

Conservación y estabilidad de la tortilla de maíz a temperatura ambiente ¹

Inocencio Higuera-Ciajara ² y José Manuel Nieblas ³

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

RESUMEN. Se estudiaron cuatro conservadores químicos para estabilizar tortilla de maíz a temperatura ambiente (25°C); propionato de sodio, combinación de sorbato de potasio-metilparabén y metilparabén-peróxido de hidrógeno. Se realizó un estudio de almacenamiento y estabilidad con el conservador que arrojó mejores resultados, para lo cual se seleccionaron dos materiales de empaques: Papel y Polietileno de Alta Densidad. La calidad de la tortilla durante su almacenamiento fue evaluada en función de la humedad, análisis microbiológico (recuento de mesófilos, hongos y levaduras) y evaluación sensorial. Los resultados se analizaron por medio de un análisis de covarianza y contraste de pendientes entre empaques, adoptando un nivel de significancia de $p < 0.05$.

El deterioro de la calidad organoléptica de la tortilla sin conservador, se asoció con una elevada cuenta de bacterias gram negativas, hongos y levaduras responsables de los olores ofensivos en 24 horas o menos. De los conservadores estudiados, la mezcla de metilparabén-peróxido de hidrógeno fue el único conservador que tuvo un efecto significativo, tanto sobre las bacterias como sobre los hongos y levaduras, retardando el deterioro microbiano. Además, no se detectaron residuos de peróxido de hidrógeno en el producto después de dos días de almacenamiento.

Los resultados del estudio de almacenamiento y estabilidad utilizando esta mezcla, reafirman la inconveniencia del uso de papel para prevenir cambios de textura y humedad en la tortilla aún cuando se almacena por períodos cortos. Además, el uso de metilparabén y peróxido de hidrógeno puede permitir conservar la tortilla de maíz en condiciones aceptables para el consumidor hasta por un período de seis días a temperatura ambiente, lo cual podría influir significativamente en las prácticas actuales de comercialización.

SUMMARY. Preservation and stability of corn tortillas at room temperature. Three treatments with chemical preservatives (sodium propionate, potassium sorbate-methylparaben and hydrogen peroxide-methyl paraben) were tested to delay microbial spoilage and extend shelf-life of corn tortillas at room temperature (25°C). The treatment with the best results was selected for further studies using two types of packaging: Paper and high density polyethylene.

Quality of corn tortillas during storage was assessed by measuring water content, microbial analysis (Total Plate Count, molds and yeast) and through sensory evaluation. Results were analyzed by covariance analysis and slope contrast between packaging materials at $p < 0.05$.

Spoilage of tortilla without preservatives occurred within 24 hours due to a large number of gram negative bacteria, molds and yeasts, which were responsible for offensive odors. Only the combination of hydrogen peroxide-methyl paraben had a significant effect on retarding bacterial and yeast spoilage. In addition, hydrogen peroxide residues could not be chemically detected after 2 days of storage.

Results from this study show that tortilla can be kept for up to six days at room temperature with acceptable sensory properties with proper preservative treatment and packaging.

INTRODUCCION

El principal problema que se presenta en la tortilla de maíz que se comercializa empacada es la condensación de humedad dentro del paquete, lo que ocasiona un rápido reblandecimiento y deterioro microbiano acelerado. La estabilidad microbiológica de la tortilla es de 6 a 12 horas, dependiendo

1 Patrocinado por la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

2 Investigador del CIAD, A.C.

3 Asistente de Investigación del CIAD, A.C.

de la temperatura ambiente. Esto limita seriamente las posibilidades de una mejor distribución y comercialización.

Para poder sugerir prácticas adecuadas de manejo, empaque y conservación de la tortilla, es necesario tomar en cuenta las dos características fisicoquímicas más importantes de este alimento tal y como se consume en México: alta humedad y pH alcalino. Estos factores influyen de manera determinante en su conservación, textura y sabor (1-4).

