

1-1-2005

Conservación de pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) en rodajas usando un empaque plástico con atmósferas modificadas y refrigeración para la empresa Ocati Ltda

Martha Yanet García Mora
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Citación recomendada

García Mora, M. Y. (2005). Conservación de pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) en rodajas usando un empaque plástico con atmósferas modificadas y refrigeración para la empresa Ocati Ltda. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/419

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**CONSERVACIÓN DE PITAYA (*Selenicereus megalanthus Haw*) EN RODAJAS
USANDO UN EMPAQUE PLÁSTICO CON ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y
REFRIGERACIÓN PARA LA EMPRESA OCATI LTDA**

MARTHA YANET GARCÍA MORA

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BOGOTA, D.C.**

2005

**CONSERVACIÓN DE PITAYA (*Selenicereus megalanthus Haw*) EN RODAJAS
USANDO UN EMPAQUE PLÁSTICO CON ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y
REFRIGERACIÓN PARA LA EMPRESA OCATI LTDA**

**MARTHA YANET GARCÍA MORA
CÓDIGO 43981025**

Tesis de grado para optar al título de Ingeniera de Alimentos

**Directora
LUCILA GUALDRON HERNÁNDEZ
Ingeniera Química Msc**

**Asesor
SERGIO LLOREDA
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BOGOTA, D.C.**

2005

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo primero a **Dios**
El creador y gestor de mi vida*

*A mis padres **ROSA Y EDUARDO** a quien les debo todo.
Su constante Apoyo
y amor incondicional, les dedico todos mis triunfos y derrotas.
Por incluirme en sus plegarias
Gracias por darme la oportunidad de crecer como persona
Y forjar un futuro agradable ante sus ojos.*

*A mis hermanos a **JÚNIOR Y LA MONA** por acompañarme en los
momentos más difíciles
De este largo caminar, quienes me brindaron toda su energía
Para no volver hacia atrás.*

*A mis **TÍAS** por su gran apoyo y ruegos en los momentos de dificultad*

*A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para que
este logro se hiciera realidad*

Gracias

Martha Yanet

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

A la ingeniera **Lucila Gualdron Hernandez**, directora de este trabajo de grado.

A **Sergio Lloreda** por sus consejos y su completa disposición a brindar ayuda cuando mas lo necesitaba.

Al **Jhon Alexander Cárdenas**, por su gran aporte de conocimiento y ayuda incondicional.

Al ingeniero **Juan Castilla** por sus asesorías.

A **Catalina Aristizabal y Edgar Londoño** por su colaboración y aportes de gran ayuda.

A **Mario Bernal** por su colaboración y aporte a este trabajo.

A **Julio Pardo y Ricardo Morales**, por sus pacientes asesorías.

A la Dra. **Maria Soledad Hernández y Marcela Carrillo** por su aporte intelectual.

A **Manuel Hernández** de AGA-FANO por su ayuda en Mezclas gaseosas.

A **OCATI LTDA**, por permitirme el desarrollo de este trabajo en sus instalaciones.

Al **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI** por facilitarme todo los recursos físicos para el desarrollo de este trabajo.

A la **FUNDACIÓN INTAL – ALICO BOGOTA** quien suministro de películas.

A **LISTA ALIMENTICIA**, por permitirme ingresar a sus instalaciones.

AGA-FANO Bogotá quien suministro las mezclas de gases.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. GENERALIDADES DE LA PITAYA	1
1.1.1. La pitaya amarilla	2
1.1.2. Cosecha y poscosecha	3
1.1.3. Maduración	4
1.1.4. Secado	4
1.1.5. Empaque	5
1.1.6. Almacenamiento	5
1.1.7. Exigencias del mercado	6
1.1.8. Características físicas	6
1.1.9. Características químicas	8
1.2. ASPECTOS DE FISIOLOGÍA POSCOSECHA	9
1.2.1. Respiración	10
1.2.2. Sensibilidad al enfriamiento	11
1.2.3. Daño mecánico	11
1.2.4. Transpiración y humedad relativa	11
1.3. FUNDAMENTOS EN TECNOLOGÍA DE ATMÓSFERA MODIFICADA	12
1.3.1. Historia	13
1.3.2. Generalidades	13
1.3.3. Generación de una atmósfera modificada	15
1.3.3.1. Modificación pasiva	16
1.3.3.2. Modificación activa	16
1.3.4. Gases utilizados en el empaque en atmosferas modificadas	16
1.3.4.1. Oxigeno O ₂	17
1.3.4.2. Dióxido de carbono CO ₂	18

1.3.4.3.	Nitrógeno N ₂	18
1.3.5.	Empaques para frutas en atmosferas modificadas	19
1.3.5.1.	VARIABLES dependientes del producto	19
1.3.5.2.	VARIABLES dependientes de la película	19
1.3.6.	Películas para el empaqueo de alimentos	19
1.3.6.1.	Polietileno de baja densidad (LDPE)	20
1.3.6.2.	Polietileno de alta densidad	20
1.3.6.3.	Polipropileno (PP)	20
1.3.6.4.	Ionomeros	20
1.3.6.5.	Copolímeros etilenoacetato de vinilo (EVA)	20
1.3.6.6.	Policloruro de vinilo (PVC)	21
1.3.6.7.	Poliestireno (PS)	21
1.3.6.8.	Poliamidas	21
1.3.6.9.	Politereftalato de etilenglicol (PET)	21
1.3.7.	Permeabilidad de la película polimérica	21
1.3.8.	Relación de la permeabilidad del oxígeno y al dióxido de carbono para envasado en atmósfera modificada	22
1.3.9.	Maquinas de envasado	23
1.3.10.	Métodos para el análisis de gases	24
1.3.10.1.	Analizador de gases	24
1.3.10.2.	Cromatografía de gases	24
1.3.11.	Legislación	25
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1.	FASE PRELIMINAR	27
2.2.	FASE DE EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN	31
2.2.1.	Diseño experimental	33
2.2.2.	Análisis realizados	37
2.2.2.1.	Medición gaseosa	38
2.2.2.2.	Análisis fisicoquímicos	39
2.2.2.3.	Análisis microbiológicos	41
2.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42

3.	RESULTADOS Y ANALISIS	43
3.1.	FASE PRELIMINAR	43
3.2.	FASE DE AVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN	47
3.2.1.	Análisis de películas	47
3.2.2.	Diseño experimental	48
3.2.3.	Aplicación de los análisis fisicoquímicos	48
3.2.3.1.	Perdida de peso	48
3.2.3.2.	pH	50
3.2.3.3.	Acidez	51
3.2.3.4.	Sólidos solubles	52
3.2.3.5.	Índice de madurez	53
3.2.4.	Análisis gaseoso	53
3.2.4.1.	Dióxido de carbono	53
3.2.4.2.	Oxígeno	54
3.2.4.3.	Etileno	56
3.2.5.	Análisis microbiológico	56
3.3.	ANÁLISIS DE VARIANZA	58
3.3.1.	pH	58
3.3.2.	Brix	59
3.3.3.	Acidez	59
3.3.4.	Concentración de O ₂ (% V/V)	59
3.3.5.	Concentración de CO ₂ (% V/V)	59
3.4.	REGISTROS FOTOGRÁFICOS	60
3.4.1.	Registros fotográficos de la pitaya para los tratamientos	60
3.4.2.	Registros fotográficos de la pitaya para los testigos	65
4	CONCLUSIONES	72
5	RECOMENDACIONES	74
6	BIBLIOGRAFÍA	75
7	ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Taxonomía de la pitaya	1
2 Clasificación de la pitaya	2
3 Almacenamiento de la pitaya	5
4 Categorías de la fruta	7
5 Calibres de la pitaya de acuerdo con el peso unitario	7
6 Estado de madurez de la pitaya	8
7 Composición nutricional de la pitaya por cada 100 g de fruta	9
8 Composición gaseosa de aires seco a nivel del mar	16
9 Permeabilidad de las películas poliméricas	22
10 Variables independientes	34
11 Combinaciones de factores y niveles	35
12 Análisis realizados	37
13 Combinación de mezclas y empaques	38
14 Tratamientos	48
15 Requisitos microbiológicos para jugos néctares y pulpas de frutas	57
16 Resultado del análisis microbiológicos en la pitaya	57

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
1 Efecto de la temperatura en la vida anaquel de un producto almacenado en atmosferas modificadas	12
2 Modificación pasiva y activa de un sistema de envasado en atmosferas modificadas	15
3 Porcentaje de consumo de O ₂ y porcentaje de la producción de CO ₂ a temperatura de refrigeración	41
4 Mililitros de O ₂ consumido y mililitros de CO ₂ producidos a temperatura de refrigeración (6°C ± 1) con una muestra de 120 g.	45
5 Mililitros de CO ₂ producidos durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas a partir de una muestra d 1 Kg. de fruta.	46
6 Peso de la fruta durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	49
7 Comportamiento de pH en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	50
8 Comportamiento de acidez en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	51
9 Comportamiento de sólidos solubles en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	52
10 Comportamiento de índice de madurez en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	53
11 Comportamiento de dióxido de carbono en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	54
12 Comportamiento de oxigeno en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	55
13 Comportamiento de etileno en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas	56

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
1 Diagrama de flujo en la fase preliminar	28
2 Diagrama de flujo en la fase de conservación y evaluación	31
3 Maquina empacadora de material flexible para atmosferas modificadas	32

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
A Formato de verificación fisiológica	80
B Formato de empaque y conservación	81
C Formato de pérdida de peso	82
D análisis fisiológico de la pitaya (datos de respiración)	83
E Análisis gaseoso	84
F análisis fisicoquímico	91
G Pérdida de peso	97
H Ficha técnica del empaque utilizado	104
I Resumen del análisis de varianza	108

INTRODUCCIÓN

Hasta inicios de la década de los 80, la pitaya era una fruta silvestre que se encontraba trepando sobre los árboles, palmeras, muros y piedras. A partir de este año se comenzó a cultivar comercialmente, promovida como cultivo de diversificación de zonas cafeteras por el Programa de Desarrollo y Diversificación de la Federación Nacional de Cafeteros. Durante esta época la pitaya toma fuerza, llegando a cerca de 1000 hectáreas cultivadas, incentivado por las expectativas que generaron en los mercados internacionales con este producto. Sin embargo este crecimiento se vio frenado por el cierre del mercado Japonés en 1989, como resultado de la detección de las larvas de mosca de la fruta en la pitaya proveniente de Colombia. A esto se sumó la inexistencia de un mercado nacional que pueda absorber la producción.

El poco valor de las frutas en el mercado nacional y los altos niveles de desperdicio hacen necesaria la investigación y desarrolló de nuevos sistemas de empaque que faciliten su llegada a mercados internacionales.

Un sistema de empaque en la aplicación de la tecnología de atmósferas modificadas y refrigeración para el envasado de frutas, como una nueva alternativa para reactivar las exportaciones de la pitaya; con lo cual se aumenta la vida útil y el acceso a países y mercados lejanos en condiciones de calidad óptimas sin mayores pérdidas de peso y atributos propios de la fruta; esta investigación se basa en la aplicación de atmósferas modificadas y refrigeración a la pitaya en rodajas utilizando una película plástica. En el desarrollo de este trabajo se aplicaron seis tratamientos de estudio en los que se combinaron tres mezclas de gases y una película plástica en dos calibres; los cuales fueron evaluados mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y composición gaseosa en el interior del empaque y las pérdidas de peso presentadas en el producto en función de las condiciones de conservación la fruta.

Los análisis se realizaron en condiciones idénticas periódicamente durante quince días de almacenamiento en los seis tratamientos de estudio.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar los cambios en los parámetros de calidad en la conservación de pitaya (*Selenicereus megalanthus haw*) en rodajas usando un empaque plástico con atmósferas modificadas y refrigeración para la empresa Ocati Ltda.

Objetivos específicos.

- ◆ Determinar de la mezcla de gases para la conservación de la fruta en atmósferas modificadas.
- ◆ Seleccionar de una película que ofrezca las propiedades adecuadas para proteger las características del producto.
- ◆ Establecer las variables óptimas de conservación de la pitaya en atmósferas modificadas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES DE LA PITAYA

Hasta inicios de la década de los 82, la pitaya era un fruto silvestre que se encontraba trepando entre los árboles, palmeras, muros y piedras. Sin embargo, a partir de esta década se comenzó a cultivar comercialmente, promovida como cultivo de diversificación en las zonas cafeteras por el programa de Desarrollo y Diversificación de la Federación Nacional de Cafeteros, a pesar de todos los inconvenientes que se presentaron en ese momento la pitaya comenzó a tomar fuerza llegando a cerca de 1000 hectáreas cultivadas, incentivados por las expectativas que generaban los mercados internacionales.

Sin embargo en 1989 la comercialización se ve frenada debido al cierre del mercado Japonés como resultado de la detección de larvas de la mosca en la fruta proveniente de Colombia.

Estos problemas conllevaron a una caída en el área sembrada de cerca del 70%, en menos de 10 años, ya que según CORPIROM para el 2002 no se tenía más de 255 hectáreas.

El ICA y la agencia de la Cooperación Técnica del Japón (JICA) desarrollaron el tratamiento cuarentenarío con el vapor de agua caliente, con lo cual el mercado Japonés abrió nuevamente sus puertas a la pitaya de Colombia. En la tabla 1 se puede observar la taxonomía de la pitaya.

Tabla 1. Taxonomía de la pitaya

Reino	Vegetal
Subreino	Embriofita
División	Traqueófitas
Clase	Angiospermas
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Cactales
Familia	Cactáceas

FUENTE: Castillo, Cáliz y Rodríguez, 1996

La familia de las cactáceas se divide en tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae. La subfamilia Pereskioideae tiene dos géneros y 18 especies; Opuntioideae, tiene siete géneros y cerca de 300 especies; y Cactioideae tiene dos tribus (hylocereeae y Cereae) y poco mas de 910 especies. De cualquier forma la clasificación de las cactáceas, ha sido confusa y variada. En la tabla 2 se observa la clasificación al género *Hylocereus*:

Tabla 2. Clasificación de la pitaya

Familia	Cactaceae
Subfamilia	Cacfoideae
Tribu	Hylocereeae
Subtribu	Hylocereinae
Genero	Hylocereus

FUENTE: Castillo, Cáliz y Rodríguez, 1996

1.1.1. La pitaya amarilla.

Es la pitaya que se produce en Colombia, los frutos son alargados y pequeños (180 – 250 g en promedio), en el ápice de sus brácteas truncas o mamilas tienen grupos de espinas que se desprenden con facilidad cuando los frutos están completamente maduros.

Su cáscara es amarilla y su pulpa blanca, dulce y de consistencia blanda ligeramente fibrosa. Tiene dos periodos de fructificación cuya ocurrencia muestra variación en las distintas zonas productoras dependiendo de las condiciones climáticas. También se la llama “Pitaya colombiana”, aceptación que sirve para distinguirla de las otras pitayas.

Por las notorias diferencias de sus frutos, con relación a las otras pitayas, pertenece a la especie de otro género, *selenicereus megelanthus*. Fuera de Colombia se cultiva en Israel, California y Estados Unidos.

1.1.2. Cosecha y poscosecha.

Stubbert y Mojica (1997) y Jirón (1997) recomiendan los siguientes cuidados al cosechar la pitaya, así como al acondicionarla.

La fruta en estado maduro se corta del pedúnculo con tijeras, sin afectar la corteza de la misma.

Los frutos destinados para la exportación deben reunir una serie de características tales como: Sanos, sin manchas ni cicatrices o heridas. Deben presentar uniformidad en el tamaño, forma. Peso y color, el tamaño, número y disposición de las brácteas debe ser uniforme.

Estas se colocan en cajas plásticas en 2 o 3 capas para evitar las magulladuras por sobre carga. Posteriormente las frutas se llevan a empaqueo donde se introducen en una solución de cloro a una concentración de 100 ppm. Se continúa con el proceso de encerado y secado; posteriormente se realiza el empaque y clasificación según el tamaño y el peso.

En Colombia la fruta es tratada de manera similar, pero no se realiza el tratamiento de cloro ni el encerado. Para la comercialización de la pitaya se utilizan cajas de cartón con un peso neto de 3.5 kg., recomendándose el uso de separadores (alvéolos) entre ellas para evitar el roce y daño de las frutas. Se ha determinado que el mejor empaque para la fruta a nivel nacional es la canastilla plástica de 60 x 40 cm., con un peso máximo de 13 kg., distribuido en dos capas. En el ámbito internacional se recomienda utilizar empaques de cartón o de madera liviana con capacidad de 9 a 12 unidades. El transporte de la fruta debe hacerse en vehículos apropiados que presenten buenas condiciones higiénicas que eviten la exposición del producto al sol, viento, a la humedad y que reduzca las causas del daño mecánico, ya sea por vibración, compresión o impacto.

1.1.3. Maduración.

La maduración es el proceso fisiológico de crecimiento y desarrollo de una fruta. Esto es una transformación interna de la fruta, que finaliza en un producto con sabor, aroma y color característico que lo hacen atractivo para su consumidor.

Existen frutas que pueden continuar su proceso de desarrollo una vez recolectadas, es decir pueden acentuar su sabor, aroma, color, mejorar su textura, una vez retiradas del árbol. Por lo tanto tienen la ventaja de que pueden ser recolectadas en estado verde o pintón y ellas seguirán madurando hasta alcanzar niveles óptimos para su consumo.

Estas frutas se conocen como productos climatéricos. Pero también se presenta el caso contrario, es decir, frutas que una vez cortadas no pueden seguir madurando, es decir, frutas que su sabor dulce o aroma no va a mejorar, sino por el contrario comienza a presentar una serie de reacciones que llevan a su deterioro, reflejándose en el ablandamiento, pérdida de la turgencia, brillo y sabor ácido, entre otras características. La única característica que puede cambiar es el color pero el sabor no mejorará. Estas frutas se conocen como no climatéricas y la pitaya hace parte de ellas. Por lo tanto estas frutas deben recolectarse muy cerca de las características que exige el mercado y tiene que ser comercializadas rápidamente y con mayor cuidado, para evitar que se deterioren y alcancen a llegar al consumidor.

1.1.4. Secado.

La mayoría de las frutas se dejan escurrir en las mismas canastillas, por lo cual es una buena opción cuando se tiene una ventilación natural adecuada y se realicen en lugares alejados de los focos de contaminación.

La exposición de la fruta al aire libre es el método más utilizado para el secado de la pitaya, cuando se realiza la limpieza y desinfección en húmedo. La mayoría de las veces la pitaya es dispuesta en canastillas, mientras que en otras ocasiones se deja al granel.

1.1.5. Empaque.

Los frutos para exportación se empacan en cajas de cartón corrugado cuyo interior preferentemente debe estar dividido con tiras de cartón (alvéolos) que forman los compartimientos individuales para los frutos.

Las cajas en primer lugar deben proteger y conservar los frutos, pero también deben responder a ciertas exigencias estéticas, así como de resistir los cambios de temperatura, el transporte y el manejo (manual o automatizado) al que son sometidas desde su procedencia hasta el consumidor.

Para la comercialización de la pitaya se utilizan las cajas de plástico de 60*40*25 cm., se deben empacar máximo dos capas con un peso que no exceda de 13 kg.

Para el mercado exportación se puede presentar en envases rígidos de cartón corrugado, madera o la combinación de ellos. Puede llevar separadores y/o una capa amortiguadora en la base.

1.1.6. Almacenamiento.

Para prolongar la vida útil de los frutos, se deben almacenar en cuartos fríos a una temperatura de 4 – 6 ° C. el frío retarda la maduración del fruto y reduce la acción deteriorante de los microorganismos. El tiempo de almacenamiento se debe disminuir para reducir los riesgos de la pérdida de calidad.

En la tabla 3 se puede observar las recomendaciones de almacenamiento de la fruta para el mercado externo:

Tabla 3. Almacenamiento de la pitaya

Temperatura	3° C a 8° C
Humedad relativa	85 % a 90 %
Tiempo máximo	25 días

FUENTE: NTC 3554 (PRIMERA ACTUALIZACIÓN)

1.1.7. Exigencias del mercado.

Estas cambian dependiendo del lugar de destino y uso final del producto. Existen mercados de mayor desarrollo donde se tienen normas claras y exigentes respecto a la calidad de productos como frutas y hortalizas.

En el mercado nacional, las cadenas de supermercados son las que generalmente tienen parámetros más exigentes para las frutas.

Por su parte, en el mercado internacional, Europa, Estados Unidos, y el Japón son mercados de alta exigencia para la importación de frutas y hortalizas.

Entre las exigencias de los mercados internacionales se destacan las siguientes:

1) Homogeneidad: en tamaños, formas, grados de madurez, colores características sensoriales en general. 2) Volúmenes: se debe tener la certeza de poder garantizar el suministro de unos mínimos volúmenes de las variedades y calidades que se pacten inicialmente, durante un periodo de tiempo definido. 3) Seguridad del suministro: es importante crear la importancia en los compradores y asegurar el mercado.

Se deben tener mecanismos previstos para solucionar problemas de transporte, inconvenientes en puertos y aeropuertos, dificultades de orden público y otras que puedan afectar el estricto cumplimiento de los pedidos. 4) Presentación: la presentación es la imagen del producto y de la empresa. Debe estar de acuerdo con las normas y exigencias del comprador, además, debe ser analizada y actualizada en forma permanente según la evolución de los mercados. 5) Sanidad: la sanidad generalmente, es un parámetro muy preciso de las normas. Las frutas deben tener ausencia de plagas, enfermedades y daños, además, no deben presentar sustancias que afecten la salud del consumidor.

1.1.8. Características físicas.

Se consideran características físicas el peso, volumen, forma, redondez, esfericidad, área superficial y composición morfológica entre otros parámetros en la tabla cuatro y cinco se puede observar las categorías (tabla 4), calibres (tabla 5) y estados de madurez (tabla 6) de la fruta:

Tabla 4. Categorías de la fruta

Categoría Extra	La fruta debe estar exenta de todo defecto, se aceptan ligeras alteraciones superficiales en la cáscara, siempre y cuando no afecte la apariencia general del producto.
Categoría I	Se aceptan deformaciones en el fruto (alargamiento poco pronunciado en el ápice). Rozaduras cicatrizadas que no excedan de 1cm ² con respecto al área total del fruto. El pedúnculo no debe tener una longitud mayor a 25mm
Categoría II	El fruto debe conservar las características esenciales de calidad y no debe alterar el aspecto general del fruto, ni su presentación en el empaque. Se permiten manchas y/o raspaduras cicatrizadas que no excedan a 2cm ² con respecto a al área total del fruto. Pérdida de la forma ovoidal del fruto.

FUENTE: NTC 3554 (Primera actualización)

Tabla 5. Calibres de la pitaya de acuerdo con el peso unitario.

