



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**Estudio de la Evolución Atmosférica durante  
la Respiración del Jitomate para la Selección  
de una Película Plástica que alargue su vida  
de Almacenamiento.**

**T E S I S**

Que para Obtener el Título de :

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

P r e s e n t a :

**Adrián Avila Franco**



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 esta 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

### RESUMEN

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| I.-   | Introducción  | 1   |
| II.-  | Generalidades   |     |
|       | A.- El fenómeno de maduración   | 11  |
|       | B.- Cambios generales durante la maduración del jitomate                    | 15  |
|       | C.- Alteraciones debidas a daños microbianos durante el manejo del jitomate | 18  |
|       | D.- Métodos de control de maduración  | 19  |
| III.- | Objetivos   |     |
|       | - objetivo general  | 44  |
|       | - objetivos particulares  | 44  |
| IV.-  | Parte Experimental  |     |
|       | ETAPA I Caracterización de la materia prima                                 |     |
|       | - Diagrama general de trabajo   | 45  |
|       | - Resultados y Discusión  | 62  |
|       | ETAPA II Estudio en las Cámaras de Respiración.                             |     |
|       | - Métodos y Equipo  | 75  |
|       | - Resultados y Discusión  | 81  |
|       | Selección de Películas Plásticas  | 94  |
|       | ETAPA III Estudio en la película (empaquetada)                              |     |
|       | - Métodos y Equipo  | 117 |
|       | - Resultados y Discusión  | 119 |
| V.-   | Conclusiones y Recomendaciones  | 123 |

|                |     |
|----------------|-----|
| VI.- Apéndices | 130 |
| Bibliografía   | 143 |

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de desarrollar una metodología experimental que permitiera seleccionar una película plástica con características tales que funcionara como un empaque para frutas y hortalizas frescas, de tal forma que tuvieran condiciones de atmósfera controlada, a -- temperatura ambiente, para retardar el proceso de maduración.

Se toma como producto a trabajar el jitomate por ser éste uno de los principales productos horticolas más consumidos en nuestro país y además por presentar cambios químicos y físicos que permiten evaluar su proceso de maduración y así poder establecer parámetros que nos indicaran el estado de madurez del fruto y los efectos de la películas.

La metodología seguida seguida en esta experimentación fué:

Se caracterizó el proceso normal de maduración del jitomate.

Se estudió la modificación de la atmósfera de almacenamiento del jitomate provocada por la actividad metabólica -- del mismo en cámaras herméticas, para encontrar una atmósfera que sin causar daños, retardara la maduración.

Se seleccionó la película que, con la actividad metabólica del jitomate, nos creara la atmósfera deseada, haciendo uso de ayudas como orificios y adsorbentes de humedad.

Se probó experimentalmente la película seleccionada, -- evaluando las ventajas presentadas.

La película seleccionada permitió conseguir la atmósfera buscada, alargando notablemente la vida de almacenamiento del jitomate, sin causar daños y mejorando características como color y textura.

## I INTRODUCCION

El tomate rojo (Lycopersicum esculentum) es originario de América tropical, siendo su clasificación botánica la siguiente:

Clase: Angiospermas  
 Subclase: Dicotiledóneas  
 Orden: Tubifloras  
 Familia: Solanáceas  
 Género: Lycopersicum  
 Especie: Esculentum

En México es conocido como jitomate', por lo que en lo sucesivo al referirme al tomate rojo lo haré como "jitomate".

Se ha clasificado al jitomate dentro de los 16 principales cultivos hortofrutícolas de mayor concentración de nutrientes, específicamente en vitaminas y minerales de primera importancia en la dieta (M.A. Stevens, 1978) ilustrado en el cuadro # 1a.

Cuadro # 1 Clasificación del jitomate (a) concentración de nutrientes, (b) consumo nacional.

| (a) concentración de nutrientes |               | (b) consumo nacional |               |
|---------------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Cultivo                         | Clasificación | Cultivo              | Clasificación |
| Brócoli                         | 1             | Naranja              | 1             |
| Zanahoria                       | 10            | Plátano              | 2             |
| Papa                            | 14            | Jitomate             | 3             |
| Col                             | 15            | Papa                 | 4             |
| Jitomate                        | 16            | Piña                 | 6             |
| Plátano                         | 18            | Limón                | 7             |
| Naranja                         | 33            |                      |               |

Fuente: D.G.E.A. 1980

En México toma un papel muy importante en la dieta y en los últimos años ha adquirido uno de los primeros lugares en la producción de cultivos básicos nacionales, como se puede observar según las estadísticas de la Dirección General de Economía Agrícola (cuadro # 1b). De acuerdo a los análisis presentados en el Simposium "La Alimentación del Futuro" (México, 1982), el jitomate tiene gran proyección como consumo básico en la dieta del mexicano que se estima sea el alimento número uno para el año 2000.

A nivel mundial se clasifica al jitomate como principal producto en el comercio exterior, comercializándose en fresco o procesado como puré, jugo y conserva. Los principales países exportadores son E.E.U.U., Italia y España (I.M.C.E., 1976).

México cuenta con grandes extensiones productoras de jitomate destacándose las regiones localizadas en la zona central y norte del país. En el cuadro número 2 se muestran los principales estados que comprenden éstas zonas.

El cultivo del jitomate representa el 4.66% del total de áreas destinadas a frutas y hortalizas que a su vez comprenden el 21% del total de hectáreas cultivadas en el país.

Un enfoque global sobre producción de jitomate a nivel mundial nos indica la posible penetración del mercado exterior con nuestro producto, que hasta ahora sólo se participa con el 4% de la producción mundial.

Cuadro # 2 Principales estados productores de jitomate en México. (1979)

| Estado             | Producción (ton) | Rendimiento (kg/ha) |
|--------------------|------------------|---------------------|
| Sinaloa            | 688 926          | 15 990              |
| Morelos            | 119 062          | 20 000              |
| Guanajuato         | 113 002          | 23 725              |
| Baja California N. | 99 830           | 35 476              |
| San Luis Potosí    | 65 730           | 15 000              |
| Sonora             | 43 015           | 17 548              |
| Michoacán          | 32 022           | 14 435              |
| Jalisco            | 28 418           | 24 850              |
| Hidalgo            | 25 458           | 15 559              |
| Durango            | 23 680           | 20 002              |
| Puebla             | 20 447           | 7 985               |

Fuente: D.G.E.A. 1980

México cuenta con una disposición de jitomate durante todo el año debido a que se cultivan diferentes variedades que dependen del estado y la región y del ciclo agrícola. En el siguiente cuadro se muestran las variedades y el ciclo agrícola en el que se cultiva. (cuadro #3).



Cuadro # 3 Variedades de jitomate cultivadas en los ciclos agrícolas anuales (1980-1981).

| Otoño - Invierno 1980-1981 | Primavera - Verano 1980 |
|----------------------------|-------------------------|
| Ace                        | Ace                     |
| Roma                       | Roma                    |
| San Marzano                | San Marzano             |
| Early Pack                 | Early Pack              |
| Pearson                    | Pearson                 |
| Pack More                  | Pack More               |
| Tropic                     | Tropic                  |
| Homestead                  | Homestead               |
| Walter                     | Walter                  |
| Florida                    | Florida                 |
| Floradel                   | Floradel                |
| Culiacán 360               | Culiacán 360            |
|                            | Manapal                 |
|                            | VFN                     |
|                            | Romita                  |
|                            | Rutger's                |
|                            | Criollo                 |
|                            | Comala                  |
|                            | Cuaco                   |

Fuente: Dirección General de Agricultura 1981.

Pese a que se cuenta con una gran producción de jitomate, aún existe el problema de la intermediación en su proceso comercial y sus correspondientes fluctuaciones en el mercado nacional.

Aunque la intermediación sea necesaria, se llega a niveles críticos sobre todo en épocas de cosecha y escasez. Por lo que el precio del producto varía tanto que no se puede estimar un precio fijo en el mercado.

En la figura # 1, se muestra un análisis de fluctuación de precios durante el año de 1981 y a su vez se presentan el número de variedades de acuerdo a los ciclos agrícolas anuales, con el propósito de hacer hincapié en el proceso de oferta y demanda al que se ve sujeto el jitomate.

De acuerdo a éste breve análisis se puede demostrar que en épocas en las que existe mayor producción, el precio del jitomate disminuye. Realmente no es solo el precio lo que varía sino las pérdidas por falta de sistemas de almacenamiento y transporte adecuado, principalmente.

Debido a la saturación de almacenes y medios de transporte el jitomate sufre daños mecánicos y microbiológicos característicos del cultivo.

Un sistema de conservación, adecuado y económico, que retarde la maduración, disminuya las pérdidas por daños y aumente la vida de almacenamiento, permitirá mantener el precio más estable, con lo que se perjudicaría menos al productor y al consumidor, controlando así las fluctuaciones.

