

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA DE
ALIMENTOS



***"EMPACADO HIPOBÁRICO Y ALMACENAMIENTO EN
REFRIGERACIÓN DE FRUTOS DE CARAMBOLA
(Averrhoa carambola Linn) AL ESTADO FRESCO"***

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Kenneth Ernesto Ramirez Acho

TINGO MARIA – PERU

2000



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el miércoles, 23 de febrero del 2000, a horas 6:30 pm., en la sala de grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: Kenneth Ernesto RAMIREZ ACHO, con el título:


“EMPACADO HIPOBÁRICO Y ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN DE FRUTOS DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* Linn) AL ESTADO FRESCO”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el calificativo de BUENO, en consecuencia el Bachiller Kenneth Ernesto RAMIREZ ACHO, queda apto para recibir el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22 de la Ley Orgánica de la Universidad Peruana 23733; con los artículos 43° y 45° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; con los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 07 de marzo del 2000



Ing. Raul Natividad Ferrer
Presidente



Ing. Pedro Peláez Sánchez
Vocal



Ing. Elizabeth Ordóñez Gómez
Vocal

DEDICATORIA

A Bertha y José; mis padres:

Por todo el bien y apoyo a mi deseo
de realización que he logrado.

A Katya, mi esposa:

por su permanente cariño y
aliento de lucha por un futuro mejor

A Jackson y Marlene; mis hermanos
y Hernán, mi cuñado

Por su permanente apoyo moral y
afecto fraterno

A la memoria de Nikolai Zárate C.;

gran amigo y compañero de estudios

Agradecimiento

Al Ing. Alipio Arnaldo Ortega Rodríguez; asesor del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Alfredo Carmona Ruíz; co-asesor del presente trabajo de investigación.

Al Sr. Carlos Salazar Salazar; Laboratorista de química, por su apoyo durante la realización del trabajo de investigación.

Al Sr. Adolfo Zárate I.; por su apoyo durante la implementación al inicio del trabajo de investigación

A mis amigos, con especial énfasis en Gabriel Kahn, Davy Hidalgo, Orlando Vega, César Lovatón, Gustavo Ramírez.

A todas las personas que, de una u otra forma, han contribuido para la culminación del presente trabajo.

INDICE

	PÁG.
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCION.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
A. Características generales de la materia prima.....	3
1. Consideraciones de la carambola.....	3
2. Generalidades botánicas.....	3
3. Composición química.....	4
B. Cosecha y almacenamiento de la carambola.....	5
1. Cosecha.....	5
2. Almacenamiento.....	6
C. Maduración y metabolismo despues de la cosecha.....	8
D. Causas principales de la descomposición de las frutas cosechadas.....	9
1. Daños físicos.....	9
2. Daños microbiológicos.....	9
E. Cambios fisiológicos que se producen en la fruta durante el almacenamiento.....	10
1. Cambios físicos.....	10
2. Cambios químicos.....	11
F. Almacenamiento hipobárico.....	12
1. Polietileno.....	13
2. Los nylons (poliamidas).....	13

G. Efectos de la temperatura sobre la senescencia	14
1. Proceso de crecimiento, respiración y maduración	14
2. Efectos del etileno	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
A. Lugar y fecha de ejecución.....	18
B. Materia Prima	18
C. Equipos materiales y reactivos.....	18
1. Equipos de laboratorio.....	18
2. Materiales de laboratorio y proceso	19
3. Reactivos y soluciones	20
D. Métodos de análisis	20
1. Caracterización de la carambola.....	20
2. Pruebas preliminares.....	22
3. Pruebas definitivas	22
E. Metodología experimental	23
1. Caracterización de la materia prima.....	23
2. De las pruebas preliminares.....	24
3. De las pruebas finales	26
F. Diseño experimental	28
1. Pruebas preliminares.....	28
2. Pruebas definitivas	30
G. Análisis estadístico	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	32
A. Caracterización de la carambola	32
1. Determinaciones físicas	32

2. Determinaciones físico químico	33
3. Determinación químico proximal	34
B. Pruebas preliminares	37
C. Pruebas definitivas	46
1. Determinación del mejor índice de madurez y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola.	46
2. Determinación del flujograma definitivo para el empaque de carambola ...	51
3. Análisis químico proximal	53
4. Análisis físico - químico	55
5. Análisis de pérdida de peso	58
6. Análisis microbiológicos.....	60
V . CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. BIBLIOGRAFIA	63
VIII. ANEXOS.....	66

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de los laboratorios de química, análisis sensorial, análisis de alimentos, microbiología de los alimentos y en la planta piloto E - 5 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando como materia prima los frutos de carambola (Averrhoa carambola Linn); proveniente de Supte ubicado en la Provincia de Leoncio Prado. Los objetivos fueron: Determinar los parámetros óptimos para el empaçado hipobárico de carambolas al estado fresco enteras, recubiertas con empaques tipo coflex y flexfrut, con la finalidad de prolongar la vida útil, almacenadas en condiciones de refrigeración. Evaluar los aspectos microbiológicos, químico proximal, físico químico y organoléptico del producto envasado, durante el almacenamiento. La metodología seguida para empaçar carambolas, fueron las siguientes: caracterización de la carambola, pruebas preliminares para determinar la mejor presión hipobárica durante el almacenamiento de carambolas, las pruebas definitivas para determinar el mejor índice y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede indicar: El flujograma óptimo para el empaçado hipobárico de carambolas al estado fresco de madurez pintona (índice de madurez de 11,43 a 16,42), fueron: cosecha, recepción de la materia prima, selección / clasificación, lavado (1 ppm de cloro), escurrido (de 10 a 12 minutos), pesado (300 a 350 g por empaque), empaçado hipobárico (350 mbares y sellado de 1,5 segundos), y almacenamiento (7 °C) durante 28 días. El almacenamiento de los frutos de carambola en refrigeración no afecta significativamente la composición química proximal, físico química y organoléptica, además al ser analizados microbiológicamente indica que el producto es apto para el consumo humano. Los empaques utilizados tipo coflex y flexfrut, no presentan diferencia significativa durante el almacenamiento, siendo su comportamiento óptimo en el empaçado de la carambola.

I. INTRODUCCION

La carambola (Averrhoa carambola Linn) es una fruta tropical, nativa de Asia, muy popular en muchas partes del mundo por sus características organolépticas.

En la región de la Selva Peruana especialmente en el alto Huallaga la carambola es utilizada en la alimentación diaria de los habitantes por sus características exóticas propias del fruto:

Sin embargo, la alta perceptibilidad del fruto, las distancias de los cultivos a los mercados de consumo, las dificultades de transporte y las deficiencias del empaque incrementa significativamente la pérdidas post cosecha.

Teniendo en cuenta estos factores es factible el empaque hipobárico de carambolas para prolongar la vida útil del producto, para que de esta manera se disminuya la pérdida durante el manejo post cosecha.

Por esta razón , se planteo los objetivos:

- Determinar los parámetros óptimos para el empaque hipobárico de carambolas al estado fresco enteras, recubiertas con empaques tipo coflex y flexfrut, con la finalidad de prolongar la vida útil, almacenadas en condiciones de refrigeración.
- Evaluar los aspectos microbiológicos, químico proximal, físico químico y organoléptico del producto envasado, durante el almacenamiento.

II. REVISION DE LITERATURA

A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MATERIA PRIMA

1. Consideraciones de la carambola

Calzada (1980), menciona que la carambola es nativa, de la India o Malaya. Esta adaptada a tierras bajas de los trópicos; es un arbusto bajo de 5 a 12 metros de alto, con tronco corto. Los foliolos son alternas y pinnadas, las flores son pequeñas y de pedicelos cortos con 5 sépalos de color rojo oscuro y cinco pétalos blancos amarillento.

2. Generalidades botánicas

Según **FAO (1991)**, La carambola (Averrhoa carambola Linn), es un importante miembro de la familia oxalidaceae.

Según **Calzada (1980)** y **Ochse, et al. (1982)**, la carambola tiene la siguiente clasificación botánica:

Reino : vegetal

Familia : oxalidaceae

Sub familia : oxalidaceae

Especie . : Averrhoa carambola Linn

Calzada (1980), menciona que el fruto es una baya ovoide elíptica de 4 o 5 celdas con 4 o 5 costillas agudas de color amarillo ceroso cuando está maduro, de 5 a 12,5 cm de largo y de 3 a 6 cm de diámetro, la pulpa es jugosa, acidulada. Las semillas están parcialmente encerradas en un arillo húmedo y son ovoides.

La fruta es agrídulce, jugosa y aromática y es rica en vitamina A y C. Se le emplea para preparar néctares, jaleas, mermeladas y confitados, también se le

emplea para ensaladas.

3. Composición química

FAO (1991), menciona que en la carambola al igual que para la mayoría de los tejidos vegetales el agua es su principal constituyente, 90% en peso seco. Su contenido de azúcar fundamentalmente fructuosa y glucosa varia entre 3.5 y 15%, poseyendo los cultivares selectos niveles de Brix entre 7 y 13; el ácido oxálico es el principal ácido. Es un fruto dietético como lo refleja los diferentes estudios que se han realizado sobre la composición del fruto.

Debe señalarse que los frutos verdes de carambola, tienen una considerable cantidad de ácido tartárico que prácticamente desaparece en los frutos maduros.

Cuadro 1. Características y análisis físico - químico del fruto de carambola.

Análisis	Contenido
Peso (g)	100 - 250
Longitud (cm)	25 - 50
Diámetro (cm)	3 - 10
Acidos orgánicos (g/100g)	
Oxálico	0,04 - 0,7
Ascórbico.	14 - 90
Humedad(%)	88,5 - 90
S.S.T.(Brix)	7 - 13
Azucares(fructuosa y glucosa)	3,5 - 15
Proteínas(%)	0,5
Vitamina A (mg/100g)	560
Fibra cruda (%)	0,7 - 0,9
Potasio (mg/100g)	200
Valor calórico (cal/100g)	35

Fuente: **FAO (1991)**

B. COSECHA Y ALMACENAMIENTO DE LA CARAMBOLA

1. Cosecha

FAO (1991), menciona que la cosecha es siempre una tarea delicada, pero aún más en caso de la carambola, fruto no climatérico, en el que el contenido de azúcar no cambia tras la madurez. en consecuencia si se recogen demasiado pronto no se obtendrá un adecuado contenido de azúcar, ambos vitales para la adecuada comercialización y degustación de la fruta.

Bleinroth, et al. (1993), indica que la cosecha debe hacerse cercana al estado de máximo desarrollo de color para asegurar un mayor dulzor, cuando su acidez

y astringencia es menor; su fisiología post cosecha es poco conocida, sabiendo que cuando se cosecha su proceso de maduración prosigue normalmente, con tendencias a perder grandes cantidades de agua, consecuentemente pierde su brillo dando un aspecto de fruta pasada.

Cuadro 2. Índices de color para la recolección de carambola en Malasia.

Índice	Color
1	Verde
2	Trazas en amarillo al 25%
3	25 – 75% de color amarillo
4	75 – 100% de color amarillo
5	Naranja completo

Fuente: FAO (1991)

FAO (1991), menciona que al contrario de otras frutas tropicales la carambola es de peculiar olor, no siempre del gusto de la mayoría de los consumidores, este fruto ha sido descrito como de aroma cálido, fruto etéreo y similar al de la uva y la manzana, aunque los constituyentes del extracto sean algo diferente a los de estos conocidos frutos.

2. Almacenamiento

FAO (1991), El almacenaje del fruto de carambola es entre 5 y 10 °C, dependiendo del grado de madurez del fruto. Así en Malasia se señala que los frutos con un 25% de color amarillo en la piel puede almacenarse entre 1 y 3 semanas entre 20 y 32 °C, 5 semanas a 10 - 15 °C y del orden de nueve semanas a 5 °C, se ha notado que los frutos de algunos cultivares pueden almacenarse hasta 44 días a 5 °C y 85 - 90% de humedad relativa y presentan mejor apariencia, sufren menor pérdida de peso,

restando la senescencia y deterioración del fruto y lo que es aún más importante apenas se afecta la composición de ácidos y azúcar y conservan la capacidad de maduración normal.

FAO (1991), deben sin embargo tenerse en cuenta que los frutos inmaduros (con menos del 25% de color) sufren daños por frío cuando se almacenan a 5 °C durante 4 - 5 semanas. Los síntomas se observan cuando las frutas verdes se colocan a temperaturas más elevadas de 20 °C por algunos días.

Los daños se caracterizan por un cambio de verde a verde oscuro - marrón, así como por la aparición de parches oscuros, sin que se produzca el viraje de la fruta a amarillo. Igualmente las alas muestran también un oscurecimiento. Debe sin embargo señalarse que la fruta del cultivar Arkin puede someterse a temperaturas de 11 °C durante 15 días sin que sufra daños.

El principal problema que reduce la calidad de la carambola almacenada es el pardeamiento, que ocurre mayormente en las zonas rosadas del fruto, pero también en el extremo proximal. La severidad de este desorden depende entre otros factores del estado de madurez en la recolección, siendo más afectados aquellos frutos cosechados más verdes.

A grandes rasgos existen dos grandes grupos de carambolas, los tipos ácidos que deben consumirse tras un proceso de transformación y las carambolas dulces, de reciente selección por el hombre, que se destinan al consumo en fresco.

FAO (1991), indica que las características más deseables que debe adquirir los frutos (aunque ningún cultivar posee estas características) son:

Peso adecuado, forma atractiva, color atractivo, larga vida comercial, época de maduración apropiada, resistencia a estrés durante recolección empaquetado, almacenaje y transporte, adecuada relación acidez/azúcar, resistencia a plagas,

enfermedades y fisiopatías, escaso número de semillas, aceptable grosor de la piel, textura y sabor adecuado y adaptación a diferentes usos.

C. MADURACIÓN Y METABOLISMO DESPUES DE LA COSECHA

Cheftel y Cheftel (1980), menciona que cuando el fruto es separado de su árbol deja de recibir agua y nutrientes y la fotosíntesis cesa, pero la respiración y otras reacciones enzimáticas continúan incluyendo la síntesis de pigmentos y enzimas.

