



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

"ESTUDIO TECNOLOGICO DEL PROCESO
DE CONSERVACION DE GUAYABA
(PSIDIUM GUAJAVA) EN FRESCO."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N :

ALFREDO ORTEGA DEL CASTILLO

BEATRIZ YOLANDA MORENO RODRIGUEZ

JUAN FRANCISCO MEZA MUÑOZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSE LUIS ARJONA ROMAN

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

CAPITULO	Páginas
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
I.- GENERALIDADES	6
1.1.- Características de materia prima	7
1.2.- Producción y comercialización de guayaba	9
1.3.- Tecnología de la conservación de fruta fresca.....	14
II.- METODOLOGIA	31
II.1.- Primera etapa experimental	33
II.2.- Segunda etapa experimental	41
II.3.- Metodología para el estudio de transferencia de calor..	63
III.- ANALISIS DE RESULTADOS, PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS, SENSO - RIALES Y ANALISIS TERMICO	66
III.1.- Primera etapa experimental	68
III.2.- Segunda etapa experimental	93
III.3.- Análisis sensorial.....	103
III.4.- Análisis térmico del fruto	113
III.5.- Discusión de resultados	117
IV. DISEÑO DE PLANTA	120

IV.1.- Capacidad y localización de la planta	121
IV.2.- Descripción de proceso.....	123
IV.3.- Descripción de equipo	128
IV.4.- Diseño de sistemas de enfriamiento.....	131
IV.5.- Selección de equipos	153
CONCLUSIONES.....	162
NOMENCLATURA	164
BIBLIOGRAFIA	166

I N T R O D U C C I O N

En los sistemas de producción, abasto y consumo de los productos perecederos resulta de gran importancia en el terreno alimentario, -- realizar estudios tendientes a lograr un incremento en el tiempo de almacenamiento para el consumo de dichos productos.

En el campo de frutos y hortalizas para lograr el propósito anterior, resulta relevante tomar en cuenta a los diversos factores, que en general conforman a una cadena alimentaria; ésto es, que a nuestro punto de vista aquellos elementos que destacan en relación a nuestro estudio -- son, el conocer y comprender el ciclo biológico de desarrollo de los productos y las secuencias operacionales a la que los materiales son, sometidos durante este período, previos al arribo a una población de consumidores, así como la evaluación de la susceptibilidad al deterioro de productos, para un estandar de mercado establecido, y, desde el punto de vista técnico, analizar las alternativas operacionales adecuadas a desarrollar ó adaptar en función del nivel de efectos y tanto para el consumo nacional como para el de exportación.

Así, este proyecto intenta, en su desarrollo aplicado a frutas y particularmente a guayaba (*Psidium guajava*), analizar desde el punto de vista ingenieril y tecnológico, las diversas operaciones que estructuran el proceso de conservación del producto al estado fresco, con la finalidad de determinar la factibilidad de incrementar su vida útil de consumo.

En este sentido, se pretende estudiar en primer término, la aplicación en superficie de películas céricas a manera de membranas semi-permeables, desde el punto de vista de los efectos sobre el producto al final del proceso, utilizando para ello dos tipos de ceras comerciales, -- posteriormente la operación de preenfriamiento en sus efectos sobre la vida útil de consumo y desde el punto de vista de su caracterización térmica. Planteándose además con fines de mejoramiento del proceso, la aplicación combinada de las operaciones anteriores en forma individual y conjunta con el almacenamiento refrigerado.

Cabe considerar que en la cobertura de las diferentes etapas -- que forman este estudio, se plantea como mecanismo central del control de operaciones, la evaluación de las propiedades físicas, químicas y sensoriales de los productos, con relación a aquellas de la materia prima de --

referencia.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos se prevee como último propósito realizar el diseño y/o selección, tanto de planta, como de equipo necesario para llevar a cabo el proceso tecnológico en men--ción, para el establecimiento de una planta de conservación de guayaba en fresco.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Mediante el análisis tecnológico de operaciones posteriores a la cosecha, determinar la viabilidad para incrementar la vida útil de consumo en estado fresco de la guayaba (*Psidium guajava*), aplicando los resultados del mismo al diseño del proceso de conservación.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Con la evaluación de las propiedades más relevantes de la guayaba, caracterizarla desde el punto de vista físico, químico y sensorial para lograr el control del proceso de conservación.
- En base a sus efectos sobre el producto y por sus características de aplicación, seleccionar la película más adecuada para la conservación de la guayaba.
- Mediante la determinación de los perfiles de distribución de temperaturas al interior del producto, seleccionar y diseñar el equipo para efectuar la operación de preenfriamiento.
- A través de la determinación de nivel de retención de propiedades sensoriales de la guayaba, seleccionar las condiciones de almacenamiento refrigerado más adecuadas para incrementar su tiempo de conservación.
- Con la integración del análisis de resultados obtenidos, adaptar y/o desarrollar el diseño de una planta para la conservación de guayaba en estado fresco.

I.- GENERALIDADES

I.- GENERALIDADES

Este capítulo, ha sido estructurado con el propósito de presentar un panorama general de algunas características - del fruto de estudio así como el contexto económico que particularizan su relevancia en el área frutícola nacional.

I.1. CARACTERISTICAS DE MATERIA PRIMA.

El guayabo es originario de América, con su centro de origen entre México y Perú, es un arbusto de gran talla, ramificado, que pertenece al orden de las Mirteas, familia de las Mirtáceas, género Psidium, y especie guajava.

Cada uno de los tipos de fruto presentan diferencias- entre sí, en tamaño, forma, color y sabor. La forma es variable pudiendo geométricamente asimilarse como redondos, ovalados o periformes. El tamaño varía desde 2.5 cm. a 10 cm. de diámetro con un intervalo en peso entre 30 y 250 gr., con una superficie cêrea que puede ser lisa o surcada. El color de la piel del fruto maduro, presenta variaciones que van desde el- verde claro, amarillo pálido, amarillo canario y aún hasta el rojizo, con un color de pulpa igualmente variable del blanco- hasta el rosa fuerte o rosa salmón.

La mayoría de los tipos de esta especie alojan en su- interior gran cantidad de semillas, siendo la pulpa del fruto particularmente caracterizada por la intensidad de un aroma - propio y un sabor diverso y amplio en el espectro sensorial,- abarcando desde muy dulce, dulce ácido, extremadamente ácido- hasta el insípido en algunos tipos.

Ecológicamente, este cultivo es localizado en algunas regiones de clima tropical y subtropical, en altitudes sobre- el nivel del mar de 0 a 1800 m, aceptando una temperatura -- ideal entre 18 y 28°C, requiriendo en su desarrollo una pp. - pluvial anual del orden de 1000 a 3700 mm. Este, se desarro - lla en suelos de buen drenaje poco profundos de aproximadamen- te 30 cm., con un óptimo de 50 cm. y capaz de desarrollarse -

en un pH de suelo entre 5.5 y 8.

En nuestro país, la mayoría de huertos en cultivo, re presentan su producción más notable en base a los tipos criollos, siendo Aguascalientes, la región en que por selecciones obtenidas aporta además tipos conocidos como media china, china, la labor, salmón y rosa (31).

Los frutos, contienen gran variedad de compuestos químicos y presentan diferencias considerables en composición y estructura, debido principalmente a las condiciones ecológicas prevaletientes en la región de su desarrollo; de una manera representativa, un promedio de su composición, es presentado en el cuadro No.1 (10) para mayoría de sus componentes expresados en términos de porcentaje.

CUADRO No. 1
COMPOSICION PROMEDIO.

COMPUESTO	PORCENTAJE
Humedad	79
Carbohidratos	11.2
Protefnas	0.95
Lípidos	0.45
Azúcares	8.85
Fibras	8.15
Minerales	0.7
Vitaminas	0.4
Ac. ascórbico (Vit.C)	200-300 mg/100 g.
Tiamina (Vit.B ₁)	0.03 mg/100 g
Riboflavina (Vit. B ₂)	0.03 mg/100 g
Niacina	1.2 mg/100 g

Cañizares J. Z., 1968.

Es importante señalar además, tomando como referencia-100 g del fruto, que este presenta para su consumo un promedio de 50.5 calorías, con un coeficiente de digestibilidad del 90% (10).

Una de las principales contribuciones nutricionales de la guayaba es su contenido en vitaminas; siendo la más importante la vitamina C. o ácido ascórbico. En el que el orden de la concentración aportada, la ubica en un lugar notable entre aquellos alimentos aportadores de este nutrimento, como puede observarse a manera de ejemplo en el cuadro No. 2 (7).

CUADRO No. 2

APORTACION DE VITAMINA C DE DIFERENTES PRODUCTOS .

ALIMENTO	mg de Vit. C/100 g.
Cerezas de Antillas	1000
Guayaba	300
Moras	210
Peregil	190
Brócoli	120
Pimienta verde	120
Naranja	50

Braverman, 1980.

Este contenido global, corresponde a las partes estructurales del fruto como cáscara, pulpa y semilla, en las que de acuerdo a investigaciones realizadas (27,39), la distribución de concentraciones se presenta de manera decreciente, con una relación 3;2:1 respectivamente.

1.2. PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE GUAYABA.

Actualmente en nuestro país, se tiene una gran producción de guayaba debido principalmente a las mejoras de las técnicas agrícola para el cultivo.

Las zonas productoras más importantes en México, corresponde a las señaladas en el cuadro No. 3.

CUADRO No. 3
PRODUCCION POR ESTADOS

ENTIDAD	MUNICIPIO	HAS.	TON. X 1000
Aguascalientes	Calvillo	6 617.3	75.9
Zacatecas	Jalapa, Aposol	1 219.7	13.88
Guerrero	Tesorama, Ometepepec, Chilpancingo.	1 030	11.02
Veracruz	Misantla, Altotoma, Santiago de Tuxtla	819	8.026
Oaxaca	Sn.J. Tenango. Sta. Ma. Ipalpa.	473	5.2
Jalisco	Mascota, Pihuano, Talpa de Allende.	494	4.95
Michoacán	-	546	4.85
Otros	-	3 189	24.23
		14 388	147.557

S.P.P., 1981.

Como se puede observar, el principal Estado productor de guayaba es Aguascalientes, en el Municipio de Calvillo, -- con una producción que corresponde al 51.43% de la producción nacional, en una superficie cultivada de 6 617 Ha.

Los rendimientos por Ha. obtenidos en el cultivo de guayaba, se consideran de los más altos dentro de los principales productos frutícolas que se cultivan en el país, en éste sentido es representativo señalar que para el estado de -- Aguascalientes este es del orden de 11.37 ton/Ha., mientras --

que el rendimiento nacional promedio se ubica en 10.5 ton/Ha. (11).

En términos generales la oferta de guayaba en México, se localiza durante todo el año, como se indica en el cuadro No. 4.

CUADRO No. 4
PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES Y SU EPOCA DE COSECHA.

ESTADO	EPOCA DE COSECHA
Aguascalientes	Enero- Noviembre.
Veracruz	Abril- Diciembre
Zacatecas	Enero- Noviembre
Jalisco	Enero- Diciembre
Michoacán	Marzo- Diciembre
Guerrero	Abril- Diciembre
Oaxaca	Abril- Diciembre
Guanaajuato	Julio- Febrero

CONAFRUT, 1981.

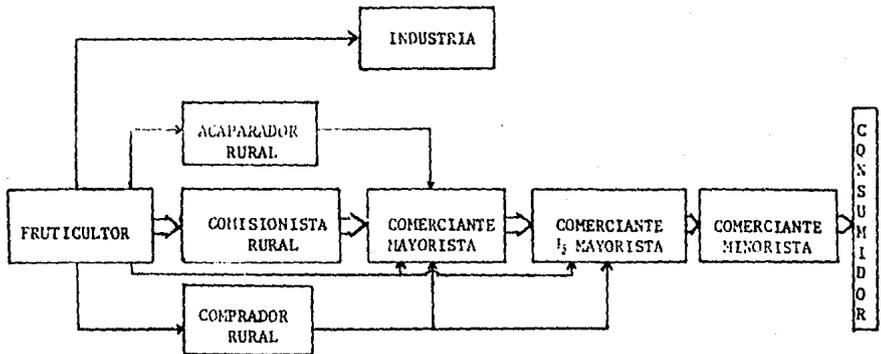
Puede observarse que los estados de Jalisco, Zacatecas y Aguascalientes, presentan un mayor intervalo de oferta en base a la amplitud de su período de cosecha. En regiones como las de Zacatecas y Jalisco se tienen cosechas tempranas; mientras que en lugares más fríos se tienen cosechas tardías, como es el caso del estado de Aguascalientes que tiene un máximo en los meses de Octubre y Noviembre, donde se obtiene el 75% de la producción anual (12).

Comercialización, distribución e industrialización:

La forma de cosechar el fruto es del tipo manual y -

se recolecta en cajas de madera o plástico. Posteriormente se transporta a una área dentro de la huerta, en donde se encuentra una seleccionadora mecánica. En esta selección se separa la fruta por tamaños, dando ésto, sentido a su calidad comercial como: Extra (más de 7 cm. de diámetro), Primera (4-7 cm) Segunda (3-4.5 cm), Tercera (menor de 3 cm).

Los principales canales de comercialización de la guayaba como fruta fresca, se presentan en el siguiente esquema:



FUENTE: DPTO. DESARROLLO COMERCIAL CONAFRUT.

El canal principal de comercialización, es el del comisionista rural, el cual trabaja recibiendo una comisión por caja que introduce en el mercado al comerciante mayorista, y éste a su vez al comerciante medio mayorista que se encuentra

en centrales de abasto, de este canal de comercialización pasa al comerciante minorista en mercados y tianguis hasta llegar finalmente al consumidor.

El acaparador rural trabaja en base a la compra de fruta en los lugares de acopio, conforme se encuentre el precio en el mercado; siguiendo así el camión transportador a la cadena de comercialización.

Otra manera de comercialización, es aquella en que el comprador rural adquiere toda la producción de la huerta, antes de ser cosechada y sigue el mismo camino de distribución.

En la práctica, la distribución de las guayabas parte desde el pequeño productor, que recolecta el fruto en huerta, 2 ó 3 días a la semana y la transporta a los centros de acopio establecidos por los comisionistas y acaparadores rurales, los que a su vez, transportan la fruta en camiones con capacidad de 10 a 20 toneladas, hacia los centros de distribuidores o mercados de abasto, donde se encuentra el comerciante mayorista y en este lugar se distribuye al medio mayorista, y a su vez éste, a los mercados y tianguis, a los comerciantes y por último al consumidor.

El canal hacia la industria es directo, el pequeño productor lleva su fruta hasta las plantas procesadoras.

La guayaba se comercializa en empaques o cajas de madera de 3 tablas denominadas limoneras, manzaneras o tomateras; con capacidad de 22 a 24 Kg. de fruta.

Dentro del marco de la comercialización de estos productos y sus derivados resulta relevante indicar que aún considerando las características contextuales de la actual situación económica nacional; a nuestro punto de vista, cualquier predicción de incrementos en la producción agrícola resultaría aventurado incluido en ello la producción nacional de guayaba; sin embargo, tomando en cuenta los datos señalados para 1981 (12)., cabe indicar que a nivel nacional, del total de producción observada en el cuadro No. 3 el 79% de la misma se dirige hacia la comercialización en fresco, para un consumo per-capita promedio de 2.042 Kg/año, así como, un 15% es orientado a la transformación, en donde los productos que destacan son bajo la forma de guayabas en almí --

bar, enteras o en mitades, mermeladas, ates, jugos y néctares principalmente, los que se procesan en 40 plantas distribuidas en diferentes entidades de la República, como son: Distrito Federal, Morelia, Jalisco, Edo. de México, Nayarit, Sinaloa, Guanajuato y Aguascalientes. Finalmente, el 6 % restante de la producción nacional, se considera como pérdidas, a lo largo de la cadena de distribución del fruto.

Respecto al comercio exterior, es importante indicar, para los propósitos de nuestro estudio que no se reportan datos de exportación de guayaba en forma fresca, ni aún para el mercado americano geográficamente más próximo, ésto en principio puede ser causa del nivel de perecibilidad del fruto que genera como problemática la conservación del mismo dentro del límite de tiempo apropiado para su comercialización.

Por otra parte, aunque en mínima proporción, se presentan reportes de exportación hacia E.U. de productos semielaborados, en lo que destacan aquellos procedentes de guayaba tipo rosa; situación que para nuestro caso carece de importancia, por lo que no serán mencionados en este contenido.

1.3. TENOLOGIA DE CONSERVACION DE FRUTA FRESCA.

En los últimos tiempos, la conservación de los alimentos a tomado una importancia notable, manifestada en los ámbitos de nuestra sociedad de consumo por el impulso a su constante y rápido desarrollo, tomando en cuenta principalmente que los alimentos susceptibles a un deterioro ó alteración en intervalos cortos de tiempo, requieren que su vida útil sea preservada, para representar dentro de ciertos límites, una oferta alimentaria que permita cubrir las necesidades de una población consumidora.

El caso de las frutas frescas, no escapa a este contexto, sobre todo considerando que en una generalidad los objetivos perseguidos por los procesos tecnológicos de conservación de alimentos son:

- Incrementar su vida útil, previniendo su rápida descomposición.
- Mejorar o retener en niveles apropiados su calidad sensorial.

- Proveer lo más cercanamente posible al consumidor de un alimento na
tural.
- Retener en alto nivel sus propiedades nutricionales y,
- Reducir sus costos de operación.

En el sentido del análisis, podríamos deducir que un proceso tecno-
lógico de conservación de frutos requiere para su implementación un
conocimiento adecuado de:

- Naturaleza, composición y estructura de los frutos en estudio.
- Las alteraciones de su comportamiento bioquímico y fisiológico na-
tural, al ser sometido a diferentes condiciones dentro del proceso
de conservación.
- Los efectos de los fenómenos de transferencia involucrados en las -
diferentes operaciones específicas de la cadena de conservación.
- Las interrelaciones causa-efecto en la selección de equipo de proce-
so para cumplir apropiadamente con los objetivos de la conservación
de alimentos.

Relacionando lo anterior a nuestro estudio experimental ésta parte-
aborda los tres primeros puntos, conservando el cuarto para ser desarro-
llado en función de la particularidad del caso en la experimentación y de
los resultados obtenidos en el mismo.

Así, abordamos en forma breve algunos aspectos referentes al proce-
so de maduración de frutos, desde el punto de vista fisiológico, la bio-
química de su comportamiento generalizado, los avances del conocimiento -
a este respecto en la investigación experimental, y por otra parte, una -
descripción sumaria de las técnicas y operaciones de conservación más uti-
lizadas, desde el punto de vista de sus principios fundamentales en cuan-
to a los fenómenos de transferencia involucrados, la interacción de efec-
tos-operaciones y las perspectivas de éstas últimas de acuerdo a investi-
gaciones realizadas; en el caso de frutas y hortalizas, es importante con
siderar desde el punto de vista tecnológico, al proceso de maduración, --
que se refiere a la serie de cambios físicos y químicos que lo hacen ap-
to para ser consumido. La duración de ésta etapa varía de acuerdo a la -
especie y puede completarse fuera del árbol, si el fruto es cosechado en
el momento adecuado.

Fisiológicamente se pueden distinguir 2 etapas de maduración; - madurez fisiológica y madurez de consumo.

La madurez fisiológica es aquella en que las células han alcanzado su tamaño máximo y su composición característica de cada especie, -- también llamado estado sazón. En ésta etapa el fruto climatérico en general puede ser cosechado y es capaz de madurar fuera del árbol en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

La mayor parte de los frutos se cosechan al alcanzar esta etapa para permitir además tener un mejor manejo y distribución.

Ahora bien; la madurez de consumo, es la etapa que involucra - transformaciones químicas, que dan como resultado las características de consumo, como son; color, aroma, sabor y textura deseables en el fruto, - características que pueden variar dependiendo de las exigencias del consumidor.

La maduración es un proceso normal en la vida de un vegetal, -- no reversible, cuyo límite es la senescencia y en la que se incluye una serie de cambios bioquímicos conducentes al rompimiento celular y finalmente a la muerte. Se puede decir que la maduración es la etapa inicial de la senescencia.

Uno de los mecanismos importantes relacionados con la maduración de un fruto, es la respiración, donde existe oxidación de sustratos de alta energía a productos más sencillos. Los frutos presentan diferentes velocidades de respiración, determinadas de acuerdo a un patrón respiratorio, éste es; la curva obtenida al medir la velocidad de respiración; $\text{mg CO}_2 / \text{Kg h}$, con respecto al tiempo, a partir de la cosecha -- hasta la senescencia.

Según el patrón respiratorio, los frutos pueden ser clasificados: en climatéricos y no climatéricos.

Los primeros, son aquellos que presentan un aumento en la velocidad de respiración llegando a un máximo y que posteriormente disminuye en este tipo de frutos los cambios que ocurren durante la maduración son muy notorios, coinciden con el aumento de la respiración y el proceso de senescencia se presenta en un tiempo muy corto después de la cosecha: A-

modo de ejemplo los frutos que presentan este tipo de comportamiento son; mango, plátano, papaya y jitomate (5).

Los frutos no climatéricos, son los que presentan una velocidad de respiración que se mantiene más o menos constante; ó disminuye -- gradualmente en función del tiempo, presentando cambios poco obvios. Este tipo de comportamiento lo presentan frutos como el cacao, guayaba y cítricos (5).

En el proceso de maduración de un fruto, en particular los -- azúcares se incrementan en su concentración, ésto es debido a la hidrólisis de polisacáridos, en parte utilizados en el proceso de desarrollo. La degradación de los polisacáridos de la pared celular contribuyen también al aumento de estos azúcares. (11)

El contenido total de ácidos orgánicos, generalmente se ve incrementado al principio del desarrollo de un fruto, disminuyendo progresivamente con el tiempo, durante y después de la maduración. En los procesos de respiración, los ácidos orgánicos también pueden ser utilizados como sustratos, es por ello que, cambios tanto en la acidez total, como en los niveles de ciertos ácidos en particular, pueden estar relacionados con el funcionamiento de los ciclos respiratorios (11).

La alteración en el color de un fruto, es el cambio más obvio que se presenta durante la maduración. Este cambio está relacionado directamente con la síntesis de algunos pigmentos; la degradación de clorofila contribuye gradualmente a estos cambios. Los pigmentos carotenoides generalmente se encuentran enmascarados por la clorofila y normalmente ya están presentes antes de que ésta desaparezca.

Otro de los cambios más notables durante la maduración de un fruto, es la variación de la textura disminuyendo constantemente. Este cambio está relacionado directamente con la solubilización y despolimerización de las sustancias pécticas.

Durante el período de evolución de frutos, se forman a la vez compuestos volátiles, tales como, ésteres, aldehídos, cetonas, terpenos, etc., que son los responsables del sabor característico. La producción de estos compuestos comienza normalmente cuando el fruto ha alcanzado su estado sazón y continúa durante la maduración.

Algunos compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides, responsables del sabor astringente de la fruta inmadura disminuye durante la maduración, lo que permite que predomine el sabor dulce proporcionado por los azúcares en equilibrio con un determinado índice de acidez, que a la vez en conjunto con compuestos volátiles propios del fruto, proporcionan la originalidad característica del sabor y aroma del mismo (11).

Lo indicado, solo presenta algunas de las propiedades que frutos que obviamente en un proceso normal de desarrollo evolucionan en una extensión tal, hasta el punto en el que se consideran aptos para el consumo, situación que generalmente se presenta durante un período de tiempo - límite.

Bajo esta consideración importante, refiriéndonos al consumo - en fresco de frutos, la conservación de los mismos, vista como la desaceleración de la velocidad de su desarrollo, está asociado con la aplicación de bajas temperaturas y particularmente con el almacenamiento refrigerado, a fin de prolongar la vida útil de materiales para su consumo.

ANTECEDENTES TECNICOS.

Tomando en cuenta que las principales alteraciones en los atributos de calidad de un fruto pueden ser debido a diversas causas, la mayoría de ellas dando lugar al deterioro de los mismos, éstos, se encuentran influenciados de una u otra manera por factores ambientales, tales como - la temperatura, luz, humedad, concentración de oxígeno, composición misma del alimento, principalmente su contenido de agua entre otros.

Si bien en principio la conservación de frutos y en particular - la guayaba se asocia al almacenamiento refrigerado, los estudios realizados en cuanto a las condiciones apropiadas para su conservación no son -- muy amplios y en algunos casos poco explícitos.

Así, Singh, et al (36), omitiendo datos sobre el control causa-efecto aplicando bajas temperaturas, concluyeron que a las condiciones de temperatura utilizadas, manteniendo ventilación adecuada, lograron prolongar el almacenamiento de guayaba sin merma notable en su calidad. En forma más clara, Lutz y Handenberg (23), reportan el almacenamiento del fruto a bajas temperaturas entre 7 y 10°C a 90% de HR, durante un período de 7 a 15 días; teniendo el riesgo de que el producto sea susceptible a daños por frío.

Wilson (40) propone, el almacenamiento de guayabas verdes maduras, manteniéndolas durante un período de 2 a 5 semanas en refrigeración, a una temperatura de 8 a 10°C y 85 -90 % de HR.

Relacionándonos con respecto a los atributos más importantes de calidad, de cualquier alimento, salta a la vista la preponderancia, que - representan las propiedades nutricionales y en éste sentido, la guayaba en particular es una fuente muy importante de ácido ascórbico, por lo que cualquier tratamiento y/o transformación a la que se someta el fruto se - observa que la variación en la concentración de éste es primordial pudiendo ser un parámetro para la evaluación de tratamientos, desde el punto de vista de pérdidas de nutrimentos.

La concentración de ácido ascórbico en guayaba es muy variada - en función del tamaño, estado de madurez y sección del fruto.

Así, Ruiz G. (32), comprobó que el disminuir la temperatura pa-

ra el almacenamiento de guayaba, la enzima ascorbicooxidasa, abate su actividad logrando conservar durante mayor tiempo el contenido de ácido ascórbico. El efecto del frío solo disminuye durante algún período la oxidación. Este autor encontró, que a los 7 días de almacenamiento a $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$, se tiene mínima oxidación de ácido ascórbico, ya que a los 15 días de almacenamiento se encontró al 29,19%.

Resulta evidente, que la única aplicación de frío para lograr la conservación de alimentos frescos en ocasiones no es suficiente, y que por tal motivo dicha operación tecnológicamente en los casos que lo permitan, debe ser complementada, a este respecto, aunque en muy escasa productividad para el caso de guayaba, grupos de investigación han dirigido su atención hacia el estudio de efectos de algunas operaciones que cumplen este fin.

Agnihotri (1), por ejemplo, estudió la aplicación de recubrimientos, reduciendo la velocidad de respiración y transpiración de guayaba en el almacenamiento a temperatura ambiente. Los frutos tratados presentaron mayor contenido de ácido ascórbico, y menores pérdidas de peso por transpiración.

Utilizando como criterio de control de proceso, la pérdida de ácido ascórbico; en tratamientos realizados en la India (37), aplicando diferentes tipos de recubrimientos, se observó una disminución en la pérdida de este ácido en el orden de 40-50%.

Burg P. (9) realizó un estudio técnico en condiciones hipobáricas, demostrando que la vida de almacenamiento se prolongaba. En las condiciones de su experimentación aplicando una temperatura constante de 15°C y presiones variando de 150 a 200 mmHg en diferentes espacios frutales, incluida la guayaba, observa un incremento en el período de almacenamiento hipobárico de 2 a 5 veces superior en relación al de condiciones atmosféricas. Así, para el caso de guayaba sus resultados muestran 30 días de almacenamiento a las condiciones de 15°C y 150 mmHg contra 6 días a condiciones normales.

Finalmente, Shambat J. (35) reporta que se alcanzó un período de almacenamiento de guayaba de orden de 5 semanas a una temperatura de $45 \pm 2^{\circ}\text{F}$ y $85 \pm 10\%$ HR.

En este caso los frutos fueron sometidos a diferentes tratamientos que consistieron en: inmersión en cera y en metabisulfito de sodio o hipoclorito de calcio, lavados con agua corriente y los frutos control no tratados.

La pérdida de humedad fué pequeña en todos los casos. El crecimiento microbiano fué alto en todos los frutos control; en la fruta lavada con agua corriente fué efectiva la reducción microbiana por los desinfectantes superficiales. Los frutos encerados fueron más efectivos en la reducción del crecimiento microbiano. La acidez titulable y el % de sólidos solubles, se incrementaron, pero estos cambios fueron independientes a los tratamientos.