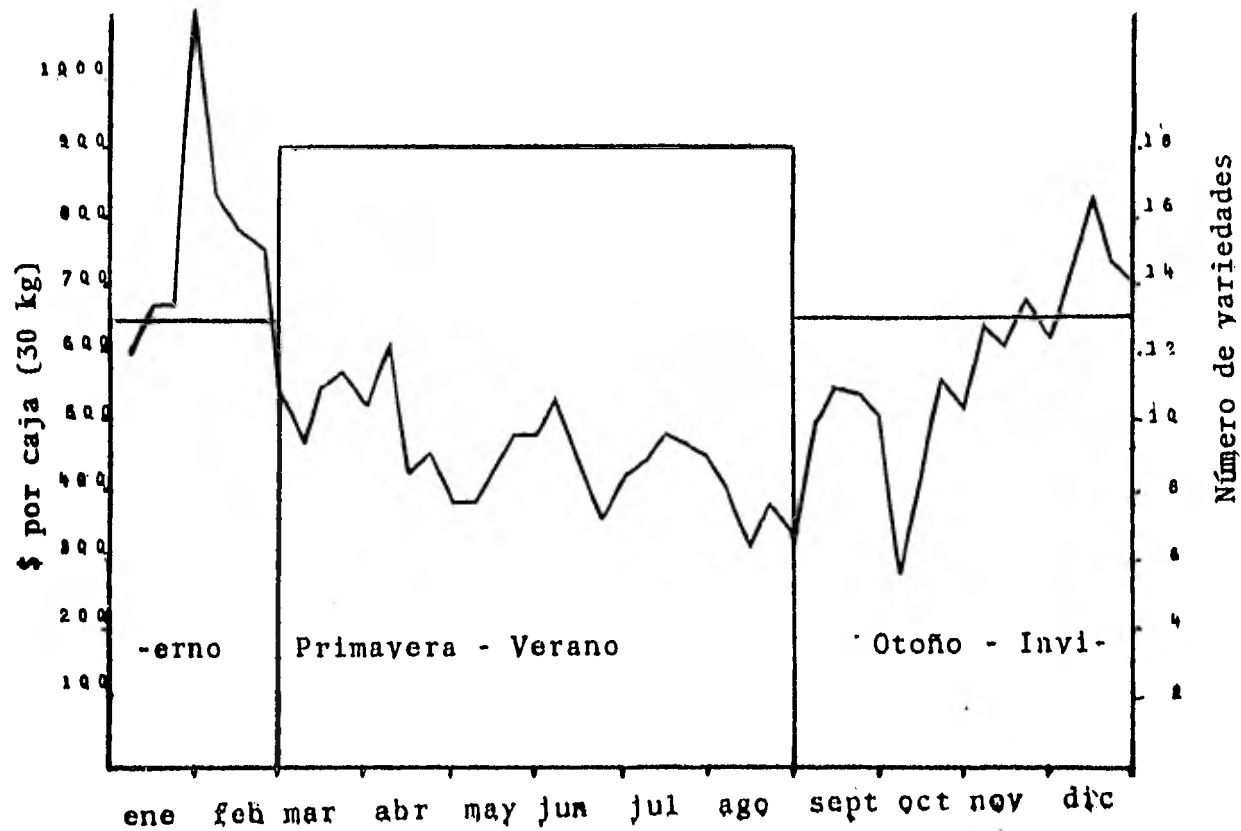


figura # 1 Fluctuación de precios del jitomate y variedades cultivadas durante los dos ciclos agrícolas en año de 1981.

## II GENERALIDADES

### A.- EL FENOMENO DE MADURACION

Todos los frutos llevan a cabo un proceso de maduración en el cual se realizan una serie de cambios químicos y físicos que se manifiestan en cambios de color, textura y sabor principalmente. Por lo que es necesario que se cosechen en un estado de madurez apropiado.

Existen dos tipos de madurez; fisiológica y comercial.

- a) Madurez fisiológica: Es el punto en el cual el fruto alcanza su máximo peso y tamaño, sin poder ser consumido.
- b) Madurez comercial: Queda definida como el punto en el cual el fruto llega a su máxima calidad para ser consumido.

### Maduración y Respiración

El proceso de maduración está muy relacionado con el fenómeno de respiración del fruto, y de acuerdo a su patrón de respiración los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos, ilustrados en el cuadro #4.

Un fruto climatérico es aquel que después de haber sido cosechado presenta un aumento en su velocidad de respiración hasta llegar a un máximo y su correspondiente disminución.

Un fruto no climatérico es aquel en el que después de haber sido cosechado no presenta cambios significativos en su velocidad de respiración (casi es constante), generalmente maduran en el árbol.

Cuadro # 4 Clasificación de los frutos según su velocidad de respiración.

| Climatéricos | No Climatéricos |
|--------------|-----------------|
| Aguacate     | Fresa           |
| Manzana      | Cereza          |
| Chabacano    | Pepino          |
| Plátano      | Uva             |
| Mango        | Guayaba         |
| Papaya       | Olivo           |
| Durazno      | Piña            |
| Pera         | Cítricos        |
| Ciruela      | Chile           |
| Chicozapote  | Zanahoria       |
| Tomate       |                 |
| Mamey        |                 |

Se tienen varias etapas en la velocidad de respiración que van ligadas al climaterio, entendiéndose como climaterio el punto en el cual el fruto presenta su máxima velocidad de respiración. En la figura # 1 se presentan las diferentes etapas de la respiración en todos los frutos.

El proceso de maduración y patrón de respiración por lo general están bastante relacionados de manera que una disminución en la velocidad de respiración o modificación en el patrón de respiración se manifiestan en la disminución ó modificación de la maduración completa o de algún cambio relacionado con ésta, siendo más notorio en los fru-

tos climatéricos.

La maduración y los cambios que la acompañan se ven afegtadas por las condiciones ambientales en las que el proceso - se lleva al cabo.

Los factores más importantes que regulan la respiración y por lo tanto tienen efecto en la velocidad de respiración y cambios durante la maduración, son:

- Temperatura
- Concentración de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$
- Concentración de etileno

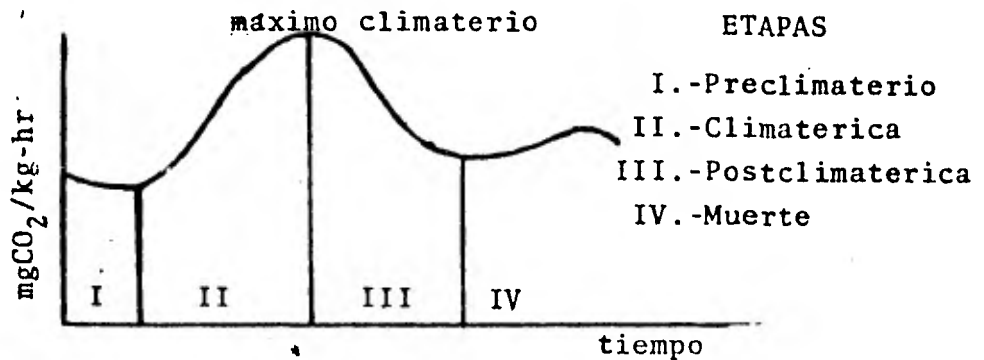


figura # 2 Fenómeno de respiración en todos los frutos.

## Coefficiente Respiratorio

La respiración es la función fisiológica en la que la célula oxida sustancias y su correspondiente liberación de energía, que es utilizada para efectuar los diversos procesos metabólicos.

El coeficiente respiratorio es la relación entre la cantidad de bióxido de carbono producido y la cantidad de oxígeno consumido durante el proceso respiratorio ( $CR = CO_2/O_2$ ). Es útil para deducir la naturaleza del sustrato usado durante la respiración, lo completo de la reacción respiratoria y discriminar si el proceso es aeróbico o anaeróbico.

Debido a la complejidad que esto implica se ha tomado el coeficiente respiratorio como un valor promedio que depende de la contribución a la respiración, hecha por cada sustrato.

Se tienen entonces tres índices para evaluar el sustrato del que se trata.

- |                   |  |
|-------------------|--|
| I) Si el $CR=1$   | Se están metabolizando azúcares.   |
| II) Si el $CR>1$  | Indica que se tiene un sustrato oxidado, se emplean ácidos orgánicos.                                |
| III) Si el $CR<1$ | a) La oxidación no es completa, se detiene a nivel de ácido succínico u otros productos intermedios. |
|                   | b) Que el sustrato tiene una proporción de oxígeno a carbono menor que la de la hexosa.              |
|                   | c) Que el $CO_2$ formado se utilice en otros procesos de síntesis.                                   |

En la figura # 2 se esquematizan las principales rutas.