La respiración de los tejidos vegetales consiste en la oxidación de los hidratos de carbono, originando una pérdida de materia seca y disminución del gusto azucarado, consume oxígeno y por eso es importante que las frutas y legumbres almacenadas tengan oxígeno a su disposición, debido a que la anaerobiosis presupone la formación de etanol, tóxico para los tejidos.

Wills y Lee (1984), menciona que la vida de las frutas y hortalizas pueden dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales subsiguientes a la germinación: El crecimiento, la maduración y la senescencia.

El crecimiento y la maduración fisiológica solo se completa cuando permanece unida a la planta que produce, pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden proseguir una vez separada de la planta. Las frutas tras su recolección sufren numerosos cambios físicos y químicos determinantes de su calidad. La maduración organoléptica es un proceso dramático en la vida de la fruta, transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, gustativo y atractivo.

Pantastico (1979), explica que la calidad de las frutas y hortalizas no se puede mejorar, pero se puede conservar. La buena calidad se obtiene cuando la cosecha se hace el estado de madurez apropiado. Las frutas cosechadas inmaduras resulta de mala calidad y maduran en forma irregular. Por otra parte el retraso de la

cosecha de las frutas y hortalizas pueden aumentar su susceptibilidad a la pudrición, resultando de mala calidad y por consiguiente de escaso valor en el mercado.

D. CAUSAS PRINCIPALES DE LA DESCOMPOSICION DE LAS FRUTAS COSECHADAS

Wills y Lee (1984), refiriéndose a los factores posteriores a la recolección que influyen en la calidad indica que la preocupación principal tras la cosecha de las frutas es, cierta el deterioro de la calidad que poseen en el momento de proceder a la recolección, este deterioro puede tener lugar por una serie de factores que pueden ser; metabólicos, transpiración, lesiones mecánicas y agentes microbianos.

1. Daños físicos

Wills y Lee (1984), los daños a la integridad física de un producto constituyen en serio problema de post cosecha, usualmente esos daños se producen por:

Sistemas inadecuados de cosecha, sistemas inadecuados de transporte fuera del campo, manipuleo errado y poco cuidadoso, empaques inadecuados o sobrecargados, transportes y caminos en mal estado, almacenamiento en condiciones no adecuadas y daños ocurridos en el campo.

Los daños físicos de un producto son acumulativos, se pueden producir en cualquier momento durante la vida post cosecha de un producto y sumarse a los daños ya existentes para afectar la longitud de la vida post cosecha o la calidad del producto en cuestión.

2. Daños microbiológicos

Wills y Lee (1984), la más frecuente enfermedad de post cosecha es la antracnosis, causada por el hongo Colletotrichum gloeosporoides, los síntomas

iniciales del ataque son manchas delgadas de color marrón oscuro iniciadas en los bordes del fruto y que luego se agrandan y coalescen desarrollando manchas coloreadas de color salmón que posteriormente se ennegrecen.

Paine y Paine (1992), indica que las frutas y verduras pueden sufrir varias enfermedades de origen fisiológico y microbiológico. Estas últimas son causadas por un relativamente pequeño número de organismos parásitos, atacando a menudo huéspedes específicos según caminos fácilmente reconocibles. Como el crecimiento fúngico y bacteriano es sensible a la temperatura y humedad, está íntimamente relacionada con las condiciones de almacenamiento.

E. CAMBIOS FISIOLÓGICOS QUE SE PRODUCEN EN LA FRUTA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Durante el almacenamiento de la fruta ocurren numerosos cambios tanto físicos como químicos en los que tienen influencia el tipo, madurez, sanidad y tipo de conservación.

1. Cambios físicos

a. Respiración

Cheftel y Cheftel (1980), Menciona que la respiración de los tejidos vegetales consiste en la oxidación de los hidratos de carbono originando una pérdida de materia seca y disminución del sabor azucarado.

Hardenburg (1988), menciona que las frutas frescas y demás productos similares se mantienen vivos y llevan a cabo procesos característicos de la vida vegetal. El más importante de estos procesos es la respiración, o sea, la toma de oxígeno para combinarlos con los compuestos orgánicos, principalmente azúcares.

b. Pérdida de peso

Montaldo (1983), Manifiesta que las pérdidas de peso durante el almacenamiento se debe a la respiración, evaporación y pudrición.

Del Aguila (1986), menciona que es difícil definir la pérdida de peso total producido durante la conservación, sin embargo atribuye que la mayor parte de pérdida de peso está dada por la deshidratación de tuberosas almacenadas con humedad relativa inferior al 80% y asegura que una reducción del 3 a 10% en el contenido de agua hacen que las tuberosas pierdan peso y produzcan algunos cambios en los mismos.

Pantastico (1979), menciona que los factores ambientales, la temperatura, la humedad relativa y la diferencia en presión de vapor, son de importancia en la transpiración. Para reducir al mínimo el encogimiento o arrugado de los productos se requiere de temperaturas bajas, humedad relativa elevada y la diferencia en presión de vapor pequeña.

2. Cambios químicos

Cheftel y Cheftel (1980), menciona que la maduración origina un gran número de compuestos orgánicos volátiles que en parte son responsables del aroma de la fruta, sus funciones en el metabolismo y las reacciones (enzimáticas o no) que inactivan su formación, así mismo menciona que en las principales reacciones bioquímicas de la maduración están las modificaciones de los constituyentes glucósidos, en general el contenido de osas y el sabor azucarado aumenta durante la maduración. Además las sustancias pécticas resultan modificadas durante el crecimiento y la maduración de frutas tales como la manzana, tomate, peras. Estos cambios afectan la paredes celulares y originan ablandamiento

algunas veces excesivos del fruto.

Pantastico (1979), explica que las modificaciones químicas de las frutas después de la cosecha, presentan cambios en los carbohidratos, pectinas, ácidos orgánicos, lípidos, materias volátiles y aminoácidos, y los efectos de estos tienen los diversos atributos cuantitativos de los productos.

Güere (1990), explica que las manzanas durante el almacenamiento hay un aumento de la sacarosa y de azúcares reductores coincidiendo con la hidrólisis del almidón. Las velocidades de variación dependen del grado de madurez en que han sido recolectados.

Pantastico (1979), durante el almacenamiento, los cambios en acidez pueden variar de acuerdo a la madurez y a la temperatura de almacenamiento. Para los tomates rojo - naranja mantenidas a temperatura de ambiente durante 6 días, la acidez titulable disminuye, tomates madurados en almacén no alcanzan el contenido de ácido Ascórbico de los frutos que se maduran en la planta. La disminución del contenido de ácido Ascórbico es más rápido a temperaturas de almacenamiento más elevadas, similar ocurre para los espárragos, limones, naranjas, toronjas.

F. ALMACENAMIENTO HIPOBÁRICO

Wills y Lee (1984), menciona que el almacenamiento hipobárico es una forma de almacenamiento en atmósfera controlada en la que el producto se mantiene en un vacío parcial. La cámara de vacío se ventila constantemente con aire saturado de agua, para mantener una determinada concentración de oxígeno y para evitar la pérdida de peso.

Hardenburg (1988), menciona que la clave para el éxito de los sistemas de

almacenaje hipobáricos se encuentra el control múltiple de la temperatura, la humedad relativa, el intercambio de aire y la presión, y no únicamente en este último aspecto.

Paine y Paine (1992), la alteración de la atmósfera alrededor de los productos frescos causa un cambio en la velocidad de respiración, lo que retrasa la maduración de ciertos productos. Cuando el suministro de oxígeno es normal, la respiración es aeróbica, pero sin oxígeno se transforma en anaerobia, la disminución de concentración de oxígeno dará lugar a una mezcla de ambas respiraciones, que equilibrara el oxígeno y el dióxido de carbono de forma correcta para cada producto.

1. Polietileno

Paine y Paine (1992), Existen numerosos tipos de polietilenos como: polietileno de baja densidad, polietileno lineal de baja densidad y el polietileno de alta densidad. De éstos, el polietileno de baja densidad es el más utilizado en el envasado, casi insoluble en todo los disolventes a temperatura ambiente.

2. Los nylons (poliamidas)

Paine y Paine (1992), fueron preparados inicialmente por condensación con diácidos con diaminas, por tanto el nylon 6,6 es el producto de condensación de ácido adípico y diamino de hexametileno, ambos tienen seis átomos de carbono en la molécula.

Los nylons tienen bastante permeabilidad al vapor humedad, pero proporciona una buena barrera a gases y olores. Las películas de nylon son usadas en láminas para envasado al vacío. Químicamente son resistentes a los ácidos

débiles , pero son atacados por ácidos minerales concentrado y son particularmente resistentes a disolventes orgánicos, aceites y grasas.

Cuadro 3. Algunas propiedades de los plásticos.

Características	Poliaminas	Poliétileno de baja densidad	Poliétileno de alta densidad
Densidad. (kg/m ³)	110 - 119	900 - 930	945 - 965
% de absorción de agua (24 h)	0,3 - 2,8	0,01	0,01
Velocidad de transmisión de vapor de agua (38 °C, 98% HR) (g/25 μ m por m ²)	63 - 340	16 - 24	4,7
Velocidad de transmisión de oxígeno(23/25 °C, 50% HR) (cm ³ /25 μ m/m ² de átomos)	40 - 1400	7100 - 7800	2100 - 2900

Fuente: **Paine y Paine (1992)**

G. EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE LA SENESCENCIA

Paine y Paine (1992), incluso después de la recolección, la fruta y las verduras todavía son productos vivos y el proceso metabólico continua la senescencia no puede frenarse por medio del envasado unitario. El envase debe permitir que el producto respire, evacue el dióxido de carbono y la humedad y tomar oxígeno. El enfriamiento sin embargo, puede retrasar estos procesos.

1. Proceso de crecimiento, respiración y maduración

Paine y Paine (1992), el crecimiento generalmente comprende un corto período inicial de división de células que culmina en la maduración, seguido de los periodos de sazón, senescencia y muerte. Estos procesos se controlan por

hormonas, las quininas y giberelinas están relacionados con la división diferenciación de la célula, las auxinas con el crecimiento y la abscinina y el etileno con la maduración y el sazón.

Una fruta es fisiológicamente madura cuando ha alcanzado su última etapa de crecimiento y ha desarrollado la habilidad de madurar normalmente después de su recolección. Puede ser comercialmente maduro en una etapa más temprana, cuando se han desarrollado suficientemente las características deseadas para que sea comestible.

La mayoría de frutas carnosas, recogidos duros e inmaduros y que tienen una fase característica de maduración también tienen un característico y temporal, aunque marcado aumento de la velocidad de respiración hasta un máximo climático, que normalmente coinciden con los cambios más obvios de maduración. Este aumento climático es acompañado por el aumento en la producción de etileno.

El etileno se produce por los tejidos de todas las plantas y es la hormona natural de maduración responsable de la descomposición de los pigmentos clorofílicos, caída de hojas y maduración de la fruta, probablemente por que induce los sistemas enzimáticos de maduración.

Wills y Lee (1984), menciona que la respiración es un proceso metabólico fundamental tanto en el producto recolectado como en los vegetales vivos. Puede definirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos, como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples como el dióxido de carbono y el agua con la consiguiente liberación de energía.

Cuadro 4. Velocidad de producción de etileno de algunas frutas y verduras comunes.

Velocidad Relativa ($\mu\text{l/Kgh}$)	Producto
Muy baja < 0,1	Cereza, dátiles, cítricos, subarbo, tomates, espárragos y mayoría de verduras de raíz y hoja
Baja 0,1 - 1,0	Fresas y similares, aceitunas, piña, melón, judías verdes, pepinos y pimientos.
Moderada 1,0 - 10	Plátanos, variedades de melón, lichis, mangos ciruelas.
Alto 10 - 100	Albaricoque, aguacates, nectarinos, papayas, melocotones, peras.
Muy alta > 100	Manzanas, fruta de la pasión.

Fuente: **Paine y Paine (1992)**

2. Efectos del etileno

Wills y Lee (1984), menciona que generalmente se admite que el precursor del etileno es el aminoácido metionina y que la conversión del mismo en etileno en los tejidos vegetales, exigen necesariamente la presencia de oxígeno molecular.

Badui (1994), menciona que en la maduración de los frutos climatéricos, como el plátano, el etileno provoca la activación de diversas enzimas que catalizan la síntesis de fructuosa, glucosa y sacarosa a partir del almidón, por su importancia destacan la sacarasa sintetasa y la invertasa.

Wills y Lee (1984), Las frutas climatéricos pueden distinguirse de los no climatéricos en virtud de su respuesta al etileno exógeno y de la pauta de síntesis por ello durante la maduración organoléptica. Todos los frutos producen pequeñas cantidades de etileno a lo largo de su desarrollo. Sin embargo,

durante la maduración organoléptica los frutos climatéricos lo producen en cantidades mucho mas elevados que los no climatéricos. Las diferencias entre ambas frutas se entienden a otros aspectos por ejemplo las concentraciones internas de Etileno varían ampliamente en las frutas climatéricos, pero no en los no climatéricos los que apenas se diferencian las tasas reinantes durante el desarrollo y los alcanzados durante la maduración organoléptica

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Región Andrés Avelino Cáceres. Tingo María esta situado a 664 m.s.n.m. con una humedad relativa promedio de 80% y temperatura ambiental promedio anual de 24,5 °C. Teniendo como apoyo los siguientes laboratorios de: análisis de alimentos, microbiología de los alimentos, análisis sensorial, química, tecnología de carnes y la Planta Piloto E-5

Los reconocimientos previos al estudio y al desarrollo del presente trabajo, se realizó durante los meses de marzo a noviembre de 1999.

B. MATERIA PRIMA

Para las pruebas preliminares y definitivos se emplearon los frutos de carambola (Averrhoa carambola Linn) pintona, semimadura y madura que se determinó experimentalmente; los cuales fueron acopiados de fundos ubicados en Supte a 3,5 km de Tingo María.

C. EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS

1. Equipos de laboratorio

- Empacadora al vacío, modelo a 300/16 de fabricación Alemana, marca multivac.
- Espectrofotómetro molecular, modelo espectral 20, rango de longitud 340-960 nm, marca Bauch & Lomb.
- Estufa bacteriológica con termostato para temperatura regulable de 0-300 °C,

marca Lab-line. Instruments inc. melrose park t11.

- Balanza electrónica, sensibilidad 0,0001g EE.UU. marca sortorius.
- Balanza electrónica, sensibilidad 0,1g EE.UU. marca sortorius.
- Equipo extractor soxhlet.
- Equipo de reflujo para determinación de fibra.
- Equipo de filtración a vacío.
- Plato de calentamiento con agitador.
- vernier.
- Potenciómetro, rango de pH 0-14 , marca schott, modelo cg-840.
- Mufla esztergom con termostato para temperatura regulable de 0-1200 °C.
- Cocina digestora simi-micro kjeldahl.
- Equipo de destilación y recolección simi-micro kjeldahl.
- Estufa a vacío con termostato regulable de 10-100 °C marca esztergom.

2. Materiales de laboratorio y proceso

- Empaques transparentes tipo Coflex (40% poliaminas, 30% polietileno amorfo, 30% polietileno de promedio densidad) y Flexfrut (70% poliaminas, 15% de polietileno amorfo y 15% de polietileno de baja densidad), ambos tienen 70 micras de espesor.
- Balones de vidrio, cap.100, 500 y 1000ml.
- Buretas , fiolas, pipetas, goteros, placas petri y luna de reloj.
- Vasos de precipitación, cap. 50, 100, 250, 500 y 1000ml.
- Campanas de desecación.
- Pesa filtros.
- Probetas, cap. 50, 100 y 500ml.
- Tubos de espectrofotometría.

- Papel filtro wathman número 42 y papel de filtración rápida.
- Cápsula magnética.
- Crisoles de porcelana.
- Balones de digestión de proteínas.
- Pinzas metálicas.
- Pizetas.

3. Reactivos y soluciones

- Acido bórico al 2%
- NaOH al 40 %, y 0,1N.
- Indicador : rojo de metilo + azul de metileno.
- Indicador de fenolftaleina al 1%.
- Hidróxido de sodio al 1,25%.
- Hexano.
- Acido sulfúrico al 98% y 1,25%.
- 2,6 dicloro fenolindofenol.
- Acido Ascórbico.
- Reactivos para análisis microbiológicos.

D. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Caracterización de la carambola

a. Características físicas

1) Medidas biométricas

Se utilizó el " vernier " midiendo en la carambola longitud, diámetro y peso.

b. Analisis fisico-quimico**1) pH**

Se determinó siguiendo el método potenciométrico 11.032 (AOAC, 1996).

2) Sólidos solubles

Se determinó por el método 932.12 (AOAC, 1997), mediante el refractómetro; expresados en grados Brix.

3) Acidez titulable

Se determinó con hidróxido de sodio 0,1N; expresado en porcentaje de ácido oxálico predominante en la carambola. Método 942.15 (AOAC, 1997).

4) Índice de madurez

Se determinó por la relación del porcentaje de sólidos solubles sobre la acidez titulable, indicado por **Bleinroth, et al. (1993)**.

c. Analisis quimico-proximal**1) Humedad**

Se realizó por el método 930.04 (AOAC, 1997).

2) Proteína bruta

Se determinó por el método 930.07 (AOAC, 1997).

3) Grasa bruta

Se determinó por el método 930.09 (AOAC, 1997)

4) Fibra bruta

Se determinó por el método 962.0.9E (AOAC, 1997).

5) Cenizas totales

Se determinó por el método 930.05 (AOAC, 1997).

6) Carbohidratos totales

Se determinó por diferencia de los demás componentes(**Hart, Fisher, 1991**)

2. Pruebas preliminares

a. Determinación de la mejor presión hipobárica durante el almacenamiento de carambola

1) Evaluación sensorial

Fue sometido a evaluación según escala hedónica estructurada (**Mackey, 1984**)

3. Pruebas definitivas

a. Determinación del mejor índice de madurez y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola

1) Evaluación sensorial de la carambola

El análisis al que se sometió fue:

- Prueba por escala hedónica estructurada (**Mackey, 1984**)

2) Análisis químico proximal

Los análisis se realizaron por los métodos recomendados por la **AOAC (1997)**

3) Análisis fisicoquímicos

- **Vitamina C**

Se determinó por el método espectrofotométrico 967.21 (**AOAC, 1996**)

4) Análisis de pérdida de peso

Se realizaron durante las 4 semanas de almacenamiento para ver la pérdida de agua en la carambola y en los distintos empaques utilizados tipos Coflex y Flexfrut

5) Análisis microbiológico

El análisis microbiológico que se determinó fue: de mohos y levaduras recomendado por ICMSF (1983)

E. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

A continuación se presentan las diversas etapas del trabajo de investigación:

1. Caracterización de la materia prima

a. Características físicas

1. Medidas biométricas

Se realizó con la finalidad de determinar el diámetro, longitud y peso de las carambolas pintonas, semimaduras y maduras.

b. Análisis fisicoquímico

Se realizó con la finalidad de determinar los rangos de pH, sólidos solubles, acidez titulable y el índice de madurez de las carambolas pintonas, semimaduras y maduras.

c. Análisis químico proximal

Se realizó con la finalidad de verificar si los componentes de la carambola permanecen invariables durante el almacenamiento en refrigeración.

2. De las pruebas preliminares

a. Determinación de la mejor presión hipobárica durante el almacenamiento de carambola

Para determinar las mejor presión se sometieron a las carambolas pintonas, semimaduras y maduras a tres presiones hipobáricas de 150, 250 y 350 mbares, y en dos empaques diferentes, de tipo Coflex y Flexfrut, como se muestra en la Figura 1

- 1) **Cosecha.** Se cosecharon frutas de carambola procedentes de la zona de Supte, se realizó en forma manual y con sumo cuidado evitando en lo posible dañar los frutos.
- 2) **Recepción de la materia prima.** Se realizó con la finalidad de verificar el buen estado de las carambolas cosechadas.
- 3) **Selección / clasificación.** Se realizó una selección de la carambola en base al índice de madurez, también se tomaron en cuenta el tamaño, aspecto general y fitosanitario.
- 4) **Lavado.** Las carambolas seleccionadas y clasificadas se sometieron a un lavado por inmersión en agua potable de 1 ppm de cloro, cuidando que los frutos no sean golpeados.,
- 5) **Escurrido.** Se realizó un escurrido sobre mallas durante 10 -12 minutos.
- 6) **Pesado.** Se realizó con una balanza semi analítica, entre 300 a 350 g. de fruta.
- 7) **Empacado hipobárico.** Se empacaron en bandejas de technoport con presiones hipobáricas de 150, 250, 350 mbares y con un sellado de 1,5 seg, y con dos empaques, uno tipo Coflex y el otro tipo Flexfrut..
- 8) **Almacenamiento.** Se almacenó a una temperatura de refrigeración de 7°C.

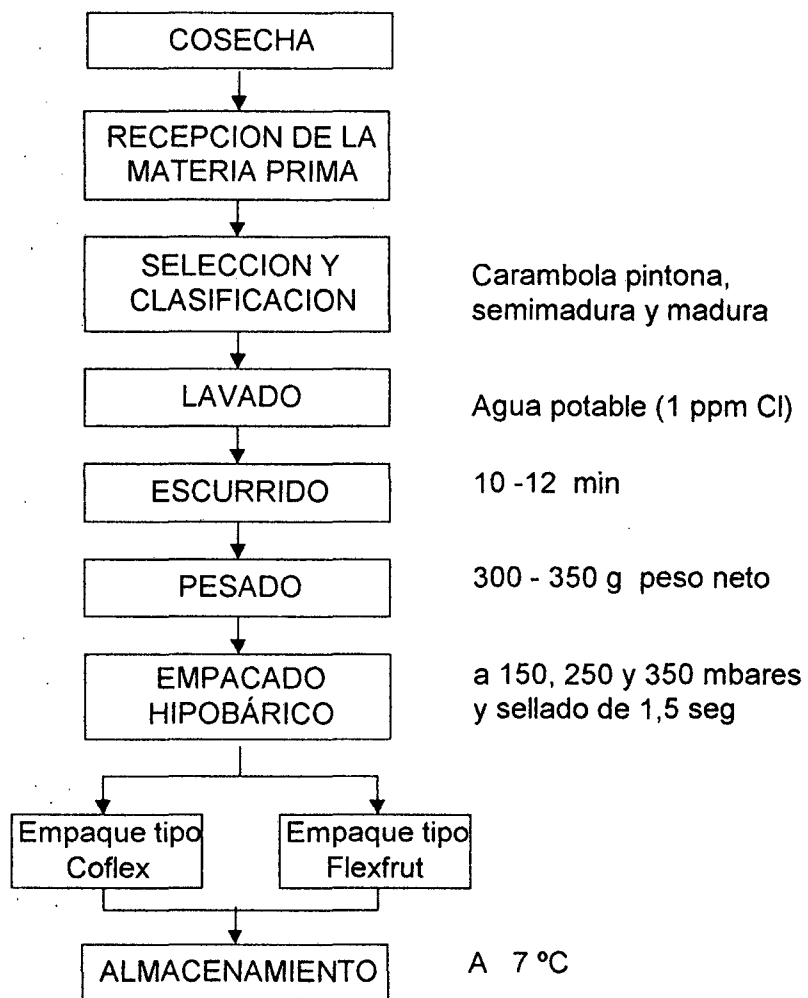


Figura 1. Diagrama de flujo para determinar la mejor presión hipobárica durante el almacenamiento de carambola

3. De las pruebas finales

a. **Determinación del mejor índice de madurez y empaque durante el almacenamiento de carambola**

De las pruebas preliminares se determinó la mejor presión hipobárica, y posteriormente se empacaron carambolas pintonas, semimaduras y maduras, a una presión de 350 mbares y con empaques tipo Coflex y Flexfrut, como se muestra en la Figura 2.

a. **Cosecha.** Se cosecharon frutas de carambola procedentes de la zona de Supte, se realizó en forma manual y con sumo cuidado evitando en lo posible dañar los frutos.

b. **Recepción de la materia prima.** Se realizó con la finalidad de verificar el buen estado de las carambolas cosechadas.

c. **Selección / clasificación.** Se realizó una selección de la carambola en base al índice de madurez, también se tomaron en cuenta el tamaño, aspecto general y fitosanitario.

d. **Lavado.** Las carambolas seleccionadas y clasificadas se sometieron a un lavado por inmersión en agua potable de 1 ppm de cloro, cuidando que los frutos no sean golpeados.

e. **Escurrido.** Se realizó un escurrido sobre mallas durante 10 -12 minutos.

f. **Pesado.** Se realizó con una balanza semi analítica, entre 300 a 350 g. de fruta.

g. **Empacado hipobárico.** Se empacaron en bandejas de technoport con presión hipobárica de 350 mbares y con un sellado de 1,5 seg, y con dos empaques, uno tipo Coflex y el otro tipo Flexfrut..

h. **Almacenamiento.** Se almacenó a una temperatura de refrigeración de 7°C.

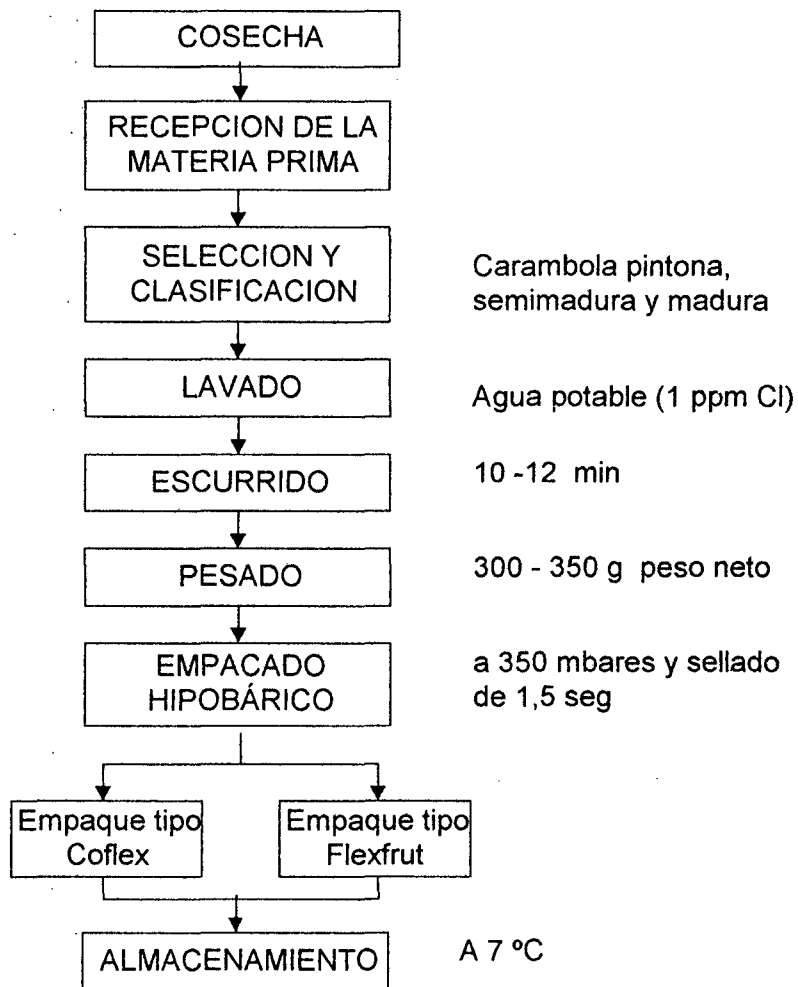


Figura 2 Diagrama de flujo para determinar el mejor índice de madurez y empaque durante el almacenamiento de carambola