En Estados Unidos, se comercializa tortilla estabilizada con un contenido de humedad muy reducido (35 a 38%) y pH ácido (5.0 a 5.5). Adicionalmente, se le aplica ácido cítrico o sorbato de potasio como conservador, así como difosfato de calcio y otros agentes químicos. Esta práctica trae como consecuencia la producción de una tortilla dura, seca y de sabor extraño, características muy diferentes a la del producto típico mexicano, que presenta un sabor alcalino y una textura blanda.

Este tipo de alteraciones en las características organolépticas de la tortilla, ha sido la causa de que diversas patentes y otros estudios relativos a la conservación de la tortilla (5-12) no se han llevado a la práctica comercial, ya que por mínima que sea la alteración del sabor, aroma o textura se ocasiona el rechazo por parte del consumidor final.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar la alternativa de desarrollar una tortilla de maíz estable al deterioro microbiano por medio del uso de un conservador químico de bajo costo, cuya aplicación fuese factible a nivel comercial y que no afectara significativamente las características organolépticas del producto; así como evaluar el uso del polietileno de alta densidad en términos de su eficiencia como material de empaque para proteger sus atributos básicos durante la comercialización.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de la muestra: Se adquirió un lote de harina de maíz (Minsa, Los Mochis, México) con características homogéneas directamente de la fábrica. Se procedió a elaborar las tortillas como lo describe Nieblas et al (13) siguiendo el diagrama de la Figura 1.

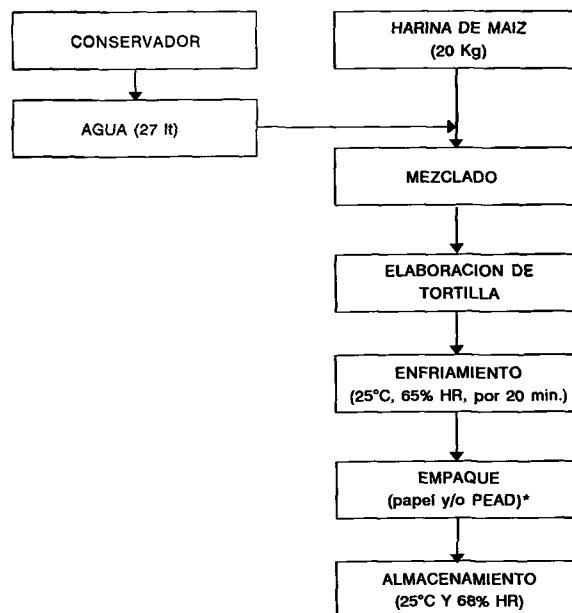
Una vez elaboradas y enfriadas las tortillas se empacaron en papel y en bolsas de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) de las siguientes características: grosor de 4.48 y 1.11 mils, transmisión al vapor de agua 576.8 y 0.9 g/día m² y resistencia a la ruptura de 9.1 y 89.0 gF respectivamente.

Isoterma de sorción de humedad de la tortilla: Para la isoterma de desorción se emplearon muestras de aproximadamente 3.5 g de tortilla lista para ser empacada. Para la isoterma de adsorción se secó una muestra similar durante 48 horas a 30°C en una estufa de vacío. Las muestras fueron expuestas a humedad relativa desde 0 a 100% a 25 ± 1°C. Para este propósito, se utilizaron soluciones de Rockland (14). El contenido de humedad de equilibrio se calculó a partir de los datos de ganancia o pérdida de peso y se graficaron contra la

humedad relativa en equilibrio para obtener así la isoterma de adsorción y desorción.

FIGURA 1

Diagrama para la elaboración de la muestra experimental



* PEAD: Polietileno de alta densidad.

Aplicación y selección de conservadores: Se investigó el uso de cuatro conservadores químicos: Propionato de sodio, combinación de sorbato de potasio-metilparabén y metilparabén-peróxido de hidrógeno. Los dos primeros agentes químicos se seleccionaron por ser de uso común en la tortilla estabilizada y comercializada en EE.UU.; la combinación de metilparabén-peróxido de hidrógeno, se desarrolló como una alternativa para mantener las características básicas del producto fabricado y expandido en México para cuya conservación no se han reportado agentes químicos efectivos. El peróxido es activo contra las bacterias gram negativas y el metilparabén contra hongos y levaduras a pH alcalino.

