CIELab: L*, a* y b*.

pH: Se utilizó un medidor de pH de la marca HANNA instrument pH 212. (AOAC, 2000)

Estimación de la vida útil sensorial. De acuerdo a la metodología establecida por Labuza (1982) utilizando un ensayo a tiempo real para la estimación de vida de anaquel, se realizó utilizando como parámetro critico la pérdida de calidad sensorial de los atributos de color, olor, sabor y textura. El ensayo se realizó durante 7 días de almacenamiento de la muestra a temperatura comercial de refrigeración (4°C). Para la evaluación se reclutó un panel de 25 jueces no entrenados y se utilizó la

metodología anteriormente descrita. Se realizaron 5 muestreos durante los días 0, 1, 3, 5, y 7 a partir de su elaboración. Con los datos promedio obtenidos, se procedió a verificar el orden de reacción de deterioro con el programa de STAT GRAPHICS XVI y de acuerdo al modelo matemático correspondiente (independiente de la temperatura) se estimó el tiempo de vida útil sensorial para cada uno de los atributos. Como criterio de falla de utilización una calificación de 5.

Análisis microbiológico. Se realizó en dos tiempos de almacenamiento (0 y 30 días) el recuento total de mesófilos aerobios de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994, hongos y levaduras de acuerdo a la NOM 111-SSA1-1994 y coliformes de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial (Tabla I), para su aceptabilidad los jueces no encontraron diferencia significativa entre los diferentes porcentajes de cacahuete en la tortilla (Prueba de Tukey <0.05) por lo tanto por cuestiones de costos es conveniente la fórmula 2 (25% de cacahuete y 75% de maíz). El análisis químico proximal de la tortilla muestra que tiene una excelente fuente de proteína ya que 100g de producto aporta el 28.3% de la IDA recomendada (50g) y cubre el 13% de los requerimientos energéticos basados en una dieta de 2000kCal (Tabla II), así mismo, la tortilla de cacahuete es una excelente fuente de fibra y hierro, libre de colesterol y aporta 3.7 de ácidos grasos polinsaturados.

| Fórmula | Media ± D.S |
|---|----------------------------|
| Fórmula 1 (35% de cacahuete y 65% de Maíz) | 7.800 ^a ± 1.154 |
| Fórmula 2 (25% de cacahuete y 75% de Maíz) | 7.880 ^a ± 2.166 |
| Control (100% Maíz) | 8.210 ^a ± 1.754 |

- Media ± D.S
- Medias con diferente literal indican diferencia significativa (Prueba de Tukey p>0.005)

| Determinación | En 100g |
|--|----------------|
| Humedad | 44.7g |
| Lípidos | 13.8g (31.2%) |
| A. Grasos monosaturados | 6.0g |
| A. Grasos saturados | 1.6g |
| A. Grasos polinsaturados | 3.7g |
| Colesterol | 0.0mg |
| Proteína | 8,5g (28.3%) |
| Ceniza | 1.5g |
| Fibra | 2.5g |
| Carbohidratos | 29.0g (9.0%) |
| Calcio | 52.5mg |
| Hierro | 1.16mg |
| Contenido Calórico (kcal) | 259 kcal (13%) |
| (IDA%) Basados en una dieta de 2000 kCal | |

En cuanto a la calidad de la proteína se determinó que la adición del cacahuete a la tortilla convencional eleva el puntaje químico corregido por la digestibilidad verdadera (PDCAAS) de un 32.1% a un 58.48% (Tabla III). El porcentaje de la calidad proteica es aún bajo y su aminoácido limitante es la lisina, sin embargo de acuerdo a la FAO (2000) la adición de cacahuates en la dieta es favorable para ingesta de triptófano por su alto contenido. Los alimentos ricos en hidratos de carbono pueden tener un Índice Glucémico (IG) alto, cuyo efecto será elevar rápidamente los niveles de glucosa en la sangre. Cuando el IG es de 70 o más, es de valor alto; si va de 56 a 69 es medio, y de 55 o menos será bajo. Para la tortilla de cacahuete su IG fue de 66.1 por lo que es de asimilación intermedia e incluso es ligeramente superior a la tortilla de maíz (Tabla III).