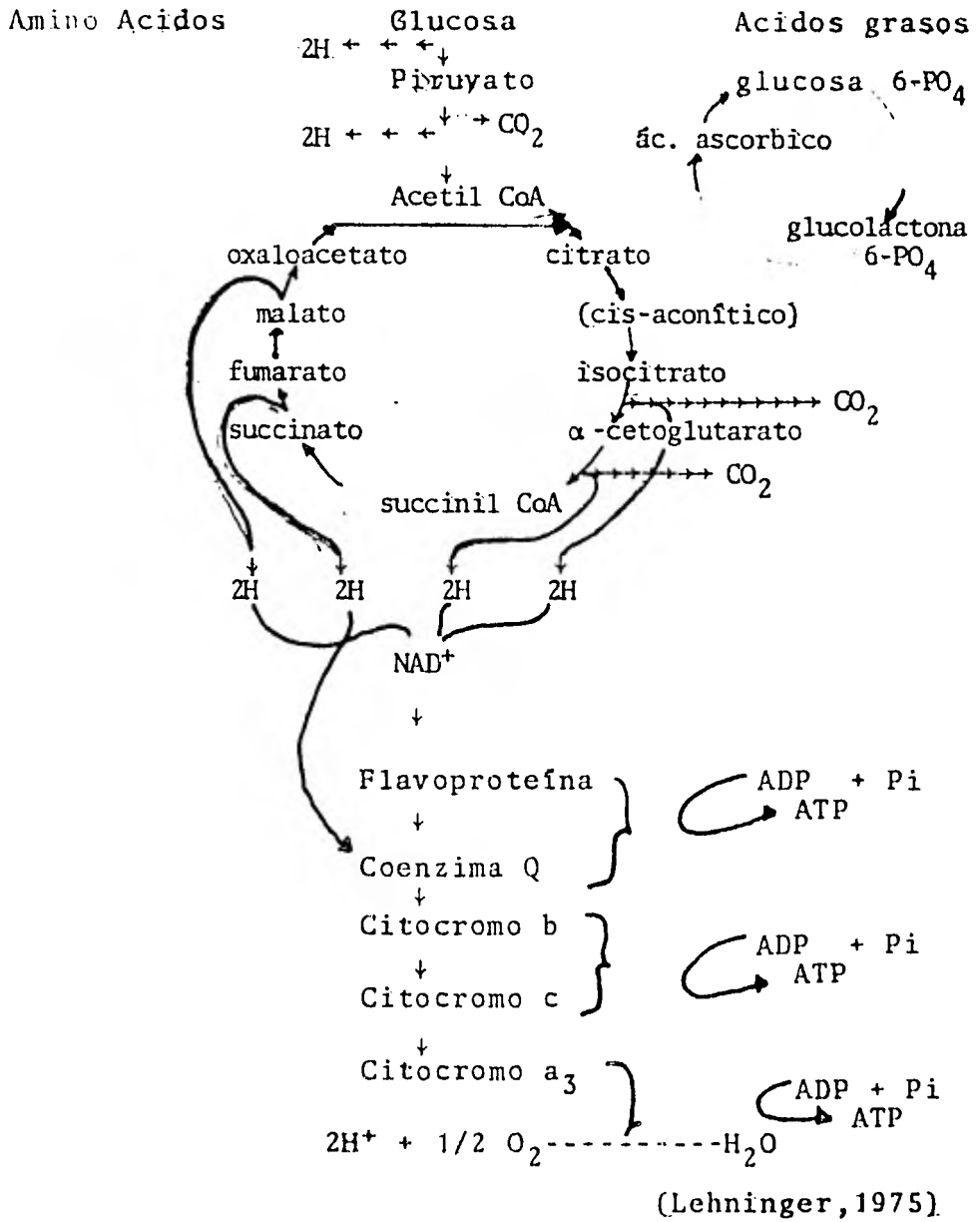


Figura # 3 Rutas metabólicas involucradas en la respiración.



El coeficiente respiratorio se ve afectado también por la condiciones ambientales. A altas temperaturas el CR puede aumentar, en condiciones de exceso de bióxido de carbono o concentraciones bajas de oxígeno el CR se eleva, originando una reacción anaeróbica.

Cuando se tiene una humedad relativa alta CR tiende a aumentar.

El conocer el coeficiente respiratorio es sumamente importante en procesos de almacenamiento para retardar o acelerar la maduración, pues su variación puede ser índice de daños.

#### Etileno ; su función y/o relación con la maduración.

El etileno se considera en la actualidad como una hormona de la maduración. Aunque el etileno induce a la maduración no es sino hasta que se alcancen concentraciones específicas en los espacios intercelulares cuando el proceso ocurre.

No existe relación directa entre la velocidad de respiración y la cantidad de etileno, Kader (1978) proporciona datos que indican que la producción de etileno aumenta después del estado de sazón. Hasta la fecha no se tienen pruebas para demostrar que el etileno por sí solo forme parte de algunas --- reacciones bioquímicas conocidas, por ejemplo el de actuar como coenzima, como desenlazador o como cofactor.

De los estudios realizados sobre el etileno y su función en la maduración se puede resumir los siguiente:

- a) Actúa activando el ácido indolacético FFA, el cual

degrada las auxinas.

b) Afecta la permeabilidad de las membranas mitocondriales, facilitando el incremento en el movimiento de ATP por lo tanto iniciando el climaterio y otras reacciones de síntesis.

c) Induce a la actividad de enzimas presentes dentro de los organelos celulares.

La interacción del etileno con otros gases tales como  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  es también importante, encontrándose que a concentraciones bajas de oxígeno o altas de bióxido de carbono inhiben la producción de etileno.

### Hormonas vegetales y su papel en la maduración

El proceso de maduración y senescencia así como toda la vida del vegetal están regulados por las hormonas, compuestos sintetizados por el mismo vegetal.

Las hormonas son compuestos químicos producidos por los mismos vegetales, que regulan el metabolismo, actuando en muy pequeñas concentraciones para activar o inhibir dicho proceso.

Las hormonas que activan la maduración son:

- Etileno
- Ac. abscísico

Las hormonas que inhiben o retardan la maduración son:

- Auxinas
- Giberelinas
- Citoquininas

**Auxinas:** A bajas concentraciones produce una aceleración en la respiración, lo que trae como consecuencia un in

tenso metabolismo.

Otro efecto, también importante, es el aumento de la presión osmótica y aumento de la resistencia de la pared celular

Citoquininas: Son hormonas cuya acción típica es la de activar la división celular, retarda el envejecimiento ó senescencia de los órganos y los fenómenos a que ésta da lugar, como el amarillamiento o caída de las hojas.

Giberelinas: Se piensa que su acción reside en su influencia sobre el RNA, de tal forma que en su ausencia las reservas amiláceas no se hidrolizan..

Ac. Abscísico: Inhibe la acción del ácido giberélico, promueve la abscisión y senescencia por medio de la síntesis de oxidasas, afecta la permeabilidad de las membranas celulares, aumenta RNAasa y fosfatasa ácida.

B. CAMBIO GENERAL DURANTE LA MADURACION DEL  
JITOMATE

Cambios de color

De acuerdo al estado fisiológico del jitomate se ha logrado una tipificación de la gama de colores que existe durante la maduración.

A medida que el contenido de clorofila (verde) desciende aumenta el licopeno (rojo) y  $\beta$  caroteno (anaranjado).

La figura # 4 indica éstos cambios gráficamente.

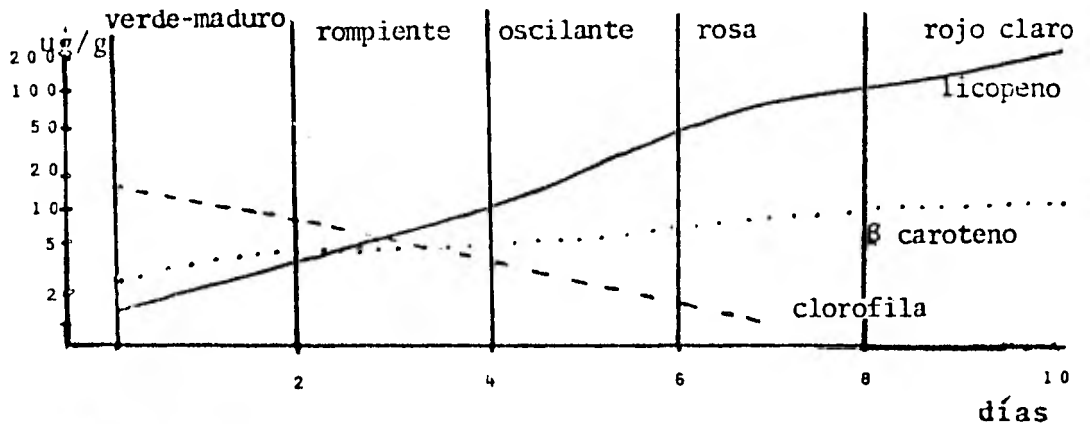


Figura # 4 Variación del color durante el proceso de maduración del jitomate.

### Azúcares

Los carbohidratos solubles de las variedades comerciales de jitomate son casi todos azúcares reductores (Harmer y --- Mayonor, 1942), los cuales constituyen el 65% del total de sólidos solubles (Winsor, 1966) de ahí que tengan una gran importancia en las pruebas de maduración de los frutos.

El contenido de azúcares incrementa progresivamente en el proceso de maduración, teniendo un pronunciado incremento con la aparición de la pigmentación amarilla.

### Acidos orgánicos

Durante la maduración del jitomate, de un estado verde-maduro a un estado rojo, inicialmente la acidez se incrementa rápidamente hasta un valor máximo coincidiendo en la mayoría de los casos, con la aparición del pigmento amarillo, seguido de un progresivo decremento (Winsor, 1966).

Se ha llegado a un acuerdo acerca de los ácidos que predominan en la maduración del jitomate, especificando que principalmente se encuentra el ác. cítrico seguido del ác. málico otros ácidos presentes pero en menor escala incluyen al ác. fórmico y al ác. acético (Carangel, 1954).

### pH

El pH está determinado por el total de ácidos. El pH se incrementa drásticamente después de la maduración del jitomate, debido a que se incrementa la relación de ácido cítrico/ácido málico.

## Textura

Durante la maduración ocurre un reblandecimiento del tejido del jitomate, debido principalmente a cambios en el tipo de pectinas localizadas en la pared celular.

Las pectinas insolubles se denominan genéricamente como protopectinas y están presentes en la fruta hasta el estado verde-maduro. La reacción de las enzimas pectinolíticas sobre las protopectinas dan como resultado un rompimiento hidrolítico de los grupos metoxilo seguido de un rompimiento entre las unidades que forman la cadena.

Debido a éstos cambios se cree que la maduración del jitomate y su correspondiente reblandecimiento están relacionados con el incremento de pectina soluble.

Entre otras cosas el cambio de textura es también atribuido al tamaño celular y a la pérdida de turgencia de las células.

Todos los cambios antes mencionados, que ocurren durante la maduración normal, pueden tomarse como índices para la evaluación de todo proceso de maduración y de los efectos de los tratamientos enfocados a retardar o acelerar dicho proceso.

