

**UTILIZACIÓN DE DOS MEZCLAS DE GASES EN LA CONSERVACIÓN DE PAN TAJADO**

**LETICIA ESTRADA GÓMEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

[Presentación](#) [Resumen](#) [Contenido](#) [Tablas](#) [Cuadros](#) [Anexos](#) [Figuras](#) [Introducción](#)

**PRESENTACION**

**UTILIZACIÓN DE DOS MEZCLAS DE GASES EN LA CONSERVACIÓN DE PAN TAJADO**

**LETICIA ESTRADA GÓMEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**Director**  
**Dr. GILBERTO CASTRO QUINTERO**  
**Ingeniero Agrícola Master M.S.c Especialización en procesos agrícolas**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**SEDE MANIZALES – MEDELLIN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN**  
**MANIZALES**  
**2001**

**UTILIZACIÓN DE DOS MEZCLAS DE GASES EN LA CONSERVACIÓN DE PAN TAJADO**

**LETICIA ESTRADA GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**SEDE MANIZALES – MEDELLIN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN**  
**MANIZALES**  
**2001**

**RESUMEN**

Los productos de panadería sufren un proceso de deterioro que limita su vida útil. Las principales formas de deterioro son la pérdida de textura, la pérdida o aumento de humedad y la alteración de origen microbiano. El pan se reviene por cambios físicos y químicos que provocan una mayor dureza de los productos, sin que tenga lugar una pérdida de humedad o la modificación del sabor. Esto representa un problema serio para el pan tajado, que puede tener una vida útil mucho más larga si no fuese por otras formas de alteración. La pérdida o aumento de humedad puede evitarse empleando materiales de envoltorio impermeables a la humedad y un cierre más eficaz; por lo tanto, la alteración microbiana, y el desarrollo de mohos en particular es el principal factor limitante de la vida útil. De las tres formas de alteración, la de tipo microbiano es la más importante.

El pan tajado fué sometido a un proceso de conservación por el método de atmósferas modificadas, con inyección de dos mezclas de gases, la primera fué N<sub>2</sub>: 60% - CO<sub>2</sub>: 40%, y la segunda fué O<sub>2</sub>: 5%, N<sub>2</sub>: 45% y CO<sub>2</sub>: 50% ; dos temperaturas diferentes 17 °C y 25 °C. Se utilizó una máquina empacadora Minipack torre Spa. Para estas pruebas se trabajo con una película flexible suministrada por ALICO.S.A.(Medellin) y se compararon frente a un control sin barrera y sin sellado en una película de polietileno de baja densidad, estas muestras se almacenaron por un periodo de dos meses. A cada muestra se le realizó pruebas fisicoquímicas; las cuales tuvieron tres replicas cada una y 16 lecturas en el tiempo (2 meses); microbiológicas, las cuales tuvieron tres replicas cada una y cuatro lecturas en el tiempo (2 meses) y organolépticas las cuales tuvieron tres replicas y 12 lecturas que se hicieron en el tiempo (2 meses). Los datos obtenidos se evaluaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba LSD al 5% de significancia. Para las pruebas organolépticas se realizó la prueba de Kruskal Wallis .

Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron pH, humedad y acidez titulable, en los microbiológicos coliformes totales y fecales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras, para la evaluación organoléptica se consideraron los parámetros aroma, color, sabor, textura y apariencia general.

Se determinó que de las atmósferas modificadas utilizadas en este estudio , la mezcla 2 ( CO<sub>2</sub> : 50%,N<sub>2</sub> : 50% y Oxígeno : 5% ) a 25° C fué la que presentó mejor efecto en cuanto a las variables fisicoquímicas durante el tiempo de almacenamiento .

Organolépticamente el control a 25°C fué el que mejor se comportó.

El pan sometido a las atmósferas utilizadas en este estudio tiende a mantener las características fisicoquímicas y no las organolépticas , siendo las de mayor variabilidad el sabor y la textura .

**Palabras claves :** Pan, atmósfera modificada, empaques, gases .

## CONTENIDO

	Pág
<a href="#">1. ANTECEDENTES</a>	1
<a href="#">2. MARCO TEÓRICO</a>	5
<a href="#">2.1 PAN</a>	5
<a href="#">2.1.1 Principales ingredientes del pan</a>	5
<a href="#">2.1.2 Estabilidad química y biológica</a>	9
<a href="#">2.1.3 Endurecimiento</a>	10

<a href="#">2.1.4 Enmohecimiento</a>	12
<a href="#">2.1.5 Métodos para incrementar la vida útil</a>	13
<a href="#">2.1.6 Aspectos microbiológicos</a>	14
<a href="#">2.1.7 Análisis Organoléptico</a>	15
<a href="#">2.2 ATMOSFERAS MODIFICADAS</a>	16
<a href="#">2.2.1 Generalidades</a>	16
<a href="#">2.2.2 Gases utilizados en las AM</a>	18
<a href="#">2.2.2.1 Oxígeno</a>	18
<a href="#">2.2.2.2 Nitrógeno</a>	19
<a href="#">2.2.2.3 Dióxido de Carbono</a>	20
<a href="#">2.2.3 Empaque con Atmósfera modificada (MAP)</a>	22
<a href="#">2.2.4 Tipos de empaques flexibles utilizados en AM</a>	26
<a href="#">2.2.4.1 Películas de baja barrera</a>	26
<a href="#">2.2.4.2 Películas de barrera media</a>	27
<a href="#">2.2.4.3 Películas de alta barrera</a>	28
<a href="#">3. METODOLOGIA</a>	30
<a href="#">3.1 LOCALIZACIÓN</a>	30
<a href="#">3.2 MATERIALES Y METODOS</a>	30
<a href="#">3.2.1 Población</a>	30
<a href="#">3.2.2 unidad experimental</a>	31
<a href="#">3.2.3 Tipo de estudio</a>	31
<a href="#">3.2.4 Tamaño de la muestra</a>	33
<a href="#">3.2.5 Duración del experimento</a>	34
<a href="#">3.3 TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS</a>	34
<a href="#">3.3.1 Determinación de las características fisicoquímicas del pan</a>	34
<a href="#">3.3.1.1 Humedad</a>	34
<a href="#">3.3.1.2 pH</a>	34
<a href="#">3.3.1.3 Acidez titulable</a>	34
<a href="#">3.3.2 Evaluación de las características microbiológicas</a>	35
<a href="#">3.3.2.1 Mesófilos aerobios</a>	35
<a href="#">3.3.2.2 Coliformes totales y fecales</a>	35
<a href="#">3.3.2.3 Recuento de mohos y levaduras</a>	35
<a href="#">3.3.3. Evaluación Organoléptica</a>	35
<a href="#">3.4 ANALISIS ESTADISTICO</a>	36
<a href="#">3.4.1 Variables fisicoquímicas</a>	36
<a href="#">3.4.1.1 Variables Controladas</a>	37
<a href="#">3.4.1.2 Variables Independientes</a>	37
<a href="#">3.4.1.3 Modelo a trabajar</a>	37
<a href="#">3.4.2 Variables Organolépticas</a>	38
<a href="#">3.4.2.1 Variables Controladas</a>	38
<a href="#">3.4.2.2 Variables Dependientes</a>	38
<a href="#">3.4.2.3 Prueba a trabajar</a>	38
<a href="#">4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</a>	39
<a href="#">4.1 EVALUACION DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS</a>	39
<a href="#">4.1.1 Evaluación general</a>	39
<a href="#">4.1.2 Análisis del pH</a>	44
<a href="#">4.1.3 Análisis de acidez</a>	46
<a href="#">4.1.4 Análisis de humedad</a>	48
<a href="#">4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</a>	50

<a href="#">4.3. EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA</a>	51
<a href="#">4.3.1 Aroma</a>	52
<a href="#">4.3.2 Color</a>	52
<a href="#">4.3.3 Sabor</a>	53
<a href="#">4.3.4 Textura</a>	54
<a href="#">4.3.5 Apariencia</a>	54
<a href="#">5. CONCLUSIONES</a>	56
<a href="#">6. RECOMENDACIONES</a>	58
<a href="#">BIBLIOGRAFIA</a>	59
<a href="#">ANEXOS</a>	62

### LISTA DE TABLAS

	Pag.
<a href="#">Tabla 1. Análisis de varianza para el pH</a>	45
<a href="#">Tabla 2. Análisis de varianza para la acidez</a>	47
<a href="#">Tabla 3 Análisis de varianza para la humedad</a>	49

### LISTA DE CUADROS

	Pag.
<a href="#">Cuadro 1. Normas microbiológicas del pan</a>	14
<a href="#">Cuadro 2. Contenido nutricional del pan</a>	31
<a href="#">Cuadro 3. Factores y niveles analizados en el diseño experimental</a>	33
<a href="#">Cuadro 4. Resultados microbiológicos</a>	51

## LISTA DE ANEXOS

	Pag.
<a href="#">Anexo 1. Características de la película de empaque</a>	62
<a href="#">Anexo 2. Ficha de evaluación organoléptica de panelistas</a>	63

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<a href="#">Figura 1. Comportamiento general del pH</a>	40
<a href="#">Figura 2. Comportamiento general de la acidez</a>	40
<a href="#">Figura 3. Comportamiento general de la humedad</a>	41
<a href="#">Figura 4. Comportamiento del pH para cada mezcla de gases en el tiempo</a>	42
<a href="#">Figura 5. Comportamiento de la acidez para cada mezcla de gases en el tiempo</a>	43
<a href="#">Figura 6. Comportamiento de la humedad para cada mezcla de gases en el tiempo</a>	44
<a href="#">Figura 7. Interacción gas temperatura para el pH</a>	45
<a href="#">Figura 8. Interacción tiempo temperatura para el pH</a>	45
<a href="#">Figura 9. Interacción tiempo y tipo de mezcla para el pH</a>	46
<a href="#">Figura 10. Interacción tiempo y temperatura para la acidez</a>	47
<a href="#">Figura 11. Interacción tiempo y tipo de mezcla para la acidez</a>	48
<a href="#">Figura 12. Interacción temperatura y tiempo de mezcla para la humedad</a>	49

<a href="#">Figura 13. Interacción tiempo y tipo de mezcla para la humedad</a>	49
<a href="#">Figura 14. Interacción tiempo y temperatura para la humedad</a>	50
<a href="#">Figura 15. Análisis gráfico de la variable aroma en el tiempo</a>	52
<a href="#">Figura 16. Análisis gráfico de la variable color en el tiempo</a>	53
<a href="#">Figura 17. Análisis gráfico de la variable sabor en el tiempo</a>	53
<a href="#">Figura 18. Análisis gráfico de la variable textura en el tiempo</a>	54
<a href="#">Figura 19. Análisis gráfico de la variable apariencia en el tiempo</a>	55

## INTRODUCCIÓN

La industria panificadora se convierte en uno de los principales productores de alimentos de alto consumo, llegando a la mayoría de la población ya que su principal importancia radica en su aporte energético en forma de hidratos de carbono; junto a ello se debe destacar su contribución de alrededor de 8% de proteínas. Esto lo convierte en un importante, barato y equilibrado proveedor de proteínas para la dieta.

El principal problema que se genera en los productos de panadería es el deterioro que se presenta por cambio en la textura debido a la pérdida o el aumento de humedad y la alteración de origen microbiano que limita su vida útil. A través de los años se han desarrollado investigaciones en diferentes países con el propósito de aumentar la vida útil de anaquel de los productos de panificación.

La utilización de Atmósferas Modificadas (AM) presenta ventajas como sistema de empaque en la conservación de alimentos, tales como aumento de la vida útil del producto que redundan en la racionalización de producción, almacenamiento, distribución; posibilidad de comercialización de productos de alta calidad; posibilidad de economía debido a la reducción de devoluciones por daño de producto; mejor presentación del producto con mayor aceptación por el consumidor y eliminación y reducción de conservantes.