Peso unitario g	Calibre
> 631	8
261 a 300	9
201 a 260	12
151 a 200	14
111 a 150	16
<110	20

FUENTE: NTC 3551 (primera actualización)

Tabla 6. Estados de madurez de la pitaya

COLOR	DESCRIPCIÓN
0	Fruto bien desarrollado de color verde, con aristas notoriamente marcadas en las mamilas.
1	Fruto de color verde, con un ligero viso amarillo en la zona basal. Permanece la forma de las aristas.
2	Fruto de color verde con visos amarillos en toda la superficie.
3	Fruto de color verde-amarillo. Inicia el llenado de las mamilas y la separación entre ellas.
4	Fruto de color amarillo con la punta de las mamilas de color verde y aumenta la separación entre las mismas.
5	Fruto de color amarillo, con la punta de las mamilas ligeramente verdosas.
6	Fruto totalmente amarillo.

FUENTE: NTC 3551 (primera actualización)

1.1.9. Características químicas.

La fruta presenta un alto contenido de agua y carbohidratos y aunque sin mayores atributos se le reconocen propiedades medicinales. Su valor energético elevado (superior al de la lechuga y la zanahoria) la vitamina A es reducida, las vitaminas B₁, B₂ y C están casi ausentes, tienen baja cantidad de potasio, la presencia de fósforo es casi nula y el contenido de hierro es el mas elevado que en la mayoría de las verduras (Castillo, Cálix y Rodríguez, 1996) . En la tabla 7 se encuentra la composición nutricional de la pitaya.

Tabla 7. Composición nutricional de la pitaya por cada 100 g de fruta

Factor nutricional	Contenido
Calorías	50.0
Agua	85.4 g
Carbohidratos	13.2 g
Fibra	0.5 mg.
Proteínas	0.4 g
Ceniza	0.4 g
Calcio	10.0 mg
Fósforo	16.0 mg
Hierro	0.3 mg
Niacina	0.2 mg
Riboflavina	0.0 mg
Tiamina	0.0 mg
Vitamina A	- U.I
Ácido ascórbico	4.0 mg

FUENTE: tabla de composición de alimentos. ICBF. Sexta edición, 1992. INCAP Y FAO

1.2. ASPECTOS DE FISIOLÓGÍA POSCOSECHA

La extensión de la vida útil de las frutas y hortalizas con calidad óptima es el objetivo de la investigación poscosecha. A continuación se describen algunos de los factores más influyentes en la vida de frutas.

1.2.1. Respiración

Es la degradación oxidativa de los productos mas complejas normalmente presentes en las células como el almidón, los azucares, y los ácidos orgánicos, a moléculas mas simples como el dióxido de carbono y agua con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas naturales celulares.

La velocidad a que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial. La actividad respiratoria es más alta en las fases previas de la maduración y declina luego con la edad.

De los procesos fisiológicos la respiración es el proceso más importante.

El oxígeno del aire reacciona con los carbohidratos (principalmente el azúcar) que se encuentran presentes en el tejido vegetal, produciendo dióxido de carbono, agua y energía.



La energía se libera como calor. La cantidad de calor producida depende del tipo de producto y es mayor a temperaturas más altas, debido al aumento de la velocidad de respiración. En general, por cada 10°C de incremento en temperatura, la velocidad de respiración aumenta de dos a tres veces. (Handenhug, 1986).

La respiración causa senescencia del producto (proceso de envejecimiento del producto manifestado por pérdidas de calidad), pérdida del sabor (especialmente la dulzura) y disminución del peso del producto por perdida de agua. Adicionalmente hay otra perdida de agua debida a la transpiración. Todos estos factores disminuyen la calidad de los productos hortofrutícolas.

La temperatura es el factor más importante en el control de la respiración y los procesos fisiológicos de deterioro.

1.2.2. Sensibilidad al enfriamiento

La refrigeración es el método más efectivo para prolongar la vida útil de los productos frutícolas. El objetivo de refrigerar es disminuir la velocidad de respiración lo más bajo posible sin dañar el tejido vegetal.

Los productos hortofrutícolas en sensibles y no sensibles según el tipo de respuesta fisiológica al enfriamiento. Los no sensibles pueden ser refrigerados a temperaturas entre 0 ° C y 5 ° C aproximadamente, sin llegar a congelar el producto. Los sensibles no pueden ser refrigerados a temperaturas tan bajas pues presentan injuria o daño por enfriamiento, que se manifiesta por el ablandamiento, pardeamiento y picadura del tejido vegetal.

Adicionalmente hay fallas en la maduración, desarrollo de sabores desagradables, aumento de la incidencia de los hongos en la superficie y pudrimiento del tejido. Estos productos pueden ser refrigerados entre 10 ° C y 15 ° C aproximadamente (Karder 1985).

1.2.3. Daño mecánico

En nuestro medio es el factor más influyente en la calidad de las frutas y hortalizas. Los diferentes tipos de daño mecánico al tejido vegetal, como cortaduras en la superficie, magullamiento por impacto, vibración u otros, aumentan el deterioro. El daño mecánico causa el pardeamiento del tejido afectado, debido a la acción de la polifenoloxida (enzima precursora del pardeamiento en el tejido de las frutas) sobre los compuestos fenólicos.

Las cortaduras y picaduras en la superficie facilitan el crecimiento de microorganismos que pudren el tejido. Adicionalmente se acelera la respiración y producción de anhídrido carbónico y etileno, aumentándose el deterioro del producto.

1.2.4. Transpiración y humedad relativa

La pérdida de agua por transpiración es una causa importante en el deterioro de frutas y hortalizas, no solo en pérdidas cuantitativas, pues disminuye el peso al ser

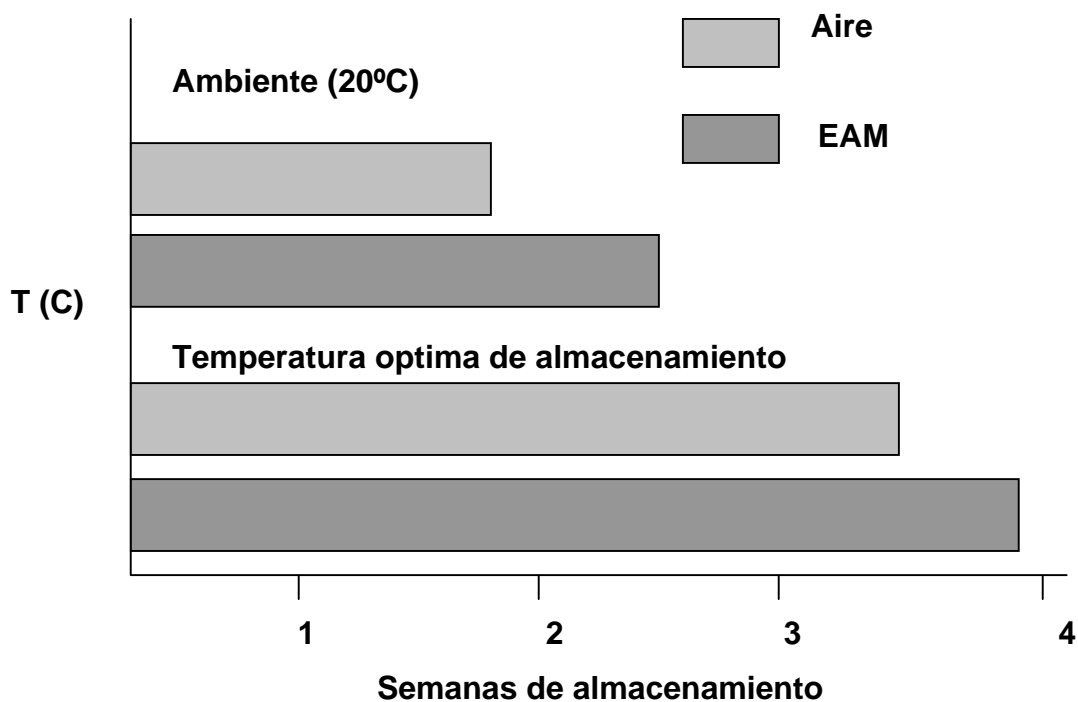
vendido, sino en la degradación de la calidad debido al marchitamiento, arrugamiento, ablandamiento, pérdida de la jugosidad y otras manifestaciones.

La transpiración es regulada por el sistema dérmico. La velocidad de transpiración se modifica por factores internos como características morfológicas de la superficie del tejido vegetal, relación superficie / volumen, daño mecánico superficial y estado de madurez, y por factores ambientales como temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y presión atmosférica.

1.3. FUNDAMENTOS EN TECNOLOGÍA DE ATMÓSFERA MODIFICADA (AM) PARA EL ENVASADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

En la grafica 1 se muestra el beneficio que en general se obtiene con el uso del empaque en atmósferas modificadas cuando se utilizan temperaturas óptimas de almacenamiento y temperatura ambiental.

Grafica 1. Efecto de la temperatura en la vida de anaquel de un producto almacenado en atmósferas modificadas.



Fuente: González G. Empaque de alimentos en atmosferas modificadas

1.3.1. Historia

Por décadas los tecnólogos de alimentos han discutido las bases bioquímicas y fisiológicas para retrasar el desarrollo de microorganismos a bajas temperaturas, así como el uso de tratamientos térmicos para eliminar las cargas microbianas. En los diferentes estudios realizados se ha hecho énfasis en la naturaleza de los microorganismos para reducir el metabolismo y procesos de crecimiento cuando se disminuyen los niveles de oxígeno y / o se incrementan los niveles de dióxido de carbono.

La respiración aeróbica es la base de los procesos de degradación de los materiales orgánicos después de haber sido removidos de la planta. Durante el crecimiento y desarrollo, las plantas utilizan oxígeno y producen dióxido de carbono y agua reducen los procesos metabólicos e inhiben la acción del etileno.

A principios de los 30'S se empezó a almacenar manzanas y peras en cámaras refrigeradas y cerradas. La respiración natural del producto redujo los niveles de oxígeno y el incremento de dióxido de carbono, los cuales a la vez redujeron el metabolismo respiratorio del producto. Los frutos bajo estas condiciones son capaces de mantenerse en buenas condiciones por más de seis meses, el doble de tiempo que dura en refrigeración simple.

1.3.2. Generalidades

La atmósfera modificada consiste en cambiar inicialmente la atmósfera gaseosa en el entorno del producto, permitiendo que las actividades del producto envasado ocasionen una variación del entorno gaseoso en las inmediaciones.

La mayoría de los productos envasados con la tecnología de atmósferas modificadas mantienen cierta actividad respiratoria o contienen microorganismos metabólicamente activos.

Dichas actividades consumen el oxígeno presente en el aire produciendo dióxido de carbono y vapor de agua que cambian la atmósfera. El material de envasado y el propio envase permiten la difusión de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de

agua, de modo que puedan producirse cambios adicionales en la atmósfera interna del empaque. La atmósfera gaseosa se modificara en relación con la inicial y de aquí el término de atmósfera modificada (Brody).

La reducción de O_2 o el aumento de CO_2 pueden retardar la maduración de las frutas, reducción de la respiración y de la tasa de producción de etileno, disminución de la sensibilidad al etileno, retardo del ablandamiento y de la disminución de varios cambios asociados con la maduración (Kader 1986).

La exposición de productos frescos a nivel por encima de su límite de tolerancia al CO_2 puede causar daños fisiológicos en los frutos, y la exposición a niveles inferiores al límite de tolerancia al O_2 puede aumentar la respiración anaeróbica y desarrollar olores y sabores desagradables debido a la acumulación de etanol acetaldehído.

Las atmósferas modificadas afectan el metabolismo primario, el metabolismo secundario y la síntesis de etileno de los productos. Con relación al metabolismo primario, los bajos contenidos de O_2 y los altos contenidos de CO_2 , disminuyen la respiración y la actividad de algunas enzimas como la piruvato kinasa que dirige al paso final de la glucólisis.

Respecto al metabolismo secundario, se sabe que el incremento del CO_2 y la disminución de los niveles de O_2 , en la atmósfera rodeando el producto, afecta tres procesos. Ellos son: el metabolismo de fenoles, el metabolismo de compuestos volátiles y la evolución de pigmentos.

Estos se ven reflejados por la disminución de la acción de la enzima polifenol oxidasa que produce el pardeamiento en el tejido de las frutas, la disminución en la liberación de compuestos del aroma y la disminución en la velocidad de degradación de la clorofila.

Cuando las frutas tropicales son almacenadas a bajas temperaturas pueden desarrollar daños por frío. La sensibilidad de las frutas tropicales no permite su almacenamiento a bajas temperaturas y como consecuencia tiene corta vida poscosecha, comparadas con algunas frutas de las regiones templadas. Las

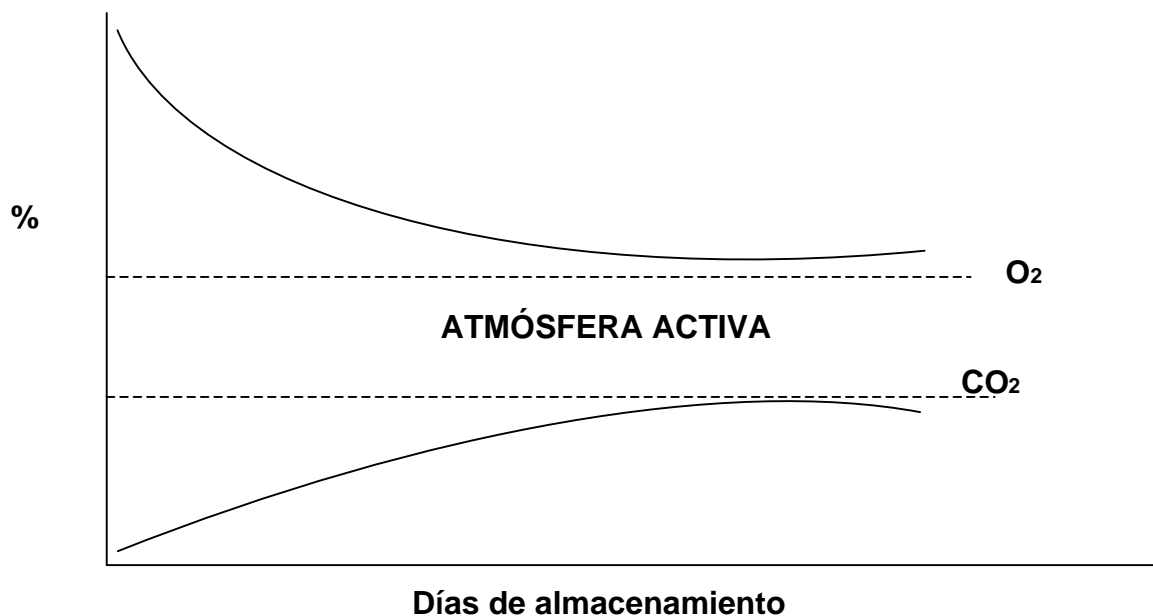
atmósferas modificadas y controladas han sido probadas en la disminución de la sensibilidad al daño por frío de los productos de origen tropical.

El envasado en atmósfera modificada (EAM) para ampliar la vida útil de productos vegetales sometidos a tratamiento térmico marginal es una técnica algo más moderna que la aplicación del EAC de productos crudos preparados. La técnica se basa en el empleo de nitrógeno sólo o mezclado con dióxido de carbono, y en la reducción del contenido en oxígeno hasta niveles normalmente inferiores al 1%. La atmósfera modificada se consigue realizando vacío y posterior reinyección de la mezcla adecuada de gases, de tal manera que la atmósfera que se consigue en el envase va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y respuesta del producto.

1.3.3. Generación de una atmósfera modificada

Las condiciones de atmósferas modificadas pueden ser creadas de una forma activa o pasiva como se describe a continuación (Grafica 2).

Grafica 2. Modificación pasiva y activa de un sistema de envasado en atmósferas modificadas.



Fuente: González G. Empaque de alimentos en atmosferas modificadas

1.3.3.1. Modificación pasiva

Consiste en la introducción del producto en el interior de un empaque flexible que permite el intercambio gaseoso desde el producto hacia el ambiente, determinado por la permeabilidad de la película; el consumo de oxígeno y la generación de dióxido de carbono, modificando las condiciones iniciales hasta encontrar un estado estable. Si tanto las características del producto como la permeabilidad de la película están correctamente seleccionadas, se podrá crear una atmósfera pasiva apropiada dentro del empaque sellado como resultado del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono tras la respiración (SMITH 1987).

1.3.3.2. Modificación activa

Debido a la limitada habilidad para regular y establecer una atmósfera pasiva, es probable establecer y ajustar activamente la atmósfera dentro del empaque. Esto puede ser hecho creando un vacío parcial o total y reemplazándolo con la mezcla de gases deseado. Esta mezcla puede ser además ajustada a través del uso de absorbentes de oxígeno, dióxido de carbono y etileno.

Aunque la modificación activa implica costos adicionales, esta tiene la ventaja que asegura un rápido establecimiento de la atmósfera deseada (Zagory y Kader 1988).

1.3.4. Gases utilizados en el empaque en atmósferas modificadas

La composición atmosférica del aire se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar

GAS	SÍMBOLO	PORCENTAJES (%)
Nitrógeno	N ₂	78.03
Oxígeno	O ₂	20.99
Argón	AR	0.94
Dióxido de carbono	CO ₂	0.03
Hidrógeno	H ₂	0.01

FUENTE: Parry. R.T. 1995

El envasado en atmósferas modificadas se define como un método de envasado activo donde se crea una atmósfera modificada alrededor del producto, que retrasa los procesos químicos y de deterioro y al mismo tiempo inhibe el desarrollo de microorganismos. Los gases más utilizados son: oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno.

1.3.4.1. Oxígeno (O₂).

El oxígeno es el gas más importante, siendo utilizado tanto por los microorganismos aerobios que provocan la descomposición, como por los tejidos vegetales y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos.

Por estas razones, en el envasado en atmósferas modificadas se elimina el oxígeno o se reduce hasta niveles tan bajos como sea posible.

La exposición de productos frescos a niveles por debajo de su límite inferior de tolerancia al oxígeno puede incrementar la respiración anaerobia y el desarrollo de sabores y olores desagradables debido a la acumulación de etanol y acetaldehído. Los efectos de las bajas concentraciones de O₂ sobre la maduración de las frutas incluyen: 1) una disminución en la velocidad de respiración; 2) un retraso en la fase climatérica con elevación del etileno y 3) un descenso en la velocidad de maduración.

Cuando se trata de prolongar el periodo de almacenamiento, el margen de las concentraciones de O₂ que podrían sospecharse como beneficiosas deben estar en la región que va desde el punto que induce el descenso inicial en la respiración y el que genera ambientes de anoxia parcial. Podría subrayarse que en esta región de concentraciones de O₂, los tejidos vegetales no experimentan anoxia debido a 1) no hay acumulación de etanol y 2) no se desarrollan síntomas de lesiones por los bajos niveles de O₂ incluso después de un largo periodo de almacenamiento (Del Valle 1997).

La reducción de los niveles de oxígeno da como resultado una disminución en las reacciones de oxidación. Estas reacciones producen olores y sabores

desagradables, reacciones de oscurecimiento en la superficie de frutas y vegetales cortados, por la acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO).

1.3.4.2. Dióxido de carbono (CO₂).

El dióxido de carbono ejerce un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento bacteriano especialmente las Gram (-), bacterias aeróbicas tales como las pseudomonas spp. El efecto inhibitor del dióxido de carbono se incrementa a bajas temperaturas debido al incremento de su solubilidad (179.9 ml / 100 ml de agua a 0° C).

La exposición de productos frescos a niveles superiores del límite de tolerancia al dióxido de carbono puede causar daños fisiológicos.

Niveles de dióxido de carbono por encima del 10% pueden ser usados para controlar patógenos únicamente en productos que tolera dichos niveles la tolerancia de los límites de CO₂ varia ampliamente entre las frutas.

El CO₂ es una molécula metabólicamente activa que participa en numerosas reacciones de carboxilación. Además, se sospecha que a altas concentraciones de CO₂ podrá alterar el pH del citosol que a su vez puede afectar el metabolismo vegetal.

Se ha observado que las altas concentraciones de este gas, reduce la tasa de respiración de las frutas y las hortalizas y niveles superiores la 1% puede inhibir la acción del etileno.

1.3.4.3. Nitrógeno (N₂).

El nitrógeno es un gas inerte, utilizado en el empaque de atmósferas modificadas para reemplazar el aire dentro del envase especialmente el oxígeno dando como resultado un aumento en la vida anaquel del producto. Indirectamente también puede influir sobre microorganismos en los alimentos perecederos, al retrasar el desarrollo de los organismos aerobios productores de la descomposición. La tercera función del nitrógeno consiste en actuar como relleno y para evitar el “colapso del envase” en los alimentos que absorben el dióxido de carbono debido a su baja solubilidad en agua y la fase lípidica de los alimentos.

1.3.5. Empaques para frutas en atmósferas modificadas

La selección y el diseño del envase para el empaqueo en atmósferas modificadas tienen gran interés, ya que se busca conseguir un equilibrio entre la velocidad de respiración del producto envasado y la permeabilidad de la película. Con ello se pretende obtener la atmósfera en aceptable equilibrio dentro del envase para que el envasado en atmósferas modificadas retarde la maduración y senescencia de los productos y así se incremente su vida útil.

1.3.5.1. Variables dependientes del producto:

- Velocidad de respiración del producto fresco a la temperatura seleccionada de almacenamiento.
- Cociente respiratorio del producto a la temperatura seleccionada de almacenamiento.
- Cantidad (masa) del producto que se coloca dentro del envase.
- Concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono necesarias para lograr aproximadamente una reducción óptima en la velocidad de la respiración aeróbica del producto.

1.3.5.2. Variables dependientes de la película

- Permeabilidad de los materiales de envasado poliméricos al oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, a la temperatura seleccionada, por unidad de espesor del material envasado.
- Área superficial total del envase cerrado.
- Integridad del cierre del envase.
- Resistencia a los malos tratos de la película de envasado.
- Volumen de vacío dentro del envase, (Schlimme, 1983).

1.3.6. Películas para empaqueo de alimentos bajo atmósferas modificadas

Los envases para frutas y hortalizas frescas se han utilizado diferentes películas plásticas que incluyen polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno delgado, poli estireno y varias clases de cloruro de polivinilo.

Los principales materiales plásticos para el envasado en atmósferas modificadas tienen las características que se describen a continuación.

1.3.6.1. Polietileno de baja densidad (LDPE)

Presenta una inercia química relativa y su permeabilidad es relativamente baja al vapor de agua, pero alta para el oxígeno. En general la permeabilidad a los gases es alta, y también presenta un reducido efecto de barrera frente a los olores. Los aceites esenciales pasan rápidamente a través de los polímeros de baja densidad.

1.3.6.2. Polietileno de alta densidad

Tiene un punto de reblandecimiento mayor que los polietilenos de densidades menores, proporciona mayor barrera y es un film más duro. No es adecuado como elemento sellante.

1.3.6.3. Polipropileno (PP)

Es químicamente similar al polietileno y puede ser extruido o coextruido como elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno de tipo orientado, aunque proporciona mayores rangos de barrera frente al vapor de agua en el que el polietileno, también proporciona mayor barrera a los gases. Además tiene una excelente resistencia a las grasas.

1.3.6.4. Ionomeros

El primer ionómero disponible en el mercado fue el "surlyn A" similar en muchas características al polietileno, pero con diversas ventajas en cuestiones prácticas.