C. ALTERACIONES DEBIDAS A DAÑOS MICROBIANOS DURANTE EL MANEJO DEL JITOMATE

Aunque existe un gran número de enfermedades que atacan a las plantas del jitomate a nivel de campo, son aún más las que atacan a los frutos. De ellas, las más importantes son: podredumbre por *Alternaria*, antracnosis, cáncer bacteriano, manchas bacterianas, podredumbre gris y tizón tardío.

En el almacenamiento los daños microbianos también participan activamente, por ejemplo se tiene que a temperaturas por debajo de 12°C. los frutos como el jitomate son más susceptibles al ataque por *Alternaria* durante la maduración (Lutz y Hardenburg, 1968).

Cuando se lleva al cabo la maduración a temperatura ambiente aumenta el índice de ataque microbiano.

La forma de combatir los daños se deben hacer previamente y durante el proceso de almacenamiento, no importando su destino.

Los microbicidas más utilizados para frutos en general son: ortofenilfenato, 2 amino butano, triabendazol (tect 60) y benlate, cuya característica principal es el de ser biodegradable después de cierto tiempo y dejar poco residuo,

Los tratamientos térmicos son especialmente recomendados para combatir el ataque de antracnosis, la desventaja es el de acelerar el proceso de maduración,

#### D. MÉTODOS DE CONTROL DE MADURACION

Los sistemas de conservación de frutas y hortalizas en fresco, son diseñados para retardar la maduración, disminuir las pérdidas y mejorar la calidad de los productos.

Todos aquellos factores que tengan influencia sobre: - la actividad hormonal y enzimática, la velocidad de respiración y que regulen el intercambio gaseoso, podrán tener efecto sobre el proceso de maduración.

Los métodos comunmente usados y que de diferente manera logran los efectos anteriores, son:

- Refrigeración
- Tratamientos químicos
- Atmósferas controladas
- Almacenamiento hipobárico
- Irradiación
- Recubrimientos superficiales
- Empaques

A continuación se discutirán brevemente cada uno de éstos métodos.

##### Almacenamiento refrigerado

Su principio básico es el de disminuir la temperatura hasta un rango de 2 a 18°C. Con la refrigeración se logran condiciones tales como: el retardo de reacciones químicas y biológicas, se retarda el desarrollo de microorganismos que afectan al producto almacenado. Cada especie tiene una tem-



peratura límite, por debajo de la cual se crean daños irreparables.

Cuando se trabaja en óptimas condiciones se obtienen ventajas como:

- a) Evitar la germinación ( raíces, bulbos, tubérculos).
- b) Detener el crecimiento (zanahoria, betabel, espárrago).
- c) Evitar el endurecimiento de la epidermis (frutos ).
- d) Inhibir la síntesis de clorofila y solanina (papa).
- e) Retardar la actividad metabólica.
- f) Retardar el crecimiento microbiano.

Las frutas y hortalizas por ser productos altamente perecederos, presentan un comportamiento variable durante su almacenamiento en refrigeración, de tal forma que los factores que repercuten en las condiciones y tiempos de conservación son:

- variedad
- grado de madurez
- forma y época de realizar la recolección
- tiempo transcurrido desde la cosecha hasta el almacenamiento
- manipulación

Para el sistema de almacenamiento en frío existen varios parámetros que se deben vigilar para lograr un buen resultado en la conservación de los productos.

- 1.- Temperatura, debe ser homogénea y constante.
- 2.- Humedad relativa , homogénea.
- 3.- Circulación y renovación de aire.
- 4.- Densidad y estiba adecuada.
- 5.- Pretratamientos para evitar daños microbianos.

6.- Empaque adecuado a la variedad y condiciones de almacenamiento.

### Atmósferas Controladas

El término atmósferas controladas se refiere generalmente al almacenamiento en el cual la composición gaseosa en el almacén ha sido alterada, con respecto a la del aire, en otras palabras se modifican las proporciones de oxígeno y/o bióxido de carbono, y esas proporciones serán controladas durante el período de almacenamiento.

El uso de atmósferas controladas se ve justificado --- siempre y cuando la modificación y control de ésta atmósfera alrededor del producto cree condiciones más favorables - a las que presenta el medio ambiente. Este uso implica el - establecimiento de una mezcla gaseosa.

Se ha llegado a establecer tres tipos de mezclas que -- hasta el momento han proporcionado condiciones benéficas en la conservación de frutas y hortalizas en fresco, las cua--- lesse presentan en el cuadro # 5. La proporción gaseosa que se puede controlar en un almacén tiene como base la concen-- tración de oxígeno necesario para poder realizar una respira-- ción aeróbica y evitar procesos fermentativos, como lo podemos ver en la figura # 5.

La determinación del tipo de atmósfera se debe hacer - en función a la tolerancia relativa crítica de los productos hortofrutícolas, a la reducción de oxígeno o el aumento de - bióxido de carbono sin tener alteraciones que dañen al pro-- ducto durante el almacenamiento.

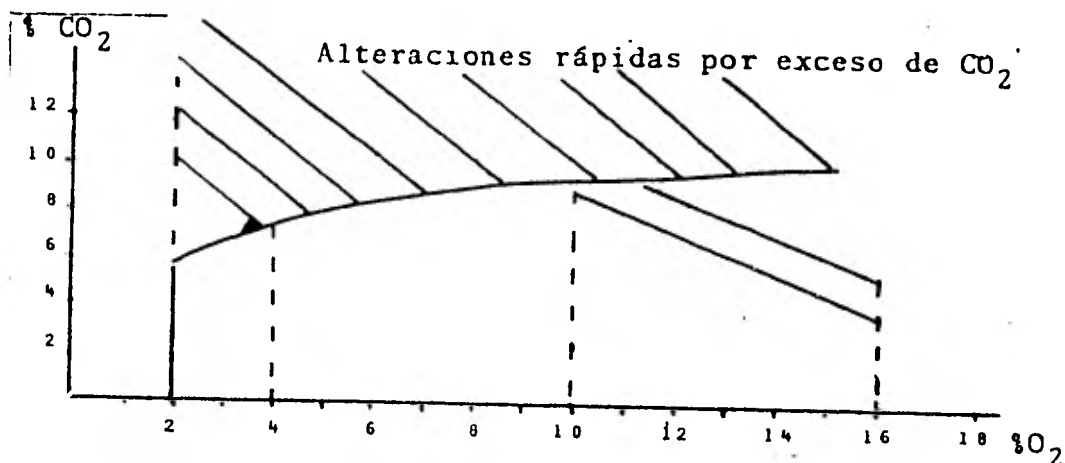


Figura # 5 Mezclas de CO<sub>2</sub> más utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas en atmósferas controladas.

Cuadro# 5 Tipos de atmósferas para conservación de frutas y hortalizas.

| Tipo de atmósfera  | % O <sub>2</sub>                      | % CO <sub>2</sub> | % N <sub>2</sub> |
|--|---------------------------------------|-------------------|------------------|
| Relativamente enriquecidas en oxígeno y bióxido de carbono.    | O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> = 21 |                   | 79               |
| Pobres en oxígeno y moderadamente ricas en bióxido de carbono. | 2-3                                   | 3-6               | resto            |
| Pobres en oxígeno y desprovistas en bióxido de carbono.        | 2-3                                   | ---               | 98-97            |

Kader y Morris (1977), publicaron los niveles máximos de tolerancia de algunas frutas y hortalizas a concentraciones de  $CO_2$  y  $O_2$ , figura # 6. Los niveles de tolerancia varían con la temperatura, punto importante de conocer para establecer las condiciones específicas de tipo de atmósfera y temperatura de almacenamiento.

Un control adecuado de la atmósfera circundante a los productos, sirve para proporcionar un sistema de conservación adecuado logrando beneficios como:

- Retardar la senescencia y maduración.
- Prevención de desordenes fisiológicos
- Inhibir la producción de etileno
- Mitigar el daño por preenfriamiento
- Reducir la incidencia de deterioro por microorganismos
- Reducir la pérdida de peso y turgencia.

Como todo sistema, tiene sus ventajas y desventajas, en este caso las desventajas que se pueden tener, si no se utiliza la atmósfera adecuada, son:

- Las altas concentraciones de  $CO_2$  afectan la actividad de las deshidrogenasas.
- Hay acumulación de ácido succínico
- Aumenta el pH
- La acidez baja más de lo que ésta disminuye en condiciones ambientales.
- Existe pérdida de sabor
- Obscurecimiento debido a la acumulación de compuestos fenólicos simples.
- Picaduras
- Posible fermentación.