En la caracterización fisicoquímica de la tortilla de la fórmula 2, no existe una diferencia significativa en la luminosidad con respecto al control (Tabla IV). El esfuerzo de corte, cuyo parámetro de textura si muestra un incremento estadísticamente significativo en la tortilla con la adición de cacahuete en una proporción al 25%, este incremento está claramente explicado por el contenido de fibra que otorga el cacahuete. El valor de pH de la fórmula 2 es inferior

estadísticamente con respecto al control. Para la estimación de la vida útil sensorial, la cinética de deterioro de la tortilla mostró un orden de reacción cero en los atributos sensorial, de manera que los parámetros disminuyen de linealmente durante el almacenamiento (Labuza, 1982). Para la tortilla de cacahuete, el sabor es un factor limitante que pone fin a la vida útil sensorial, ya que de acuerdo al criterio de falla sensorial (5) determina que la tortilla mantiene una aceptabilidad sensorial durante los primeros 6.83 días (Figura 1).

Tabla III. Estimación de la calidad proteica y glucémica de la tortilla de cacahuete

| | Fórmula 2 (100g) | Control (100g) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Puntaje Químico (PDCAAS) | 58.48% | 32.1% |
| Carga Glucémica | 51.0 | 24.0 |
| Índice Glucémico | 66.1 | 59.5 |

Tabla IV. Caracterización fisicoquímica de la tortilla de cacahuete

| | Formula 2 (25% de cacahuete y 75% de Maíz) | Control |
|----------------------------|---|-----------------------------|
| Parámetro | | |
| Color | | |
| *L | 63,398 ^a ± 1,993 | 64,308 ^a ± 1,677 |
| *a | 0,285 ^a ± 0,141 | 1,893 ^b ± 0,651 |
| *b | 20,595 ^a ± 0,281 | 31,908 ^b ± 0,775 |
| Fuerza de Corte (g) | 813,66 ^a ± 60,61 | 369,00 ^b ± 11,53 |
| pH | 8,280 ^a ± 0,160 | 8,893 ^b ± 0,196 |

- Media ± D.S
- Medias con diferente literal indican diferencia significativa (Prueba de Tukey p>0.005)

El análisis microbiológico del producto almacenado durante los primeros 30 días mostro un incremento en el conteo de mesófilos aerobios y hongos y levaduras, para coliformes de acuerdo a la norma NOM-113-SSA1-1994 se encuentra dentro de las especificaciones sanitarias (Tabla V).

CONCLUSIONES

Se desarrolló una formulación de tortilla de maíz con cacahuete, la cual mostro una aceptabilidad por parte de los consumidores. El analisis bromatológico determino que la adición de cacahuete aumenta el contenido de proteína y su calidad proteica es casi el doble que el proporcionado por una tortilla convencional de maíz, así mismo el índice glucémico se elevó por lo que se puede considerar una fuente energética, rica en carbohidratos. La tortilla con cacahuete mostro similitudes en los parámetros de luminosidad y pH con respecto al control (100% maíz) y de acuerdo al perfil de textura se requiere un mayor esfuerzo de corte al momento