1.3.6.5. Copolímeros etilenoacetato de vinilo (EVA)

Es un copolímero muy flexible en forma de la lámina, con mayor permeabilidad al vapor de agua y a los gases que el polietileno de baja densidad. Su principal valía es como elemento de sellado.

1.3.6.6. Policloruro de vinilo (PVC)

Es la base termoformable mas ampliamente utilizada para el envasado en atmósferas modificadas.

Posee una buena capacidad barrera frente a los gases y moderada al vapor de agua, posee una excelente resistencia a las grasas y aceites.

1.3.6.7. Poliestireno (PS)

Polímero termoplástico claro, con una elevada resistencia a la extensión, pero con propiedades barrera reducidas frente al vapor de agua y a los gases.

1.3.6.8. Poliamidas

Los nylons se fabrican de diferentes formas y se caracterizan por un número derivado del átomo de carbón de la molécula. Por lo tanto el nylon – 6, frecuentemente utilizado, se refiere al número de átomos de carbono en el aminoácido asociado, es decir 6.

Los nylon son film resistentes con elevada resistencia a la extensión y buena resistencia a la abrasión, pero algunos son higroscópicos y sus propiedades mecánicas se alteran por la absorción de agua.

1.3.6.9. Politereftalato de etilenglicol (PET)

El PET se utiliza de diferentes formas en el envasado en atmósferas modificadas como film orientado de espesor reducido, de elevada claridad para film de cubierta, y en forma cristalina o amorfa como bandejas preformadas o termoformados en la línea.

1.3.7. Permeabilidad de la película polimérica

La permeabilidad se define como la transmisión de un agente que penetra a través de un material resistente. El proceso de permeabilidad en los materiales de envasado poliméricos se lleva acabo mediante la difusión activa en donde las

moléculas de un agente que penetra se disuelven en la matriz de la película, difundiendo a través de ella como respuesta a un gradiente de concentración.

La difusión de gases tales como el oxígeno y dióxido de carbono depende del tamaño, forma y polaridad de las moléculas que integran la película y por otra parte de la cristalinidad, grado de entrecruzamiento y movimiento segmental del polímero en la matriz de la película.

En la tabla 9 se muestran las velocidades de transmisión a los gases de diferentes películas poliméricas que se pueden seleccionar para el envasado en atmósferas modificadas de frutas y hortalizas.

Tabla 9. Permeabilidad de las películas usadas en el envasado de productos frescos.

Película	Permeabilidad (ccm ₂ /mil día a 1 atm) CO ₂	Permeabilidad (ccm ₂ /mil día a 1 atm) O ₂	Razón CO ₂ : O ₂
Polietileno de baja densidad	77 – 770	3900 – 13000	2 – 59
Cloruro de polivinilo	4263 – 8138	620 – 2248	3.6 – 6.9
Polipropileno	7700 – 21000	1300 – 6400	3.3 – 5.9
Poli estireno	10000 – 26000	2600 – 7700	3.4 – 3.8
Sarán	52 – 150	8-	5.8 – 6.5
Poliéster	180 – 390	52 – 130	3.0 – 3.5

Fuente: Kader, 1992.

1.3.8. Relación de permeabilidad del O₂ y al CO₂ para envase de atmósferas modificada.

Es importante que las películas plásticas utilizadas en el empaque en atmósferas modificadas de productos frescos tengan relación de permeabilidad de CO₂ a O₂ relativamente alta. De esta forma se permite que disminuya la concentración de

oxígeno sin que sea excesiva la acumulación de dióxido de carbono dentro del envase (Kader, 1989). Aunque la permeabilidad a los gases de los polímeros usados en atmósferas modificadas muestra diferencias sustanciales, la relación de permeabilidad del dióxido de carbono respecto al oxígeno normalmente se encuentra entre 4 y 6. La mayoría de las películas poliméricas tienen mayor permeabilidad al dióxido de carbono que al oxígeno, en parte debido a la solubilidad del dióxido de carbono en el polímero es mayor (Kader, 1989).

Estos autores también indican que para que la concentración de oxígeno tenga un efecto significativo sobre la maduración de la fruta tiene que reducirse hasta el 8%.

En la práctica, la cantidad de oxígeno de un producto envasado en atmósferas modificadas se reduce normalmente desde 21% hasta un 2 – 5% y el potencial del dióxido de carbono se incrementa desde 0.03 hasta 16 – 19 %.

1.3.9. Maquinas de envasado

La maquinaria disponible para el envasado bajo atmósfera modificada se clasifica de tres formas:

- Respecto al funcionamiento: Discontinua (batch) y continua.
- Respecto al gas: **(1)** A vacío compensado: método que consiste en realizar un vacío en el interior del envase previo a la inyección de un gas protector. Este sistema utiliza varios tipos de máquinas de envasado: Envasadora de campana: utiliza exclusivamente bolsa flexible, tiene una producción discontinua de fácil adaptación en cualquier empresa. Cerradora de preformados: utiliza material preformado y una bobina de film para la cubierta superior, con capacidad de producción de media baja hasta muy alta, tiene la posibilidad de producción discontinua y continúa. Termoformados: utiliza dos bobinas de film, una termoformable a partir de la cual se fabrican las bandejas y otra que forma la tapa del empaque, poseen producciones altas y continuas mediante una cinta transportadora. **(2)** De barrido gaseoso: el cual consiste en desplazar el aire del

envase mediante el gas o mezcla de gases de protección. Las máquinas de este tipo trabajan a partir de una única bobina de film que forman una bolsa con tres soldaduras, en el interior de las cuales se introducirá el producto, el gas se introduce a partir de un inyector que se prolonga hasta un poco antes de la zona de sellado.

- Respecto al envase: Verticales y horizontales.

1.3.10. Métodos para el análisis de gases

1.3.10.1. Analizador de gases

Reporta la concentración de oxígeno y de dióxido de carbono como porcentaje en volumen.

1.3.10.2. Cromatografía de gases

Keulemans ha definido la cromatografía como un método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una de las cuales constituye la fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (fase móvil) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.

La fase estacionaria puede ser un sólido o un líquido dispuesto sobre un sólido que actúa como soporte, de gran área superficial. La fase móvil es un fluido (puede ser gas, líquido o fluido supercrítico) que se usa como portador de la mezcla.

Cromatografía Gaseosa

La cromatografía gaseosa (CG) es una técnica utilizada para la separación y análisis de mezclas de sustancias volátiles. La muestra es evaporizada e introducida en un flujo de un gas apropiado denominado la fase móvil (FM) o gas de arrastre. Este flujo de gas con la muestra vaporizada pasa por un tubo conteniendo la fase estacionaria FE (columna cromatográfica), donde ocurre la separación de la mezcla. Las sustancias separadas salen de la columna disueltas

en el gas de arrastre y pasan por un detector; dispositivo que genera una señal eléctrica proporcional a la cantidad del material fluido. El registro de esta señal en función del tiempo es el cromatograma, en donde las sustancias aparecen como picos con las áreas proporcionales a sus masas, lo que posibilita el análisis cuantitativo.

Componentes del cromatógrafo de gases: (1) Columna ShinCarbon ST Micropacked: sensible al CO₂, O₂, N₂, C₂H₄. (2) Inyector (3) Detectores TCD y FID. (4) integrador. (5) Jeringa de inyección de muestras (6) Reguladores de gases.

1.3.11. Legislación

Existe una considerable legislación relacionada con la venta de alimentos para el consumo humano. Thompson (2003), considera que la utilización del envasado en atmósferas modificadas tiene implicaciones sanas y seguras, y que un factor que se debería tener en cuenta es que los gases en la atmósfera posiblemente podría tener un efecto de estimulación sobre los microorganismos causantes de enfermedades.

Faber (1991) cita en Thompson (2003), que mientras los alimentos envasados en atmósferas modificadas han llegado a ser muy comunes en Norteamérica, la investigación sobre la seguridad de estos alimentos todavía es deficitaria.

Otro tema de seguridad es la posibilidad de que las películas que se utilizan en el envasado en atmósferas modificadas sean tóxicas.

Schlimme y Rooney (1994) cita en Thompson (2003), que la posibilidad de que los constituyentes de la película polimérica utilizada en el envasado en atmósferas modificadas migren hacia el alimento que esta contenido en dichas películas no es poco probable; ya que todas las películas utilizadas pueden contener ciertos constituyentes no polimerizados que se podrían transferir al alimento.

En los Estados Unidos la Administración para Alimentos y Drogas (FDA) y también la Comunidad Europea tienen regulaciones relacionadas con estos “aditivos indirectos”.

La mayor parte de la legislación vigente principalmente en Europa y América del Norte esta ligada a consideraciones del medio ambiente; sin embargo no existe una rama específica separada de la legislación que puede ser escrita como la “la ley del envase (Paine y Paine. 1994).

Los residuos de envases representan un volumen considerable de la totalidad de residuos generados por lo que, para cumplir el compromiso adquirido en el quinto programa comunitario de acción en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible, la Unión Europea ha adoptado la Directiva 94/62/CE, del Parlamento Europeo, relativa a los envases y residuos de envases (Envapck.com).

Así mismo esta ley fijo unos objetivos de reciclado y valorización que deberán cumplir los Estados miembros en el plazo de cinco años a partir de la incorporación de la norma (11/1997) al derecho interno e impone ha aquellos la obligación de establecer medidas, abiertas a las participación de todos los sectores sociales y económicos afectados, de devolución, recogida y recuperación de residuos de envases usados con el fin de dirigirlos a las alternativas de gestión mas adecuadas.

En cuanto a Colombia, actualmente en el país no existe una forma específica que regule y establezca las implicaciones de empacar alimentos mínimamente procesados o en cualquier o en cualquier otro estado bajo la tecnología d atmósfera modificada, sin embargo en el decreto 3075 de 1997 expedido por el desaparecido Ministerio de Salud en su capítulo IV artículos 18 y 21, se establecen una serie de requisitos en cuento al envase y operaciones de envasado para alimentos en el territorio nacional (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – INVIMA)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Ocati Ltda, ubicada en el Municipio de Chia Cundinamarca.

El estudio se realizó en dos fases principalmente:

- Fase preliminar: se llevó a cabo la caracterización fisiológica de la pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw). Fue realizada en el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Fase de evaluación y conservación: Se evaluó el comportamiento de la pitaya con la tecnología de atmósferas modificadas y refrigeración en unidades de empaque. Fue realizada en la Fundación INTAL -Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria - Bogota Perteneciente a la empresa ALICO S.A.
- Materiales

Pitaya	Bolsas BOPP de 70 micras	Refractómetro
Frascos herméticos de 500 ml	Empacadora de material flexible para atmósferas modificadas	NaOH 0.1 N
Dióxido de cloro	Cromatógrafo de gases CG agilent Hp 4890	Fenofaleína
Amonio cuaternario desengrasante	Jeringa de vidrio para cromatografía de gases con válvula de seguridad	Bolsas de BOPP de 58 micras
Cuchillo en acero inoxidable	Potenciómetro con electrodo	Bureta

2.1. FASE PRELIMINAR

Para la caracterización fisiológica los frutos fueron cosechados en la Finca El Eden en el Municipio de Guaduas; en su grado de madurez fisiológica (grado 4 – 5) (totalmente formado pero con algunos visos verdes en las mamilas).

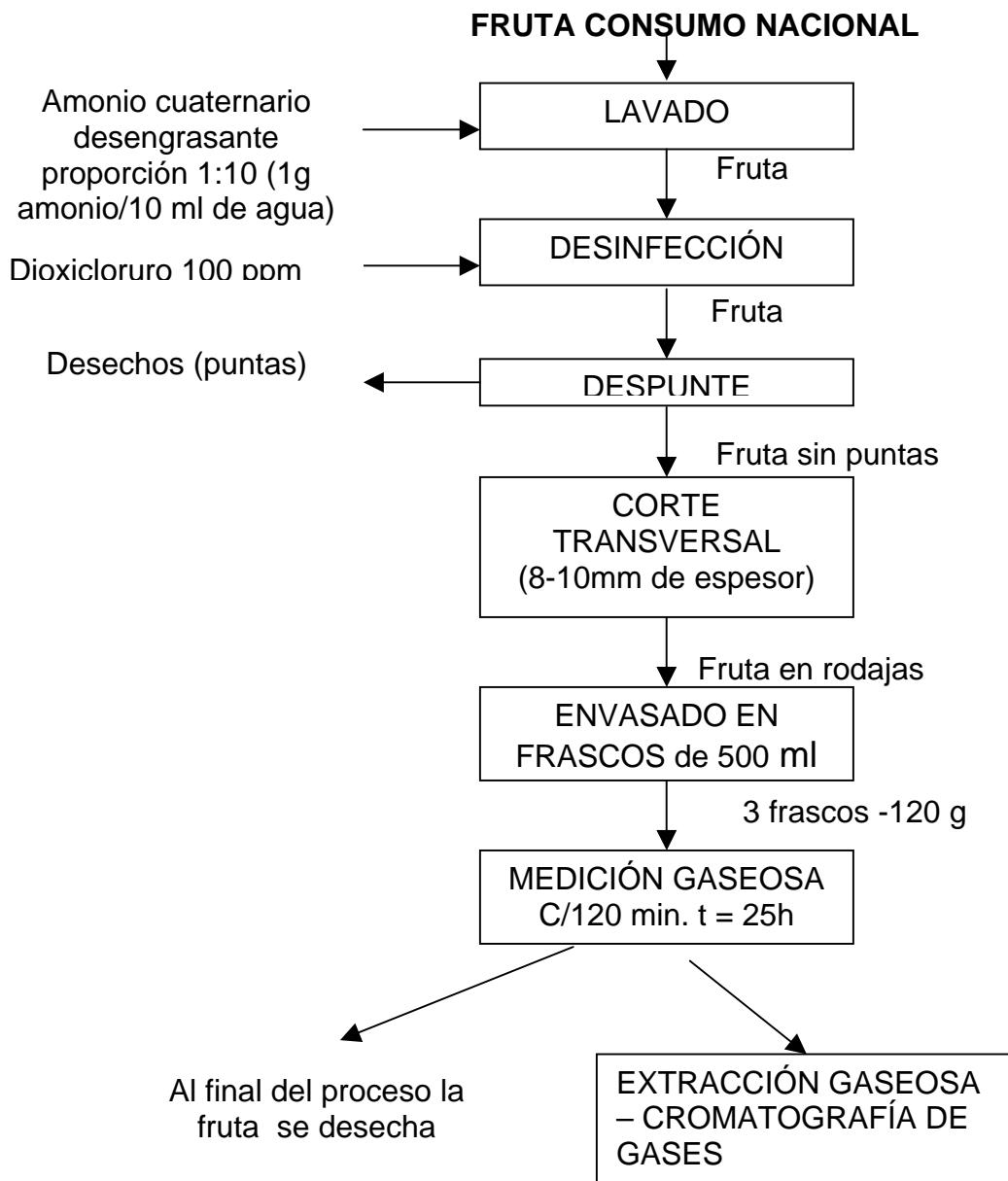
Luego de ser recolectados los frutos fueron transportados a la planta de producción Ocati Ltda, donde se seleccionó en Tipo exportación y Consumo

Nacional por su sanidad, grado de madurez, y tamaño.(según especificaciones NTC 3554 primera actualización).

La fruta que se empleó para el producto que se desarrollo es de Tipo Consumo Nacional, y se presenta en rodajas de 8 – 10 mm de espesor con un peso aproximado de 130 -140 gramos por unidad de empaque.

Durante la fase preliminar los frutos siguieron la secuencia mostrada a continuación (Ilustración 1):

Ilustración 1. Diagrama de flujo en la fase preliminar



- Los frutos fueron lavados con amonio cuaternario desengrasante en proporción 1:10 y se desinfectaron con dioxiclورو en 100 ppm.
- Después de lavados y desinfectados, estos pasan a despunte se descartan las cabezas y colas de la fruta. Los desechos de paso se descartan.
- La fruta se cortó en rodajas de aproximadamente 8 – 10 mm de espesor en forma transversal con un cuchillo de acero inoxidable para evitar el pardeamiento u oxidación de la fruta.
- Las pitayas en rodajas fueron envasadas en frascos herméticos de 500ml de capacidad que contenían de 120.5 – 121.5 gramos de fruta a la atmósfera ambiente. Midiendo la atmósfera resultante en periodos de tiempo constantes (120 minutos); determinando el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono. En este procedimiento se realizaron tres replicas.
- El contenido de oxígeno consumido y el dióxido de carbono producido se determinó por cromatografía gaseosa (cromatógrafo CG Agilent HP 4890): en cada uno de los frascos se introdujo la jeringa de vidrio para cromatografía de gases con válvula de seguridad, para extraer 10 ml. de gas y ser inyectados a la columna del cromatógrafo, teniendo cuidado de no punzar ninguna fruta. La tapa de los frascos posee un tapón de caucho de un centímetro de alto, asegurado con silicona blanca para evitar cualquier fuga de gas, a través del cual se extrajo la muestra de gas.
- Luego de obtener los datos (formato anexo A) se procedió a graficar cada una de las replicas y determinar cual de las tres presentó un coeficiente de correlación mayor para calcular la intensidad respiratoria que es la relación de contenido de CO₂ en ml por unidad de tiempo con una base de calculo específica (peso) para este procedimiento se utilizaron las siguientes ecuaciones

(Ecuación 1) $Y = m x + b$ Ecuación de la recta que representa la relación del dióxido de carbono en el interior del empaque
Donde :

Y Concentración final de gas
m Intensidad respiratoria (ml de CO₂ / Kg. de fruta * h)
b Concentración final de gas

(Ecuación 2)
$$IR = \frac{[(CO_2)_{int2} - (CO_2)_{int1}] * V}{T_{med} * P_f}$$

Donde:

IR Intensidad respiratoria (ml de CO₂ / Kg. de fruta * h)

$(CO_2)_{int2}$ Concentración final de gas en el interior del frasco

$(CO_2)_{int1}$ Concentración inicial de gas en el interior del frasco

V Volumen del gas dentro del frasco (es la diferencia entre el volumen total del frasco y el volumen ocupado por la fruta) (ml)

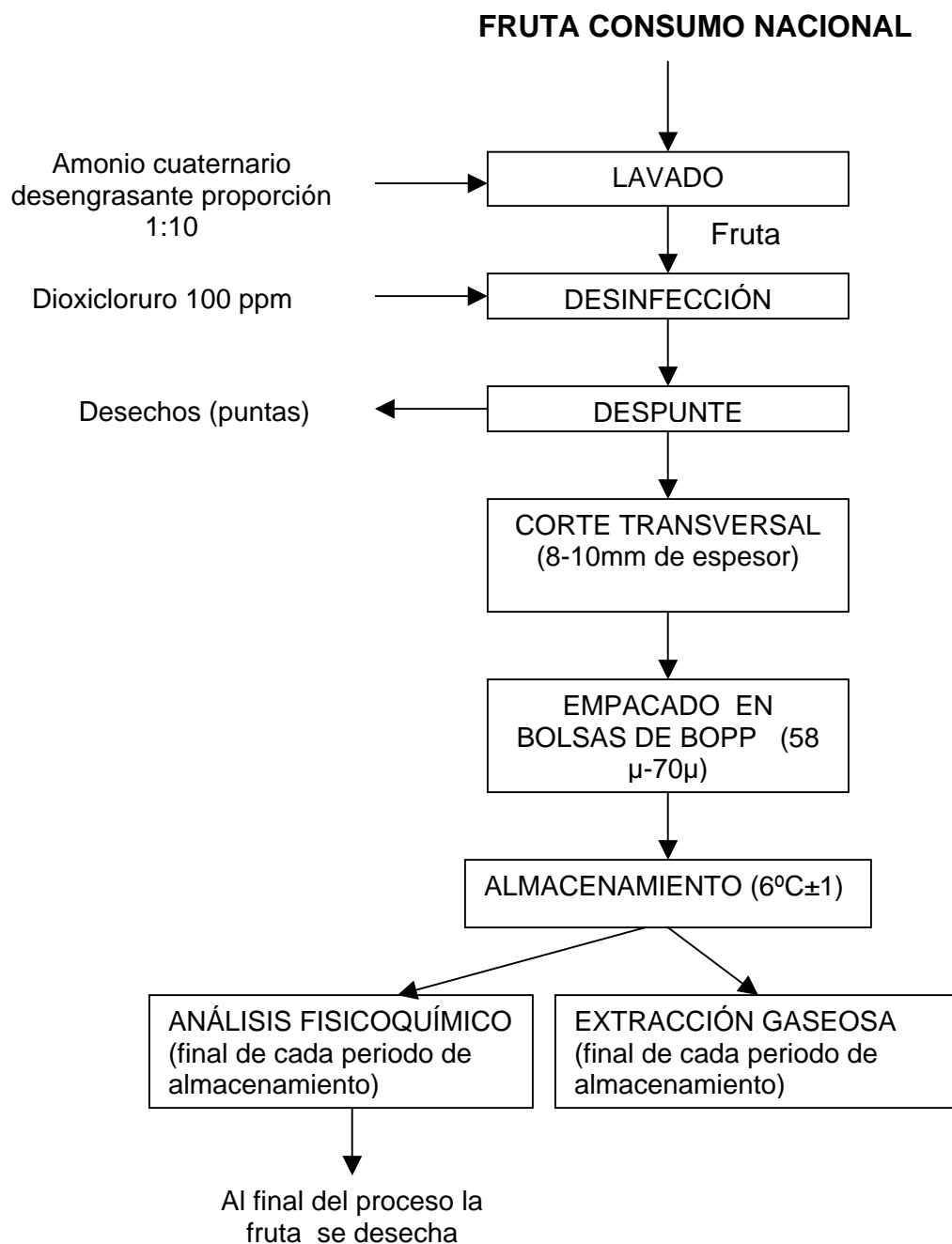
T_{med} Tiempo de medición (h)

P_f Peso de la fruta (Kg.)

2.2. FASE DE EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN

En esta fase se realizó el mismo procedimiento que en la fase preliminar hasta el paso dos y se continúa con el siguiente procedimiento (Ilustración 2):

Ilustración 2. Diagrama de flujo en la fase de conservación y evaluación



- La fruta antes de someterse a corte transversal, es despuntaron; procedimiento donde se descartan las puntas y colas de la fruta y posteriormente estos se desechan.
- Las pitaya en rodajas fueron envasados en bolsas de polipropileno biorientado (BOPP/LDEP) de 58 μ de espesor que contenían de 130 – 140 gramos de fruta a la y la misma cantidad fue empacada en bolsas de polipropileno biorientado (BOPP / LDEP) de 70 μ de espesor.
- Las bolsas de BOPP con la pitaya en rodajas fueron colocadas dentro de la maquina empacadora de material flexible para atmósferas modificadas marca Komet modelo Vac 20 (Ilustración 3) que realiza la extracción de aire dentro del empaque e inyecta la mezcla de gases.

Ilustración 3. Máquina empacadora de material flexible para atmósferas modificadas



- Después de empacados los frutos, estos se almacenaron a temperatura refrigeración ($6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), por periodos de tiempo de 3, 6, 8, 10, 13 y 15 días. Al final de cada periodo de almacenamiento se realizaron las lecturas correspondientes (formato anexo B).