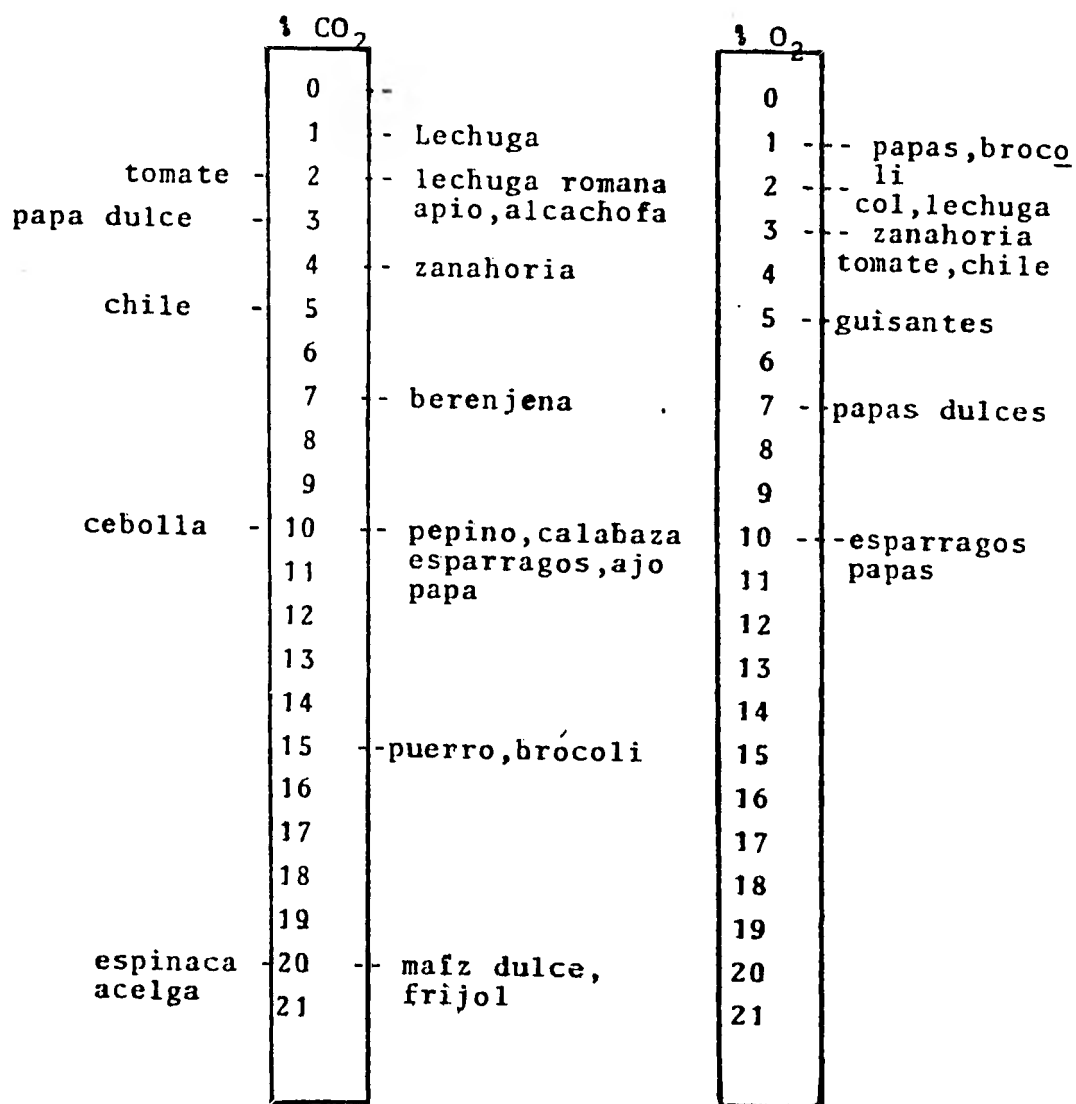


Figura # 6 (a) Tolerancia relativa de vegetales a niveles de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, en condiciones de almacenamiento.

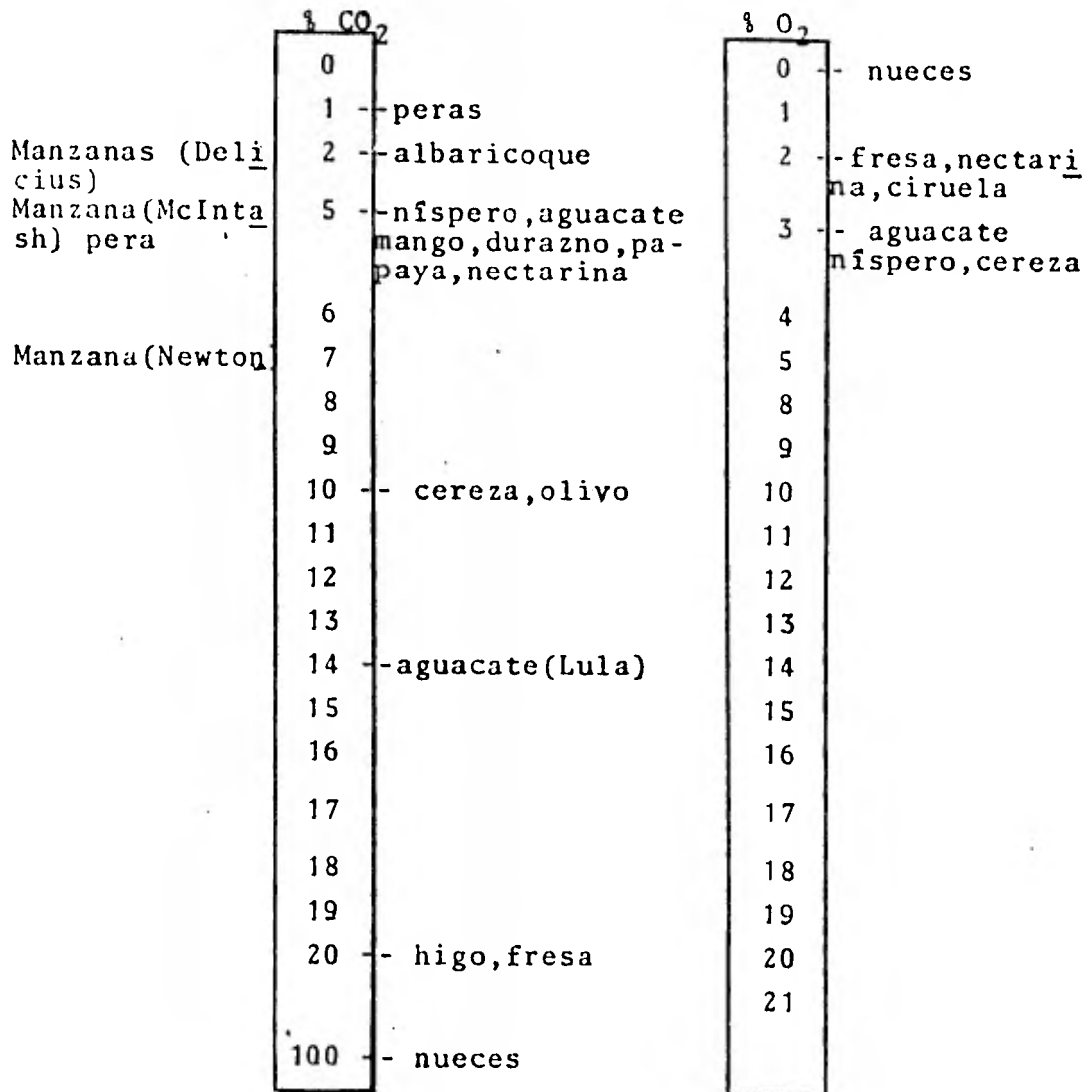


Figura # 6 (b) Tolerancia relativa de frutas a niveles de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

El uso de atmósferas controladas se ha limitado a ser un coadyuvante en la refrigeración, se requiere de un equipo muy sofisticado para implementar las cámaras por lo que comercialmente no es aplicado para la conservación de todas las frutas y hortalizas.

### Almacenamiento Hipobárico

La conservación de productos frescos bajo tratamiento hipobárico está basado en la utilización de presiones inferiores a la atmosférica.

Estas presiones afectan la respiración, la síntesis de etileno, la difusión de etileno y oxígeno a nivel de espacios intercelulares y la composición atmosférica alrededor del fruto, efectos que pueden alargar la vida del producto.

Los cambios metabólicos que se presentan en este tipo de almacenamiento son:

- Reducción de la degradación de protopectina.
- Reducción de degradación del ácido ascórbico.
- Reacciones tales como; disminución de acidez, reducción de azúcares totales, degradación de clorofila son más lentas.
- La pérdidas de consistencia de la pulpa es menor.

La reducción de la presión también tiene efecto sobre los microorganismos que se desarrollan durante el manejo de postcosecha. La inhibición y el retardo del desarrollo microbiano está en función de las presiones utilizadas, por lo que no se puede establecer un margen de desarrollo.

El almacenamiento hipobárico se ha estudiado solo desde el punto de vista fisiológico en la conservación de frutas y hortalizas, por lo que los resultados hasta ahora obtenidos se toman como preliminares. Su aspecto aplicativo está limitado por su nivel técnico y económico. Comercialmente no se recomienda.

### Tratamientos químicos

Los tratamientos químicos para control de la maduración están enfocados hacia el uso de compuestos químicos -- que por su semejanza estructural con las hormonas o por su capacidad de poder bloquear alguna reacción involucrada en el proceso de maduración, ejercen un efecto retardando la maduración o algún cambio asociado a ésta.

Los efectos obtenidos se pueden resumir de la siguiente forma;

- Disminuir la síntesis de proteínas.
- Disminuir la actividad de transaminasas.
- Inhibir la formación de azúcares reductores.
- Inhibición de síntesis de solaninas.
- Retardar la degradación de clorofila.

Los beneficios que se logran con el uso de tratamientos químicos son:

- Disminuir el climaterio.
- Incrementar la firmeza del fruto.
- Retardar la senescencia.
- Mejorar el color.
- Retardar el brote en bulbos, raíces y tubérculos.
- Alargar la vida de almacenamiento.
- Retardar la síntesis de etileno.



El almacenamiento hipobárico se ha estudiado solo desde el punto de vista fisiológico en la conservación de frutas y hortalizas, por lo que los resultados hasta ahora obtenidos se toman como preliminares, su aspecto aplicativo está limitado por su nivel técnico y económico. Ha demostrado vida de almacenamiento más larga que atmósfera controlada y refrigeración.