El propionato de sodio y el sorbato de potasio se aplicaron a la máxima concentración permitida en alimentos (0.3%) (15) disolviéndose en el agua antes de prepara la masa.

El metilparabén se aplicó disolviendo la cantidad a utilizar (0.1%) en alcohol etílico al 98% previa su adición a la masa, mientras que el peróxido de hidrógeno se aplicó en forma atomizada por ambos lados de la tortilla durante su período en enfriamiento. Para atomizar toda la superficie de la tortilla fue necesario aplicar de 1.7 a 2.0 g de una solución de peróxido de hidrógeno al 3% por lo que el contenido final de peróxido de hidrógeno en cada una de las tortillas fue de aproximadamente 0.15%.

La tortilla con conservador y sin conservador se empacó en paquetes de 25 piezas cada uno (1 kg aproximadamente) en

bolsas de PEAD selladas térmicamente, así como en papel con una serie de dobleces típicos. Ambos tratamientos se almacenaron a 25°C y 68 % de humedad relativa en una cámara isotérmica (Rheem Puffer Hubbard Environmental, Weaverville, NC. EE.UU). La tortilla fue muestreada todos los días evaluando organolépticamente la presencia inicial de olores desagradables. Una vez detectados, la muestra se sometió a análisis microbiológicos. La técnica empleada para la evaluación sensorial y el análisis microbiológico se describen posteriormente.

El conservador que arrojó mejores resultados se utilizó para llevar a cabo el estudio de almacenamiento y estabilidad de la tortilla a temperatura ambiente (25°C).

Determinación de actividad de agua: A cada una de las tortillas tratadas con los diferentes conservadores, así como al tratamiento control (sin conservador) se les determinó su actividad de agua (a_w) usando un equipo Thermoconstanter (Beckman Industrial Corp. NJ. EE.UU). Cada muestra fue equilibrada a 25°C de 2 a 3 horas antes de la medición de a_w . Para la calibración del instrumento se emplearon sales estándar de una a_w de 0.112, 0.529 y 0.902.

Almacenamiento y estabilidad de la tortilla: La tortilla estabilizada, empacada y almacenada como se describió anteriormente, fue muestreada a los 0, 2, 4, 6 y 8 días para evaluar los siguientes índices de calidad.

Humedad: Para determinar la ganancia o pérdida de agua en el producto empacada, se efectuó el análisis de humedad a los diferentes tiempos de almacenamiento, de acuerdo al método oficial de la AOAC (16).

Análisis microbiológicos: Para cuantificar el deterioro microbiano de la tortilla se llevaron a cabo dos determinaciones: recuento de mesófilos aeróbicos, hongos y levaduras. Para esto se utilizó la metodología oficial descrita en el Manual Bacteriológico de la Administración de Alimentos y Drogas (17).

Evaluación sensorial: Los atributos sensoriales de muestras provenientes de cada uno de los tratamientos fueron evaluados cada 2 días por un panel de 8 miembros. Previa la realización de la prueba sensorial, el grupo de panelistas fue sometido a dos sesiones de entrenamiento con el fin de familiarizarlos con las características a evaluar.

Las muestras fueron evaluadas en un cuarto aislado con iluminación y temperatura controlada, de acuerdo con lo propuesto por Larmond (18). Se utilizó una prueba modificada de comparaciones múltiples para detectar las diferencias en aroma, sabor y dureza entre una tortilla de referencia (sin conservador y recién elaborada) y los tratamientos experimentales.

Peróxido de hidrógeno residual: Para determinar la presencia de peróxido de hidrógeno en la tortilla, se utilizó la técnica descrita por Ayres (19). La muestra se preparó pesando 10 g de tortilla picada y adicionando 70 ml de agua. La mezcla se agitó lentamente, se dejó reposar 4 minutos y se filtró antes de hacer la medición del peróxido de hidrógeno en el sobrenadante.

