

# Efectos del empaçado en atmósferas modificadas para la conservación de arepa de maíz\*

Restrepo Flórez, C. E. \*\*, Montes Álvarez, J. \*\*\*,  
Gómez Álvarez, L. M. \*\*\*\*, Cano Salazar, J. A.\*\*\*\*\*

## Resumen

**Introducción.** En Colombia la arepa de maíz es un alimento étnico y un producto básico de la canasta familiar. Uno de los principales inconvenientes asociados a su conservación es el deterioro por mohos y levaduras que limitan la vida útil del producto a cinco días. Actualmente existe desconocimiento de la importancia del manejo de la cadena de frío, razón por la cual generalmente no es aplicado en la comercialización. **Objetivo.** Evaluar aspectos como: sistemas combinados de conservación utilizando mezclas de gases (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> y Vacío), estructuras de empaque de barrera intermedia y alta a gases, control de la temperatura de almacenamiento; con el fin de aumentar la vida útil del producto para su comercialización a nivel nacional y de exportación. **Metodología.** Para determinar la vida útil se realizaron análisis microbiológicos, sensoriales y fisicoquímicos a la arepa, según lo establecido en la normativa NTC 5372, durante 65 días evaluando la estabilidad del producto a temperatura ambiente, refrigeración y la combinación de estas (fluctuante). El diseño experimental consistió en evaluar el efecto de las tres condiciones de almacenamiento en combinación con dos estructuras de empaques: barrera alta (tapa PET/LDPE/EVOH/LDPE y fondo BOPA/EVOH/BOPA/LDPE en 150 micras) e intermedia (tapa PET/PA/LDPE fondo PA/LDPE 130 micras), gases de envasados (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> y Vacío). **Resultados.** Se determinó que la combinación de 100% CO<sub>2</sub> - barrera intermedia, mantenía las características microbiológicas y sensoriales durante 9 días a temperatura ambiente (25°C ± 2°C), 28 días a temperatura fluctuante y 55 días en refrigeración (5°C ± 2°C); aumentando en un 80% la

estabilidad de la arepa almacenada al ambiente y en un 100% su conservación en refrigeración. **Conclusión.** La evaluación de los diferentes tratamientos utilizados para la conservación de la arepa de maíz, permitió establecer que el tratamiento tres, en el que se emplea una atmósfera de 100% CO<sub>2</sub> y empaque de barrera intermedia, prolongó por mayor tiempo las características de calidad del producto.

**Palabras claves:** arepa de maíz, vida útil, atmósferas modificadas, sistemas combinados de conservación.

## Effects of packaging in modified atmospheres on the conservation of corn arepas

### Abstract

**Introduction.** In Colombia corn arepas are an ethnic type of food and a basic product of the food basket. One of the main inconvenients associated to their conservation is their deterioration by molds and yeast, which limits the product's life to five days. There is a lack of knowledge concerning the importance of managing the cold chain, and therefore it is not being properly applied in the arepa's commercialization. **Objective.** Evaluating the following aspects: combined conservation systems by the use of gas mixtures (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> and vacuum), Packaging structures of intermediate and high barrier, to gases, Temperature control in storage, aiming to increase the arepa's life for its national and international commercialization. **Methodology.** Microbiological, sensorial and physical-chemical

\* Artículo derivado del proyecto de investigación desarrollado por la Fundación INTAL entre 2010 y 2011.

\*\* Magíster en Ciencias Farmacéuticas, directora técnica de Servicios en Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria – INTAL

\*\*\* Microbiólogo con énfasis en Alimentos, director de proyectos en Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria – INTAL

\*\*\*\* Microbióloga con énfasis en Alimentos, asistente técnico del Laboratorio Microbiológico en Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria – INTAL

\*\*\*\*\* PhD, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ms. C. Sistemas de Investigación Agroalimentaria, director científico-técnico de proyectos en Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria – INTAL