F. DISEÑO EXPERIMENTAL

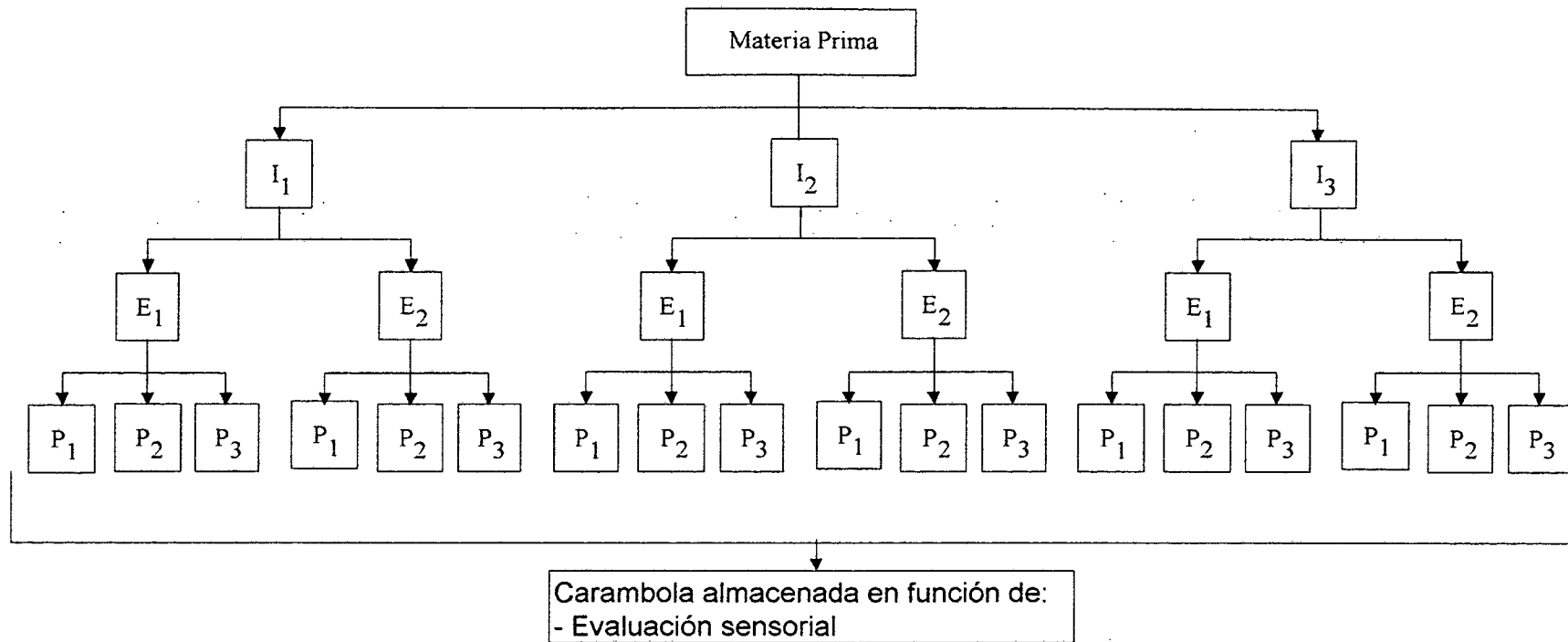
Los diseños experimentales se representan esquemáticamente en las Figuras 3 y 4

1. Pruebas preliminares

a. Determinación de la mejor presión hipobárica para empacar carambolas

La determinación de la mejor presión hipobárica se realizó teniendo en cuenta las condiciones de conservación hipobárica universal (**Herrero y Guardia 1992**).

Que se muestra en el anexo 2.



Carambola almacenada en función de:
- Evaluación sensorial

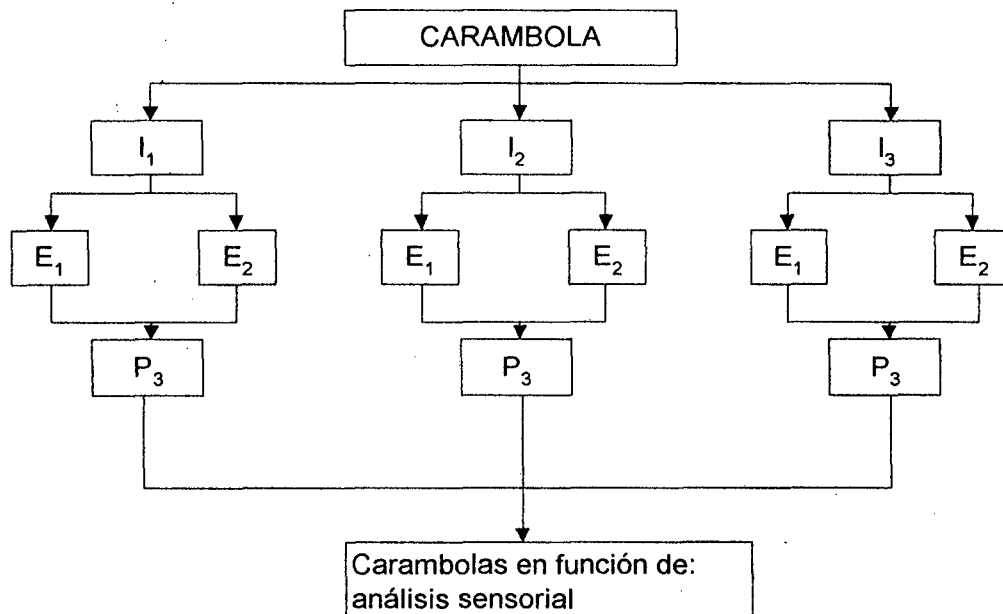
Donde

- I_1 = Pintona (primer índice de madurez).
- I_2 = Semimadura (Segundo índice de madurez).
- I_3 = Madura (tercer índice de madurez).
- E_1 = Empaque tipo Coflex.
- E_2 = Empaque tipo Flexfrut.
- P_1 = Presión hipobárica de 150 mbares.
- P_2 = Presión hipobárica de 250 mbares.
- P_3 = Presión hipobárica de 350 mbares

Figura 3. Diseño experimental utilizado para determinar la mejor presión hipobárica para empacar carambola

2. Pruebas definitivas

a. Determinación del mejor índice de madurez y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola



Donde

I_1 = Pintona (primer índice de madurez).

I_2 = Semimadura (Segundo índice de madurez).

I_3 = Madura (tercer índice de madurez).

E_1 = Empaque tipo Coflex.

E_2 = Empaque tipo Flexfrut.

P_3 = Presión hipobárica de 350 mbares

Figura 4. Diseño experimental para determinar el mejor índice de madurez y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola.

G. ANALISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la mejor presión de vacío, el mejor índice de madurez y el mejor empaque para carambolas, se utilizó la prueba de FRIEDMAN para el análisis no paramétrico a un nivel de significancia de 5% **Steel y Torrie (1985)**, para determinar que tratamientos fueron significativamente diferentes se hizo la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), **Natividad (1989)**.

Los pasos para la obtención de varianza no paramétrico (prueba de FRIEDMAN) son las siguientes:

1. Obtención del valor chi cuadrado observado

$$\chi_0^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^k Ri^2 - 3n(k+1)$$

Donde: n = N° de panelistas

k = N° de tratamientos

2. Obtención del chi cuadrado crítico

Buscar el valor crítico en la tabla de distribución chi cuadrado con grados de libertad (k-1) y el nivel de significancia de 5%.

si:

$\chi_0^2 \leq \chi_c^2$, los tratamientos no difieren significativamente entre si

$\chi_0^2 > \chi_c^2$, existen por lo menos dos tratamientos que difieren significativamente entre si

3. Obtención de la diferencia mínima significativa

Cuando el valor chi cuadrado calculado es mayor que chi cuadrado crítico, obtenemos la diferencia mínima significativa, para determinar cual de los tratamientos fue significativamente diferente.

$$DMS = Q \sqrt{\frac{nk(k+1)}{12}}$$

Donde Q: constante que depende del numero de tratamientos y el nivel de significancia, buscar en la tabla de valores de amplitud Q de comparación múltiple. En el anexo 9 se ilustra con un ejemplo.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

A. CARACTERIZACION DE LA CARAMBOLA

1. Determinaciones físicas

a. Medidas biométricas

En el Cuadro 5 y anexos 3, 4 y 5, se muestran el promedio de las medidas biométricas peso, longitud y diámetro de las carambolas pintonas, semimaduras y maduras.

Se aprecia que las carambolas pintonas están en un promedio de $101,5 \pm 14,889$ g de peso, $8,925 \pm 0,415$ cm de longitud y $6,454 \pm 0,234$ cm de diámetro.

En las carambolas semimaduras se encuentran en un promedio de $117,5 \pm 4,610$ g de peso, $9,935 \pm 0,271$ cm de longitud y $6,701 \pm 0,146$ cm de diámetro.

Mientras que las carambolas maduras están en un promedio de $113 \pm 8,888$ g de peso, $9,844 \pm 0,361$ cm de longitud y $6,773 \pm 0,242$ cm de diámetro.

Analizado las medidas biométricas, podemos afirmar que los frutos no se encuentran dentro de los rangos de longitud (25 a 50 cm), pero en cuanto al peso (100 a 250 g) y al diámetro (3 a 10 cm) si se encuentra en el rango mencionado por la FAO (1991).

Esto es debido a que existen numerosos tipos de cultivares, Arkin, Kary, Fwang Tunk y Demak, Weller, et al. (1997).

Cuadro 5. Promedio de las medidas biométricas de la carambola pintona, semimadura y madura.

Estado de madurez	Peso(g)	Longitud(cm)	Diámetro(cm)
Pintón	101,5 ± 14,889	8,925 ± 0,415	6,454 ± 0,234
semimaduro	117,5 ± 4,610	9,935 ± 0,271	6,701 ± 0,1455
Maduro	113,0 ± 8,888	9,844 ± 0,351	6,773 ± 0,242

Los valores representan (promedio ± SEM). Los datos provienen de los experimentos cada uno analizados por décimas muestras.

2. Determinaciones físico químico

En el Cuadro 6 se presenta las variaciones de la acidez titulable, pH, sólidos solubles e índice de madurez.

Bleinroth, et al.(1993), manifiesta que con la maduración de la fruta la cantidad de sólidos solubles se incrementa como se observa en dicho Cuadro, cuyos estados de madurez de los frutos van de pintona, semi madura y madura; por lo tanto, los sólidos solubles pueden ser considerados como un indicador de madurez de la fruta.

El pH disminuye conforme aumenta la madurez fisiológica de la fruta, sin embargo por tener bajo pH de 2,00 a 0,48 la carambola esta considerado dentro del grupo de frutas ácidas. Los sólidos solubles pueden llegar en frutas maduras hasta 12,7 grados brix (anexo 8), sin embargo **Malpartida (1988)**; menciona que la carambola madura tiene un pH de 2,8 y 7 grados brix; según **Cheftel y Cheftel (1980)**, la maduración presupone un descenso de la acidez.

Cuadro 6. Promedio de las medidas físico - químicas de los frutos de carambola pintona, semimadura y madura.

Estado de madurez	Acidez	pH	Grados brix	Indice de madurez
Pintón	0,54 ± 0,014	2,00 ± 0,037	7,78 ± 0,161	14,44 ± 0,464
semimaduro	0,49 ± 0,012	1,96 ± 0,397	8,00 ± 0,786	17,96 ± 0,850
Maduro	0,36 ± 0,012	0,48 ± 0,075	10,36 ± 0,391	28,86 ± 1,709

Los valores representan (promedio ± SEM). Los datos provienen de los experimentos cada uno analizados por décimas muestras.

3. Determinación químico proximal

En el Cuadro 7 y anexos 6, 7 y 8, se observa los valores porcentuales de los diversos componentes del fruto de carambola en sus tres índices de madurez (pintona, semimadura, madura).

El análisis de humedad realizado en la fruta de carambola, se encuentran ligeramente inferior a lo indicado por **Malpartida (1988)**, que establece 92,80 a 94,05 %; esto sería como lo manifiesta la **FAO (1991)**, que existen diferencias entre cultivares, influenciado por el clima, la estación y la variedad.

En cuanto a los otros componentes no existe diferencia significativa, pero en cuanto a la fibra según el Cuadro 1 y Cuadro 7 podemos decir que la variación es significativa, esto debido a que las carambolas analizadas fueron estudiadas con cáscara, pulpa y semilla.

Cuadro 7. Análisis químico proximal de los frutos de carambola frescos.