Con lo anterior puede desprenderse, que aún queda mucho camino por recorrer desde el punto de vista de la conservación de alimentos frescos, y en particular en lo concerniente a profundizar en el efecto logrado con la aplicación de operaciones especiales complementarias al almacenamiento refrigerado, en este aspecto considerando sus respectivas técnicas podemos mencionar como importantes a las siguientes:

- 1) Atmósferas Controladas.
- 2) Películas Plásticas.
- 3) Sistemas Hipobáricos.
- 4) Sustancias Químicas.
- 5) Aplicación de Escalado
- 6) Recubrimientos Superficiales.
- 7) Aplicación de Bajas Temperaturas.

Estas operaciones, de acuerdo al principio que las caracteriza tiene cada una un fin determinado dentro del proceso de conservación.

En la generalidad de los casos, es aplicable la combinación de dos o más de éstos para casos particulares; así, en relación a nuestro estudio, dicha combinación comprenden las referentes a la aplicación de Recubrimientos Superficiales y las bajas temperaturas como la técnica de Hidroenfriamiento para complementar el almacenamiento refrigerado.

En este orden de ideas abordaremos en forma breve, algunas de las características y fundamentos que identifican a cada una de las operaciones mencionadas.

RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES.

Los recubrimientos superficiales, se aplican generalmente a frutos, en forma de películas delgadas de emulsiones de ceras naturales ó -- artificiales. Tienen el efecto de crear una barrera, que altera el intercambio gaseoso del fruto con el ambiente.

El hecho de alterar este intercambio gaseoso, promueve en menor cantidad la disponibilidad de oxígeno para realizar sus reacciones fisiológicas normales; por lo que el proceso de respiración se ve disminuído -- significativamente, y en consecuencia se retarda el proceso de maduración y senescencia del fruto. (1)

La película cubriente evita notablemente la contaminación microbiana; por una parte, la emulsión puede contener sustancias fungicidas y además, debido al efecto en la transpiración y permeabilidad de los vapores de agua, los productos que han sido recubiertos con cera no requieren un control estricto sobre la Humedad Relativa durante su almacenamiento (23,35,40).

En otras ventajas, los recubrimientos superficiales, disminuyen la pérdida de peso por transpiración; además el aspecto del fruto, ante -- el consumidor se mejora ya que imparte brillo a su apariciencia.

Las formulaciones de las ceras, son muy variadas, conteniendo -- componentes básicos como son: Cera, Resina o Polímero, Disolvente, Emul -- sificante, Abrillantador y en algunas ocasiones según el tipo de producto Fungicidas, Colorantes, Reguladores de pH y Reguladores de crecimiento.

Entre los componentes de la formulación de la cera, el disolvente juega un papel muy importante; ya que en función de éste será el tiempo necesario para lograr el secado del recubrimiento.

PREENFRIAMIENTO.

El preenfriamiento es un proceso que permite en mayor o menor grado, la disminución de la temperatura de los productos hortofrutícolas aplicado posterior a su cosecha, a fin de contribuir a la preservación de la calidad del producto y su comercialización en condiciones más ventajosas.

Estos beneficios del preenfriamiento, son causa directa, del -- efecto que tiene sobre la respiración y maduración del fruto u hortaliza-- tratada, y en forma más concreta sobre la acción catalítica de las enzi-- mas reguladoras de los procesos antes mencionados.

Así, la actividad catalítica se ve disminuída conforme la temperatura del producto disminuye. Y como una consecuencia, la emisión -- del etileno se reduce, ya que la producción y acción del mismo es dependiente de la temperatura; en base a lo anterior es evidente que un rápido enfriamiento del producto limitara los efectos del etileno sobre el -- metabolismo del fruto (33).

Una vez afectados los procesos naturales de respiración y transpiración, los efectos en la pérdida de peso serán determinantes, para la comercialización del fruto. Las pérdidas por transpiración se han calculado en un 5% del peso total para aquellos productos a los que se les ha aplicado preenfriamiento en sus diversas modalidades (33).

Como se ha mencionado, el manejo de los frutos a temperaturas altas, además de acelerar las reacciones de maduración, favorece al desarrollo de microorganismos en el fruto. Así al lograr el manejo de bajas-temperaturas durante el almacenamiento se obtiene el control de la actividad y desarrollo de microorganismos (33).

Se ha mencionado anteriormente los efectos del preenfriamiento para preservar la vida útil del fruto son una función directa del tiempo en que se logre la disminución y extracción del calor de campo.

Para el logro de este propósito, es necesario manejar y controlar los procesos y mecanismos de la Transferencia de Calor, que para el -- caso del preenfriamiento en sus diferentes modalidades son la conducción y la convección. (21)

El mecanismo de Conducción se ha definido como la transferencia de calor que se lleva a cabo de una partícula a otra de un mismo -- cuerpo, sin que se produzca un desplazamiento apreciable de las partícu las dentro del mismo.

La ecuación diferencial fundamental para la transmisión del - calor por conducción, es conocida como ley de Fourier:

$$\frac{dQ}{d\theta} = - kA \frac{dt}{dx}$$

donde : k = Es la conductividad térmica y depende del material a través- del cual fluye el calor.

Por otra parte, la Convección, se define como la transmisión- de calor de un punto a otro en un fluido, mezclándose una porción de -- este fluido con la otra.

Para el caso de la Convección natural, el movimiento del fluf- do es el resultado de las variaciones de densidades, ocasionadas por las diferencias de temperaturas. Cuando la Convección es de tipo forzado, - el movimiento se produce por agitación mecánica u otro medio externo.

Para el caso de la velocidad de transmisión de calor por Con- vección en una área dA de una superficie dada a una temperatura t_1 , es- tá regulada por la ley de enfriamiento de Newton:

$$Q = h dA (t_1 - t_2)$$

donde: h= Coeficiente de transmisión de calor local.
en la interfase fluido-sólido.

Este coeficiente de transmisión de calor es expresado en forma- adimensional por el número de Nusselt (Nu):

$$Nu = \frac{h D}{k}$$

Siendo D una dimensión característica del sistema y k la conductividad -- térmica del fluido. El número de Nusselt, se expresa con diferentes ti- pos de correlaciones en función del tipo de geometría del sistema y velo- cidad del fluido (8).

Como se menciono' anteriormente la conducci3n y convecci3n son - los fundamentos t3rminos para el preenfriamiento, siendo los mecanismos - que dan la pauta para que existan diferentes t3cnicas para llevar a cabo - esta operaci3n . Pudiendo presentarse diferentes modalidades en el meca - nismo para el preenfriamiento tales como:

- d) Preenfriamiento con agua fría (Hidrocooling).
- a) Preenfriamiento mediante vacío (Vaccum cooling).
- b) Preenfriamiento con aire frío (Air cooling).
- c) Preenfriamiento mediante la estratificaci3n con hielo troceado -- (Top y Body Icing).

a) Preenfriamiento mediante vacío:

T3cnica utilizada para productos con alta relaci3n superficie/volumen, o con alta permeabilidad al vapor de agua, mediante la evaporaci3n de una parte del agua del producto expuesto a ciertas condiciones de vacío.

b) Preenfriamiento con aire frío:

Es el sistema de preenfriamiento m3s utilizado, (33), consiste en exponer el producto a corrientes de aire frío. Existen diferentes sistemas de aplicaci3n entre ellos se tiene; el preenfriamiento en c3maras (Room cooling), el cual tiene velocidades de aire -- bajas menores de 1 m/s., preenfriamiento en t3nel (Blast cooling), donde se tienen velocidades de aire entre 1 a 7 m/s, preenfriamiento con chorros de aire, en contenedores abiertos con velocidades de aire entre 10 a 15 m/s.; preenfriamiento con aire a presi3n o - aire forzado, en contenedores cerrados con perforaciones para ventilaci3n y estibamiento.

c) Preenfriamiento con hielo troceado:

El hielo puede ser mezclado entre el producto; o bien encima - de este; en este m3todo se aprovecha el calor latente de fusi3n - del hielo (144 Btu/lb), para extraer el calor del producto. Generalmente este m3todo se realiza durante el transporte, y es utilizado en productos con baja sensibilidad al frío.

d) Hidrogenfriamiento.

El hidrogenfriamiento es un método de enfriamiento rápido; en el cual, las frutas y hortalizas se ponen en contacto con agua fría.

Las formas de aplicación pueden ser por aspersión, inmersión, o una combinación de éstas, considerando que el agua es un material excelente para transferir el calor.

Ventajas y desventajas del hidrogenfriamiento:

- Se tiene menor duración del tiempo de enfriamiento, en relación al aire; esto se debe fundamentalmente a que el coeficiente de intercambio de calor agua-producto es superior al del aire-producto.
- No existen pérdidas de peso del producto, en comparación con otros sistemas de preenfriamiento, al exponer el fruto a temperatura ambiente es fácilmente atacado por microorganismos debido a la alta-humedad conservada en el producto después del preenfriamiento.
- Dentro del sistema de inmersión, se tiene un mayor intercambio térmico entre el agua y el producto, lo que hace que su eficiencia -- con respecto al de aspersión, sea hasta un 40% mayor. en lo que -- se refiere a la velocidad de enfriamiento.

Gorini y Borinelli (16), establecieron claramente las diferencias en velocidades de enfriamiento, al utilizar diferentes métodos de preenfriamiento en duraznos: Encontrando que tal velocidad es mayor en el hidrogenfriamiento que con hielo troceado y éste a su vez que con aire.

Dada la importancia de la extracción del calor del fruto en campo, la velocidad con que ésta se realice, será un parámetro definitivo para la elección del método de preenfriamiento.

Kato (20), reporta que frutos preenfriados con aire a 3-6°C, fueron comercializados en su totalidad después de 162 h. (almacenadas a Temp amb.), mientras que aquellas que no fueron preenfriadas, presentaron 50% de frutos dañados en el mismo período. El método de hidrogenfriamiento funciona en forma ventajosa para frutos; ya que provoca el enfriamiento-rápido y en consecuencia el control de los cambios de color y firmeza -- (Gorini 15).

Los efectos del preenfriamiento son más evidentes en variedades --

de pera que en manzana (Melville 240). Además reporta la influencia del enfriamiento en la pérdida de peso; ya que después de 4.5 meses de conservación a -0.5°C , las peras que habían sido enfriadas algunas horas después de la cosecha, presentaron 1.25 % de pérdidas de peso; en tanto --- que aquellos que se enfriaron después de 5 días presentaron 6.5%, además de que en ésta última se detectó un ablandamiento más acelerado y mayores daños por pudriciones.

Así, tomando como referencia las investigaciones antes mencionadas, nos percatamos de que no sólo es importante el mecanismo en que se lleve a cabo la transferencia de calor y por ende el método de preenfriamiento sino que también, la velocidad con que se extraiga el calor necesario del fruto, lográndose la disminución deseada de la temperatura. Tal velocidad ó flujo de calor puede ser de dos formas; la primera a flujo constante y por lo tanto se tendrá una transferencia de calor en estado estacionario. La segunda presenta de la velocidad de extracción de calor variable, con lo que la temperatura del sólido cambiará con el tiempo y posición relativa en el mismo, enmarcándonos en un proceso de transferencia de calor en estado no estacionario. Ahora bien, en el caso de calentamiento o enfriamiento de cuerpos sólidos la conducción del calor se lleva a cabo y está regulado por la transmisión de calor en estado no estacionario. Esto es de suma importancia, ya que en base al conocimiento del proceso involucrado, podremos conocer y controlar desde el punto de vista térmico el preenfriamiento; así como, el comportamiento del fruto durante esta operación.

Ahora bien, el conocimiento del preenfriamiento plantea ciertas limitantes, esto es, que las relaciones matemáticas desarrolladas para este proceso de transferencia de calor son complicadas, sin embargo se han integrado las ecuaciones diferenciales básicas para diversas geometrías y condiciones límites (28).

Así el cambio de temperatura de T_1 a T_2 en un cuerpo sólido en el tiempo t , se expresa adecuadamente, como una temperatura admisional (Y):

$$Y = \frac{T_1 - T_s}{T_2 - T_s}$$

donde:

T_1 = Temperatura inicial

T_2 = Temperatura final

T_s = Temperatura del medio

Y las fórmulas (Y), se relacionan convenientemente en términos de números adimensionales como son, el número de Biot (Bi), el de Fourier (Fo) y de la posición relativa (n) en el sólido.

$$Bi = \frac{h x}{k}$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{x_1^2}$$

$$n = \frac{x}{x_1}$$

Donde: h = Coeficiente de transmisión de calor en la superficie del sólido.

x = Dimensión característica del sólido; para una esfera ò cilindro infinito es el radio. Para una lámina infinita es un medio de su espesor.

α = Difusividad térmica del sólido.

n = Relación de distancias, entre el punto escogido para la determinación de cambio de temperatura y el centro térmico (es decir, el punto que se calienta o se enfría más lentamente.)

Con la finalidad de predecir la temperatura en cualquier punto del sólido en el momento y durante el tiempo en que se lleve a cabo el enfriamiento, es conveniente expresar tales números adimensionales en gráficas como las reportadas por Gurney y Laurie (17), para así lograr un conocimiento más aproximado de los procesos de transferencia de calor aplicado al enfriamiento de frutos, como lo muestra la figura 1.

Así en el Boletín Técnico No. 1292, del Departamento de Agric. USA (4) se reportan las pruebas de laboratorio con seis diferentes varie-

dades de durazno, utilizando preenfriamiento por inmersión (Hidrocooling) obteniéndose las difusividades térmicas para este fruto con valores promedio de $0.005358 \text{ ft}^2/\text{hr}$; así como la predicción del tiempo de enfriamiento y/o temperatura final del mismo en función de propiedades físicas y termodinámicas del durazno. Para ello, determinaron el coeficiente individual de transferencia de calor con valor del rango de $125-165 \text{ Btu/hrft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$ -- utilizando expresiones desarrolladas por Willianson y Adams (41), para el caso de una esfera. Siendo factible el diseño del equipo de preenfriamiento a utilizar en base a necesidades específicas y condiciones de operación, en función de cambios de temperatura o tiempos de enfriamiento.

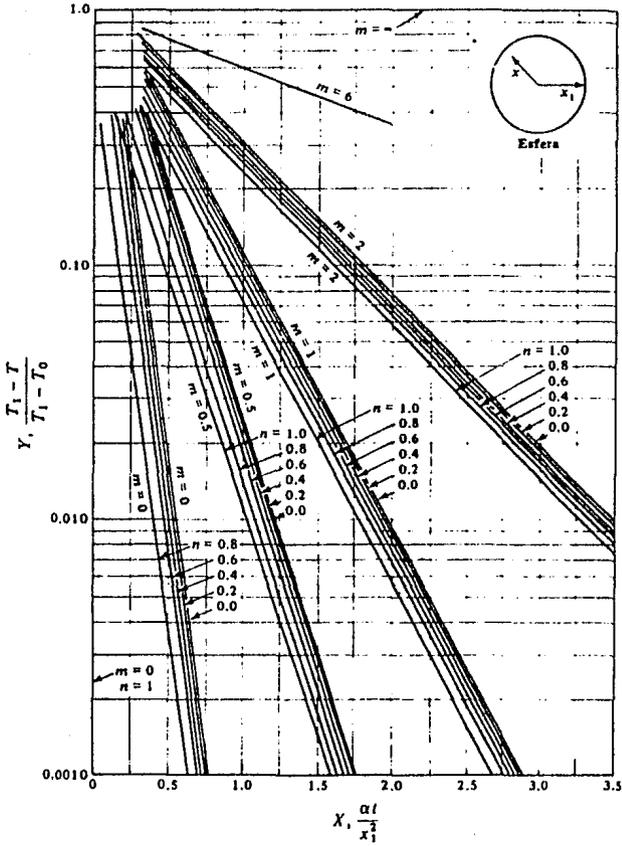


FIGURA 1 Conducción de calor de estado inestable en una esfera. [Tomado de H. P. Gurney y J. Lurie, *Ind. Eng. Chem.*, 15, 1170 (1923)]

II METODOLOGIA.

CAPITULO II

METODOLOGIA.

El campo de la tecnología de conservación de alimentos ha sido desde siempre considerado como vasto y complejo, aún en la particularidad de casos individuales en estudio, para poder definir su potencial de aplicabilidad. Respecto a nuestro trabajo, en sus inicios la problemática -- planteada resulto incrementar la vida útil de consumo, base a partir de la cual fueron paralelamente ramificados problemas específicos que confluyeran a una solución final, dentro de estos términos, los cuestionamientos más importantes en torno a la vida útil de consumo que se desprenden son:

- a).- La selección de la película superficial más apropiada.
- b).- La técnica de preenfriamiento a aplicar.
- c).- El comportamiento del fruto desde el punto de vista térmico durante el preenfriamiento.
- d).- Las condiciones apropiadas del preenfriamiento.
- e).- La selección de la temperatura de almacenamiento Refrigerado.
- f).- Las técnicas de control de operaciones en base al desarrollo estructural y composicional del fruto antes durante y posterior a su conservación.

Aún observando de manera superficial lo anterior, resulta un panorama bastante amplio, que requería una determinada organización metodológica, para conducirnos, a plantear las etapas experimentales particulares. La primera fué estructurada para cumplir con los puntos (a), (b), (d) y, parcialmente (c) y (e) , controlando los procesos en base a (c) desde el punto de vista físico y químico; utilizando para ello como materia prima fruta transportada del Municipio de Calvillo Estado de Aguascalientes.

La segunda etapa, habiendo cubierto lo anterior y efectuando una selectividad de operaciones, así como de sus condiciones de operación, se planteó, incluyendo en el punto (c) el análisis sensorial periódico de los frutos. Durante el estudio las perspectivas del análisis de aplica-

bilidad del proceso de conservación y en consecuencia, el plantear una alternativa de solución a la problemática general, presentó un panorama metodológico más concreto y en el que los detalles se describen a continuación.

II. I PRIMERA ETAPA EXPERIMENTAL.

En esta etapa experimental el propósito central fué, conocer las condiciones adecuadas de almacenamiento, las condiciones de preenfriamiento, la selección y aplicación de recubrimientos y temperatura de refrigeración del fruto.

Para cubrirla, se planteó la siguiente experimentación, se manejan dos recubrimientos comerciales "Cera Deco 6" y "Cera Deco 4" de Pennwalt S.A. (49), así como la aplicación del preenfriamiento donde se realizaron estudios de transferencia de calor y, se obtuvieron historias térmicas o curvas de penetración de calor para cada lote de guayaba tratada. Utilizando por último dos diferentes temperaturas de almacenamiento refrigerado, 9 y 12°C.

El cuadro # 5, muestra el diseño experimental utilizado en la primera etapa.

Se manejarón, 6 lotes de guayaba con las siguientes características:

T_1 = Guayaba preenfriada y almacenada a 9°C.

T_{1-4} = Guayaba preenfriada, encerada (Cera-4) y almacenada a 9°C.

T_{1-6} = Guayaba preenfriada, encerada (Cera-6) y almacenada a 9°C.

T_2 = Guayaba preenfriada y almacenada a 12°C.

T_{2-4} = Guayaba preenfriada, encerada (Cera-4) y almacenada a 12°C

T_{2-6} = Guayaba preenfriada, encerada (Cera-6) y almacenada a 12°C.

Los frutos utilizados en la primera etapa experimental, fueron guayabas recolectadas en el Municipio de Calvillo, Edo. de Aguascalientes, en la época de mayor producción que fué Nov. - Dic.

El transporte fué terrestre, en rejas de madera de 3 hilos tipo li

monera; con capacidad de aprox. 20 - 25 kg.

El lote de frutos adquirido fué heterogéneo; ya que contenía 6 - estados de madurez diferentes, por lo que se hizo una preselección, homogenizándose el estado de madurez.

El tiempo transcurrido después de la cosecha hasta la aplicación del tratamiento de preenfriamiento fué de 24 hrs.

Diseño Experimental Primera Etapa.

PREENFRIAMIENTO.

Tratamiento	Temperatura cen- tral del fruto.	Relación de radio (n).	Constantes	Parámetros
Sin/Rec. Cera - 4 Cera - 6	9 ± 1 °C	0.5 y 0.75 0.5 y 0.75 0.5 y 0.75	$T_{\text{agua}} = 4 \pm 1$ °C	Tiempo de Enfriamien- to. Distribución de Temp. Difusividad.
12 ± 1 °C	Sin/Rec. Cera - 4 Cera - 5	0.5 y 0.75 " "	" " "	" " "

ALMACENAMIENTO.

Temperatura	Tratamiento	Constantes	Parámetros
9 ± 1 °C	Sin/Rec. Cera - 4 Cera - 6	Humedad Re - lativa = 85- 90%	Apariencia Color Textura Conc. Acido Ascórbico. Acidez Titulable. % Pérdida de peso °Brix.
12 ± 1 °C	Sin/Rec. Cera - 4 Cera - 6	"	"

PROCESO DE TRATAMIENTO.

El proceso al que fué sometida la guyaba para su estudio, se esquematiza en la figura # 2, en el que las principales operaciones son:

1) Selección.

La selección se realizó con la finalidad de eliminar todo tipo de fruta dañada, contaminada y sobremadura, para así contar con uniformidad en las condiciones y estado de madurez de la fruta.

2) Lavado.

Es una operación muy importante y tiene la finalidad de eliminar suciedades, partículas adheridas y microorganismos sobre la cáscara del fruto.

3) Recubrimiento.

Se utilizaron dos tipos de ceras comerciales. Cera Deco-6, recomendada para ser aplicada en frutos cítricos, tiene base acuosa, es transparente, estable y de color café claro. Las materias primas que la componen tienen grado alimenticio, con un tiempo de secado de 0.5 a 5 min.

La Cera Deco-4, que ha sido utilizada para el recubrimiento de pepinos y chiles, es una cera caliente, estable, de color verde pálido, que se aplica a aproximadamente 37.8°C. Las materias primas que lo componen son de grado alimenticio, además tiene la característica que no necesita secarse.

La aplicación de los recubrimientos se realizó en los diferentes lotes (anteriormente descritos) por medio de cepillos de cerdas suaves.

4) Preenfriamiento.

Se seleccionaron dos temperaturas para el preenfriamiento y la conservación de la guayaba, debido a la posibilidad de utilizar sólo dos cámaras de refrigeración. Las temperaturas seleccionadas fueron 9°C y 12°C. Tales temperaturas son recomendadas por diversos autores (23, 35, 36, 40).

Esta operación consistió en sumergir repentinamente el fruto en agua con agitación, a una temperatura de 4 ± 1.5 °C. La permanencia del-

fruto sumergido fué una función del tiempo necesario para que el centro del mismo alcanzara la temperatura de 9°C y 12°C según el lote correspondiente (Ver figura # 3).

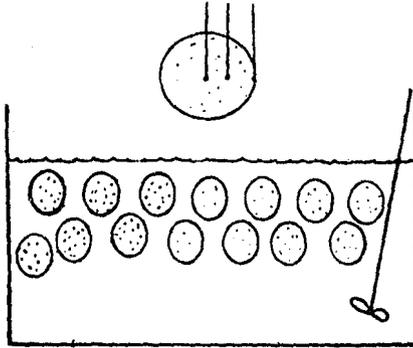


Fig. 3 Aplicación del Preenfriamiento al -
fruto.

Las determinaciones de temperatura se realizaron por medio de termopares metálicos Marca Yellow Springs y un registrador de temperatura Marca Cole-Palmer.

A la par con las determinaciones del tiempo de enfriamiento de la guayaba, se realizaron estudios de transferencia de calor en el fruto con la finalidad de obtener su historia térmica, tendiente a predecir el tiempo de tratamiento y por lo tanto la temperatura final en un tiempo y punto determinado del fruto. Procedimiento que por su importancia se describe en forma separada posteriormente.

Secado

El secado se realizó con la intención de evitar en lo más posible la proliferación de microorganismos en la superficie del fruto. Las guayabas preenfriadas fueron pasadas por una corriente de aire a temperatura

ambiente.

Para el caso de los lotes recubiertos con la Cera - 6, el secado permite la mejor adherencia de ésta; en la superficie del fruto.

Empaque.

Los diferentes lotes de guayabas se empacaron en cajas de madera de tres hilos tipo limonera, de las mismas características en las que fueron transportados los frutos hacia el lugar de experimentación: Durante el empaque se verificó visualmente el estado del producto, separando --- aquel con daño físico aparente.

Refrigeración.

Las cámaras de conservación se mantuvieron con una Humedad Relativa (HR) = 80-90% y a las temperaturas de:

$$T_1 = 9 \pm 0.5^\circ\text{C}.$$

$$T_2 = 12 \pm 0.5^\circ\text{C}$$

La Humedad Relativa se escogió en base a las recomendaciones reportadas (23,35,36,40), el control de la misma se logró manteniendo constantemente húmedo el ambiente de las cámaras, por medio de un recipiente con agua y poliuretano humedecido; colocados en el piso de éstas.

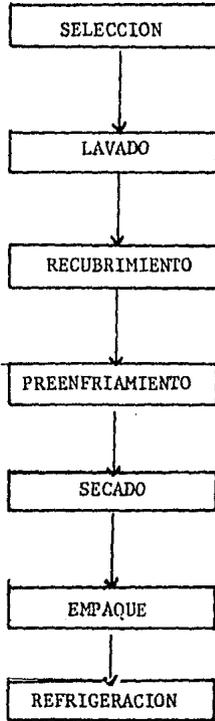


DIAGRAMA DE BLOQUES

FIGURA # 2

CONTROL DE PROCESO.

Con el fin de determinar la influencia del recubrimiento y la temperatura de conservación, en la vida útil de la guayaba, se establecieron dos tipos de controles.

- a) Análisis Químicos.
- b) Análisis Físicos

Tales controles se describen a continuación:

- a) Análisis Químicos.

% de Acidez Titulable (% ATT)

Se titula una muestra de pulpa diluida con agua destilada, con una solución valorada de NaOH 0.1N hasta llegar a un pH = 8.3, que es donde se alcanza la neutralización de todos los carboxilos libres del ácido cítrico, principal responsable de la acidez de la guayaba. Como indicador se empleó la fenoftaleína, que tiene un pH de vire entre 8.0 y 8.3. El % ATT se reportó como % de ácido cítrico.

% Sólidos Solubles.

El contenido de sólidos solubles en la guayaba, se determinó en forma directa en un refractómetro marca Erma, reportándose como °Brix.

Contenido de Acido Ascórbico (% AA)

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se empleó la técnica volumétrica, utilizando como estabilizador del ácido ascórbico el ácido acético (27,29) y como indicador redox el 2,6 dicloro indofenol. Así, una vez realizada la titulación con el indicador se deduce la concentración del ácido ascórbico en el fruto en mg Ac. Asc/100g.

- b) Análisis Físicos.

Textura.

La textura se determinó por medio de un penetrómetro marca Opten -- Zeiss aplicando la aguja del aparato sobre tres puntos diferentes del fruto, colocado éste sobre una superficie fija.

El penetrómetro marca los kg fuerza necesario para provocar la rup-

tura y penetración de la aguja en el fruto, reportándose en Kg/cm².

% Pérdida de Peso

Se escogieron cinco muestras de cada lote y para cada temperatura. A las muestras se les determinó su peso en una balanza granataria marca - OHAUS. Determinación que se realizó consecutivamente durante el tiempo de experimentación.

Obteniéndose las diferencias en peso, de cada una de las determinaciones con respecto al inicial y reportándose en % de pérdida de peso:

$$\%Pp = \frac{b}{a} \times 100 - 100$$

Donde:

a = Peso del fruto original.

b = Peso a tiempo t de conservación

Apariencia

En ésta parte se tomaron las diferentes características sensoriales de la guayaba, previas a las determinaciones químicas, éstas fueron: Color, olor, daño más notable y observaciones como manchas, firmeza y - deshidrataciones.

Dentro del color se estableció una escala subjetiva que comprendía: Verde, Rayado (ciertas coloraciones amarillas), Amarillo, Verde, Amarillo Pálido, Amarillo Fuerte y Amarillo Café.

METODOLOGIA PARA ANALISIS DE RESULTADOS.

Para definir el comportamiento de la 1^a. experimentación las diferentes características físicas y químicas de la guayaba durante su almacenamiento; se graficó cada una de ellas contra el tiempo, analizándose con respecto a cada uno de los tratamientos aplicados.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico de cada variable de respuesta durante el almacenamiento, en donde los datos obtenidos de un Diseño Factorial 3 x 2, se analizaron estadísticamente a través de un Análisis y Varianza (18,19).

El factor 3 x 2 significa:

Factor A Recubrimientos con 3 niveles; Sin Cera, Cera - 4 y Cera -6.