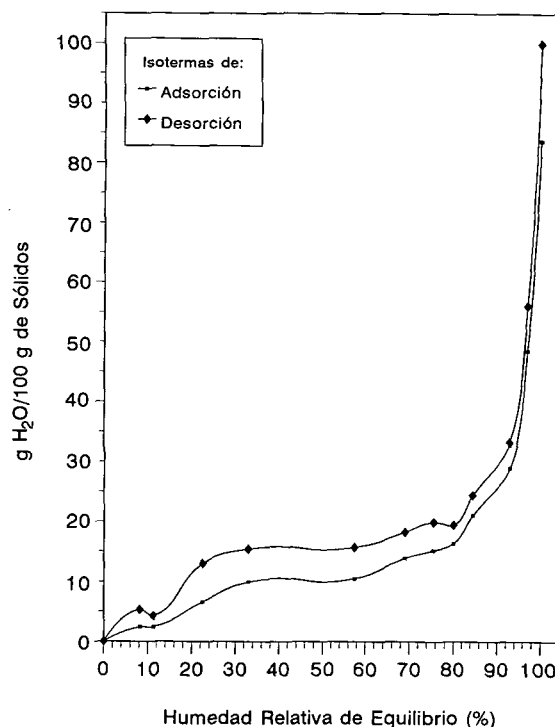
Se realizó una prueba en blanco con tortilla sin peróxido de hidrógeno y se corrigieron los volúmenes gastados en las valoraciones, descontándole el gastado en la valoración del blanco.

Análisis estadístico: La unidad muestral experimental la constituyó un paquete de 25 tortillas. Los datos obtenidos se analizaron por medio de análisis de covarianza, adoptando un nivel de significancia de $p < 0.005$ para el contraste entre pendientes y coeficientes de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Isoterma de sorción de humedad de la tortilla: La Figura 2 muestra las isotermas de la tortilla de maíz. Estas resultaron tener la forma típica que guardan las isotermas de sistemas alimenticios, es decir tipo II.

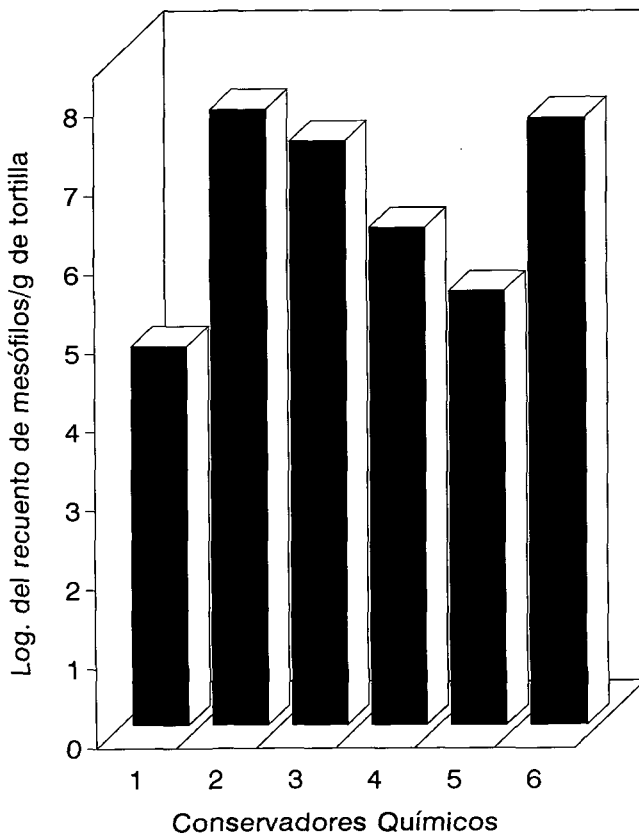
FIGURA 2.
Isoterma de la tortilla de maíz a $25 \pm 1^\circ\text{C}$.
Los puntos representan la media de duplicados con una variación no mayor de 2%



La tortilla fresca tuvo un contenido muy alto de humedad en base seca (92.5 g de agua/100 g de sólidos). En la isoterma de desorción esto corresponde a una humedad relativa de equilibrio (HRE) de 98% lo que significa que la tortilla pierde humedad a humedades relativas más bajas de este valor si no se incluyen ingredientes que disminuyan la A_w .