Correspondencia: crestrepo@fundacionintal.org

Artículo recibido: 03/08/2012; Artículo aprobado: 15/11/2012

analysis were performed in order to determine the life of the product, according to NTC 5372 regulation, during 65 days, evaluating the arepa's stability at room temperature, refrigerated and under fluctuating conditions, mixing room temperature and refrigeration. The experimental design consisted of the evaluation of the effect of the three storage conditions combined with two packaging structures: high barrier (PET/LDPE/EVOH/LDPE top and BOPA/EVOH/BOPA/LDPE bottom in 150 microns) and intermediate (PET/LDPE/EVOH/LDPE top and BOPA/EVOH/BOPA/LDPE bottom in 130 microns) packaging gases (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> and Vacuum). **Results.** The 100% CO<sub>2</sub> combination – intermediate barrier- kept the microbiological and sensorial characteristics during 9 days at room temperature (25°C ± 2°C), 28 days under fluctuating conditions and 5 days refrigerated (5°C ± 2°C), thus increasing the arepa's stability an 80% when stored at room temperature, and 100% in refrigeration. **Conclusion.** The evaluation of the different treatments used to conserve corn arepas permitted to establish that treatment number three, in which a 100% CO<sub>2</sub> atmosphere and an intermediate barrier package were used, conserved the quality characteristics of the product for a longer time.

**Key words:** corn arepas, life, modified atmosphere, combined conservation systems.

### Efeitos do embalado em atmosferas modificadas na conservação de arepa de milho

#### Resumo

**Introdução.** Na Colômbia a arepa de milho é um alimento étnico e um produto básico da canastra familiar. Um dos principais inconvenientes associados a sua conservação é a deterioração por mofo e fermentos que limitam a vida útil do produto a cin-

co dias. Atualmente existe desconhecimento da importância do manejo da corrente de frio, razão pela qual geralmente não é aplicado na comercialização.

**Objetivo.** Avaliar os seguintes aspectos: Sistemas combinados de conservação utilizando misturas de gases (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> e Esvaziamento), Estruturas de empacotamento de barreira intermédia e alta a gases, Controle da temperatura de armazenamento; com o fim de aumentar a vida útil do produto para sua comercialização a nível nacional e de exportação. **Metodologia.** Para determinar a vida útil se realizaram análise microbiológicas, sensoriais e físico-químicas à arepa, segundo o estabelecido nas normas NTC 5372, durante 65 dias avaliando a estabilidade do produto a temperatura ambiente, refrigeração e a combinação destas (flutuante). O desenho experimental consistiu em avaliar o efeito das três condições de armazenamento em combinação com duas estruturas de empacotamentos: barreira alta (tampa PET/LDPE/EVOH/LDPE e fundo BOPA/EVOH/BOPA/LDPE em 150 micras) e intermédia (tampa PET/PA/LDPE fundo PA/LDPE 130 micras), gases de embalados (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> e Esvaziamento). Resultados. Determinou-se que a combinação de 100% CO<sub>2</sub> - barreira intermédia, mantinha as características microbiológicas e sensoriais durante 9 dias a temperatura ambiente (25°C ± 2°C), 28 dias a temperatura flutuante e 55 dias em refrigeração (5°C ± 2°C); aumentando num 80% a estabilidade da arepa armazenada ao ambiente e num 100% sua conservação em refrigeração. **Conclusão.** A avaliação dos diferentes tratamentos utilizados para a conservação da arepa de milho, permitiu estabelecer que o tratamento três, no que se empregou uma atmosfera de 100% CO<sub>2</sub> e empacotamento de barreira intermédia, prolongo por maior tempo as características de qualidade do produto.

**Palavras importantes:** arepa de milho, Vida útil, Atmosferas modificadas, Sistemas combinados de conservação.

### Introducción

El maíz es un cereal de la familia de las Gramíneas que junto con el trigo y el arroz es considerado uno de los más importantes del mundo. Suministra elementos nutritivos a los animales y seres humanos; además, se utiliza como materia prima para la producción de almidón, aceites, proteínas y edulcorantes, entre otros<sup>1</sup>. El consumo de cereales, casi omnipresente en todo el mundo, les da una posición impor-

tante en la nutrición humana. Además del alto contenido de almidón como fuente de energía, los cereales aportan fibra dietética, proteínas y lípidos nutritivos ricos en ácidos grasos esenciales<sup>2</sup>. Las formas de consumo del maíz varían de acuerdo con la región: en México se consume en forma de arepas, y en Colombia las arepas se preparan con el cereal desgerminado, hidratado, cocido, molido, moldeado y pre-asado. Las características intrínsecas del producto, como pH (5,5-6,5), actividad acuosa

(0,980-0,999) se encuentran entre los rangos óptimos para el desarrollo de bacterias, hongos filamentosos y levaduras.