Los gases más utilizados con AM son Oxígeno, Nitrógeno y Dióxido de Carbono; estos gases se pueden utilizar puros o en mezclas de acuerdo al tipo de producto que se desea empaquetar. En la utilización de AM el empaque debe ser un material impermeable a los gases y en el que el ambiente interior se modifica con el fin de disminuir los procesos de respiración, reducir el crecimiento de microorganismos y retardar las alteraciones enzimáticas, logrando alargar la vida comercial del producto.

Con este trabajo se evaluó el comportamiento del pan tajado sometido a Atmósferas Modificadas con dos mezclas diferentes de gases y dos temperaturas, y se determinan los cambios en las principales características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas a través del tiempo.

Los objetivos específicos de este trabajo fueron:

1. Determinar el comportamiento de las variables fisicoquímicas, pH, acidez y humedad del pan tajado sometido a las diferentes mezclas de gases.

2. Evaluar las principales variables microbiológicas, mesófilos aerobios, coliformes totales, coliformes fecales, hongos y levaduras durante el período de almacenamiento del pan tajado empacado en AM.
3. Evaluar organolépticamente la calidad del pan en las diferentes condiciones de almacenamiento en AM.

## 1. ANTECEDENTES

Se sabe que al almacenar alimentos en Atmósferas Modificadas empleando diferentes gases puede lograrse aumentos considerables de la vida útil de éstos; algunos gases como el nitrógeno y el argón son inertes y simplemente inhiben el desarrollo de microorganismos aerobios reduciendo la cantidad de oxígeno presente. Para que la atmósfera modificada sea eficaz, se requiere al menos un 98% del gas inerte y ésta debe mantenerse durante el almacenamiento, aunque diversos investigadores han confirmado la dificultad de mantener una concentración de nitrógeno lo suficientemente elevada para inhibir el desarrollo de mohos en productos alimenticios (BRODY, 1993).

El porcentaje de incremento en la vida útil a una determinada concentración de dióxido de carbono y a una temperatura dada, es similar en pan y pasteles, lo que sugiere que su eficacia depende en gran medida de la humedad relativa en equilibrio, por ello CZERNY, citado por BRODY realizó pruebas con Sandkuchen (bizcocho) de diferente humedad relativa en equilibrio y concluyó que la vida útil de este producto aumentaba desde un 430% a un 680% cuando se mantenía en una atmósfera con un 99% de dióxido de carbono, pero no se observaron indicios que sugirieran que tal incremento fuese mayor con productos de baja humedad relativa. Más recientemente SEILER, citado por BRODY ha obtenido incremento en la vida útil en pruebas de almacenamiento con distintos productos envasados en dióxido de carbono (BRODY, 1993).

En productos que presentan una humedad relativa del 90% o mayor, al utilizar dióxido de carbono se obtiene un incremento en la vida útil que varía de una prueba a otra. Con pasteles de fruta y pan se obtienen incrementos de cerca del 250% cuando existen concentraciones altas de dióxido de carbono. En otras pruebas con productos fermentados de humedad relativa en equilibrio similar, el aumento es solo del 150%. Se cree que éstas diferencias se deben a las características de la población fúngica presente más que a un incremento en la eficacia del dióxido de carbono cuando la humedad relativa es baja (GREENGRASS, 1993).

Skovholt y Bailey, citados por Brody, demostraron que la conservación del pan en atmósferas conteniendo al menos un 17% de dióxido de carbono retrasaba la aparición de mohos y que a una concentración del 50% de dióxido de carbono, la vida útil del pan libre de mohos se duplicaba en condiciones de almacenamiento que favorecen el desarrollo de mohos. Se comprobó que el dióxido de carbono no tenía efectos letales, ya que los mohos crecían prácticamente a la velocidad habitual cuando el pan se exponía seguidamente al ambiente.

En la década de los sesenta SEILER, citado por BRODY demostró con el pan y pasteles conservados a diferentes concentraciones de dióxido de carbono a 21°C y 27°C que el incremento de la vida útil aumentaba con la concentración y era mayor a 21°C.

SEILER, citado por BRODY recomienda modificar la atmósfera del producto no solo trabajando con un gas como dióxido de carbono o nitrógeno, sino que se deben utilizar mezclas de ambos gases. Estas mezclas han sido utilizadas en productos de panadería que necesitan de horneado utilizando el método MAP. El gas carbónico es usado como agente bacteriostático y el nitrógeno para prevenir el daño del empaque a medida que el gas carbónico se absorbe en el producto. Generalmente se ha encontrado apropiado emplear una mezcla de 60% de dióxido de carbono y 40% de nitrógeno para almacenar productos de panadería. Sin embargo se pueden utilizar otro tipo de mezclas de acuerdo al producto que se desea almacenar teniendo en cuenta varios factores tales como, tipo de proceso, uso de conservantes, vida útil actual y la que se desea con el uso de las AM, empaque y el equipo utilizado. Se ha trabajado AM en productos de panadería tales como galletas bajo atmósfera de nitrógeno y muffins ingleses bajo atmósfera de dióxido de carbono (BRODY, 1.993).

El Departamento de Agricultura de Canadá (1990) afirmó que la técnica MAP es la más apropiada para almacenar productos de panadería logrando que en su conservación no se requiera refrigeración, así con la utilización de esta técnica la vida útil de los productos de panificación aumenta de forma inquietante, por ejemplo el pan de hamburguesa empacado bajo condiciones controladas tiene vida útil de seis meses, algunos productos han incrementado su vida útil desde 48 horas hasta tres o cuatro semanas. Tanto que una compañía americana empaqa croissants con una durabilidad hasta 90 días (BRODY, 1993).

Los efectos del MAP en el pan tajado blanco son: acentuamiento del sabor añejo del pan, si el dióxido de carbono estuvo presente actúa como inhibidor del crecimiento de mohos y levaduras, la miga empieza a hacerse mas dura después de siete días de almacenamiento independiente de la mezcla de gas utilizada hay presencia de contaminación microbiológica debido a los mohos de coloración blanca, se da desarrollo de levaduras en la superficie del pan y pérdida del flavor por el tipo de sellado y bandejas utilizadas en el empaque del producto ( BRODY,1.999)

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 EL PAN

El pan es un producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*. La obtención del pan deriva de la necesidad de presentar las harinas de los cereales de forma atractiva digerible y apetitosa (BELITZ, 1982).

#### 2.1.1 Principales ingredientes del pan

· **Gluten y almidón de harina de trigo.** El gluten es uno de los componentes más importante de la harina de trigo, el cual se forma al adicionar agua a la harina (masa viscoelástica). Está compuesto de 90% de proteínas, 8% de lípidos y 2% de carbohidratos (pentosanas insolubles en agua). Las proteínas del gluten asociadas con los lípidos son responsables de las propiedades viscoelásticas y cohesivas de la masa, de la capacidad de retención del gas y después del horneado es poroso y esponjoso con corteza elástica. El gluten al ser mojado y amasado forma una película, esta masa forma a su vez otras películas más delgadas que se debilitan y luego se rompen si la acción mecánica es excesiva, además a altas temperaturas el gluten se coagula formando una estructura semirígida. El gluten se combina con el almidón, el cual no forma películas, pero cuando se humedece y calienta forma una pasta que se pone rígida y se gelatiniza (FENEMA, 1993).

Las proteínas del gluten (gluteninas y gliadinas) son poco solubles en disoluciones acuosas neutras debido a su bajo contenido de aminoácidos ionizables; tienden al establecimiento de puentes de hidrógeno debido a su riqueza en glutamina (más del 33% de su peso) y de hidroxiaminoácidos, lo que explica en buena medida, su capacidad de absorción de agua y sus propiedades de cohesión - adhesión del gluten ( FENEMA, 1993).

La harina de trigo da a la masa la estructura y la posibilidad de absorber mayor o menor cantidad de agua (absorción o consistencia), además de la capacidad de soporte en mayor o menor tiempo a los esfuerzos mecánicos durante el amasado y el cilindrado. Contiene los nutrientes principales del pan (proteínas, minerales y vitaminas). Da la fortaleza de la capa externa cuando sube el pan durante el crecimiento y horneado (elasticidad y extensibilidad) (FENEMA, 1993).

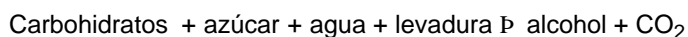
A fin de obtener productos de calidad deseada es necesario utilizar una harina de trigo de propiedades panarias óptimas. La calidad de la harina de trigo se ve fuertemente influida por las condiciones de desarrollo y cultivo (clima, localización) y posteriormente por las condiciones y duración del almacenamiento de la harina. Para evaluar las propiedades panarias globales de la harina de trigo es de gran importancia un control previo de la calidad, el análisis sensorial evalúa el tamaño de partícula y el color de la harina. Las harinas con cuerpo proceden de variedades de trigo duro ricos en gluten y se diferencian de las harinas blandas en que absorben lentamente agua hasta dar una masa consistente (BELITZ, 1982).

Se han desarrollado varios métodos para evaluar la calidad panaria de la harina mediante la determinación del contenido de glutenina como cromatografía en gel (BRODY, 1993).

#### · **Ingredientes esponjantes de la masa:**

- **Esponjantes químicos.** La interacción de agua, ácido, calor y agentes esponjantes (polvos gasificantes) , hace que se libere CO<sub>2</sub>; esta liberación de gas puede ocurrir en la masa antes o durante el horneado. Los agentes liberadores de CO<sub>2</sub> son, en general, bicarbonato sódico y un ácido tal como cítrico, tartárico, adípico o sus sales sódicas o cálcicas ( N.L. KENT, 1987).

- **Levadura.** Mediante la acción de esta, los carbohidratos de la harina y azúcar producen alcoholes y CO<sub>2</sub>.



La levadura más utilizada es la *Saccharomyces Cerevisiae* , siendo su temperatura óptima de desarrollo de 24°C a 26°C, su temperatura óptima de fermentación entre 28 y 32°C, pH de crecimiento entre 4,0 y 5,0, además, la proteinasa que contiene la levadura no produce ningún efecto sobre la masa (N. L. KENT, 1987).



- **Azúcar.** Alimenta la levadura, aporta sabor, suavidad y color dorado al pan y a la concha, un exceso de azúcar retarda la acción de la levadura.

Durante la elaboración de la masa, los azúcares mono, di y trisacáridos aumentan debido a la degradación del almidón, siendo éstos importantes en el esponjamiento (rafinosa, glucodifrutosa, maltosa, sacarosa, glucosa, fructosa, oligosacáridos ) (N. L. KENT, 1987).

- **Agua.** Debe ser potable y cumple la función de controlar la temperatura durante el moje y dispersar los ingredientes, además de servir de medio para la activación de la levadura y los azúcares (N, L. KENT, 1987).

- **Sal.** El cloruro de sodio tiene la función de controlar la producción de CO<sub>2</sub> de la masa ya que aumenta el poder del gluten (proteínas, gliadina y glutenina); es bactericida y resalta el sabor de los demás ingredientes (N. L. KENT, 1987).

- **Grasa.** Se incorpora grasa a la masa para panificación puesto que incrementa el valor nutricional del pan al tener un valor calórico de 9000 Kcal por kilogramo, la grasa ayuda en la extensión del agua en el pan, haciéndolo más suave, se mejora el volumen cuando se usa en más del 3%, suaviza la corteza y mejora el sabor, produce un efecto lubricante con el gluten en la masa. Así se mejora la textura y da una miga más suave y ayuda en un desarrollo más uniforme de la miga. Pero si se utiliza un exceso en el pan, éste pierde volumen y adquiere textura y gusto grasoso (N. L. KENT, 1987).