2.2.1. Diseño experimental

Prueba De Empaque Y Conservación De La Pitaya

Se aplicó el diseño experimental (Factorial estándar) para evaluar una película plástica de dos calibres diferentes y tres mezclas de gases, y definir la mejor combinación o tratamiento empaque – mezcla de gas que prolongue por un período de tiempo mayor la vida útil de la pitaya y conservar sus características el mayor tiempo posible.

En la tabla 10 se pueden apreciar las variables independientes de cada uno de los tratamientos ellos son las mezclas en sus diferentes combinaciones y los empaques según la película.

Tabla 10. Variables Independientes:

Mezcla de gases	Película polimérica
M1: 5% O ₂ , 5% CO ₂ , 90% N ₂	E1: Termoformado con una película de (BOPP/LDPE) 58 micras.
M2: 5% O ₂ , 8% CO ₂ , 87% N ₂	E2: Termoformado con una película de (BOPP/LDPE) 70 micras.
M3: Atmósfera Pasiva (solamente selle)	

Se elaboró una matriz con las combinaciones de factores y niveles de mezclas y empaques para todos los tratamientos de acuerdo a las siguientes características (Tabla 11):

- Clase de diseño: Mult. – Factorial Categórico
- Base del diseño:
 - Números de factores en el Experimento: 3 (Gases, empaque, tiempo) x 3 replicas.
 - Numero de Variables dependiente o respuestas: 7 (Acidez titulable, pH, °Bx, % O₂, %CO₂, perdida de peso, etileno).
 - Numero de corridas: 126
 - Grado de libertad: 96.
 - Aleatorización: SI.
 - Unidad experimental: 130 – 140 g / empaque.
- Este diseño es un factorial estándar, Consistiendo en todas las combinaciones de los niveles de los factores; donde en nuestro caso el factor empaque tiene

dos niveles (70 micras y 58 micras), el factor gases tiene 3 niveles (5/5; 5/8; Pasiva) y por ultimo el factor tiempo tiene 7 niveles (día de mediciones en el tiempo, no se incluye el día 0).

Tabla 11. Combinación de Factores y Niveles

Tratamiento	Mezcla	Empaque	Tiempo	Replicas
T1 ₁	M1	E1	1	3
T1 ₂	M1	E1	3	3
T1 ₃	M1	E1	6	3
T1 ₄	M1	E1	8	3
T1 ₅	M1	E1	10	3
T1 ₆	M1	E1	13	3
T1 ₇	M1	E1	15	3
T2 ₁	M2	E1	1	3
T2 ₂	M2	E1	3	3
T2 ₃	M2	E1	6	3
T2 ₄	M2	E1	8	3
T2 ₅	M2	E1	10	3
T2 ₆	M2	E1	13	3
T2 ₇	M2	E1	15	3
T3 ₁	M3	E1	1	3
T3 ₂	M3	E1	3	3
T3 ₃	M3	E1	6	3
T3 ₄	M3	E1	8	3
T3 ₅	M3	E1	10	3
T3 ₆	M3	E1	13	3
T3 ₇	M3	E1	15	3
T4 ₁	M1	E2	1	3
T4 ₂	M1	E2	3	3
T4 ₃	M1	E2	6	3

T4 ₄	M1	E2	8	3
T4 ₅	M1	E2	10	3
T4 ₆	M1	E2	13	3
T4 ₇	M1	E2	15	3
T5 ₁	M2	E2	1	3
T5 ₂	M2	E2	3	3
T5 ₃	M2	E2	6	3
T5 ₄	M2	E2	8	3
T5 ₅	M2	E2	10	3
T5 ₆	M2	E2	13	3
T5 ₇	M2	E2	15	3
T6 ₁	M3	E2	1	3
T6 ₂	M3	E2	3	3
T6 ₃	M3	E2	6	3
T6 ₄	M3	E2	8	3
T6 ₅	M3	E2	10	3
T6 ₆	M3	E2	13	3
T6 ₇	M3	E2	15	3

T_n = n: tratamiento y n: factor tiempo (días de medición).

En el día 0 se empacaron por cada tratamiento 21 bandejas para todo el tiempo del análisis, que corresponden a 126 bandejas en total para todos los tratamientos.

Al final de cada día de almacenamiento (1, 3, 6, 8, 10, 13, y 15) se realizaron las pruebas de sólidos solubles, Acidez, pH, Peso, %CO₂, %O₂ y % C₂H₄ a dieciocho (18) muestras que estaban conformadas por tres bolsas escogidas al azar para tener las tres repeticiones de cada tratamiento, después de realizar los análisis pertinentes a cada bolsa o unidad experimental estas se desecharon.

El valor exacto de cada variable respuesta en el día 0 es conocido teóricamente; así se verificó si las mezclas de gases que se inyectaron son las “reales” del ensayo, además se realizaron los análisis fisicoquímicos al producto (pH, °Bx y Acidez); ya que estos datos son los iniciales, de acuerdo a ellos se observó la variación en el tiempo. La variable respuesta que no se conoce al iniciar el ensayo es el Etileno, dado que el valor inicial es 0.

Además, se utilizó una matriz para medir cada variable respuestas durante el ensayo. (Anexo B)

Con respecto a los análisis microbiológicos, se hicieron inicio y al final del periodo del almacenamiento. Ellos servirán para verificar la eficacia de los tratamientos.

Durante todo el periodo de almacenamiento se llevaron registros fotográficos, de temperatura, de humedad relativa y observaciones de interés para el estudio.

La conservación de la fruta se realizó en refrigeración 6 ° C

La temperatura de conservación para el ensayo fue de refrigeración (6°C ± 1 °C)

2.2.2. Análisis realizados

Durante la experimentación cada unidad experimental (bolsas con fruta en rodajas) se analizó a los días 1, 3, 6, 8, 10, 13 y 15 días de almacenamiento teniendo en cuenta los siguientes indicadores (Tabla 12)

Tabla 12. Análisis realizados

<i>MEDICIÓN GASEOSA</i>	<i>FISICOQUÍMICOS</i>	<i>MICROBIOLÓGICOS</i>
Dióxido de carbono	Perdida de peso	Mohos y levaduras
Oxígeno	Sólidos solubles	Coliformes Totales
Etileno	pH	Psicrófilos Aerobios Viables
	Porcentaje de acidez	
	Índice de madurez	

La forma de realizar cada uno de los análisis se detalla a continuación:

2.2.2.1. Medición gaseosa

Dióxido de carbono, oxígeno y etileno

Al final de cada periodo de almacenamiento, se midió la composición gaseosa en el interior de los empaques. Las diferentes combinaciones de gases y materiales de empaque dieron los siguientes tratamientos como se puede observar en la tabla 13:

Tabla 13. Combinaciones de mezcla y empaques

Tratamiento	Mezcla	Empaque	Replicas
T1	M1	E1	3
T2	M2	E1	3
T3	M3	E1	3
T4	M1	E2	3
T5	M2	E2	3
T6	M3	E2	3

El porcentaje de O₂ consumido, CO₂ producido y etileno dentro de los empaques que contienen la fruta fueron medidos a los 1, 3, 6, 8, 10, 13, y 15 días de almacenamiento refrigerado (Anexo B).

El contenido de O₂ consumido, CO₂ producido, y etileno dentro de las bolsas se determinó por el método de cromatografía gaseosa.

A cada una de las bolsas se introdujo la jeringa de vidrio para cromatografía gaseosa con válvula de seguridad, para extraer 10 ml de gas y ser inyectados a la columna del cromatógrafo, al realizar esta operación se tuvo cuidado de no punzar ninguna fruta.

La jeringa se hizo pasar a través de un sello de silicona blanca de 1.0 cm. de diámetro y 0.5 cm. de espesor, adherido con anterioridad a la película con el fin de impedir la fuga de los gases.

2.2.2.2. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos se realizaron con la finalidad de determinar la vida útil del producto

- **Perdida de peso:** Las pérdidas de peso fueron tomadas inmediatamente después de abierto el empaque en una balanza electrónica. (Anexo C)

- **Sólidos solubles:** La cuantificación de sólidos solubles totales se determinó por el método refractométrico y se expresa en grados Brix ($^{\circ}$ Bx).

El contenido de sólidos solubles se determina con el índice de refracción. Este método se emplea mucho en la elaboración de frutas y hortalizas. Para determinar la concentración de sacarosa de estos productos.

La concentración de sacarosa se expresa con el grado brix. A una temperatura ambiente de 20° C, el grado brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenido en una solución acuosa.

- **Acidez:** La determinación de la acidez titulable se realizó por el método de titulación y se expresa como el porcentaje de ácido cítrico. Y se calcula mediante la siguiente ecuación:

(Ecuación 3) % ácido cítrico = $\left(\frac{V_1}{N_9} \right) / V_2 * K * 100$

Donde:

V 1: es el volumen de hidróxido de sodio (NaOH) gastado en (ml)

V 2: es el volumen de la muestra

K: es el peso equivalente del ácido cítrico (0.064 g / meq)

N: es la normalidad del NaOH (0.1 meq / ml)

Procedimiento: **(1)** Colocar una muestra conocida en el erlenmeyer. **(2)** Agregar a la muestra cinco gotas de solución de fenoltaleína. **(3)** titular con la solución de NaOH (0.1N) hasta la aparición de un color rosado pálido.

- **pH:** La determinación del pH se realizó directamente con el potenciómetro.

- **Índice de madurez:** Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales (SST) y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como ° Brix / % de ácido cítrico:

(Ecuación 4) Índice de madurez = SST / Acidez titulable

2.2.2.3. Análisis microbiológicos

Se determinaron con el fin de verificar la eficiencia de los tratamientos aplicados

- **Mohos y levaduras:** El análisis de mohos y levaduras se determina por el método de recuento de mohos y levaduras variables en una muestra sólida utilizando la técnica de siembra en profundidad.

Se prepara el banco de diluciones (serie de diluciones decimales). Para ello se toma el alimento y se homogeniza con agua destilada estéril. A partir de la primera dilución se toma un mililitro de esta y se pasa a un tubo con 9 ml de triptona sal. Se repite esta operación para las siguientes diluciones. Se deposita por duplicado un mililitro de cada una de las diluciones decimales en placas de petri estériles.

Se adicionan 15 – 20 ml de medio agar sabouraud chloramphenical a una temperatura de 45 – 48 °C. se homogeniza bien el inóculo y el medio de cultivo, y se deja solidificar en una superficie horizontal a temperatura ambiente, y se incuba durante cinco días a una temperatura de 28°C.

- **Coliformes totales y fecales:** El recuento de Coliformes totales, se determina por el método del Número (NMP).

Los medios se preparan por duplicado, tres series de tubos cada serie compuesta por tres tubos las cuales se designan como la serie A, la primera, serie B la segunda y serie C la tercera. La serie A servirá para sembrar la primera dilución escogida 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} o la que sea del caso, la serie B se utilizará para sembrar la segunda dilución escogida, 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} la que sea el caso y la serie C se utilizará para sembrar la tercera dilución escogida 10^{-3} , 10^{-4} 10^{-5} o la que sea del caso.

Siempre se deben escoger tres diluciones consecutivas (10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}). Se inocula primero la serie C con 1 ml de la dilución, última dilución escogida; inoculada la serie C, inocular la B con 1 ml de la dilución del caso, segunda dilución escogida; inoculada la serie B, inocular la serie A con 1 ml de la dilución; última dilución escogida.

Se encuba a una temperatura de 24 °C por un tiempo de 24 horas, leer de cada tubo, después de transcurrido el tiempo de incubación, el número de tubos positivos y calcular el NMP. Cada tubo debe contener 10 ml del medio de cultivo, caldo lactosado bilis verde brillante (Brila).

• **Mesófilos aerobios viables:** Para el análisis de Psicrófilos aerobios se utiliza el método de recuento de microorganismos aerobios psicrófilos viables en una muestra sólida utilizando la técnica como siembra en profundidad.

Se prepara el banco de diluciones (serie de diluciones decimales). Para ello se toma el alimento y se homogeniza con agua destilada estéril.

A partir de la primera dilución se toma un mililitro de esta y se pasa a un tubo de 9 ml de agua peptonada. Se repite esta operación para las siguientes diluciones. A partir de la serie de diluciones decimales y por duplicado, depositar con pipeta estéril, 1 ml de cada dilución en 0 placas de petri estériles.

Luego se añade aproximadamente, 15 – 20 ml de agar recuento de placa plate count, previamente licuado atemperado a 45 – 48 °C en cada placa. Posteriormente se mezcla perfectamente el medio y el inóculo a favor y en contra de la manecillas de reloj, formando ángulo recto y mantener las placas en

superficie horizontal hasta que se solidifique el agar completamente, luego se incubó a temperatura de 37°C durante 24 – 48 horas.

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de los análisis fisicoquímicos se procesaron mediante una comparación factorial estándar (mult. – factorial categórico), para todos los periodos de muestreo con la prueba de anova y las medias entre tratamientos fueron separadas por los contrastes ortogonales a un agrado de libertad de 96. El objetivo principal del análisis estadístico es encontrar la influencia de las variables seleccionadas (fisicoquímicas) en la validación del empaçado en atmósferas modificadas para la pitaya. (Anexo i).

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. FASE PRELIMINAR

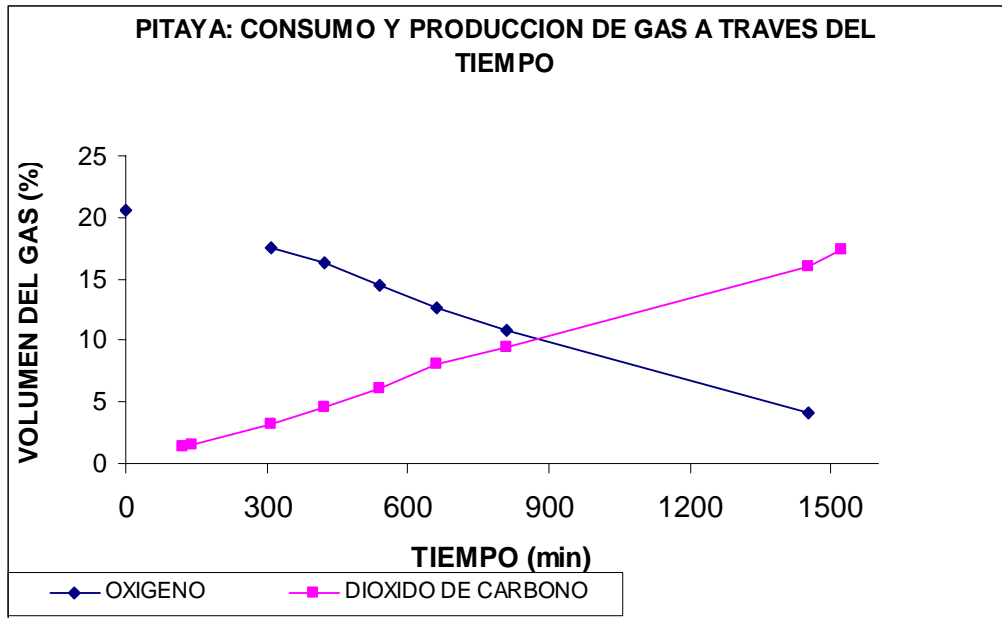
En la verificación fisiológica los valores de la intensidad respiratoria se determinaron a partir de una muestra aproximada de 120 gramos de frutos tomados al azar, para esto no se tuvo en cuenta el lugar de procedencia y se estableció un grado de madurez visual según tabla de color para pitaya amarilla (NTC 3554 primera actualización) ; y para evitar errores de tipo experimental se tomaron las muestras de forma aleatoria para obtener rangos de respuesta y verificar la variedad fisiológica de productos que ingresan a la planta de producción de Ocati Ltda.

La intensidad respiratoria se realizó mediante un sistema cerrado donde se monitorearon las concentraciones de gases (CO_2 , O_2 Y C_2H_4) en el tiempo, mediante un cromatógrafo de gases.

Para el cálculo de la intensidad respiratoria se realizaron tres replicas, la replica uno presentó el mayor coeficiente de correlación, los valores de esta replica se utilizaron para determinar este valor (IR). (Anexo D)

En las graficas 3 y se representa las variaciones de CO_2 y O_2 durante las 25 horas de análisis, en esta grafica se muestra la disminución de la concentración de O_2 y el incremento de la concentración del CO_2 con respecto al tiempo, que es una característica del sistema cerrado. (Anexo D)

GRAFICA 3. Porcentaje del consumo de O₂ y porcentaje de la producción de CO₂ a temperatura de refrigeración (6°C ± 1°C).

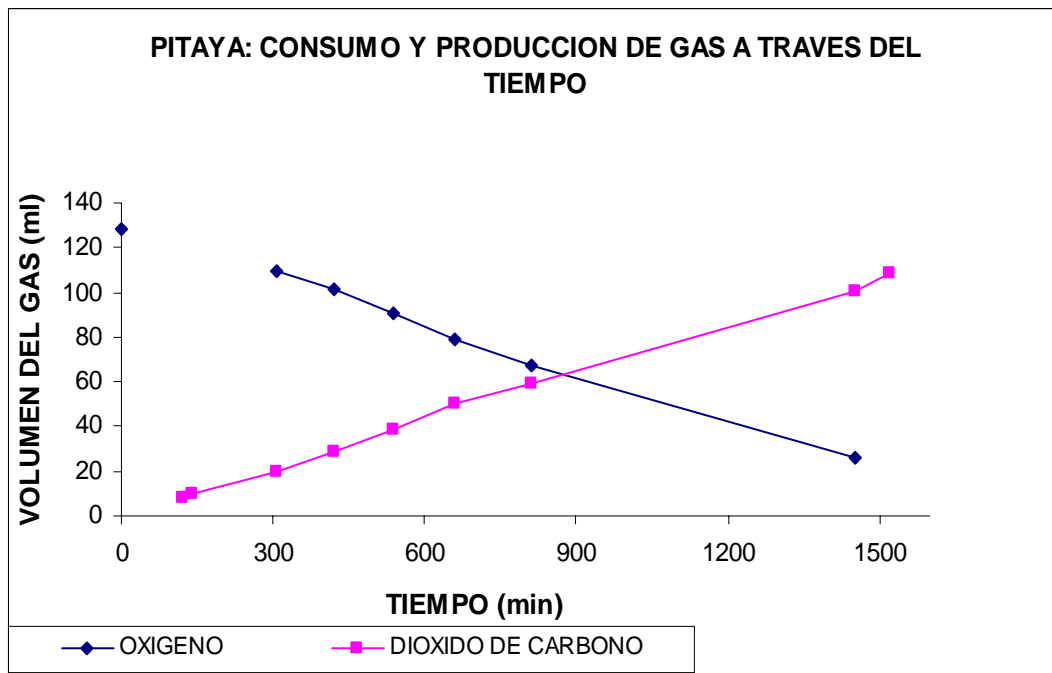


De acuerdo a la grafica 3 se puede ver que el punto de equilibrio se encuentra en 10% del volumen del gas.

Este punto de equilibrio encontrado indica que en el proceso de respiración el consumo de O₂ se ha reducido en un 10% y la producción de CO₂ ha incrementado un 10% en un tiempo de 900 minutos.

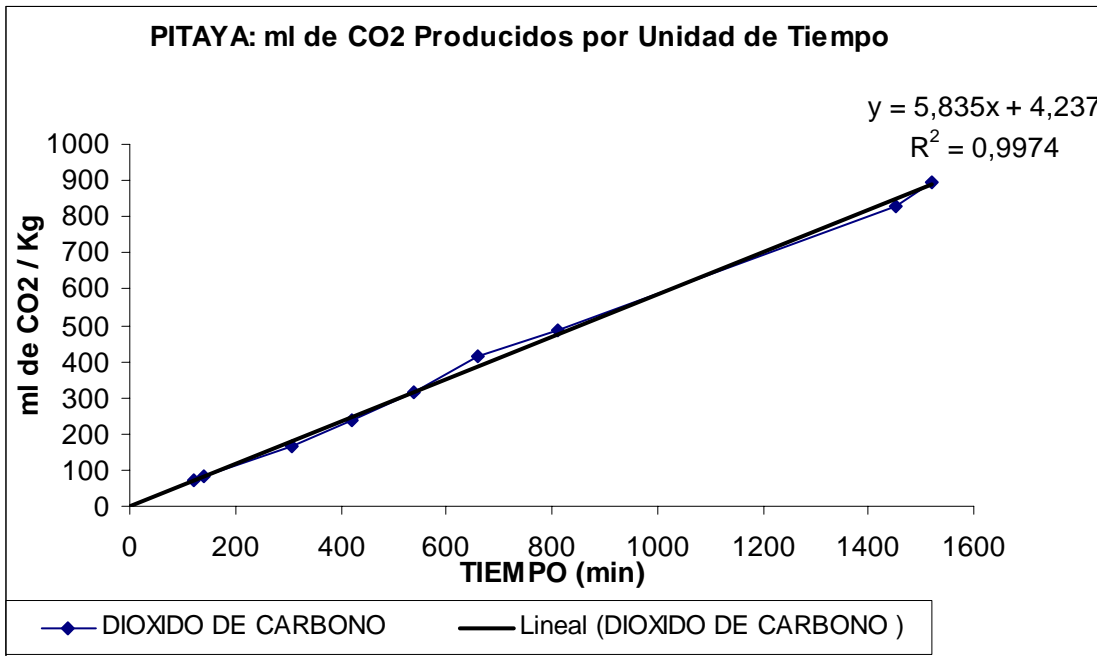
La grafica 4, representa el consumo volumétrico de O₂ y la producción volumétrica de CO₂ con respecto al tiempo para una muestra de 120g de fruta a la temperatura de 6 °C ± 1

GRAFICA 4. Mililitros de O₂ consumido y mililitros de CO₂ producidos a temperatura de refrigeración (6°C ± 1°C), con una muestra de 120 g.



La grafica 5 se elaboró a partir de la grafica 4 y en ella se encuentra la producción de CO₂ con respecto a un kilogramo de fruta, durante un periodo de quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.

Grafica 5. Mililitros de CO₂ producidos durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas a partir de una muestra de 1 Kg. de pitaya.



• **Intensidad respiratoria**

Método grafico:

Tendencia $Y = 5.835 X + 4.237$

De acuerdo a la ecuación 1: la intensidad respiratoria por el método grafico es

IR = 5.835 ml de CO₂ / Kg. h

Método matemático:

De acuerdo a la ecuación 2: la intensidad respiratoria es:

IR = 8. 4593 ml de CO₂ / Kg. h

Con la determinación de la intensidad respiratoria grafica y matemáticamente se determinó que el porcentaje de dióxido de carbono para las mezcla a utilizar en los tratamientos se encuentra entre el 5 % - 8 %, y el contenido de oxigeno el del 5% ya que es el valor que sugiere la literatura.

- **Despunte**

Antes del corte en rodajas, la fruta se despunto (corte de cabeza y cola de la fruta). Al inicio de la fase preliminar ingresaron 500 gramos de fruta de los cuales 360 gramos se utilizaron para realizar el procedimiento de intensidad respiratoria y los 140 gramos de fruta restante forma parte de los desechos (cabezas y colas).

3.2. FASE DE EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN

Se escogió la lámina mas adecuada y con las tres mezclas de gases se definieron los tratamientos y cada uno de ellos con sus tres replicas.

