

EFFECTO DEL MATERIAL DE EMPAQUE Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE LA TORTILLA DE MAIZ¹

*José Manuel Nieblas², Armida Sánchez², Luis Germán Cumplido²
e Inocencio Higuera-Ciapara³*

**Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo,
A.C. (CIAD, A.C.)
Hermosillo, Sonora, México**

RESUMEN

Se seleccionaron tres materiales (papel, polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad) para empaquetar tortilla de maíz comercial y conservarla a temperaturas de refrigeración (5°C) y congelación (-10°C). La calidad de la tortilla durante su almacenamiento se evaluó por medio de pH, húmeda, textura (resistencia al corte, resistencia a la punción en centros y extremos), y por pruebas sensoriales.

Los resultados se analizaron valiéndose de análisis de covarianza y contraste de pendientes entre tratamientos, y adoptando un nivel de significancia de $P < 0.05$.

A -10°C, la calidad de la tortilla se mantuvo sin cambios significativos durante los 11 días de almacenamiento, sin que se presentaran diferencias objetivas entre empaques. En cambio, a los 5°C, la tortilla empaquetada en papel perdió 6.8% de su humedad original. Debido a esto, a los 11 días el panel sensorial encontró el producto inaceptable por razones de textura y aroma. A esta temperatura, los polietilenos de baja y alta densidad fueron igualmente efectivos para conservar una calidad superior a la empaquetada en el papel tradicional de despacho.

Las pruebas de textura mostraron que la punción en los extremos fue el mejor indicador del deterioro por dureza, encontrándose que a 5°C la tortilla empaquetada en papel presentaba incrementos mayores ($P < 0.05$) de dureza que la empaquetada en los polietilenos.

Manuscrito modificado recibido: 13-6-91.

- 1 Este trabajo fue patrocinado por la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- 2 Jefe del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos del CIAD, Apartado Postal 1735, Hermosillo, Sonora, México.
- 3 Investigador Titular del citado Departamento.

La calidad microbiológica de la tortilla en congelación mejoró, no advirtiéndose diferencias significativas en recuento total, hongos o levaduras por efecto del empaque. A 5°C la tortilla se mantuvo en un nivel microbiológico estable hasta por siete días, para después incrementarse de una manera exponencial.

INTRODUCCION

En la actualidad, las prácticas de manejo y empaque de la tortilla de maíz en México, son inadecuadas para atender el mercado. El material comúnmente utilizado como empaque es el papel conocido como "de despacho". Este material a menudo contiene residuos de tinta tóxica, y no proporciona una protección adecuada a la tortilla cuando ésta es almacenada en el hogar o en centros de distribución. También se ha utilizado la bolsa de polietileno comercial para empacar la tortilla y abastecer zonas marginadas. Sin embargo, la tortilla así empacada y mantenida a temperatura ambiente se deteriora en menos de 12 horas.

Entre los pocos estudios realizados sobre conservación de la tortilla de maíz se cuenta el de Peláez y Karel (1), quienes desarrollaron una tortilla de humedad intermedia, estable en el almacenamiento a temperatura ambiente. Esta formulación, sin embargo, es compleja y de muy alto costo. También se ha otorgado varias patentes (2-7), relativas al uso de diversos agentes químicos para prolongar su vida de anaquel. No obstante, en lo que se refiere a conservación de la calidad de la tortilla bajo refrigeración o congelación, no se encontró ningún informe en la literatura, así como tampoco en lo relacionado con alternativas de empaque.

Basados en el recuento anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el deterioro de la tortilla de maíz tradicional almacenada en bolsas de dos polietilenos de bajo costo y papel de despacho. Los cambios de calidad se evaluaron tanto objetiva como subjetivamente para determinar el tiempo en el que el producto alcanzaba su calidad mínima aceptable.