La grasa para panadería debe tener características tales como plasticidad, punto de cremado (propiedad de incorporar aire en la masa batida en unión con el azúcar ) , el punto de fusión y el contenido de sólidos o SFC a 20°C y 40°C (N. L. KENT,1987).

**2.1.2 Estabilidad química y biológica.** La estabilidad química y biológica de un alimento depende de la disponibilidad de agua libre que contenga frente a los agentes de degradación y no de su contenido de agua total (N. L. KENT, 1987).

El principio que regula la tecnología de producción de alimentos a humedad intermedia es el que realiza un sistema con un contenido en agua inferior mínimo de disponibilidad para los agentes deteriorantes, pero suficiente para mantener el producto comestible directamente sin que sea necesario su rehidratación, puesto que, el producto a humedad intermedia se estabiliza sin tener que recurrir a particulares y costosos sistemas de secado o a sucesivos sistemas de esterilización o refrigeración. En efecto, para su conservación, aunque sea variable en cada caso es en general suficiente un embalaje impermeable a la humedad ( ALLI, 1993).

En el caso de productos de horno, valores de agua libre inferiores al 0.75 corresponden a una conservación casi ilimitada en el tiempo para productos que tienen una humedad relativa del 18 al 25% ( BELITZ, 1982).

**2.1.3 Endurecimiento .** Los productos cuya base es harina, sobre todo aquellos con un contenido elevado de humedad, encuentran dos fenómenos alteradores: el endurecimiento y la aparición de moho. Ambos fenómenos pueden ser, si no anulados, al menos retardados, partiendo de particulares precauciones térmicas. El pan a la salida del horno, se presenta con una corteza crujiente y con una miga elástica húmeda y que no se desmigaja; con el paso del tiempo estas características sufren cambios, y mientras la corteza tiende a ablandarse, y después endurecerse, la miga se desmigaja y después también se endurece. El conjunto de estos cambios forma parte de los fenómenos conocidos con el nombre de endurecimiento del pan ( BELITZ, 1982).

Durante la conservación y especialmente en los momentos que siguen a la cocción en la superficie del producto, se produce una evaporación de la humedad que inicialmente ablanda la corteza para después endurecerla. Para reducir tal fenómeno debe mantenerse el producto en un ambiente con una humedad relativa del 65% al 75% pues con mayor humedad la evaporación aumenta. En la conservación del pan embalado es necesario utilizar materiales permeables al agua para que esta humedad pueda salir a través de la envoltura (GREENGRASS, 1993).

La calidad del pan se altera rápidamente durante su almacenamiento dado que el envejecimiento de la miga del pan no se debe solo a la pérdida de humedad, sino también al cambio que se produce en la estructura del almidón a temperaturas inferiores a 55°C desde una forma amorfa a otra cristalina que retiene menos agua. Esta variación conduce a un rápido envejecimiento y a la retracción de los granos de almidón que se separan del gluten con el que están asociados produciéndose el desmoronamiento de la miga, durante este proceso parte de las moléculas de agua difunden hacia la corteza, donde se evaporan, por lo que el sellar el pan ayuda a retrasar el proceso de envejecimiento ( N. L. KENT, 1987).

Es interesante como las diversas precauciones térmicas permiten retardar el envejecimiento del pan, entre ellas cabe destacar la elaboración de masa a baja temperatura con fermentación natural y con una cocción tal que el horno debe estar a máxima temperatura. La temperatura ejerce una influencia determinada sobre la velocidad de endurecimiento (GREENGRASS, 1993 ).

Uno de los métodos más importantes para la valoración del endurecimiento del pan es el organoléptico ya que éste permite determinar las características más relevantes del producto y sus defectos tales como, volumen insuficiente, forma irregular, coloración irregular, masa aglutinosa, miga muy húmeda, miga hendida y rajada ( N. L. KENT, 1987)

**2.1.4 Enmohecimiento .** Otras transformaciones que puede sufrir el pan durante la conservación se deben al desarrollo de hongos y bacterias; aunque el pan es estéril a la salida del horno a causa de la temperatura de cocción, inmediatamente después se convierte en un medio de cultivo óptimo sobre el que se depositan y multiplican las esporas que se encuentran en la atmósfera ( BELITZ, 1982

).

Las especies más comunes que proliferan sobre el pan son *Aspergillus flavus*, *Aspergillus Níger*, *Penicillium glaucum*, *Mucor mucedo* y *Rhizopus*, que se multiplican en colonias de diversos colores, blanco, amarillo y negro. El desarrollo del moho hace al pan incomedible no solo por las alteraciones organolépticas, sino sobre todo a causa de la producción de toxinas producidas por *Aspergillus* ( BELITZ, 1982 ).

El pan por su composición química, representa un sustrato nutritivo ideal para el crecimiento de microorganismos, sobre todo en aquellos tipos en los que la humedad es mayor del 20%, y en la miga más que en la corteza ; además la formación de moho representa un notable daño económico en las panaderías, por ello es importante tratar de reducir su crecimiento ( ALLI, 1.993 ).

La temperatura tiene también influencia importante en la reproducción de los mohos, siendo 30°C el valor óptimo en la mayoría de las especies de mohos ( Greengrass, 1993 ).

**2.1.5 Métodos para incrementar la vida útil** . Las formas de aumentar la vida útil de los productos de panadería se basan fundamentalmente en la destrucción de esporas de mohos, principales contaminantes de este tipo de producto; dichos métodos en general son:

- ✓ Métodos basados en que las esporas de los mohos se destruyen durante la cocción. Tienen como objetivo evitar cualquier contaminación posterior al horneado, lográndose así un producto libre de mohos.
- ✓ Métodos que destruyen cualquier espора de moho presente en la superficie del producto tras el envasado.
- ✓ Medidas que reducen la velocidad a la que puede crecer cualquier moho que acceda al producto.

Además, puede obtenerse un producto libre de mohos o alargar su vida útil, destruyendo o dañando las esporas de los mohos presentes en este, utilizando algún método de tratamiento térmico o por irradiación ultravioleta o gamma.

También puede obtenerse un producto con ausencia de mohos calentando el pan en un horno microondas. Sin embargo, la rápida expansión durante el calentamiento puede dañar las suturas del envase permitiendo la contaminación secundaria en una etapa posterior; en este caso, se produce una condensación que puede cambiar el aspecto de algunos productos ( DAVIES, 1993 ).

**2.1.6 Aspectos microbiológicos** . Los principales aspectos microbiológicos, según la Norma ICONTEC 1364 ( A , MADRID , 1.994 ) para el pan, se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Normas Microbiológicas para el pan .

Requisitos	n	M	M	C
Recuento total de bacterias Mesófilos aerobias	3	10.000	30.000	1
NMP Coliformes Totales/g.	3	3	11	1
NMP Coliformes Fecales/g.	3	< 3	-	0
Recuento de Hongos y Levaduras	3	300	500	1

En donde:

n: Número de muestras para examinar

m: Índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad

M: Índice máximo permisible para identificar el aceptable de buena calidad

C: Número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M

NMP: Número más probable

**2.1.7 Análisis Organoléptico** . La evaluación organoléptica es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos; y es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos fisicoquímicos y microbiológicos. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, es decir sus cinco sentidos. Las pruebas organolépticas son utilizadas en diferentes tipos de industrias alimentarias ( WATTS, 1992 ).

Esta es una disciplina científica que se utiliza para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones que se suscitan ante aquellas características de alimentos y materiales que se perciben por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído ( WATTS, 1992 ).

La calidad del pan puede evaluarse mediante el análisis de diferentes factores:

- ✓ **Color:** En este parámetro se evalúa el color de la corteza y el color de la miga. En la primera se tiene en cuenta uniformidad, dorado en la parte superior e inferior del pan, de lo contrario se evalúa si se presenta no uniformidad, color opaco o con manchas, muy claro u oscuro (rojo grisoso, carmelito), quemado, sucio. En la miga se establece si esta es de color crema o brillante, muy pálida (blanco) u oscura (castaño), con manchas, puntos, opaca o gris ( WATTS, 1992 ).
- ✓ **Aroma y sabor:** Debe ser característico a trigo y a malta, también se evalúa si es inoloro, insípido, muy salado. Además de identificar sabores a agrio, moho, viejo, rancio y presencia de sabor residual no característico ( WATTS, 1992 ).
- ✓ **Textura:** El tacto sobre la superficie del corte debe identificar una textura elástica, suave y sedosa, o determinar si la superficie es áspera, pastosa, desmoronable, seca, compacta, cauchosa, pegajosa o semielástica ( WATTS, 1992 ).

## 2.2 ATMÓSFERAS MODIFICADAS

**2.2.1 Generalidades .** La mayoría de los productos alimenticios presentan en general problemas de contaminación microbiana, sin embargo, los productos secos normalmente presentan pocos problemas de contaminación debida a microorganismos, una vez que el nivel de actividad de agua es bajo; estos productos son afectados por la humedad del aire y el oxígeno presente en el aire, el cual puede causar problemas en los productos que han pasado por procesos de horneado - secado, donde el oxígeno reacciona produciendo cambios en el aroma y sabor de los productos empacados (OORAİKUL, STILES, 1991).

Por lo anterior se han diseñado diversas alternativas para lograr aumentar la vida útil de los alimentos, entre las que destaca el uso de Atmósferas Modificadas (AM). Una Atmósfera Modificada hace referencia a cualquier ambiente con una atmósfera diferente a la atmósfera normal (20,94% O<sub>2</sub>, 0,03% CO<sub>2</sub>, 78,08% N<sub>2</sub>) aplicado a cualquier producto en condiciones tales que se obtenga mayor durabilidad de este.

En las AM se utilizan diversas mezclas de gases, los tres principales gases utilizados comercialmente son oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. También se ha investigado el monóxido de carbono, bióxido de azufre, oxido nitroso, ozono y cloro; sin embargo la utilización de éstos ha sido limitada por los consensos de la seguridad y legislación, por los efectos negativos sobre propiedades organolépticas , costos y por salud (OORAİKUL, 1991).

La aplicación de AM está asociada a cinco elementos o parámetros tecnológicos claves que son:

- ✓ Naturaleza y calidad inicial del producto
- ✓ Especificación de mezcla gaseosa con relación al producto
- ✓ Control de temperatura
- ✓ Propiedades de barrera del empaque
- ✓ Eficiencia de equipo de acondicionamiento.

Además de impedir o reducir el porcentaje de degradación del producto, es decir, sabor, olor, textura, aroma, etc; el uso de AM aumenta la vida de almacenamiento de los ingredientes de los alimentos, permitiendo comprar en calidades y cantidades más económicas. Aumenta el tiempo disponible para la distribución y la vida útil del producto y elimina la necesidad de utilizar preservativos e ingredientes artificiales (OORAİKUL, 1991).

La aplicación de los sistemas de AM se da en diversos tipo de industrias como:

- ✓ Carnes y derivados
- ✓ Vegetales
- ✓ Productos lácteos
- ✓ Panaderías
- ✓ Bebidas
- ✓ Café
- ✓ Aceites

**2.2.2 Gases utilizados en las AM .** Estos gases se pueden utilizar puros o en mezclas de acuerdo al tipo de producto que se desea empacar.

**2.2.2.1 Oxígeno (O<sub>2</sub>).** El oxígeno es un gas que en condiciones normales (20°C de temperatura y 1 Kg/cm<sup>2</sup> de presión) es incoloro, inodoro e insípido. Constituye el 20,94% del aire, no es tóxico y es poco soluble en agua. Al contrario del nitrógeno y gas carbónico,

el oxígeno es químicamente activo y se combina con muchos otros elementos y compuestos en reacciones exotérmicas. El efecto del oxígeno sobre los alimentos es negativo en la mayoría de los casos ya que produce oxidación y da lugar a fenómenos como enranciamiento de grasas y aceites. Sin embargo el oxígeno, empleándolo correctamente en la industria alimentaria puede ser beneficioso en algunos casos como la aceleración de los procesos fermentativos (BRODY, 1993).