Componente (%)	Carambolas frescas		
	Pintonas	Semimadura	Madura
Humedad	89,55	92,22	90,85
Proteína	0,68	0,59	0,65
Grasa	0,09	0,08	0,07
Fibra	2,38	3,73	2,57
Ceniza	0,23	0,26	0,32
Carbohidratos	7,08	3,12	5,79

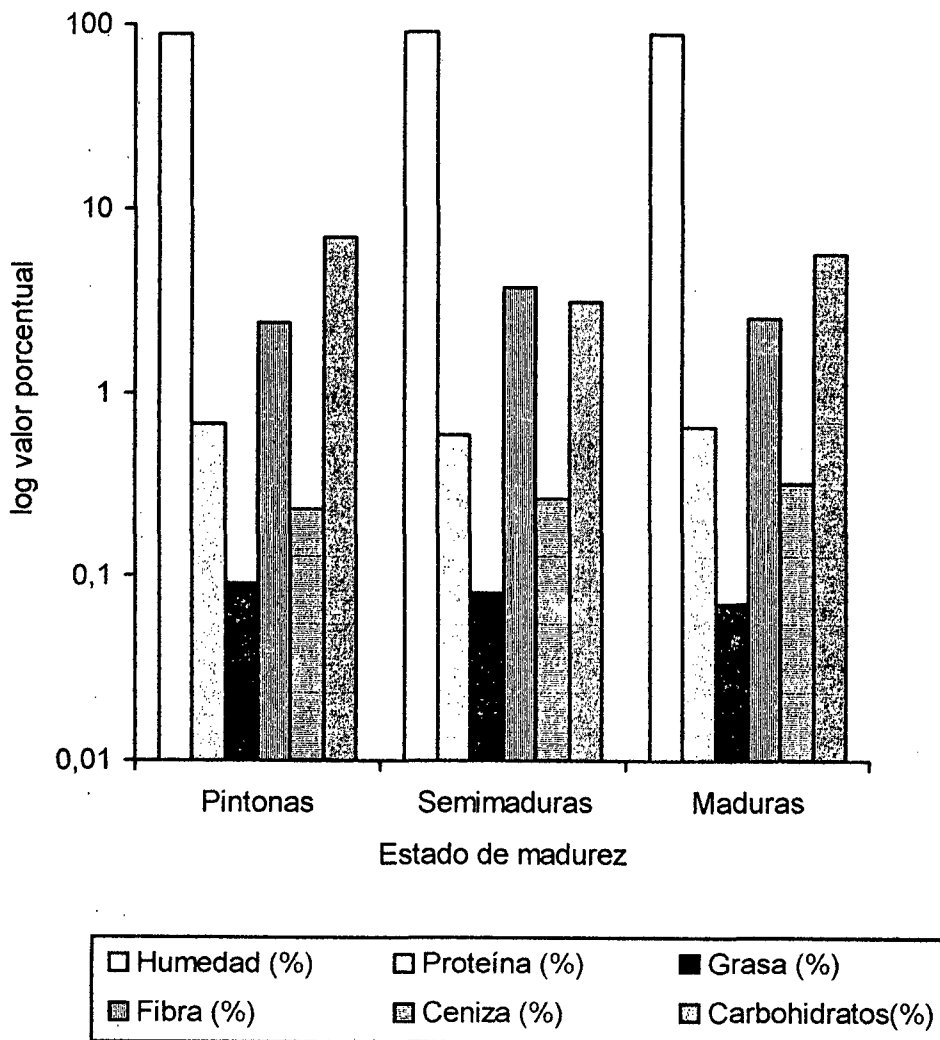


Figura 5. Composición química proximal del fruto de carambola en diferentes estados de madurez (log de la composición porcentual)

Cuadro 8. Resultado del análisis no paramétrico de carambola pintona y el empaque tipo Coflex

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
APARIENCIA GENERAL	P ₂	32,0	ns	P ₁	31,5	ns	P ₂	30,5	ns	P ₁	33,0	ns
	P ₃	30,5		P ₃	29,5		P ₁	30,0		P ₂	31,5	
	P ₁	27,5		P ₂	29,0		P ₃	29,5		P ₃	29,5	
COLOR	P ₁	34,5	ns	P ₁ a	37,0	*	P ₂	32,0	ns	P ₂	32,0	ns
	P ₂	32,5		P ₂ a	33,5		P ₁	29,0		P ₃	29,0	
	P ₃	23,0		P ₃ b	19,5		P ₃	29,0		P ₁	29,0	
OLOR	P ₂	34,0	ns	P ₂	34,5	ns	P ₂	32,5	ns	P ₁	31,0	ns
	P ₁	33,5		P ₁	33,5		P ₁	30,0		P ₂	30,5	
	P ₃	22,5		P ₃	22,0		P ₃	28,5		P ₃	28,5	
SABOR	P ₂ a	35,5	*	P ₁	34,5	ns	P ₂	31,5	ns	P ₂	30,5	ns
	P ₁ ab	33,0		P ₂	31,5		P ₁	30,0		P ₃	30,0	
	P ₃ b	21,5		P ₃	24,0		P ₃	28,5		P ₁	29,5	

P₁ = Presión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Presión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Presión hipobárica de 350 mbar

Cuadro 9. Resultado del análisis no paramétrico de carambola pintona y el empaque tipo Flexfrut

ARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
	P ₁	32,5	ns	P ₁	30,5	ns	P ₂	32,0	ns	P ₂	33,0	ns
P ₃	31,5	P ₂		30,0	P ₁		31,0	P ₁		31,0		
P ₂	26,5	P ₃		29,5	P ₃		27,0	P ₃		26,0		
COLOR	P ₁ a	35,5	*	P ₁	32,5	ns	P ₂	31,5	ns	P ₂	31,0	ns
	P ₃ a	32,5		P ₂	32,0		P ₃	30,5		P ₃	29,0	
	P ₂ b	22,5		P ₃	25,5		P ₁	28,0		P ₁	27,5	
OLOR	P ₁	36,5	ns	P ₁	35,0	ns	P ₁	31,0	ns	P ₃	35,5	ns
	P ₃	32,5		P ₂	32,0		P ₂	30,5		P ₁	29,0	
	P ₂	22,5		P ₃	23,0		P ₃	28,5		P ₂	25,5	
SABOR	P ₁ a	39,0	*	P ₂	32,5	ns	P ₁	31,5	ns	P ₃	34,5	ns
	P ₃ b	26,0		P ₁	32,5		P ₃	29,5		P ₁	29,5	
	P ₂ b	25,0		P ₃	25,0		P ₂	29,0		P ₂	26,0	

P₁ = Prisión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Prisión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Prisión hipobárica de 350 mbar

En los Cuadros 10 y 11 se trabajó con frutos semimaduros utilizando empaques tipo coflex y flexfrut, que fue sometido a cuatro evaluaciones organolépticas, en relación al tiempo, teniendo en cuenta las presiones P_1 (150 mbar), P_2 (250 mbar) y P_3 (350 mbar).

El ordenamiento de preferencia de la apariencia general y color, tanto para el empaque tipo coflex y flexfrut a un nivel de significancia del 5%, resultan no significativa en las carambolas semimaduras, teniendo menor ordenamiento la presión P_1 (150 mbar), seguido por la P_3 (350 mbar), pero por razones económicas, facilidad y rapidez del empackado elegimos la presión P_3 (350 mbar) como el óptimo. En general el ordenamiento de preferencia del olor y sabor en los empaques tipo coflex y flexfrut, resultan no significativa, teniendo menor ordenamiento la presión P_1 (150 mbar), seguida por la presión P_3 (350 mbar), pero por razones ya expuestas elegimos la presión P_3 (350 mbar) como el óptimo.

Hardenburg (1988), menciona que las frutas inmaduras presentan una calidad pobre al comerlas y tienden a encogerse durante el almacenamiento, también son mas susceptibles a sufrir daños propios del almacenamiento.

Weller, et al. (1997), indica que en el estudio de almacenamiento de la fruta de carambola existe ligero oscurecimiento cuando es empackado a vacío.

Cuadro 10. Resultado del análisis no paramétrico de carambola semimadura y el empaque tipo Coflex

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
APARIENCIA GENERAL	P ₂	34,5	ns	P ₁	31,5	ns	P ₃	34,5	ns	P ₂	31,5	ns
	P ₁	29,0		P ₂	30,5		P ₂	28,5		P ₃	30,0	
	P ₃	26,5		P ₃	28,5		P ₁	27,0		P ₁	28,5	
COLOR	P ₂	35,0	ns	P ₂	34,0	ns	P ₂	31,5	ns	P ₂ a	40,5	*
	P ₃	28,0		P ₁	28,0		P ₁	30,0		P ₃ a b	28,0	
	P ₁	27,0		P ₃	28,0		P ₃	28,5		P ₁ b	21,5	
OLOR	P ₃	31,5	ns	P ₂	31,5	ns	P ₂	34,0	ns	P ₂ a	39,5	*
	P ₂	29,5		P ₃	30,0		P ₃	34,0		P ₃ b	25,5	
	P ₁	29,0		P ₁	28,5		P ₁	26,5		P ₁ b	25,0	
SABOR	P ₂	33,0	ns	P ₃	32,5	ns	P ₃	32,0	ns	P ₂ a	40,0	*
	P ₁	30,5		P ₁	30,0		P ₂	29,5		P ₁ b	26,0	
	P ₃	26,5		P ₂	27,5		P ₁	28,5		P ₃ b	24,0	

P₁ = Presión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Presión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Presión hipobárica de 350 mbar

Cuadro 11. Resultado del análisis no paramétrico de carambola semimadura y empaque tipo Flexfrut

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
APARIENCIA GENERAL	P ₃	33,0	ns	P ₃	31,0	ns	P ₃	32,5	ns	P ₃	35,5	ns
	P ₁	29,0		P ₂	29,0		P ₂	30,5		P ₂	31,0	
	P ₂	28,0		P ₁	29,0		P ₁	27,0		P ₁	23,5	
COLOR	P ₂	32,5	ns	P ₁	34,5		P ₂	32,5	ns	P ₂	32,5	ns
	P ₃	30,0		P ₂	32,0		P ₃	31,5		P ₃	30,5	
	P ₁	27,5		P ₃	23,5		P ₁	26,0		P ₁	27,0	
OLOR	P ₂	30,5	ns	P ₁	30,0	ns	P ₂	33,0	ns	P ₂	32,5	ns
	P ₃	30,0		P ₂	30,0		P ₃	31,0		P ₃	31,5	
	P ₁	29,5		P ₃	26,5		P ₁	26,0		P ₁	26,0	
SABOR	P ₃ a	32,0	*	P ₂	32,5	ns	P ₂	31,0	ns	P ₃ a	30,5	ns
	P ₂ a	31,0		P ₃	30,0		P ₃	30,0		P ₂ a	30,0	
	P ₁ b	26,0		P ₁	27,5		P ₁	29,0		P ₁ a	29,5	

P₁ = Presión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Presión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Presión hipobárica de 350 mbar

En los Cuadros 12 y 13 se trabajó con carambolas maduras utilizando los mismos empaques tipo coflex y flexfrut, que fue sometido a cuatro evaluaciones organoléptica, en relación al tiempo, teniendo en cuenta las presiones P_1 (150 mbar), P_2 (250 mabr) y P_3 (350 mbar).

El ordenamiento de preferencia de apariencia general, en el empaque tipo coflex a los 28 días resulta significativa, lo cual nos indica que la presión P_1 (150 mbar) y P_3 (350 mbar), son estadísticamente iguales, además en los días 14 y 21 el ordenamiento nos indica que la presión P_3 (350 mbar), es el mejor, en el empaque tipo flexfrut, no existe diferencia significativa, teniendo menor ordenamiento la P_1 (150 mbar), seguida por la presión P_3 (350 mbar) y P_2 (250 mbar), pero por razones ya expuestas escogemos la presión P_3 (350 mbar).

En cuanto al ordenamiento de color, tanto en el empaque tipo coflex y flexfrut, la diferencia es no significativa, teniendo menor ordenamiento la presión P_3 (350 mbar).

En general el ordenamiento de preferencia tanto del olor como el sabor, la diferencia estadística a un nivel del 5% es no significativa, teniendo menor ordenamiento la presión P_3 (350 mbar).

Hardenburg (1988), manifiesta que la fruta recolectada en plena madurez se ablandarán prematuramente y tendrán una vida corta de almacenamiento.

Cuadro 12. Resultado del análisis no paramétrico de carambola madura y empaque tipo Coflex .

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
APARIENCIA GENERAL	P ₂	32,5	ns	P ₁	32,0	ns	P ₁	32,0	ns	P ₂ a	41,5	*
	P ₃	30,0		P ₂	29,0		P ₂	30,5		P ₁ b	27,5	
	P ₂	27,5		P ₃	29,0		P ₃	27,5		P ₃ b	21,0	
COLOR	P ₁	34,5	ns	P ₂	31,5	ns	P ₁	31,0	ns	P ₂ a	44,0	*
	P ₂	28,5		P ₁	31,5		P ₂	30,0		P ₁ b	24,5	
	P ₃	27,0		P ₃	26,0		P ₃	28,5		P ₃ b	21,5	
OLOR	P ₁ a	36,5	*	P ₁	34,0	ns	P ₁	33,0	ns	P ₂ a	42,5	*
	P ₂ a	33,5		P ₂	32,0		P ₂	31,5		P ₁ b	27,5	
	P ₃ b	19,5		P ₃	24,0		P ₃	25,5		P ₃ b	20,0	
SABOR	P ₁ a	37,5	*	P ₁	33,5	ns	P ₂	32,5	ns	P ₂ a	43,0	*
	P ₂ ab	30,0		P ₂	32,5		P ₁	32,5		P ₁ b	29,0	
	P ₃ b	22,5		P ₃	24,0		P ₃	26,5		P ₃ b	18,0	

P₁ = Presión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Presión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Presión hipobárica de 350 mbar

Cuadro 13. Resultado del análisis no paramétrico de carambola madura y el empaque tipo Flexfrut

ARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
ARIENCIA GENERAL	P ₂	31,5	ns	P ₂	32,0	ns	P ₁	32,5	ns	P ₂	36,5	ns
	P ₃	31,5		P ₃	31,0		P ₃	31,0		P ₁	27,0	
	P ₁	27,0		P ₁	27,0		P ₂	29,0		P ₃	26,5	
COLOR	P ₃	32,0	ns	P ₂	31,0	ns	P ₂	33,0	ns	P ₁	37,5	ns
	P ₁	31,5		P ₃	30,0		P ₁	28,5		P ₂	26,5	
	P ₂	25,5		P ₁	29,0		P ₃	28,5		P ₃	26,0	
OLOR	P ₂	31,5	ns	P ₂	31,5	ns	P ₃	31,0	ns	P ₁	31,5	ns
	P ₃	29,5		P ₃	31,5		P ₂	30,5		P ₃	29,5	
	P ₁	25,5		P ₁	27,0		P ₁	28,5		P ₂	29,0	
SABOR	P ₁	31,5	ns	P ₃	33,5	ns	P ₃	32,0	ns	P ₁	31,0	ns
	P ₃	29,5		P ₂	30,5		P ₂	29,0		P ₂	29,5	
	P ₂	29,0		P ₁	26,0		P ₁	28,0		P ₃	29,5	

P₁ = Prisión hipobárica de 150 mbar

P₂ = Prisión hipobárica de 250 mbar

P₃ = Prisión hipobárica de 350 mbar

C. PRUEBAS DEFINITIVAS

1. Determinación del mejor índice de madurez y empaque utilizado en el almacenamiento de carambola.

En las pruebas definitivas se determinó el mejor índice de madurez para empacar carambolas .