Factor B Temperatura con 2 niveles; 9 y 12°C.

Los lineamientos para el desarrollo de este método son:

Los datos se registraron en el cuadro # 6, donde, en la parte superior está expresado el factor B (Temp.), y en el lado izquierdo el factor A (Recub.); cada factor con sus niveles correspondientes.

De esta manera se pueden observar las posibles combinaciones resultantes de los niveles de cada factor.

CUADRO # 6
DISEÑO FACTORIAL. 3 x 2
FACTOR B (Temperatura).

		Bloque	9°C	12°C
S/C	I		T ₁₁₁	T ₁₂₁
	II		T ₁₁₂	T ₁₂₂
	III		T ₁₁₃	T ₁₂₃
	IV		T ₁₁₄	T ₁₂₄
FACTOR A (Recub.) C - 4	I		T ₂₁₁	T ₂₂₁
	II		T ₂₁₂	T ₂₂₂
	III		T ₂₁₃	T ₂₂₃
	IV		T ₂₁₄	T ₂₂₄
C - 6	I		T ₃₁₁	T ₃₂₁
	II		T ₃₁₂	T ₃₂₂
	III		T ₃₁₃	T ₃₂₃
	IV		T ₃₁₄	T ₃₂₄

Donde: T₁₁₁ = Tratamiento, Factor A, Factor B, Bloques (tiempo) respectivamente.

En seguida se registro una tabla con los totales para cada tratamiento en relación a cada temperatura, reportando las sumatorias de las columnas verticales y horizontales.

		b ₁	b ₂		
a ₁		T ₁₁₁ +...+T ₁₁₄	T ₁₂₁ +...+T ₁₂₄	≠	a ₁
a ₂		T ₂₁₁ +...+T ₂₁₄	T ₂₂₁ +...+T ₂₂₄	≠	a ₂
a ₃		T ₃₁₁ +...+T ₃₁₄	T ₃₂₁ +...+T ₃₂₄	≠	a ₃
		≠ b ₁	≠ b ₂	GT	

Posteriormente se registró una tabla de bloques de la siguiente forma:

TABLA DE BLOQUES

I	II	III	IV
$T_{111} + T_{121} + \dots$	$T_{112} + T_{122} + \dots$	$T_{113} + T_{123} + \dots$	$T_{114} + T_{124} + \dots$

A continuación se calcularon las sumas de cuadrados (SC), correspondientes a los tratamientos, el total, el error y los bloques:

$$Fc = \text{Factor de corrección} = \frac{(GT)^2}{a \cdot b \cdot r}$$

$$SC_{TR} = \sum_{j=1}^a \sum_{i=1}^b \sum_{k=1}^r x_{ij}^2 - Fc \quad (\text{Tratamientos})$$

$$SC_{TL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r x_{ijk}^2 - Fc \quad (\text{Total})$$

$$SC_{BL} = \sum_{k=1}^r x_k^2 / (a \cdot b) - Fc \quad (\text{Bloques})$$

$$SC_{ER} = SC_{TL} - (SC_{TR} + SC_{BL}) \quad (\text{Error})$$

$$SC_A = \sum_{i=1}^a x_i^2 / (b \cdot r) - Fc \quad (\text{Factor A})$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b x_j^2 / (a \cdot r) - Fc \quad (\text{Factor B})$$

$$SC_{AxB} = SC_{TR} - (SC_A + SC_B) \quad (\text{Factores A x B})$$

En resumen las sumas de cuadrados y los cálculos adicionales se presentan en el cuadro # 7 representando el cuadro ANOVA.

CUADRO ANOVA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculado.	F tablas.
Fv	g.l.	SC	CM	F	F _t
TRATAMIENTOS	a, b - 1	SC _{TR}			
A	a - 1	SC _A	CM _A = SC _A / g.l.	CM _A / CM _{ER}	
B	b - 1	SC _B	CM _B = SC _B / g.l.	CM _B / CM _{ER}	
A X B	(a-1) (b-1)	SC _{AxB}	CM _{AxB} = SC _{AxB} / g.l.	CM _{AxB} / CM _{ER}	
BLOQUES	r - 1	SC _{BL}	CM _{BL} = SC _{BL} / g.l.		
ERROR	(a.b-1)(r-1)	SC _{ER}	CM _{ER} = SC _{ER} / g.l.		
TOTAL	a.b.r-1	SC _{TL}			

CUADRO # 7

Para aquellos casos en que se encontró diferencia significativa en algunos de los tratamientos, fué necesario subdividir los grados de libertad utilizando contrastes ortogonales. Donde se presentan 2 o más comparaciones, según la variable que se analizó (19).

Ejemplo:

Comp. 1.- Sin Cera Vs. prom. de Ceras.

Comp. 2.- Cera 1 Vs. Cera 2

A continuación se muestra la secuencia a seguir para este análisis:

1.- Planteamiento de hipótesis:

.- $H_0: \mu_A = (\mu_B + \mu_C) / 2$

.- $H_0: \mu_B = \mu_C$

- No existe diferencia entre las medias de los trats. S/C promedio de ceras.

- No existe diferencia entre las medias de los trats. con Ceras.

2.- Planteamiento de combinaciones:

$L_1 = 2 a_1 - (a_2 + a_3)$

$\sum_{k=1}^2 1 = 2 - 1 - 1 = 0$

$L_2 = 0 + a_2 - a_3$

$\sum_{k=1}^2 m_k = 0 + 1 - 1 = 0$

$a_1 = S/Cera$

$a_2 = Cera 4$

$a_3 = Cera 6$

$b_1 = Temp. 9^\circ C$

$b_2 = Temp. 12^\circ C$

3.- Formulación de tabla de contrastes:

Trat. Total	$a_1 b_1$	$a_1 b_2$	$a_2 b_1$	$a_2 b_2$	$a_3 b_1$	$a_3 b_2$	$\sum (lm_k)^2$	L
Contraste	()	()	()	()	()	()		
$L_1 = S/C \text{ Vs } C$	2	2	-1	-1	-1	-1	12	
$L_2 = C_1 \text{ Vs } C_2$	0	0	1	1	-1	-1	4	

A continuación se determina la contribución a la SCTR, dividiendo el cuadrado de cada total para el efecto factorial entre el número de repeticiones r y $\sum_{k=1}^2 1_k^2$.

$SCI_I = \frac{(L)^2}{(r \sum_{k=1}^2 1_k^2)}$

$$SCL_2 = - \frac{(L_2)^2}{(r \sum m^2 k)}$$

$$SCTR = SCL_1 + SCL_2$$

Finalmente el análisis se representó en el cuadro ANOVA. (Cuadro No. 8)

CUADRO ANOVA
SUBDIVISION GRADOS DE LIBERTAD

Fv	g.l	SC	CM	F	F _T
L ₁ = S/C Vs C ₅	1	SCL ₁	SCL ₁ /g.l.	CM/SCER	
L ₂ = C ₄ Vs C ₆	1	SCL ₂	SCL ₂ /g.l.	CM/SCER	
Error	15	SCER			

CUADRO # 8.

II.2 SEGUNDA ETAPA EXPERIMENTAL.

Una vez cumplidos los objetivos de la Primera Etapa, se planteó - realizar una 2a. experimentación cuyo objetivo principal fue conocer la - influencia de los tratamientos; Refrigeración, Preenfriamiento, Encerado- y la combinación de éstos en la conservación del fruto.

Para éste caso se manejaron 4 lotes de guayaba:

T₁ = Guayaba Refrigerada a 9°C.

T₂ = Guayaba Preenfriada y Refrigerada a 9°C.

T₃ = Guayaba Encerada y Refrigerada a 9°C

T₄ = Guayaba Encerada, Preenfriada y Refrigerada a 9°C.

A continuación se muestra el Cuadro # 9 , donde se presenta el efecto de contraste entre los diferentes tratamientos aplicados al fruto:

CUADRO # 9

CONTRASTE DE TRATAMIENTOS

	T (9°C)	E	P
T ₁	+	-	-
T ₂	+	-	+
T ₃	+	+	-
T ₄	+	+	+

Donde: T: Almacenamiento refrigerado a 9°C

E: Encerado

P: Preenfriamiento.

Los frutos utilizados en la 2a. experimentación fueron seleccionados en la misma huerta (en campo), en donde se obtuvieron frutos de un solo estado de madurez denominado " Extremadamente inmaduro " ; además - fué un lote homogéneo, ya que los frutos no presentaron daños mecánicos evidentes.

Posteriormente se aplicaron los tratamientos, transcurriendo 3 - horas desde la cosecha del fruto hasta la aplicación del preenfriamiento y encerado a los lotes correspondientes. Por cada lote se obtuvieron 200 guayabas en base al número de determinaciones y el análisis sensorial pla

neado.

El transporte hacia las cámaras de almacenamiento se realizó en envases aislados (unicel), manteniendo la temperatura de 9°C utilizando hielo troceado, aislado en el fondo del recipiente.

La aplicación de los tratamientos se realizó de igual forma que en la experimentación anterior; utilizando el mismo equipo para su aplicación, además del estudio del preenfriamiento.

Los frutos ya tratados se introdujeron a la cámara de conservación en cajas de cartón perforadas con dimensiones de 40 x 30 x 15 cm. - largo, ancho y espesor respectivamente; con una capacidad de 10 Kg. aproximadamente. Las cámaras de conservación se mantuvieron a 9°C y HR =85-90%, condiciones obtenidas de la 1a. experimentación.

CONTROL DE PROCESO.

Para conocer la influencia de los tratamientos; Refrigeración, En-
cerado, Preenfriamiento y la combinación de éstos en la conservación de -
guayaba. Se establecieron los siguientes controles:

- a) Observaciones generales del fruto.
- b) Análisis físicos y químicos
- c) Análisis sensorial.

Las observaciones, análisis físicos y químicos se realizaron a -
4 muestras de cada tratamiento, en las fechas correspondientes de expe -
rimentación. Registrándose en el cuadro # 10.

Los análisis físicos y químicos fueron descritos en la 1^a. experi-
mentación: Textura, Pérdida de Peso, °Bx, Acidez Titulable y Acido Ascó--
roico. Sustituyendo la apariencia por las observaciones generales del fru-
to, que se realizaron antes de los análisis físicos y químicos. A conti-
nuación se describen cada uno de los parámetros considerados:

FIRMEZA: Se detectó presionando ligeramente el fruto y se registró de -
acuerdo a una escala indicativa que va desde:
Fruto extremadamente duro, duro, ligeramente duro, blando y --
extremadamente blando.

DESHIDRATACION: Se registró si hubo o no deshidratación y en que lugar-
del fruto.

% GOLPE Y % MANCHAS: Se describió la naturaleza del golpe (principalmen-
te mecánico), su porcentaje y generalmente las manchas origina-
das por golpe.

COLOR: Para la determinación de color se utilizó una gama de colores -
"Mecanorma", con la cual se determinó el estado de madurez del-
fruto en base al color, siguiendo la escala descrita a continua-
ción:

		Edo. de Madurez	Variabilidad de No. de Color .				
Extremadamente inmaduro. ---	I		173	177	178	179	254
			255	345			
Verde inmaduro ---	II		101	109	235	348	350
Ligeramente maduro ---	III		195	196.			
Maduro ---	IV		193	194	108		
Ligeramente sobremaduro ---	V		110	198			
Sobremaduro ---	VI		104	106	107	117	119

DAÑO POR FRÍO APARENTE: El daño por frío se observó al cortar el fruto, manifestándose como pequeñas manchas grisáceas en diferentes regiones del fruto. Se registró si hubo o no daño por frío aparente.

CALIDAD COMERCIAL: La calidad comercial se registró si tenía o no calidad el fruto de acuerdo a todos los parámetros antes descritos.

Análisis sensorial.

En esta segunda experimentación se llevó a cabo un análisis sensorial, el cual permitió conocer las características del fruto a lo largo -- del almacenamiento. Este análisis se realizó paralelamente con los análisis físicos-químicos.

Para llevar a cabo estas pruebas se seleccionaron 10 panelistas, -- realizando pruebas de entrenamiento, para evitar al máximo errores.

Los parámetros de evaluación de ésta prueba fueron:

- 1) Evaluación de la apariencia.
- 2) Evaluación del color.
- 3) Evaluación de la consistencia.
- 4) Evaluación del aroma
- 5) Evaluación del sabor-intensidad
- 6) Evaluación del sabor-madurez

Los cuestionarios utilizados para llevar a cabo la evaluación se muestran a continuación:

REPORTE DE OBSERVACIONES Y ANALISIS FISICOS-QUIMICOS DE GUAYABA.

Tc=
% HR =

FECHA:
DIAS DE ALMACENAMIENTO:

HUESTRA	FIRMEZA	DESH	GOLPE %	MANCHAS %	COLOR	CALIDAD COMERCIA BLE	DAÑO POR FRIO	TEXTURA Kg/cm ²	°BRUX	ACIDEZ TITULABLE %	ACIDO ASCORBICO mg/ 100g.
T ₁											
T ₂											
T ₃											
T ₄											

CUADRO No. 10

CUESTIONARIO No. 1

ANALISIS SENSORIAL, EVALUACION DE LA APARIENCIA

Nombre:

Fecha:

- 1.- Esta usted recibiendo una referencia (R) observela detenidamente, identificando cualquier alteración a la homogeneidad para consumo.
- 2.- Observe su apariencia, retenga su apreciación.
- 3.- Tome la muestra problema, observela detenidamente y realiza lo mismo - que en el punto 1 y 2, retenga su impresión.
- 4.- Ubique su apreciación para la muestra problema, comparativamente a la referencia (R); en un punto dentro de la escala de la apariencia.

CLAVE

ESCALA DE RELACION DE APARIENCIA

extra inmaduras	inmaduras	ligera mente madura	madura	ligera mente sobre madura	sobre madura
extra inmaduras	inmaduras	ligera mente madura	madura	ligera mente sobre madura	sobre madura
extra inmaduras	inmaduras	ligera mente madura	madura	ligera mente sobre	sobre madura

CUESTIONARIO No. 2
ANALISIS SENSORIAL, EVALUACION DE LA APARIENCIA

Nombre:

Fecha:

Esta usted recibiendo varias muestras de guayaba, observe cuidada
dosamente en cada una su apariencia para consumo, y registre en
la escala su nivel de agradabilidad.

CLAVE

Me gusta extremadamente	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
He disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me disgusta extremadamente	_____	_____	_____	_____

Anote las observaciones, de acuerdo a la decisión tomada sobre el
agrado de la muestra para consumo.

ANÁLISIS SENSORIAL DE LA GUAYABA, EVALUACION SENSORIAL DEL COLOR.

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

- 1.- Tome la muestra problema que se esta proporcionando, observe detenidamente su color y ubique en la escala de color que se le esta proporcionando, anotando a que color corresponde.
- 2.- Registre sus apreciaciones de la muestra anterior, tomando como referencia su preferencia su preferencia al color de esta realicelo en la escala de preferencia.
- 3.- En base a la evaluación anterior del color a la muestra, registre sus apreciaciones para consumo en la escala de preferencia para consumo.

CLAVE

ESCALA DE COLOR

ESCALA DE PREFERENCIA

desagradable aceptable agradable

ESCALA DE PREFERENCIA PARA CONSUMO

no apta para consumo	apta para consumo	no apta para consumo
inmadura		sobremadura

CUESTIONARIO No. 4

ANALISIS SENSORIAL, EVALUACION DE LA CONSISTENCIA

Nombre: _____

Fecha: _____

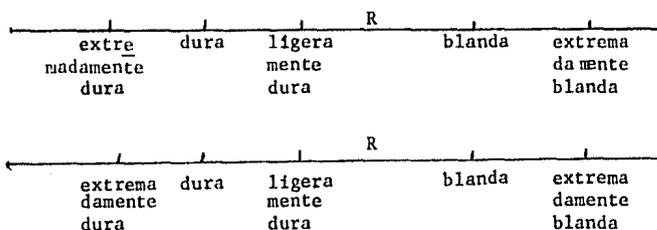
Ante usted se presentan 4 muestras identifíquelas en la escala indicativa, de acuerdo a sensaciones iniciales de consistencia hágallo comparativamente a la referencia (R).

Instrucciones.

- 1.- Tome la muestra de referencia (R) en su mano presionando ligeramente el fruto, simulando su compra para consumo, retenga su impresión en función de la sensación de consistencia.
- 2.- Deje pasar un minuto y tome la primera muestra problema, retenga su impresión, compárela a la referencia (R), e inmediatamente anótelas en la escala indicativa.
- 3.- Repita la operación para las muestras problemas subsecuentes anotando su clave al lado derecho de la escala.

CLAVE

ESCALA DE CONSISTENCIA



CUESTIONARIO N 5
EVALUACION SENSORIAL DE GUAYABA, EVALUACION SENSORIAL DL
AROMA.

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones.

- 1.- Tome el frasco de la referencia (R) destapelo, inhale dos veces, lenta y profundamente.
- 2.- Tome la muestra problema que se le presenta, destape el frasco, - inhale dos veces, lenta y profundamente.
- 3.- Registre sus apreciaciones de intensidad de aroma dentro de rango - de la escala indicativa.
- 4.- Descanse un minuto.
- 5.- Continúe con la siguiente muestra problema.

CLAVE

ESCALA DE INTENSIDAD AROMATICA

menos	más
intenso	intenso

_____ R _____

menos	más
intenso	intenso

_____ R _____

menos	más
intenso	intenso

_____ R _____

menos	más
intenso	intenso

Para conocer la evolución de las diferentes características físicas y químicas (variables de respuesta) del fruto en la 2a. experimentación durante su almacenamiento, se graficó cada una de ellas con respecto al tiempo analizando su comportamiento con los diferentes tratamientos -- aplicados.

A continuación se llevó a cabo el análisis estadístico de cada variable; aplicando el Diseño de Bloques Aleatorios (DISBA).

En éste caso los bloques corresponden a las 7 fechas del período de almacenamiento, siendo los tratamientos:

T₁ = Refrigeración a 9°C

T₂ = Preenfriamiento y refrigeración.

T₃ = Encerado y refrigeración.

T₄ = Encerado, Preenfriamiento y Refrigerada.

Las hipótesis propuestas son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

No existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

Vs.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

Análisis Estadístico:

Supóngase que se tiene:

"T" Tratamientos y

"r" Bloques

Con lo que se puede tener la representación esquematizada en el cuadro # 11.

CUADRO # 11
 DISEÑO DE BLOQUES ALEATORIOS
 (Bloques (día de alm.) j=1...r=7

Tratamientos l=1... t=4	1° día 1	5° 2	9° 3	12° 4	16° 5	19° 6	22° 7	suma	media
T ₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	X _{t1}	\bar{X}
T ₂	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	X _{t2}	\bar{X}
T ₃	T ₃₁	T ₃₂	T ₃₃	T ₃₄	T ₃₅	T ₃₆	T ₃₇	X _{t3}	\bar{X}
T ₄	T ₄₁	T ₄₂	T ₄₃	T ₄₄	T ₄₅	T ₄₆	T ₄₇	X _{t4}	\bar{X}
SUMA	X _{r1}	X _{r2}	X _{r3}	X _{r4}	X _{r5}	X _{r6}	X _{r7}	X	
Media	\bar{X}		\bar{X}						

A continuación fueron obtenidas las sumas de cuadrados (SC), correspondientes a los tratamientos, el total, el error y los bloques:

$$r = 7, t = 4$$

$$C = N^2/rt$$

$$SC_{TL} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - C \quad (\text{Total})$$

$$SC_{TR} = \sum_{i=1}^t X_i^2/r - C \quad (\text{Tratamientos})$$

$$SC_{BL} = \sum_{j=1}^r X_j^2/t - C \quad (\text{Bloques})$$

$$SC_{ER} = SC_{TL} - (SC_{TR} + SC_{BL}) \quad (\text{Error})$$

Y finalmente efectuado el cálculo global de acuerdo a la tabla de-

ANOVA presentada en el cuadro # 12.

CUADRO # 12
CUADRO ANOVA

Fv	gl	SC	CM	F	Ft = 5%
TRATS.	t - 1	SC _{TR}	CM _{TR} = SC _{TR} / gl.	Fc = CM _{TR} / CM _{BL}	
BLOQUES	r - 1	SC _{BL}	CM _{BL} = SC _{BL} / gl.		
ERROR	(t-1)(r-1)	SC _{ER}	CM _{ER} = SC _{ER} / gl.		
TOTAL	rt - 1	SC _{TL}			

Para el caso en que se presentaron diferencias significativas estadísticamente, se describe a continuación dos de las pruebas más utilizadas para conocer el nivel de esta diferenciación: Diferencia Mínima Significativa (DMS) y la prueba Tukey (DMSH). (18,19)

La hipótesis a probar es: $H_0 = \mu_i - \mu_j = 0$, $H_1 = \mu_i - \mu_j \neq 0$

$$DMS = t_T \cdot S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j}$$

DONDE: t_T = se obtiene de tablas con grados de libertad (gl) de error y deseado.

$S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j}$ = desviación estandar de las diferencias entre las medias

$$\pm \sqrt{2 S^2 / r} \qquad \pm \sqrt{2 CM_{ER} / r}$$

Si la diferencia entre $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ excede del valor de la DMS, se pueden considerar estadísticamente diferentes.

La prueba Tukey, es una prueba de medias bastantes estricta y mantiene la probabilidad de que cualquier diferencia de medias haya sido declarada falsamente significativa, en el nivel α de confianza del 5%.

$$DMSH = q_{\alpha} \bar{Sx}$$

DONDE: q = se obtiene de tablas con el valor de α , # de trats. y g . 1.

$$\bar{Sx} = \sqrt{CM_{ER}/r} = \text{desviación estandar de medias.}$$

Finalmente se presenta una tabla de medias de tratamientos.

	T_1	T_2	T_3	T_4
\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}

posteriormente se formó la tabla de diferencias muestrales, en donde se comparan las medias de los diferentes tratamientos con DMS y IMSH, como se muestra en el cuadro # 13.

CUADRO # 13
CUADRO DE MEDIAS DE TRATAMIENTO

Comparaciones	x - x i j	DMS	Ejemplo significancia	DMSH	Ejemplo signif.
$T_4 - T_1$			$T_4 > T_1$		$T_4 > T_1$
$T_4 - T_2$			$T_4 > T_2$		ns.
$T_4 - T_3$			$T_4 > T_3$		ns.
$T_3 - T_1$			$T_3 > T_1$		$T_3 > T_1$
$T_3 - T_2$			n.s.		ns.
$T_2 - T_1$			$T_2 > T_1$		ns.

II.3 ANALISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Si bien es cierto que prácticamente el preenfriamiento, adecuadamente aplicado contribuye a la conservación de frutos, esta operación, -- desde el punto de vista técnico, así como para su diseño y adecuación en un caso particular, debe considerar algunos factores importantes entre -- los que destacan:

- La caracterización del transporte de energía involucrado durante el proceso, ésto es, del mecanismo convectivo -- del medio de enfriamiento a la superficie del sólido por una parte y por la otra, el conductivo al interior del -- mismo.
- El conocimiento de las propiedades térmicas del sólido -- particularmente su conductividad y difusividad térmica.

Metodológicamente estos factores fueron integrados experimentalmente, aplicando el Hidroenfriamiento en dos etapas; la primera, a nivel preliminar en laboratorios y la segunda directamente en el campo de cultivo -- del fruto, en el Municipio de Calvillo Edo. de Ags.

De esta forma, una serie de lotes de guayaba fueron preenfriadas-- por inmersión en agua con una temperatura promedio de 4°C, el tiempo sufi-- ciente para alcanzar en el centro del producto las temperaturas de alma-- cenamiento programadas y que fueron de 9°C y 12°C. Los diversos lotes -- tuvieron como variante adicional la aplicación de diferentes recubrimien-- tos.

Durante los ensayos sobre cada lote, se determinaron las histo -- rias térmicas, obteniéndose a intervalos de tiempo constante las variacio -- nes de temperatura del interior del sólido, en relación con la del medio, registrándose estas temperaturas en diferentes puntos del centro hacia -- la superficie del fruto.

Para conocimiento de las propiedades térmicas del sólido, particu -- larmente su difusividad y comportamiento, fué utilizada una ecuación modi -- ficada de la ley de Fourier para la transferencia de calor, ecuación apli -- cada al caso de durazno por investigadores de la Universidad de Geor---

gia (4), dando aproximaciones satisfactorias en el caso de Hidroenfriamiento.

Esta ecuación para el centro del sólido geoméricamente esférico-esta representada por:

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = 2 \sum_{m=1}^{m=\infty} (-1)^{m+1} e^{-\frac{4\alpha t}{D^2} m^2 \pi^2} \dots\dots\dots [1]$$

(ver nomenclatura pág.162)

En la que las siguientes consideraciones fueron tomadas en cuenta:

- 1.- Se considera la guayaba un cuerpo geoméricamente simple similar a una esfera.
- 2.- La superficie del fruto toma inmediatamente la temperatura del medio de enfriamiento.
- 3.- La relación $\frac{k}{hr} = 0$ ó sea $(h)(r) \gg \gg k$
- 4.- La transferencia de calor convectiva de la guayaba en el preenfriado-se presenta en forma análoga como la correspondiente a la de tubos paralelos enfriados por agua en forma perpendicular. Así, esta ecuación permite predecir los cambios necesarios en el preenfriamiento, cuando se presenten variaciones en las condiciones, características del medio.

La difusividad fue calculada mediante el trazo de $\ln \Delta T/\Delta T_0$ en $f(t)$, considerando para ello que la pendiente del comportamiento obtenido corresponde de acuerdo a la ec. 1.a:

$$m = \frac{4\alpha \pi^2}{D}$$

De esta forma despejando directamente del valor de la pendiente se obtiene el valor de la difusividad térmica, que generalmente es usado en las expresiones de transferencia de calor en estado transiente (26), debido a que es una propiedad del material, que en cierta medida nos indica el nivel de resistencia al transporte térmico en el

sólido.

Finalmente para el cálculo del coeficiente convectivo fue necesario analizar el sistema en cuestión. Se sabe que la superficie del sólido tiene una mayor temperatura que el fluido, se maneja un sistema de flujo en el que el fluido circula alrededor del sólido. De ésta forma la velocidad de flujo de calor a través de la interface sólido-fluido dependerá del área de la interface y de la diferencia de temperatura entre el sólido y el fluido, con lo anterior se puede escribir que:

$$Q = h A \Delta T \text{-----}[2]$$

siendo Q el flujo de calor hacia el fluido, A un área característica, ΔT diferencia de temperatura, y h el coeficiente de transmisión de calor.

Considerando que el calor que recibe el fluido, es, el necesario para lograr el cambio de temperatura deseado en el sólido, y dentro de un estado estacionario con Cp constante, el balance de calor conduce a:

$$Q = m C_p \Delta T \text{-----}[3]$$

siendo Q nuevamente el flujo de calor hacia el fluido, m la masa del sólido, y ΔT diferencia de temperatura del sólido. Combinando las ecuaciones No.2 y 3 se obtiene el valor del coeficiente de transmisión de calor del medio a la superficie del sólido.

$$h = \frac{m C_p (T_1 - T_2)}{A (T_{s_s} - T_f)} \text{-----}[4]$$

Dedución totalmente válida en función de que se considera prácticamente despreciable la resistencia interna a la transferencia de calor.

III. ANALISIS DE RESULTADOS

CAPITULO III

ANALISIS DE RESULTADOS

Dentro de los diferentes métodos que han sido aplicados en busca de incrementar la vida útil de productos hortofrutícolas; éstos no podrán ser utilizados en forma corriente si no cuentan con el respaldo de resultados que puedan ser reconfirmados o en su caso refutados. De esta forma se presentan los análisis y pruebas a las que se sometió el producto almacenado, resultados que no solo sirven para discernir acerca del método más apropiado para la conservación del fruto, sino que plantea la posibilidad de aplicarse o tomarse como base para otras frutas.

Así la siguiente serie de resultados, contempla los -- análisis físicos y químicos más representativos de las variaciones que sufren los frutos, en su conservación . (ver claves de tratamientos en Metodología de la 1^a. etapa experimental página 33)

III. 1 PRIMERA EXPERIMENTACION.

% Acidez Titulable (% ATT).

Los cambios en %ATT durante el almacenamiento se muestran en las gráficas # 1 y # 2, observándose un comportamiento similar de los tratamientos a las temperaturas de 9 y 12°C, en general existe una tendencia a aumentar el %ATT durante el almacenamiento; variando desde 0.62 - 0.7% a los primeros 7 días, hasta valores de 0.85 - 0.95% a los últimos días de almacenamiento.