3.2.1. Análisis de películas

Se analizaron teóricamente tres películas para el empaqueo de frutas de la siguiente manera:

- **LDPE:** polietileno de baja densidad, esta lámina no se escogió para el empaqueo de la pitaya por que presenta una permeabilidad muy alta, que permite el intercambio gaseoso con el exterior; causa que altera la composición gaseosa al interior del empaque.
- **PVC:** cloruro de polivinilo este material no se eligió para el empaque de pitaya en atmósferas modificadas ya que la literatura afirma que a largo plazo esta material es cancerigeno.
- **BOPP:** polipropileno biorientado, esta lámina se eligió, por que es una lámina sugerida por el proveedor, además presenta características de alta barrera y baja permeabilidad particularidad que se busca al empaocar frutas.
El proveedor de este material ofreció una propiedad adicional para mejorar las condiciones de este y es colocar una capa de LDPE (polietileno de baja densidad) sobre el BOPP, para ofrecer mejores condiciones de empaque.

Despunte

Antes del corte en rodajas, la fruta se despunte (corte de cabeza y cola de la fruta). Al inicio de la fase preliminar ingresaron 500 gramos de fruta de los cuales 360 gramos se utilizaron para realizar el procedimiento de intensidad respiratoria y los 140 gramos de fruta restante forma parte de los desechos (cabezas y colas).

3.2.2. Diseño experimental

Se combinaron aleatoriamente las tres mezclas de gases y con los dos tipos de empaque y se definieron seis tratamientos (Tabla 14).

Estos seis tratamientos están constituidos por 3 mezclas de gases así: 2 mezclas de atmósferas modificadas y 1 mezcla atmosférica; con un tipo de lámina en dos calibres diferentes.

La mezcla de gas formada por la composición atmosférica, es la atmósfera pasiva y es utilizada como el testigo en todo el tiempo del almacenamiento.

Tabla 14. Tratamientos

Tratamiento	Empaque –película	Mezcla
1	BOPP/LDPE 58 micras	5% O ₂ , 5% CO ₂ , 90% N ₂
2	BOPP/LDPE 58 micras	5% O ₂ , 8% CO ₂ , 87% N ₂
3	BOPP/LDPE 58 micras	Atmósfera pasiva (solo selle)
4	BOPP/LDPE 70 micras	5% O ₂ , 5% CO ₂ , 90% N ₂
5	BOPP/LDPE 70 micras	5% O ₂ , 8% CO ₂ , 87% N ₂
6	BOPP/LDPE 70 micras	Atmósfera pasiva (solo selle)

3.2.3. Aplicación de los análisis fisicoquímicos

La aplicación de los análisis fisicoquímicos es necesaria para la determinación del incremento de la vida útil de la fruta.

3.2.3.1. Perdida de peso

Durante los primeros tres días de almacenamiento el testigo presento una perdida de peso de 2.82% y la mayor perdida en los tratamientos con atmósferas modificadas fue del 1.28%.

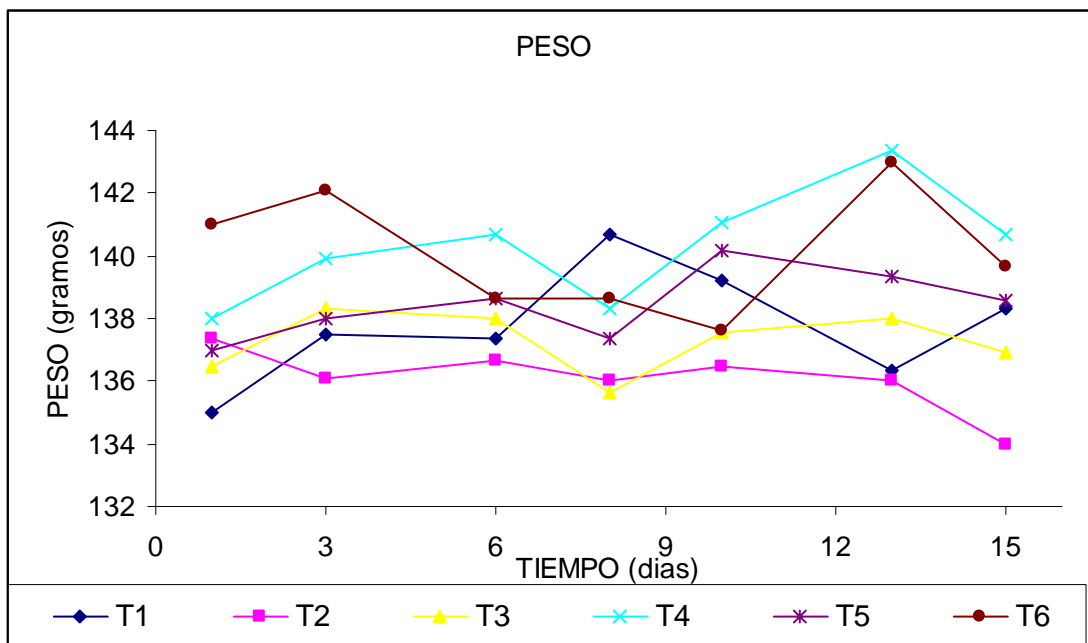
Al final del almacenamiento (15 días) el testigo presento una perdida de peso del 12.99% que representan 33 g y la mayor perdida en los tratamientos con atmósferas modificadas fue de 4.79% que representan 7 g. (Grafica 6)

La mayor perdida de peso entre los tratamientos en el día tres de almacenamiento se presento en el tratamiento 6 (atmósfera pasiva) con una perdida del 1.59 % que representan 2.2 (Grafica 6)

En el día quince (ultimo día de almacenamiento) la mayor perdida de peso se presento en el tratamiento 6 (atmósfera pasiva) y la perdida es del 4.79 % que representan 7 g. (Anexo G).

Teniendo en cuenta las perdidas de peso entre tratamientos se encontró que el tratamiento 4 presento la menor cantidad de perdidas durante todo el periodo de almacenamiento. Afirmando que las condiciones de empaque de este tratamiento son favorables para la conservación de la pitaya.

GRAFICA 6. Peso de la fruta durante quince días de almacenamiento en atmosferas modificadas



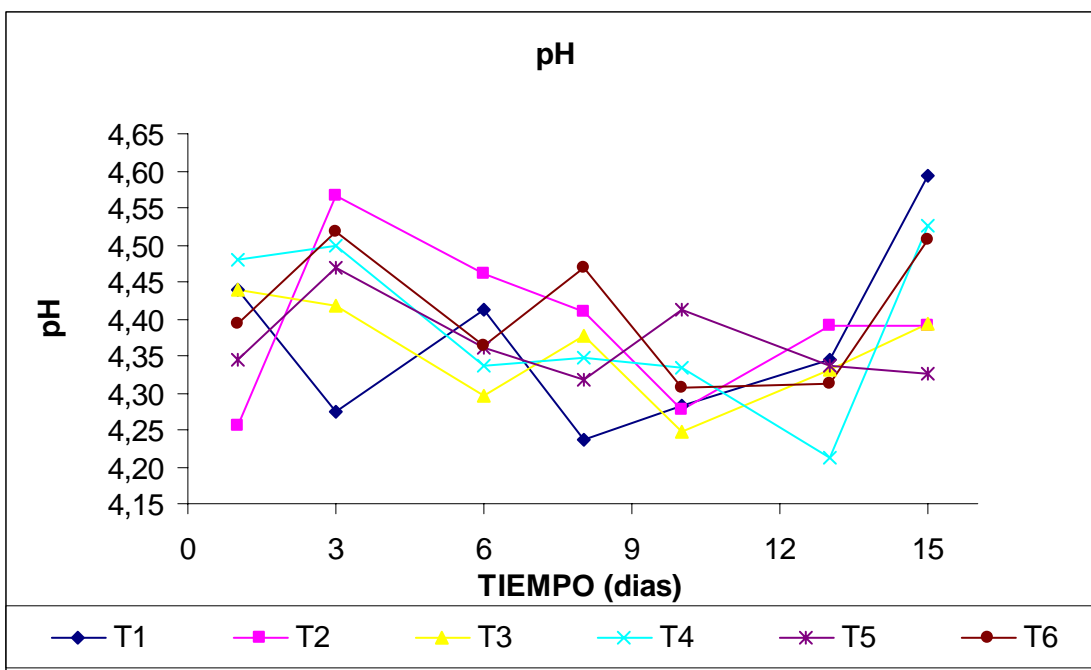
3.2.3.2. pH

El pH en la muestras disminuyo en la mayoría de los tratamientos a lo largo del periodo de almacenamiento (Grafica 7). Se presentaron diferencias notables entre todos los tratamientos.

Entre el día trece y quince se puede observar un incremento de pH en todos los tratamientos, este aumento se debe a que la fruta presenta los primeros síntomas de descomposición confirmando el descenso de la acidez que al combinarse con el dióxido de carbono genera hidroxilo. (Anexo F).

El mejor comportamiento en la variable de pH se encontró en el tratamiento 4, en este se presento un incremento uniforme de pH hasta el día 8, a partir de este día de almacenamiento el aumento de esta variable continua uniformemente.

Grafica 7. Comportamiento del pH en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.



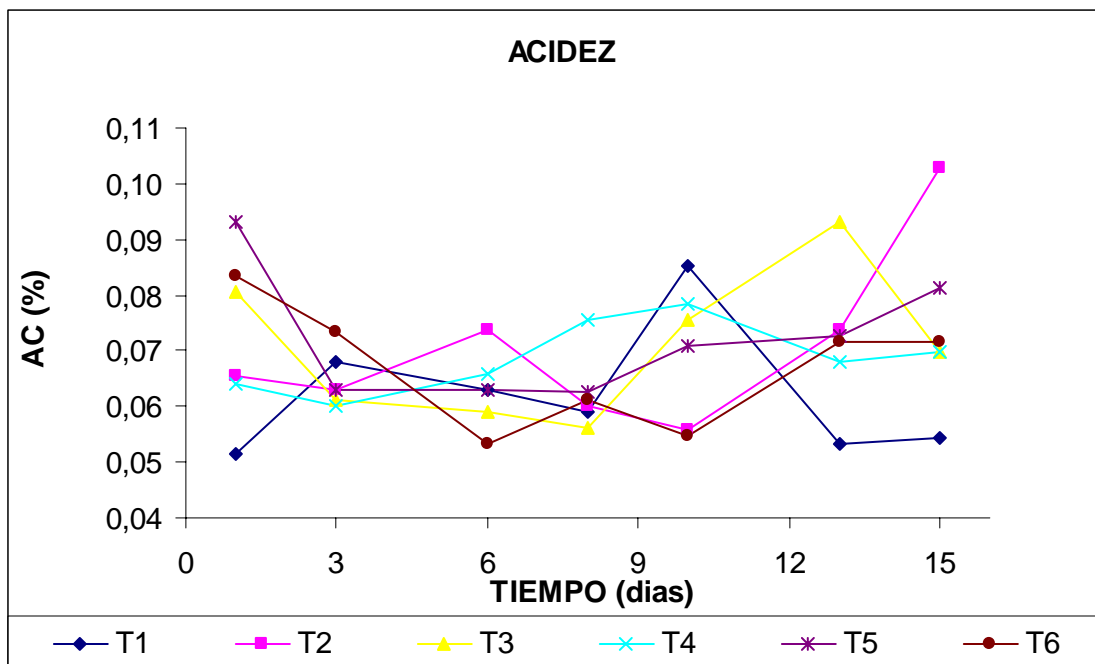
3.2.3.3. Acidez

La acidez en todos los tratamientos disminuyó entre el día tres y diez de almacenamiento, después de diez días de almacenamiento los valores de esta variable incrementan notablemente (Grafica 8).

El incremento de la acidez y al combinarse con la solubilidad del dióxido de carbono evita la generación de hidroxilos que afectan la calidad sensorial del producto.

En esta variable se encontró que el tratamiento 4 presentó el mejor comportamiento para la conservación de la pitaya en atmósferas modificadas, ya que este se mantuvo dentro de un rango uniforme durante los quince días de almacenamiento. (Anexo F)

GRAFICA 8. Comportamiento de la acidez en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.



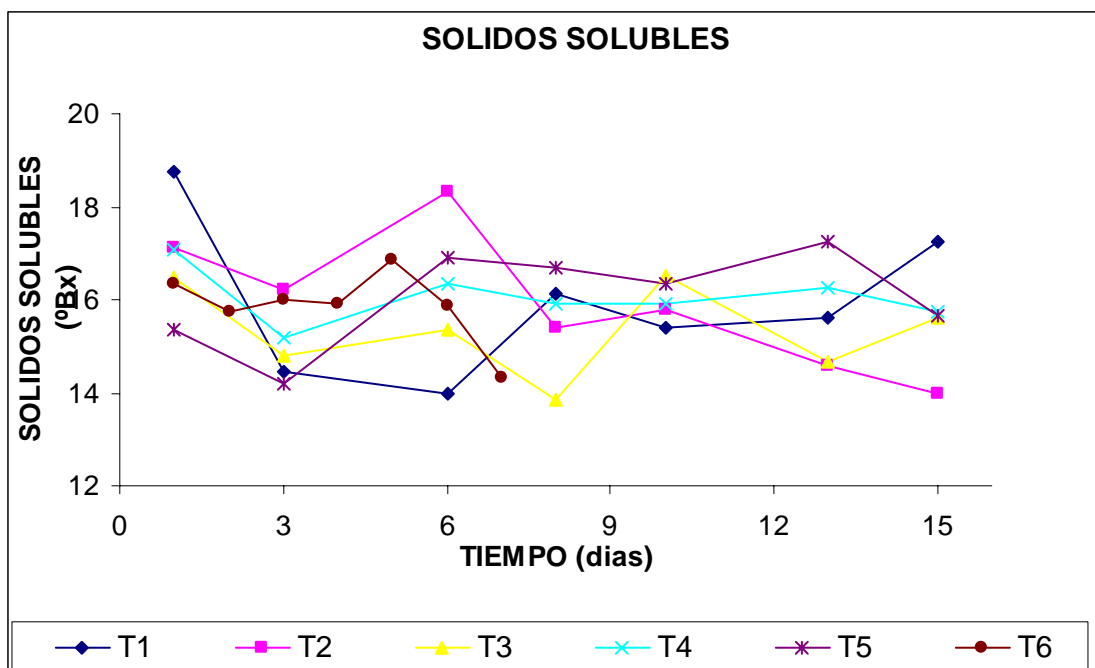
3.2.3.4. Sólidos solubles

En la grafica 9 se puede ver que hay fluctuaciones significativas en lo que se refiere a los sólidos solubles, esto se debe al proceso de combustión necesario para el proceso de respiración ya que el carbohidrato de reserva es glucosa.

Inicialmente la fruta presenta almidones que con el proceso de maduración (senescencia) se transforman en azúcar, por lo que se inicia el proceso con la hidrólisis de los oligosacáridos y también los polisacáridos estructurales para disponer de D-glucosa como sustrato.

El tratamiento 4 presento la menor cantidad de fluctuaciones de los sólidos solubles, estos indican que la velocidad de respiración de la fruta es mas lenta y el periodo de senescencia de la fruta se retarda más. (Anexo F)

Grafica 9. Comportamiento de los sólidos solubles en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.

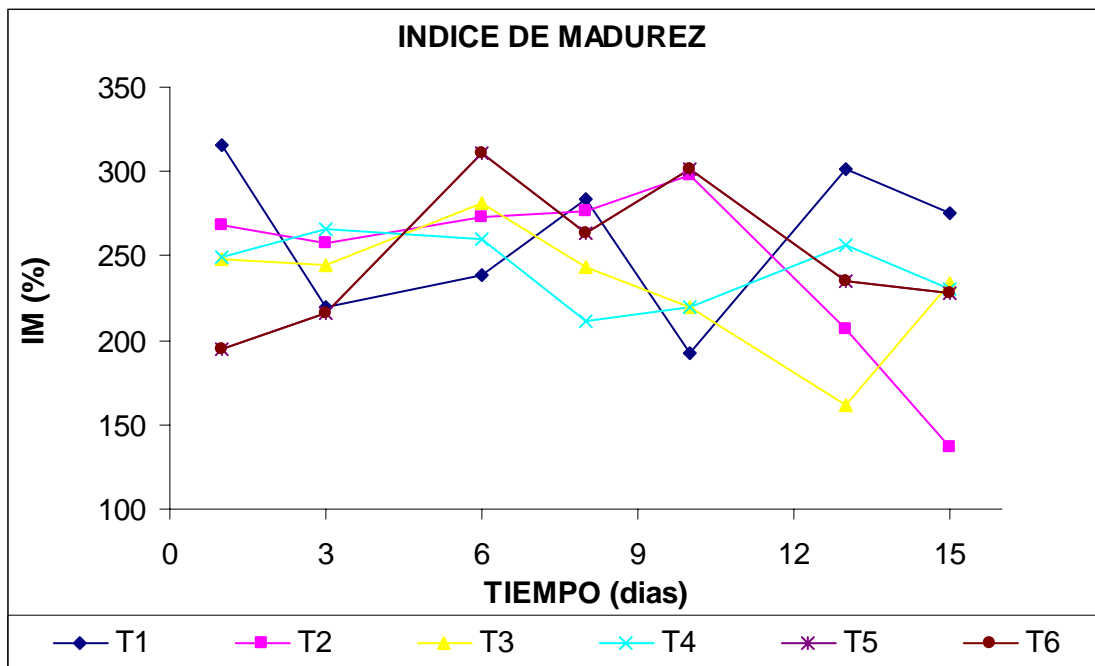


3.2.3.5. Índice de madurez

El índice de madurez presentó grandes diferencias entre tratamientos (Grafica10), estas son ocasionadas por las fluctuaciones que se presentaron en los sólidos totales y la acidez en los tratamientos. (Anexo F)

A partir de la grafica mostrada el tratamiento 4 que presentó la menor cantidad de variaciones, afirmando así que es el ambiente adecuado para la conservación de pitaya.

GRAFICA 10. Comportamiento del índice de Madurez en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.



3.2.4. Análisis gaseoso

Es necesario conocer la composición gaseosa al interior de los empaques, para determinar la vida útil del producto.

3.2.4.1. Dióxido de carbono

En la grafica 11 se muestra que la concentración de dióxido de carbono en los primeros tres días de almacenamiento se presentó un leve incremento en los valores registrados. (Anexo E)

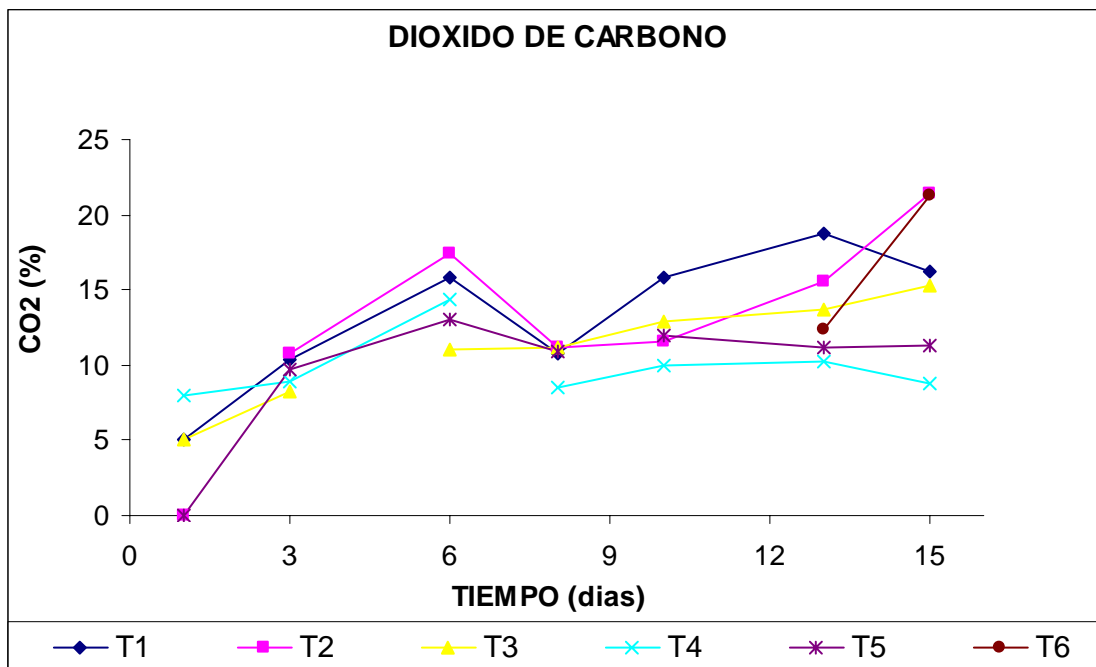
A través del periodo de almacenamiento presento incrementos en su valor confirmando así el proceso normal de la respiración.

Según la grafica la producción de dióxido de carbono entre tratamiento no presenta una producción de gas uniforme.

El tratamiento 4 presento el mejor comportamiento en la producción de dióxido de carbono, sus variaciones son menores comparadas con los demás tratamientos.

Los valores mayores del 10% en el dióxido de carbono, no son favorables en el proceso de respiración ya que generan las purgas o vapor de agua condensado en las películas aumentando la carga microbiana y calidad sensorial del producto.

Grafica 11. Comportamiento del dióxido de carbono durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.



3.2.4.2. Oxigeno

En la grafica 12 se puede ver que el consumo de oxigeno en los tres primeros días de almacenamiento es notable mientras que durante los siguientes días de

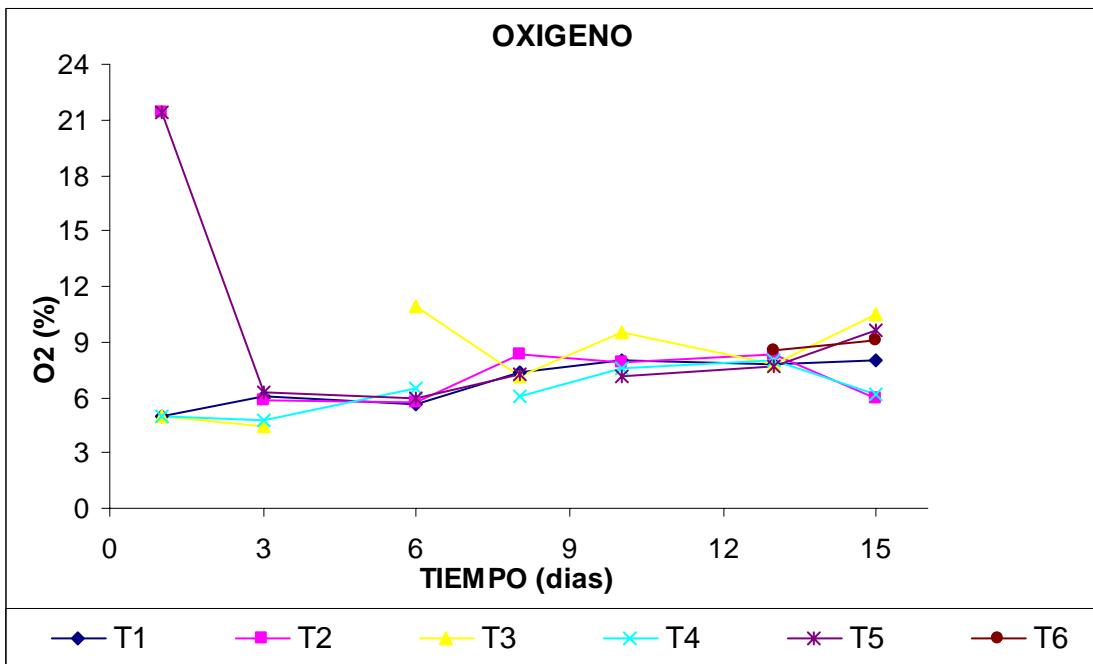
almacenamiento el consumo de oxígeno se hace mas lento lo que indica que la velocidad de respiración es notablemente reducida. (Anexo E)

Al final del periodo de almacenamiento se presenta un incremento en el contenido de oxígeno en cada tratamiento, lo que indica que la permeabilidad de la lámina que se empleo en este punto del almacenamiento permite el ingreso de oxígeno del exterior.