MATERIAL Y METODOS

Selección y Evaluación de los Materiales de Empaque

Se seleccionaron tres materiales de empaque, papel, polietileno de baja densidad (PEBD) y polietileno de alta densidad (PEAD), cuyas características más importantes se determinaron experimentalmente para fundamentar su aplicación al caso particular de la tortilla de maíz. Se evaluó la permeabilidad al valor de agua, el grosor y la resistencia a la ruptura, utilizando la metodología descrita por la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales (8,9).

Fabricación y Almacenamiento de Tortilla

La masa se preparó mezclando 20 kg de harina de maíz comercial (MINSA, Los Mochis, Sinaloa, México) y 27 lt de agua hasta lograr una masa homogénea, libre de grumos. La masa se transfirió manualmente a la tolva de

una máquina tortilladora comercial (Celorio sencilla, México), manteniendo la temperatura de la tortilla a la salida de la máquina a 90°C, diámetro 14.5 cm y grosor del producto a 2.5 mm constantes. Una vez elaboradas, las tortillas se transportaron al laboratorio y se extendieron sobre una mesa para enfriarse a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y 45% de humedad relativa en el ambiente, durante cerca de 20 minutos. Posteriormente, se empacó aproximadamente 1 kg (25 piezas) de tortilla en los diferentes materiales de empaque a estudiar. Los paquetes de polietileno se cerraron con un sellador térmico y los de papel con una serie de dobleces, para ser almacenados a -10 y 5°C por 11 días, sacando muestras a los 0, 1, 3, 5, 7, 9 y 11 días. Se usaron cámaras isotérmicas a temperatura controlada, haciendo adaptaciones para mantener cada paquete suspendido de forma tal, que la humedad relativa y la temperatura fuesen constantes a su alrededor.

Indices de Calidad durante el Almacenamiento

Para evaluar los cambios de calidad en la tortilla, se utilizaron los índices siguientes:

Humedad, utilizando la metodología de AOAC (10). Para el pH, la muestra se preparó pesando 10 g de tortilla molida y adicionando 50 ml de agua destilada previamente hervida. La mezcla se agitó durante 10 minutos y se filtró antes de hacer la medición en el sobrenadante.

La textura de la tortilla fue evaluada con un texturómetro marca Instron Modelo 1132 (Instron Corporation, Massachusetts, USA). La tortilla proveniente del tratamiento a -10°C se almacenó en un refrigerador 15 horas antes de la prueba. Las mediciones se hicieron tanto en la tortilla fría como en la calentada, y el calentamiento se realizó en placa, 250°C por 10 segundos de cada lado. Para punción, la muestra se cortó en cuatro partes iguales semejando triángulos que se apilaron, y sobre éste arreglo se hizo bajar un punzón de 1/2 cm de diámetro. Para determinar la resistencia al corte la tortilla se seccionó longitudinalmente en cuatro porciones que se apilaron, y sobre ella se efectuó un corte perpendicular a este arreglo con una cuchilla plana. En el caso de ambas pruebas, se utilizó una velocidad de cabezal de 20 cm/min y una celda de 50 kg, registrándose el esfuerzo máximo en kgf.

Para cuantificar el deterioro por microorganismos en la tortilla, se hizo un recuento total de mesófilos aeróbicos, de hongos y levaduras, siguiendo metodología descrita en FDA (11).

La evaluación sensorial se llevó a cabo adoptando la metodología propuesta por Stone *et al*, (12). Las muestras se calentaron igual que para textura, y fueron evaluadas por un panel semientrenado de 10 miembros, en un cuarto aislado con iluminación y temperatura controlada. Se utilizó una escala de 15.24 cm para cada atributo evaluado, fijando dos puntos extremos a 1.27 cm a partir del inicio y del final de la escala, y un tercero a la mitad. Las calificaciones se midieron a partir del extremo izquierdo de cada línea, y se registraron en cm para el análisis estadístico subsecuente. Se adoptó un nivel de 20% de disminución en la calificación original como calidad mínima aceptable del producto.