El deterioro de los alimentos puede estar provocado por factores físicos, químicos y microbiológicos, siendo el oxígeno uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, dado que es utilizado tanto por los microorganismos aeróbicos, que provocan la descomposición, participando en reacciones de tipo enzimático, como la de oxidación de grasas y compuestos sensibles, y en alteraciones de vitaminas y aromas<sup>3</sup>. Por lo tanto, se hace necesario buscar dentro del sistema o elaboración del alimento, diferentes métodos o procedimientos de conservación que disminuyan la pérdida de nutrientes en las diferentes etapas. El envasado en atmósfera modificada (MAP) se ha utilizado para la extensión de la vida útil de una gran variedad de productos alimenticios<sup>4</sup>, con el fin de disminuir o inhibir el crecimiento de microorganismos. La mayoría de los métodos que se utilizan actualmente retardan el crecimiento de los microorganismos, entre estos; la exposición del alimento a bajas temperaturas (almacenamiento), la reducción del pH, baja actividad de agua, conservantes, envasado al vacío, y el envasado en atmósferas modificadas. En el envasado al vacío se elimina todo el aire del envase provocándose un ambiente anaeróbico. El dióxido de carbono se utiliza a menudo en el envasado en atmósfera modificada, ya que permite limitar el crecimiento de microorganismos y es muy eficaz cuando se combina con la refrigeración<sup>5</sup>.

La comercialización y la alta demanda de arepas precocidas en la región originaron el interés y la necesidad de preservar la calidad y vida útil de este producto, de forma que se garantice al consumidor un alimento inocuo y con mayor tiempo disponible en el mercado. Por tanto, el objetivo de este estudio consistió en evaluar: sistemas combinados de conservación utilizando mezclas de gases (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> y Vacío), estructuras de empaque de barrera intermedia y alta a gases, y el control de la temperatura de almacenamiento, con el fin de aumentar la vida útil del producto para su comercialización nacional y de exportación.

## Materiales y métodos

Las muestras de arepa de maíz fueron suministradas en presentación de cinco unidades por paquete por la empresa "PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE LA FINCA", ubicada en Medellín-Colombia. El diseño experimental para determinar la vida útil de la arepa de maíz consistió en evaluar el efecto de tres condiciones de almacenamiento: temperatura ambiente (25° C ± 2°C), refrigeración (5°C ± 2°C), y una combinación de las dos (25° C ± 2°C por 12 horas y 5°C ± 2°C por 12 horas); dos estructuras de empaques: barrera alta (tapa PET/LDPE/EVOH/LDPE y fondo BOPA/EVOH/BOPA/LDPE en 150 micras) e intermedia (tapa PET/PA/LDPE fondo PA/LDPE 130 micras), gases de envasados (100% CO<sub>2</sub>, 40% CO<sub>2</sub>/60% N<sub>2</sub> y vacío) y tiempo de almacenamiento. Se empacaron en máquina continua MULTIVAC aplicando un programa de 12 milibares de vacío y 100 milibares de inyección de gas, garantizando una residualidad de oxígeno no mayor al 1%. El tiempo de medición de las variables respuesta dependió de las temperaturas de almacenamiento. Se realizaron análisis cada tres días a las arepas almacenadas a temperatura ambiente, cada cinco días a las almacenadas en temperatura fluctuante y en lapsos de 10 días a las almacenadas en refrigeración, hasta que los valores de las variables respuesta se encontraran fuera de los límites exigidos por los parámetros de calidad establecidos en la normativa colombiana. En la tabla 1 se describen los tratamientos empleados para el empaquetado y conservación de la arepa de maíz. Los datos fueron analizados gráficamente y estadísticamente a través del software Statgraphics Centurion XV. Los criterios para definir el final de la vida útil se basaron en la NTC 5372 Arepas de Maíz refrigeradas: especificaciones de producto<sup>6</sup>.