El tratamiento 4 presento las mejores condiciones de conservación ya que los niveles de oxígeno de este tratamiento se mantuvieron entre 3-6 %, y sus variaciones durante el periodo de almacenamiento son mínimas.

Ninguno de los tratamientos durante los periodos de almacenamiento presento ausencia de oxígeno, factor que indica que la fruta aun se encuentre en sus condiciones fisiológicas originales.

Grafica 12. Comportamiento del oxígeno en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas.



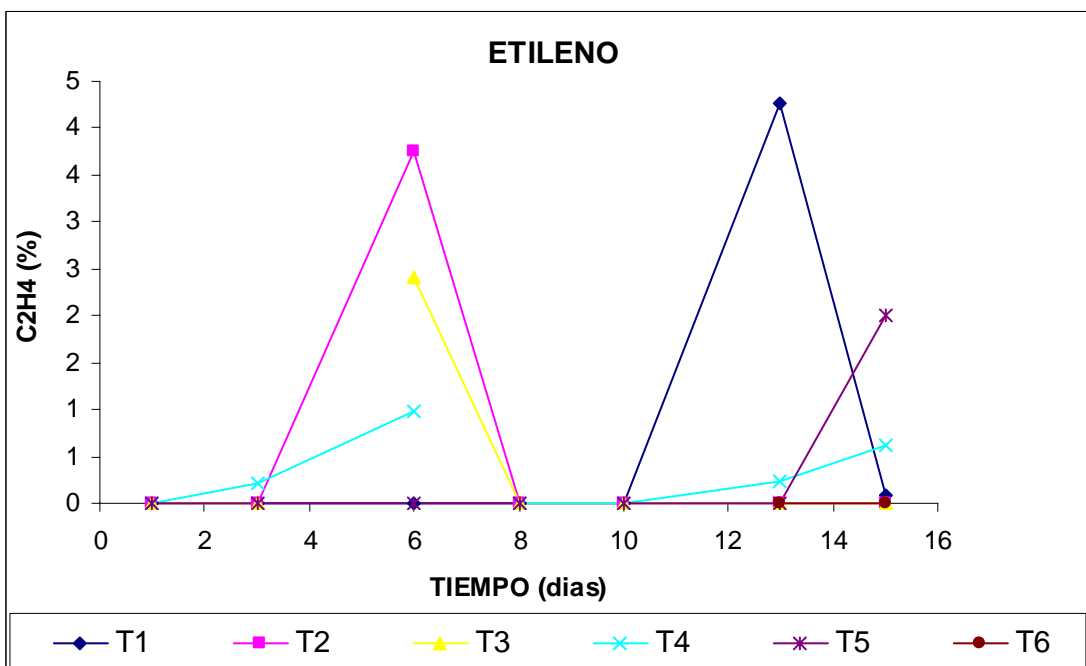
3.2.4.3. Etileno

Como se puede ver en la grafica 13 la producción de etileno durante todo el periodo de almacenamiento es casi nula.

El etileno se presento en 12 muestras de los 126 experimentos realizados durante todo el periodo del almacenamiento.

Durante todo el periodo de almacenamiento de la pitaya se observo que la producción de etileno fue mínima no haciéndose necesaria entonces la utilización de absorbentes de etileno en el interior del empaque.

Grafica 13. Comportamiento del etileno en la pitaya durante quince días de almacenamiento en atmósferas modificadas



3.2.5. Análisis microbiológico

Los recuentos obtenidos para cada uno de los tratamientos al final de cada uno (quince días) se encuentran dentro del rango máximo admisible para identificar un nivel tolerable de calidad (Tabla 15). Los recuentos realizados a cada uno de los

tratamientos atmosféricos no presentaron grandes crecimientos de flora microbiana en la pitaya (Tabla 16). Esto corrobora la acción antimicrobiana del dióxido de carbono y la adecuada limpieza, desinfección y manipulación en todas las etapas del empaque.

Tabla 15. Requisitos microbiológicos para jugos, néctares y pulpas de frutas.

Requisitos	n	m	M	C
NMP coliformes totales / g	3	< 3	_____	0
Recuento de hongos y levaduras	3	100	200	1

FUENTE: Norma 404 Minsalud. Jugos, néctares y pulpas.

Donde:

n Muestras a examinar

m Índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad

M Es índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad

c Es el número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M

Tabla 16. Resultados análisis microbiológicos en la pitaya.

Tratamiento	Tiempo	Replicas	PAV (ufc/g)	M Y L	C T (NMP)	C F	C/UM
1	0	1	0	74	< 3	0	
1	0	2	0	65	< 3	0	
2	0	1	0	32	< 3	0	
2	0	2	10	52	< 3	0	
3	0	1	16	5	< 3	0	
3	0	2	83	8	< 3	0	
4	0	1	0	57	< 3	0	
4	0	2	0	66	< 3	0	
5	0	1	0	40	< 3	0	
5	0	2	0	48	< 3	0	
6	0	1	0	41	< 3	0	

6	0	2	0	40	< 3	0	
1	15	1	90	80	< 3	0	0
1	15	2	135	84	< 3	0	0
2	15	1	140	74	< 3	0	0
2	15	2	270	135	< 3	0	0
3	15	1	140	70	< 3	0	0
3	15	2	115	80	< 3	0	0
4	15	1	110	83	< 3	0	0
4	15	2	150	26	< 3	0	0
5	15	1	175	109	< 3	0	0
5	15	2	147	40	< 3	0	0
6	15	1	128	23	< 3	0	0
6	15	2	127	20	< 3	0	0

Donde

PAV

Psicrófilos aerobios viables

M Y L

Mohos y levaduras

C T (NMP)

Coliformes totales

C F

Coliformes fecales

C/UM

Clostridium

3.3. ANÁLISIS DE VARIANZA

En el anexo I se consigna el análisis de varianza que se realizó para los datos de pH, Grados brix, porcentaje de acidez, porcentaje de dióxido de carbono y oxígeno respectivamente; estos análisis de varianza son los que determinan cual fue el mejor tratamiento. (Anexo I)

3.3.1. pH: las estructuras poliméricas de los empaques estudiados (BOPP 58μ – BOPP 70μ) no tienen un efecto estadísticamente significativo, con un nivel de confianza del 95% sobre esta variable de respuesta; al tener en claro que los dos empaques no se comportan de manera similar, (Anexo I).

Las evaluaciones de pH que se realizaron en los seis tratamientos durante todo el tiempo de almacenamiento, mostraron que en cada caso, los valores registrados no variaron de manera significativa ya que se mantuvieron dentro del rango inicial de la fruta fresca (pH 4.0 – 5.0) para el producto en evaluación, sin reflejar indicio de alguna alteración fisicoquímica desfavorable.

3.3.2. Sólidos Solubles: los empaques estudiados no tienen ningún efecto significativo sobre esta variable con un nivel de confiabilidad del 95%.

Este análisis es importante en futuros ensayos no se tomaría en cuenta esta variable como un parámetro de observación en el estudio ya que su variabilidad es baja y así se ahorraría tiempo y presupuesto.

3.3.3. Acidez: los empaques no tienen ningún efecto significativo sobre esta variable, con un nivel de confiabilidad del 95%.

Sin embargo si se toma el tiempo como un factor de estudio se puede apreciar en el ANOVA tiene un efecto significativo sobre esta variable, mas no la interacción del factor inicial con esta; esto significa que estadísticamente amerita a que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento de este producto, esta característica fisicoquímica va cambiando inducida por otros factores externos e internos, uno de ellos es el pH.

3.3.4. Concentración de O₂: (%V/V): los tratamientos no presentan cambios significativos sobre esta variable, con un nivel de confiabilidad del 95%. Pero al igual que la acidez, el tiempo si tiene un efecto significativo sobre esta variable; siendo lógica esta afirmación debido a que transcurre el tiempo las reservas de oxígeno disminuyen.

3.3.5. Concentración de CO₂ (%V/V) : el BOPP (el polipropileno biorientado) tiene un efecto estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95% sobre esta respuesta; al ya tener claro que el criterio de clasificación que es el factor del tratamiento tiene una alta fuente de variación, es necesario ir al detalle cual tratamiento es el mejor; para ello se realizo un test comparativo o prueba de

rango múltiple bajo el método de LDS (diferencia mínima significativa) donde se muestra el resultado.

3.4. REGISTRO FOTOGRÁFICOS

Las ilustraciones que se presentan a continuación se muestran los cambios en la fruta a través del tiempo.

3.4.1. Registros fotográficos de la pitaya para los tratamientos

Día cero



Día uno



Día dos



Día tres



Día cuatro



Día cinco



Día siete



Día nueve





Día doce





Día catorce





3.4.2. Registros fotográficos de la pitaya para los testigos

Día uno



Día cuatro



Día seis



Día trece



En los registros fotográficos se puede observar toda la secuencia del almacenamiento de la fruta, en los primeros cuatro días la fruta se observa sin empaque, debido a que el registro fotográfico se realizó después de haber realizado todos los análisis físico – químicos (pruebas destructivas).

DIA OBSERVACIÓN

- 0 Fruta antes de ser empacada
- 1 La fruta aun no presenta alteraciones.
- 2 La fruta aun no presenta alteraciones
- 3 La fruta aun no presenta alteraciones
- 4 La fruta aun no presenta alteraciones
- 5 No hay alteraciones visibles
- 7 No hay alteraciones visibles
- 9 No hay cambios visibles
- 12 Hay vapor de agua, visualmente no hay cambios en la fruta.
- 14 Hay vapor de agua en el empaque y algunas frutas presentan pardeamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis realizados se encontró que el tratamiento 4 presento las mejores condiciones de conservación para el almacenamiento de pitaya en rodajas con atmosferas modificadas en refrigeración. Este tratamiento presento menores perdidas de peso, y el comportamiento de las variables de pH, sólidos solubles, acidez e índice de madurez; no presentaron grandes fluctuaciones durante el periodo de almacenamiento.

El proceso de maduración que ocurre, ya sea en la planta o luego de la recolección, es el resultado de los numerosos procesos fisiológicos y bioquímicas, los cuales se presentan como una secuencia de cambio de color, aroma, textura y sabor, conduciendo eventualmente a un estado fisiológico en el cual la fruta es considerada comestible desde el punto de vista comercial.

Las frutas y vegetales en general mantienen un metabolismo activo aun después de la cosecha, de acuerdo a su metabolismo se puede clasificar como productos climatéricos o no climatéricos; en este caso y con los resultados obtenidos se revela que la tasa de respiración de este producto ofrece una pauta respiratoria no climatérica, por ello tienen que ser cosechados en su madurez de consumo garantizándose así el desarrollo de todas sus características organolépticas.

Como la presentación del producto que se desarrollo se trata de pitaya en rodajas, este presenta un area superficial alta; da consigo una mayor actividad fisiológica, por esta razón las reservas de carbohidratos y otros metabolitos se pierden y la velocidad con que disminuyen es un factor de importancia en la duración de vida poscosecha; por esto la característica de respiración es requerida para el diseño de tecnologías idóneas que extiendan la vida útil del producto.

La temperatura es el factor que mas afecta la intensidad respiratoria; puesto que influye en la velocidad de las reacciones enzimáticas del proceso respiratorio; pero al observar el comportamiento del dióxido de carbono y el oxigeno en las dos semanas del análisis se pudo observar que el grado de cosecha también influye, ya que las tendencias de estos dos gases están en un rango amplio.

La respiración es una cadena de reacciones bioquímicas en que cada paso intermedio está iniciado y controlado por enzimas específicas, en la que la oxidación enzimática de los sustratos de reserva como azúcares, almidones y ácidos orgánicos, produce anabólicos primarios, necesarios para síntesis posteriores como CO_2 , H_2O , y ATP.

La extensión del almacenamiento de las frutas pre-cortadas es una necesidad cada vez mayor en el sistema de producción de frutas frescas mínimamente procesadas para exportación.

La polémica que se da en esta fase es, la velocidad de disminución de oxígeno y el incremento del dióxido de carbono en los tratamientos evaluados; esto es debido a que el oxígeno presente en el interior del empaque se consume en el proceso de respiración de la fruta, no siendo contrareestado el gasto de oxígeno por la difusión de este gas del exterior al interior del empaque; por esta razón la permeabilidad de las películas juegan un papel importante en la correcta utilización de la tecnología de conservación bajo los principios de atmósfera modificada; puesto que para el caso del BOPP, su barrera ante el oxígeno es media (Ver anexo H).

Al utilizarse la tecnología (MAP) en productos vivos como frutas y hortalizas frescas o mínimamente procesadas y a la vez se utiliza una película polimérica como sistema de envasado con una permeabilidad relativamente baja a los gases, en el sistema de empaquetado ocurre un descenso de la concentración de oxígeno y un aumento en la concentración de dióxido de carbono como consecuencia de la propia respiración tisular de la fruta.

La respiración anaeróbica generalmente origina en el producto una rápida alteración de la calidad vía la degradación de los tejidos, acumulación de etanol, acetaldehído y malos olores, todo esto trae consigo una cadena de desórdenes en los parámetros fisicoquímicos del producto.

La respiración es una cadena de reacciones bioquímicas en que cada paso intermedio está iniciado y controlado por enzimas específicas, donde esta puede ser la causante de deterioro de los parámetros de calidad del producto; las enzimas que pueden estar relacionadas con este aspecto, puede ser : La enzima polifenol oxidasa (PFO), que causa interacciones con los compuestos fenólicos y por lo tanto, su oxidación, lo que explicaría el pardeamiento en la corteza de la fruta.

La enzima lipoxigenasas que conjuntamente con el oxígeno provoca la degradación de los carotenoides y por ende disminución de propiedades nutricionales del producto.

Al proporcionarle niveles altos de oxígeno al sistema de empaque retarda los procesos anaerobiosis y consigue el crecimiento de microorganismos anaeróbicos patógenos tales como el *Clostridium Botulinum*, ya que este es un producto con una respiración baja debido a que no muestra picos climáticos altos después de ser cosechados.

De acuerdo con la ley de Fick, la velocidad de permeación o penetración de un gas es proporcional a la permeabilidad del film o de la película, por esta razón las concentraciones de CO_2 en los seis tratamientos no superaron el 8%, debido a que la barrera que posee esta película ante el dióxido de carbono es baja, siendo este un film de una correcta permeabilidad intermedia, donde se estableció una adecuada atmósfera modificada de equilibrio cuando la velocidad de transmisión del O_2 y CO_2 a través del envase igualen la velocidad de respiración del producto.

El no haber confinado en el empaque grandes cantidades de CO_2 ayudó a que no se presentaran pérdidas de humedad, marchitamiento y arrugamiento evitando un mal aspecto estético que no es nada deseable.

4. CONCLUSIONES

La pitaya conservada en atmosferas modificadas presentó aumento en la vida útil de almacenamiento, esta manifestación se debe a que se presentó una desaceleración del proceso de respiración – maduración y de la pitaya para mantener las características originales de la fruta un mayor tiempo.

Con la aplicación de atmosferas modificadas al producto se logró obtener una menor pérdida de peso de la fruta, ocasionado por la reducción de la velocidad de respiración.

El polipropileno biorientado laminado con polietileno de baja densidad con un espesor de 70 micras presenta mejores condiciones para el empaque en atmosferas modificadas, ya que permite el intercambio gaseoso con el exterior y conserva las características del producto.

La pitaya (*Selenicereus megalanthus Haw*) se puede conservar en atmósferas modificadas con una concentración de gas de 5% O₂ y 5% CO₂ y una película de barrera baja al oxígeno y dióxido de carbono, como el BOPP de 70 μ .

De acuerdo con la experiencia realizada, las variables óptimas de temperatura y de humedad relativa de conservación para la pitaya en atmósferas modificadas son de 3°C a 8°C y 85 % a 90% de humedad relativa.

La combinación correcta de gas – mezcla para el empaque de pitaya en rodajas en atmósfera modificadas ocasiono la prolongación la vida útil de ± 7 a 15 días.

Tener las indicaciones de cada una de estas permite determinar al material del empaque (barrera) y las concentraciones de gases que puedan estar presentes al interior del empaque creando una atmósfera de equilibrio.

5. RECOMENDACIONES

En posteriores estudios, sería muy importante considerar como variables de estudio: efectos sobre el valor nutritivo de la fruta, la actividad de la enzima polifenol oxidasa, ácido ascórbico, y analizar mediante estudios de correlación la relación de estas variables durante el almacenamiento de cualquier tecnología de conservación a utilizar.

La utilización de otro tipo de películas respirables flexibles que ofrecen los diferentes proveedores para el empaquetado de frutas precortadas en atmósferas modificadas.

Realizar un estudio económico que abarque el costo de empaque, materia prima y mezclas empleadas para calcular la rentabilidad de producto.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, Juan de Dios y Aguilera José Miguel. “Métodos para medir propiedades físicas en industria de alimentos” .Editorial Acribia. 2001

ARTHEY, D. “Procesado de frutas y hortalizas”. Editorial Acribia. Zaragoza. 1996.

BRODY, Aron L. “Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacío”. Editorial Acribia. 1996.

CAMERON. A. C. y Reid. M. S. “Resistencia a la difusión: Importancia y medida en el almacenamiento en atmósferas modificadas. En atmósferas controladas para el almacenamiento y transporte de productos agrícolas perecederos. Editores D. G. Richardson y M. Meheriuk. Timber Press, Bearverton. 1982.

CEPEDA, R. “Fenómeno de la maduración, En: tecnología del manejo poscosecha de Frutas y Hortalizas”. IICA. Bogotá 1987.

CASTILLO. R., CÁLIX, H., RODRÍGUEZ. A., “Guía técnica para el cultivo de pitaya”. Universidad de Quintana Roo. México. 1996.

DEL VALLE, J. M. y M. T. “Atmósferas controladas y modificadas”. En: Temas en tecnología de alimentos. Volumen 1. Editor: J. M. Aguilera. Programa iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CITE). Instituto Politécnico Nacional. México. 1997.

FORCIER. F. Raghavan. G. S. V. “Sensores electronicos para la determinación de la respiración de frutas y vegetales”. Rev. Int. Froid 10. 1987. En: Modified atmospheres parkaking of fresh prodece. Food Technology. 1988.

GONZALEZ. G. Curso internacional de empaque en atmósfera modificada. Facultad de Ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2000.

HALL, C.W., Hardenburg, R. e. y Pantastico, Er. Envasado en plásticos para menudeo. En: PANTASTICO, Er. Fisiología de la posrecolección manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Mexico. 1979.

KADER. A. A. "Regulation of fruit physiology by controlled modified atmosphere". Acta Horticulture. 1995.

KADER. A. A. "Modified atmospheres during transport and storage "En: Postharvest Technology of Horticultural Crops". Ed. A. A. Kadere: Publication 3311. University of California Division of Agricultural and Natural Resources. California 1992.

KADER. A. A. D. Zagory y E. Kerlel. "Modified atmospheres packaging of fruits and vegetables". Food Science Nutrition. 1989.

KADER. A. A. "Respiration and gas exchange of vegetable. In: Postharvest Physiology of Vegetables. Editores. J. Weichman Marcel Dekker. Inc, New York 1987.

KADER. A. A. "Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables". Food technol. 1986.

KADER. A. A. "Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres". Food technol. 1980.

LYONS. J. M. y Breidenbach. R. W. "Chilling injury. In Postharvest physiology of vegetables". Editorial J. Weichman. 1987.

MORENO. G. B. "Microbiología de los alimentos". Editorial Acribia. 1997.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. 3554 Primera Actualización. "Pitaya Amarilla". Icontec. Bogotá. 1996

PARRY. R. T. "Envasado de los alimentos en atmósferas modificadas" A. Madrid Vicente. Madrid. 1995.

PIENE, Fran y Heather. “Frutas y verduras frescas” (incluyendo hierbas, especies y frutos secos). En: Manual de envasado para alimentos. Madrid. 1994.

ROZO. C. “Investigación y desarrollo en el manejo de poscosecha de frutas y hortalizas”. En: Segundo encuentro de la Universidad Nacional de Colombia con la Industria de alimentos y Seminario de ingredientes y Aditivos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1994.

SCHILEMME. D. V. y Rooney M. L. “Envasado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas” Robert C. Wiley. Editorial Acribia. 1197.

SMITH J. P. H. S. Ramaswamy and Simpson. B. K. “Developemendts in food packaking technology. Part II: Store aspects. Food tchnol. 1990.

TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Subdirección de Nutrició0, producción y Distribución de alimentos. 1992.

VICENTE. A. M.”Métodos oficiales de análisis de los alimentos. Coeditan Mundi – Prensa Libros. 1994.

TREYBAL, Robert. “operaciones de transferencia de masa”. Segunda edición en español. Mc Graw – Hill. México. 1988.

YAHIA. Elhadi et al. N. “Fisiología y tecnología poscosecha de productos hortícola. México. Limusa.1992.

YAHIA. E. M. “Modified and controlled atmosphere for tropical fruits. Horticultural reviews. Vol. 22. Edited gy Jules Janivck. 1997.

Revista El Mercurio Revista del Campo. Lunes 8 de noviembre de 1999.

7. ANEXOS

ANEXO A

FORMATO DE VERIFICACIÓN FISIOLÓGICA

TEMPERATURA

Producto				Pitaya				
				Replica 1	Replica 2	Replica 3		
Densidad pitaya g/ml								
Volumen de frasco ml								
Volumen pitaya ml								
Volumen del gas ml								
Peso fruta g.								
Replica 1								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.
Replica 2								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.
Replica 3								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.