Diseño y Análisis Estadístico

La unidad muestral experimental lo constituyó un paquete de tortillas de 1 kg de peso (25 piezas) al empacar. Para cada uno de los análisis realizados se tomaron muestras de tortilla, tanto del centro como de los extremos del paquete, de tal manera que la muestra fuera representativa del mismo.

Los resultados se analizaron por medio del análisis de covarianza y contraste de pendientes entre tratamientos, adoptando un nivel de significancia de $P < 0.05$ (13,14).

RESULTADOS Y DISCUSION*Evaluación de los Materiales de Empaque*

El papel de despacho fue seleccionado, por ser el empaque más utilizado actualmente en las tortillerías del país. El polietileno de baja densidad (PEBD), por ser un material de empaque barato y ampliamente disponible en el mercado nacional, mientras que el polietileno de alta densidad (PEAD) se escogió por ser un material de empaque con características fisicoquímicas favorables para la conservación de la tortilla, como son su baja permeabilidad al vapor de agua y su relativa inocuidad.

La caracterización física de los materiales se presenta en la Tabla 1. De conformidad con los datos, es factible apreciar la variabilidad de las características de los materiales seleccionados. El papel de despacho tuvo una permeabilidad muy alta al vapor de agua, mientras que los polietilenos de fabricación nacional mostraron un rango considerablemente más reducido. El PEBD, aunque es dos veces más permeable al vapor de agua que el PEAD,

TABLA 1**CARACTERSTICAS DE LOS MATERIALES SELECCIONADOS PARA EL EMPACADO DE LA TORTILLA^a**

	Grosor (Mils)	Transmisión de vapor de agua (g/día-m ²)	Resistencia roptura (Elmendorff) ^b	Costo aproximado (por kg de tortilla) ^c
Papel	4.480	576.8	9.1	\$ 6.0
PEBD	1.130	2.2	176.0	\$ 8.5
PEAD	1.105	0.9	89.0	\$ 9.0

a Promedio de tres repeticiones a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. De acuerdo con Metodología Oficial ASTM(8,9).

b Fuerza promedio en gramos, requerida para romper el material. (Promedio de 10 repeticiones).

c Septiembre de 1987.

ofrece la ventaja de ser muy resistente a la ruptura, lo que para el manejo de alimentos lo hace muy útil.

El costo de los materiales es muy similar, y como puede advertirse, la diferencia por kg de producto empacado sería mínima (0.8%) si esto se implementara a nivel comercial.

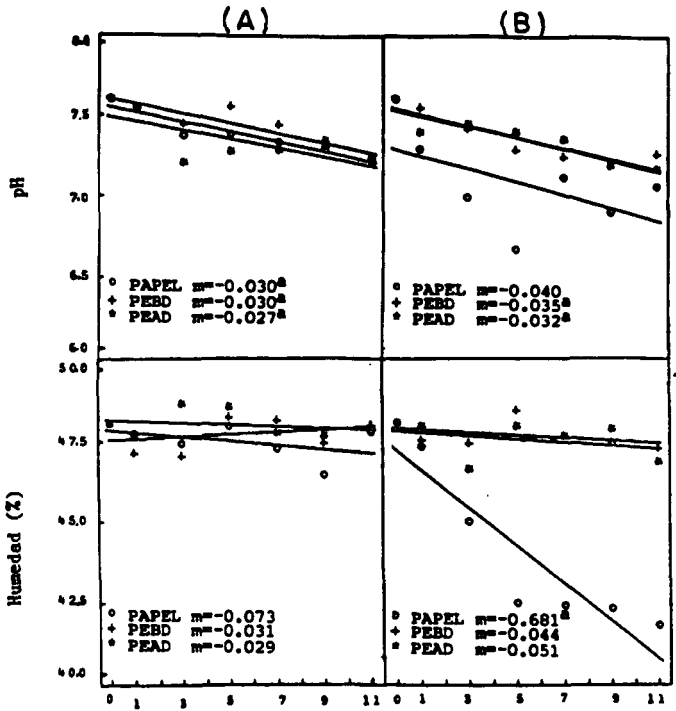
Indices de Calidad durante el Almacenamiento