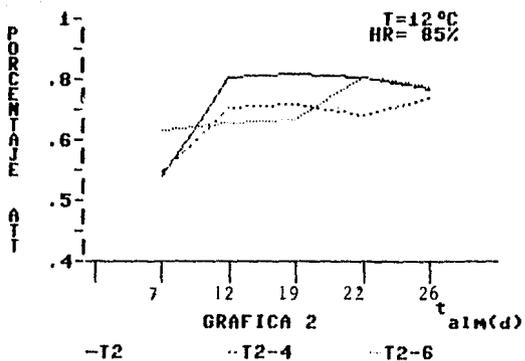
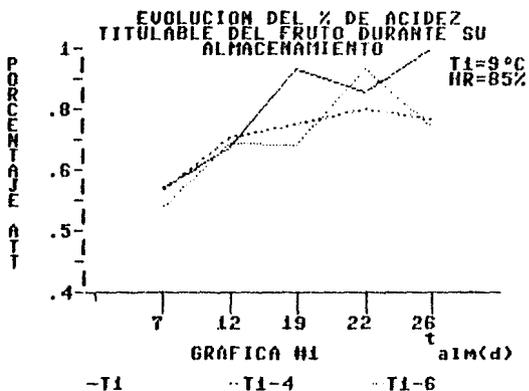
Para los lotes a Temp. de 9°C, (gráfica #1), se observa que en el caso del tratamiento de T₁ existen concentraciones altas de ATT, ya que se encuentra un máximo entre el 19° y 26° días con valores promedio arriba de 0.95%.

Para el lote T₁-6, existe la tendencia a aumentar hasta los 22 días con un máximo a 0.95%, disminuyendo a los 26 días a 0.81%.

Con respecto al tratamiento T₁-4, tiene un comportamiento más estable en un intervalo de 0.69 a 0.82% durante los 26 días de experimentación.

Así, durante el almacenamiento a 9°C es notoria la influencia de los recubrimientos con respecto al tratamiento T₁ principalmente el T₁-4.

A la Temp. de 12° C, (ver gráfica 2) se presenta un comportamiento similar para los diferentes tratamientos, el lote T₂ desarrolla aparentemente un porcentaje mayor de acidez, presentando un máximo a los 19 días con un valor de 0.87% El tratamiento con T₂-6 se obtiene 0.86% a los 22 días y con T₂-4 alcanza 0.875% a los 26 días que son los valores máximos desarrollados por el fruto. Cabe señalar que en el período -- del 12° al 19° día, el % de acidez para los recubrimientos se mantuvo entre valores de 0.72 y 0.75%



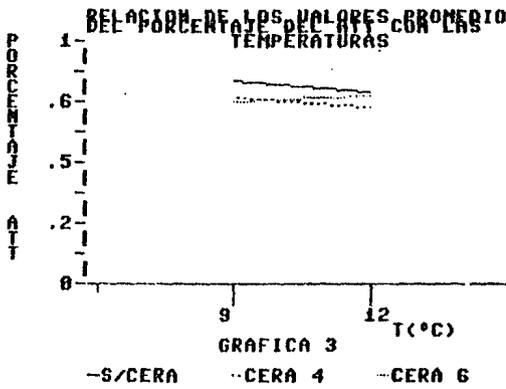
Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto, se muestran en el cuadro # 14. Donde se observa que no se detectó diferencia significativa, con respecto al % ATT, en ningún tratamiento aplicado al fruto. Por otro lado observando en la Gráfica # 3 y cuadro # 15, se tiene mayor %ATT a 9°C que a la Temp. de 12°C, en los tratamientos T₁ y T₁-4. En el caso de T₂-6, se obtiene mayor porcentaje a 12°C; sin embargo estas diferencias son mínimas. Por lo que el porcentaje de Acidez Titulable es una variable de respuesta que nos indica poca influencia de los tratamientos aplicados al fruto.

CUADRO # 14
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F	F _T (5%)	Signif.
Trats.	5	1.1458	2.9	ns.
A (Rec.)	2	0.1932	3.68	ns.
B (Temp.)	1	0.9583	4.54	ns.
A x B	2	0.4531	3.68	ns.
Error	15	-	-	

CUADRO # 15

Rec/Temp	9°C	12°C
S/Cera	0.841	0.790
Cera 4	0.773	0.730
Cera 6	0.757	0.774



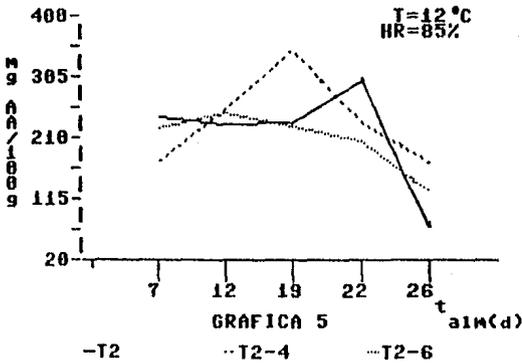
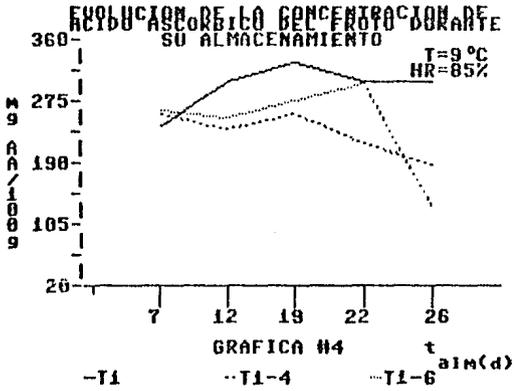
Conc. Acido Ascórbico (AA)

En las Gráficas # 4 y # 5, se observa el comportamiento de la -- concentración de ácido ascórbico en el almacenamiento de guayaba a las -- temperaturas indicadas. Donde se obtiene, una clara tendencia a mantener la concentración en un nivel de 260 a 320 mg/100 g, a la Temp. de 9°C durante los 22 primeros días de almacenamiento y, de 200 a 300 mg/100 g a -- Temp. de 12°C durante el mismo período de almacenamiento.

Posteriormente a este período, decrece significativamente la conc. de ácido ascórbico, alcanzando a los 26 días a Temp. de 9°C, valores de -- 120 mg/100 g para el tratamiento con T₁-6 y 208 mg/100 g para el trata -- miento T₁-4 siendo T₁ la única que se mantuvo en un valor de 300 mg/100g.

Con respecto a la Temp. de 12°C, en el comportamiento del ácido -- ascórbico existió una disminución de la concentración hasta valores de -- 170 mg/100 g para T₂-4, 130 mg/100g, para T₂-6 y de 78 mg/100 g para T₂.

En las gráficas # 4 y, # 5, es evidente la diferencia que existe -- en la concentración del ácido ascórbico para los tratamientos a 9 y 12°C. durante el período de almacenamiento.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto, se muestran en el cuadro # 16. Donde se observa que no se detectó diferencia significativa, con respecto a la conc. de ácido ascórbico, en los tratamientos con recubrimientos. Sin embargo, sí se -- detectó diferencia significativa con respecto a las Temperaturas de almacenamiento.

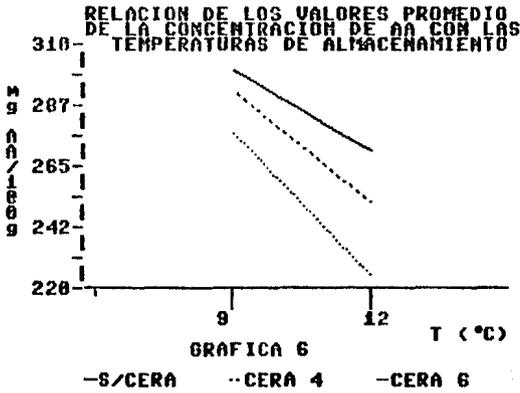
Por otro lado, en la gráfica # 6 y cuadro # 17, se observa la notoria influencia de la temperatura, ya que a 9°C se tiene mayor concentración de ácido ascórbico en el fruto a lo largo del almacenamiento.

CUADRO # 16
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F	F _T (5%)	Signif.
Trats.	5	1.568	2.9	ns.
A	2	1.018	3.68	ns.
B	1	5.16	4.54	+
A x B	2	0.31	3.68	ns.
Error	15	-	-	

CUADRO # 17
CUADRO DE MEDIAS

Rec / Temp.	9°C	12°C
S/Cera	301.13	271.12 mg/100g
Cera 4	293.15	251.87 "
Cera 6	278.0	225.43 "



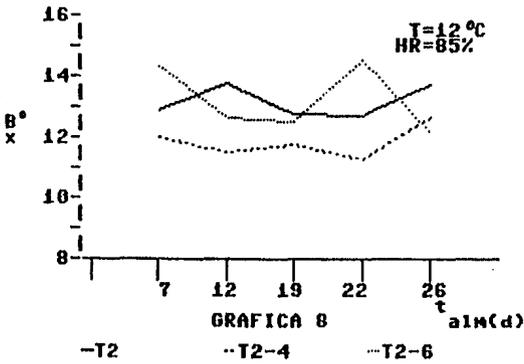
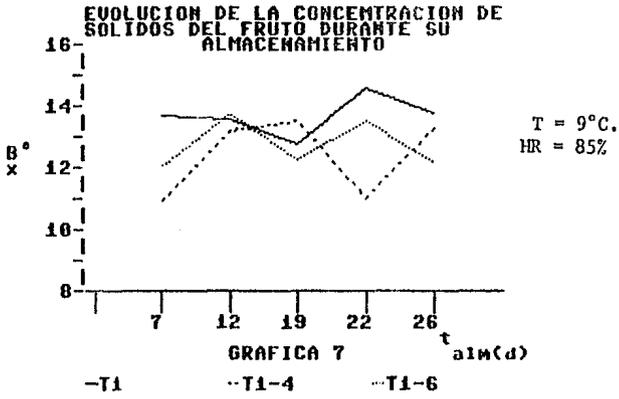
% Sólidos Solubles (°Bx).

La evolución del porcentaje de SS, durante el almacenamiento se muestra en las gráficas # 7 y 8; así, analizándolas se tiene que a Temperatura de 9°C las muestras sin recubrimiento presentaron valores superiores de °Bx, que van de 13 hasta un máximo de 14.5; mientras que los tratamientos con cera T₁-4 y T₁-6), en general fué menor tal concentración en el orden de 11 y 13.5° Bx. Comportamiento lógico, ya que los tratamientos aplicados, contribuyen a retardar la velocidad con que se llevan a cabo - las reacciones de hidrólisis de polisacáridos (11).

Cabe señalar que para el período comprendido entre los 19 y 26 - días de almacenamiento existieron cambios heterogéneos que permitieron - detectar alteraciones en el metabolismo del fruto, lo que nos lleva a suponer que se ha alcanzado el tiempo máximo de almacenamiento.

El comportamiento a la Temperatura de 12°C, en este caso el testigo (T₂), mantiene su concentración entre 13 y 14°Bx; sin embargo, los frutos tratados con T₂-6 mantienen en promedio valores similares a los del - testigo T₂ entre 13 y 14.5 °Bx, por lo que existe poca influencia de T₂-6 a esta Temperatura.

Por otro lado T₂-4 mantiene valores entre 12 y 12.5°Bx, lo que indica la gran influencia de esta cera en el desarrollo de SS, durante el - almacenamiento del fruto.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto se muestran en el cuadro # 18. Como se puede observar se detectó diferencia significativa entre recubrimientos (A), con respecto a los °Bx. No se detectó diferencia significativa entre los dos niveles de temperatura (B), ni en la interacción de éstos dos tratamientos -- (A x B).

CUADRO # 18
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F	F _T (5%)	Signif.
Trats.	5	2.62	2.9	ns.
A	2	4.03	3.68	*
B	1	1.45	4.54	ns.
A x B	2	1.76	3.68	ns.
Error	15	-	-	

Dado que existe diferencia significativa entre recubrimientos, se procedió a realizar una subdivisión de grados de libertad.

Los resultados, muestran en el cuadro # 19, junto con el cuadro #20. y la gráfica # 9. Donde se detectó que no existe diferencia significativa entre el efecto del tratamiento S/cera Vs. prom. de Ceras.

Al comparar Cera 6 Vs Cera 4, se detectó diferencia significativa como se muestra en la gráfica # 9, donde a la Temp. de 9°C se mantienen semejantes los promedios; sin embargo, a la Temp. de 12°C existe gran diferencia, teniendo siempre menor contenido de sólidos solubles en el tratamiento con la Cera 4. (T₂-4)

Al realizar la comparación de los tratamientos S/Cera Vs. Cera 6- se encuentra que no existe diferencia significativa. Observando la gráfica # 9, se tiene que a la Temp. de 9°C, se mantienen los °Bx en niveles altos entre 12.7 y 13.7. y, a la Temp. de 12°C se ubican entre 12.78 y -- 13.28°Bx.; en este caso la interacción no es significativo ya que los tra

tamientos se contrarrestan. Sin embargo, existe menor desarrollo de °Bx a la Temp. de 9°C, para la Cera 6 y a 12°C para el tratamiento S/Cera.

Por otro lado, el efecto entre tratamientos S/Cera y Cera 4 es -- significativo, en los dos niveles de temperaturas; presentando menor concentración de sólidos solubles con la Cera 4.

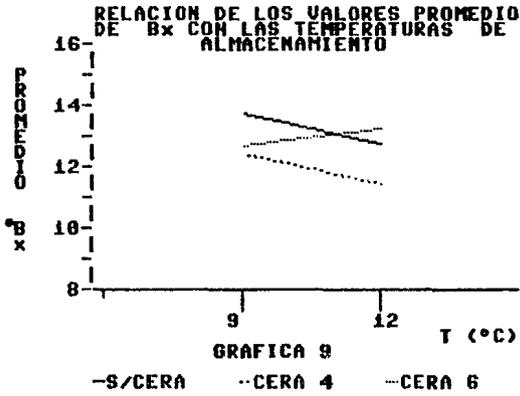
Concluyendo, se encuentra gran influencia de Cera 4 para regular el desarrollo de sólidos solubles en relación a los otros tratamientos.

CUADRO # 19
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F.	F _T (5%)	signif.
Comparaciones				
S/C Vs. prom.				
Cera.	1	3.537	4.54	ns.
Cera 6 Vs. Cera 4	1	4.5414	"	*
S/Cera Vs. Cera 6	1	2.64	"	ns.
S/Cera Vs. Cera 4	1	7.26	"	*

CUADRO # 20
CUADRO DE MEDIAS

Rec / Temp.	9°C	12°C
S/Cera	13.76	12.78°Bx
Cera 4	12.48	11.48 "
Cera 6	12.71	13.28 "



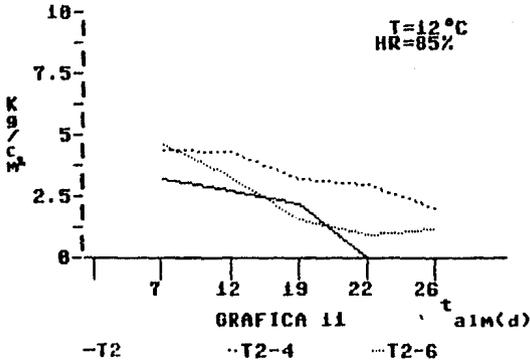
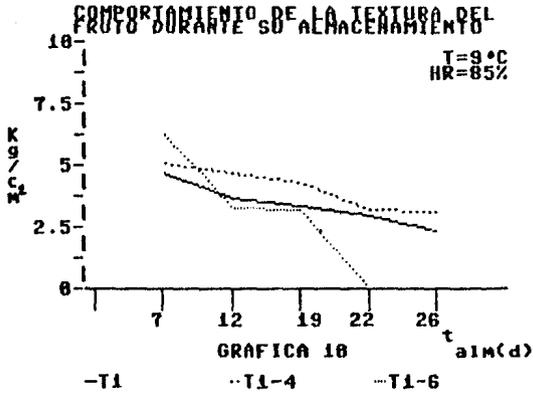
TEXTURA.

El cambio de textura, se manifiesta con la suavización del fruto durante su maduración. Los diferentes tratamientos aplicados al fruto contribuyen a retardar la velocidad con que se llevan acabo estos cambios.

Observando la gráfica # 10 a la temp. de 9°C, se tiene una variación de textura del orden de 5 a 6 Kg/cm² al 7° día de almacenamiento, para los tratamientos T₁ y T₁₋₆ esta variación se presenta hasta un límite de 3 kg/cm² al 19° día. Al final del almacenamiento S/cera alcanzó 2.4 kg/cm²; sin embargo, T₁₋₆ después del 19° día no se registra lectura en el penetrómetro.

Con lo que respecta a la T₁₋₄ la textura va desde 5 a 3.2 kg/cm² hasta el final del almacenamiento en forma más consistente.

En el período de conservación a Temp. de 12°C gráfica 11, se observa que el 7° día los tratamientos T₂₋₄ y T₂₋₆ tienen un valor en textura de 4.5 kg/cm² mientras que T₂ presenta 3.25 kg/cm². La (T₂₋₄) mantiene un valor de respuesta similar, alcanzando un valor entextura de 2 Kg/cm², hasta el 26° día, siendo para la (T₂₋₆) del orden de 0.6 kg/cm², para T₂ al 22° día ya no fué posible obtener una respuesta cuantitativa debido al exceso de suavización del fruto.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto; se muestran en el cuadro ANOVA #21. Como se puede observar, se detectó diferencia altamente significativa entre recubrimientos (A) y Temperatura (B), con respecto a la textura. No se detectó diferencia significativa entre la interacción de los tratamietos (A x B).

CUADRO # 21
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F	F _T (1%)	signif.
Trats.	5	6.029	4.56	**
A	2	8.053	6.36	**
B	1	13.59	8.68	**
A x B	2	0,673	6.36	ns.
Error	15	-	-	

Por lo anterior, para el caso de recubrimiento se procedió a realizar una subdivisión de grados de libertad.

Los resultados, se muestran en el Cuadro ANOVA # 22 junto con el Cuadro de Medias # 23 y la gráfica # 12 . En los que se observa que no hay diferencia significativa en la comparación de tratamientos S/Cera Vs. promedio de Ceras, ésto se debe a que los promedios de Cera 4 y 6 a las dos temperaturas, se contrarrestan y al hacer la comparación con el tratamiento S/Cera, resulta no significativa la interacción.

En la Comparación de Cera 4 Vs. Cera 6 nos muestra alta significancia, ya que la Cera 4 tiene gran influencia en mantener la textura del fruto, mientras que Cera 6 no logra tener este efecto.

Al comparar el tratamiento S/Cera Vs. Cera 6 no existe diferencia significativa; ya que tienen un comportamiento similar.

Por lo anterior se tiene que la Cera 4 mantiene mejor la textura-

de la guayaba durante al almacenamiento; por otro lado, en principio dá - lo mismo recubrir el fruto con Cera 6 ó tratarlo S/Cera.

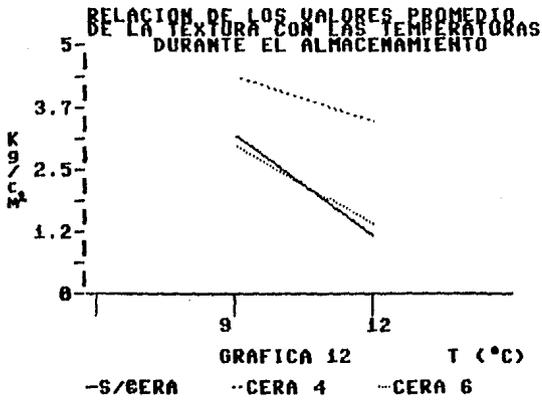
Es notable la influencia de la temperatura para conservar la textura; ya que al hacer la comparación de temperatura de 9°C Vs. 12°C se en contró diferencia significativa por lo que a 9°C, se mantiene en un inter valo mayor la textura del fruto a lo largo del almacenamiento.

CUADRO # 22
CUADRO ANOVA

Fv.	g.l.	F	F _T (5%)	signif.
Comparaciones				
S/Cera Vs. prom.	1	3.04	4.54	ns.
Cera 4 Vs. Cera 6	1	12.065	"	*
S/Cera Vs. Cera 6	1	0.00105	"	ns.
Temp. 9°C Vs. 12°C	1	4.548	"	*

CUADRO # 24
CUADRO DE MEDIAS

Rec. Temp.	9°C	12°C
S/Cera	3.22	1.2 Kg/cm ²
Cera 4	4.39	3.49 "
Cera 6	3.0	1.43 "

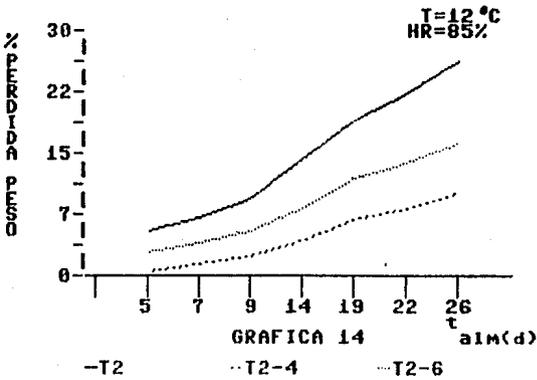
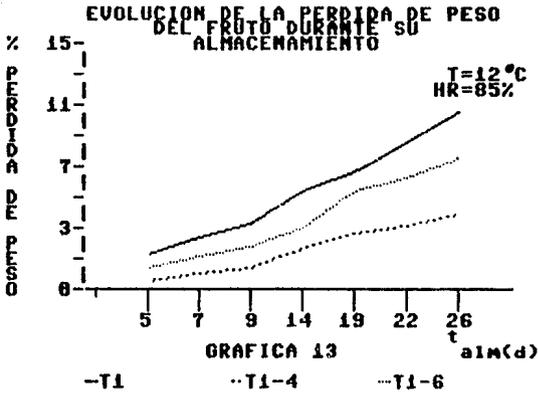


PERDIDA DE PESO (%PP)

Analizando la variable de respuesta %PP, durante el almacenamiento de guayaba en fresco; el comportamiento que presenta puede observarse en las gráficas # 13 y # 14, en éstas se encuentra una proporcionalidad existente entre la pérdida de peso y el tiempo de almacenamiento del fruto. Así como, tal proporcionalidad o comportamiento es similar en las dos temperaturas de almacenamiento aplicadas.

Es evidente; la influencia de los diferentes recubrimientos para disminuir el %PP, siendo la T_{1-4} la más adecuada ya que a los 26 días de almacenamiento alcanza un valor de 4.7% de P.P., comparando con T_{1-6} que tiene un valor de 8.4% en el mismo período, estos datos corresponden a la Temp. de 9°C.

Se observó también la clara diferencia del %PP en función de la temperatura. Tal diferencia estriba en que el 12°C, sin importar el recubrimiento nos hace pensar que disminuye la intensidad del proceso natural de transpiración en forma muy tenue, siendo más significativa la influencia de la temperatura de 9°C, para reducir la velocidad de tales procesos la diferencia de tan sólo tres grados provoca cambios en la respuesta del %PP de casi el doble, en un mismo período de tiempo. Como ejemplo, a los 26 días de almacenamiento, los frutos recubiertos con T_{1-4} a 9°C del % PP es de 4.9% y a 12°C éste es del orden de 10.4%.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto; se muestran en el cuadro ANOVA # 24. Donde se observa que existe diferencia significativa entre recubrimiento (A), Temperaturas (B), y en la interacción de estos tratamientos (A X B).

CUADRO # 24
CUADRO ANOVA

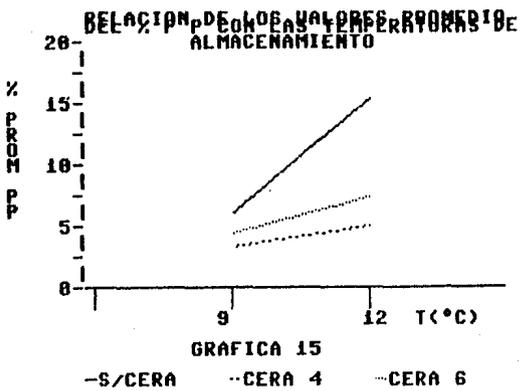
Fv.	g.l.	F .	F _T (1%)	signif.
Trats.	5	31.33	4.56	++
A	2	35.05	6.36	++
B	1	70.29	8.68	++
A x B	2	8.28	6.36	++
Error	15	-	-	

Dado que existe diferencia significativa entre recubrimientos (A) se procedió igual que en los casos anteriores, a realizar una subdivisión de grados de libertad.

Así, los resultados se muestran en el cuadro ANOVA # 25, y en la gráfica # 15. En que se puede observar que los comparaciones entre los tratamientos S/Cera Vs. prom. de ceras y Cera 4 Vs. Cera 6, son altamente significativas. A la temperatura de 9°C se mantienen los promedios semejantes de %PP para los tratamientos; sin embargo, a 12°C existen grandes diferencias entre ellos, teniéndose para las dos temperaturas menor %PP con la Cera 4. Por lo que se puede concluir que a la Temp. de 9°C y Cera 4 (T₁₋₄) se obtiene una mínima disminución del %PP del fruto, durante su almacenamiento.

CUADRO ANOVA # 25

Fv.	g.l.	F	F _T (1%)	signif.
Comparaciones				
S/C Vs. prom.				
ceras.	1	55.64	8.68	+++
C-6 Vs. Cera-4	1	14.32	8.68	++



DISCUSION DE RESULTADOS.

Para poder realizar la discusión del comportamiento de las diferentes variables de respuesta, durante el almacenamiento de guayaba; se tomaron en cuenta los siguientes factores que de una u otra manera pueden haber influido en los resultados.

Como se mencionó en la Metodología (CAPITULO II), los frutos utilizados en la experimentación fueron tratados un día después del corte, en la misma área de experimentación. Este tratamiento se realizó en la época de mayor producción (Nov. - Dic. de 1984). Por otro lado los estados de madurez iniciales del fruto estuvieron comprendidos entre edo. 1 - Verde, 2 rayado y 3 amarillo-verde; debido a que el lote adquirido contenía estados de madurez muy heterogéneos, por lo que se realizó una selección para poder homogenizarlo.

De acuerdo a los resultados obtenidos fue notoria la influencia de la temperatura en las variables de respuesta. Con lo que respecta al Acido Ascórbico, se encontró mayor concentración promedio a Temperatura de 9°C durante todo el almacenamiento y una influencia significativa de ésta. El % Acidez Titulable tiene un comportamiento paralelo en el desarrollo; ya que no existe diferencia significativa de concentración entre medias a las Temperaturas de 9 y 12°C; esto mismo sucede entre los tratamientos con recubrimientos y sin él, aunque existe mayor concentración S/Cera a las 2 temperaturas. Con lo que respecta a Sólidos Solubles a la Temperatura de 9°C presenta un desarrollo semejante entre los tratamientos; sin embargo a 12°C hay mayor influencia de los tratamientos por lo que existió diferencia significativa entre los recubrimientos y no entre las temperaturas. El desarrollo de Sólidos Solubles se ve disminuido en el tratamiento con Cera-4 en comparación con Cera-6 y S/Cera.

En general se encontró que existe una serie de cambios entre los 19 y 20 días de almacenamiento tanto en Conc. de Acido Ascórbico y Por ciento Sólidos solubles, lo cual nos indica alteraciones en el metabolismo de la guayaba; así podemos detectar el tiempo máximo de almacenamiento del fruto.

La Pérdida de Peso del fruto fué directamente proporcional al -

tiempo de almacenamiento; existió gran influencia de la Temperatura ya - que a 12°C se duplicó la Pérdida de Peso comparando con la Temperatura - de 9°C en todos los tratamientos, además existió gran influencia de los recubrimientos en la Pérdidas de Peso principalmente al Cera-4.

La Textura del fruto se vió influenciada por la Temperatura encontrándose que disminuyó en menor proporción a 9°C. Con respecto a los recubrimientos, el tratamiento con Cera 4 conserva mejor Textura del fruto y por otro lado se tiene un comportamiento indistinto entre Cera 6 y S/Cera durante el período de almacenamiento de éste.

Por otro lado agrupando las observaciones, se tiene que a la Temperatura de 9°C se logró obtener apariencia más agradable principalmente con Cera-4; con colores amarillo pálido hasta los 26 días de almacenamiento y una consistencia más o menos dura; con Cera 6 se tienen algunos defectos como frutos más o menos agradables, algunas manchas (obscurecimiento), flacidez, resequedad a partir de los 19 días. Este comportamiento no es de todas las muestras, se puede observar un estado de madurez no homogéneo en materia prima. Con el tratamiento S/Cera se obtienen buenas características agradables, no se observan daños, color amarillo pálido hasta los 19 días; a partir de esta fecha se tienen obscurecimientos, resequedad y flacidez de los frutos.