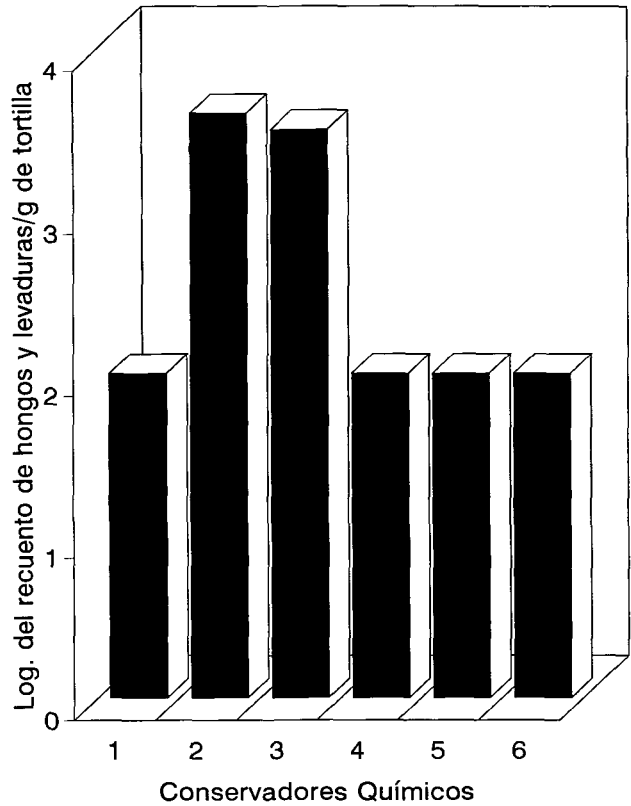
Aplicación y selección de conservadores: Los resultados de la acción de los conservadores sobre el deterioro microbiano de la tortilla se muestran en las Figuras 3 y 4. Dado su elevado contenido de humedad, la tortilla sin conservador empacada en los diferentes materiales y mantenida a 25° C mostró un deterioro organoléptico marcado en menos de 24 horas, asociado a una elevada cuenta de bacterias gram negativas, hongos y levaduras. (Figura 3 y 4). La adición de propionato de sodio al 0.3% no redujo significativamente la cuenta microbiológica a las 24 horas de almacenamiento a 25° C.

FIGURA 3
Efecto de conservadores químicos sobre el recuento de mesófilos aeróbicos en tortilla de maíz



- 1 Tortilla sin Conservador (a las 0 hr)
- 2 Tortilla sin Conservador (a las 24 hr)
- 3 Tortilla con Propionato de Sodio (a las 24 hr)
- 4 Tortilla con Metilparaben-Sorbato de Potasio (a las 24 hr)
- 5 Tortilla con Metilparaben-Peróxido de Hidrógeno (a las 24 hr)
- 6 Tortilla con Metilparaben-Peróxido de Hidrógeno (a los 7 días)

FIGURA 4
Efecto de conservadores químicos sobre el recuento de hongos y levaduras en tortilla de maíz



- 1 Tortilla sin Conservador (a las 0 hr)
- 2 Tortilla sin Conservador (a las 24 hr)
- 3 Tortilla con Propionato de Sodio (a las 24 hr)
- 4 Tortilla con Metilparaben-Sorbato de Potasio (a las 24 hr)
- 5 Tortilla con Metilparaben-Peróxido de Hidrógeno (a las 24 hr)
- 6 Tortilla con Metilparaben-Peróxido de Hidrógeno (a los 7 días)

El efecto de la acción de una mezcla de metilparabén y sorbato de potasio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre los hongos y levaduras los cuales se mantuvieron a menos de 100 colonias/gramo en 24 horas, pero no para las bacterias causantes del desarrollo de olores ofensivos.