Sus principales propiedades son:

- ✓ Necesario para que tengan lugar las reacciones biológicas de los organismos
- ✓ Sostiene el metabolismo y respiración de frutas y vegetales
- ✓ Previene el crecimiento de microorganismos anaeróbicos productores de toxinas
- ✓ No es tóxico
- ✓ Mantiene el color de la carne fresca

Algunos efectos fisiológicos de bajas concentraciones de oxígeno son:

- ✓ Reducción de la tasa respiratoria y oxidación del sustrato
- ✓ Disminución de la producción de CO<sub>2</sub>.
- ✓ La degradación de los compuestos pépticos insolubles no es tan rápida como en el aire .

**2.2.2.2 Nitrógeno. (N<sub>2</sub>).** El nitrógeno en condiciones normales (20°C y 1Kg/cm<sup>2</sup> de presión) es un gas incoloro, inodoro e insípido, es el principal componente del aire pues constituye el 78,08% en volumen de este. A presión atmosférica y a temperatura por debajo de -196°C es un líquido incoloro, inodoro y caracterizado principalmente por su gran inercia química (no ataca o reacciona con otros productos), lo que favorece enormemente su utilización en la elaboración, envasado y conservación de los productos alimenticios (BRODY, 1993).

Algunas de sus propiedades son:

- ✓ Insoluble en agua y grasas
- ✓ Desplaza el O<sub>2</sub> atmosférico evitando oxidaciones
- ✓ Inhibe el desarrollo de microorganismos aeróbicos
- ✓ No inflamable e inerte
- ✓ Forma parte de la estructura proteínica de los animales y las plantas
- ✓ No es posible la respiración de los seres vivos ni la combustión de los cuerpos en este tipo de gas
- ✓ Se difunde lentamente a través de los empaques y evita el colapso del envase por depresión ( OORAIKUL, 1991).

**2.2.2.3 Dióxido de Carbono. (CO<sub>2</sub>).** El dióxido de carbono o anhídrido carbónico es un gas en condiciones normales (20°C y 1 kg/cm<sup>2</sup> de presión) se encuentra presente en la atmósfera en una proporción variable, comprendida entre el 0,03 y 0,06% en volumen. Es incoloro e inodoro con un sabor ácido, se produce de forma natural en la fermentación de productos alimenticios (mosto de uva, cerveza, melazas, zumos) por la acción de levaduras sobre los azúcares dando lugar además a alcoholes, ácido acético, ésteres. En la industria de alimentos se utiliza en la carbonatación y envase de bebidas, en la prevención del crecimiento de hongos y bacterias, como gas frío en la refrigeración y congelación rápida y en el empaque en atmósferas controladas (BRODY, 1.993).

Se caracteriza por:

- ✓ Ser soluble en agua y grasas originando una ligera acidez
- ✓ Bacteriostático y fungicida en valores superiores al 10% de concentración
- ✓ Tiene alta capacidad frigorífica (150 Kcal/Kg)
- ✓ Se difunde fácilmente a través de los empaques
- ✓ Sus propiedades se potencian a altas temperaturas

Si un alimento envasado con dióxido de carbono se consume directamente del envase puede percibirse el sabor ácido y amargo del ácido carbónico. Por otra parte, al exponerse al aire, los productos de humedad alta pierden el dióxido de carbono muy rápidamente de forma que el olor ácido desaparece en unos pocos minutos. La velocidad a la que se pierde varía de un producto a otro, reteniéndose más tiempo este gas en los alimentos grasos que en los productos con poca grasa (BRODY, 1993).

Algunos efectos fisiológicos cuando se aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, aumenta la cantidad de CO<sub>2</sub> en el pan y se inhibe el crecimiento microbiano, además para aumentar la eficacia de este gas, se puede disminuir la temperatura de trabajo. La tolerancia de los microorganismos al dióxido de carbono varía afectando generalmente a los mohos más que a las bacterias y a las levaduras( BRODY,1.993 ) .

Otros efectos que se presentan son:

- ✓ Inhibición de algunas actividades enzimáticas (succinodeshidrogenasa, citocromo oxidasa).
- ✓ Disminución en la producción de volátiles
- ✓ Alteración en el metabolismo de los ácidos orgánicos
- ✓ Reducción en la descomposición de las sustancias pépticas
- ✓ Alteración en la producción de los diferentes azúcares
- ✓ Desarrollo de malos sabores

En resumen, se considera que una mayor concentración de CO<sub>2</sub> (controlada) alarga la vida del producto, cierta cantidad de N<sub>2</sub> evita la ruptura del empaque en productos de alto nivel metabólico y una pequeña proporción de O<sub>2</sub> asegura el buen estado de los alimentos (BRODY, 1993).

**2.2.3 Empaque con Atmósfera Modificada (MAP).** El MAP reemplaza el aire dentro del empaque de los alimentos con una mezcla específica de gases que retarda la descomposición por bacterias, prolonga la vida útil del producto, retarda la actividad microbiana, reduce el porcentaje de rancidez oxidante y mantiene la calidad del alimento, además de evitar la utilización de conservantes y aditivos (ORAIKUL, 1991).

Cuando se introduce las aplicaciones con Atmósfera Modificada se presentan ventajas como:

- ✓ Proporciona la flexibilidad de diferentes aplicaciones.
- ✓ Aumento de la vida útil del producto, lo que redundará en la racionalización de la producción, almacenamiento y distribución.
- ✓ Posibilidad de comercialización de productos de alta calidad, donde se conserva el olor, aroma y frescura.
- ✓ Reducción de las pérdidas de distribución.
- ✓ Posibilidad de economía debido a la reducción de manejo y distribución de productos.
- ✓ Mejor aceptación para el producto por parte del consumidor.
- ✓ Mayor valor agregado en el producto.

Esta tecnología se aplica comercialmente a productos de panificación, confitería, productos secos, además de carnes y derivados, frutas y vegetales). El MAP incluye tecnologías como empaques que cambian o controlan la Micro o Macro atmósfera dentro del producto, lo que ocasiona ventajas adicionales como son:

- ✓ El producto puede permanecer en las rutas de distribución por mayor tiempo, en galpones de almacenamiento o en su punto de destino.
- ✓ Productos frescos con un mínimo o sin ningún conservante.
- ✓ Mantiene el contenido nutritivo del producto y no altera la calidad.

Los materiales de empaque se deben clasificar con el tipo de producto a empacar como son: Productos que respiran y productos que no respiran (ORAIKUL, 1991).

Dentro de las características que deben de cumplir estos empaques tenemos:

- ✓ Permeabilidad a gases
- ✓ Propiedades mecánicas
- ✓ Termosoldabilidad
- ✓ Permeabilidad al vapor de agua
- ✓ Barrera a la luz

La atmósfera será modificada dependiendo de la cantidad de producto en el empaque, la tasa a la cual los gases se transmiten a través de la película, el área superficial de la película y la temperatura. Si la película es permeable o si tiene huecos sobre ella implica que la atmósfera nunca estará lo suficientemente modificada para reducir la tasa de respiración de los productos. Si la película no es permeable, el producto carecerá de la suficiente cantidad de oxígeno dando lugar a aromas inadecuados y a fermentación, o la concentración de dióxido de carbono crecerá tanto, que producirá también el desarrollo de aromas desagradables. La clave está en manipular la cantidad del producto, el área superficial y el tipo de película con el objeto de llegar a un equilibrio en el cual el producto se preserva más tiempo en buen estado sin llegar a los desordenes que pueden causar atmósferas modificadas impropias (HASTING, 1993).

En productos de panadería resulta apropiado el laminado de polietileno, Cloruro de polivinilideno (PVDC) con el poliéster, proporcionando resistencia y retención de aroma y sabor; el PVDC con el polietileno proporcionan una barrera al gas y al vapor de agua en un medio sellado por el calor. Las películas metalizadas o parcialmente metalizadas también se han utilizado para aumentar el efecto barrera (PAINE, 1994).

Algunos factores que afectan los empaques en Atmósferas Modificadas son generados por los alimentos, entre éstos se encuentran:

- ✓ **Respiración.** La respiración de las plantas es la ruptura oxidativa del almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas simples como dióxido de carbono y agua con la concomitante producción de energía y calor. Uno de los efectos primarios de la AM es disminuir la tasa de respiración, lo cual disminuye la velocidad de agotamiento del sustrato (azúcares y ácidos orgánicos), la producción de dióxido de carbono, el consumo de oxígeno y la liberación de calor. El resultado es un metabolismo lento y un prolongado potencial de la vida de almacenamiento (GREENGRASS, 1993).
- ✓ **Temperatura de almacenamiento.** Procesos metabólicos como la respiración y la velocidad de maduración son muy sensibles a la temperatura. Las reacciones biológicas generalmente se incrementan de dos a tres veces por cada 10°C que se incrementa la temperatura. La temperatura óptima tiende a mantener la calidad del alimento por un periodo de tiempo mayor; esta temperatura puede variar dependiendo de condiciones como la reducción de oxígeno y el aumento de dióxido de carbono (ORAIKUL, STILES, 1991).

✓ **Humedad Relativa.** Una humedad relativa baja puede incrementar la transpiración y llevar a la desecación por un incremento de la respiración. Uno de los beneficios de las atmósferas modificadas y de los empaques en general, es poder conservar una adecuada humedad relativa dentro del empaque. Existe el riesgo de que la humedad relativa se aumente, cause condensación y genere condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos, lo que llevaría a la podredumbre del alimento. La condensación sobre la superficie del empaque también puede alterar las propiedades de permeabilidad del material de empaque y llevar a la evolución de una atmósfera desfavorable (GREENGRASS, 1993).

## 2.2.4 Tipos de empaques flexibles utilizados en AM

### 2.2.4.1 Películas de baja barrera:

✓ **Polietileno.** Las resinas de polietileno de una densidad de 0,910 – 0,925 son llamadas polietilenos de baja densidad, mientras los que tienen densidades que oscilan entre 0,926 – 0,940 y 0,941 – 0,956 son llamados polietilenos de densidad media y alta respectivamente. El polietileno de baja densidad (PEBD), es una de las resinas más difundidas por su gran versatilidad en el campo de la transformación. Tiene bajo costo, alta tenacidad y flexibilidad, gran resistencia química, relativa buena transparencia, baja permeabilidad al vapor de agua y es excelente en sellados al calor. Se usa ampliamente como envoltura de alimentos y también como capa sellante de películas laminadas (GREENGRASS, 1993).

✓ **Polipropileno (PP).** Es un polímero termoplástico de baja densidad y químicamente similar al polietileno; posee excelente transparencia, brillo, dureza, rigidez y resistencia, excelentes propiedades mecánicas, baja transmisión de sabor y olor, alta resistencia química a los solventes. Por todo lo anterior, se han usado ampliamente como material de empaque en lugar de celofán.

Se produce por monómeros de propileno y polimerización de ellos a polipropilenos. Este polímero, además de aportar rangos de barrera a la humedad en forma de gas, proporciona una barrera a los gases mucho más alta (siete a diez veces mayor) que el polietileno (GREENGRASS, 1993).

**2.2.4.2 Películas de barrera media.** El Cloruro de Polivinil (PVC) flexible tiene una alta conductividad, es resistente a cambios físicos y se usa como material de empaque para pescados y vegetales. El PVC duro se utiliza en cerca del 40% de los empaques para alimentos. Tiene una buena barrera a los gases y una moderada barrera al vapor de agua. Las principales propiedades del PVC, son: transparente a traslúcido, densidad de 1,23 a 1,37 g/cc, buena resistencia a ácidos, álcalis, grasas y aceites, poco permeable al oxígeno (un poco más permeable al vapor de agua), excelentes propiedades de encogimiento y elasticidad, puede ser flexible o rígido, resistente a solventes no polares (GREENGRASS, 1993).