### Análisis microbiológico

La preparación de la muestra se realizó pesando 11 g (Balanza BOECO) de la arepa de maíz y homogeneizándola en 99 mL de Agua Peptona (0,1%) en un Stomacher (MIX 2-AES), a partir de la cual se realizaron las diluciones seriadas decimales hasta 10<sup>-3</sup>. Los análisis microbiológicos realizados correspondieron a aquellos establecidos en la NTC 5372, que incluyen

la determinación de coliformes fecales (NMP); recuento de *S. aureus*, *Bacillus cereus*, mohos y levaduras y microorganismos aerobios mesófilos<sup>7</sup>. Simultáneamente se realizaron análisis

de bacterias ácido-lácticas como parámetro de calidad relacionado con la pérdida de vacío, disminución de los valores de pH y acidez de la arepa de maíz.

**Tabla 1. Resumen de los tratamientos aplicados para el estudio de la vida útil**

Tratamiento	Atmósfera	Empaque
1	Vacío	Barrera intermedia
2	Vacío	Barrera alta
3	100%CO <sub>2</sub>	Barrera intermedia
4	100%CO <sub>2</sub>	Barrera alta
5	40%CO <sub>2</sub> /60%N <sub>2</sub>	Barrera intermedia
6	40%CO <sub>2</sub> /60%N <sub>2</sub>	Barrera alta

### Análisis fisicoquímico

Un gramo de las muestras de arepas de cada uno de los 6 tratamientos era pesado y luego diluidas en 100 mL de agua destilada a 20 °C ± 2 °C. A esta dilución se le aplicó acidez titulable (Bureta SCHOTT Instruments) expresada en porcentaje de ácido láctico, como principal metabolito secundario de los procesos fermentativos de las bacterias ácido-lácticas, y por lo tanto, fue utilizado como parámetro crítico para determinar la vida útil de la arepa de maíz. La determinación del pH de las muestras se analizó a partir de una dilución de 1 g del producto en 10 mL de agua destilada, luego el electrodo del potenciómetro (IQ Scientific Instruments) fue introducido en la dilución hasta obtener el valor de pH, este dato se tomó por triplicado.

### Análisis sensorial

Para el análisis de los parámetros organolépticos de las muestras de arepa, se realizaron pruebas descriptivas y cuantitativas descritas en la normativa colombiana NTC 5328 y 3932, con un panel de 5 jueces entrenados, con el fin de medir los atributos más relevantes que se percibieran en las arepas de los diferentes tratamientos. Las muestras de arepa de maíz de los 6 tratamiento fueron horneadas (GFO Series Automatic Gas Oven) a 190 °C por 7 minutos por cada lado, y luego fueron servidas a los jueces en porciones de 25 g a temperaturas

a 42 °C ± 2 °C, utilizando como neutralizante agua. Los descriptores analizados correspondieron a color, olor/aroma característico, olor/aroma objetable, sabor característico a maíz, sabor objetable, dureza y humedad, en una escala de 0 a 7, donde 0 es ausencia, 1 y 2 leve, 3 y 4 moderado, 5, 6 y 7 intenso; y calidad general del producto, establecida como alta, media y/o baja.