En el almacenamiento de 12°C se obtuvieron mejores características con la Cera-4, y a partir del 19° día se tienen colores amarillos - fuertes, algunos obscurecimientos, en general la apariencia es más o menos agradable y buena consistencia del fruto. Con la Cera-6 se tienen colores amarillo pálido, amarillo fuerte y consistencia blanda de la guayaba así como también una apariencia agradable a los 12 días de almacenamiento. El tratamiento S/Cera llega a los 12 días con coloraciones amarillo fuerte y amarillo-café; con apariencia más o menos agradable tanto para la Cera-6 y S/Cera se perdieron sus buenas características obteniéndose frutos con resequedad, obscurecimientos y flacidez.

Observando, lo anterior se tiene que las mejores condiciones - de almacenamiento son a Temperatura de 9°C y con el recubrimiento con Cera-4, permaneciendo hasta los 22 días en almacenamiento.

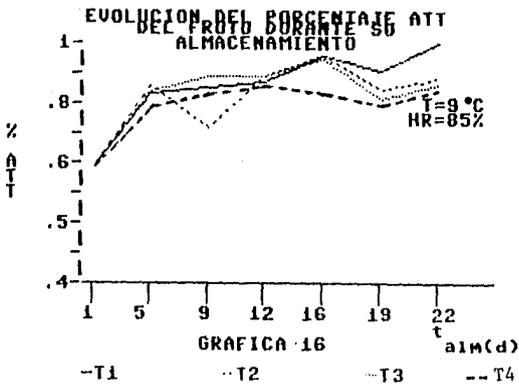
Por lo que la Segunda experimentación se realizó en base a estas condiciones obtenidas.

III. SEGUNDA EXPERIMENTACION.

% de Acidez Titulable (%ATT).

En la Gráfica # 16, %ATT Vs. tiempo de almacenamiento, muestra -- que los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 se comportan similarmente hasta el 16° día entre 0.7 y 0.96%. Para el T_2 , el 9° día se tiene un dato fuera del comportamiento general; en principio se considera que la causa de esta variación se debe al muestreo aplicado. A partir 16° día de Almacenamiento existe una disminución, lo cual no permite deducir hipotéticamente, que a este punto corresponde el inicio de un cambio del metabolismo de la guaya ba.

Con respecto al tratamiento T_4 , se observa un aumento menos drás tico del % ATT de 0.7 a 0.9% hasta el final del almacenamiento; lo cual - indica que la influencia combinada de recubrimiento, preenfriamiento y refrigeración permite que los cambios metabólicos en el fruto se llaven a - cabo más lentamente.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto, se muestran en el cuadro # 26. Donde se observa que no se detectó diferencia significativa, con respecto al %ATT entre los diferentes tratamientos aplicados al fruto.

Por otro lado, al observar el cuadro de # 27, se encuentra poca diferencia entre las medias de los tratamientos; por lo que se considera al %ATT una variable que no indica un cambio notorio en el comportamiento de la guayaba con los diferentes tratamientos aplicados.

CUADRO # 26
CUADRO ANOVA

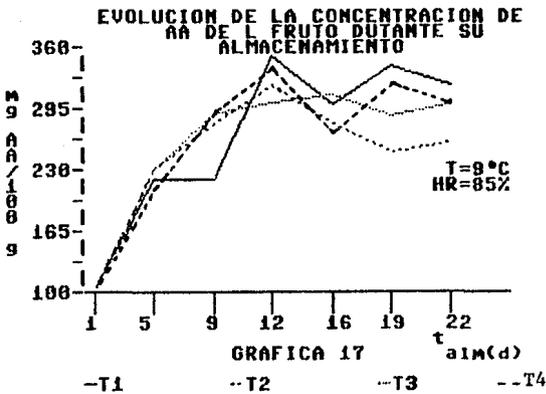
Fv	g.l.	F	F _T	signif.
%ATT	15	2.7142	3.9	ns.

CUADRO # 27
CUADRO DE MEDIAS

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
% ATT	0.9265	0.876	0.914	0.850

Contenido de Acido Ascórbico (AA)

En la Gráfica # 17, la conc. de Acido Ascórbico Vs. tiempo de almacenamiento, se observó que la concentración de AA aumenta de 100 a 300 mg. promedio, a los 12 días de almacenamiento. Todos los tratamientos se mantuvieron en un intervalo de 280 a 320 mg. AA, hasta el final de la experimentación a los 22 días.



Los resultados del análisis de varianza, se muestran en el cuadro # 28. Donde se observa que no se detectó diferencia significativa, con respecto a la concentración de ácido ascórbico entre los diferentes tratamientos aplicados.

Al observar el cuadro de # 29, se encuentra poca diferencia entre las medias de los tratamientos, por lo que se considera a la concentración de AA una variable en la que los tratamientos no indican una influencia notable.

CUADRO # 28
CUADRO ANOVA

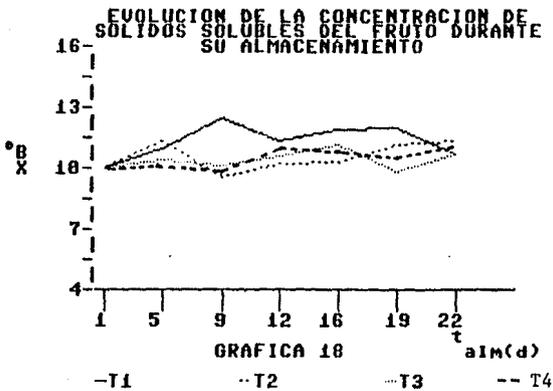
Fv.	g.l.	F	F _T	signif.
Conc. AA	15	0.8662	3.29	ns.

CUADRO # 29
CUADRO MEDIAS

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Conc. AA mg. AA/100g	294.88	271.44	288.19	288.55

% DE SOLIDOS SOLUBLES (°Bx)

Para esta variable, en la Gráfica #19, se observa que T₁ (Testigo), tiene un incremento mayor hasta los 9 días y se mantiene aproximadamente constante con un valor de 12°Bx en comparación con T₂, T₃, y T₄, - en los que su comportamiento es semejante durante el almacenamiento; manteniéndose en un orden de 10 a 11°Bx.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto, se muestran en el cuadro # 30. Donde se observa que no se detectó diferencia significativa, con respecto a los °Bx entre los diferentes tratamientos aplicados. Esto se confirma en el cuadro de 31 en que se encuentra poca diferencia entre las medias de los tratamientos; además, es notorio el bajo desarrollo de sólidos solubles durante el almacenamiento del fruto. Esto a primera impresión, se debe principalmente a que el estado de madurez de frutos fué homogéneo, sin embargo, este era extremadamente inmaduro (Edo. Madurez I), para los efectos de este estudio.

CUADRO # 30
CUADRO ANOVA

Fv	g.l.	F	F T	signif.
°Bx	15	2.289	3.9	ns.

CUADRO # 31
CUADRO DE MEDIAS

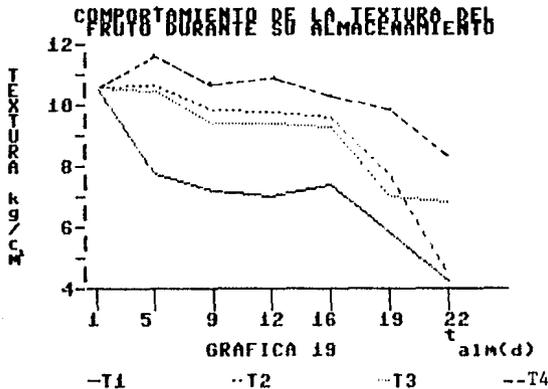
TRATAMIENTO	T 1	T 2	T 3	T 4
°Bx	11.56	10.66	10.54	10.74

TEXTURA.

Los cambios de textura del fruto durante su almacenamiento se -- muestran en la Gráfica # 19, se observa que hubo un cambio notorio en T₁ - (Refrigerado), ya que durante los primeros días disminuyó y se mantuvo -- hasta los 16 días, en un valor de 7.9 kg/cm², disminuyendo posteriormente hasta un valor de 4.2 kg/cm² a los 22 días.

Los tratamientos T₂ (Preenfriado) y T₃ (Encerado) , se mantiene más o menos constante entre 9 - 10 kg/cm hasta los 16 días; disminuyendo a 4.4 y 6.8 kg/cm² respectivamente al término de 22 días de almacenamiento.

El combinado T₄ (Preenfriado-Encerado), conservó mejores características en cuanto a la textura; ya que permanece en un intervalo de 10 - 11 kg/cm² hasta los 19 días de almacenamiento.



Los resultados del análisis de varianza, se muestran en el cuadro # 32. Donde se detectó diferencia significativa, con respecto a la Textura de la guayaba entre los diferentes tratamientos aplicados.

Observando el cuadro de # 33, se encontró que existe variación entre las medias de los tratamientos; por lo que se procedió a aplicar un análisis de Diferencia Mínima Significativa (DMS) y el Método de Compensaciones Múltiples "Tukey" (DMSH).

En el análisis DMS, se encontró diferencia significativa entre todos los tratamientos; excepto la comparación T_2 Vs. T_3 .

Al analizar los resultados con DMSH se encontró "alta significancia"; al comparar los tratamientos T_2 , T_3 y T_4 en relación con T_1 . Sin embargo, el tratamiento que reporta una muy alta significancia es T_4 .

En síntesis, tanto el preenfriamiento T_2 y el encerado T_3 , como tratamientos en forma aislada provocan diferencias significativas en mantener la textura; sin embargo, al combinar los dos tratamientos anteriores en un sólo, se obtiene respuesta de alta significancia en esta variable.

CUADRO # 32
CUADRO ANOVA

Fv	g.l.	F	F_T	signif.
TEXTURA	15	14.07	3.9	*

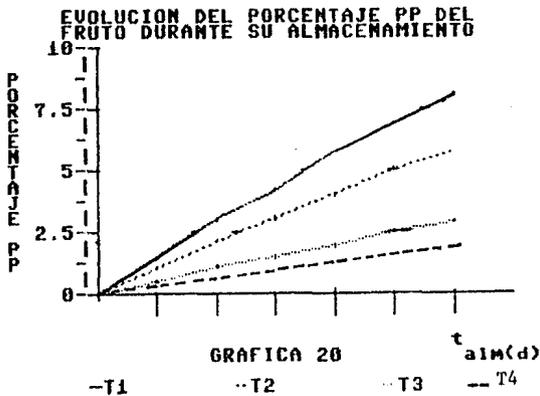
CUADRO # 33
CUADRO DE MEDIAS

TRATAMIENTO	T_1	T_2	T_3	T_4
TEXTURA Kg/cm ² .	6.946	8.821	8.86	10.95

% De Pérdida de Peso (%PP).

Los tratamientos aplicados al fruto contribuyen a disminuir la transpiración del fruto y por consecuencia la pérdida de peso durante su almacenamiento.

En la Gráfica #20, representando %PP Vs. t almacenamiento, donde el %PP aumenta en forma lineal conforme aumentan los días de almacenamiento. El T₁ (Testigo), presenta la mayor velocidad de pérdida de peso con un 8.4% T₂ presenta la influencia del preenfriamiento con una pendiente menor llegando a los 22 días a 6.15%; ya que este tratamiento disminuye en cierta medida el proceso de transpiración y maduración del fruto. T₃ indica claramente que el recubrimiento ejerce un efecto marcado en la disminución de la pérdida de humedad; obteniéndose valores de 2.9% de PP. -- T₄ presenta la menor velocidad de PP, durante el almacenamiento alcanzado un 2.10% debido a la combinación de los tratamientos preenfriamiento-encerado.



Los resultados del análisis de varianza, entre los tratamientos aplicados al fruto, se muestran en el cuadro # 34. Donde se detectó diferencia significativa, con respecto al %PP entre los diferentes tratamientos aplicados.

Al observar el cuadro # 35, se encuentra que existe variación entre los medias de los tratamientos; por lo que se procedió a aplicar un análisis de (DMS) y (DMSH).

En el análisis DMS, se encontró diferencia significativa entre todos con DMSH, se encontró que existe "alta significación" entre la diferencia de T_4 Vs. T_1 y T_3 Vs. T_1 ; ésto se debe principalmente al recubrimiento superficial del fruto. Al hacer la comparación de T_1 Vs T_2 no existe diferencia significativa; de igual forma que T_3 Vs T_4 ; lo que indica que el efecto del preenfriamiento individual en la PP no es determinante.

Al comparar T_2 Vs. T_3 y T_2 Vs T_4 sí se detectó diferencia significativa; lo que confirma aún más la influencia del recubrimiento en la PP.

Así, T_4 presenta mayor diferencia significativa comparando con T_1 T_2 ; lo que se debe al efecto de la combinación del preenfriamiento y recubrimiento del fruto.

CUADRO # 34
CUADRO ANOVA

Fv	g.l.	F	F T	signif.
% PP	15	18.46	3.29	*

CUADRO # 35
CUADRO DE MEDIAS

TRATAMIENTO	T 1	T 2	T 3	T 4
%PP	5.105	3.66	1.85	1.4

III. 3 ANALISIS SENSORIAL

VARIABLE SENSORIAL (CONSISTENCIA)

El resultado del análisis de varianza para las diferentes evaluaciones realizadas a la fruta tratada, se muestran en el cuadro # 36.

CUADRO # 36
CUADRO ANOVA
CONSISTENCIA

Fv	g.l.	F	Ft	SIGNIFICANCIA
1	3	40.37	2.96	+ +
2	3	9.44	2.96	+ +
3	3	11.97	2.96	+ +
4	3	5.86	2.96	+ +
5	3	17.64	2.96	+ +
6	2	99.11	3.55	+ +

En general los resultados del cuadro # 36, muestran alta significancia en las diferencias de las medias de los tratamientos en cada evaluación, por lo que el análisis por comparaciones múltiples TUKEY, para cada evaluación se realizó en base a los valores medios para cada tratamiento, el cuadro # 37, muestra las medias de las evaluaciones.

CUADRO # 37
CUADRO DE MEDIAS
EVALUACION SENSORIAL (CONSISTENCIA)

TRATAMIENTO	DIAS DE ALM,	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
1a	EVALUACIÓN	7	4.20	3.77	2.30	1.04
2a.	"	12	3.80	2.65	2.49	0.94
3a.	"	16	7.47	2.90	5.47	5.05
4a.	"	19	5.79	3.86	2.68	3.79
5a.	"	22	6.67	4.72	5.75	2.04
6a.	"	26	----	7.64	5.88	1.89

Al observar estos valores y a cotejarlos con la escala evaluativa-

(página # 56 Capitulo II), se entienden las diferencias significativas que muestran el cuadro # 36. Ya que el cambio que sufre la consistencia de la fruta tratada fué diferente en cada tratamiento y durante las diferentes evaluaciones. Así, los frutos con aplicación del tratamiento T_1 , modificaron su consistencia de ligeramente dura en la primera evaluación, a totalmente flácida (blanda) en la quinta evaluación. Para el caso del tratamiento T_2 que presenta una consistencia de ligeramente dura en la primera evaluación, mantiene tal consistencia hasta la sexta evaluación en que ya se detectó como blanda.

Con la aplicación del tratamiento T_3 los cambios que tienen la consistencia se frenan notablemente, ya que presenta en las primeras evaluaciones una consistencia dura, cambiando en la quinta y sexta evaluación a ligeramente dura. Por último los frutos con aplicación del tratamiento T_4 también conservan su consistencia, ya que cambia de extremadamente dura en la primera y segunda evaluación a dura en las últimas fechas de almacenamiento.

De lo anterior se desprende la influencia que tiene cada tratamiento en la conservación de la consistencia del fruto, siendo notoria la diferencia que presenta la combinación del tratamiento T_4 para la máxima conservación de la consistencia en la guayaba almacenada.

VARIABLE SENSORIAL (APARIENCIA)

El resultado del análisis de varianza, para las evaluaciones de los diferentes tratamientos aplicados a la guayaba se muestran en el cuadro # 38.

CUADRO # 38
CUADRO ANOVA (APARIENCIA)

Fv	g.l	F	Ft	SIGNIFICANCIA
1	3	17.05	2.96	* *
2	3	16.71	2.96	* *
3	3	30.71	2.96	* *
4	3	5.42	2.96	*
5	3	17.66	2.96	* *
6	2	60.28	3.55	* *

Muestra una alta significancia entre los valores de los diferentes-tratamientos aplicados al fruto, durante las seis evaluaciones sensoriales. Esto hace necesario el análisis de cada una de ellas por el método TUKEY - de comparaciones múltiples, resultados que se muestran en el cuadro # 39.

CUADRO # 39
CUADRO DE MEDIAS
EVALUACION SENSORIAL (APARIENCIA)

TRATAMIENTO	DIAS DE ALM. .	T 1	T 2	T 3	T 4
1a. EVALUACION	7	4.28	3.21	2.42	1.77
2a. "	12	4.51	3.40	2.12	1.30
3a. "	16	4.74	1.11	2.52	2.36
4a. "	19	4.25	3.60	2.52	1.93
5a. "	22	6.63	4.49	3.85	2.36
6a. "	26	----	6.61	4.73	1.89

Al analizar los valores del cuadro # 39, se esclarece la alta significancia mostrada en el cuadro Anova # 38 . Esto es, las diferencias - entre los tratamientos para cada evaluación que presentan significancia,-

es debido a la evolución de la apariencia que se lleva a cabo en cada -- tratamiento durante las diferentes evaluaciones a las que se sometió el -- fruto. Tal evolución de la apariencia se presentó en la siguiente forma.

El tratamiento T_1 que presenta una apariencia de ligera madurez -- durante la primera y segunda evaluación, modificó su apariencia a madura -- en la tercera determinación, llegando a presentar una extremada madurez -- en la quinta fecha y teniendo tal deterioro en la fecha de la sexta eva -- luación que no fué posible su determinación. En el caso del tratamiento -- T_2 se conservó una apariencia de ligera madurez de la primera a la cuarta -- evaluación, modificándose a madura en la quinta y llegando a presentar ex -- tremada madurez en la sexta evaluación sensorial. Para los frutos con -- aplicación del tratamiento T_3 las modificaciones no se dieron en forma tan -- radical, estos frutos, cambiaron su apariencia de extrema inmadurez a in -- maduro durante las cuatro primeras evaluaciones, llegando a presentar una -- apariencia de ligeramente maduro en la quinta y sexta evaluación. El tra -- tamiento T_4 fué el que mostró una influencia más significativa en la con -- servación de la apariencia de la Guayaba, ya que ésta se evaluó como ex -- tremadamente inmadura en la evaluación y se conservó como inmadura duran -- te los restantes evaluaciones sensoriales. Con lo que el resultado sobre -- la apariencia, nos muestra claramente como los diferentes tratamientos -- influyen directamente en la conservación de la guayaba almacenada y como -- se modificó tal durante el período de conservación.

VARIABLE SENSORIAL (AROMA)

El resultado del análisis de varianza, los frutos tratados se ---
muestran en el cuadro # 40.

CUADRO # 40
CUADRO ANOVA (AROMA)

Fv	g.l.	F	Ft	SIGNIFICANCIA
1	3	7.23	2.96	*
2	3	9.24	2.96	* *
3	3	1.75	2.96	n.S.
4	3	1.20	2.96	n.S.
5	3	0.95	2.96	n.S.
6	2	17.34	3.55	* *

Observándose que existe diferencia significativa en la 1^a, 2^a. y
6^a evaluación, razón por la cual, se analiza para estos casos en que en la
combinación de tratamientos se presenta tal diferencia, el análisis se -
realizó por medio de la prueba TUKEY. Presentándose los resultados so-
bre medias en el Cuadro # 41.

CUADRO # 41
CUADRO DE MEDIAS
EVALUACION SENSORIAL AROMA

TRATAMIENTO	DIAS DE ALMACENAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
1a.	EVALUACION	7	6.19	4.34	3.27	1.92
2a.	"	12	6.36	5.37	2.54	2.33
3a.	"	16	5.57	3.55	5.42	3.49
4a.	"	19	3.95	3.69	3.62	2.20
5a.	"	22	6.50	5.75	5.98	5.24
6a.	"	26	----	6.59	7.06	3.22

Para la primera y segunda evaluación sensorial se encontró diferencia significativa al comparar los valores de T_1 contra los correspondientes de T_3 y T_4 lo que significa que en esta evaluación existe mayor intensidad de aroma en el tratamiento T_1 que en T_3 y T_4 .

Sin embargo el desarrollo del aroma de la guayaba almacenada, no presenta diferencia significativa en el tiempo en que se llevaron a cabo de la segunda a la quinta evaluación sensorial. Siendo importante estos resultados, debido al peso de esta característica organoléptica para el caso de comercialización del fruto.

La última evaluación del aroma es la que presenta diferencias -- significativas entre los tratamientos T_2 y T_3 contra T_4 , siendo los primeros los que desarrollan con mayor intensidad el aroma.

Así, al analizar en forma global esta variable y tomando en cuenta el número de evaluaciones en que no fué significativa la diferencia -- del aroma, el desarrollo de esta característica no es una limitante para la aplicación de los tratamientos.

VARIABLE SENSORIAL (SABOR)

En igual forma que en los casos anteriores, el resultado del -- análisis de varianza que se aplicó a los valores de cada uno de los tratamientos , durante la evaluación del sabor, se muestran en el Cuadro -- # 42.

CUADRO # 42

CUADRO ANOVA (SABOR)

Fv	g.l.	F	F _t	Signif.
1	3	3.97	2.96	+
2	3	2.51	2.96	n.s.
3	3	2.34	2.96	n.s.
4	3	3.75	2.96	+
5	3	0.69	2.96	n.s.
6	2	1.32	3.55	n.s.

En el que se evidencia, la existencia de dos fechas en que se presentan diferencias significativas entre los tratamientos. El análisis -- por comparaciones múltiples, permitió aclarar en cuáles de los tratamientos se presenta tal diferencia para lo cual se analizaron los valores medios que se enlistan en el Cuadro # 43.

CUADRO # 43

CUADRO DE MEDIAS

EVALUACION SENSORIAL SABOR

TRATAMIENTO	DIAS DE ALMA CENAMIENTO.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1a. EVALUACION	7	5.86	6.21	3.12	2.57
2a. "	12	4.26	4.70	3.98	3.60
3a. "	16	4.75	2.96	4.17	2.72
4a. "	19	2.88	1.80	4.79	3.81
5a. "	22	5.15	4.38	4.43	4.92
6a. "	26	-	3.98	5.16	4.91

Al aplicar la prueba TUKEY, resultó que no existe diferencia significativa entre los valores de la primera evaluación, ésto se presenta debido a lo estricto de la prueba.

Para el caso de la cuarta evaluación, existe diferencia significativa en la comparación del tratamiento T_3 contra el T_2 . Sin embargo en forma general se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los valores de los diferentes tratamientos. Por lo que el desarrollo del sabor en la fruta almacenada no es limitante para la aplicación del tratamiento y la aceptación del consumidor.

VARIABLE SENSORIAL (SABOR-MADUREZ)

Para éste caso, los resultados del análisis de varianza, para las diferentes evaluaciones realizadas se muestran en el Cuadro # 44.

CUADRO # 44
CUADRO ANOVA (SABOR-MADUREZ)

Fv	g.l	F	F _t	signif.
1	3	16.64	2.96	+ +
2	3	1.16	2.96	n.s.
3	3	9.32	2.96	+ +
4	3	0.15	2.96	n.s.
5	3	3.02	2.96	+
6	2	5.94	3.55	+

Para poder discernir acerca de que, en qué comparaciones en los -- tratamientos existe significancia, de nueva cuenta se realizan las pruebas de comparaciones múltiples, tomando los valores medios de las evaluaciones mostrados en el Cuadro # 45.

CUADRO # 45
CUADRO DE MEDIAS
EVALUACION SENSORIAL (SABOR-MADUREZ)

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1a. EVALUACION	5.57	5.82	3.21	2.86
2a. "	4.62	4.16	3.58	4.00
3a. "	5.93	2.94	4.55	2.64
4a. "	3.23	3.17	3.17	2.78
5a. "	5.55	3.91	4.75	3.89
6a. "	-	6.51	4.85	4.34

Las diferencias que revela el Cuadro # 45, se deben a los cambios tan evidentes de los tratamientos T_1 y T_4 al compararlos con los dos restantes, lo anterior lo revela la prueba de TUKEY, así como la escala de Sabor-Madurez, ya que los frutos con aplicación de los tratamientos T_1 y T_2 se clasificaron desde la primera evaluación como maduros, mientras que los tratados con T_3 y T_4 cambiaron de inmaduros a ligera madurez.

III. 4. 3 ANALISIS TERMICO DEL FRUTO.

La extracción de calor, que fué necesaria para lograr el enfriamiento de la fruta es un fenómeno de transporte de energía enmarcado dentro del flujo de calor en estado transiente, proceso regulado por las diferentes características físicas del medio de enfriamiento y sólido a enfriar. La difusividad térmica que se determinó en el caso de enfriamiento de Guayaba, es una característica que nos permite conocer la facilidad con que el sólido transmite el calor. En el cuadro # 46, se muestran los valores de difusividad calculados para la Guayaba, en diferente posición radial y con dos tipos de recubrimiento. Valores que muestran la mayor dificultad a la transferencia de calor conforme la determinación se acerca al centro de producto.

CUADRO # 46
DIFUSIVIDAD TERMICA DE GUAYABA α (ft²-hr⁻¹)

RELACION RADIAL	CON ENCERADO A-4	SIN RECUBRIMIENTO
1	3.417×10^{-3}	3.573×10^{-3}
0.5	3.719×10^{-3}	3.804×10^{-3}

En forma paralela, la fruta con aplicación de cera, provoca una variación en el valor de la difusividad, debido a la suma de una resistencia para la transferencia de calor y por lo tanto es menor la facilidad al flujo de calor. Lo anterior queda demostrado al observar las gráficas # 21 y # 22. Para la relación de diámetro [n=1], obviamente se requiere mayor tiempo de enfriamiento que para n= 0.5, así el cuadro # 47 muestra los tiempos de enfriamiento necesarios para diferentes temperaturas en el fruto, con y sin recubrimiento para una temperatura determinada del medio.

CUADRO # 47

TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE GUAYABA PARA DIFERENTE TEMPERATURA FINAL DEL FRUTO.

	TEMP. INICIAL °C.	TEMP. FINAL AL CENTRO °C.	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO [MIN]
S/RECUB.	19.37	9	16.5
	18.00	12	8.0
C/CERA A-4	19.22	9	16.0
	19.00	12	8.0

Temperatura medio de enfriamiento 4.11 °C

Observándose que con solo una diferencia de 3°C de temperatura final se requiere el doble de tiempo de enfriamiento, datos muy importantes para el diseño de equipo.

Por otro lado el cuadro # 48, muestra el tiempo de enfriamiento para la fruta en diferentes posiciones relativas y # recubrimiento.

CUADRO # 48

TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE GUAYABA EN DIFERENTE POSICION RELATIVA.

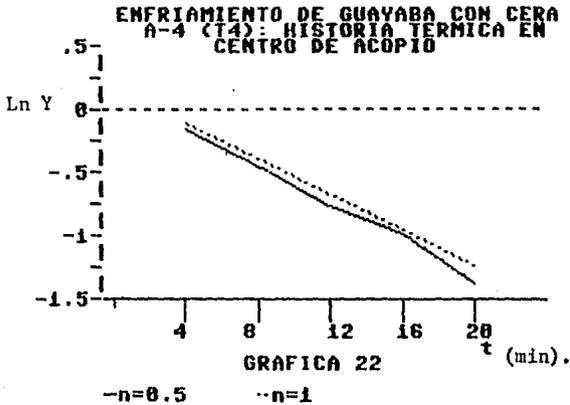
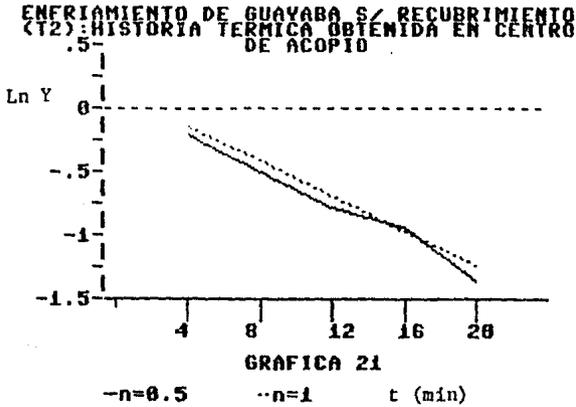
	TEMP. INICIAL DE FRUTO °C.	TEMP. MEDIO DE ENFRIAMIENTO.	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO [MINUTOS]	
			n = 0.5	n = 1
S/RECUB	22.74	3.5	17	18
C/CERA A-4	21.68	4	18	20

Temperatura del sólido 9°C.