El efecto sobre el proceso de maduración varía con los diferentes productos hortifrutícolas, tiempo de aplicación y la cantidad absorbida químicamente.

Pueden ser aplicadas por aspersión foliar o por inmersión en cualquiera de sus etapas, principalmente en la etapa preclimática

Los principales compuestos químicos utilizados con este fin son:

- Hidrácida málica
- Ac. N,-N dimetil amino succianico (alar)
- 2 cloroetiltrimetil cloruro amonio (CCC o Cycocel)
- Isopropil n-fenilcarbonato (IPC)
- Ciclohexamida
- Actinomicina-D
- Vitamina K
- Oxido de etileno
- Permanganato de potasio ( $KMnPO_4$ )

En el caso del permanganato de potasio se utiliza como absorbente del etileno, se usa en productos ya empacados. Se ha obtenido una preparación química de uso comercial de éste absorbente llamado "puracil", no es otra cosa que el permanganato de potasio alcalino sobre un silicato acarreador que absorbe el etileno y tiene gran proyección como coadyuvante en atmósferas controladas comercialmente.

### Recubrimientos superficiales

Los recubrimientos superficiales comprenden el uso de emulsiones de ceras como sistemas para controlar la transpiración y reducir la velocidad de respiración de los frutos y hortalizas.

Las principales ceras que han dado mejores resultados son:

- candelilla
- flavorseal
- resinas sintéticas
- tag

El uso de éstas implica ciertas normas, que seguidas cuidadosamente durante su aplicación, proporcionarán mejores condiciones de conservación.

Los cambios favorables que se pueden lograr con el uso de las ceras, son los siguientes:

- Disminuir la velocidad de respiración
- Disminuir la pérdida de peso
- Mejorar la textura
- Mejorar la apariencia
- Disminuir el porcentaje de daños

Las ceras presentan ventajas como: el poderse combinar con fungicidas o reguladores de crecimiento. No intervienen en las reacciones metabólicas.

Los daños más notables con el uso de ceras se reducen a reacciones anaeróbicas y picaduras, ya que las ceras proporcionan un sistema poco permeable al  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ . Estos daños se presentan en los casos en los que no se seleccione adecuadamente la emulsión o su grosor.

## Empaques

El uso principal que hasta el momento se ha destinado para el empaque de productos hortifrutícolas frescos, ha sido básicamente con el fin de mejorar el manejo, comercialización y presentación al consumidor. Los empaques en general no son utilizados como medios para mejorar la calidad de los productos, ésta se ve mejorada solo cuando el empaquete se combina con almacén o transporte refrigerado.

Existen diferentes tipos de empaques que pueden ser clasificados según su uso como sigue:

**Cosecha:** bolsas de lona; yute o malla, cestos de chapa de madera, cubetas de metal con fondo de lona.

**Embarque:** cajas y cajones de madera clavados, cajas y cajones alambrados, cajas de chapa de madera, cajas graneleras, cajones con tarima, cajas de cartón corrugado con ventilación.

**Consumidor:** bolsas o películas plásticas, charolas de pulpa de madera moldeada, cartón plástico o espuma de plástico, cajas de cartón plegadizo con ventilación, charolas de plástico moldeadas al vacío, de poliestireno o polipropileno, cartón encerado o cubierto.

Según el empaque empleado pueden lograrse los siguientes beneficios:

- 1.- Unitarización en el manejo.
- 2.- Protección de la calidad.
- 3.- Disminución de pérdidas.

- a) protegiendo contra daños mecánicos.
  - b) protegiendo contra pérdida de humedad.
  - c) proporcionando una atmósfera modificada.
  - d) proporcionando mayor higiene.
- 4.- Mejora las ventas.
  - 5.- Facilitar el transporte y mercadeo.
  - 6.- Alargar la vida de post-cosecha.

Dentro de los beneficios antes mencionados, el más importante y con gran futuro resulta ser el uso de los empaques para alargar la vida de post-cosecha, retardando la velocidad de maduración, disminuyendo la pérdida de peso y daños mecánicos, siendo las películas plásticas los empaques que presentan amplias posibilidades para éste uso, el cual ya se utiliza con éstos fines en algunos países.

Combinadas las propiedades de las películas plásticas con las propiedades fisiológicas ( velocidad de respiración, transpiración, estado fisiológico, etc.) de las frutas y hortalizas se pueden obtener condiciones que modifique y controlen la atmósfera interna, de tal forma que seleccionando adecuadamente la película se alargue la vida del producto y se pueda enfocar hacia un uso específico como sistema de conservación inmediato a la cosecha, durante el almacenamiento en los centros de distribución o directo al consumidor.

### Almacenamiento con películas plásticas

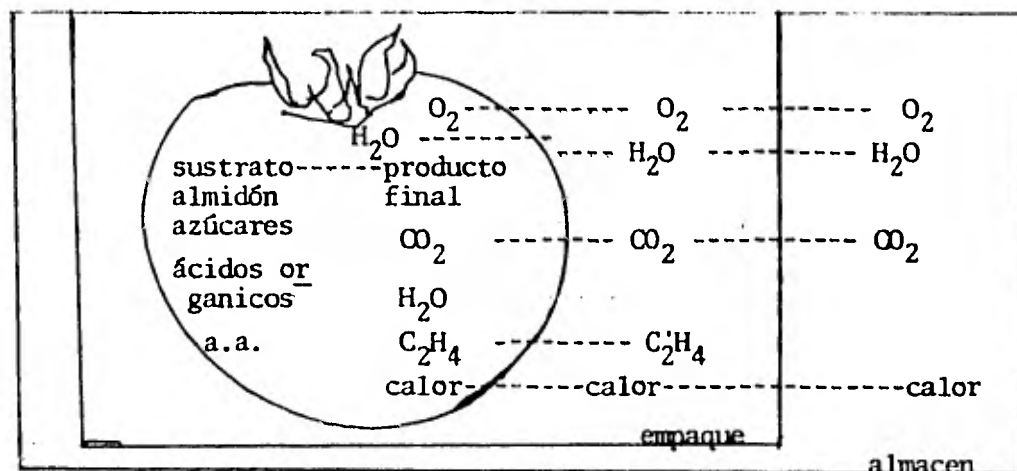
Los cambios que ocurren en frutas y hortalizas, durante el almacenamiento con películas plásticas seleccionadas adecuadamente, son los mismos que ocurren durante el proceso de maduración, la ventaja de éste sistema estriba en retardo o en la disminución de la velocidad con que ocurren estos cambios. Lo más común es el uso de las películas en combinación con la refrigeración.

Un producto hortofrutícola empacado en películas plásticas, conforman un sistema en el cual ocurren dos procesos simultáneos: respiración del producto empacado e intercambio o transferencia de gases a través del empaque. En la figura #7 se ilustran éstos dos procesos.

El fruto como producto vivo lleva a cabo el fenómeno de respiración en el cual oxida sustratos ricos en energía, consumiendo oxígeno y produciendo bióxido de carbono y vapor de agua con la correspondiente liberación de energía, además el producto sintetiza etileno que interviene en el proceso de maduración como promotor y acelerador del mismo.

La velocidad de respiración, de un producto cubierto con una película plástica, determinará la composición de la atmósfera interna, la cual se verá afectada por las características de permeabilidad de las películas a los gases involucrados en la respiración ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , vapor de agua y etileno) y dependiendo de la concentración de estos gases en la atmósfera exterior se va a lograr un intercambio gaseoso entre la película y el interior del empaque, que va a dar como resultado la disminución de la concentración de algunos gases y la acumulación de otros, modificando así la atmósfe

ra dentro del empaque, la cual a su vez modificará la velocidad de maduración del producto empacado,



Las variables que determinan la atmósfera dentro del empaque son:

- Tipo de producto empacado
- Cantidad de producto empacado
- Temperatura de almacenamiento
- Velocidad de respiración
- Permeabilidad y espesor de la membrana plástica
- Presión parcial de  $CO_2$  y  $O_2$  en la atmósfera
- Velocidad de producción de etileno
- Relación peso de producto/superficie de película

Pudiéndose obtener atmósferas ricas en oxígeno y bióxido de carbono; ricas en bióxido de carbono y pobres en oxígeno, etc. Las condiciones generadas por el producto dentro del empaque son el principal factor regulador de los cambios en la maduración debido al efecto de las concentraciones

nes alcanzadas.

Cada producto presenta cierta resistencia a concentraciones bajas de  $O_2$  y altas de  $CO_2$ , existiendo para ambos gases concentraciones críticas, por abajo y por arriba (para  $O_2$  y  $CO_2$  respectivamente), las cuales pueden presentar daños como anaerobiosis, picaduras, podredumbre, etc. Estas concentraciones críticas se muestran en la figura # 6 y son específicas para cada producto.

Modificando la atmósfera pero sin llegar a estos niveles también ayuda a disminuir la producción de etileno, con lo que se logra retardar más el proceso de maduración.

Otro factor que conforma la atmósfera circundante al producto es el vapor de agua, por lo que su acumulación dada por la transpiración y la velocidad de transmisión de la membrana plástica determinan la humedad relativa en el interior del empaque. La acumulación del vapor de agua en forma excesiva crea humedades relativas elevadas durante el almacenamiento; se debe tener mucho cuidado porque crean condiciones favorables para el crecimiento de hongos superficiales.