Se utilizó el análisis de covarianza para comparar el comportamiento de cada variable dependiente en cada uno de los tres empaques (papel, PEBD, PEAD) a las dos temperaturas estudiadas, y en forma independiente del tiempo. Las pendientes representan la velocidad de cambio en cada variable a lo largo del experimento, indicando si existían diferencias significativas entre tratamientos.

Los coeficientes de regresión en el análisis de covarianza para cada tratamiento indicaron significancia ($P < 0.05$) en la reducción de pH respecto al tiempo en la tortilla contenida en los tres empaques a -10°C y solamente para PEBD y PEAD a 5°C (Figura 1), no detectándose diferencia significativa por efecto del tipo de empaque o de la temperatura durante el almacenamiento por 11 días. La estabilidad del pH se debe, en gran medida, al alto potencial regulador de la tortilla, dado el incremento en las sales de calcio que tiene el producto como consecuencia de la nixtamalización del grano para la producción de masa y/o harina (15).

En lo referente al contenido de humedad (Figura 1), el análisis de los datos reveló que no hubo diferencias entre los tres empaques cuando la tortilla se almacenó a -10°C . La congelación tuvo un efecto más determinante sobre los niveles originales de humedad que el empaque. No obstante, a 5°C la tortilla empacada en papel mostró una relación inversa altamente significativa en el contenido de humedad respecto al tiempo ($r = -0.92$), no detectándose diferencias significativas entre polietilenos. Esto puede explicarse en función de la influencia de la temperatura sobre la presión de vapor del agua en los materiales de empaque. Evidentemente, la diferencia de permeabilidad al vapor de agua entre las bolsas de polietilenos, fue lo suficientemente pequeña como para permitir cambios significativos en el contenido de humedad del producto empacado, no así para el papel cuya transmisión al vapor de agua es de 250-600 veces superior (Tabla 1). La tortilla empacada en este material perdió 6.8% de su peso original durante el almacenamiento, y alcanzó un nivel inaceptable desde el punto de vista organoléptico.

Los resultados de la evaluación microbiológica se exponen en la Tabla 2. Se observó una reducción significativa ($P < 0.05$) en el conteo total de mesófilos en placa, por efecto de la temperatura a -10°C . En otros términos, como se esperaba, la congelación tuvo un efecto positivo sobre la calidad microbiológica del producto, ya que redujo aproximadamente 60% la cuenta de mesófilo aeróbico, no encontrándose diferencias significativas por tipo de empaque. El recuento total se estabilizó después de seis días en todos los tratamientos. Cabe mencionar que este comportamiento ha sido notificado por Bohbe y Pay, así como por Rodríguez y Bello (16,17) para diferentes alimentos congelados. Por otro lado, a 5°C el recuento permaneció estable hasta por siete días, para después incrementarse de manera exponencial. Al igual que a -10°C , no se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre



Días de almacenamiento

PEBD Polietileno de Baja Densidad.

PEAD Polietileno de Alta Densidad.

m Pendiente de la recta

a Tratamientos con letras iguales no son diferentes a $P < 0.05$.

FIGURA 1

pH y humedad de tortilla durante su almacenamiento
(A) -10°C y (B) 5°C

TABLA 2

**CUENTA TOTAL DE BACTERIAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO
DE TORTILLA EN DIVERSOS MATERIALES DE EMPAQUE
Y ALMACENADA A -10 Y 5°C**

D.A.b	Recuento total ^a (10 ³ Microorganismo/g de tortilla)					
	Papel		PEBD ^c		PEAD ^c	
	-10°C	5°C	-10°C	5°C	-10°C	5°C
0	93	93	93	03	93	93
1	35	98	34	101	29	105
3	41	120	54	150	34	148
5	25	165	45	210	47	260
7	31	250	37	325	30	525
9	28	2,630	3	5,000	28	1,560
11	30	12,300	31	14,900	32	11,000

a Promedio de triplicados.

b D.A. = Días de almacenamiento.