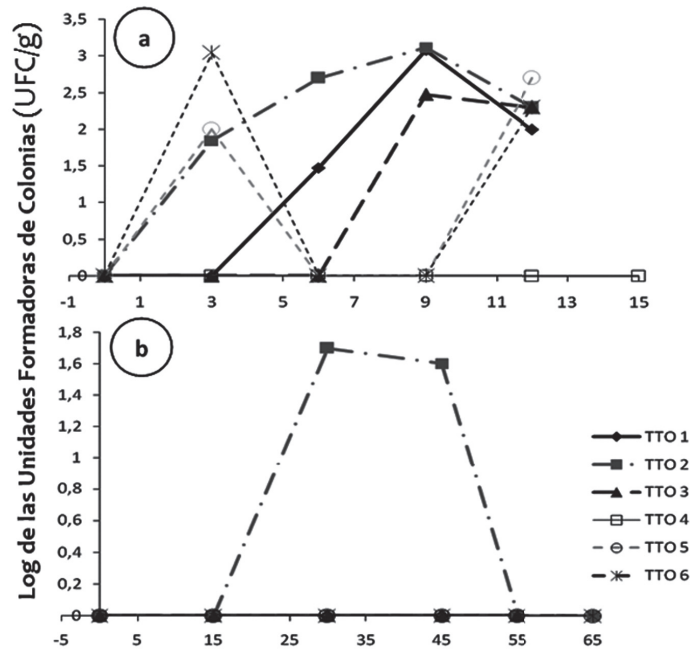
## Resultados y discusión

### Análisis de hongos filamentosos durante la vida útil de la arepa de maíz

El gráfico 1.a. muestra el desarrollo de hongos filamentosos a temperatura ambiente; los tratamientos que resultaron favorables en el control del crecimiento de estos microorganismos eucariotas, en el límite permitido por la norma colombiana NTC 5372<sup>6</sup>, fueron los tratamientos 40/60 y 100% CO<sub>2</sub> en ambos empaques (barrera intermedia y alta), logrando un tiempo de vida útil de 12 días. Debido a que las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> (superiores al 20%) inducen reacciones anoxigénicas, inhibiendo el crecimiento de hongos y bacterias oxigénicas, como lo reportan Ospina y Cartagena<sup>8</sup>. Para los tratamientos 1 y 2 correspondientes a envasado al vacío se evidenció el crecimiento de mohos, como resultado de la producción de gases generados por el desarrollo de bacterias

ácido-lácticas, microorganismos anaerobios facultativos capaces de crecer en ambientes con bajos porcentaje de oxígeno, favoreciendo la atmósfera óptima para el desarrollo de los mohos. El almacenamiento a temperatura de refrigeración (gráfico 1.b) logró controlar el

crecimiento de mohos durante el tiempo de estudio de vida útil, permitiendo la estabilidad del producto durante 65 días, como resultado del aumento de la solubilidad del CO<sub>2</sub>, intra e intercelularmente, generado a bajas temperaturas<sup>8</sup>.

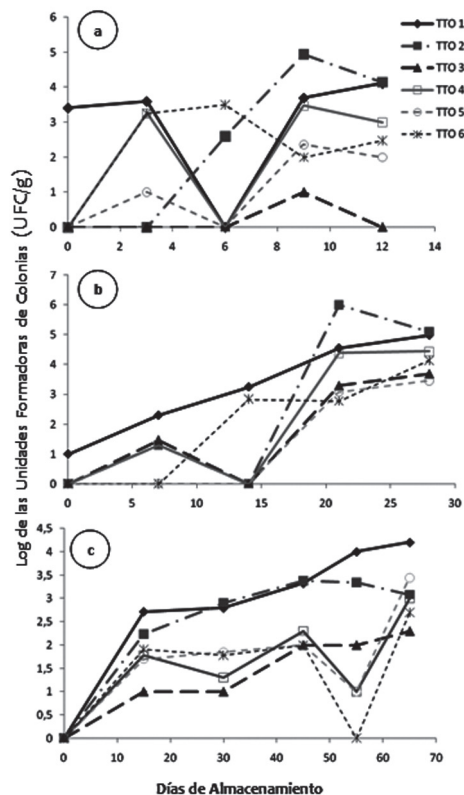


**Gráfico 1. Análisis del desarrollo de Mohos en la Arepa de Maíz, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (25°C ± 2°C) (a) y de refrigeración (4°C) (b). Relación entre el logaritmo de las unidades formadoras de colonias (UFC) y el tiempo de almacenamiento**