#### Tipos de películas plásticas

Existen en el mercado cerca de 20 tipos de películas de las cuales las más comúnmente usadas para el empaque de frutas y hortalizas frescas son;

- celofán
- acetato de celulosa
- polietileno
- cloruro de polivinilo
- nylon



- poliéster
- poliestireno

En cada tipo de películas hay diferentes variedades diseñadas con el objeto de crear mejores condiciones para la protección de los productos, específicamente contra vapor de agua, oxígeno, dióxido de carbono, grasas y olores.

Las características específicas para cada película en particular están impartidas por el tipo de materia prima y el proceso de producción por el que se obtienen. Desde el punto de vista químico, estas características están dadas por: el grado de polimerización, entrecruzamiento, densidad del polímero, etc., factores que combinados mejoran las características de las películas.

### Espesor

Los espesores de las membranas plásticas influyen en la acumulación de los gases en el interior del empaque, limitando su entrada o salida. Variando el espesor de la película se puede ayudar a mantener la atmósfera interna requerida para lograr alargar la vida del producto.

### Propiedades de las películas plásticas

Las propiedades más importantes que se deben tener en cuenta para seleccionar una película como sistema de empaque fisiológico de frutas y hortalizas son:

- Permeabilidad a los gases como;  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y  $\text{C}_2\text{H}_4$
- Velocidad de transmisión de vapor de agua (vta)

- Resistencia a la tracción
- Elasticidad o alargamiento
- Consideraciones para ser sellada.

En el apéndice A, se muestran además de éstas otras -- propiedades que pueden ayudar a la selección.

Permeabilidad a los gases: La permeabilidad a los gases involucrados en el proceso de maduración ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y etileno) depende de la naturaleza de la película plástica y de las presiones parciales en el exterior e interior del empaque.

Velocidad de transmisión de vapor de agua: La velocidad de transmisión regula la pérdida de peso; en el cuadro # 6 se muestran las pérdidas de peso que se tienen para diferentes productos en condiciones de almacenamiento con películas plásticas como sistema de empaque, factor importante a controlar en el almacenamiento de productos frescos.

Cuando la velocidad de transmisión de vapor de agua es alta, se obtienen mayores pérdidas de peso, casi similares a las que se tienen cuando el producto no se encuentra empa<sup>u</sup>cado. En el caso contrario si la velocidad de transmisión es muy baja, hay acumulación de vapor de agua, lo que ocasiona el desarrollo de hongos y por lo tanto un aumento en la concentración de  $\text{CO}_2$  hasta tenerse podredumbre o fermentación.

Resistencia a la tracción: La resistencia a la tracción es una medida que nos indica la máxima fuerza a la que puede ser sometida la película, sin sufrir daños o deformaciones que puedan causar desgarres o roturas que provoquen desequilibrio atmosférico al que se encuentre sujeto.

Cuadro # 6 . Efecto del uso de películas plásticas sobre la pérdida de peso en productos empacados.

| Producto              | Condiciones  | No empaçado<br>& pérdidas de peso | Empacado |
|-----------------------|--|-----------------------------------|----------|
| Zanahoria             | 6 días, 70°F<br>bolsas de polietileno.                     | 29                                | 4.2      |
| Papas                 | 10 días, 70°F<br>bolsas de polietileno.                    | 8.7                               | 1.2      |
| Naranjas              | 7 días, 70°F<br>bolsas de polietileno.                     | 5.1                               | 2.8      |
| Pepinos<br>Coliflores | 8 días, 75°F<br>bolsas de celofán<br>envoltura de celofán. | 11.3                              | 1.6      |

(Hardenburg, 1975)

Esta medida nos puede ayudar a seleccionar el tipo de estiba a la que se debe transportar o almacenar el producto además de indicar la densidad de estiba de manejo.

Elasticidad o elongamiento: Nos indica el máximo alargamiento al que puede ser sometida la película y su recuperación en el manejo, con semejanza a la resistencia a la tracción también nos ayuda a decidir la densidad de estiba.

Consideraciones de sello; Existen dos formas en la que puede efectuarse el sellado de películas, son:

- Con adhesivos
- Con calor

El sellado con adhesivos implica conocer el tipo de adhesivo más afín al tipo de película, con calor por consi-

guiente requiere del conocimiento del calor máximo al que se pueden someter durante el sellado. Según el grado de perfección del sello se pueden presentar más o menos poros por los cuales se transfiera gas y rompa así el equilibrio deseado. Incluso es indispensable la hermeticidad del sello cuando se efectúe la selección de película y se aplique esta.

Como se ha podido observar a lo largo de este análisis bibliográfico, lograr una atmósfera específica en un empaque, que nos proporcione por sí sola las condiciones requeridas, es muy difícil por los requerimientos de cada especie.

Existen varias modificaciones o ayudas que pueden ser utilizadas para obtener el tipo de atmósfera deseada, como son:

- orificios a la película ( ventilación)
- uso de adsorbentes de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  y vapor de agua.

La ventilación de empaques ayuda a regular las condiciones internas y se utiliza sobre todo cuando se manejan empaques en forma de bolsas selladas. Su influencia se ve marcada sobre la acumulación de la humedad relativa y la pérdida de peso del producto. Esto se puede observar claramente en el cuadro # 7.

Se puede determinar el número y diámetro de orificios requeridos para ayudar a regular la transmisión de vapor de agua o algún otro gas. haciendo uso al tipo de difusividad que se presente según el caso.

En el caso del uso de adsorbentes como ayudas para controlar la atmósfera interior, varía con el tipo de gas que se requiera controlar. Así tenemos que cuando se trata de  $\text{CO}_2$  lo más común es el uso de carbón activado como adsorben

te, el permanganato de potasio ( $KMnPO_4$ ) es utilizado cuando el gas que se tiene que controlar es el etileno, y, cuando la humedad se debe mantener en un rango que no perjudique al producto, la ayuda más recomendada es la sílica gel.

Cuadro#7.Efecto del uso de empaques ventilados.  
(cebollas, 75°F)

| Tipo de bolsa  | No. y tipo de perforación | HR % interna | Pérdida de peso | Podredumbre |
|----------------|---------------------------|--------------|-----------------|-------------|
| Polietileno150 | no hay                    | 98           | 0.5             | 71%         |
| Polietileno150 | 36, 1.6 mm                | 88           | 0.7             | 59          |
| Polietileno150 | 40 1.8 mm                 | 84           | 1.4             | 40          |
| Polietileno150 | 8 6.3 mm                  | --           | 1.8             | 24          |
| Polietileno150 | 10 6.3 mm                 | 54           | 2.5             | 17          |

(Hardenburg, 1955)

#### Parámetros para evaluar la eficiencia del empaque

Los parámetros principales para evaluar la eficiencia de una película plástica como sistema de empaque en frutas y hortalizas frescas son:

- Textura.
- Tipo y % de daños causados por la concentración gaseosa.
- Presencia de hongos.
- Tiempo que se alarga la vida de almacenamiento.
- Uniformidad de maduración, así como las características específicas del producto relacionadas con su maduración (color, acidez, pH, etc.).

El jitomate ha sido uno de los principales productos que se ha estudiado a fondo, con el objeto de crear condiciones adecuadas de conservación en fresco, ya que por sus características de ser un producto muy perecedero y uno de los de mayor consumo a nivel mundial requiere de gran interés para su manejo y transporte.

Los estudios que se han realizado con mayores éxitos son: la refrigeración, almacenamiento en atmósferas controladas, almacenamiento hipobárico y empaques. El cuadro # 8 se presentan los principales estudios en la conservación de jitomate.

El estudio en almacenamiento hipobárico y el uso de empaques, son los más recientes aunque a escala comercial no son utilizados ahora, por encontrarse en la etapa correspondiente al estudio de cambios fisiológicos que ocurren durante el período de almacenamiento.

En almacenamiento en refrigeración y el uso de atmósferas controladas ya establecen condiciones y tiempos de almacenamiento específicos en la conservación del jitomate.

Comercialmente lo que más ha funcionado es la refrigeración, el almacenamiento en atmósferas controladas requiere de equipo más sofisticado lo que incrementa mucho su costo.

El transporte y distribución en México, son uno de los problemas de mayor importancia en la comercialización de frutas y hortalizas en general, por efectuarse en condiciones muy rudimentarias y sin control específico en cada una de sus etapas. En México se carece del equipo adecuado necesario debido a sus altos costos de adquisición y la falta de desarrollo de tecnología en la organización de los sistemas de comercialización.

Cuadro #8. Estudios de conservación en fresco, realizados en jitomate.

| Tipo de almacenamiento                               | Condiciones  | Características   |
|--|--|---|
| Refrigeración<br>(Alonso, 1976)                      | verde T°= 11.5-13°C<br>maduro T°= 0°C<br>HR = 85-90%   | almacenamiento 3-5 semanas<br>almacenamiento 1-2 semanas  |
| Atmósfera Controlada<br>(W.J. ;Lipton, 1975)         | T°= 10.13 °C<br>HR= 85-90%<br>CO <sub>2</sub> = 0-5 %<br>O <sub>2</sub> = 3-5 %<br>CO <sub>2</sub> = 10% y O <sub>2</sub> 5% | almacenamiento 2-3 meses<br>disminuye su sensibilidad al enfriamiento.<br><br>previene el desarrollo bacteriano.<br>influencia en la producción de etileno. |
| Almacenamiento Hipobárico<br>( Veloz y Ramayo, 1980) | 75 - 102 mmHg<br>T°= 10-18 °C  | tiempo de conservación 65 días.<br>retardo en la maduración.  |
| Empaques<br>(Saguy y Mannheim, 1975)                 | T°= 12°C<br>bolsas de polietileno  | retardo en la maduración de aprox. 7 días, condensación de vapor de agua en el interior del empaque.  |

Todo esto trae como consecuencias que en muchos centros de distribución, como lo es la "Merced" en la Ciudad de México, se tengan pérdidas diarias hasta de 100 toneladas y fluctuaciones altas de precios.