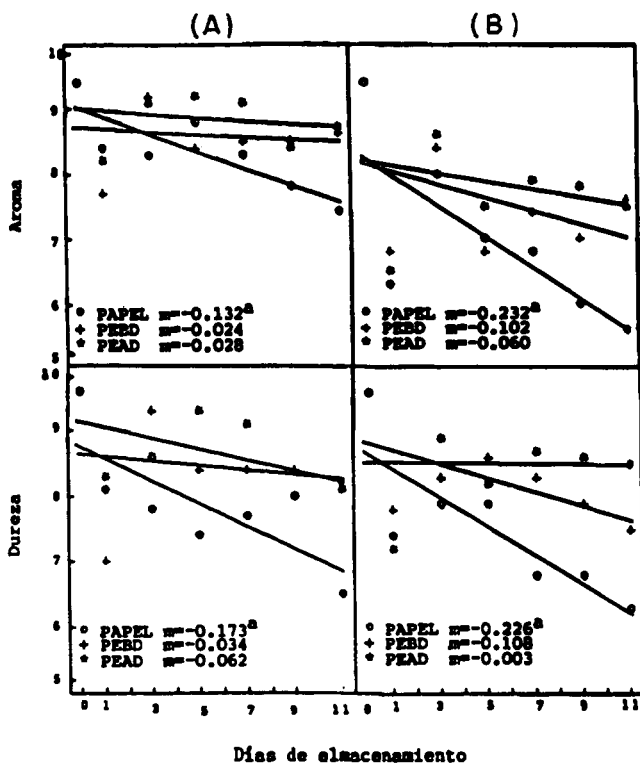
c PEBD Polietileno de baja densidad, y (PEAD) = Polietileno de alta densidad.

empaques, aun y cuando los materiales son de distinta naturaleza y difieren en la cantidad de microorganismos sobre su superficie. En el presente estudio, este aporte no fue significativo.

Además, la cuenta de hongos y levaduras en congelación permaneció sin variación significativa durante los 11 días de almacenamiento (menor de 100 colonias/g de tortilla). A 5°C, a pesar de acusar un conteo de hongos y levaduras dentro de límites confiables (menor de 10,000 colonias/g de tortilla), se apreciaron signos esporádicos de crecimiento de hongos en algunas tortillas del paquete, lo que marcó el término de vida de anaquel de la tortilla en este estudio.

Las calificaciones promedio de la evaluación sensorial se resumen en la Figura 2. El aroma de la tortilla empacada en papel mostró una reducción significativa ($P < 0.05$) en su calificación en relación al tiempo, pero no se detectó efecto de la temperatura sobre este atributo. Los datos relativos a dureza señalan incrementos significativos en relación al tiempo para la tortilla empacada en papel, almacenada a 5°C, mientras que la empacada en polietilenos no presentó diferencias. Al considerar que la calidad mínima aceptable se alcanza al reducirse la calificación original un 20%, el tiempo máximo de vida de anaquel fue de 11 días para la tortilla almacenada en papel a 5°C, ya que alcanzó un nivel inaceptable por razones de aroma y dureza, mientras que en los polietilenos llegó a los 11 días sin deterioro significativo.

El análisis de los cambios de textura en la tortilla respecto al tiempo (Tabla 3) demostró que al utilizar la punción en extremos de la tortilla fría, éstos no fueron significativamente ($P < 0.05$) diferentes a -10°C entre ningún empaque. En cambio, a 5°C la tortilla, empacada en papel, sí mostró un



Días de almacenamiento

PEBD Polietileno de Baja Densidad.