### Análisis de levaduras durante la vida útil de la arepa de maíz

Como se mencionó anteriormente, el crecimiento de bacterias ácido-lácticas produjo la pérdida de vacío de los tratamientos 1 y 2. Esto tuvo como consecuencia que las bacterias, hongos filamentosos y levaduras se desarrollaran y alteraran las arepas de maíz empacadas al vacío, tratamiento donde se esperaba que la formación de un ambiente anoxigénico inhibiera el crecimiento de organismos aeróbicos. Se evidenció que el control del crecimiento y desa-

rollo de las levaduras fue más favorable en los tratamientos 40/60 y 100% CO<sub>2</sub>, durante 12 días a temperatura ambiente (gráfico 2.a), 28 días a temperaturas fluctuantes (gráfico 2.b) y 55 días en refrigeración (gráfico 2.c); utilizando ambos empaques (barrera intermedia y alta). El uso de películas de polietileno ayudó a reducir el nivel de oxígeno dentro del sistema de las atmósferas modificadas y aumentar los niveles del dióxido de carbono, traduciéndose en un aumento de la vida de anaquel del producto, resultado del efecto bacteriostático y fúngico del CO<sub>2</sub><sup>9</sup>.



**Gráfico 2. Análisis del desarrollo de levaduras en la arepa de maíz, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (25°C ± 2°C) (a), fluctuante (b) y de refrigeración (4°C) (c). Relación entre el logaritmo de las unidades formadoras de colonias (UFC) y el tiempo de almacenamiento**

### Análisis de microorganismos aerobios mesófilos durante la vida útil de la arepa de maíz

Las gráficas 3.a y 3.b muestran que hasta el día seis de almacenamiento en temperatura ambiente y fluctuante, los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos superan los límites establecidos por la norma (10000 UFC/g de Aerobios Mesófilos en Arepas Refrigeradas)<sup>6</sup>, en todos los tratamientos, exceptuando el tratamientos 5.

Para establecer el tiempo de vida útil de la arepa de maíz los recuentos de estos microorganismos no se tomaron en cuenta, ya que la norma especifica el análisis de los microorganismos aerobios mesófilos, para el producto almacenado en refrigeración.

En la gráfica 3.c, los recuentos se encuentran entre los rangos establecidos por la NTC 5372, logrando que el producto se mantuviera estable por 65 días de almacenamiento en refrigeración. Los tratamientos 3 y 4 mostraron la mejor inhibición y el control en el desarrollo de estos microorganismos, producto del desplazamiento del oxígeno por el dióxido de carbono durante el envasado de las arepas de maíz, convirtiendo la atmósfera oxigénico en una anoxigénico.

### Análisis de bacterias ácido-lácticas durante la vida útil de la arepa de maíz

El crecimiento de bacterias ácido-lácticas en los tratamientos 3 y 4 mostraron mejor comportamiento como se evidenció en los gráficos 4 a., b., y c. Este comportamiento demuestra

que en la medida que estos microorganismos crecen, la producción de metabolitos como el  $\text{CO}_2$  y el ácido láctico aumenta durante el tiempo de almacenamiento. Estos productos son el resultado de la fermentación de las hexosas, la cual aumenta el poder bacteriostático y fungicida de las arepas empacadas en atmósferas con el 100% de  $\text{CO}_2$  y 40/60.

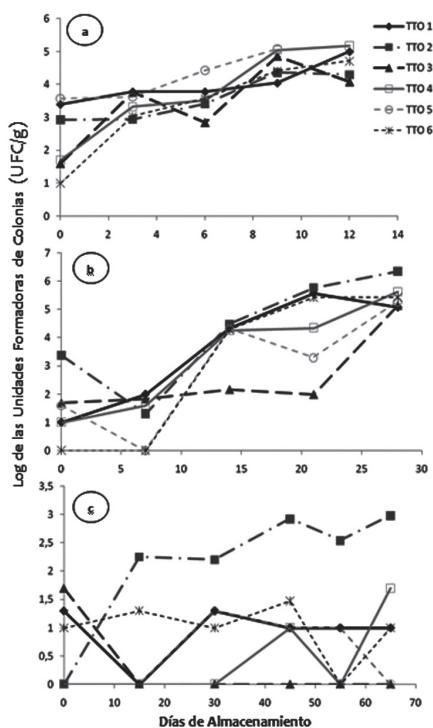
### Análisis de pH durante el ensayo de la vida útil de la arepa de maíz