### 2.2.4.3 Películas de alta barrera:

✓ **Etilvinilalcohol (EVOH).** Este polímero es importante ya que proporciona una elevada resistencia al paso del oxígeno en estado seco. Las características de extrusión del EVOH lo convierten en un producto relativamente fácil de procesar, debido a esto es el más popular de los polímeros barrera. El inconveniente del EVOH es que disminuye sus propiedades barrera cuando aumenta el contenido de humedad.

El contenido de etileno del EVOH se puede variar para acomodarlo a sus características de procesamiento, cuanto menor sea el contenido de etileno, más elevada será su actividad de barrera (GREENGRASS, 1993).

✓ **Cloruro de polivinilideno (PVDC).** Se conoce comercialmente como Saran y cryovac, son copolímeros con 75% a 85% de cloruro de vinilideno y 20% a 25% de cloruro de vinilo. Es también un importante polímero barrera que ha sido usado en aplicaciones laminares para envasado de alimentos durante muchos años. Las principales propiedades del PVDC son: transparente, densidad de 1,59 a 1,71 g/cc, excelente resistencia al agua, excelente resistencia a ácidos excepto  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y a álcalis excepto  $\text{NH}_3$ , muy buena resistencia a grasas y aceites, impermeable a gases y a vapor de agua, se utiliza para el empaque al vacío. (GREENGRASS, 1993).

✓ **Poliamida (PA).** La poliamida y sus derivados se usan para proporcionar una barrera al oxígeno en estructuras multilaminadas. Las poliamidas son transparentes o traslúcidas, su densidad varía de 1,13 a 1,14 g/cc, posee excelente resistencia al agua pero pobre resistencia a ácidos y álcalis, también excelente resistencia a grasas y aceites y excelente resistencia a la tensión y la abrasión. Muy buena estabilidad térmica (hasta 270°C), lo que hace que se emplee en bolsas esterilizables, impermeable a gases y aromas y moderadamente al vapor de agua ( GREENGRASS, 1993 ).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Manizales con muestras de pan tajado familiar blanco de la panadería la Victoria (Manizales) , las inyecciones y empaçado fueron realizadas en el Programa de Industrialización del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), ubicado en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas; el análisis fisicoquímico, microbiológico y organoléptico de las muestras se procesaron en las instalaciones del Laboratorio de la Universidad Nacional sede Manizales durante los meses de octubre y noviembre de 1999.

#### 3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del estudio sobre la utilización de Atmósferas Modificadas en pan tajado se utilizó pan tajado elaborado en la panadería la Victoria ( Manizales).

Las mezclas de gases se establecieron debido a que en CENICAFE donde se realizaron las inyecciones de los gases se tenían para este tipo de estudios esas dos mezclas disponibles .

**3.2.1 POBLACIÓN:** La población objeto está constituida por el pan tajado blanco producido con las características nutricionales que se aprecian en el Cuadro 2 .

**Cuadro 2.** Contenido nutricional del pan por 100 gramos .

Análisis	Contenido
Calorías	15
Proteínas	16 g
Carbohidratos	26 g
Tiamina	22 mg
Niacina	16 mg
Calcio	13 mg
Hierro	19 mg

**3.2.2 UNIDAD EXPERIMENTAL:** Cada una de las tajadas de pan, las cuales tienen un peso promedio de 1 gramo, 10 centímetros de lado y un centímetro de alto. No se utilizaron tapas y todo el pan fue blanco.

**3.2.3 TIPO DE ESTUDIO:** La investigación pretende analizar cómo se afectan las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del pan cuando se somete durante el tiempo a dos atmósferas modificadas, las cuales a su vez están a dos temperaturas dadas; además de comparar la variación de dichas propiedades con respecto a unas condiciones control.

Para ello se establece un diseño con tres factores como se aprecia en el Cuadro 3, las variables respuesta de tipo cuantitativo pH,

Acidez y Humedad, se analizan mediante un diseño factorial paramétrico, mientras las variables organolépticas (cuya escala de medición es ordinal), se evalúan mediante la alternativa no paramétrica de Kruskal Wallis (DIAZ, 1999) y las variables microbiológicas: Mesófilos aerobios fueron evaluados cada quince días por el método de recuento estándar en placa con Agar Plate Count, los coliformes totales y fecales fueron evaluados por el método del número más probable (N.M.P), con caldo brila y el recuento de Mohos y Levaduras se hizo en un medio de cultivo con Agar Sabouraud para determinar su presencia ( A , MADRID ,1.994 ) .

Para la realización del estudio se tomó de forma aleatoria 288 muestras de pan tajado de la panadería la victoria ( Manizales), las que fueron trasladadas a las instalaciones de CENICAFÉ en el municipio de Chinchiná (Caldas). Por grupos de tres fueron empacadas en la película flexible seleccionada (Anexo 1) y posteriormente, con ayuda de la máquina empacadora se inyectó la mezcla de gases correspondiente en cada caso; estas bolsas fueron cerradas herméticamente mientras que las muestras control fueron dejadas en el empaque usual de este tipo de productos a la atmósfera del ambiente sin barrera y sin sellado de la película de polietileno de baja densidad. Finalmente, la mitad de las bolsas se almacenaron a temperatura ambiente y la otra mitad a 25°C.

Las tres unidades experimentales correspondientes a cada tratamiento por día fueron evaluadas de manera destructiva y se les hizo análisis microbiológicos y fisicoquímicos; de igual forma, para el análisis organoléptico se contó con un panel semientrenado de 15 catadores que calificaron cada tratamiento.

**Cuadro 3 . Factores y Niveles analizados en los diseños experimentales.**

Factor	Nivel
Atmósfera	Gas1: CO <sub>2</sub> 40%, N <sub>2</sub> 60%
	Gas2: CO <sub>2</sub> 50%, N <sub>2</sub> 45%, O <sub>2</sub> 5%
	Control
Temperatura	Temperatura1: 25°C
	Temperatura2: Ambiente (17°C)
Tiempo*	Tiempo1: 1 <sup>er</sup> . Día
	Tiempo2: 4 <sup>to</sup> . Día
	Tiempo3: 8 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo4: 12 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo5: 15 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo6: 18 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo7: 22 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo8: 25 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo9: 29 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo10: 33 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo11: 36 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo12: 39 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo13: 42 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo14: 45 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo15: 48 <sup>vo</sup> . Día
	Tiempo16: 51 <sup>vo</sup> . Día

**3.2.4 TAMAÑO DE MUESTRA:** ante la magnitud del diseño, se decidió tomar 3 réplicas de cada tratamiento o combinación de niveles, las 288 corridas (3x2x16x3) se hacen al azar.

**3.2.5 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO:** dos meses

### 3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS



### 3.3.1 Determinación de las características fisicoquímicas del pan

Las características fisicoquímicas evaluadas fueron:

**3.3.1.1 Humedad.** Se determinó por método gravimétrico por pérdida de peso por calentamiento directo ( A,MADRID,1.994 ).

**3.3.1.2 pH.** Se realizó por método potenciométrico ( A,MADRID,1.994 ).

**3.3.1.3 Acidez Titulable.** Método químico cuantitativo, expresado como porcentaje de ácido láctico, referida a la sustancia seca y determinada sobre extracto acuoso ( A,MADRID,1,994 ).

### 3.3.2 Evaluación de las características microbiológicas.

**3.3.2.1 Mesófilos aerobios.** Las muestras de pan fueron evaluadas por método de recuento estándar en placa con Agar Plate Count (Agar – peptona de caseína – glucosa – extracto de levadura). ( A , MADRID,1.994 ).

**3.3.2.2 Coliformes totales y fecales (NMP).** Las muestras fueron evaluadas por el método del Número Más Probable (N.M.P), con caldo brila ( A,MADRID,1.994). Se lee NMP de acuerdo a la tabla de Mccrady (Thatcher, Col, 1980).

**3.3.2.3 Recuento de mohos y levaduras.** Las diferentes muestras se sembraron en un medio de cultivo con Agar Saboraud Maltizado Dextrosa para determinar la presencia de mohos y levaduras ( A, MADRID, 1.994 ).

**3.3.3 Evaluación Organoléptica .** Para el análisis de las características organolépticas aroma, color, sabor, textura y apariencia general en el pan tajado, se contó con la colaboración de un panel semientrenado de 15 catadores, los cuales mediante el método de puntaje de factores de calidad (WATTS, 1992) calificaron las diferentes variables en cada muestra (Anexo 2: Ficha de evaluación Sensorial de Panelistas).

## 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**3.4.1 Variables fisicoquímicas:** Los ensayos se organizaron en un diseño multifactorial 2 x 3 x 16 para las tres variables respuesta pH, Acidez y Humedad. El primer factor o variable independiente (como se mostró en el Cuadro 3) fue el tipo de atmósfera a tres niveles:

- **Mezcla 1:** 60% Nitrógeno y 40% Dióxido de Carbono, con el empaque flexible seleccionado. Este tratamiento se llamará Gas1 en este trabajo, con objeto de facilitar la notación.
- **Mezcla 2:** 45% Nitrógeno, 5% Oxígeno y 50% Dióxido de Carbono, con el empaque flexible seleccionado. Este tratamiento se llamará Gas2 en este trabajo, con objeto de facilitar la notación.
- **Control:** Sin adición de gases y con el empaque usual para este tipo de productos (Polietileno de baja densidad PEBD), sin barrera y sin sellar. Este tratamiento se llamará Gas3 en este trabajo, pero ello con objeto únicamente de facilitar la notación.

El segundo factor lo constituyó la temperatura de empaque, la cual tuvo dos niveles:

- Temperatura 1: 25°C
- Temperatura 2: 17°C (Ambiente)

El tercer factor es el tiempo discriminado en 16 niveles según el día en el que se evalúa las muestras.

**3.4.1.1 Variable Controlada :** Humedad relativa (85%)

**3.4.1.2 Variables Independientes :** pH, Acidez y Humedad; los valores óptimos para estas variables se consideran de 5,3 para el pH, 0,200% para la acidez y 20% para la humedad (valores promedio óptimos de la panadería la victoria ).

**3.4.1.3 Modelo a trabajar:**

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \nu_k + (\tau\beta)_{ij} + (\beta\nu)_{jk} + (\tau\nu)_{ik} + (\tau\beta\nu)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

$i = 1, 2, 3$  niveles del factor 1 (mezcla de gases utilizada)

$j = 1, 2$  niveles del factor 2 (temperatura)

$k = 1, 2, \dots, 16$  niveles del factor 3 (tiempo)

$l = 1, 2, 3$  número de la réplica

$Y_{ijkl} = ijkl$  – ésima observación

$m$  = Media global

$t$  = Efecto debido al primer factor tipo de atmósfera

$b$  = Efecto debido al segundo factor Temperatura

$g$  = Efecto debido al tercer factor Tiempo

$tb$  = Efecto debido a la interacción entre el tipo de atmósfera y la temperatura

$tg$  = Efecto debido a la interacción entre el tipo de atmósfera y el tiempo

$bg$  = Efecto debido a la interacción entre la temperatura y el tiempo

$tbg$  = Efecto debido a la interacción entre los factores tipo de atmósfera, temperatura y tiempo

$e$  = Efecto debido al error

**3.4.2 Variables organolépticas:** Como este tipo de variables se miden en una escala ordinal, los diseños experimentales deben ser de tipo no paramétrico (Díaz, 1999), para ello los ensayos se organizan en un diseño a una vía tomando como factor las mezclas de gases con 15 réplicas por nivel (calificación de cada uno de los panelistas). Dicho análisis se hace para cada tiempo.