ANEXO B

FORMATO DE EMPAQUE Y CONSERVACIÓN

Fecha	Tratamiento	W	pH	SST	% A.C	IM	O2 %	CO2 %	C2H4%

ANEXO C

FORMATO DE PÉRDIDA DE PESO

Fecha	Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Merma (g)	Merma (%)

ANEXO D

ANÁLISIS FISIOLÓGICO DE LA PITAYA DATOS DE RESPIRACIÓN

TEMPERATURA REFRIGERACIÓN

Producto		Pitaya						
		Replica 1	Replica 2	Replica 3				
Densidad pitaya g/ml		0,962	0,962	0,962				
Volumen de frasco ml		750	750	750				
Volumen pitaya ml		126,157	125,222	125,325				
Volumen del gas ml		623,843	624,778	624,675				
Peso fruta g.		121,4	120,5	120,6				
Replica 1								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.
19-01-05	07:00 a.m.	0	20,55		128,21		1056,11	
19-01-05	09:00 a.m.	120		1,35		8,40		69,22
19-01-05	09:20 a.m.	140		1,57		9,77		80,47
19-01-05	12:09 p.m.	309	17,50	3,19	109,14	19,89	899,02	163,87
19-01-05	02:02 p.m.	422	16,29	4,65	101,65	28,99	837,31	238,80
19-01-05	04:00 p.m.	540	14,52	6,12	90,58	38,19	746,15	314,59
19-01-05	06:20 p.m.	660	12,60	8,06	78,62	50,25	647,64	413,93
19-01-05	08:30 p.m.	810	10,75	9,50	67,09	59,28	552,62	488,33
20-01-05	07:12 a.m.	1452	4,16	16,07	25,98	100,28	213,98	826,00
20-01-05	08:20 a.m.	1520		17,39		108,48		893,58
Replica 2								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.
19-01-05	07:16 a.m.	0	20,39		127,36		1056,94	0,00
19-01-05	09:36 a.m.	214		1,61		10,05	0,00	83,37
19-01-05	12:25 p.m.	309	17,00	3,62	106,19	22,63	881,27	187,80
19-01-05	02:18 p.m.	422	15,66	5,24	97,84	32,74	811,95	271,74
19-01-05	04:16 p.m.	540	13,78	7,18	86,10	44,86	714,53	372,27
19-01-05	06:36 p.m.	660	11,79	9,19	73,66	57,44	611,30	476,65
19-01-05	08:46 p.m.	810	9,83	11,01	61,40	68,79	509,52	570,91
20-01-05	07:28 a.m.	1452	2,92	17,77	18,27	111,02	151,61	921,35
20-01-05	08:36 a.m.	1520		18,52		115,71	0,00	960,24
Replica 3								
FECHA	HORA	Tiem (min.)	O2 %	CO2 %	O2 ml	CO2 ml	O2 ml/Kg.	CO2 ml/Kg.
19-01-05	07:32 a.m.	0	20,35	2,92	127,11	18,23	1053,97	151,14
19-01-05	09:52 a.m.	140		2,44		15,22	0,00	126,18
19-01-05	12:41 p.m.	309	16,41	3,65	102,48	22,81	849,79	189,11
19-01-05	02:34 p.m.	422	15,04	5,46	93,94	34,12	778,93	282,92
19-01-05	04:32 p.m.	540	13,28	7,18	82,96	44,85	687,87	371,90
19-01-05	06:52 p.m.	660	11,02	9,37	68,81	58,54	570,60	485,44
19-01-05	09:02 p.m.	810	9,10	11,11	56,86	69,38	471,46	575,31
20-01-05	07:44 a.m.	1452		18,21		113,75	0,00	943,23
20-01-05	08:52 a.m.	1520		18,93		118,23	0,00	980,31

ANEXO E

ANÁLISIS GASEOSO DE LA PITAYA (media)

Fecha	Tratamiento	O2 %	CO2 %	C2H4%
02-03-05	T11	5,00	5,00	0,00
04-03-05	T12	6,08	10,37	0,00
07-03-05	T13	5,66	15,76	0,00
09-03-05	T14	7,35	10,80	0,00
11-03-05	T15	7,99	15,78	0,00
14-03-05	T16	7,80	18,81	4,27
16-03-05	T17	7,97	16,27	0,09
02-03-05	T21	5,00	8,00	0,00
04-03-05	T22	5,80	10,75	0,00
07-03-05	T23	5,75	17,45	3,76
09-03-05	T24	8,29	11,20	0,00
11-03-05	T25	7,88	11,58	0,00
14-03-05	T26	8,29	15,56	0,00
16-03-05	T27	5,96	21,47	0,00
02-03-05	T31	21,37	0,06	0,00
04-03-05	T32	5,18	12,13	1,46
07-03-05	T33	10,94	11,09	2,41
09-03-05	T34	7,18	11,18	0,00
11-03-05	T35	9,55	12,94	0,00
14-03-05	T36	7,77	13,67	0,00
16-03-05	T37	10,46	15,24	0,00
02-03-05	T41	5,00	5,00	0,00
04-03-05	T42	4,45	8,22	0,00
07-03-05	T43	5,74	11,45	1,39
09-03-05	T44	6,04	8,48	0,00
11-03-05	T45	7,59	9,95	0,00
14-03-05	T46	8,03	10,18	0,23

16-03-05	T47	6,15	8,73	0,62
02-03-05	T51	5,00	8,00	0,00
04-03-05	T52	4,73	8,97	0,21
07-03-05	T53	6,46	14,38	0,98
09-03-05	T54	6,56	9,03	0,00
11-03-05	T55	7,12	11,94	0,00
14-03-05	T56	7,65	11,13	0,00
16-03-05	T57	9,64	11,27	2,00
02-03-05	T61	21,37	0,06	0,00
04-03-05	T62	6,32	9,71	0,00
07-03-05	T63	5,90	13,07	0,00
09-03-05	T64	7,26	10,95	0,00
11-03-05	T65	9,43	10,81	0,00
14-03-05	T66	8,55	12,35	0,00
16-03-05	T67	9,07	21,27	0,00

ANÁLISIS GASEOSO DE LA PITAYA (entre tratamientos)

Fecha	Tratamiento	%O2	%CO2	% C2H4
02-03-05	T11	5,000	5,000	0
02-03-05	T11	5,000	5,000	0
02-03-05	T11	5,000	5,000	0
04-03-05	T12	5,110	12,901	0
04-03-05	T12	5,584	9,911	0
04-03-05	T12	7,536	8,311	0
07-03-05	T13	4,706	15,803	0
07-03-05	T13	5,640	14,833	0
07-03-05	T13	6,636	16,647	0
09-03-05	T14	6,947	9,921	0
09-03-05	T14	5,651	9,867	0
09-03-05	T14	9,462	12,609	0
11-03-05	T15	7,398	11,277	0
11-03-05	T15	7,205	24,767	0
11-03-05	T15	9,366	11,309	0
14-03-05	T16	7,375	13,003	12,82
14-03-05	T16	7,507	28,383	0
14-03-05	T16	8,507	15,055	0
16-03-05	T17	7,017	27,153	0
16-03-05	T17	9,862	11,167	0,2642
16-03-05	T17	7,040	10,481	0
02-03-05	T21	5,000	8,000	0
02-03-05	T21	5,000	8,000	0
02-03-05	T21	5,000	8,000	0
04-03-05	T22	7,002	10,501	0
04-03-05	T22	5,300	10,549	0
04-03-05	T22	5,092	11,213	0
07-03-05	T23	6,032	20,385	0

07-03-05	T23	6,164	16,271	0
07-03-05	T23	5,044	15,689	11,272
09-03-05	T24	10,058	12,093	0
09-03-05	T24	6,771	10,785	0
09-03-05	T24	8,056	10,709	0
11-03-05	T25	6,816	11,769	0
11-03-05	T25	8,566	12,321	0
11-03-05	T25	8,271	10,635	0
14-03-05	T26	8,675	15,667	0
14-03-05	T26	7,504	12,833	0
14-03-05	T26	8,683	18,193	0
16-03-05	T27	3,738	33,839	0
16-03-05	T27	6,160	14,425	0
16-03-05	T27	7,992	16,149	0
02-03-05	T31	21,369	0,057	0
02-03-05	T31	21,369	0,057	0
02-03-05	T31	21,369	0,057	0
04-03-05	T32	3,586	11,745	4,394
04-03-05	T32	5,542	13,901	0
04-03-05	T32	6,418	10,735	0
07-03-05	T33	4,946	10,545	0,536
07-03-05	T33	10,084	16,255	0
07-03-05	T33	17,796	6,471	6,682
09-03-05	T34	6,964	8,149	0
09-03-05	T34	8,369	12,569	0
09-03-05	T34	6,202	12,809	0
11-03-05	T35	11,758	11,193	0
11-03-05	T35	8,739	13,483	0
11-03-05	T35	8,162	14,141	0
14-03-05	T36	6,751	12,541	0

14-03-05	T36	8,014	12,875	0
14-03-05	T36	8,546	15,599	0
16-03-05	T37	18,080	22,769	0
16-03-05	T37	6,449	11,467	0
16-03-05	T37	6,846	11,471	0
02-03-05	T41	5,000	5,000	0
02-03-05	T41	5,000	5,000	0
02-03-05	T41	5,000	5,000	0
04-03-05	T42	5,644	8,371	0
04-03-05	T42	2,918	9,131	0
04-03-05	T42	4,778	7,149	0
07-03-05	T43	5,666	13,877	0
07-03-05	T43	8,280	9,913	2,264
07-03-05	T43	3,290	10,561	1,902
09-03-05	T44	5,774	8,007	0
09-03-05	T44	6,494	9,321	0
09-03-05	T44	5,866	8,125	0
11-03-05	T45	8,202	9,069	0
11-03-05	T45	7,748	10,915	0
11-03-05	T45	6,824	9,871	0
14-03-05	T46	7,907	9,489	0,696
14-03-05	T46	7,860	10,183	0
14-03-05	T46	8,311	10,881	0
16-03-05	T47	7,625	10,845	1,866
16-03-05	T47	7,207	13,471	0
16-03-05	T47	3,616	1,879	0
02-03-05	T51	5,000	8,000	0
02-03-05	T51	5,000	8,000	0
02-03-05	T51	5,000	8,000	0
04-03-05	T52	3,478	8,577	0

04-03-05	T52	4,382	9,131	0
04-03-05	T52	6,326	9,211	0,628
07-03-05	T53	6,520	17,645	0,096
07-03-05	T53	6,864	10,309	2,852
07-03-05	T53	5,984	15,199	0
09-03-05	T54	6,317	9,151	0
09-03-05	T54	7,076	8,770	0
09-03-05	T54	6,275	9,181	0
11-03-05	T55	8,154	14,895	0
11-03-05	T55	6,334	9,753	0
11-03-05	T55	6,871	11,171	0
14-03-05	T56	7,986	11,553	0
14-03-05	T56	7,787	11,395	0
14-03-05	T56	7,166	10,435	0
16-03-05	T57	5,673	14,205	2,206
16-03-05	T57	7,916	11,633	2,578
16-03-05	T57	15,328	7,967	1,212
02-03-05	T61	21,369	0,057	0
02-03-05	T61	21,369	0,057	0
02-03-05	T61	21,369	0,057	0
04-03-05	T62	5,968	9,699	0
04-03-05	T62	6,910	11,101	0
04-03-05	T62	6,096	8,327	0
07-03-05	T63	6,064	11,789	0
07-03-05	T63	5,896	13,073	0
07-03-05	T63	5,748	14,345	0
09-03-05	T64	6,743	10,829	0
09-03-05	T64	6,846	9,715	0
09-03-05	T64	8,199	12,297	0
11-03-05	T65	11,290	9,179	0

11-03-05	T65	9,487	10,583	0
11-03-05	T65	7,507	12,671	0
14-03-05	T66	7,263	11,943	0
14-03-05	T66	9,890	13,017	0
14-03-05	T66	8,493	12,099	0
16-03-05	T67	19,089	19,873	0
16-03-05	T67	2,150	18,251	0
16-03-05	T67	5,962	25,681	0

ANEXO F**ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA PITAYA (media)**

Fecha	Tratamiento	W	pH	SST	% A.C	IM
02-03-05	T11	135,00	4,44	18,73	0,05	315,72
04-03-05	T12	137,47	4,27	14,47	0,07	220,20
07-03-05	T13	137,33	4,41	14,00	0,06	238,73
09-03-05	T14	140,67	4,24	16,13	0,06	283,25
11-03-05	T15	139,23	4,28	15,40	0,09	191,99
14-03-05	T16	136,33	4,34	15,60	0,05	301,74
16-03-05	T17	138,33	4,59	17,27	0,05	275,40
02-03-05	T21	137,33	4,26	17,13	0,07	268,80
04-03-05	T22	136,07	4,57	16,23	0,06	257,74
07-03-05	T23	136,67	4,46	18,33	0,07	272,99
09-03-05	T24	136,00	4,41	15,40	0,06	276,36
11-03-05	T25	136,47	4,28	15,80	0,06	297,35
14-03-05	T26	136,00	4,39	14,60	0,07	207,08
16-03-05	T27	134,00	4,39	14,00	0,10	136,44
02-03-05	T31	136,50	4,44	16,47	0,08	247,84
04-03-05	T32	138,33	4,42	14,80	0,06	243,99
07-03-05	T33	138,00	4,30	15,33	0,06	281,70
09-03-05	T34	135,67	4,38	13,87	0,06	243,34
11-03-05	T35	137,57	4,25	16,53	0,08	219,64
14-03-05	T36	138,00	4,33	14,67	0,09	161,64
16-03-05	T37	136,93	4,39	15,60	0,07	233,34
02-03-05	T41	138,00	4,48	17,07	0,06	249,40
04-03-05	T42	139,93	4,50	15,20	0,06	265,30
07-03-05	T43	140,67	4,34	16,33	0,07	260,36
09-03-05	T44	138,33	4,35	15,93	0,08	211,42
11-03-05	T45	141,07	4,33	15,93	0,08	219,08
14-03-05	T46	143,33	4,21	16,27	0,07	256,36

16-03-05	T47	140,67	4,53	15,73	0,07	230,47
02-03-05	T51	137,00	4,34	15,33	0,09	165,97
04-03-05	T52	138,00	4,47	14,20	0,06	232,19
07-03-05	T53	138,67	4,36	16,90	0,06	291,50
09-03-05	T54	137,33	4,32	16,67	0,06	267,55
11-03-05	T55	140,17	4,41	16,33	0,07	237,10
14-03-05	T56	139,33	4,34	17,27	0,07	229,26
16-03-05	T57	138,57	4,33	15,67	0,08	203,31
02-03-05	T61	141,00	4,39	16,33	0,08	195,35
04-03-05	T62	142,07	4,52	15,73	0,07	216,01
07-03-05	T63	138,67	4,36	16,00	0,05	310,81
09-03-05	T64	138,67	4,47	15,93	0,06	263,62
11-03-05	T65	137,63	4,31	16,87	0,05	301,14
14-03-05	T66	143,00	4,31	15,87	0,07	234,50
16-03-05	T67	139,67	4,51	14,33	0,07	228,19

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA PITAYA

Fecha	Tratamiento	W	pH	SST	% AC	IM
02-03-05	T11	135	4,41	19	0,044	412,500
02-03-05	T11	135	4,43	18,2	0,044	325,417
02-03-05	T11	135	4,48	19	0,067	209,239
04-03-05	T12	139,9	4,1	14,2	0,052	271,181
04-03-05	T12	135	4,45	15,2	0,084	180,172
04-03-05	T12	137,5	4,27	14	0,067	209,239
07-03-05	T13	140	4,54	12	0,038	317,308
07-03-05	T13	136	4,26	16	0,084	189,655
07-03-05	T13	136	4,44	14	0,067	209,239
09-03-05	T14	132	4,12	15,8	0,073	217,250
09-03-05	T14	140	4,41	15,8	0,058	271,563
09-03-05	T14	150	4,18	16,8	0,047	360,938
11-03-05	T15	140,6	4,3	16,2	0,093	174,023
11-03-05	T15	137,4	4,2	16	0,108	148,649
11-03-05	T15	139,7	4,35	14	0,055	253,289
14-03-05	T16	138	4,44	16	0,047	343,750
14-03-05	T16	135	4,35	16,8	0,070	240,625
14-03-05	T16	136	4,24	14	0,044	320,833
16-03-05	T17	138	4,53	14	0,061	229,167
16-03-05	T17	137	4,75	19	0,047	343,750
16-03-05	T17	140	4,5	18,8	0,055	253,289
02-03-05	T21	136	4,23	17	0,064	268,750
02-03-05	T21	138	4,27	17,2	0,067	280,978
02-03-05	T21	138	4,27	17,2	0,065	256,667
04-03-05	T22	135,3	4,48	17,2	0,064	268,750
04-03-05	T22	138,9	4,47	15	0,064	234,375
04-03-05	T22	134	4,75	16,5	0,061	270,089
07-03-05	T23	140	4,37	16,8	0,102	165,000

07-03-05	T23	134	4,51	18,2	0,067	272,011
07-03-05	T23	136	4,5	20	0,052	381,944
09-03-05	T24	136	4,23	17	0,044	389,583
09-03-05	T24	136	4,51	15,2	0,058	261,250
09-03-05	T24	136	4,49	14	0,079	178,241
11-03-05	T25	136	4,23	16,2	0,055	293,092
11-03-05	T25	135,4	4,33	14	0,068	204,787
11-03-05	T25	138	4,27	17,2	0,044	394,167
14-03-05	T26	137	4,3	14,8	0,084	189,655
14-03-05	T26	135	4,43	14	0,058	240,625
14-03-05	T26	136	4,44	15	0,079	190,972
16-03-05	T27	132	4,28	13	0,102	127,679
16-03-05	T27	136	4,36	16	0,116	137,500
16-03-05	T27	134	4,53	13	0,090	144,153
02-03-05	T31	133,4	4,45	16,2	0,070	260,677
02-03-05	T31	139,1	4,42	16,2	0,125	139,099
02-03-05	T31	137	4,45	17	0,047	343,750
04-03-05	T32	140	4,37	14	0,061	229,167
04-03-05	T32	137,4	4,36	15	0,067	224,185
04-03-05	T32	137,6	4,52	15,4	0,055	278,618
07-03-05	T33	142	4,37	16	0,044	366,667
07-03-05	T33	134	4,37	18	0,055	325,658
07-03-05	T33	138	4,15	12	0,079	152,778
09-03-05	T34	135	4,43	14	0,055	253,289
09-03-05	T34	134	4,49	13	0,058	223,438
09-03-05	T34	138	4,21	14,6	0,055	253,289
11-03-05	T35	137,3	4,16	14,4	0,064	225,000
11-03-05	T35	133,4	4,45	16,2	0,084	192,026
11-03-05	T35	142	4,13	19	0,079	241,898
14-03-05	T36	137	4,29	16	0,084	189,655

14-03-05	T36	136	4,29	14	0,113	123,397
14-03-05	T36	141	4,41	14	0,081	171,875
16-03-05	T37	134	4,44	15	0,070	214,844
16-03-05	T37	137,8	4,46	14	0,081	179,241
16-03-05	T37	139	4,28	17,8	0,058	305,938
02-03-05	T41	137	4,29	16,8	0,049	327,574
02-03-05	T41	139	4,64	17,4	0,070	203,385
02-03-05	T41	138	4,51	17	0,073	217,250
04-03-05	T42	145,2	4,4	13,6	0,041	333,929
04-03-05	T42	131,8	4,65	15	0,061	245,536
04-03-05	T42	142,8	4,45	17	0,079	216,435
07-03-05	T43	140	4,47	17	0,058	292,188
07-03-05	T43	142	4,52	14	0,087	160,417
07-03-05	T43	140	4,02	18	0,052	328,472
09-03-05	T44	144	4,18	15,6	0,081	191,518
09-03-05	T44	138	4,36	17	0,073	233,750
09-03-05	T44	144	4,5	15,2	0,073	209,000
11-03-05	T45	138,1	4,54	16,8	0,087	192,500
11-03-05	T45	145,1	4,3	15	0,055	271,382
11-03-05	T45	140	4,16	16	0,093	193,359
14-03-05	T46	144	4,13	14	0,073	192,500
14-03-05	T46	144	4,33	16	0,081	196,429
14-03-05	T46	142	4,18	18,8	0,049	380,147
16-03-05	T47	140	4,54	17	0,081	208,705
16-03-05	T47	140	4,44	16	0,076	211,538
16-03-05	T47	142	4,6	14,2	0,052	271,181
02-03-05	T51	136	4,3	15	0,084	177,802
02-03-05	T51	137	4,28	17	0,093	182,617
02-03-05	T51	138	4,45	14	0,102	137,500
04-03-05	T52	138,3	4,58	15	0,081	184,152

04-03-05	T52	135,8	4,42	14,6	0,055	264,145
04-03-05	T52	139,9	4,41	13	0,052	248,264
07-03-05	T53	142	4,38	16,8	0,049	339,706
07-03-05	T53	136	4,21	16,5	0,090	182,964
07-03-05	T53	138	4,49	17,4	0,049	351,838
09-03-05	T54	137	4,1	17	0,064	265,625
09-03-05	T54	135	4,5	17,2	0,058	295,625
09-03-05	T54	140	4,35	15,8	0,065	241,389
11-03-05	T55	138	4,41	14,8	0,076	195,673
11-03-05	T55	143,4	4,41	18	0,058	309,375
11-03-05	T55	139,1	4,42	16,2	0,079	206,250
14-03-05	T56	137	4,44	15,8	0,079	201,157
14-03-05	T56	136	4,28	18	0,073	247,500
14-03-05	T56	145	4,29	18	0,067	239,130
16-03-05	T57	141	4,21	16	0,058	275,000
16-03-05	T57	140,7	4,45	15	0,084	177,802
16-03-05	T57	134	4,32	16	0,102	157,143
02-03-05	T61	136	4,44	14	0,079	178,241
02-03-05	T61	146	4,3	16	0,079	203,704
02-03-05	T61	141	4,44	19	0,093	204,102
04-03-05	T62	144,8	4,42	14,8	0,065	226,111
04-03-05	T62	140,7	4,45	16	0,081	196,429
04-03-05	T62	140,7	4,68	16,4	0,073	225,500
07-03-05	T63	138	4,5	15	0,047	322,266
07-03-05	T63	142	4,3	17	0,070	243,490
07-03-05	T63	136	4,29	16	0,044	366,667
09-03-05	T64	138	4,49	15,8	0,052	301,736
09-03-05	T64	142	4,43	16	0,064	250,000
09-03-05	T64	136	4,49	16	0,067	239,130
11-03-05	T65	136,7	4,37	16,2	0,057	285,577

11-03-05	T65	139,2	4,23	17	0,047	333,008
11-03-05	T65	137	4,32	17,4	0,061	284,821
14-03-05	T66	144	4,29	18,4	0,073	253,000
14-03-05	T66	142	4,25	15	0,087	171,875
14-03-05	T66	143	4,4	14,2	0,055	278,618
16-03-05	T67	140	4,51	16	0,067	254,076
16-03-05	T67	142	4,35	13	0,087	148,958
16-03-05	T67	137	4,66	14	0,061	281,548

ANEXO G**PERDIDA DE PESO (entre tratamientos)**

Fecha	Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Merma (g)	Merma (%)
02-03-05	T11	137	135	2	1,46
02-03-05	T11	137	135	2	1,46
02-03-05	T11	137	135	2	1,46
04-03-05	T12	140	139,9	0,1	0,07
04-03-05	T12	135	135	0	0,00
04-03-05	T12	138	137,5	0,5	0,36
07-03-05	T13	140	140	0	0,00
07-03-05	T13	136	136	0	0,00
07-03-05	T13	136	136	0	0,00
09-03-05	T14	140	132	8	5,71
09-03-05	T14	140	140	0	0,00
09-03-05	T14	140	137	3	2,14
11-03-05	T15	141	140,6	0,4	0,28
11-03-05	T15	140	137,4	2,6	1,86
11-03-05	T15	140	139,7	0,3	0,21
14-03-05	T16	139	138	1	0,72
14-03-05	T16	137	135	2	1,46
14-03-05	T16	141	136	5	3,55
16-03-05	T17	139	138	1	0,72
16-03-05	T17	139	137	2	1,44
16-03-05	T17	141	140	1	0,71
02-03-05	T21	139	136	3	2,16
02-03-05	T21	138	138	0	0,00
02-03-05	T21	139	138	1	0,72
04-03-05	T22	137	135,3	1,7	1,24
04-03-05	T22	139	138,9	0,1	0,07
04-03-05	T22	135	134	1	0,74