La fórmula de metilparabén y peróxido de hidrógeno sin embargo, tuvo un efecto significativo sobre bacterias, hongos y levaduras, como puede observarse en la Figura 3. El nivel de bacterias en tortillas tratada con esta Fórmula después de 24 horas de almacenamiento a 25° C, no fue significativamente diferente al nivel de bacterias en la tortilla fresca. Sólo después de siete días se alcanzó el mismo nivel bacteriano que el de una tortilla sin conservador a las 24 horas. El efecto sobre hongos y levaduras (Figura 4) fue igualmente benéfico, ya que el nivel de estos microorganismos durante los siete días de almacenamiento se mantuvo igual al de una tortilla fresca. Lo anterior comprobó el efecto «estabilizador» de esta fórmula abriendo la posibilidad de extender significativamente la vida de anaquel del producto, por lo que la combinación de

metilparabén-peróxido de hidrógeno se empleó para llevar a cabo el estudio de almacenamiento y estabilidad de la tortilla

Determinación de actividad de agua: En el producto analizado se encontró una a_w muy elevada del rango de 0.97 a 0.98; ésta resultó ser la misma tanto para la tortilla control (sin conservador) como para la tortilla tratada con los diferentes conservadores; es decir, la adición de los conservadores no afectó la a_w de la tortilla.

Almacenamiento y estabilidad de la tortilla: Los resultados del estudio de vida de anaquel de la tortilla estabilizada con metilparabén-peróxido de hidrógeno se muestran a continuación. La Tabla 1 ilustra los resultados del recuento de mesófilos aeróbicos en relación a los días de almacenamiento. Los datos muestran una relación lineal positiva entre días de almacenamiento y log. del recuento de mesófilos. El análisis de las pendientes de las curvas de regresión de tiempo-recuento entre tortilla empacada en papel y PEAD almacenada a 25°C demostró que no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellas durante los 8 días de almacenamiento. El análisis de hongos y levaduras reveló que estos siempre se mantuvieron a menos de 100 por g de tortilla durante todo el experimento por lo que no se presentan tabularmente.

TABLE 1
RECuento DE MESOFILOS AEROBICOS DE
TORTILLA ESTABILIZADA Y ALMACENADA EN
DIVERSOS MATERIALES DE EMPAQUE A 25 °C^a

Días de Almacenamiento	Papel	PEAD ^b
0	4,91	4,91
2	5,48	6,10
4	6,61	6,58
6	7,36	7,60
8	10,38	10,59

^a Log. del recuento de mesófilos/g de tortilla

^b PEAD Polietileno de Alta Densidad

En un estudio sobre calidad de tortilla de harina de trigo comercial, Espinoza (20) encontró que el rango logarítmico del recuento de mesófilos aeróbicos para este producto oscilaba entre 2,6 y 6,8. En este estudio, la tortilla estabilizada con la fórmula desarrollada y empacada en los dos materiales de empaque presentó un recuento alrededor de 7,4 a los 6 días de almacenamiento. Cabe considerar que este recuento disminuye significativamente con el recalentamiento que se le da a la tortilla justo antes de consumirse. Capparelli y Matts (21), estudiaron el efecto del recalentamiento sobre el recuento de mesófilos en tortilla de maíz, y encontraron que el recalentamiento usual que se le da a la tortilla de maíz puede

disminuir el número de microorganismos de 2 a 3 ciclos logarítmicos.

La Tabla 2 ilustra los resultados de la variación del contenido de humedad de la tortilla, así como del peróxido residual en relación a los días de almacenamiento. La tortilla empacada en PEAD sufrió una pérdida de humedad despreciable durante todo el almacenamiento, ésta fue de 0.37% en los 8 días de estudio mientras que la tortilla empacada en papel periódico un 19,14% de humedad durante el mismo intervalo de tiempo.

TABLE 2
CAMBIOS DE HUMEDAD Y PEROXIDO RESIDUAL
DE LA TORTILLA DE MAIZ ESTABILIDAD
Y ALMACENADA A 25° C^a

Días de Almacenamiento	Humedad (%)		Peróxido de Hidrógeno Residual ^b	
	Papel	PEAD ^c	Papel	PEAD
0	45.18	45.18	16.08	16.08
2	40.25	44.70	3.53	3.70
4	38.97	45.48	3.60	3.55
6	38.25	44.20	3.45	3.55
8	34.12	44.85	3.60	3.60

^a Promedio de triplicado

^b Reportados como ml de permanganato de potasio 0.4 N necesarios para titular; el blanco gasta 3.6 ml de permanganato de potasio.