Quedando de manifiesto la necesidad de mantener en contacto al sólido con el medio de enfriamiento durante diferentes tiempo en función de la posición relativa y el tipo de recubrimiento del fruto.

Por otra parte, para el enfriamiento de Guayaba en H₂O como fuente de absorción de calor se determinó el coeficiente convectivo de trans-

ferencia de calor en un valor de $142 \text{ kcal/m}^2\text{hr } ^\circ\text{C}$, valor que se encuentra dentro del rango reportado por Bird & Stewart, (6) para transferencia de calor en agua.



El interés principal del estudio de transferencia de calor es encontrar la relación matemática para predecir el comportamiento térmico -- del fruto. Así Brennan and Butters (8) reportan que, para aplicaciones - prácticas y de diseño la ecuación # 1 pág.64 se puede expresar en forma resumida de la siguiente forma:

$$Y = a \exp (- b F_0) \text{ ----- [5]}$$

Tales constantes se obtienen al graficar Ln Y en función de F_0 , - con los datos de la historia térmica, y tomando a la constante (a) como la pendiente del comportamiento y (b) como la ordenada al origen . --- (Ver cuadro # 49).

CUADRO # 49

Valores de las constantes a y b de la ecuación # 5.

Tratamiento	Posición Relativa	a	b
Con Cera - 4	n=0.5	0.004	0.0248
	n=1.0	0.004	0.0246
Sin Encerado	n=0.5	0.005	0.0220
	n=1.0	0.003	0.0240

Constantes que tendrán aplicaciones muy importantes para el caso de modificaciones en las condiciones para el enfriamiento de guayabas, así como para la investigación de tiempos de enfriamiento o temperaturas - del medio, al modificar las velocidades del preenfriador, así como cambios en la capacidad de éste.

DISCUSION.

En base a los resultados de la primera parte experimental, se determinaron algunas de las condiciones que se manejaron en la segunda parte experimental, descritas a continuación. El lote utilizado se homogenizó, manejando solamente fruta con un edo. de madurez I extramadamente inmaduro. En cuanto a la aplicación de los tratamientos de Encerado y Preenfriamiento, se realizó 3- 4 horas después del corte, almacenando el fruto en cajas de plasticartón perforadas con capacidad de 10 Kg. a una temperatura de 9°C y de 85 - 90% de Hr. Esta experimentación se realizó durante los meses de Febrero y Marzo de 1985.

Observando los resultados de las variables de respuesta manejadas como son; % ATT, Conc. de AA y °Bx, no se encontró significancia entre - las medias de los tratamientos, por lo que estas variables no indican la influencia de éstos en el fruto.

Con lo que respecta a Textura se obtuvieron resultados más significativos, teniéndose gran influencia de la combinación del Preenfriamiento-Encerado (T_2), presentando mayores valores de Textura hasta los 22 --- días de almacenamiento.

La pérdida de peso del fruto, aumentó en forma proporcional con - el tiempo del almacenamiento, en este caso se tiene gran influencia de - los tratamientos con Recubrimientos T_3 y T_4 ya que se pierde de 2 a 3% - en comparación con los frutos Refrigerados (T_1) y Preenfriados (T_2) donde se pierde del 6 a 8%.

Conjuntando las observaciones realizadas durante la experimentación y los resultados del Análisis Sensorial, se obtuvieron diferentes características del fruto, que al final nos indican la influencia de los -- tratameintos en cuanto a los cambios aparentes desarrollados por éste.

La refrigeración (T_1) mantiene al fruto entre los 16 y 19 días -- de almacenamiento, con una consistencia buena y blanda, con características de ligeramente maduro, un aroma moderadamente intenso y con un sabor aceptable, por otro lado presenta bajo porcentaje de daños aparentes. El fruto al llegar a los 22 días y permanecer fuera de la cámara de refrigeración durante 4 días, sufrió una descomposición muy notoria.

El fruto Preenfriado-Refrigerado (T_2), conserva mejores características hasta los 22 días obteniendo buena consistencia, apariencia ligeramente maduro, teniendo un aroma más intenso y un sabor aceptable; en este caso presenta entre 20 y 30% de daños por cicatrización en golpes. El fruto en anaquel pierde algunas características, cambiando a blando, ligeramente sobremaduro con un aroma intenso y sabor aceptable.

El Encerado-Refrigerado (T_3), permite controlar las características de consistencia entre ligeramente dura y buena, apariencia madura, aroma más intenso y sabor aceptable, con un 10 a 20% de daños hasta el final de la experimentación, a los 26 días, permaneciendo en anaquel durante 4 días a temperatura ambiente.

La combinación de los efectos producidos por Encerado-Preenfriado Refrigerado (T_4), se ven reflejados en las características sensoriales del fruto las cuales son: consistencia dura, apariencia inmadura, aroma poco intenso, sabor aceptable y con un 20 a 30% de cicatrizaciones hasta el final de la experimentación, lo que indica que el fruto disminuye su metabolismo y no llega a un estado completamente maduro. En este caso es factible la influencia del estado de madurez inicial ya que conjuntamente con los tratamientos aplicados no permite un buen desarrollo de aroma, sabor, mejor apariencia y color del fruto.

Resumiendo los resultados y discusiones del presente estudio se encontró que; la Temperatura de almacenamiento para incrementar la vida útil de la guayaba fué de 9°C, obteniéndose mejores características entre los 22 y 26 días, con un recubrimiento de Cera Deco-4 y posteriormente preenfriado el fruto antes de almacenarlo.

El estado de madurez manejado para la aplicación de los tratamientos es importante, ya que, como se dijo con anterioridad influye en las características finales del fruto, siendo recomendable aplicar estos tratamientos a frutos con un estado de madurez entre inmaduro (estado 2) y ligeramente maduro (estado 3), ya que permite la mejor resistencia de la guayaba a la aplicación del frío.

En relación a lo anterior se sugiere no llegar a temperatura de 9°C en el centro del fruto, ya que el exterior tiene tiempos altos de exposición a temperatura de 4°C (Temperatura del agua), lo que ocasiona, --

en combinación con el estado de madurez 1, daños por frío, no permitiendo la maduración total.

En los frutos tratados con preenfriamiento se detectaron daños -- más notorios, como cicatrización de golpes producidos durante el manejo - del fruto en la experimentación.

Por otro lado la aplicación de Ceras retarda la degradación de clorofila, por lo que no se presentan colores de frutos maduros.

IV. DISEÑO DE PLANTA

IV. 1 CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA.

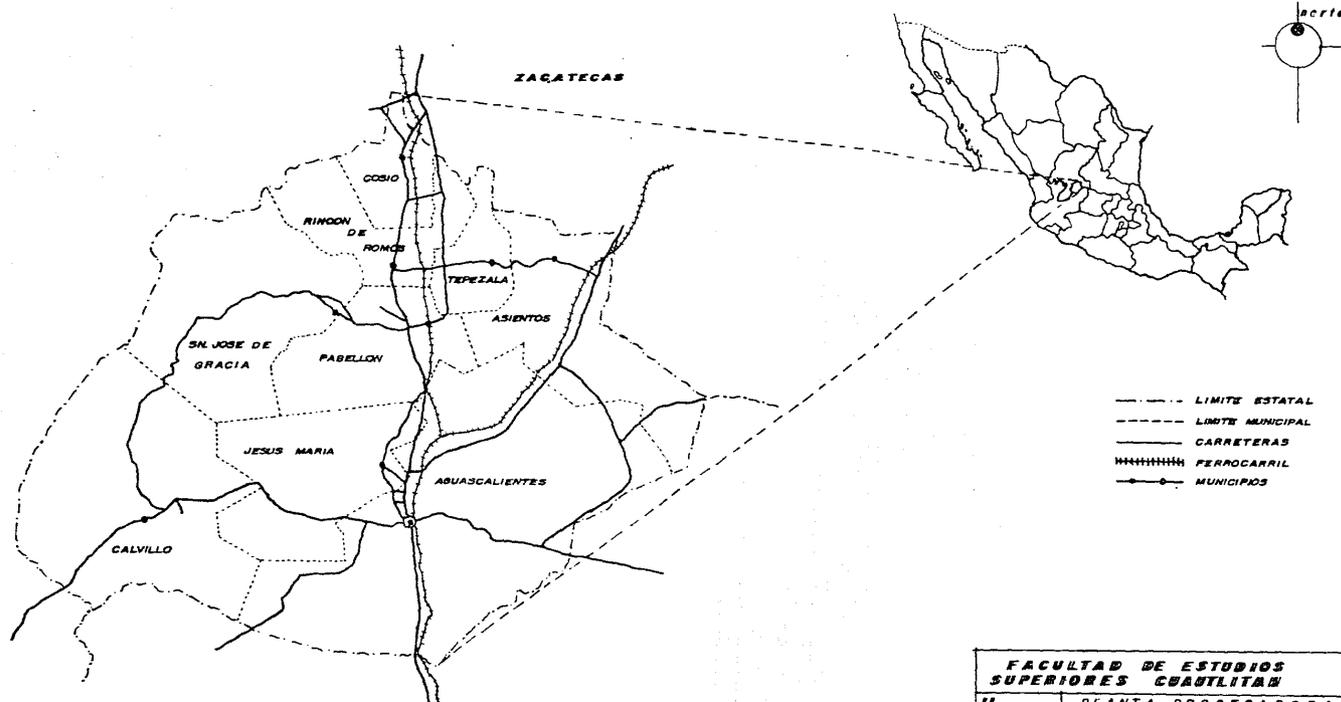
Una vez obtenidas las condiciones del proceso tecnológico de la guayaba en fresco, como siguiente paso se procedió a realizar el diseño de la planta.

Para ello, fué necesario establecer inicialmente la capacidad de ésta, ya que es la base para el diseño y selección de equipo requerido. En esta parte se consideró la producción de guayaba del Municipio de Calvillo, ya que es la fuente de materia prima utilizada. Como se mencionó anteriormente, la producción fue de 75 900 ton en el año de 1981; realizando una proyección hasta 1986 con un incremento anual del 1.042 % (12), se obtienen 92 235.3 ton; la planta tendrá entonces una capacidad de procesamiento de 32 ton/día (dos turnos de 8 horas cada uno) trabajando durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, aproximadamente 100 días al año en lo que se aprovecha el 3.43% de la producción, asegurando con ésto un abasto de materia prima a la planta.

Dado que la planta se localizará en el Mpio. de Calvillo, Ags. - cercana a la zona de producción, los datos referentes a su macro y micro-localización, la ubican en la región Centro-Norte de la República Mexicana, así el Edo. de Ags. está rodeado por Jalisco y Zacatecas, contando con una extensión de 5 589 Km², por otro lado desde el punto de vista geográfico cuenta con un suelo en 2/3 partes de tipo desértico característicos de los climas áridos y semiáridos (Ver figura # 4).

El Mpio. de Calvillo se localiza al Suroeste del Estado, a 50 Km. sobre la carretera Aguscalientes-Juchipila. El clima es subtropical, donde la temperatura promedio es de 26°C y la precipitación pluvial que ocurre generalmente en verano está entre 400 y 600 mm, existen suelos de origen sedimentario con espesores superiores a 1 m, con buen drenaje, textura, porosidad y permeabilidad que en conjunto con su contenido orgánico lo hacen aptos para el cultivo (51).

La infraestructura existente en la zona, cuenta con eficientes vías de comunicación, terrestre y así como, altos índices de electrificación; además de contar con servicio de teléfono automático.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CHAUTLITAN			
U N A	PLANTA PROCESADORA DE GUAYABA EN FRESCO		
	PLANO DE LOCALIZACION		
M	PROYECTO.	OPORNO.	
	JPHM-ACC-874R	JLAR.	OCT-1965.

FIGURA # 4

IV.2 DESCRIPCION DE PROCESO.

Para poder obtener un producto con las características establecidas, así como mantener una calidad apropiada de consumo en el mismo, es necesario fijar el procedimiento tecnológico a seguir (ver fig. # 6 Línea de Proceso).

Un determinado control de las condiciones de la huerta, es difícil que se realice por parte del industrial, sin embargo para el productor es importante conservar la calidad del producto, por lo que éste le concierne tener un control en la huerta, en cuanto a desarrollo y maduración del fruto así como la periodicidad de la cosecha, control de plagas y el buen manejo durante el corte y transporte hacia la planta.

El diagrama de bloques (Figura # 5), indica el proceso relacionado para el caso de las operaciones involucradas, éstas y sus criterios más importantes se describen a continuación:

RECEPCION.

Una vez que la materia prima llega a la planta, se realiza una primera inspección en el transporte, en base a las características generales del fruto, como son tomaño, edo. de madurez, daños mecánicos y microbiológicos; si es aceptado, se recibe el lote para procesarlo.

SELECCION.

Es indispensable el establecimiento de índices y controles de la materia prima, así como el aspecto sensorial del fruto. En este caso se controlan varias características durante la selección:

- a) Tipo de fruto.- Criollos como: china, media china y labor.
- b) Destino de producto.- Mercado Nacional o Extranjero
- c) Estado de madurez.- Verde inmaduro (II) y Ligeramente maduro (III).
- d) Tamaño del fruto.- Primera (4.5 - 7 cm) y Extra (7 cm en adelante).
- e) Deños mecánicos.- No más del 5% de daños en superficie.
- f) Alteraciones por Microorganismos o insectos.

Los frutos que no se apeguen a los criterios de selección se destinan a la comercialización como fruta fresca en los centros de abasto.

LAVADO.

Se aplica un lavado con agua clorada (10 ppm), con la finalidad de separar partículas extrañas que acompañen al fruto, así como la extracción de suciedades adheridas al mismo, destrucción de microorganismos, larvas de insectos y también para erradicar una infección manifiesta(14).

SECADO.

Posteriormente al lavado se presenta la necesidad de eliminar el exceso de líquido presente en la superficie del fruto con el fin de adecuar éste para el siguiente tratamiento.

ENCERADO.

Como se explicó anteriormente, la cera disminuye la actividad fisiológica y la pérdida de peso por transpiración del fruto. Se aplica a 38°C por aspersión formando una capa uniforme en el fruto.

PREENFRIAMIENTO.

Descrito anteriormente, el preenfriamiento logra la extracción del calor de campo en los productos frescos recientemente cosechados, extracción que deberá efectuarse en el menor tiempo posible.

Se utiliza agua fría a (4°C), sumergiendo el fruto durante 20 min. tiempo necesario para alcanzar en su centro la temperatura de 9°C de almacenamiento.

INSPECCION.

Antes de envasar el producto, es necesario la inspección de éste, separando los frutos con fracturas en cera, falta de uniformidad en la misma, daños mecánicos que sufriera el producto durante el proceso; todo esto con el fin de tener las mejores condiciones para la conservación del fruto sano.

EMPAQUE.

El fruto se empaqueta con cajas perforadas de cartón plastificado con capacidad de 10 kg cuyas dimensiones son de 40 x 30 x 15 cm de largo, ancho y alto respectivamente, colocadas en tarimas con convertidor metálico.

REFRIGERACION.

La fruta empacada se pasa a las cámaras de conservación a una Temp. de 9°C y 85-90% de HR. Es importante evitar lo más posible las variaciones de Temperatura y HR; además, respetar el espacio libre para la circulación de aire, manejando adecuadamente el embalaje y distribución, así como la densidad de almacenamiento. Deben cuidarse de no exceder el tiempo de almacenamiento previsto y los descensos notables de temperatura para evitar daños por frío en el producto; es necesario además controlar la remoción de aire y por supuesto la limpieza, desodorización y desinfección de las cámaras antes de ser cargadas.

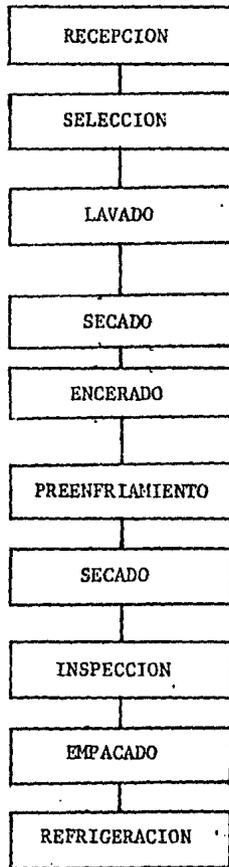
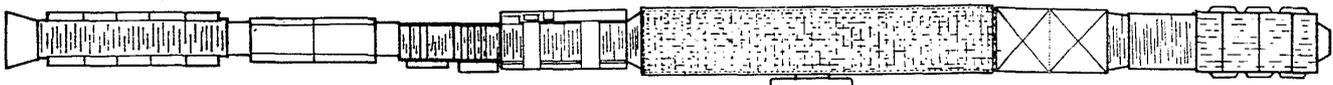
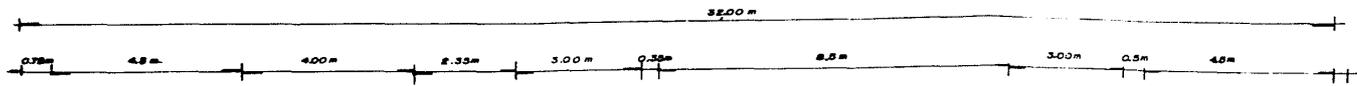
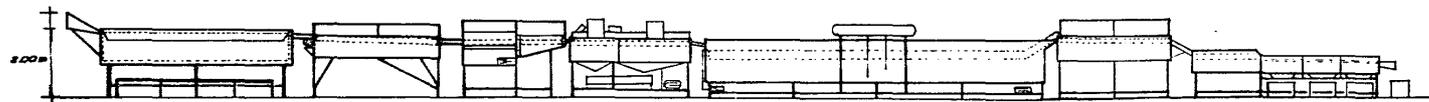


DIAGRAMA DE BLOQUES

FIGURA # 5.



VISTA SUPERIOR



SELECCIONADORA LAVADORA SECADORA ENCEDORA PREENFRADOR SECADORA INSPECCION Y EMPAQUE

VISTA LATERAL

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN		
UNIVERSIDAD	PLANTA PROCESADORA DE GUAYABA EN FRESCO	
	LINEA DE PROCESO	
PROFESOR:	PROFESOR:	FECHA:
JPM/L.AOC-EMER	J.L.A.R.	OCT-1985

FIGURA # 6

IV. 3 DESCRIPCION DE EQUIPO.

Ahora bien, en relación a lo anterior, a cada operación descrita le corresponde evidentemente una caracterización técnica de su estructura; ésta, si bien es anotada en forma somera proporciona una idea aproximada de los elementos físicos que la constituye como a continuación se señala secuencialmente.

El fruto es vaciado a una tolva, recubierta con hule espuma pasando a la selección.

Seleccionadora y Clasificadora.- Se realiza por medio de un transportador de rodillos forrados de PVC, en donde 6 operarios llevan a cabo manualmente la operación de selección y clasificación, separando el producto que no cumpla con las características mencionadas.

Posteriormente el lavado es efectuado, en un tanque rectangular equipado con un transportador de malla de alambre con cadenas de rodillo de 0.91 m de ancho x 3.4 m de largo, colocadas a 0.3 m de separación entre ellas. El lavado se realiza por inmersión y la agitación del agua -- por bomba con recirculación. El tanque tiene un acabado con pintura anticorrosiva (47).

Para el secado, el equipo consta de dos partes, la primera es una serie de cepillos de cerdas finas y la segunda son rodillos de hule espuma; para el transporte del producto se utiliza una serie de rodillos metálicos, forrados de PVC con lo cual el producto va pasando y los cepillos van eliminando cualquier tipo de suciedad residual, en el fruto. Posteriormente, pasa por los rodillos de hule espuma que eliminan el exceso de humedad. Los rodillos ahulados tienen dimensiones de 1 m de largo (50).

En el encerado el fruto es transportado por una banda de rodillos y a su vez es asperjado con cera por medio de tres tubos de 1.3 m de largo y 1 pulgada de diámetro, con 9 perforaciones para asperjar el chorro de cera en forma de abanico. (49).

Para el preenfriador, el equipo que se utilizará se presenta en forma separada junto con el diseño del mismo ya que éste es una de las partes estructurales del estudio (Ver página 131).

Sin embargo, para el secado posterior, éste consta de un transportador de acero inoxidable, con dimensiones de 1,2 m de ancho y 3 m de largo. Colocado sobre la parte superior de la banda se tiene un túnel con dos ventiladores auxiliares de 1/2 HP, la altura del túnel es de 0.5 m (47).

Finalmente el equipo para la inspección y empaque, consta de un transportador de rodillos metálicos forrados de PVC; donde se lleva a cabo la inspección del fruto. Posteriormente se encuentran una serie de rodillos colocados longitudinalmente, así como de cajones forrados de un material flexible (hule espuma), donde se lleva a cabo el empaque del fruto.

En forma resumida y enumerando el equipo de mayor importancia, se indican las especificaciones técnicas de cada uno de ellos en el cuadro # 50.

CUADRO # 50
ESPECIFICACIONES DE EQUIPO.

No.	EQUIPO	CAPACIDAD (ton/h)	DIMENSIONES (m)	No. DE OPERARIOS	MOTOR (HP)	MATERIAL
1	Selecciona dora-clasi ficadora.	2 - 4	L = 4.5 A = 1 H = 1.5	6	2	Lámina de acero.
2	Lavadoras	2 - 4	L= 3.5 A= 1 H= 1.5	-	2	Lámina de acero.
3	Secadora	2 - 4	L= 2 A=1.1 H=1.5	1	1.5	Acero inox.
4	Enceradora	2 - 4	L=3 A=1.4 H=1.5	2	2	Lámina de acero
5	Preenfria	2 - 4	L=8 A=1.6 H=1.4	2	3	Acero inox.
6	Secadora	2 - 4	L=3 A=1.4 H=2	1	1.5	Acero inox.
7	Inspección	2 - 4	L=4.5 A=1.4 H=1.3	8	2	Lámina de - acero.

IV. 4 DISEÑO DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.

PREENFRIADOR.

Para esta parte del estudio, se consideró como base para el cálculo 2000 kg/h de producto, con las siguientes características promedio del fruto.

- Peso 0.1 kg.
- Diámetro polar 0.07 m.
- Diámetro ecuatorial 0.06 m.
- Area transversal 0,0033 m²

Experimentalmente se ha encontrado que la guayaba deberá permanecer 20 min. dentro del preenfriador para extraer el calor de campo, disminuyendo su temperatura de 22 a 9°C, siendo ésta última la temperatura de conservación en almacenamiento.

Estableciendo que el preenfriador manejará aproximadamente 6 670 guayabas en 20 min. con un volumen total de 1.12 m³, ocupando una área -- transversal total de 22 m², con un margen de seguridad del 10% totalizando 24.2 m².

Dado que dentro del preenfriador se forman dos capas del producto el área ocupada se reduce a 12.1 m² de la superficie de éste, por lo que las dimensiones externas del equipo serán:

- L = 8.5 m.
- A = 1.6 m.
- H = 1.4 m.

Profundidad del tanque = 1m.

Nivel del agua = 0.85 m.

Vol. total de agua = 10.88 m³

CARACTERÍSTICAS (Ver . Fig. # 7)

El preenfriador consta de una tina de acero inoxidable, con un -- transportador sumergido del mismo material, el cual contribuye al movimiento del fruto a lo largo del equipo. Esta malla tiene rastras plásti

cas de 0.075 m. de alto y 1.55 m. de largo, colocadas a 0.3 m. de separación entre una y otra. La banda estará colocada a 0.3 m de la superficie del preenfriador y a 0.15 m. abajo del nivel de agua. El agua se mantiene en contracorriente del fruto, mediante una bomba centrífuga de 1 HP donde el tubo de succión se encuentra en la parte superior izquierda del tanque preenfriador, la descarga llega directamente sobre el serpentín de enfriamiento. Para dirigir mejor el flujo de agua se encuentra dividido el preenfriador por una pared de separación de 4 m. de largo colocada entre la banda y el serpentín (Ver. figura # 7). Con el fin de evitar que se absorva calor del exterior en el sistema, se hace necesario un aislamiento en el preenfriador, el que estará constituido por planchas de poliestireno colocadas en los costados y al fondo del tanque, recubiertas con fibra de vidrio estratificada con resina con la intención de darle un mejor acabado; el espesor del aislamiento será de:

$$X_a = \frac{k}{U} T_a \frac{0.027}{10} \frac{\text{Kcal/h m } ^\circ\text{C}}{\text{Kcal/h m } ^2} (19.25 - 2) ^\circ\text{C} = 0.0465 \text{ m.}$$

El espesor comercial es de 0.06 m.

Una vez que se cuenta con los datos del preenfriador, será importante contar con las características y diseño de la instalación frigorífica.

A continuación se presentan los cálculos efectuados en forma detallada:

- Calor extraído del producto en el preenfriador.

Masa de producto (m_p) = 2 000 Kg/h

Cp del producto (C_p) = 0.89 Kcal/ Kg °C

T = (22-9) °C T_p = 13°C

Q = m Cp T = 23 140 Kcal/h

Más 10% por pérdidas al ambiente:

Q = 25 454 Kcal/h

- Calor extraído en el preenfriamiento de agua al inicio de la operación este calor se considera en los cálculos ya que representa la máxima --

$$\begin{aligned} \text{Masa de agua (m}_{\text{H}_2\text{O}}) &= 10\ 880\ \text{Kg} \\ \text{Cp de agua} &= 1\ \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \\ \Delta T &= (26 - 2)^\circ\text{C} = 24^\circ\text{C} \\ Q &= 261\ 120\ \text{Kcal/h} \end{aligned}$$

- A continuación se calcula el área del serpentín, igualando las ecuaciones:

$$Q = m\ C_p\ \Delta T = U\ A\ \Delta T_{m1}$$

$$\text{Donde: } U = 1/x/k = k/x$$

Despejando:

$$A = \frac{m\ C_p\ T_{\text{rec}}}{U\ \Delta T_{m1}}$$

Conociendo el volumen de agua en el preenfriador se calcula el ΔT de recalentamiento:

$$Q_p = 25\ 454\ \text{Kcal/h}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 10\ 880\ \text{Kg.}$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 1\ \text{Kcal/kg}^\circ\text{C.}$$

$$\therefore \Delta T_{\text{rec.}} = 2.34^\circ\text{C.}$$

Se considera que se tiene una variación de temperatura del agua - de 5 y 2.5 °C a la entrada y a la salida del serpentín respectivamente.

$$\Delta T_{m1} = T_2 - T_1 / \ln(T_2/T_1) = 3.59^\circ\text{C.}$$

Para el serpentín se utiliza tubería de acero sin costura de 1 - pulgada calibre 14 con las siguientes características:

$$k = 126.88\ \text{Kcal/h m}^2\text{C} \quad (\text{Conductividad del acero})$$

$$\text{Espesor de pared} = 0.002182\ \text{m.}$$

$$\text{Metro de tubo por m}^2\ \text{de superficie} = 12.53\ \text{m/m}^2$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 261\ 120\ \text{Kcal/h} \quad (\text{Calor total a extraer})$$

$$A = 1.2085\ \text{m}^2 \quad (\text{Area total del serpentín})$$

Por lo tanto:

Metros lineales de tubería = 15.146 m.

Con esta longitud de tubería es colocado el serpentín dentro del -
tanque del preenfriado en la parte inferior (Ver figura # 7), provisto de -
un acumulador de líquido, que mantiene inundado el serpentín por gravedad
y cuyas características son:

Diámetro = 0.4 m

Largo = 1.8 m

Y con una carga total de R-12 de 214 kg.

Con un volumen total de 0.235 m³

DISEÑO DE CAMARAS FRIGORIFICAS.

Aplicando las consideraciones del almacenamiento refrigerado, a--
continuación se indican los criterios de localización de las camaras así-
como las condiciones de operación de ésta.

CONDICIONES DE CONSERVACION EN REFRIGERACION.

-Vel. de aire en cámara:

La velocidad recomendada para la conservación de guayaba es de --
19 m/min (40) ya que si se tienen mayores velocidades de aire, el arras-
tre de humedad del producto es mayor y en consecuencia aumenta la pérdida
de peso de éste. Para permitir la circulación adecuada del aire se deja-
un espacio libre entre tarimas y estibas, así como, perforaciones en las-
cajas de empaque.