En los Cuadros 14 y 15 se presentan los resultados del análisis no paramétrico de carambolas pintonas, semimaduras y maduras, con dos empaques tipo coflex y flexfrut, la cual fue sometida a cuatro evaluaciones organoléptica con respecto al tiempo, teniendo en cuenta la presión P_3 (350 mbar), resultado que se obtuvo de las pruebas anteriores. Teniendo una disponibilidad de O_2 de 5,25 % por bandeja de medio kilogramo de tecnoport en cada empaque de tipo coflex y flexfrut, cuyo calculo se encuentra en el anexo 2.

Al realizar el ordenamiento de preferencia para la apariencia general, en los dos tipos de empaque, existiendo diferencia significativa un nivel de 5%, resultando que el índice I_1 (pintona), es diferente estadísticamente al índice I_2 (semimadura), y el índice I_3 (madura), además teniendo el menor ordenamiento la carambola pintona.

En general el ordenamiento de preferencia para el color, olor y sabor, en los empaques tipo coflex y flexfrut, existe diferencia significativa a un nivel del 5%, lo cual nos permite distinguir que la carambola pintona es estadísticamente diferente que la carambola semimadura y madura, además la carambola pintona tiene el menor ordenamiento.

Weller, et al. (1997), manifiesta que el mejor índice de madurez para empacar carambolas enteras y en rodajas fue la pintona, por lo tanto se esta demostrando que el presente trabajo coincide lo manifestado por dicho autor.

Cuadro 14. Resultado del análisis no paramétrico de los tres índices de madurez y el empaque tipo Coflex

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
	l ₂	36,0		l ₁	33,0		l ₃ a	39,0		l ₂	34,5	
l ₃	32,5	ns	l ₃	30,0	ns	l ₂ a	33,0	*	l ₁	29,5	ns	
l ₁	20,5		l ₂	27,0		l ₁ b	18,5		l ₃	26,0		
COLOR	l ₃ a	41,0	*	l ₃ a	37,0		l ₃ a	42,5		l ₂ a	38,0	
	l ₂ a	34,0		l ₂ a	26,0	ns	l ₂ b	27,5	*	l ₃ ab	31,0	*
	l ₁ b	15,0		l ₁ a	25,0		l ₁ b	21,0		l ₁ b	21,0	
OLOR	l ₃ a	38,5		l ₃ a	43,5		l ₃ a	39,5		l ₂ a	36,5	
	l ₂ a	35,5	*	l ₂ b	30,5	*	l ₂ ab	30,5	*	l ₃ a	34,0	*
	l ₁ b	16,0		l ₁ b	19,0		l ₁ b	20,2		l ₁ b	19,5	
SABOR	l ₂ a	35,5		l ₃ a	40,5		l ₃ a	42,0		l ₂ a	37,0	
	l ₃ a	35,0	*	l ₂ ab	31,0	*	l ₂ ab	30,0	*	l ₃ a	34,0	*
	l ₁ b	19,5		l ₁ b	18,5		l ₁ b	18,0		l ₁ b	19,0	

l₁ = Carambola pintona

l₂ = Carambola semimadura

l₃ = Carambola madura

Cuadro 15: Resultado del análisis no paramétrico de los tres índices de madurez y el empaque tipo Flexfrut

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
	l ₃ a	39,5			l ₃ a	39,5		l ₃	34,5		l ₃ a	40,0
l ₂ b	26,5	*		l ₂ ab	31,5	*	l ₂	28,0	ns	l ₂ ab	30,0	*
l ₁ b	24,0			l ₁ b	19,0		l ₁	27,5		l ₁ b	20,0	
COLOR	l ₃ a	40,0		l ₃ a	41,0		l ₂	35,0		l ₃ a	39,5	
	l ₂ ab	30,5	*	l ₂ b	26,5	*	l ₃	34,5	ns	l ₂ a	33,5	*
	l ₁ b	19,5		l ₁ b	22,5		l ₁	22,5		l ₁ b	17,0	
OLOR	l ₃ a	40,0		l ₃ a	39,5		l ₃ a	36,5		l ₃ a	39,5	
	l ₂ a	33,0	*	l ₂ ab	31,5	*	l ₂ ab	32,0	*	l ₂ ab	30,0	*
	l ₁ b	17,0		l ₁ b	19,0		l ₁ b	21,5		l ₁ b	20,5	
SABOR	l ₃ a	41,0		l ₃	37,0		l ₃ a	38,5		l ₃ a	42,5	
	l ₂ a	32,0	*	l ₂	30,0	ns	l ₂ ab	29,0	*	l ₂ b	27,0	*
	l ₁ b	17,0		l ₁	21,0		l ₁ b	22,5		l ₁ b	20,5	

l₁ = Carambola pintona

l₂ = Carambola semimadura

l₃ = Carambola madura

Una vez estudiado el mejor índice de madurez procedimos a estudiar el mejor empaque, para ello se consideraron almacenamientos a los 7, 14, 21 y 28 días, evaluando la apariencia general, color, olor y sabor de la carambola pintona empacada a 350 mbares; la evaluación se hizo en función a de una escala hedónica y a la opinión de panelistas quienes calificaban, después de la evaluación se sometió al análisis no paramétrico.

Al realizar el ordenamiento de preferencia de apariencia general, color, olor y sabor de los frutos empacados y a un nivel de significancia del 5%, la cual se muestra en el Cuadro 16, nos indica que no existe diferencia significativa entre los dos empaques utilizados.

Paine y Paine (1992), indica que los empaque flexibles fueron de films de polímeros y polietilenos de baja densidad que son semipermeables a los gases como el O₂, CO₂, N₂ y vapor de agua.

Wills y Lee (1984), manifiesta que el empleo de polietileno de baja densidad y de un grosor de 0,04 mm, evita las manchas marrones y otros síntomas relacionados con el dióxido de carbono.

Cuadro 16 : Resultado del análisis no paramétrico de carambola pintona y los empaques tipo Coflex y tipo Flexfrut

APARIENCIA GENERAL	DIA 7			DIA 14			DIA 21			DIA 28		
	ORDEN	PROM	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG	ORDEN	PROM.	SIG
	E ₂ E ₁	23,5 21,5	ns	E ₁ E ₂	24,0 21,0	ns	E ₂ E ₁	23,5 21,5	ns	E ₂ E ₁	23,0 22,0	ns
COLOR	E ₁ E ₂	24,5 20,5	ns	E ₁ E ₂	24,5 20,5	ns	E ₂ E ₁	23,0 22,0	ns	E ₁ E ₂	23,0 22,0	ns
OLOR	E ₂ E ₁	24,0 21,0	ns	E ₁ E ₂	24,5 20,5	ns	E ₂ a E ₁ a	24,5 20,5	ns	E ₁ E ₂	23,0 22,0	ns
SABOR	E ₁ E ₂	24,5 20,5	ns	E ₁ E ₂	23,0 22,0	ns	E ₂ E ₁	25,0 20,0	ns	E ₁ E ₂	24,5 20,5	ns

E₁ = Empaque tipo coflex
E₂ = Empaque tipo flexfrut

2. Determinación del flujograma definitivo para el empaqueo de carambola

Para el empaqueo hipobárico de frutos de carambolas al estado fresco ,almacenada en refrigeración, se siguió el siguiente flujograma de la figura 6.

- a. **Cosecha.** Se cosecharon frutas de carambola de la zona de Supte, se realizó en forma manual y con sumo cuidado evitando en lo posible dañar los frutos.
- b. **Recepción de la materia prima.** Se recibió la materia prima en cajas de madera con la finalidad de no dañarlos físicamente a los frutos de carambola verificando el buen estado de las carambolas cosechadas.
- c. **Selección / clasificación.** Se realizó una selección de la carambola en base al índice de madurez, también se tomaron en cuenta el tamaño, aspecto general y fitosanitario.
- d. **Lavado.** Las carambolas seleccionadas y clasificadas se sometieron a un lavado por inmersión en agua potable de 1 ppm de cloro, cuidando que los frutos no sean golpeados.
- e. **Ecurrido.** Se realizó un escurrido sobre mallas durante 10 -12 minutos.
- f. **Pesado.** Se realizó con una balanza semi analítica, entre 300 a 350 g. de fruta.
- g. **Empaqueo hipobárico.** Se empaqaron en bandejas de technoport con presión hipobárica de 350 mbares y con un sellado de 1.5 seg, y con dos empaques, uno tipo Coflex y el otro tipo Flexfrut.
- h. **Almacenamiento.** Se almacenó a una temperatura de refrigeración de 7 °C.

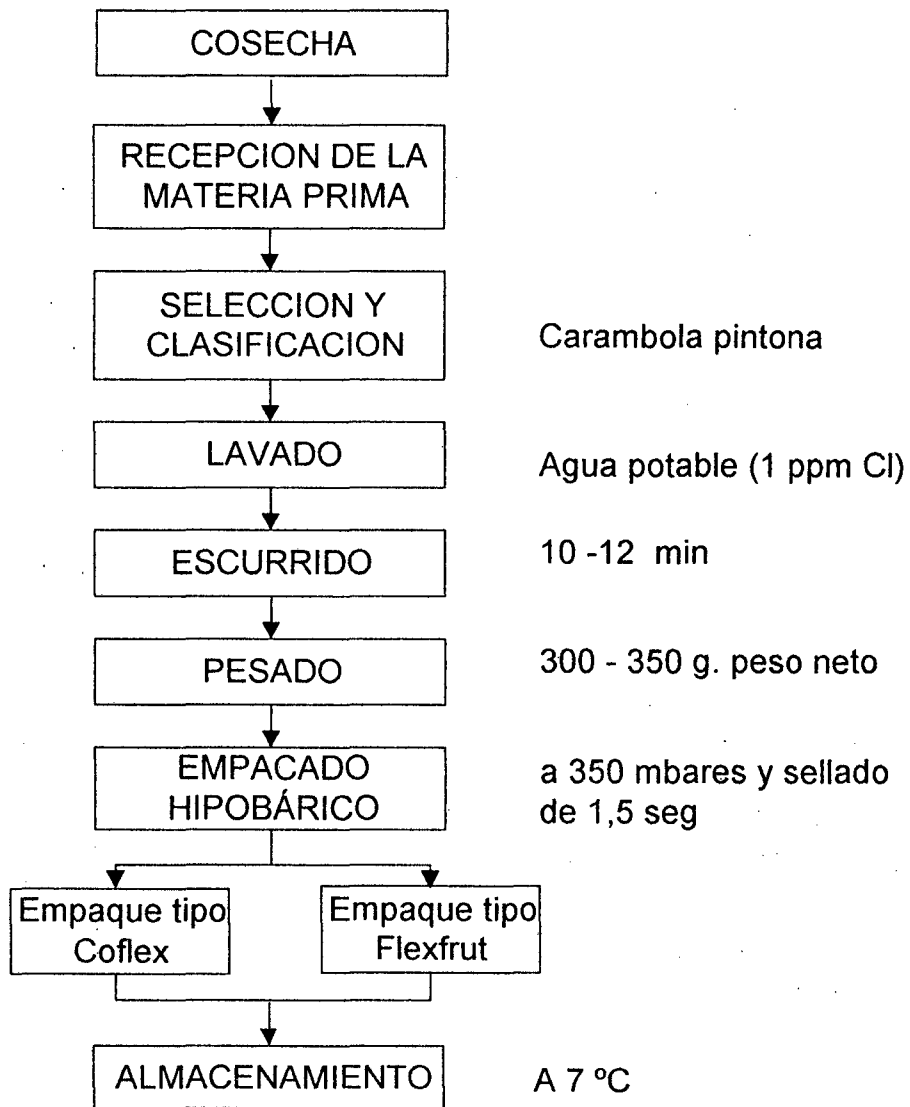


Figura 6. Diagrama de flujo definitivo para el empacado hipobárico de carambola

3. Análisis químico proximal

Comparando los Cuadros 17 y 7 se observa que la carambola almacenada disminuyó en alguno de sus componentes:

La carambola pintona semimadura y madura, disminuyó con respecto a la humedad, proteína y fibra; mientras tanto los otros componentes como grasa ceniza y carbohidratos la tendencia fue a aumentar, como se aprecia en la figura 7.

Cuadro 17. Análisis químico proximal de los frutos de carambola almacenadas durante 28 días.

Componente (%)	Carambolas almacenadas		
	Pintonas	Semimadura	Madura
Humedad	84,62	90,58	89,66
Proteína	0,41	0,40	0,39
Grasa	0,39	0,18	0,17
Fibra	1,15	0,61	0,46
Ceniza	0,32	0,34	0,39
Carbohidratos	13,11	7,89	8,93

Wills y Lee (1984), manifiesta que la respiración es un proceso metabólico en los vegetales vivos, así los almidones son degradados a azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples.

Badui (1994), a pesar de las bajas temperaturas, pueden ocurrir muchas reacciones químicas tales como la desnaturalización de las proteínas, la oxidación de los lípidos, la hidrólisis de la sacarosa y otros.