**3.4.2.1 Variable Controlada:** Humedad relativa.

**3.4.2.2 Variables Dependientes:** Aroma, Color, Sabor, Textura y Apreciación general.

**3.4.2.3 Prueba a trabajar:** Prueba de Kruskal Wallis

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES FISCOQUÍMICAS

**4.1.1 Evaluación General :** Inicialmente se analizó la variación promedio del pH, la Acidez y la Humedad durante el proceso de experimentación sin distinguir entre tipo de mezcla, temperatura o tiempo; ello con el propósito de observar comportamientos generales de cada una de las variables a estudiar.

La Figura 1 muestra como en las mezclas de gases 1 y 2 el pH tiende a comportarse de manera similar y disminuye cuando se pasa de 25° C a 17° C, contrario ocurre en la mezcla control pues además de poseer los mayores promedios, sus valores aumentan al pasar de la primera a la segunda temperatura. Al comparar contra el valor óptimo de pH (5.3), se observa que las mezclas de gases 1 y 2 a 25°C son las que en promedio están más cerca de este .

La acidez aumenta para todas las mezclas de gases y contrario a lo visto anteriormente, el control presenta los menores valores medios de esta variable (Figura 2) y las mezclas 1 y 2 presentan en promedio valores superiores al óptimo de 0,200% .

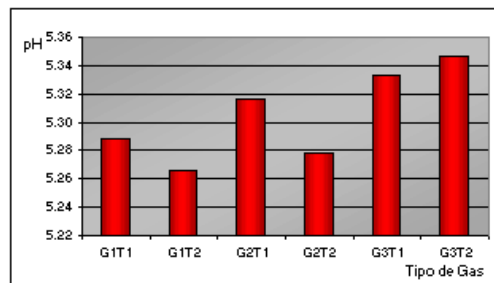


Figura 1. Comportamiento general del pH.

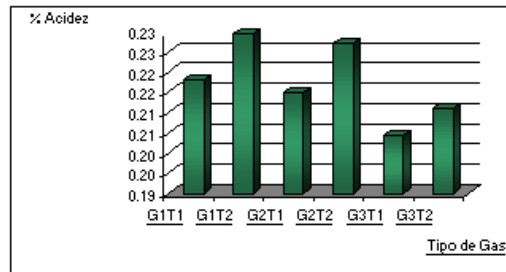


Figura 2. Comportamiento general de la Acidez.

En la Figura 3 se aprecia el comportamiento general de las diferentes mezclas de gases a cada temperatura para la variable Humedad, esta variable es una de las más influyentes debido a los fenómenos de retrodegradación del almidón. La Humedad se observa diferente entre las mezclas de gases 1 y 2, pues mientras la primera aumenta hasta 0,8 unidades cuando pasa de una temperatura a otra, la segunda mezcla disminuye casi la misma cantidad, partiendo ambas del mismo valor promedio de humedad a los 25°C. La mezcla de gases 3 o de control aumenta sus valores medios al pasar de 25°C a 17°C. Finalmente se concluye que la mezcla de gases 2 a 17°C es la que está mas cerca en promedio del valor óptimo del 20%.

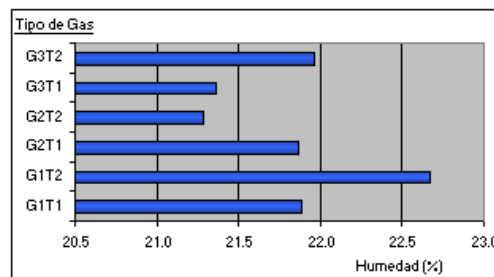


Figura 3. Comportamiento general de la Humedad.

Si se analiza el pH a través del tiempo para cada mezcla de gases (Figura 4), este tiende a oscilar alrededor de 5,35 para los primeros tiempos hasta el día 22 en todos los gases a excepción del control a 25°C que tiende a estar por encima de dicho valor. Después de este tiempo y hasta el día 34 el pH tiende a estabilizarse para todos los gases en valores entre 5,20 y 5,35 (valores óptimos), para finalmente disminuir; por ello se plantea para mantener bajo control esta variable no almacenar el pan tajado con los factores evaluados por más de 34 días.

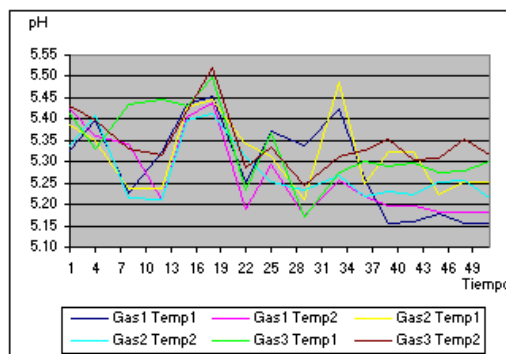


Figura 4. Comportamiento del pH para cada mezcla de gases en el tiempo.

Siguiendo con este tipo de análisis para la Acidez de cada mezcla de gases en el tiempo, lo que coincide con la teoría, puesto que el aumento de la acidez corresponde con la disminución del pH debido a que ambos son inversamente proporcionales; se observa en la Figura 5 como esta tiende a incrementarse lentamente hasta el día 22 para todos los gases hasta valores entre 0,200 y 0,250%, pero las mezclas de gases 1 y 2 a temperatura ambiente presentan los valores medios más próximos al óptimo de 0,200%. Después del día 22 la acidez se localiza por encima de dicho óptimo para todos los gases y a cualquier temperatura, lo que sugiere que para mantener la acidez óptima, el almacenamiento con las características bajo estudio no debe ser superior a los 22 días; y por encima de este tiempo, es más recomendable el gas 3 a 25°C (control a 25°C).

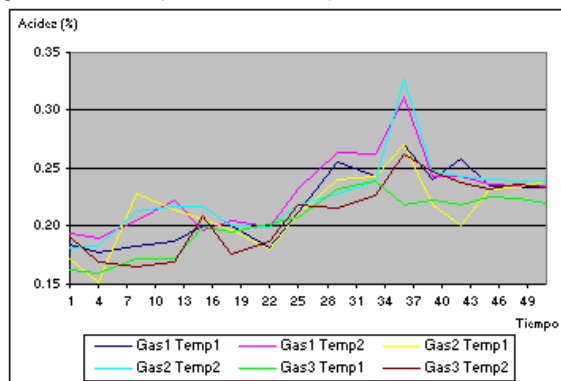


Figura 5. Comportamiento de la Acidez para cada mezcla de gases en el tiempo.

En la evaluación de la Humedad contra el Tiempo, se observa, en la Figura 6, claramente para todos los gases, como la primera disminuye permanentemente hasta el día 16, allí se recupera temporalmente para volver a disminuir hasta valores que oscilan alrededor del 15% al 20%. La humedad final del pan fue menor a medida que transcurrió el tiempo y concuerda con los antecedentes, dado que se obtiene una mayor desorción de agua en el producto, ocasionando con esto el endurecimiento del pan, debido principalmente a los fenómnros de retrodegradación del almidón.

Las mezclas de gases 1 y 2 a temperatura ambiente tienden a sufrir cambios bruscos en esta variable, sobre todo después del día 2. En conclusión el gas 2 a 25°C parece ser el que mejor se comporta en lo que a humedad se refiere.

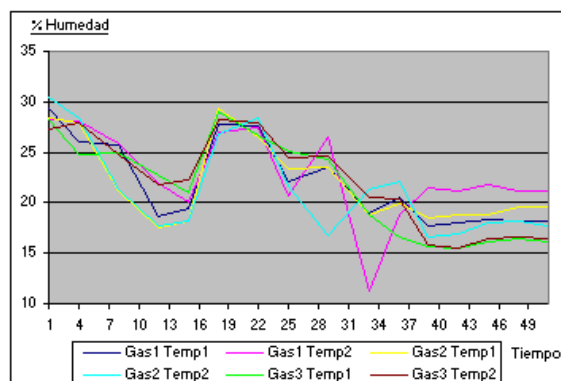


Figura 6. Comportamiento de la Humedad para cada mezcla de gases en el tiempo.

#### 4.1.2 ANÁLISIS DEL pH

El análisis de varianza para la variable respuesta pH se muestra en la Tabla 1, e indica que todos los factores e interacciones son estadísticamente significantes ( $p < 0.05$ ); o sea que ésta variable no sólo se ve afectada por el tipo de mezcla de gases sino también por la temperatura, el tiempo y las interacciones que ocurren entre ellos.

Al observar las Figuras 7, 8 y 9 se concluye que al incrementar la temperatura en pan con atmósferas modificadas el pH aumenta hasta el día 36, allí el proceso se invierte; mientras que en las mezclas control ocurre lo contrario y a cualquier temperatura siempre tienen valores de pH superiores a las mezclas de gases 1 y 2 y más cercanos al óptimo.

Tabla 1. Análisis de Varianza para el pH.

F V	S C	g.l	C M	F	Valor p
Factores					
A:Gas	0,19977	2	0,099889	205,78	0,0000
B:Temperatura	0,01789	1	0,017892	36,86	0,0000

C:Tiempo	1,38074	15	0,092049	189,63	0,0000
Interacciones					
AB	0,034288	2	0,0171441	35,32	0,0000
AC	0,363801	30	0,0121267	24,98	0,0000
BC	0,114458	15	0,0076305	15,72	0,0000
ABC	0,204645	30	0,0068215	14,05	0,0000
Error	0,0932	192	0,0004854		

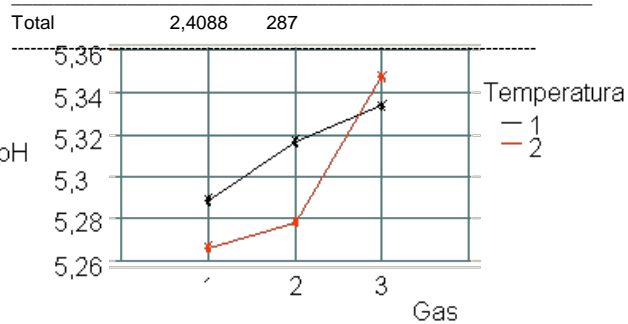


Figura 7. Interacción Tipo de mezcla y Temperatura para el pH.

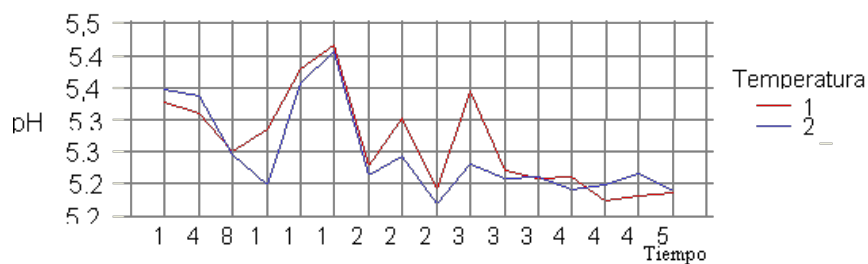


Figura 8. Interacción Tiempo y Temperatura para el pH.