- Humedad Relativa:

La Humedad Relativa manejada se encuentra entre 85 y 90%; el con-
trol de la misma nos permite evitar las pérdidas de peso del producto --
cuando se tienen bajas humedades relativas, así como la formación de es-
carchar en el evaporador lo que provoca que la extracción de calor sea -
menor.

- Temperatura:

La temperatura a la cual se trabajará es de 9 ± 1 °C.

- Tiempo de almacenamiento:

El tiempo máximo de almacenamiento de un lote de producto será de
20 días, teniendo un constante movimiento de entrada y salida del produc-
to.

- Existe la posibilidad de almacenar otros productos cosechándose -
en la región durante el resto del año, caso para el cual debiera checar su
compatibilidad con la guayaba.

LOCALIZACION Y UBICACION DE LAS CAMARAS.

En el presente diseño se considera que la planta contará con 3 - cámaras de conservación localizadas en la parte posterior de ésta, cuyos colindes son: (Ver plano de distribución figura # 12 y 13).

CAMARA 1

Norte: Colinda con la parte exterior de la planta.

Sur: Colinda con el área de proceso.

Este: Colinda con la sala de máquinas y mantenimiento.

Oeste: Colinda con cámara 2.

CAMARA 2.

Norte: Colinda con la parte exterior de la planta

Sur: Colinda con el área de proceso

Este: Colinda con cámara 1

Oeste: Colinda con cámara 3

CAMARA 3

Norte: Colinda con la parte exterior de la planta.

Sur: Colinda con área de proceso

Este: Colinda con cámara 2.

Oeste: Colinda con el exterior de la planta.

En cuanto a las características de las cámaras, éstas reciben un total de 32 ton/día, tomando como tiempo máximo de permanencia del producto 20 días, se tiene una capacidad de almacenamiento de 640 ton; estos es 213 ton por cámara.

DIMENSIONES INTERNAS.

El producto llega a la cámara en cajas de cartón plastificado, - con perforaciones para facilitar el paso de aire y cuyas dimensiones son 40 x 30 x 15 cm. con capacidad de 10 Kg de producto tipo extra, lo que - aproximadamente equivale a 100 guayabas/caja.

Como ya se mencionó, las tarimas a utilizar son de 1.2 x 1 m, con convertidores metálicos de 1.2 m de altura (45) manejando 10 cajas/piso -

con 8 pisos/tarima, proporcionando 80 cajas/tarima, con una estiba de 3 - tarimas dando 240 cajas/estiba. (Ver figura # 8).

Con 21 333 cajas/cámara se tiene entonces 90 estibas/cámara. -- (Ver figura # 9).

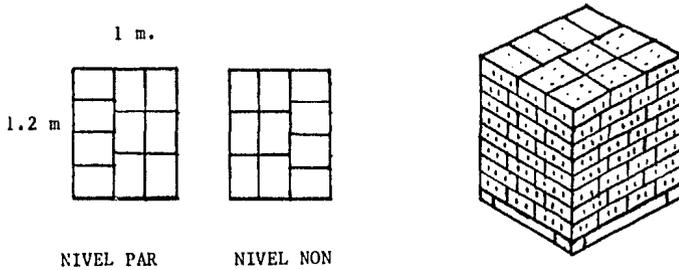


FIG. 8 DISTRIBUCION DE CAJAS DE TARIMA.

Folleto SECOFI-SNA
1984. (50)

La distribución de estibas dentro de la cámara será de 10 x 9 . estibas.

- Distancia entre estibas: 0.15 m.
- Distancia entre estiba y pared: 0.4 m.
- Distancia entre estiba y pared del evaporador: 1 m
- Pasillo: 4 m
- Espacio libre entre estiba y techo: 0.6 m

LARGO: 17.8 m = 8 m

ANCHO: 12.6 m = 13 m

ALTO: 4.58 m = 5 m

VOLUMEN DE CAMARA = 1170 m³

Para la densidad de almacenamiento se considera:

$$\rho_{\text{alm.}} = \frac{213\ 333 \text{ kg de producto}}{1170 \text{ m}^3} = 182.33 \text{ kg/m}^3$$

La densidad de almacenamiento está dentro del rango establecido - para la conservación de frutas en refrigeración, que se ubica entre 150 - y 250 Kg/ m³ (24).

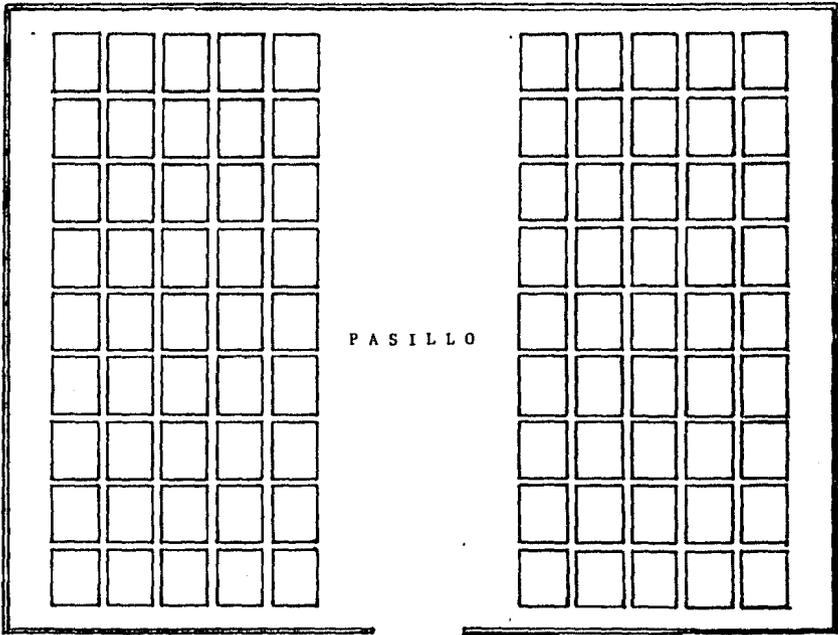


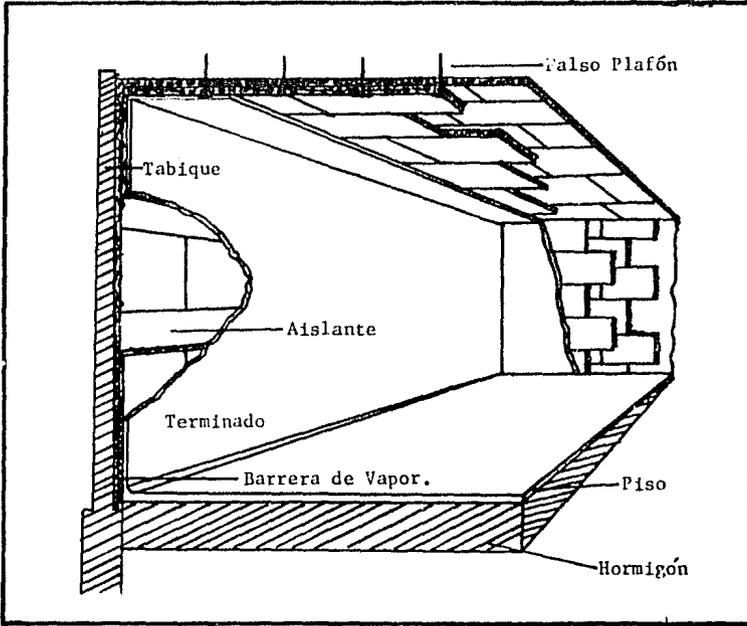
Fig. 9 DISTRIBUCION DE ESTIBAS EN CAMARA

COMPOSICION DE PAREDES, PISO Y TECHO DE LA CAMARA FRIGORIFICA.

PARED. - Estará formada por un revestimiento de protección exterior de -- cemento de 2cm. de espesor, con la posibilidad de la aplicación de pintura permeable al agua. Enseguida, una pared de tabique de 25 cm. Antes y después del aislante es colocada una barrera de vapor, aplicando asfaltocatiónico que evita el paso de humedad y con ésto la condensación de agua. Las placas de aislante son de poliestireno, las cuales deberán fijarse -- por medio de calces o soportes metálicos. Para el revestimiento de protección interna se prevee de lámina acanalada (galvanizada) de fácil colocación y limpieza, deberá estar unida al piso y a las otras paredes por piezas redondeadas, de acuerdo a los reglamentos sanitarios (Ver figura - #10) (3).

El piso deberá encontrarse al mismo nivel que la zona de proceso y ésta a su vez al nivel del andén, cuya altura no excederá de 1.5 m, facilitando la carga y descarga de los vehículos. El piso estará formado -- por una losa de hormigón de 30 cm. así, si en un futuro se quiere descender la temperatura de la cámara, se encontrará realizado el vacío sanitario. En este caso no es necesario un aislamiento en el piso ya que con el tiempo las Kcal que se transmitirán serán mínimas debido a que se trabaja a 9°C, donde los riesgos de congelación son despreciables. (Ver figura # 6). Para el techo de las cámaras se considera un falso plafón, suspendido bajo vigas por un armazón metálico y herrajes en forma de T, suspendidos por medio de tirantes semimetálicos. Para ello pueden utilizarse placas de polietileno como aislante, éste queda visible y la barrera de vapor (rollos de aluminio bituminado), se colocar anteriormente al emplazamiento de los pñales, en la cara externa de los mismos y sobre sus cantos; al fijar los pñales se introduce una cinta adhesiva que sirve de encaje entre los mismos.

Posterior al aislante, deberá colocarse otra barrera de vapor y -- por último un enlucido de cemento sobre una tela metálica fijada al armazón (Ver figura # 10) (3).



COMPOSICION DE PAREDES PISO Y TECHO DE LAS CAMARAS FRIGORIFICAS.

FIGURA # 10

MONTACARGAS.

Este vehículo, facilita el transporte del producto en tarimas - dentro de la planta, además, permite alcanzar las alturas de estibamiento en el almacén, así como, mayor capacidad de manejo de carga.

Características:

Montecargas electrónico ACE-35-EV, Marca ALLIS - CHALMERS (46).

Capacidad: 1588 Kg.

Motor: 48 volts, 13.76 HP, 1320 RPM.

Altura de estib: 4.87 m.

Horquillas ajustables.

PUERTAS ISOTERMICAS.

El tipo de puertas a utilizar, en las cámaras frigoríficas serán las sobrepuestas de tipo corredizo, construidas de materiales ligeros - con armadura metálica y revestimiento de poliestireno, éstas evitan el - espacio inútil frente a la puerta con respecto a las de abatimiento, además, permite el control electrónico de apertura. (3).

Para reducir el intercambio de aire, entre el interior y exte -- rior de cámara se coloca una cortina interna de cintas flexibles super - puestas. (Ver figura #11).

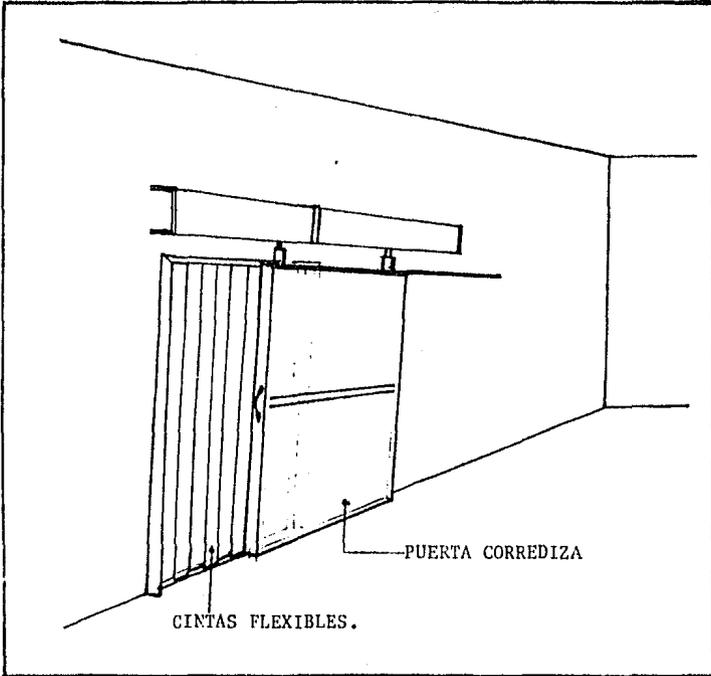
Es necesario colocar en las puertas un portillón manejable desde el interior para permitir la evacuación del personal que pudiese quedar - encerrado dentro de la cámara (3).

Tomando en base los tamaños de tarimas y convertidores, se han - seleccionado las puertas, de un tamaño tal, que permita el paso libre y - adecuado para maniobrar las tarimas por medio del montacargas, las dimensiones son:

Ancho = 2 m

Altura = 2.6 m.

Grosor = 0.08 m.



PUERTA CORREDIZA CON CONTROL DE APERTURA ELECTRICA Y CORTINA IN
TERIOR DE CINTAS FLEXIBLES.

FIGURA # 11

Finalmente, en esta parte del estudio realizado, se presentan los detalles del cálculo técnico correspondiente tanto para las cámaras de -- almacenamiento, así como para el sistema de producción de frío, en ambos casos, se anotan las consideraciones tomadas en cuenta para cumplir con el diseño planeado.

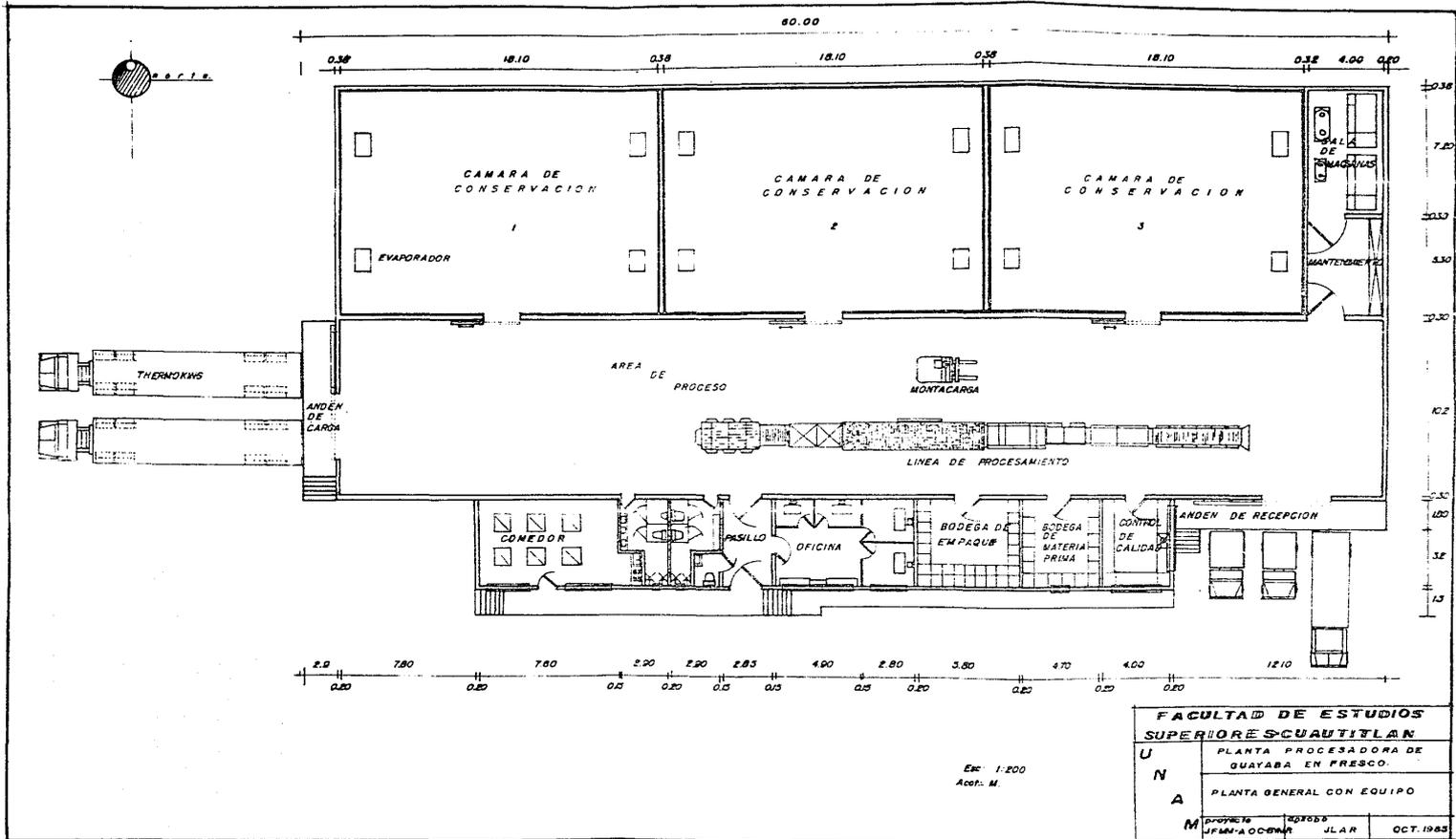
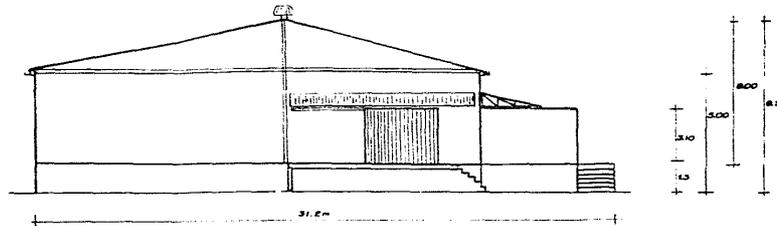
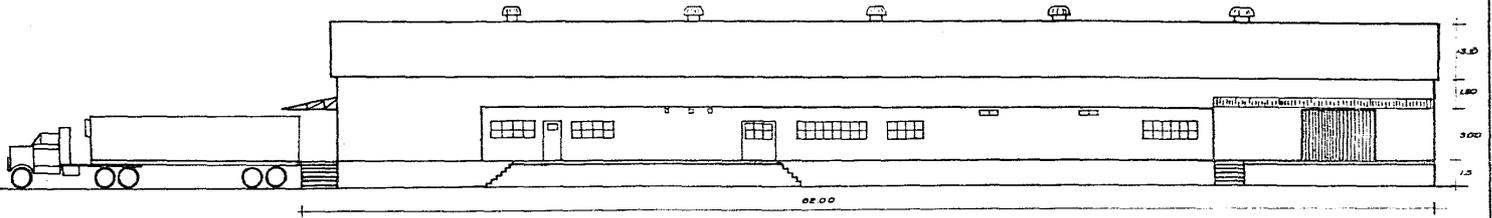


FIGURA 7



FACHADA ORIENTE



FACHADA PRINCIPAL

ESCALA 1:200

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CAYUTLLAR	
PLANTA PROCESADORA DE GUAYABA EN FRESCO	
U	FACHADA PRINCIPAL Y ORIENTE
N	
A	
M	
PROYECTO	APROBADO
UNIV. ACC. BYAM	JLKR
	OCT. 1980

FIGURA # 13

CALCULO DE LA CARGA TERMICA.

La cantidad de calor (Q_0), que debe eliminarse de las cámaras -- frigoríficas es igual a la suma de todas las entradas de calor; y se expresa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_0 = Q_p + Q_t + Q_r + Q_a + Q_{pe} + Q_{al} + Q_e + Q_m [=] \text{ Kcal/h}$$

Donde:

Q_0 : Potencia frigorífica.

Q_p : Calor del producto.

Q_t : Entrada de calor por transmisión por paredes.

Q_r : Calor de respiración.

Q_a : Calor debido a cambios de aire.

Q_{pe} : Calor que cede el personal.

Q_{al} : Calor de alumbrado.

Q_e : Calor por empaque y tarimas.

Q_m : Calor por motores.

DETERMINACION DE LAS TEMPERATURAS DE CALCULO.

. T_{mm} : Temperatura media del mes más caliente = 26°C (51)

. T_{max} : Temperatura máximo diaria del mes más caliente = 38°C (51)

. T_c : Temperatura de cálculo = 0.4 T_{mm} + 0.6 T_{max} .

. $T_c = 34.52 \text{ } 35^\circ\text{C}$

. Temperatura de pasillo o área de proceso.

$T_p = 0.55 T_c = 19.25^\circ\text{C}$

. Temperatura de sala de máquinas.

$T_{sm} = 0.70 T_c = 24.5^\circ\text{C}$.

. Temperatura de piso.

$T_{pi} = 1/2 (15 + T_c) = 25^\circ\text{C}$.

. Temperatura de techo, por ser falso plafón y no recibir radiación directa se considera la misma del pasillo (19.25°C).

Las paredes expuestas a la radiación solar tienen un corrección - de temperatura, reportada en la Tabla 10-7 Dossat (13):

. Temperatura exterior norte para las tres cámaras.

$$T_n = 35 + 0 = 35^\circ\text{C}$$

. Temperatura de pared oeste, para cámara 3.

$$T_o = 35 + 2.2 = 37.2^\circ\text{C}$$

Se tomará una temperatura de pasillo para las paredes comunes - entre las cámaras en caso de que una este sin funcionar.

. Temperatura de pared común.

$$T_{pc} = 0.55 T_c = 19.25^\circ\text{C}.$$

CALCULO DE ESPESORES DE AISLAMIENTO.

$$X_a = \frac{k}{Q/A \Delta T} \quad [=]$$

Calor permisible económicamente que se transfiere a través del aislante (26).

$$Q/A = \text{de } 8 \text{ a } 10 \text{ Kcal/m}^2$$

K : Conductividad térmica de poliestireno = 0.027 Kcal/h m°C.

ΔT : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cámara, °C.

El poliestireno se fabrica comercialmente en espesores de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 cm. (30)

Los espesores se calcularon para cada pared y los resultados son - los siguientes:

PARED	Cámara 1		Cámara 2		Cámara 3	
	calc.	comerc.	calc.	comerc.	calc.	comerc.
	(m)		(m)		(m)	
Norte	0.0702	= 0.08	0.0702	= 0.08	0.0702	= 0.08
Sur	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04
Este	0.0418	= 0.06	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04
Oeste	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04	0.0761	= 0.08
Techo	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04	0.0276	= 0.04

-CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR POR PAREDES (Q_t)

Area de exposici3n de paredes (exterior):

Paredes

Aplanado de pared exterior + tabique + barrera de vapor int. y ext + terminado interno = 0.3 m.

Aislante (según pared de cámaras).

Techo.

Barrera de vapor int. y ext. + aislante + enlucido int. = 0.08 m.

Dimensiones exteriores de paredes:

Pared Norte: $18 + 0.3 + 0.06 + 0.04 + 0.3 = 18.7 \text{ m} = 19 \text{ m}$

Pared Sur = 19 m.

Pared Este: $13 + 0.3 + 0.08 + 0.3 + 0.04 = 13.72 \text{ m} = 14 \text{ m}$.

Pared Oeste: = 14 m.

Area exterior total de paredes:

Pared N y S: $19 \text{ L} \times 5 \text{ H} \times 2 \times 3 \text{ cámaras} = 1596 \text{ m}^2$.

Pared E y O: $14 \text{ L} \times 5 \text{ H} \times 2 \times 3 \text{ cámaras} = 570 \text{ m}^2$.

Piso y Techo: $19 \text{ L} \times 14 \text{ A} \times 2 \times 3 \text{ cámaras} = 420 \text{ m}^2$.

Total = 2586 m^2 .

$Q_t = 2586 \text{ m}^2 \times 10 \text{ Kcal/h m}^2 \times 24 \text{ h/día} = 620\ 640 \text{ Kcal/día}$.

$Q_t = 620\ 640 \text{ Kcal/día}$ //

- CALCULO DEL CALOR DE RESPIRACION DEL FRUTO (Q_r)

Por falta de datos fisicoquímicos y termodinámicos para la guayaba se ha tomado los reportados para el durazno, en virtud de ser frutos similares desde el punto de vista de desarrollo y clima (13).

$$Q_r = (W_1 \times Cr_1) + (W_2 \times Cr_2) [=] \text{Kcal/día}$$

Q_r : Calor producido en el proceso de respiración.

NOTA: No se considera el calor del producto (Q_p), en el cálculo de la Q_o , ya que se extrae en el preenfriador y el producto llega a 9°C a las cámaras.

W_1 : Cantidad de producto que se introduce a las cámaras = 32 Ton.

W_2 : Cantidad de producto considerando que a la cámara le falta un día para llenarse = 608 Ton.

Cr_1 : Calor de respiración a la temperatura de entrada de producto, Kcal/Ton.

Cr_2 : Calor de respiración a temperatura de conservación, Kcal/Ton h.

Los calores de respiración se tomaron de la Tabla 10-13 Dossat (13):

°F	Btu/h lb	°C	Kcal/Ton h
32	0.023	0	12.867
40	0.036	4.4	19.982
60	0.170	15.5	95.11

$$Q_r = 364\ 626.2 \text{ Kcal/día//}$$

- CALCULO DE ENTRADA DE CALOR POR CAMBIOS O INFILTRACION DE AIRE.

Método de estimación utilizando la carta psicométrica: (44).

$$Q_a = \frac{\text{No. de CA} \times V \times (h_e - h_i)}{v} [=] \text{ Kcal/d}$$

No. CA: Número de cambios de aire durante el día, en función del volumen de la cámara = 2.3

V : Volumen interior de la cámara = 1170 m³

he: Entalpia del aire exterior = 21.6 Kcal/kg.

hi: Entalpia del aire interior = 5.8 Kcal/kg.

v : Volumen especifico promedio = $\frac{0.903 + 0.807}{2} = 0.855 \text{ m}^3/\text{kg}$.

$$Q_a = 49\ 728.42 \text{ Kcal/día/cámara}$$

$$Q_{a_T} = 149\ 185.26 \text{ Kcal/día //}$$

CALCULO DE ENTRADAS DE CALOR POR PERSONAL.

Para poder calcular el calor que se tendrá que extraer en las cámaras, por concepto del personal que labora en las mismas, se consideran, dos hombres trabajando un total de 4 horas cada uno.

$$Q_{pe} = H \times t \times fp [=] \text{ Kcal/día.}$$

H : Número de personas que trabajan dentro del espacio refrigerado = 2.

t: Tiempo de trabajo durante el día. = 4 h.

fp: Factor que indica el calor disipado por persona por hora, en función de la temperatura del espacio refrigerado = 182.88 Kcal/h hombre (13).

$Q_{pe} = 1463 \text{ Kcal/día//}$

- CALCULO DEL CALOR POR ALUMBRADO.

Para el cálculo se consideran 6 focos, encendidos durante 4 h. al día/cámara (13).

$Q_{al} = \text{watts} \times t \times 860 [=] \text{ Kcal/día.}$

Watts: Son los watts totales de los focos dentro de las cámaras
 $= 6 \times 150 \text{ watts} = 900 \text{ watts.}$

t : Horas de iluminación al día = 4 h.

860: Factor de conversión a Kcal/n.

$Q_{al} = 3 \text{ 096 Kcal/día} \times 3 \text{ cámaras} = 9 \text{ 288 Kcal/día.}$

$Q_{al} = 9 \text{ 288 Kcal/día //}$

- CALCULO DE ENTRADAS DE CALOR POR ENFRIAMIENTO DE TARIMAS Y EMBALAJES.

El calor disipado por tarimas y embalaje depende de la naturaleza del material con que son fabricados, del número de cajas y tarimas, así como del peso de cada una de ellas (13).

$Q_e = m C_p \Delta T [=] \text{ Kcal/día.}$

m: Peso de cajas y tarimas /día

$3 \text{ 200 cajas} \times 0.45 \text{ kg/ caja} = 1 \text{ 440 kg.}$

$40 \text{ tarimas} \times 18 \text{ kg/tarima} = \frac{720}{2} \text{ kg.}$
 360 kg.