PEAD Polietileno de Alta Densidad.

m Pendiente de la recta

a ~ Tratamientos con letras iguales no son diferentes a $P < 0.05$.

FIGURA 2

Aroma y dureza de tortilla durante su almacenamiento
(A) -10°C y (B) 5°C

TABLA 3

**EVALUACION DE TEXTURA (INSTRON) DE TORTILLA DE MAIZ
EMPACADADA EN DIVERSOS MATERIALES DE EMPAQUE
Y ALMACENADA A -10°C Y 5°C.**

D.A. ^b	Punción en los extremos de tortilla de maíz (kgF) ^a					
	Papel		PEBD		PEAD ^c	
	-10°C	5°C	-10°C	5°C	-10°C	5°C
0	0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03
1	1.38 ± 0.20	1.58 ± 0.23	1.91 ± 0.13	1.39 ± 0.15	1.61 ± 0.14	1.66 ± 0.15
3	1.85 ± 0.15	2.22 ± 0.20	1.73 ± 0.21	2.07 ± 0.22	1.87 ± 0.20	2.12 ± 0.13
5	1.51 ± 0.17	1.76 ± 0.13	1.55 ± 0.21	1.72 ± 0.21	1.70 ± 0.14	1.51 ± 0.16
7	1.73 ± 0.07	2.43 ± 0.39	1.91 ± 0.17	1.90 ± 0.21	1.71 ± 0.24	1.86 ± 0.21
9	1.72 ± 0.11	2.43 ± 0.31	1.88 ± 0.23	2.09 ± 0.24	1.44 ± 0.14	1.86 ± 0.21
11	1.89 ± 0.29	3.46 ± 0.50	1.63 ± 0.20	2.15 ± 0.16	1.22 ± 0.22	2.39 ± 0.21

a Promedio de diez repeticiones.

b D.A. = Días de almacenamiento.

c PEBD = Polietileno de baja densidad, y (PEAD) = Polietileno de alta densidad.

incremento mayor ($P < 0.05$) en la resistencia a la punción que la empacada en los polietilenos. Finalmente, el análisis de los datos de resistencia al corte y punción en tortilla que sufrió un calentamiento —el cual enmascaró los cambios presentados durante el almacenamiento— no mostraron cambios significativos para ningún tratamiento por lo que no se incluyen los datos obtenidos.

La información precedente pone de manifiesto la importancia del empaque sobre la calidad de la tortilla de maíz cuando ésta es almacenada a 5°C, ya que a esta temperatura y empacada en papel, se presentaron mayores cambios en las características físicas y sensoriales de la tortilla almacenada.

En todos los tratamientos, el cambio más importante en la textura ocurre en las primeras 72 horas de almacenamiento. Los incrementos en la resistencia a la punción aumentaron significativamente ($P < 0.05$) sólo durante el primer y tercer día, mostrando posteriormente una estabilización, o en algunos casos una pequeña reducción de un muestreo a otro. Los valores correspondientes a la tortilla almacenada a 5°C , fueron mayores que los que acusó el producto mantenido a -10°C a un mismo período de almacenamiento. Estos incrementos no tuvieron correlación significativa con la reducción en el contenido de humedad, por lo que deben atribuirse a otros factores, como se observó en un estudio realizado en pan de trigo (18), donde la variación en el comportamiento se debió a cambios en el almidón.

Los resultados de esta investigación señalan que la congelación y descongelación de la tortilla tiene cierto efecto de ablandamiento sobre la misma. Este efecto fue observado por Harbers, Stone y Sabatka (19), en un producto similar a la tortilla cuando se le congeló y después recalentó en un horno de microondas.

Este estudio, en síntesis, demostró que es factible almacenar la tortilla de maíz a bajas temperaturas (-10° , 5°C) y conservar su calidad organoléptica, siempre y cuando su empaque sea apropiado. Los atributos organolépticos que sufren mayor cambio son el aroma y la dureza cuando la tortilla se empaqueta en papel, mientras que dichos atributos se conservan a niveles aceptables cuando se utilizan polietilenos.