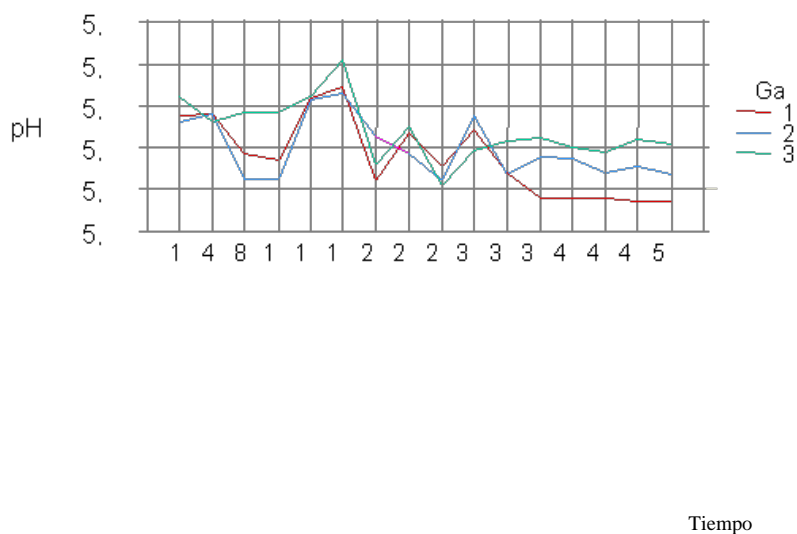


Figura 9. Interacción Tiempo y Tipo de mezcla para el pH.

En resumen, después del día 36 el pH se estabiliza para las tres mezclas de gases en los valores aproximados de 5,18 para la mezcla 1, 5,25 para la mezcla 2 y 5,3 para el control. Por todo lo anterior, el control a 25°C y 17°C son los que presentan un comportamiento más cercano a las condiciones de pH óptimo.

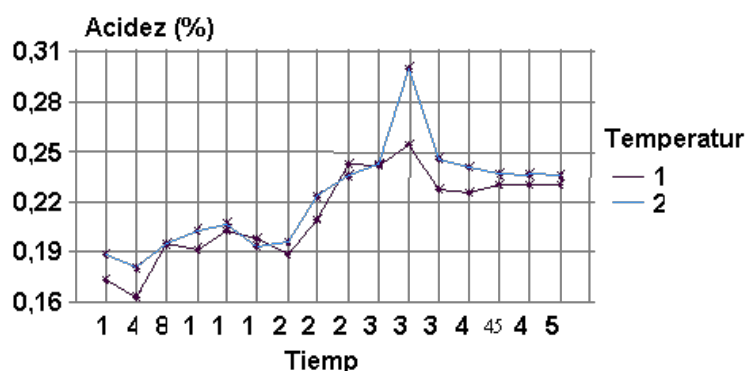
Cuando se disminuye el pH se inhibe la presencia tanto de bacterias como de hongos y levaduras en el pan.

### 4.1.3 ANÁLISIS DE LA ACIDEZ

La Tabla 2 muestra el análisis de varianza para la acidez, nuevamente todos los factores son significantes así como las interacciones entre el tipo de gas - tiempo y la temperatura – tiempo. Dichas relaciones se explican en las Figuras 10 y 11, donde se aprecia que a través del tiempo la acidez es creciente para ambas temperaturas, estando más cerca del valor óptimo la temperatura de 17°C y la mezcla de gases 1 y control. Pero a partir del día 22 el incremento está por encima de los valores medios óptimos para todos los gases tanto a 17°C como a 25°C, los que se estabilizan finalmente en un valor cercano a 0,230%.

**Tabla 2.** Análisis de Varianza para la Acidez.

F V	S C	g.l	C M	F	Valor p
<b>Factores</b>					
A:Gas	0,01426	2	0,007131	31,10	0,0000
B:Temperatura	0,00718	1	0,071750	31,29	0,0000
C:Tiempo	0,21104	15	0,014069	61,36	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,000415	2	0,0002075	0,91	0,4062
AC	0,024916	30	0,0008305	3,62	0,0000
BC	0,010400	15	0,0006933	3,02	0,0000
ABC	0,097354	30	0,0003245	1,42	0,0857
Error	0,044024	287	0,0002292		
Total	0,321971				



**Figura 10.** Interacción Tiempo y Temperatura para la Acidez.

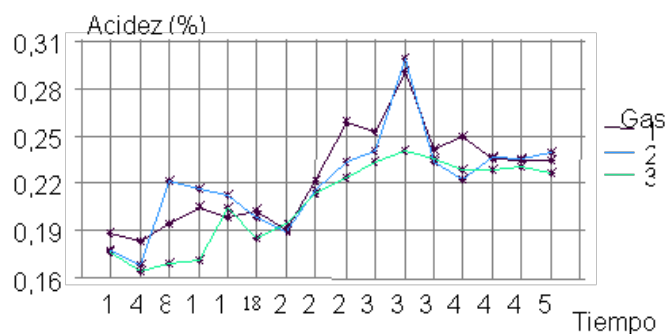


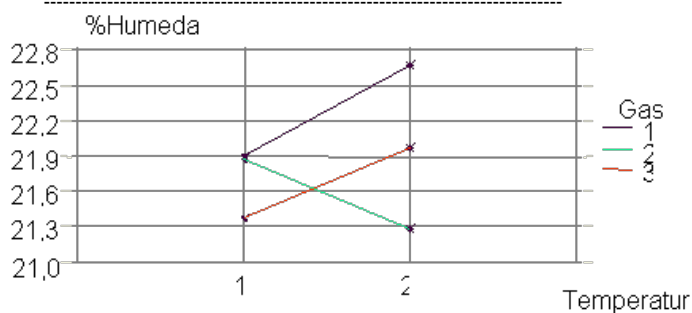
Figura 11. Interacción Tiempo y Tipo de mezcla para la Acidez.

#### 4.1.4 ANÁLISIS DE LA HUMEDAD

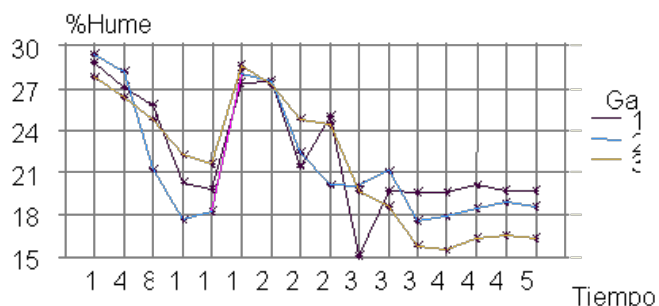
El análisis de varianza para la Humedad se observa en la Tabla 3, todos los factores son significantes así como las interacciones, lo que se explica mediante las Figuras 12, 13 y 14; allí se muestra que a través del tiempo y hasta el día 33 la humedad tiende a estar ligeramente por encima del valor óptimo del 20% para ambas temperaturas, ya después de este tiempo la humedad se estabiliza por debajo del 19%, lo que conduce a un pan cada vez más duro. La mezcla de gases 1 a 25°C es la que presenta un comportamiento más regular en el tiempo con respecto a la variable de interés.

Tabla 3 . Análisis de varianza para la humedad.

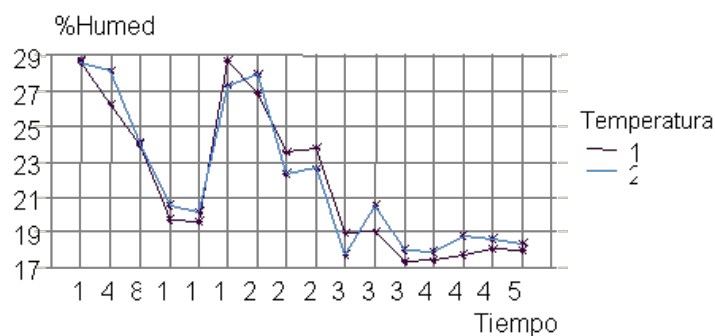
F V	S C	g.l	C M	F	Valor p
<b>Factores</b>					
A:Gas	28,2142	2	14,1071	17,43	0,0000
B:Temperatura	5,09071	1	5,09071	6,29	0,0130
C:Tiempo	4502,07	15	300,138	370,89	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	26,2553	2	13,1276	16,22	0,0000
AC	603,700	30	20,1233	24,87	0,0000
BC	68,9804	15	4,59869	5,68	0,0000
ABC	296,899	30	9,89663	12,23	0,0857
Error	155,374	192	0,809241		
<b>Total</b>	<b>5689,58</b>	<b>287</b>			



**Figura 12.** Interacción Temperatura y Tipo de mezcla para la Humedad.



**Figura 13.** Interacción Tiempo y Tipo de mezcla para la Humedad.



**Figura 14.** Interacción Tiempo y Temperatura para la Humedad.

## 4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Puede observarse en Cuadro 4 que los diferentes tratamientos mostraron estabilidad microbiológica durante el tiempo de almacenamiento tanto a 17°C como a 25°C , encontrándose los resultados dentro de los parámetros exigidos por el ministerio de salud para productos de panificación.

Aunque se presentó crecimiento del hongo *Aspergillus* a los 45 días en los tratamientos a 25°C con la mezcla de O<sub>2</sub> : 5% , CO<sub>2</sub> : 50% y N<sub>2</sub> : 45% en una de sus réplicas y en un de las réplicas del patrón a 25°C , el recuento final de levaduras y hongos estuvo dentro de los rangos de buena calidad informados por la Norma Técnica Colombiana 1364 ( A, MADRID,1.994 ).

**Cuadro 4 .** Resultados microbiológicos .

		Período ( Días )				
	Tratamiento	0 días	15 días	30 días	45 días	60 días
	G1T1	0	0	0	0	0
	G1T2	0	0	0	0	0
	G2T1	0	0	0	0	0



Mesófilas aerobias	G2T2	0	0	0	0	0
	G3T1	0	0	0	0	0
	G3T2	0	0	0	0	0
NMP Coliformes totales/g	G1T1	0	0	0	0	0
	G1T2	0	0	0	0	0
	G2T1	0	0	0	0	0
	G2T2	0	0	0	0	0
	G3T1	0	0	0	0	0
	G3T2	0	0	0	0	0
NPM Coliformes fecales/g	G1T1	0	0	0	0	0
	G1T2	0	0	0	0	0
	G2T1	0	0	0	0	0
	G2T2	0	0	0	0	0
	G3T1	0	0	0	0	0
	G3T2	0	0	0	0	0
Recuento hongos y levaduras	G1T1	0	0	0	0	0
	G1T2	0	0	0	0	0
	G2T1	0	0	0	0	0
	G2T2	0	0	0	600	800
	G3T1	0	0	0	0	0
	G3T2	0	0	0	850	1.500

Como es claro según el Cuadro 4, no se encuentra diferencia estadística entre las medias de las variables analizadas (para el recuento de hongos y levaduras tampoco se encontró diferencia  $p = 0.23$ ).

### 4.3 EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Las Figuras 15, 16, 17, 18 y 19 describen lo encontrado en las pruebas de Kruskal – Wallis efectuadas para cada una de las variables organolépticas. Allí se tomó como factor el tipo de mezcla utilizada a 6 niveles: G1T1, G1T2, G2T1, G2T2, G3T1 y G3T2. Ello se hizo para cada uno de los 16 tiempos.

**4.3.1 Aroma:** De la figura 15 se concluye que el control a 25°C es quien tiene las mejores evaluaciones en el tiempo (ver anexo 1: Ficha de evaluación sensorial de panelistas). Todas las demás mezclas cambian su aroma prácticamente desde el cuarto día de almacenamiento.

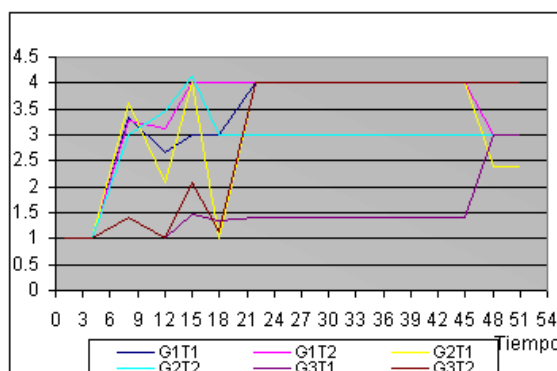


Figura 15. Análisis Gráfico de la variable Aroma en el Tiempo.