Los valores de pH en los 6 tratamientos de conservación de la arepa de maíz se mantuvieron entre los rangos establecidos por la norma, entre 5 a 6,5<sup>6</sup>. En temperatura ambiente el pH se mantuvo constante para todos los tratamientos hasta el día 12 de evaluación. A temperaturas fluctuantes, se puede observar que en los tratamientos 3 y 4 los valores de pH se encuentran por debajo del rango establecido en los primeros días de evaluación y el día 28, como consecuencia de la formación de ácido

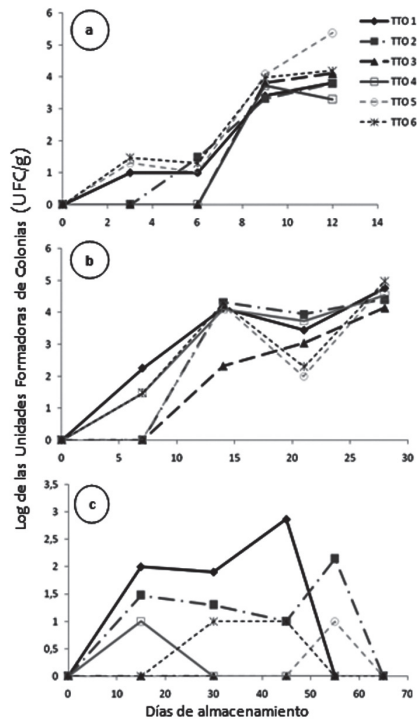
carbónico en la superficie de la arepa por la concentración de  $\text{CO}_2$ <sup>8</sup> (gráfico 5).

### Análisis sensorial. Sabor objetable durante la vida útil de la arepa de maíz

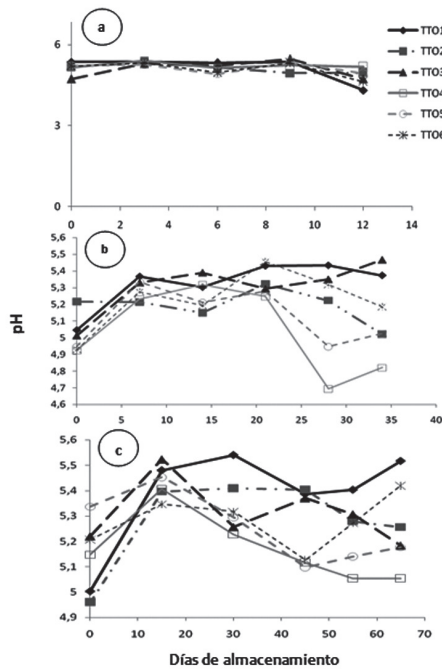
El descriptor sensorial, sabor objetable, se estableció como parámetro crítico para determinar la calidad organoléptica del producto evaluado. Este se encuentra directamente relacionado con los parámetros microbiológicos y de pH, evaluados durante el almacenamiento en diferentes temperaturas y atmósferas modificadas. Los resultados del análisis sensorial se encuentran resumidos en la tabla 2, donde se establece la vida útil, la estabilidad del sabor y el sistema de conservación de las muestras. Los sabores objetables que se tomaron en cuenta para determinar la estabilidad y la vida útil de la arepa de maíz conservadas en atmósferas modificadas son sabores fungosos, fermentados, rancios y ácidos. Sabores producto de los metabolitos secundarios (ácidos orgánicos láctico y acético) de la fermentación de las bacterias, hongos filamentosos y levaduras<sup>10</sup>.



**Gráfico 3. Análisis del desarrollo de microorganismo Aerobios Mesófilos en la Arepa de Maíz, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (25°C ± 2°C) (a), fluctuante (b) y de refrigeración (4°C) (c). Relación entre el logaritmo de los Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y el tiempo de almacenamiento**



**Gráfico 4. Análisis del desarrollo de bacterias ácido lácticas en la arepa de maíz, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (25°C ± 2°C) (a), fluctuante (b) y de refrigeración (4°C) (c). Relación entre el logaritmo de los Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y el tiempo de almacenamiento**



**Gráfico 5. Análisis del pH de la arepa de maíz, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (25°C ± 2°C) (a), fluctuante (b) y de refrigeración (4°C) (c)**