$C_p = 0.5 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$\Delta T = 25 - 9 = 16^\circ\text{C.}$

$Q_e = 17 \text{ 280 Kcal/día}$

CALCULO DE ENTRADAS DE CALOR POR MOTORES (montacargas) (13)

$$Q_m = Hp \times No. m \times fm \times t [=] \text{Kcal/día.}$$

$$Hp: \text{Potencia de los motores} = 13.76 \text{ Hp}$$

$$No. m: \text{No. de montacargas} = 1$$

$$fm: \text{factor de conversión} = 743.46 \text{ Kcal/Hp-h}$$

$$t: \text{Tiempo de trabajo durante el día} = 4 \text{ h.}$$

$$Q_m = 40\,920 \text{ Kcal/día //}$$

SUMA TOTAL DE ENTRADAS DE CALOR (Qo)

$$Q_t = 620\,640 \text{ Kcal/día.}$$

$$Q_r = 364\,626 \quad " \quad "$$

$$Q_a = 149\,185 \quad " \quad "$$

$$Q_{pe} = 1\,463 \quad " \quad "$$

$$Q_{al} = 9\,288 \quad " \quad "$$

$$Q_e = 17\,280 \quad " \quad "$$

$$Q_m = \underline{40\,920} \quad " \quad "$$

$$1\,230\,402 \text{ Kcal/día.}$$

Más 10% de seguridad.

$$Q_o = 1\,323\,742 \text{ Kcal/día //}$$

Considerando que el tiempo de operación del equipo es de 20 h/día:

$$Q_o = 66\,187 \text{ Kcal/h //}$$

$$Q_o/\text{camara} = 22\,062 \text{ Kcal/h}$$

$$Q \text{ Producto en preenfriador} = 23\,140 \text{ Kcal/h}$$

$$Q \text{ a inicio de operación en preenfriador} = 261\,120 \text{ Kcal/h}$$

IV. SELECCION DE EQUIPO.

- SELECCION DE EVAPORADORES.

Condiciones de almacenamiento:

Cámaras de conservación.

Dimensiones: 18 x 13 x 5 m. Vol. de cámara = 1170 m³

Temperatura = 9°C.

Humedad Relativa = 85 - 90%

Q_o = 22 062 Kcal/h.

De acuerdo a los catálogos YORK RECOLD (54), se preseleccionó el evaporador TIP SC, para R-12 que trabaja a temperatura de 0°C ó mayores. Con capacidades desde 3 502 - 22 680 Kcal/h, con 6.6°C. Diseñado para utilizarse en el enfriamiento de frutas frescas y vegetales.

- Se seleccionan 4 evaporadores de expansión directa de Freón.

Modelo: SC1348

$\Delta T = 6.6^\circ\text{C}$

Motores: 2 de 1/4 Hp c/u.

Volúmen de aire removido = 7 306 m³/h

El coeficiente de recirculación (CR), recomendando para cámaras medianas esta entre 25 - 40 (15). Por lo que el volúmen removido por los 4 evaporadores es = 29 224 m³/h, con un CR = 25.

- Cálculo de Q generado por motores: (13)

Q_{me} = No. motores x Hp x fc [=] Kcal/h

Q_{me} = 466.2 Kcal/h x 4 evap. = 1864.8 Kcal/h

Q°real/cámara = 23 927 Kcal/h Por lo que los evaporadores satisfacen los requerimientos de la cámara.

Q°Total real = 23 927 Kcal/h x 3 cámaras = 71 781 Kcal/h

Dimensiones generales del evaporador:

Largo: 1 232 mm.

Ancho: 870 mm.

Altura: 540 mm.

Distancia recomendada a pared: 533.4 mm.

Conexión del líquido : 25.4 mm.

Conexión de succión: 69.9 mm.

El evaporador está fabricado en lámina galvanizada, en todos los modelos.
La distribución de evaporadores en la cámara, se muestra en la figura #14.
La circulación del aire se mantiene transversal a la puerta y pasillo; --
previniendo así, la salida de aire y por consecuencia la pérdida de calor
al abrir la puerta.

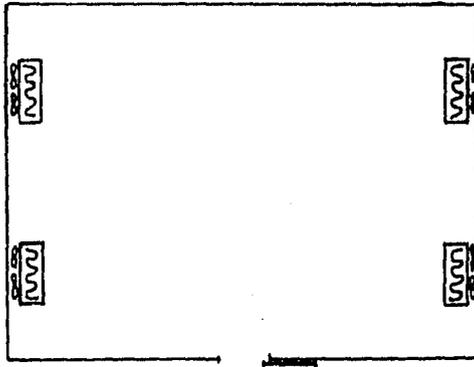


FIGURA # 14 DISTRIBUCION DE EVAPORADORES -
EN CAMARAS.

SELECCION DE COMPRESORES

Para la selección del compresor es necesario considerar el Q_o , total y Q_o a régimen de conservación.

$Q_{o_{total}} = Q_o$ real de cámaras + Q al inicio de op. de preenfriador.

$Q_{o_{cons.}} = Q_o$ real de cámaras + Q_p en preenfriador.

Donde:

$Q_{o_r} = 71\ 781$ Kcal/h

$Q_i = 261\ 120$ Kcal

$Q_{o_t} = 332\ 900$ Kcal

$Q_p = 23\ 140$ Kcal

$Q_o = 94\ 921$ Kcal

$i\ TR = 3\ 024$ Kcal/h

$TR_t = 110$

$TR_c = 31.38$

$TR_i = 86.36$

Temperatura de condensación = 35°C

Temperatura de succión = -5°C .

En los catálogos de compresores "MYCOM" se seleccionan 2 compresores con las siguientes características (48):

Compresor	Diam. pistón X carrera mm.	No. cilin dros.	Desplaz. 1000 RPM (m^3/h)	Capacidad de motor Hp
F8B	130 x 100	8	637.1	120
F6A	95 x 76	6	193	50

La velocidad recomendada de operación de los compresores está - entre 600 - 1200 RPM (48)

Las RPM a las que trabajaran los compresores, para cumplir con las TR requeridas, se obtienen con las fórmulas siguientes (48):

$$\text{F6A: RPM} = \frac{\text{TR}_c}{0.00445 \times \text{N. cil.}} = 1\ 175$$

$$\text{F8B: RPM} = \frac{\text{TR}_1}{0.0108 \times \text{N. cil.}} = 1\ 000$$

Los compresores seleccionados, cumplen con la potencia frigorífica total (Q_{o_t}). Inicialmente los 2 compresores trabajan hasta alcanzar - el régimen de conservación (Q_{o_c}), en donde únicamente funciona el compresor F6A.

- Cálculo de las condiciones de trabajo de la instalación:

Para el cálculo se consideran las condiciones de operación de los compresores, que corresponden a la Q_o de conservación (F6A) y la Q al inicio de operación del preenf. (F8B).

$$Q_{o_c} = 94\ 921 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_1 = 261\ 120 \text{ ''}$$

La T_o de ebullición es de -5°C , ya que se considera un ΔT de 7°C en el preenfriador (2).

DATOS PARA FREON 12

$T_o = -5^\circ\text{C}$	$P_o = 2.6602 \text{ Kg/cm}^2$	Condiciones de ebullición
$T = 35^\circ\text{C}$	$P = 8.6264 \text{ Kg/cm}^2$	Condiciones de condensación

$$H_1 = 136.44 \text{ Kcal/kg.}$$

$$v_1 = 0.06635 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

$$H_2 = 141 \text{ Kcal/kg.}$$

$$H_3 = H_4 = 108.18 \text{ Kcal/Kg.}$$

Cálculos (32):

COMPRESOR F6A (#1)

COMPRESOR F8B (# 2)

$$q_o = H_1 - H_4 = 28.26 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$q_o = 28.26 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$q_v = q_o / v_1 = 424 \text{ Kcal/m}^3$$

$$q_o = 424.4 \text{ Kcal/m}^3$$

$$G = Q_o / q_o = 3 \ 358.8 \text{ Kg/h}$$

$$G = 9 \ 240 \text{ Kg/h}$$

$$V = G \cdot v_1 = 222.85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 613 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A\tau = H_2 - H_1 = 4.56 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$A\tau = 4.56 \text{ Kcal/Kg}$$

$$AT_1 = G \cdot A\tau = 15 \ 316 \text{ Kcal/h}$$

$$AT_2 = 42 \ 134.4 \text{ Kcal/h}$$

$$K_i = \frac{q_o}{A\tau} 860 = 5 \ 323.4 \text{ Kcal/Kwh}$$

$$K_i = 5 \ 323.4 \text{ Kcal/Kw h}$$

$$N_i = Q_o / k_i = 17.83 \text{ KW}$$

$$N_i = 49.05 \text{ KW}$$

$$E_c = T_o / T - T_o = 6.7$$

$$E_c = 6.7$$

$$E = q_o / A\tau = 6.197$$

$$E = 6.197$$

$$\mu = E / E_c = 0.923$$

$$\mu = 0.923$$

Calor cedido en el condensador:

$$Q = Q_o + AT_1 + AT_2$$

$$Q = 390 \ 350 \text{ Kcal/h}$$

SELECCION DE CONDENSADOR.

Condiciones:

$$Q_o = 390 \ 350 \text{ Kcal/h} = 129 \text{ TR} = 1550 \text{ MBH.}$$

$$T_c = 35^\circ\text{C.}$$

$$T_{bh} = 26^\circ\text{C.}$$

$$\text{HR} = 60\%$$

$$T_o = -5^\circ\text{C.}$$

Del catálogo YORK RECOLD [54] , se seleccionaron 2 condensadores evaporativos Modelo DFC 335; a continuación se mencionan sus características:

Capacidad = 890 MBH c/u.

No. de tubos = 31.

Material de tubos: cobre

No. de ventiladores = 3 de 25 in

Potencia de bomba = 1.5 Hp manejando 160 GPM.

Peso = 2 406 Kg.

Dimensiones:

Largo = 3.70 m.

Ancho = 1.71 m.

Altura = 2.69 m.

Entrada de gas caliente = 2 de 2 5/8 in.

Salida de líquido = 1 de 2 5/8 in.

Carga aprox. de R -12 = 50 kg.

SELECCION DEL RECIPIENTE DEL LIQUIDO.

De acuerdo con el tipo de condensador se seleccionaron 2 recipientes de líquido No. A5.

Dimensiones:

Diámetro = 1.83 m.

Largo = 0.41 m.

Altura = 0.46 m.

Volúmen = 0.224 m³

Diámetro de entrada = 3 in.

Diámetro de salida = 2 in.

Capacidad de trabajo de R - 12 = 214 Kg.

SELECCION DEL SEPARADOR DE ACEITE.

Del catálogo E.P.N [43] se seleccionaron 2 separadores de aceite para compresión de una etapa manejando R-12. El separador consta de una válvula flotadora para el retorno automático de aceite al carter del compresor.

Compresor	Tipo	TR	Diam. Tub. ent. -sal.	Diametro retor no al carter	Carga (lt)
1	80	21.5 - 38	3"	1/2"	15
2	125	76 - 148.8	5"	1/2"	97

SELECCION DE TUBERIAS.

DATOS:

$$Q_{o_c} = 94\ 921\ \text{Kcal/h} \quad (\text{Comp. 1})$$

$$Q_i = 261\ 120 \quad (\text{Comp. 2})$$

$$T_c = 35^\circ\text{C}$$

$$T_o = -5^\circ\text{C}.$$

Compresor 1

$$\text{Línea de succión} = 4\ \text{in} \quad P = 0.0015\ \text{Kg/cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Línea de descarga} = 2\ 1/2\ \text{in} \quad P = 0.0048\ \text{Kg/cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Línea de líquido} = 1\ 1/2\ \text{in} \quad P = 0.0015\ \text{Kg/cm}^2/\text{m}$$

Compresor 2

$$\text{Línea de succión} = 6\ \text{in} \quad P = 0.0007\ \text{kg/cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Línea de descarga} = 4\ \text{in} \quad P = 0.0020\ \text{kg/cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Línea de líquido} = 2\ 1/2\ \text{in} \quad P = 0.007\ \text{kg/cm}^2/\text{m}$$

El material de las tuberías es acero estandar.

Los diámetros de las tuberías accesorias se muestran en el Diagrama de Flujo del Sistema de Refrigeración, en la fig. # 15.

Espesor de aislante:

DATOS:

$$T_{in} = -5^\circ\text{C}$$

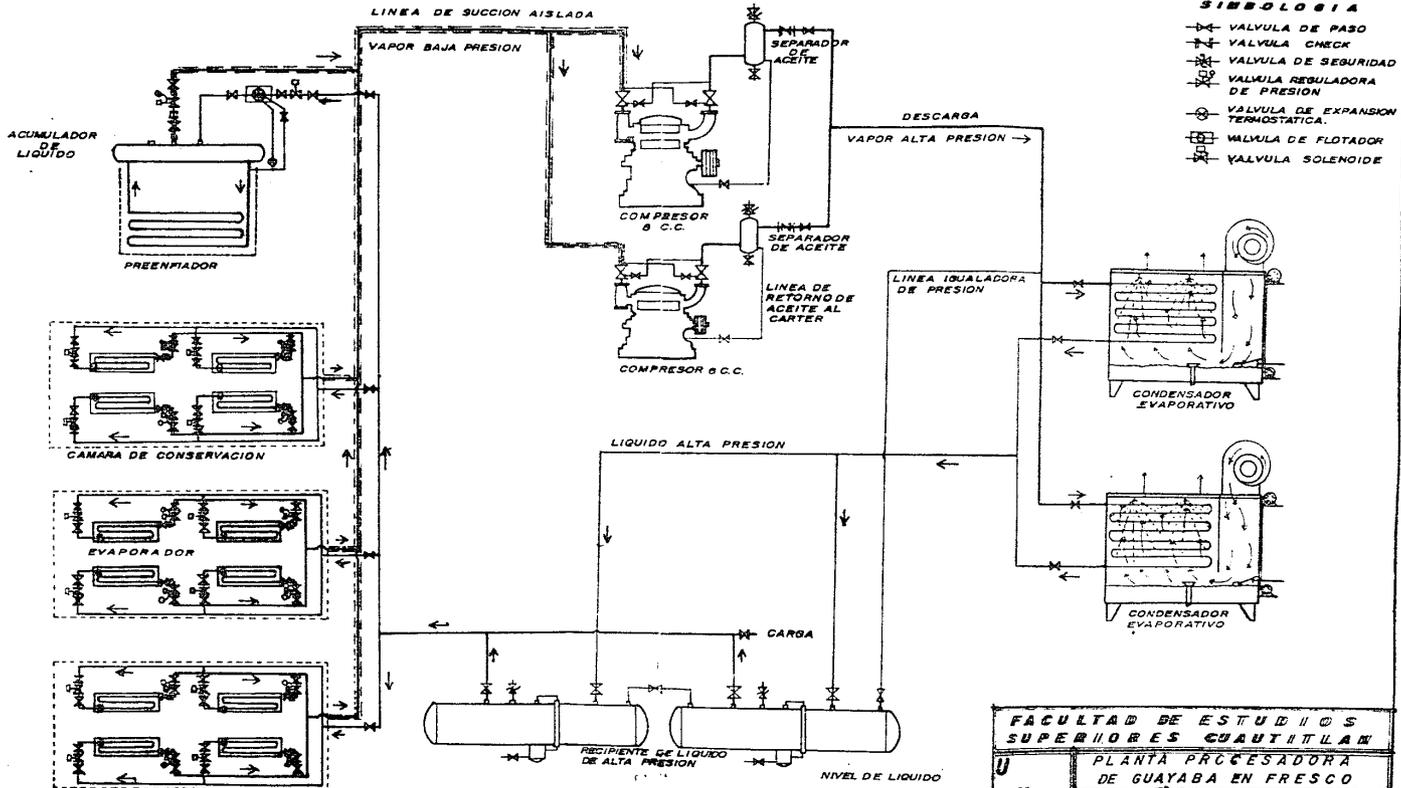
$$T_{ex} = 24.5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 29.5^\circ\text{C}$$

$$HR_{ex} = 60\%$$

$$k = 0.027\ \text{Kcal/h m}^\circ\text{C}$$

El espesor de la tubería de succión de los compresores será de -
50 mm; utilizando aislante de media caña de fibra de vidrio ó mineral.



- SIMBOLOGIA**
- VALVULA DE PASEO
 - VALVULA CHECK
 - VALVULA DE SEGURIDAD
 - VALVULA REGULADORA DE PRESION
 - VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA
 - VALVULA DE FLOTADOR
 - VALVULA SOLENOIDE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PLANTA PROCESADORA DE GUAYABA EN FRESCO

DIAGRAMA DE FLUJO DE INSTALACION FRIGORIFICA

U
N
A

Proyecto de J.L.A.R. aprobado OCT-1963

FIGURA # 15

CONCLUSIONES

- Con base en el estudio realizado de las operaciones de Encerado, Preenfriamiento y Refrigeración del fruto, se demostró la factibilidad de incrementar la vida útil de la guayaba en fresco por periodos de tiempo mayores a los reportados en la bibliografía. (23,36,40)
 - Las características físicas, químicas y sensoriales manejadas de conservar notablemente la calidad comercial de la misma.
 - Las condiciones tecnológicas más adecuadas para la conservación de la guayaba fueron, la aplicación del recubrimiento Cera Deco 4 el hidrogenofriamiento a 4°C y el almacenamiento del fruto a una temperatura de 9°C.
 - Recomendamos llevar a cabo la aplicación de éstos tratamientos, en el fruto que comprenda los estados de madurez II verde inmaduro y III ligeramente maduro.
 - El análisis de las características sensoriales demostró la aceptación de los consumidores hacia el producto tratado.
 - El estudio de Transferencia de Calor en guayaba (Preenfriamiento), proporcionó la base para la aplicación adecuada del frío en la conservación del fruto permitiendo diseñar el equipo de preenfriamiento; así como, la posibilidad de modificar las condiciones para el diseño del mismo.
 - Dadas las características de producción del fruto en el Edo. de Aguas calientes y a la tecnología desarrollada en éste estudio, es factible la construcción de una planta conservadora de guayaba en fresco, con lo que se lograrán mayores beneficios para los productores de la región.
 - Existe una demanda insatisfecha a nivel nacional de fruto fresco, debido a la limitada vida de anaquel del mismo, por lo que el proceso de conservación planteado en este estudio contribuirá a disminuir esta demanda, permitiendo manejar el fruto en transporte refrigerado.
- Al incrementar la vida útil con la aplicación de los tratamientos propuestos, existe la posibilidad de abarcar mercados internacionales.
- Consideramos que éstos tratamientos pueden aplicarse a otros frutos de características similares, dados los resultados obtenidos. Teniendo en

cuenta, que esta investigación puede y debe ser mejorada en diferentes aspectos y dada la experiencia vivida, se señalan a continuación algunos puntos que deben tomarse en cuenta para lograr, resultados -- aún más satisfactorios.

- Considerar el estado de madurez del fruto, para la aplicación de los tratamientos.
- Contar con un espacio adecuado para las evaluaciones sensoriales, con el fin de evitar interrupciones e incomodidades para los panelistas.
- Contar con panelistas capacitados.
- Tener un mejor control en la aplicación del encerado del fruto.
- Buscar que la temperatura de 9°C, se determine en un punto tal, que se evite en lo posible que la temperatura del medio de enfriamiento iguale a la temperatura de la superficie del fruto.

Finalmente consideramos que nuestro trabajo plantea nuevas interrogantes tanto teóricas como prácticas que habrán de resolverse con investigaciones posteriores.

NOMENCLATURA

α	difusividad térmica.	$(L^2 \theta^{-1})$
θ	unidad de tiempo.	(θ)
A	área de transferencia.	(L^2)
a	peso original del fruto.	(M)
b	peso a diferentes tiempos del fruto.	(M)
Bi	número de Biot.	adim.
*Bx	grados Brix (sólidos solubles).	%
cp	capacidad calorífica.	$(EM^{-1}T^{-1})$
D	dimensión característica del sistema.	(L)
E	unidad de energía.	(E)
Fo	número de Fourier.	adim.
HR	humedad relativa.	%
h	coeficiente convectivo de transmisión de calor.	$(E \theta^{-1}L^{-2}T^{-1})$
k	conductividad térmica.	$(E \theta^{-1}L^{-2}T^{-1}L)$
L	unidad de longitud.	(L)
M	unidad de masa.	(M)
m	número entero.	adim.
n	posición relativa.	adim.
Q	total de calor extraído.	$(E \theta^{-1})$
r	radio de la esfera.	(L)
T	unidad de temperatura.	(T)
Tc	temperatura del fruto en enfriamiento.	(T)
T _f	temperatura del fluido.	(T)
T _{sg}	temperatura en la superficie del fruto.	(T)
T _s	temperatura promedio del medio enfriamiento.	(T)
T _{c1}	temperatura de conservación 1.	(T)
T _{c2}	temperatura de conservación 2.	(T)
T _{cr}	tiempo de conservación.	(θ)
T ₁	temperatura inicial de la guayaba.	(T)

T_2	temperatura final de la guayaba.	(T)
t_1	temperatura inicial del sistema.	(T)
t_2	temperatura final del sistema.	(T)
U	coeficiente global de transferencia de calor.	(E $\theta^{-1}L^{-2}$)
x_1	radio de la guayaba.	(L)
x	distancia establecida en el radio de la guayaba.	(L)
x_a	espesor del aislamiento.	(L)
Y	relación de temperaturas.	adim.
ΔT	diferencia de temperatura entre el fruto en enfriamiento y el medio.	(T)
ΔT_o	diferencia de temperatura entre la del medio y la inicial del fruto.	(T)
ΔT_a	diferencia de temperatura entre el <u>exte</u> rior y el medio de enfriamiento.	(T)
ΔT_{ml}	diferencia media logaritmica de <u>tempera</u> tura.	(T)

B I B L I O G R A F I A

- 1) Agnihotri, B.N. et al. Storage behaviour of guava variety allahabad safeda (Psidium guajava L.) treated with fungicidal wax-emulsión. Food industries Journal, V.S. No. 8, 1972, -- págs. 13-16. Citado por Ma. E. Ceballos Ferríz, La guaya ba algunos aspectos bioquímicos durante su cultivo y pre servación, Tesis, U.N.A.M. 1978. pág. 57.
- 2) Alarcon, C. J. Tratado práctico de refrigeración automática. Barcelo na España. Ed. Marcombo, 1984.
- 3) Alvarez, C.A. Almacenes Frigoríficos: Consideraciones Generales de - Construcción, Tesis, FESC, U.N.A.M. 1985.
- 4) Bennett, A.H. Thermal characteristics of peaches as related to hydro-cooling. Technical Bulletin, Oct. No. 1292. 1963.
- 5) Biale, J.B., Barcus., D.E. Respiratory patterns in tropical fruits of- the amason basin. Tropical Science, V.12, No. 2 Citado por- Ma. E. Ceballos Ferríz, Tesis, U.N.A.M., 1978 pág. 16.
- 6) Bird and Stawart. Fenómenos de transporte Ed. Reverte, 1977.
- 7) Braverman, J.B.S. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Barcelona España, Ed. Omega 1980.
- 8) Brennan, Butters. Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos. Zaragoza España. Ed. Acribia, 1980.
- 9) Burg, P. Fruit storage at subatmospheric pressures. Science, V. 15, - July, 1966. Citado por Ma. E. Ceballos Ferríz, Tesis, - -- U.N.A.M. 1978 página 63.
- 10) Cañizares, L.Z. La guayaba y otras frutas myrtáceas. Instituto del - libro. La Habana Cuba, Ed. Revolucionaria, 1968.
- 11) Ceballos F. Ma. E. La guayaba: algunos aspectos bioquímicos y micro - biológicos, durante su cultivo y preservación, Tesis, -- U.N.A.M. 1978.
- 12) CONAFRUT, Fruticultura Mexicana. Subdirección de Desarrollo Comercial- S.A.R.H., 1976.

- 13) Dossat, R.J. Principios de refrigeración. México, Ed. Continental, - 1970.
- 14) Giuseppe, S. Los derivados de los cítricos. México, Ed. Bravo, - - 1978.
- 15) Gorini, F.L. La conservación de productos frutícolas. Italia, Ed. - Manuale Reda, 1979.
- 16) Gorini, F.L. e Borinelli, G. Indagini sui metodi di prerrefrigerazio- ni e sui trasporti refrigerati delle pesche. IL Freddo .V. 24, No. 5, 11-15, 1970.
- 17) Gurney y Lurie J. Charts for estimating temperature distribution in- - heating or cooling solid shapes. Ind. Eng. Chem V.15, No. 11, 1923. Citado por C.J. Geankoplis. Procesos de transpor- te y operaciones unitarias. México, Ed. Continental, pág. 275, 1982.
- 18) Hurley, D.P. et. al. Técnicas estadísticas para diseño de experimentos I y II . FESC. U.N.A.M, 1983.
- 19) Irwein Miller et al. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Mé- xico, Ed. Reverte, 1973.
- 20) Kato, S. Effect of precooling on the shelf life of Japanese white - peach. B.I.I.F. No. 5, 12707, pág. 1432, 1963.
- 21) Kern, O.D. Procesos de transferencia de calor. México, Ed. CECOSA, 1977.
- 22) Lorenz, A.J. y Arnold, L.J. Ind. Eng. Chem., Ed. Anal.10, 667, 1938.
- 23) Lutz y Handenberg. The comercial storage of fruits and vegetables - and florist and nursery stocks. Agriculture Handbook, No. 66, USDA, 1978.
- 24) Melville, F. Precooling of fruit fifth Australian fruit and vegetable storage. Research Conference, Hobart, Tasmania, August, - 1968.
- 25) Miller, C.D. et. al. Vitamin values of Hawaiian grown fruits and ve- getables. Hawaii Agr. Exp. Sta. Progress. Notas 36, revi- sed, 1944.

- 26) Muñoz, J.A. Aspectos biológicos y técnicos de la conservación por el frío de frutas y hortalizas. Simposio presentado en la -- Convención del Instituto Internacional del frío. México,- D.F., agosto, 1981.
- 27) Mustard, M. Ascorbic acid content of some Florida grown guavas. Florida Agricultura Experimental Station Bull. 414, 14, 1945.
- 28) Perry, H.A. y Chilton, C.H. Manual del ingeniero Químico. México, Mc. Graw-Hill, 1982.
- 29) Ponting, J.D. Ind. Eng. Chem., Ed. Anal. 15, 389, 1943.
- 30) Rapín, P.J. Instalaciones Frigoríficas. Tomo I y II, Barcelona España. Ed. Marcombo, 1979.
- 31) Rodríguez, L. Ma. C.M. Selección de Tipos criollos de guayaba (*Psidium guajava* Linn). Tesis, U.A.P. ESQ. Puebla Pue. 1982.
- 32) Ruiz, G. L. Obtención y conservación de pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L) proveniente de variedades criollas. Tesis, U.N.A.M. 1983.
- 33) Saucedo, V. Preenfriamiento de frutas y hortalizas. UACH, México, 1981.
- 34) Sepulveda, L.R. Problemas de producción de frío. FESC-U.N.A.M. 1980.
- 35) Shambat, J. Investigación preliminar para el mejoramiento de la calidad de guayaba en el Sudán. Sudan Journal of Food Science and Technology. V. 9, No. 11-14, Food Res. Cent., Sudan.- 1977.
- 36) Singh, K. et. al. Cold storage of guavas. Indian Journal of Horticulture, V. II, No. 1, 1954.
- 37) Soastray, M. A. Tratamiento postcosecha con cera, fungicida y sardar - i. en guayaba. Harigana Agricultura University of Research India, 1978.
- 38) Vives, E.J. Instalaciones frigoríficas. Méx. Ed. Reverte, 1950.
- 39) Webber, H.J. The vitamin C content of guava. Proc. Am. Soc. Hort.Sci. 45, 87-94, 1944. Citado por L. Ruiz Galicia. Tesis, U.N.A.M., 1983, pág. 13.

- 40) Wilson, CH. W. Guava. En Tressler. The frezing preservation of foods. V.3., Chapt.6. AVI Pub. Co. Inc. Wesport, Conn., 1957.
- 41) Williamson, E.D. y Adams. Psycal Review. V. 14, No. 2, Pág. 99-114, - 1919.

EDICIONES ESPECIALES:

- 42) AVAMEZ, Catálogos, 1984.
- 43) EPN, S.A. Compresores de refrigeración, Catálogos, 1984.
- 44) GILVERT COPELAND. Manual de refrigeración, Parte III, Catálogos, 1922.
- 45) LARRO INDUSTRIAL S.A. Sistemas de almacenaje, Catálogo, 1984.
- 46) ALLIS CHALMERS, Montacargas Electónicos, Catálogos, 1983.
- 47) MAPASA, Catálogos 1984.
- 48) MYCOM, Compresores, Catálogos, 1982.
- 49) PENNWALT-DECCO, Tecnología Agrícola, Catálogos, 1984.
- 50) POLINGENIEROS, Catálogos, 1984.
- 51) S.A.R.H. Boletín Anual del Servicio Meteorológico Mac, 1977.
- 52) SeCoFI-DGN-SNA, Cuadro de envases recomendados para frutas y hortalizas, Folleto, Méx., 1984.
- 53) T.F.E. Transportes Frigoríficos Europeos, Catálogos, 1984.
- 54) YORK-RECOLD, Componentes para sistemas de refrigeración, Catálogos, 1981.