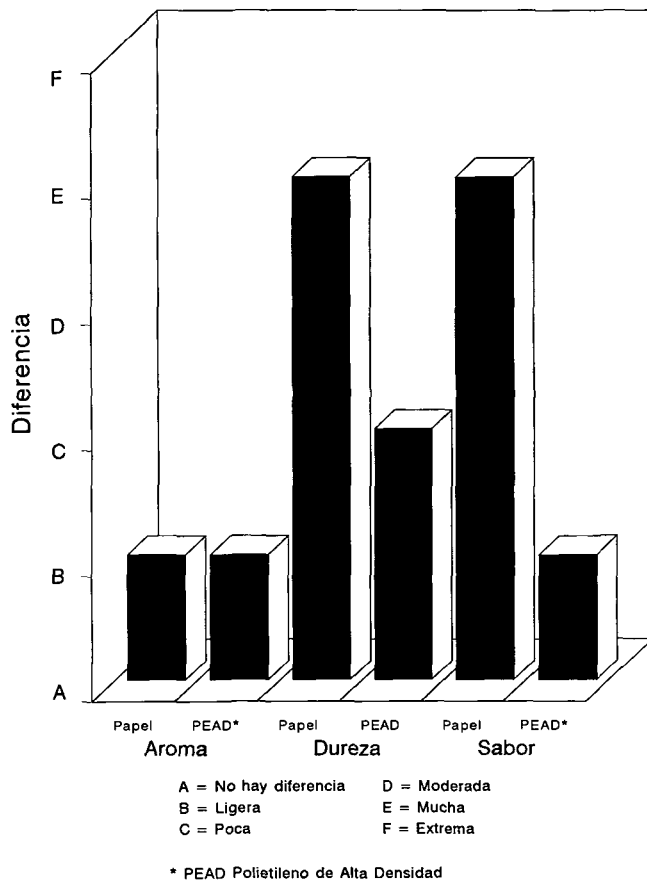
^c PEAD Polietileno de Alta Densidad.

El promedio de pérdida de peso de las muestras empacadas en bolsas de PEAD fue menor de 0.05 % por día, y alrededor de 2.3 % para la empacada en papel. Lo anterior está directamente relacionado con los cambios en dureza, ya que la tortilla empacada en papel registró incrementos muy significativos en esta característica.

Por otra parte, el peróxido de hidrógeno no se detectó en el producto después de dos días de almacenamiento, lo cual contribuyó a que el panel no detectara gran diferencia entre una tortilla fresca y la tratada experimentalmente después de seis días. En cambio, los datos relativos a dureza y sabor (Figura 5) señalaron diferencias muy marcadas para la tortilla empacada en papel, mientras que aquella en PEAD presentó ligeras diferencias.

Los cambios en dureza en la tortilla pueden estar asociados a los cambios en el contenido de humedad y a la retrogradación del almidón. Como se ha discutido anteriormente, la tortilla empacada en papel presentó una mayor dureza y pérdida de humedad que aquella almacenada en PEAD, por lo que los resultados concuerdan con lo esperado. Estos resultados demuestran que el papel es inadecuado para prevenir cambios de humedad y textura en tortilla, no así el PEAD el cual ofrece una mayor protección a este producto cuando se almacena.

FIGURA 5
Evaluación sensorial de la tortilla estabilizada a los seis días de almacenamiento comparada con tortilla fresca como referencia



CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que el uso de una combinación de metilparabén adicionado a la masa y una solución atomizada de peróxido de hidrógeno al 3% sobre la superficie de la tortilla, prolonga la vida de anaquel del producto final cuando éste se empaqueta adecuadamente, hasta por seis días a temperatura ambiente (25°C).