**4.3.2 Color:** La mezcla control a 25°C junto a la mezcla de gases 2 a 25°C mantienen el color característico del pan por más tiempo (Figura 16).

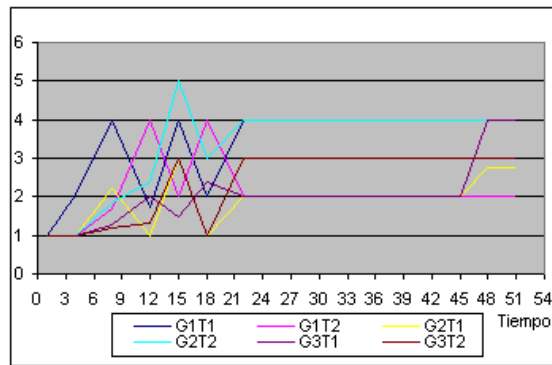


Figura 16. Análisis Gráfico de la variable Color en el Tiempo.

**4.3.3 Sabor:** Nuevamente como se aprecia en la Figura 17, la mezcla control a 25°C es la que presenta las mejores evaluaciones en el tiempo, pues el cambio en el sabor del pan para esta mezcla, comienza a los 15 días de almacenamiento; y para los otros gases dicho cambio comienza el día 4 (ver anexo 2: Ficha de evaluación sensorial de panelistas).

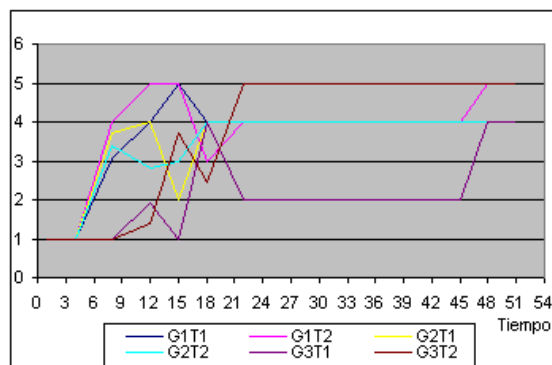


Figura 17. Análisis Gráfico de la variable Sabor en el Tiempo.

**4.3.4 Textura:** La mezcla 3 a 25°C que era la que se comportaba mejor en los casos anteriores, acá es descrita como “pegajosa” y “grumosa” después del octavo día de almacenamiento; mientras que el gas 2 a 25°C mantiene todo el tiempo la textura “suave” o “arenosa” (Figura 18). Las demás mezclas de gases presentan un comportamiento muy irregular (ver anexo 2: Ficha de evaluación sensorial de panelistas).

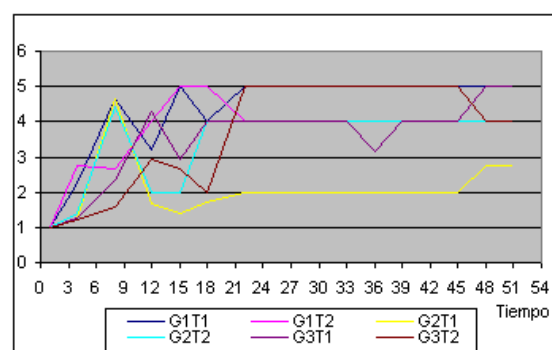
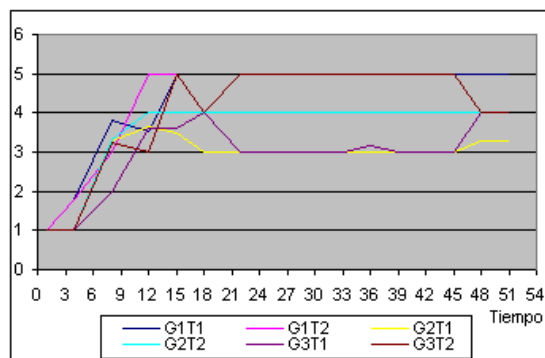


Figura 18. Análisis Gráfico de la variable Textura en el Tiempo.

**4.3.5 Apariencia:** Las mismas mezclas (control a 25°C y mezcla de gases 2 a 25°C) son las que presentan las mejores evaluaciones en el tiempo para la variable apariencia como se observa en la Figura 18 (ver anexo 2: Ficha de evaluación sensorial de panelistas).



**Figura 19.** Análisis Gráfico de la variable Apariencia en el Tiempo.

## 5. CONCLUSIONES

- El pH hasta el día 22 tiende a ser estable para todas las mezclas de gases alrededor de 5,35, pero después de este valor hasta el día 34 baja un poco y se estabiliza entre 5,20 y 5,35.
- Para mantener el pH controlado en las condiciones bajo estudio, no se debe almacenar el pan por más de 34 días.
- La muestra control a 25° C fué la que mejor respondió, en general, durante el tiempo de almacenamiento a las variables organolépticas.
- El pan sometido a las atmósferas modificadas utilizadas en este estudio tiende a mantener las características físicoquímicas y no las organolépticas.
- Sobre las características físicoquímicas del pan influye el tiempo, la temperatura y el tipo de atmósferas utilizada.
- Las características organolépticas del pan comienzan a variar desde el cuarto día de almacenamiento, siendo el sabor y la textura las características que sufren mayor variabilidad.
- La humedad es una de las variables que más influye sobre las características finales del pan sometido a almacenamiento, debido a los fenómenos de retrodegradación del almidón .
- Al disminuir el pH se inhibe la presencia de bacterias, hongos y levaduras en el pan.
- Realizar el almacenamiento del pan a 25°C y con concentraciones altas de Dióxido de Carbono produce mejores respuestas en las variables medidas que cuando se almacena a temperatura ambiente (17°C), debido a que en estas condiciones se incrementa la vida útil del pan.
- Para todas las mezclas el almacenamiento no debe ser superior a 36 días puesto que las características físicoquímicas y microbiológicas empiezan a mostrar degradación.
- De las atmósferas modificadas utilizadas la mezcla 2 (O<sub>2</sub>: 5%, CO<sub>2</sub>: 50% y N<sub>2</sub>: 50%) a 25°C fue la que presentó mejor efecto en cuanto a las variables físicoquímicas.
- Al comparar las muestras con AM y las muestras control se observó que éstas a 25° C tuvieron un mejor comportamiento en lo que se refiere a las variables medidas en el tiempo.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizando las opciones presentadas por este trabajo, realizar nuevos estudios sobre vida de anaquel para el pan tajado y otros productos que la industria panificadora maneja en el mercado, dando así al consumidor una exactitud en el tiempo en que el producto mantendrá sus características intrínsecas esperadas.
- ✓ Se deberá realizar estudios con respecto a las mezclas de gases a utilizar en relación a los diferentes tipos de empaques que existen en el mercado, considerando parámetros técnicos como equipo, forma de empaqueo, temperatura, etc
- ✓ En vista que las mezclas utilizadas en este estudio no parecen producir un efecto satisfactorios a largo plazo se recomienda hacer más estudios con otras mezclas de gases las cuales determinarán cual mezcla y en que porcentaje trae mayores beneficios tanto para el productor por la vida útil de anaquel que le puede dar a éste , como para el consumidor que siempre obtendrá un producto fresco y de excelente calidad .

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ A , MADRID , VICENTE . Métodos oficiales de análisis de los alimentos . AMV Ediciones . Mundi-prensa . ( España ) 1.994 .
- ✓ ALLI, I. Quality control of MAP products. In: PARRY, R. T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. London (Gran Bretaña): Blackie Academic & Professional. 1993. p. 101-113.
- ✓ A.O.A.C. Official methods of analysis of the association of the official agriculture chemists, Washington 10 th. 1.965.
- ✓ BELITZ, H. D; GROSCH, W. Química de los alimentos. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1982. p. 560-579.
- ✓ BRODY, AARON. Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y al vacío. Zaragoza (España): Acribia, 1993. 213 p.
- ✓ DAVIES, A. R. Advances in modified atmosphere packing. In: GOYLED, GM, New methods of food preservation. London ( Inglaterra ) : Blackie Academic & Professional. 1993. p 114-133.
- ✓ DIAZ, ADEL. Diseño estadístico de experimentos . Editorial Universidad de Antioquia . 1.999 .
- ✓ FENEMA, OWEN R . Química de alimentos . Zaragoza ( España ) : Acribia . 1.993 . p 332-334 .
- ✓ GREENGRASS, J. Films for MAP of foods. In: PARRY, R.T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. London (Inglaterra): Blackie Academic & professional. 1993. p. 63-100.
- ✓ HASTING, M. J. Packaging machinery. In: PARRY, R. T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. London (Inglaterra): Blackie Academic & Professional, 1993. p. 41-62.
- ✓ N. L. KENT. Tecnología de los cereales. Zaragoza (España): Editorial Acribia S.A, 1987.
- ✓ OORAIKUL, B. STILES, M. E. (Inglaterra). Further research in modified atmosphere packaging. In: OORAIKUL, B; STILES, M. E. Modified atmosphere packaging of food. London (Inglaterra): Ellis Hooood limited. 1991. p. 261-283.
- ✓ OORAIKUL, B; OORAIKUL, B; STILES, M. E. Technological considerations in modified atmosphere packaging. In: OORAIKUL, B; STILES, M. E. Modified atmosphere packaging of food. London (Inglaterra): Ellis hooood limited, 1991. p. 26-48.
- ✓ PAINE F., PAINE, H. Manual de envasado de los alimentos. España: A. Madrid Vicente Ediciones, 1994.
- ✓ THATCHER F.S. y CLARCK D.S . Anàlisis microbiològic de los alimentos . Zaragoza ( España ) : Acribia . 1.980 . p . 271 .
- ✓ WATTS, B, M; YLIMAKI, G; JEFFERY, L; E; ELIAS, L;G. Mètodos sensoriales bàsicos para la evaluaciòn de los alimentos. Ottawa ( Canada ) . 1.992.

## ANEXOS

**ANEXO 1. Características de la película de empaque**

<b>PRODUCTO</b>	<b>BOLSA PARA EMPAQUE</b>
Referencia	Flexible
Estructura	Poliamida / Adhesivo / Polietileno de BD
Calibre	70 micras
<b>Características físicas:</b>	
· Barrera al oxígeno	52 cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> / 24 h / atm a 23 ° C y 0% HR/mil
· Barrera al vapor de agua	7 gr / m <sup>2</sup> / 24 h / atm a 40 ° C y 90% HR / mil
· Rango de sellado	120 a 180 °C
· Temperatura óptima de servicio	-73 a 120 °C
· Fuerza de selle	20 psi aproximadamente
· Tiempo de sellado con mordazas a 140 °C ± 10 °C	0.5 a 1 segundo aproximadamente
Apertura normal (hot – tack)	Luego de sellado tiene suficiente integridad en el sello para que no se abra con trato normal
Garantía	Formación de empaque satisfactorio, con manejo de material adecuado.
Colores y pigmentos	Los deseados
Presentación	Bolsa en cualquier dimensión
Restricciones gubernamentales	Todas las materias primas y procesos de transformación son aceptados por la norma colombiana y la FDA.

Fuente: Ficha técnica ALICO S.A (1999). (MEDELLIN )

**Anexo 2. Ficha de evaluación sensorial de panelistas**

Características	Parámetros	
Color	Característico	1
	Pálido	2
	No homogéneo	3
	Oscuro	4
	No característico	5
Olor	Característico	1
	Artificial	2
	Inoloro	3
	No agradable	4
	No característico	5
Sabor	Característico	1
	Residual	2
	Insípido	3
	Artificial	4
	No característico	5
Textura ( Miga )	Suave	1
	Arenosa	2
	Pegajosa	3
	Grumosa	4
	Dura	5
Impresión global	Me gusta mucho	1
	Me gusta	2
	Me gusta	3
	Me es indiferente	4
	Me gusta poco	5