07-03-05	T23	141	140	1	0,71
07-03-05	T23	135	134	1	0,74
07-03-05	T23	136	136	0	0,00
09-03-05	T24	138	136	2	1,45
09-03-05	T24	136	136	0	0,00
09-03-05	T24	138	136	2	1,45
11-03-05	T25	137	136	1	0,73
11-03-05	T25	141	135,4	5,6	3,97
11-03-05	T25	139	138	1	0,72
14-03-05	T26	139	137	2	1,44
14-03-05	T26	136	135	1	0,74
14-03-05	T26	135	134	1	0,74
16-03-05	T27	134	132	2	1,49
16-03-05	T27	137	136	1	0,73
16-03-05	T27	136	134	2	1,47
02-03-05	T31	141	133,4	7,6	5,39
02-03-05	T31	140	139,1	0,9	0,64
02-03-05	T31	140	137	3	2,14
04-03-05	T32	140	140	0	0,00
04-03-05	T32	138	137,4	0,6	0,43
04-03-05	T32	138	137,6	0,4	0,29
07-03-05	T33	142	142	0	0,00
07-03-05	T33	134	134	0	0,00
07-03-05	T33	138	138	0	0,00
09-03-05	T34	137	135	2	1,46
09-03-05	T34	135	134	1	0,74
09-03-05	T34	139	138	1	0,72
11-03-05	T35	137	135,3	1,7	1,24
11-03-05	T35	136	133,4	2,6	1,91
11-03-05	T35	141	139	2	1,42

14-03-05	T36	138	137	1	0,72
14-03-05	T36	138	136	2	1,45
14-03-05	T36	141	141	0	0,00
16-03-05	T37	135	134	1	0,74
16-03-05	T37	137	136,8	0,2	0,15
16-03-05	T37	139	139	0	0,00
02-03-05	T41	140	137	3	2,14
02-03-05	T41	142	139	3	2,11
02-03-05	T41	144	138	6	4,17
04-03-05	T42	145	144,2	0,8	0,55
04-03-05	T42	142	138,8	3,2	2,25
04-03-05	T42	145	142,8	2,2	1,52
07-03-05	T43	144	140	4	2,78
07-03-05	T43	143	142	1	0,70
07-03-05	T43	146	140	6	4,11
09-03-05	T44	145	144	1	0,69
09-03-05	T44	139	137	2	1,44
09-03-05	T44	146	144	2	1,37
11-03-05	T45	139	138,1	0,9	0,65
11-03-05	T45	146	145,1	0,9	0,62
11-03-05	T45	144	140	4	2,78
14-03-05	T46	145	144	1	0,69
14-03-05	T46	145	144	1	0,69
14-03-05	T46	144	142	2	1,39
16-03-05	T47	143	140	3	2,10
16-03-05	T47	142	140	2	1,41
16-03-05	T47	145	142	3	2,07
02-03-05	T51	138	136	2	1,45
02-03-05	T51	138	137	1	0,72
02-03-05	T51	142	138	4	2,82

04-03-05	T52	141	138,3	2,7	1,91
04-03-05	T52	138	135,8	2,2	1,59
04-03-05	T52	142	139,9	2,1	1,48
07-03-05	T53	145	142	3	2,07
07-03-05	T53	138	136	2	1,45
07-03-05	T53	139	138	1	0,72
09-03-05	T54	140	137	3	2,14
09-03-05	T54	139	135	4	2,88
09-03-05	T54	144	140	4	2,78
11-03-05	T55	141	138	3	2,13
11-03-05	T55	146	143,4	2,6	1,78
11-03-05	T55	142	139,1	2,9	2,04
14-03-05	T56	141	137	4	2,84
14-03-05	T56	139	136	3	2,16
14-03-05	T56	146	145	1	0,68
16-03-05	T57	144	141	3	2,08
16-03-05	T57	143	140,7	2,3	1,61
16-03-05	T57	139	134	5	3,60
02-03-05	T61	138	136	2	1,45
02-03-05	T61	146	146	0	0,00
02-03-05	T61	144	141	3	2,08
04-03-05	T62	145	144,8	0,2	0,14
04-03-05	T62	141	140,7	0,3	0,21
04-03-05	T62	141	140,7	0,3	0,21
07-03-05	T63	141	138	3	2,13
07-03-05	T63	143	142	1	0,70
07-03-05	T63	138	136	2	1,45
09-03-05	T64	140	138	2	1,43
09-03-05	T64	144	142	2	1,39
09-03-05	T64	137	136	1	0,73

11-03-05	T65	137	136,7	0,3	0,22
11-03-05	T65	146	139,2	6,8	4,66
11-03-05	T65	139	137	2	1,44
14-03-05	T66	146	144	2	1,37
14-03-05	T66	143	142	1	0,70
14-03-05	T66	145	143	2	1,38
16-03-05	T67	142	140	2	1,41
16-03-05	T67	144	142	2	1,39
16-03-05	T67	146	137	9	6,16

PERDIDA DE PESO (testigos)

Fecha	Inicial	Final	Perdida (g)	Merma (g)	Merma (%)
02-03-05	239	233,6	5,4	2,26	0,97
02-03-05	176	172	4	2,27	1,32
02-03-05	247	237,9	9,1	3,68	1,55
02-03-05	208	198,6	9,4	4,52	2,28
02-03-05	179	169	10	5,59	3,31
04-03-05	270	264	6	2,22	0,84
04-03-05	259	252	7	2,70	1,07
04-03-05	202	194	8	3,96	2,04
04-03-05	239	220	19	7,95	3,61
04-03-05	202	185,8	16,2	8,02	4,32
07-03-05	206	196	10	4,85	2,48
07-03-05	203	188	15	7,39	3,93
07-03-05	216	194	22	10,19	5,25
07-03-05	213	188	25	11,74	6,24
07-03-05	165	138	27	16,36	11,86
09-03-05	199	188	11	5,53	2,94
09-03-05	189	178	11	5,82	3,27
09-03-05	261	243	18	6,90	2,84
09-03-05	234	214	20	8,55	3,99
09-03-05	202	173	29	14,36	8,30
11-03-05	233	219,8	13,2	5,67	2,58
11-03-05	221	206,9	14,1	6,38	3,08
11-03-05	219	201	18	8,22	4,09
11-03-05	210	190,2	19,8	9,43	4,96
11-03-05	240	200	40	16,67	8,33
14-03-05	220	203	17	7,73	3,81
14-03-05	185	165	20	10,81	6,55
14-03-05	259	224,7	34,3	13,24	5,89

14-03-05	212	183,4	28,6	13,49	7,36
14-03-05	221	176,4	44,6	20,18	11,44
16-03-05	176	159	17	9,66	6,07
16-03-05	216	172	44	20,37	11,84
16-03-05	218	170	48	22,02	12,95
16-03-05	220	171	49	22,27	13,02
16-03-05	254	221	33	12,99	5,88

ANEXO H

FICHA TÉCNICA DEL EMPAQUE UTILIZADO

BOPP / LDPE

Características técnicas

Número de capas	2
Espesor	De 50 a 250 micras de espesor
Resistencia mecánica	Media
Sellabilidad	Sella con cualquier selladora convencional
Colores	Puede fabricarse en cualquier color
impresión	Se pueden imprimir hasta seis colores

Barrera

Barrera	Muy alta	Alta	Media	Baja
Oxígeno O ₂			X	
Dióxido de carbono CO ₂			X	
Nitrógeno N ₂			X	
Vapor de agua	x			
Aromas y sabores			X	
Grasas			X	
Luz ultravioleta	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional

Presentación

Presentación	SI	NO
Tubular		X
Tubular abierto		X
Lamina	X	
Bolsa	X	

Bolsa con válvula	X	
Bolsa Stand – up	X	
Bolsa con re – cerrado – zipper –	X	

Funcionalidad

Proceso	SI	NO
Empaque al vacío		X
Atmósfera protectora	X – Consultar procedimiento	
Refrigeración	X	
Congelación	X – no inferior a – 18 ° C	
Post – pasteurización	X – Consultar procedimiento	
Esterilización		X
Microondas	X – Consultar procedimiento	
Llenado en caliente	X – Consultar procedimiento	

Ventajas

Impide el paso de microorganismos a través de su estructura.

Su variedad de espesores permite adecuar el empaque para cada producto en especial de tal forma que la conservación del mismo sea mejor.

La impresión se localiza en medio de las dos capas de la película lo que le otorga excelentes características visuales al empaque.

Mejora la presentación de los productos exhibidos al público incrementando su aceptación y venta.

Recomendaciones

- Evitar ensuciar las áreas de sellado durante el llenado de los empaques.

- Revisar cuidadosamente las áreas de trabajo para evitar superficies cortopunzante que puedan afectar la calidad del material.
- Establecer adecuadamente el tiempo y temperatura de sellado.
- El material debe almacenarse
- El material debe almacenarse según lo exigido por la ley vigente sobre el almacenamiento de materias primas para alimentos.
- Es recomendable no almacenar este material por más de cuatro meses.

Usos más frecuentes

- Productos lácteos sólidos y líquidos
- Productos de mar
- Salsas, sabores y condimentos.
- Artículos médicos, detergentes y jabones.
- Conservas
- Sopas y comidas preparadas.
- Alimentos deshidratados.
- Snack, pasabolas, confitería, galletas, chocolates y cereales.

ANEXO I

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

```
Design Summary
-----
Design class: Multi-factor Categorical
File name: <Untitled>

Base Design
-----
Number of experimental factors: 3
Number of responses: 5
Number of runs: 126           Error degrees of freedom: 121
Randomized: Yes

Factors                Levels      Units
-----
EMPAQUE                2           BOPP
GASES                  3           %
TIEMPO                 7           Días

Responses              Units
-----
pH
Acidez                 %
Brix
Oxigeno                %
Dioxido
```

ACIDEZ

Analysis of Variance for Acidez - Type III Sums of Squares				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
MAIN EFFECTS				
A:EMPAQUE	0,0000642857	1	0,0000642857	0,26
B:GASES	0,00077619	2	0,000388095	1,55
C:TIEMPO	0,00288254	6	0,000480423	1,92
INTERACTIONS				
AB	0,000528571	2	0,000264286	1,05
AC	0,000907937	6	0,000151323	0,60
BC	0,00767937	12	0,000639947	2,55
ABC	0,00301587	12	0,000251323	1,00
RESIDUAL	0,0210667	84	0,000250794	
TOTAL (CORRECTED)	0,0369214	125		
All F-ratios are based on the residual mean square error.				

Multiple Range Tests for Acidez by EMPAQUE				
Method: 95,0 percent LSD				
EMPAQUE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups	
Bopp 58 μ	63	0,0680952	X	
Bopp 70 μ	63	0,0695238	X	
Contrast			Difference	+/- L
Bopp 58 μ - Bopp 70 μ			-0,00142857	0,00561
* denotes a statistically significant difference.				

Multiple Range Tests for Acidez by GASES			

Method: 95,0 percent LSD			
GASES	Count	LS Mean	Homogeneous Groups

5:5	42	0,0654762	X
Pasiva	42	0,0695238	X
5:8	42	0,0714286	X

Contrast		Difference	+/- Limits

5:5 - 5:8		-0,00595238	0,00687225
5:5 - Pasiva		-0,00404762	0,00687225
5:8 - Pasiva		0,00190476	0,00687225

* denotes a statistically significant difference.			

Brix

Multiple Range Tests for Brix by EMPAQUE			

Method: 95,0 percent LSD			
EMPAQUE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups

Bopp 58 μ	63	15,7317	X
Bopp 70 μ	63	15,9952	X

Contrast		Difference	+/- Limi

Bopp 58 μ - Bopp 70 μ		-0,263492	0,522365

* denotes a statistically significant difference.			

Multiple Range Tests for Brix by GASES

Method: 95,0 percent LSD

GASES	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Pasiva	42	15,5952	X
5:8	42	15,9905	X
5:5	42	16,0048	X

Contrast	Difference	+/- Limits
5:5 - 5:8	0,0142857	0,639764
5:5 - Pasiva	0,409524	0,639764
5:8 - Pasiva	0,395238	0,639764

* denotes a statistically significant difference.

Method: 95,0 percent LSD

TIEMPO	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Dia 3	18	15,1056	X
Dia 15	18	15,4333	XX
Dia 8	18	15,6556	XX
Dia 13	18	15,7111	XX
Dia 10	18	16,1444	XX
Dia 6	18	16,15	XX
Dia 1	18	16,8444	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Dia 1 - Dia 10	0,7	0,977256
Dia 1 - Dia 13	*1,13333	0,977256
Dia 1 - Dia 15	*1,41111	0,977256
Dia 1 - Dia 3	*1,73889	0,977256
Dia 1 - Dia 6	0,694444	0,977256
Dia 1 - Dia 8	*1,18889	0,977256
Dia 10 - Dia 13	0,433333	0,977256
Dia 10 - Dia 15	0,711111	0,977256
Dia 10 - Dia 3	*1,03889	0,977256
Dia 10 - Dia 6	-0,00555556	0,977256
Dia 10 - Dia 8	0,488889	0,977256
Dia 13 - Dia 15	0,277778	0,977256
Dia 13 - Dia 3	0,605556	0,977256
Dia 13 - Dia 6	-0,438889	0,977256
Dia 13 - Dia 8	0,0555556	0,977256
Dia 15 - Dia 3	0,327778	0,977256
Dia 15 - Dia 6	-0,716667	0,977256
Dia 15 - Dia 8	-0,222222	0,977256
Dia 3 - Dia 6	*-1,04444	0,977256
Dia 3 - Dia 8	-0,55	0,977256
Dia 6 - Dia 8	0,494444	0,977256

* denotes a statistically significant difference.

Dióxido de carbono

Analysis of Variance for Dioxido - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:EMPAQUE	179,599	1	179,599	13,98	0,0003
B:GASES	36,9069	2	18,4534	1,44	0,2437
C:TIEMPO	1493,51	6	248,918	19,37	0,0000
INTERACTIONS					
AB	121,257	2	60,6286	4,72	0,0114
AC	67,0478	6	11,1746	0,87	0,5208
BC	330,321	12	27,5268	2,14	0,0222
ABC	213,316	12	17,7763	1,38	0,1901
RESIDUAL	1079,44	84	12,8505		
TOTAL (CORRECTED)	3521,4	125			
All F-ratios are based on the residual mean square error.					

Multiple Range Tests for Dioxido by EMPAQUE			
Method: 95,0 percent LSD			
EMPAQUE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Bopp 70 μ	63	10,2362	X
Bopp 58 μ	63	12,624	X
Contrast		Difference	+/- Limits
Bopp 58 μ - Bopp 70 μ		*2,38779	1,27015
* denotes a statistically significant difference.			

Multiple Range Tests for Dioxido by GASES

Method: 95,0 percent LSD

GASES	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Pasiva	42	11,0365	X
5:5	42	11,0585	X
5:8	42	12,1954	X

Contrast	Difference	+/- Limits
5:5 - 5:8	-1,13693	1,55561
5:5 - Pasiva	0,022	1,55561
5:8 - Pasiva	1,15893	1,55561

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Dioxido by TIEMPO

Method: 95,0 percent LSD

TIEMPO	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Dia 1	18	4,35233	X
Dia 3	18	10,0258	X
Dia 8	18	10,2726	X
Dia 10	18	12,1668	XX
Dia 13	18	13,6191	XX
Dia 6	18	13,8672	XX
Dia 15	18	15,707	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Dia 1 - Dia 10	*-7,81444	2,37623
Dia 1 - Dia 13	*-9,26678	2,37623
Dia 1 - Dia 15	*-11,3547	2,37623
Dia 1 - Dia 3	*-5,67344	2,37623
Dia 1 - Dia 6	*-9,51489	2,37623
Dia 1 - Dia 8	*-5,92028	2,37623
Dia 10 - Dia 13	-1,45233	2,37623
Dia 10 - Dia 15	*-3,54022	2,37623
Dia 10 - Dia 3	2,141	2,37623
Dia 10 - Dia 6	-1,70044	2,37623
Dia 10 - Dia 8	1,89417	2,37623
Dia 13 - Dia 15	-2,08789	2,37623
Dia 13 - Dia 3	*3,59333	2,37623
Dia 13 - Dia 6	-0,248111	2,37623
Dia 13 - Dia 8	*3,3465	2,37623
Dia 15 - Dia 3	*5,68122	2,37623
Dia 15 - Dia 6	1,83978	2,37623
Dia 15 - Dia 8	*5,43439	2,37623
Dia 3 - Dia 6	*-3,84144	2,37623
Dia 3 - Dia 8	-0,246833	2,37623
Dia 6 - Dia 8	*3,59461	2,37623

* denotes a statistically significant difference.

Oxigeno

Analysis of Variance for Oxigeno - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:EMPAQUE	6,07949	1	6,07949	1,05	0,307
B:GASES	328,479	2	164,239	28,47	0,000
C:TIEMPO	264,287	6	44,0479	7,63	0,000
INTERACTIONS					
AB	3,39659	2	1,69829	0,29	0,745
AC	9,53713	6	1,58952	0,28	0,947
BC	809,205	12	67,4338	11,69	0,000
ABC	65,5202	12	5,46002	0,95	0,505
RESIDUAL	484,652	84	5,76967		
TOTAL (CORRECTED)	1971,16	125			
All F-ratios are based on the residual mean square error.					

Multiple Range Tests for Oxigeno by EMPAQUE			
Method: 95,0 percent LSD			
EMPAQUE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Bopp 70 μ	63	7,52625	X
Bopp 58 μ	63	7,96556	X
Contrast		Difference	+/- Limits
Bopp 58 μ - Bopp 70 μ		0,439317	0,85108
* denotes a statistically significant difference.			

Multiple Range Tests for Oxigeno by GASES

Method: 95,0 percent LSD

GASES	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5:5	42	6,4895	X
5:8	42	6,72288	X
Pasiva	42	10,0253	X

Contrast	Difference	+/- Limits
5:5 - 5:8	-0,233381	1,04236
5:5 - Pasiva	*-3,53583	1,04236
5:8 - Pasiva	*-3,30245	1,04236

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Oxigeno by TIEMPO

Method: 95,0 percent Duncan

TIEMPO	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Dia 3	18	5,42611	X
Dia 6	18	6,74222	XX
Dia 8	18	7,115	X
Dia 13	18	8,0125	X
Dia 15	18	8,20833	X
Dia 10	18	8,261	X
Dia 1	18	10,4562	X

Contrast	Difference
Dia 1 - Dia 10	*2,19517
Dia 1 - Dia 13	*2,44367
Dia 1 - Dia 15	*2,24783
Dia 1 - Dia 3	*5,03006
Dia 1 - Dia 6	*3,71394
Dia 1 - Dia 8	*3,34117
Dia 10 - Dia 13	0,2485
Dia 10 - Dia 15	0,0526667
Dia 10 - Dia 3	*2,83489
Dia 10 - Dia 6	1,51878
Dia 10 - Dia 8	1,146
Dia 13 - Dia 15	-0,195833
Dia 13 - Dia 3	*2,58639
Dia 13 - Dia 6	1,27028
Dia 13 - Dia 8	0,8975
Dia 15 - Dia 3	*2,78222
Dia 15 - Dia 6	1,46611
Dia 15 - Dia 8	1,09333
Dia 3 - Dia 6	-1,31611
Dia 3 - Dia 8	*-1,68889
Dia 6 - Dia 8	-0,372778

* denotes a statistically significant difference.

pH

Analysis of Variance for pH - Type III Sums of Squares				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
MAIN EFFECTS				
A:EMPAQUE	0,00825714	1	0,00825714	0,52
B:GASES	0,00038254	2	0,00019127	0,01
C:TIEMPO	0,373622	6	0,0622704	3,93
INTERACTIONS				
AB	0,033319	2	0,0166595	1,05
AC	0,084054	6	0,014009	0,88
BC	0,364106	12	0,0303422	1,91
ABC	0,171303	12	0,0142753	0,90
RESIDUAL	1,3318	84	0,0158548	
TOTAL (CORRECTED)	2,36684	125		
All F-ratios are based on the residual mean square error.				

Multiple Range Tests for pH by EMPAQUE			
Method: 95,0 percent LSD			
EMPAQUE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Bopp 58 μ	63	4,37302	X
Bopp 70 μ	63	4,38921	X
Contrast		Difference	+/- Limits
Bopp 58 μ - Bopp 70 μ		-0,0161905	0,0446144
* denotes a statistically significant difference.			

Multiple Range Tests for pH by GASES

Method: 95,0 percent LSD

GASES	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5:8	42	4,37976	X
5:5	42	4,38	X
Pasiva	42	4,38357	X

Contrast	Difference	+/- Limits
5:5 - 5:8	0,000238095	0,0546412
5:5 - Pasiva	-0,00357143	0,0546412
5:8 - Pasiva	-0,00380952	0,0546412

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for pH by TIEMPO

Method: 95,0 percent LSD

TIEMPO	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
Dia 10	18	4,31	X
Dia 13	18	4,32111	X
Dia 8	18	4,35944	X
Dia 6	18	4,37167	X
Dia 1	18	4,39222	XX
Dia 15	18	4,45611	X
Dia 3	18	4,45722	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Dia 1 - Dia 10	0,0822222	0,0834659
Dia 1 - Dia 13	0,0711111	0,0834659
Dia 1 - Dia 15	-0,0638889	0,0834659
Dia 1 - Dia 3	-0,065	0,0834659
Dia 1 - Dia 6	0,0205556	0,0834659
Dia 1 - Dia 8	0,0327778	0,0834659
Dia 10 - Dia 13	-0,0111111	0,0834659
Dia 10 - Dia 15	*-0,146111	0,0834659
Dia 10 - Dia 3	*-0,147222	0,0834659
Dia 10 - Dia 6	-0,0616667	0,0834659
Dia 10 - Dia 8	-0,0494444	0,0834659
Dia 13 - Dia 15	*-0,135	0,0834659
Dia 13 - Dia 3	*-0,136111	0,0834659
Dia 13 - Dia 6	-0,0505556	0,0834659
Dia 13 - Dia 8	-0,0383333	0,0834659
Dia 15 - Dia 3	-0,00111111	0,0834659
Dia 15 - Dia 6	*0,0844444	0,0834659
Dia 15 - Dia 8	*0,0966667	0,0834659
Dia 3 - Dia 6	*0,0855556	0,0834659
Dia 3 - Dia 8	*0,0977778	0,0834659
Dia 6 - Dia 8	0,0122222	0,0834659

* denotes a statistically significant difference.