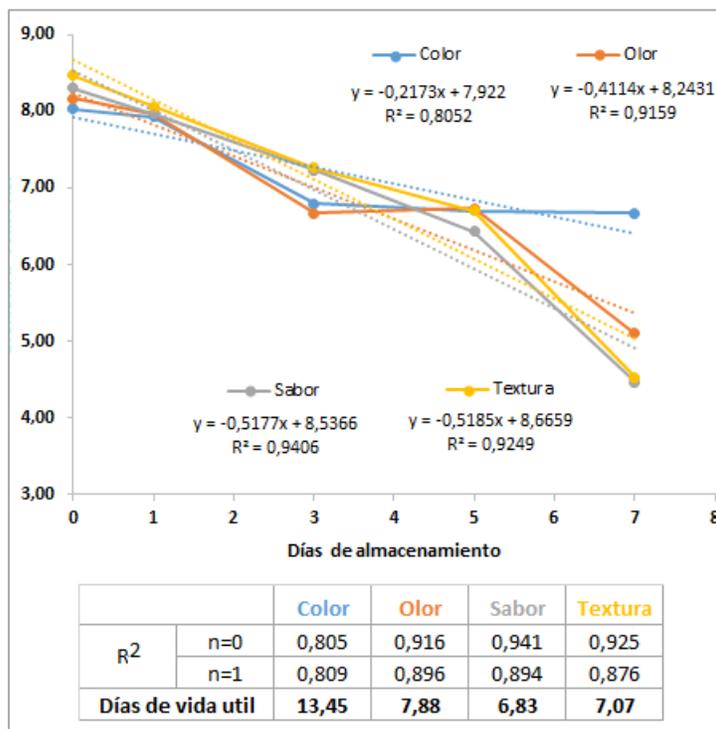


Figura 1. Estimación de la vida útil sensorial para la tortilla de cacahuete en refrigeración (4°C)

de la ingesta. El producto desarrollado mantiene una vida útil de una semana aproximadamente en refrigeración de acuerdo a los parámetros sensoriales evaluados, siendo el sabor el parámetro crítico que pone fin a la vida útil. Las especificaciones microbiológicas obtenidas muestran que la tortilla de cacahuete cumple con los estándares sanitarios por norma.

| Tabla V. Analisis microbiológico de la tortilla de cacahuete | | | |
|---|--------------|---------------|---------------|
| | Día 0 | Día 30 | Límite |
| Aerobios mesofilicos (UFC/g) | 21 | 2231 | - |
| Hongos y levaduras (UFC/g) | 10 | 3455.45 | - |
| Coliformes totales (NMP/g) | Ausente | Ausente | <30 |

BIBLIOGRAFÍA

- (2016). Tabla de reacciones de Hidratos de Carbono, Índice Glucémico y Carga Glucémica. Revisado en <https://www.diabalance.com/vivir-con-diabetes/control-de-la-glucemia/734-tabla-de-equivalencias>
- A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists...1990. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. The American Association of Cereal Chemistry International. St Paul. Estados Unidos.
- Alcántara, M. L. (2004). Manual de prácticas de análisis de alimentos. Instituto de Ciencias Agrícolas. Irapuato, Guanajuato, México.
- Ascham, L. (1949). Harina de cacahuete: su valor nutritivo y usos.
- Barrera, O. A. 1987. Informe de subproyectos en variedades y fechas de siembra en cacahuete de riego en Axochiapan, Mor. SARH, INIFAP, CIFAP-MOR., CEZACA.
- Bello-Pérez, L. A., Solorza-Feria y O. Paredes-López. 2002. “Tortillas bajas en calorías: ¿una alternativa nutricional?”, en Memoria de Investigación 2002, ceprobi-ipn, pp. 147-152.
- Bressani, R. 1990. “Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas”, en Food Reviews International, vol. 6, núm. 2, pp. 225-264.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).(1981). Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y datos Biológicos sobre las Proteínas. Revisado en <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm#TOC>
- Guzmán-Maldonado, S. H. y O. Paredes-López. 1999. “Biotechnology for the improvement of nutritional quality of food crop plants”, en Molecular Biotechnology for food Plant Food Production, O. Paredes-López (coord.). crc Press, Boca Raton, Pp. 553-620.
- Paredes López, Octavio y Guevara Lara Fidel, Bello Pérez Luis Arturo. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias* 92, octubre-marzo, 60-70.
- Rascón-Cruz, Q., Y. Bohorova, J. Osuna-Castro y O. Paredes-López. 2004. “Accumulation, assembly and digestibility of amarantin expressed in transgenic tropical maize”, en Theoretical and Applied genetics, vol. 108, núm. 2, pp. 335-342.
- Robles, S. R. 1980. Producción de Oleaginosas. Ed. Trillas. 1982. México, D. F.
- Salinas, M. Y., Castillo, J., & Vásquez, G. (1995). Aspectos reológicos y de textura en masa y tortilla de maíz (*Zea mays* L.). *Alimentos (Rev. Soc. Chilena de Tecnología de Alimentos)*, 20(3-4), 51-57.
- Serna-Saldívar, S. O., M. H. Gómez y L. W. Rooney. 1990. “Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products”, en Advances in Cereal Science and Technology, Y. Pomeranz (coord.), vol. x, aacc, pp. 243-307