SUMMARY

EFFECT OF PACKAGING MATERIAL AND STORAGE TEMPERATURE ON THE QUALITY MAIZE TORTILLA

Three packaging materials (tortilla-packing paper, low-density polyethylene and high density polyethylene) were used to evaluate tortilla shelf-life at two different temperatures (-10°C and 5°C). Tortilla quality changes upon storage were evaluated by measuring pH, total moisture, texture (puncture and cutting resistance) and sensory characteristics.

Results were analyzed by means of covariance analysis and slope contrast between treatments with a 0.05 level of significance.

At -10°C , the quality of tortillas did not change significantly during 11 days of storage, and the influence of the packaging material was negligible. Tortilla kept at 5°C in high or low-density polyethylenes, had significantly better quality than the paper-packaged product.

Textural changes were best shown by the Instron puncture resistance test than by the cutting resistance test.

At 5°C , packaged tortillas had a microbiologically stable level for up to seven days, while that at -10°C significantly improved over the storage period.

BIBLIOGRAFIA

1. Pelaez, J. & M. Karel. Development and stability of intermediate moisture tortillas. *J. Food Proc. Preserv.*, 4: 51-65, 1980.
2. Rubio, M.J. Tortilla using polycarboxylic acids and their anhydrides. U.S. Patent 3,694,224, 1972a.
3. Rubio, M.J. Tortilla process using epichlorohydrin. U.S. Patent 3,690,893, 1972b.
4. Rubio, M.J. Tortilla and process using hydrophilic Inorganic gel. U.S. Patent 3,709,997, 1973.
5. Rubio, M.J. Tortilla and process using sorbic acid and its salts. U.S. Patent 3,853,997, 1974a.
6. Rubio, M.J. Tortilla and process using methyl, ethyl, butyl and propyl ester of parahydroxybenzoic acid. U.S. Patent 3,853,998, 1974b.
7. Rubio, M.J. Tortilla and process using acetic and propionic acids. U.S. Patent 3,859,449, 1975.
8. ASTM. Water vapor transmission of flexible heat-sealed packages for dry products. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, Pa. 1979a., p. 562-563.
9. ASTM. Internal tearing resistance of paper. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, Pa., 1979b, p. 144-149.
10. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed. Washington, D.C., The Association, 1984, p. 207.
11. Food and Drug Association. Bacteriological Analytical Manual of the FDA. 5th ed. Washington, D.C., FDA, 1980.
12. Stone, H., J. Sidel, S. Oliver, A. Wolsey, & C. Singleton. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.*, 11: 22-32, 1974.
13. Zar. H. Biostatistical Analysis. 2nd. ed. London, Prentice-Hall International Inc., 1984.
14. Bender, F.E., L.W. Fouglass & A. Kramer. Statistical Methods for Food and Agriculture. Westport, CT, AVI Publishing Co., 1982, p. 103-106, 169-179.
15. Reinhold, J.G., L.P. Garcia & P. Garzon. Solubility of ferods had feric iron as affected by constituents of the maize tortilla. *Nutr. Repts. Internat.*, 30 (3): 603, 1984.
16. Bohbe, A. B., & J.S. Pay. Study of the properties of frozen shrimps. *J. Food Sci.*, 23: 143-147, 1986.
17. Rodríguez, G.L. & S.R.A. Bello. Elaboración de bloques congelados de pulpa de pescado y su evaluación durante el almacenamiento. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 38 (2): 352-361, 1987.
18. Kim, S.K. & B.L. D'Appolonia. The role of wheat flour constituents in bread staling. *Bakers Digest. J. Food Sci. Technol.*, 16 (3): 118-119, 1985.
19. Harbers. C. A. Z., M. Stone & T. Sabatka. Quality of arepas made from comercial flours or home-made masa. *J. Food Quality*, 7: 191-200. 1985.