**Tabla 2. Vida útil de las arepas de maíz teniendo en cuenta las variables críticas de deterioro**

Temperatura	Vida útil lograda	Mejor tratamiento
Ambiente	9 días	100% CO <sub>2</sub> Ambas barreras
Fluctuante	28 días	100% CO <sub>2</sub> Barrera Intermedia
Refrigeración	55 días	100% CO <sub>2</sub> Ambas barreras

## Conclusión

Los sistemas de atmósferas modificadas resultan hoy en día una excelente alternativa para la conservación de alimentos, manteniendo características de calidad por mayor tiempo. La utilización de materiales de empaques que actúen como barrera al intercambio de gases entre el producto y el medio influye de forma significativa en el incremento del tiempo de vida útil de las arepas de maíz. Igualmente el uso de películas de permeabilidad intermedia puede permitir establecer un equilibrio de la atmósfera modificada.

La evaluación de los diferentes tratamientos utilizados para la conservación de la arepa de maíz permitió establecer que el tratamiento tres, en el que se empleó una atmósfera de 100% CO<sub>2</sub> y empaque de barrera intermedia, prolongó por mayor tiempo las características de calidad del producto, considerando los parámetros de la normativa colombiana. El empaque presenta una alta permeabilidad al O<sub>2</sub>, lo que permitió la estabilidad en las concentraciones de CO<sub>2</sub>, resultando en la disminución del desarrollo de microorganismo alterantes como hongos filamentosos y levaduras, así como la estabilidad del producto por un mayor tiempo. Con este tratamiento se logró incrementar la calidad microbiológica (recuento de levaduras), sensorial (sabor objetable) y fisicoquímico (determinación de pH), hasta 9 días a temperatura ambiente, se extendió la vida en anaquel hasta un 80%, 28 días a temperatura fluctuante y 55 días almacenadas en refrigeración, y se aumentó la vida útil en un 100%.

El comportamiento de los valores de pH que se evidenciaron en los tratamientos almacenados a temperaturas fluctuantes y de refrigera-

ción es resultado de la baja permeabilidad del empaque durante el almacenamiento en estas condiciones, que permitió la formación de ácido carbónico sobre la superficie de las arepas, a diferencia de los tratamientos almacenados a temperatura ambiente donde se favoreció la permeabilidad del CO<sub>2</sub> en el empaque.

## Referencias bibliográficas

- GARCÍA, J.; *et al.* Rheology of reinforced masses of corn with Manitol and CMC. En: Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2006. Vol. 4, N°1, p. 52.
- DUARTE, S.; PENA, A. & LINO, C. A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. En: Food Microbiology. 2010. Vol. 27, p. 187-198.
- MELVIN, A; *et al.* Mathematical modeling, non-destructive analysis and a gas chromatographic method for headspace oxygen measurement of modified atmosphere packaged soy bread. En: Journal of Food Engineering. 2008. Vol. 86. p. 501-507.
- LATOU, E.; *et al.* Shelf life extension of sliced wheat bread using either an ethanol emitter or an ethanol emitter combined with an oxygen absorber as alternatives to chemical preservatives. En: Journal of Cereal Science. 2006.
- WEBER, R. Shelf Life Extension of Corn Tortillas. Manhattan, Kansas: Drew University, 2000. 58 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arepa de maíz refrigerada. Especificaciones de producto. Bogotá. ICONTEC, 2007. p. 1-16. (NTC 5372).
- HOLGUÍN, S.; *et al.* Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico

- de alimentos para consumo humano. Bogotá: Instituto Nacional de Vigilancia de medicamentos y Alimentos (INVIMA), 1998.
8. OSPINA, S. y CARTAGENA, J. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. En: Revista Lasallista de Investigación. 2008. Vol. 5, N°2, p. 112-123.
  9. CASTRO, J.; *et al.* Efecto del empaque plástico sobre la vida de anaquel del mango KEITT. En: Revi. Iber. Tecnología Postcosecha. Vol. 5, N°1. 2003. p. 33-37.
  10. RAY, B. y BHUNIA, A. Fundamentos de Microbiología de los Alimentos. 4ª Ed. México: Litográfica Indromex, 2008. p. 38-42.