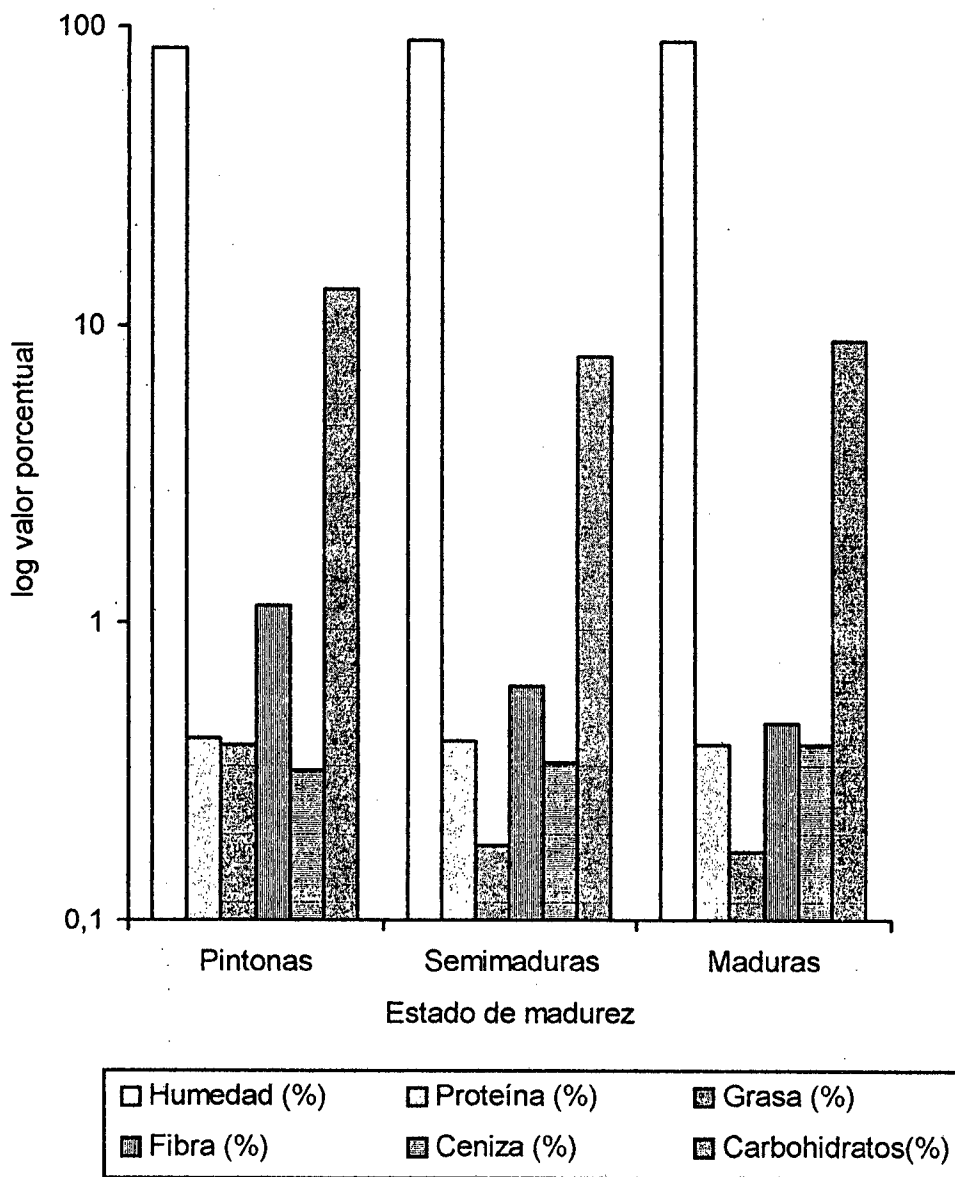


Figura 7. Comportamiento químico proximal de los frutos de carambola almacenados a diferentes estados de madurez, a 28 días

4. Análisis físico - químico

a. Vitamina C

Como se observa en el Cuadro 18 y figura 8, la vitamina C de la carambola fue analizada a los 0 días y a los 28 días de almacenado.

Cuadro 18. Análisis de Vitamina C mg /100ml (a los 0 días y 28 días de almacenamiento en refrigeración)

Fruta	0 días	28 días
Pintona	30,17	E1=27,27
		E2=24,86
Semimadura	30,96	E1=24,86
		E2=29,70
Madura	29,38	E1=28,92
		E2=26,51

E₁ = Empaque tipo coflex E₂ = Empaque tipo flexfrut

La carambola pintona a los 0 días tuvo 30,17 mg /100ml de vitamina C, y al transcurrir los días y al ser analizadas a los 28 días en los distintos empaques E₁ (Coflex), tuvo 27,27 mg /100ml, y en el empaque E₂ (Flexfrut) tuvo 24,86 mg /100ml. Los cual nos muestra una disminución del 9,6% y 17,6% respectivamente de vitamina C en la carambolas pintonas.

La carambola semimadura de 30,96 mg /100ml, disminuyó a 24,86 ml /100ml en el empaque E₁ (Coflex), y en el empaque E₂ (Flexfrut) disminuyo a 29,70 mg vit/100ml, lo cual significa 19,7% y 4% respectivamente.

Mientras tanto que en la fruta madura la vitamina C de 29,38 mg /100ml, disminuyó a 28,92 mg /100ml en el empaque E₁ (Coflex) y 26,51 mg /100ml en el empaque E₂ (Flexfrut), espesados en porcentaje equivale a 1,6% y 9,8% respectivamente.

Por los porcentajes obtenidos se puede decir que la menor pérdida de vitamina C se tiene en la fruta madura.

Según **Weller , et al. (1997)**, el ácido ascórbico disminuye en las frutas enteras empacadas a 960 mbar almacenada a 4,4 °C.

Romajaro, et al. (1996), menciona que una de las principales ventajas de la atmósfera modificada es disminuir mas lentamente la pérdida de vitamina C, ácidos y azúcares.

Además la carambola semimadura analizada a los 28 días en el empaque tipo coflex tuvo una disminución, no coincidiendo proporcionalmente con la fruta pintona y madura empacadas en los empaques tipo coflex y flexfrut.

Según **FAO (1991)**, los daños físicos ocurridos en el campo pueden afectar la composición de ácidos y azúcares en el almacenamiento.

Wills y Lee (1984), indica que los daños físicos de un producto son acumulativos y pueden afectar la vida útil y la calidad del producto.

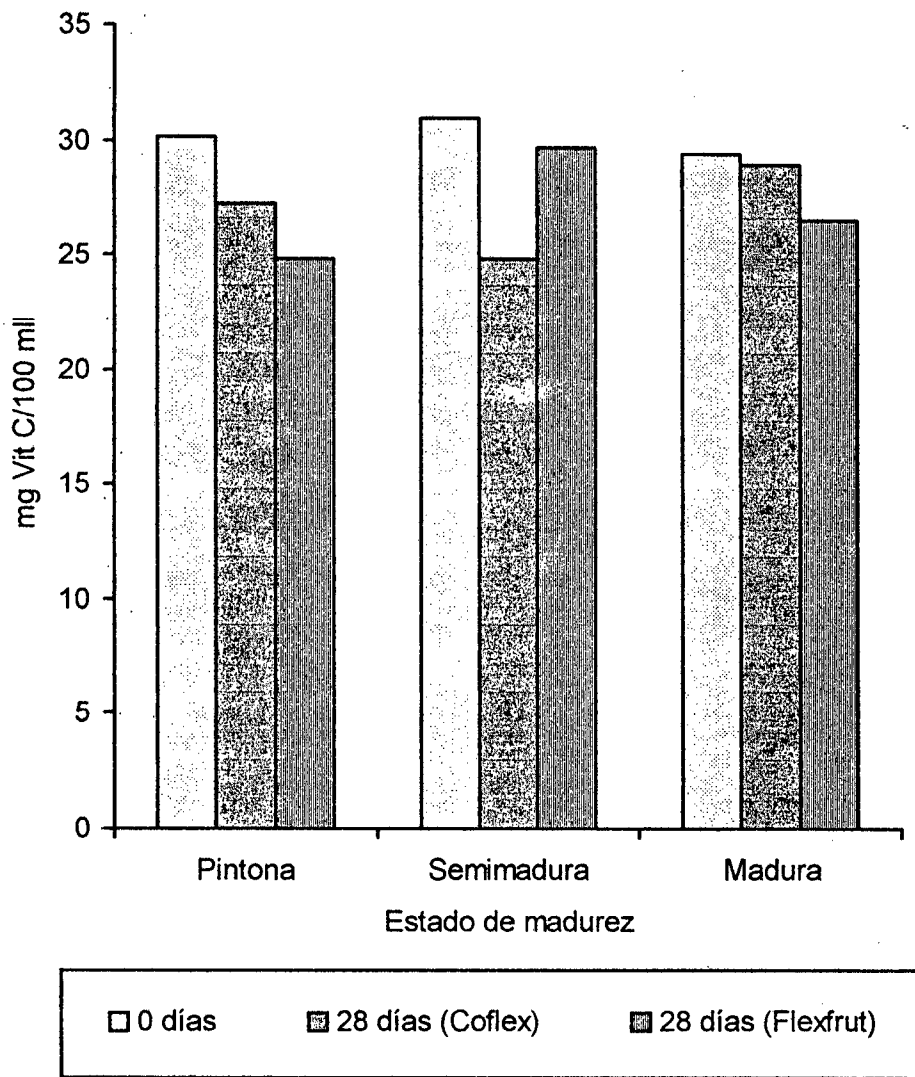


Figura 8. Variación de la vitamina C en el almacenamiento de frutas de carambola a diferentes estados de madurez y utilizando dos tipos de empaque.

5. Análisis de pérdida de peso

En el Cuadro 19 se muestra la pérdida de peso expresados en porcentajes.

La fruta pintona en el empaque E₁ (Coflex), perdió a los 28 días 2,25% de agua, mientras que en el empaque E₂ (Flexfrut), perdió 1,37%, lo cual nos indica que la menor pérdida se obtuvo en el empaque E₂ (Flexfrut).

La fruta semimadura perdió 2,61% en el empaque E₁ (Coflex), y 1,62% en el empaque E₂ (Flexfrut), también se obtuvo que en el empaque E₂ (Flexfrut) se perdió menos cantidad de agua.

En la fruta madura, la pérdida fue mucho mayor tanto en el empaque E₁ (Coflex) 3,99% y en el empaque E₂ (Flexfrut) fue 5,27% de pérdida de peso.

Romajaro, et al. (1996), menciona que la pérdida de agua del producto no solo entraña un fenómeno físico que limita el período de conservación debido al arrugamiento de los tejidos, sino que además tiene un efecto fisiológico al acelerar los procesos de maduración, en los frutos no climatéricos es el factor que mas influencia tiene sobre la posibilidad de mantener la calidad.

Wills y Lee (1984), afirma que el envasado tiende a reducir la pérdida de peso y el marchitamiento de los productos durante la comercialización, recurriendo a las siguientes técnicas: recubrimiento individual de las diferentes unidades o colocación en bolsas de un numero variable de ellas, utilizando para lo uno o lo otro, materiales tales como películas plásticas.

Cuadro 19. Resultados del análisis de pérdida de peso (g) y (%) de la fruta durante el almacenamiento en refrigeración.

Pesos		DIA 0	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28
Carambola	P1	272,8	272,2 (0,22%)			
Pintona -	P2	275,0		271,9 (0,83%)		
Empaque	P3	247,0			244,0 (1,21%)	
tipo Coflex	P4	239,7				234,3 (2,25%)
Carambola	P1	230,4	229,6 (0,35%)			
Pintona -	P2	323,0		319,5 (1,10%)		
Empaque	P3	263,7			260,6 (1,29%)	
tipo Flexfrut	P4	270,2				266,5 (1,37%)
Carambola	P1	307,8	306,1 (0,55%)			
Semimadura	P2	410,4		405,7 (1,16%)		
- Empaque	P3	349,8			341,2 (2,46%)	
tipo Coflex	P4	367,6				358,0 (2,61%)
Carambola	P1	322,6	321,2 (0,43%)			
Semimadura	P2	306,1		302,9 (1,06%)		
- Empaque	P3	287,2			283,0 (1,46%)	
tipo Flexfrut	P4	258,6				254,4 (1,62%)
Carambola	P1	390,3	385,6 (1,20%)			
madura -	P2	327,9		320,4 (2,34%)		
Empaque	P3	321,6			309,1 (3,89%)	
tipo Coflex	P4	328,3				315,2 (3,99%)
Carambola	P1	320,3	315,8 (1,40%)			
madura -	P2	347,8		338,4 (2,78%)		
Empaque	P3	326,3			315,7 (3,25%)	
tipo Flexfrut	P4	345,3				327,1 (5,27%)

P1, P2, P3, P4, pesos de carambola por bandeja.

6. Análisis microbiológicos

Los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos de mohos y levaduras son los siguientes.

Índice 1 (carambola pintona)

Recuento de mohos y levaduras 14×10^2 ufc/g.

Índice 2 (carambola semimadura)

Recuento de mohos y levaduras 37×10^3 ufc/g.

Índice 3 (carambola madura)

Recuento de mohos y levaduras 41×10^5 ufc/g.

Observaciones:

- Solamente hubo presencia de levadura, mas no de mohos.
- Los resultados obtenidos son de carambola almacenada durante 28 días a una temperatura de 7 °C, en la cual se observa a medida que el fruto va madurando la presencia de levadura se incrementa .

ICMSF (1983), manifiesta que las películas plásticas tienen muy variada permeabilidad a los gases. La exclusión de los gases disminuye la velocidad de oxidación del producto, hace mas lento el crecimiento de levaduras e impide el crecimiento de los microorganismos aerobios estrictos (como los mohos).

V. CONCLUSIONES

Según los resultados del presente trabajo, se concluye lo siguiente:

- El flujograma óptimo para el empacado hipobárico de carambolas al estado fresco de madurez pintona (índice de madurez de 11,43 a 16,42), fueron: cosecha, recepción de la materia prima, selección / clasificación, lavado (1 ppm de cloro), escurrido (de 10 a 12 minutos), pesado (300 a 350 g por empaque), empacado hipobárico (350 mbares y sellado de 1,5 segundos), y almacenamiento (7 °C) durante 28 días.
- El almacenamiento de los frutos de carambola en refrigeración no afecta significativamente la composición química proximal, físico química y organoléptica, además al ser analizados microbiológicamente indica que el producto es apto para el consumo humano.
- Los empaques utilizados tipo coflex y flexfrut, no presentan diferencia significativa durante el almacenamiento, siendo su comportamiento óptimo en el envasado de la carambola.