Las pruebas de evaluación sensorial realizadas demostraron que aunque existen diferencias en dureza y sabor entre una tortilla recién fabricada y una almacenada bajo las condiciones descritas anteriormente; éstas son ligeras en la tortilla empacada en PEAD; es decir, se mantuvo en un nivel aceptable desde el punto de vista organoléptico durante los seis días de almacenamiento.

Por otro lado, estos resultados subrayan la ventaja de utilizar el polietileno para prevenir la pérdida de peso y cambios en textura de la tortilla durante cortos períodos de

almacenamiento, siempre y cuando se tomen las medidas de conservación anteriormente señaladas.

REFERENCIAS

1. Andrés C. Ambient temperature shelf life of tortilla increased 7-10 fold. *Food Processing*, p. 44-46. 1983.
2. Bedolla S. & IW Rooney. Characteristics of US and mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World*, 29:7320735. 1984.
3. Khan M.N.; M.C. Desrosier; L.W. Rooney; R.G. Morgan & V.E. Sweat. Corn tortillas: Evaluation of corn cooking procedures. *Cereal Chem*, 59:279-284. 1982.
4. Rizley N.F. & D.A. Sutter. Sorghum tortillas: Process and product attribute. *J Food Sci*, 42: 1435, 1987.
5. Peláez J. & M. Karel. Development and stability of intermediate moisture tortillas. *J. Food Processing and Preservation*. 4:51-65. 1980.
6. Rubio M.J. Tortilla using polycarboxylic acids and their anhydrides. U.S. Patent 3, 694, 224, 1972.
7. Rubio M.J. Tortilla process using epichlorohydrin. U.S. Patent 3, 690, 893. 1972.
8. Rubio M.J. Tortilla and process using hydrophilic inorganic gel. U.S. Patent 3, 709, 997. 1973.
9. Rubio M.J. Tortilla and process using sorbic acid and its salts. U.S. Patent 3, 853, 997, 1974.
10. Rubio M.J. Tortilla and process using methyl, ethyl, butyl and propyl ester of parahydroxybenzoic acids. U.S. Patent 3, 853, 998. 1974.
11. Rubio M.J. Tortilla and process using acetic and propionic acids. U.S. Patent 3, 859, 449, 1975.
12. Tellez-Giron A.; G.R. Acuff; C. Vanderzant; L.W. Rooney & R.D. Waniska. Microbiological characteristics and shelf life of corn tortillas with and without antimicrobial agents. *J Food Protection*. 51:945-948. 1988.
13. Nieblas J.M.; A. Sánchez; L.G. Cumplido e I. Higuera-Ciapara. Efecto del material de empaque y temperatura de almacenamiento en la calidad de la tortilla de maíz. *Arch Latinoamer Nutr*, 41: 584-594. 1991.
14. Rockland L.B. Saturated salt solution for static control of relative humidity between 5° C and 40° C *Analytical Chem*, 32:1375-1376. 1960.
15. Furia T.E. *Handbook of food additives*. Vol. I 2a ed. Boca de Ratón, Fl. USA. CRC PRESS, p. 133-138. 1981.
16. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 15th ed. Arlington, Virginia. USA. The Association, 1984.
17. Food and Drug Administration, *Bacteriological Analytical Manual of the FDA*. 6th ed. Arlington, Virginia USA. p. 4.01-4.04, 19.02-19.03. 1984.
18. Larmond E. *Laboratory methods for sensory evaluation of food research branch*. Canada Dept. of Agriculture. Pub. 1637. Ottawa, Canada, p.7-10. 1982.
19. Ayres G.H. *Análisis químico cuantitativo*. México, Ed. Harla S.A. p. 649-651. 1971.
20. Espinoza L.A. *Caracterización química, física y calidad microbiológica de las tortillas de harina de trigo, consumidas en la cd. de Hermosillo, Sonora*. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Químicas. Universidad de Sonora, Hermosillo, Son. México. 1984.
21. Capparelli E. & L. Matts. Microflora of maize prepared as tortillas. *Applied Microbiol*, 29:802-806. 1984.

Recibido: 04-07-94

Aceptado:23-12-1994