VI. RECOMENDACIONES

- Después de haber realizado el estudio se recomienda empacar carambola pintona frescas, con presión hipobárica de 350 mbares, en envases de tecnoport tipo bandeja de medio kilo de capacidad, recubiertas con empaques tipo coflex y flexfrut .
- Realizar estudios de producción de etileno y de gases como el O₂, CO₂, N₂, en el presente estudio.
- Realizar estudios de conservación en atmósfera controlada y atmósfera modificada de frutos exóticos de la zona.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AOAC. 1996. Official Methods of Analisis of the Association of Official Agricultural Chemistry. Washington. U.S.A.
2. AOAC. 1997. Official Methods of Analisis of the Association of Official Agricultural Chemistry. Washington. U.S.A.
3. BADUI, B. S. 1994. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana. México. 639p.
4. BLEINROTH, E. W.; MONTERO, J.M.; GAZETA; VIDIGAL, J; SPAGNO, N Y NEVES, L.C. 1993. Curso internacional de post cosecha de frutas y hortalizas. UNAS. Tingo María - Perú. pp. 1-17, 33-38.
5. CALZADA, B. 1980. 143 Frutales Nativos. La Molina, UNA. Perú. 134 p.
6. CHEFTEL, J.C Y CHEFTEL, H. 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. V.II. Zaragoza, España. pp. 135 - 208, 291-308.
7. DEL AGUILA, R. 1986. Estudio de conservación de Yuca Fresca (Manihot esculenta Crantz) por parafinado y aditivos químicos. Tesis Ing. Industrias Alimentarias, UNAS, Tingo María, Perú. 128 p.
8. FAO, 1991. La carambola y su cultivo. Roma. FAO. pp. 21-28.
9. GÜERE, A. M. 1990. Estudio para la preservación de la cocona (Solanum tojiro) al estado fresco por método de parafinado. Tesis Ing. Industrias Alimentarias, UNAS, Tingo María, Perú.
10. HARDENBURG, R.E. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 150p.
11. HART Y FISHER. 1991. Análisis moderno de los alimentos, Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 180p.

12. HERRERO, A Y GUARDIA, J. 1992. Conservación de frutos: manual técnico. Ediciones Mundi prensa. Madrid España. p 212.
13. ICMSF, 1983. Microorganismos de los alimentos. Técnicas de análisis microbiológicos. Volumen I. 2da edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. pp. 20-120.
14. MACKEY, A. 1984. Evaluación sensorial de los alimentos. 2da edición. CIEPE. San Felipe, Venezuela. p 82.
15. MALPARTIDA, J.S. 1988. Obtención y caracterización del néctar de carambola (Averrhoa carambola Linn). Tesis Ing. Industrias Alimentarias, UNAS. Tingo María. 120 p.
16. MONTALDO, A. 1983. Cultivos tropicales. 2da edición. San José de Costa Rica. 117 p.
17. NATIVIDAD, F,R. 1989. Delineamientos estadísticos para el control de calidad sensorial de alimentos. UNAS. Tingo María. Perú. 36 p.
18. OCHSE, J; F, SOULE, M.J; DIJKMAN, M. J; WEHLBURG, C. 1982. Cultivos y mejoramiento de plantas tropicales. Lima pp 757-761.
19. PAINE, F. A.; PAINE, H. Y. 1992. Manual de envasado de alimentos. Traducido por Antonio López Gómez. 2da edición . A. Madrid Vicente. pp 76-78, 254.
20. PANTASTICO, E.R. 1979. Fisiología pos recolección, manejo y utilización de frutas tropicales y sub tropicales. Traducido Por Antonio Marino. México. 158 p.
21. ROMAJARO, F; RIQUELME, F.; PRETEL, T.; GARCIA M.; SERRANO, M.; MARTINEZ, C.; LOZANO, P.; SEGURA, P.; LUNA, P. 1996. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas: atmósfera modificada. Editorial Mundi prensa. Madrid. Barcelona. España. pp 59-82.

22. STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. 1995. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. McGraw Hill, México, 622 p.
23. WELLER, A.; SIMS, C. A.; MATTHEWS, R. F.; BATES, R. P.; BRECHT, J. K. 1997. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *Journal of Food Science* 62(2) 256-260
24. WILLS, R.H. y LEE, T.H. 1984. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas pos recolección. Trad. Justino Burgos. Zaragoza. España. pp 27- 28

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

TEST DE EVALUACIÓN DESCRIPTIVA

Nombre: Hora: Fecha:

A continuación se le presentan tres muestras de carambola fresca. Califique las muestras en las características de apariencia general, color, olor y sabor, de acuerdo a cada una de las siguientes escalas:

Evaluación sensorial de la APARIENCIA GENERAL

1. Compacto, sin defectos		
2. Compacto		
3. Compacto, con algún defecto		
4. Superficie ligeramente ablandada y húmeda		
5. Superficie ablandada y húmeda		

Evaluación sensorial del COLOR

1. Color de fruta verde		
2. Color de fruta madura, predomina el verde		
3. Color de fruta madura, predomina el amarillo		
4. Manchado u otro tipo de defecto		
5. Color opaco y/o sin uniformidad		

Evaluación sensorial del OLOR

1. Olor a fruta verde		
2. Olor a fruta pintona		
3. Olor a fruta madura		
4. Olor a fermentado u otro diferente o extraño		
5. Olor a podrido		
* Otro olor encontrado en los productos por Ud.	SI	NO

Evaluación sensorial del SABOR característico

1. Sabor a fruta verde		
2. Sabor a fruta pintona		
3. Sabor a fruta madura		
4. Sabor a fermentado u otro diferente o extraño		
5. Sabor a podrido		
* Otro sabor encontrado por Ud.	SI	NO

ANEXO 2

Las condiciones de conservación hipobárica universal son:

Presión = 1/10 a 1/20 atmósferas ó 0,1 a 0,05 atmósferas

Temperatura = 0 ± 1 °C

O₂ = 2,1%

- **Presiones de trabajo**

150 mbar = 0,15 atmósferas

250 mbar = 0,25 atmósferas

35 mbar = 0,34 atmósferas

Temperatura = 7 °C

- **Transformando las condiciones de trabajo a las condiciones de conservación hipobárica universal**

Sabiendo que :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Para 0,1 atmósferas

$$P_2 = \frac{0,1 \text{ atmósferas } (7^\circ \text{C})}{1^\circ \text{C}} = 0,7$$

Para 0,05 atmósferas

$$P_2 = \frac{0,05 \text{ atmósferas } (7^\circ \text{C})}{1^\circ \text{C}} = 0,35$$

- **Calculando la disponibilidad de oxígeno**

Si para 0,1 \longrightarrow 2,1% O₂

0,7 \longrightarrow X

X = 14,7% de O₂ disponible, por lo tanto para 0,35 a 0,7 existe una disponibilidad del 14,7 % de oxígeno.

Para las presiones de trabajo: 0,7 \longrightarrow 14,7% O₂

0,15 \longrightarrow x

$x_1 = 3,15\% \text{ O}_2$; $x_2 = 5,25\% \text{ O}_2$; $x_3 = 5,25\% \text{ O}_2$

ANEXO 3. Medidas biométricas de la carambola pintona

Unidad	Peso(g)	longitud(cm)	diámetro(cm)
1	100	7,975	6,525
2	100	10,075	6,125
3	150	10,325	5,475
4	150	10,955	7,000
5	175	9,355	7,550
6	125	9,260	7,500
7	65	8,900	5,830
8	50	8,550	5,775
9	50	7,050	5,935
10	50	6,805	6,825
Promedio	101,5	8,925	6,454
SEM	± 14,889	± 0,415	± 0,234

ANEXO 4. Medidas biométricas de la carambola semimadura

Unidad	Peso(g)	longitud(cm)	diámetro(cm)
1	150	9,850	6,800
2	125	8,960	6,025
3	120	11,585	6,355
4	125	10,400	6,450
5	100	8,900	7,125
6	115	9,025	7,075
7	100	9,530	6,305
8	120	10,520	7,575
9	110	10,125	6,725
10	110	10,450	6,575
Promedio	117,5	9,935	6,701
SEM	± 4,610	± 0,271	± 0,1455

ANEXO 5. Medidas biométricas de la carambola madura

Unidad	Peso(g)	longitud(cm)	diámetro(cm)
1	125	12,165	8,450
2	120	9,500	6,800
3	130	11,165	6,440
4	75	9,680	6,415
5	110	10,200	7,025
6	175	9,300	6,100
7	110	8,465	6,465
8	105	9,825	7,525
9	100	9,440	5,745
10	80	8,700	6,765
Promedio	113,0	9,844	6,773
SEM	± 8,888	± 0,351	± 0,242

ANEXO 6. Medidas físico - químicas de los frutos de carambola pintona

Unidad	Acidez	pH	brix	IM
1	0,53	2,31	7,80	14,62
2	0,58	2,05	7,70	13,17
3	0,61	1,92	7,00	11,43
4	0,48	1,99	7,20	15,02
5	0,48	2,01	7,80	16,42
6	0,51	1,94	8,10	15,82
7	0,53	1,96	7,70	14,51
8	0,55	1,95	7,90	14,26
9	0,57	1,91	7,70	13,45
10	0,57	1,99	8,90	15,67
Promedio	0,54	2,00	7,78	14,44
SEM	± 0,014	± 0,037	± 0,161	± 0,464

IM = Índice de madurez

ANEXO 7. Medidas físico - químicas de los frutos de carambola semimadura

Unidad	Acidez	pH	Brix	IM
1	0,49	1,84	9,05	18,58
2	0,53	1,80	8,00	14,86
3	0,54	1,98	8,25	15,33
4	0,48	1,99	7,25	14,83
5	0,51	1,98	8,90	17,43
6	0,44	2,23	9,60	21,80
7	0,42	2,08	9,60	22,74
8	0,49	1,91	9,25	18,59
9	0,51	1,87	9,10	17,82
10	0,52	1,91	9,05	17,57
Promedio	0,49	1,96	8,00	17,96
SEM	± 0,012	± 0,397	± 0,786	± 0,850

IM = Índice de madurez

ANEXO 8. Medidas físico - químicas de los frutos de carambola madura

Unidad	Acidez	pH	Brix	IM
1	0,34	2,36	9,50	27,30
2	0,39	2,20	9,30	23,59
3	0,43	2,04	9,20	21,10
4	0,39	2,54	10,80	27,62
5	0,39	2,49	11,20	28,33
6	0,34	2,57	9,10	26,07
7	0,32	2,58	9,00	27,74
8	0,35	2,47	11,80	32,93
9	0,32	2,81	12,70	39,57
10	0,32	2,78	11,00	34,36
Promedio	0,36	0,48	10,36	28,86
SEM	± 0,012	± 0,075	± 0,391	± 1,709

IM = Índice de madurez

ANEXO 9

A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo del uso de la prueba de Friedman. A los datos originales de los panelistas, los rangos preestablecidos son 1, 2 y 3, que esta en función del número de tratamientos. Si existiera datos originales iguales le corresponde el valor medio entre 1 y 2 o 2 y 3, de los rangos que se esta asignando a los tratamientos como se muestra a continuación.

Del Cuadro 8, el color de la fruta pintona en el empaque tipo coflex a los 14 días de almacenamiento, es significativo a un nivel de 5% de probabilidad.

Datos originales				Datos transformados			
Nº panelistas	P ₁	P ₂	P ₃	Nº panelistas	P ₁	P ₂	P ₃
1	3	3	2	1	2,5	2,5	1
2	2	3	4	2	1	2	3
3	3	3	2	3	2,5	2,5	1
4	3	3	1	4	2,5	2,5	1
5	2	3	2	5	1,5	3	1,5
6	2	4	2	6	1,5	3	1,5
7	3	3	2	7	2,5	2,5	1
8	5	2	4	8	3	1	2
9	3	3	2	9	2,5	2,5	1
10	3	3	2	10	2,5	2,5	1
11	3	3	1	11	2,5	2,5	1
12	3	3	2	12	2,5	2,5	1
13	3	3	2	13	2,5	2,5	1
14	2	3	2	14	1,5	3	1,5
15	3	3	1	15	2,5	2,5	1
				Σ	33,5	37,0	19,5

1. Obtención del valor chi cuadrado observado

$$\chi_0^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^k Ri^2 - 3n(k+1)$$

Donde: n = N° de panelistas

k = N° de tratamientos

$$\chi_0^2 = \frac{12}{15 * 3 * (3+1)} (33,5^2 + 37,0^2 + 19,5^2) - 3 * 15 * (3+1) = 11,43$$

2. Obtención del chi cuadrado crítico

Buscar el valor crítico en la tabla de distribución chi cuadrado con gl (k -1) y un nivel de significancia del 5%.

El valor es 5,99

$$\chi_0^2 = 11,44 > \chi_c^2 = 5,99$$

3. Obtención de la diferencia mínima significativa

cuando el valor chi cuadrado calculado es mayor que chi cuadrado crítico, obtenemos la diferencia mínima significativa, para determinar cual de los tratamientos fue significativamente diferente.

$$DMS = Q \sqrt{\frac{nk(k+1)}{12}}$$

Donde Q: constante que depende del numero de tratamientos y el nivel de significancia, buscar en la tabla de valores de amplitud Q de comparación múltiple

$$DMS = 3,314 \sqrt{\frac{15 * 3 * (3+1)}{12}} = 12,84$$

En la tabla de valores de amplitud Q de comparación múltiple, con $k = 3$ y 5% de significancia se obtiene $Q = 3,314$, reemplazamos en la ecuación.

Ahora:

$$P_1 - P_2 = 3,5 < 12,84$$

$$P_1 - P_3 = 17,5 > 12,84$$

$$P_2 - P_3 = 14,0 > 12,84$$

Luego ordenando tenemos:

$$P_1 = 37,0 \text{ a}$$

$$P_2 = 33,5 \text{ a}$$

$$P_3 = 19,5 \text{ b}$$

Se concluye respecto al color, que la fruta pintona en el empaque tipo coflex a los 14 días, las presiones P_1 (150 mbar) y P_3 (250 mbar) son estadísticamente iguales y a la vez que la presión P_2 (350 mbar) es diferente.