El empleo de películas plásticas como complemento o empaque básico, pueden alargar la vida de los productos frescos durante su transporte y almacenamiento, reduciendo pérdidas por sobremaduración, pérdidas de peso y daños microbianos, utilizandolas solas ó como coadyuvantes en la refrigeración.



## OBJETIVO GENERAL

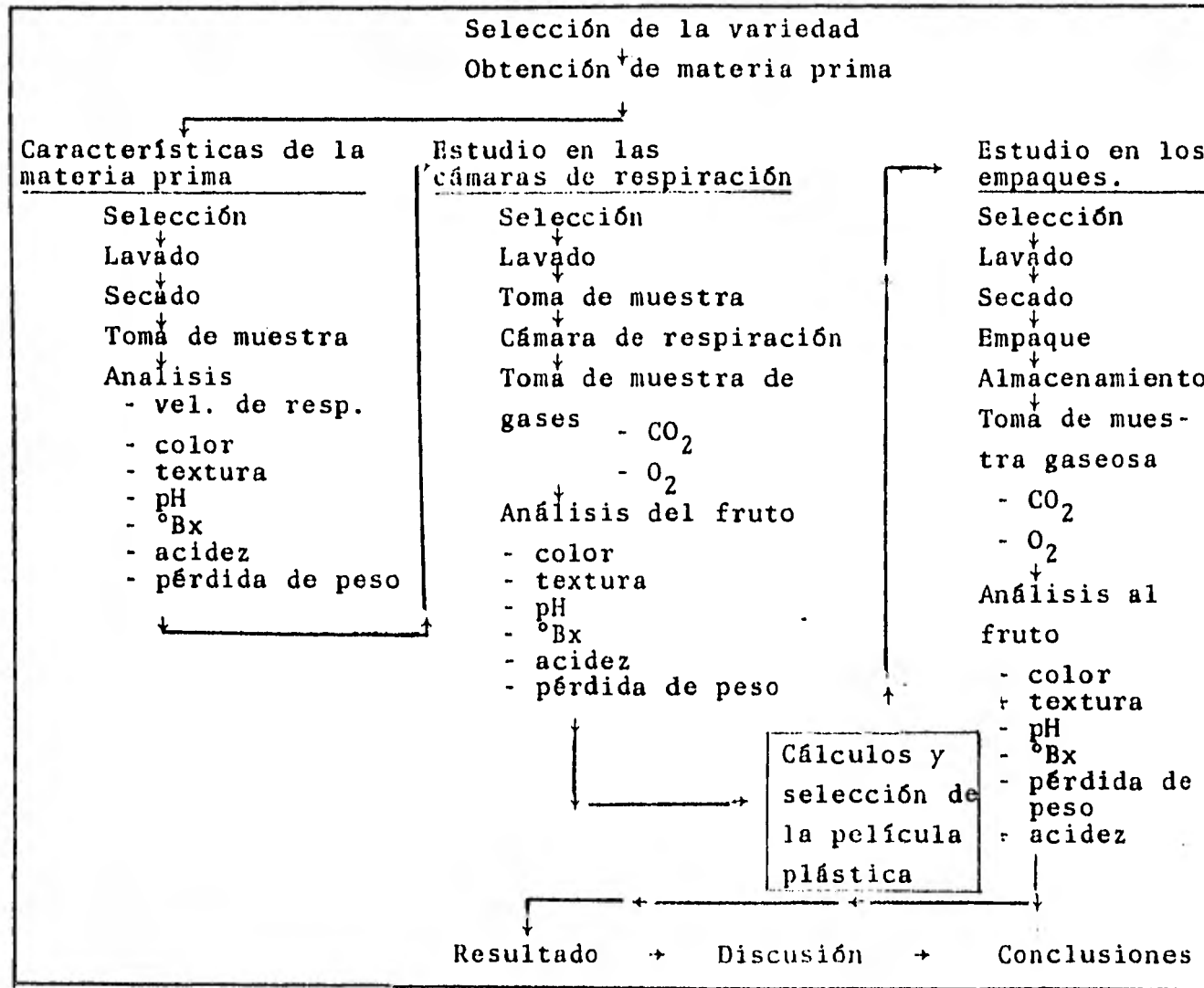
El objetivo del presente trabajo es seleccionar el tipo de película plástica, con las ayudas requeridas para proporcionar las condiciones adecuadas para alargar la vida de almacenamiento del jitomate.

Para cumplir con este objetivo general, los objetivos particulares a seguir serán:

- 1.- Conocer el patrón respiratorio y los cambios durante la maduración del jitomate.
- 2.- Determinar cambios químicos y físicos más importantes que puedan servir como índices para evaluar la maduración del jitomate.
- 3.- En un sistema hermético analizar con que velocidad el fruto modifica su atmósfera y conocer la concentración crítica de  $\text{CO}_2$  combinada con la correspondiente concentración de  $\text{O}_2$ , en la cual el coeficiente respiratorio es igual a uno. A su vez se estudiará la velocidad de producción de vapor de agua, bióxido de carbono y su correspondiente consumo de oxígeno, evaluando cambios físicos, químicos y posibles daños.
- 4.- En base a los resultados obtenidos en el punto (3) seleccionar el tipo de película plástica.
- 5.- Con el empaque seleccionado hacer pruebas de almacenamiento. Siguiendo la evolución gaseosa dentro del empaque, evaluando los cambios ocurridos y los daños que presente, determinando así su tiempo de almacenamiento.

P A R T E   E X P E R I M E N T A L

Cuadro # 9 Diagrama general del trabajo experimental.



## DIAGRAMA GENERAL

### Selección de la variedad

En base a la información de la producción de jitomate en México, se seleccionó una variedad representativa, fácil de adquirir, que se destine al consumo en fresco, que se produzca en los dos ciclos agrícolas y en la mayoría de los estados productores.

### Obtención de la materia prima

Se localizó un distribuidor que manejara la variedad seleccionada y que estuviera en condiciones de funcionar como contacto directo entre el producto y la investigación.

El trabajo se dividió en 3 etapas de tal forma que una brindara la información necesaria para pasar a la siguiente etapa.

#### ETAPA I

#### Caracterización de la materia prima

Esta etapa nos ayuda a conocer las características propias de la variedad y evaluar los cambios que sufre en sus características físicas (color, textura, pH), principales compuestos químicos (azúcares, acidez), % de pérdida de peso durante la maduración y determinar el patrón respiratorio y el tiempo de maduración a condiciones ambientales.

De ésta forma se podrán establecer parámetros y patrones de comparación que sirvan para seguir los efectos de los tratamientos sobre el proceso de maduración.

## ETAPA II

### Estudio en las cámaras de respiración

Se diseñaron cámaras de respiración, herméticas y se estudió la evolución de la atmósfera creada por el jitomate y así se pudo conocer las concentraciones críticas de tolerancia de  $\text{CO}_2$ , solamente debida al tipo de atmósfera factible de obtener en estas condiciones.

En esta etapa se obtuvieron resultados como:

- velocidad de respiración durante la evolución atmosférica
- coeficiente respiratorio durante la evolución atmosférica
- velocidad de transpiración durante la evolución atmosférica.
- cambios creados en el proceso de maduración.

Una vez obtenida esta información se pasó a la etapa de cálculos y selección de películas plásticas, considerando las concentraciones críticas determinadas anteriormente. La selección también se hizo tomando en cuenta la facilidad de adquisición en el mercado y sus costos.

## ETAPA III

### Estudios en empaques

Una vez seleccionada la película se almacenó el producto con el empaque seleccionado. Durante el almacenamiento se analizó la atmósfera en el interior del empaque así como los cambios físicos y químicos del jitomate en estas condiciones, lo cual permite determinar su vida de almacenamiento.

Determinadas las tres etapas se analizaron y discutieron los resultados obtenidos para poder llegar a las conclusiones.

nes y recomendaciones de éste trabajo experimental

### SELECCION DE LA VARIEDAD

De las variedades que se producen en México, 10 se destinan al consumo en fresco, las cuales son: Homestead (24, FM 61, elite), Floradel, Manapal, Walter, Tropic, Florida, - Culiacán 360; de las cuales se cultivan 6 en los dos ciclos agrícolas, en los estados de mayor producción.

Una vez hecho éste análisis se obtuvieron las posibles variedades más comerciales, se acudió al mercado de "La - Merced" principal centro de distribución en la Ciudad de - México.

Se localizó una bodega de jitomate, en la que se maneja alguna de estas variedades y en la que el propietario estuviera dispuesto a cooperar y a dar la información necesaria. La bodega seleccionada fue "E. Escamilla", en la -- que se maneja la variedad "Floradel" procedente de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Guanajuato.

La variedad "Floradel" es una planta cuyo crecimiento es indeterminado, requiere de estacado y poda para un rendimiento satisfactorio.

En cuanto a su producción es de gran importancia por-- que brinda mejor amarre y resistencia, así como mayor rendimiento.

Como producto fresco en el mercado, es una variedad tolerante al ataque de Fusarium y Cladosporium, tiene ventaja sobre todo con el uso de fungicidas, ya que necesita concentraciones bajas para el ataque de éstos hongos, evitando -- pérdidas en el almacenamiento y transporte. (SEP, 1981).

## OBTENCION DE LA MATERIA PRIMA

Cada vez que se necesitó jitomate durante la etapa experimental se acudió a la bodega y se compró una caja. El producto se encontraba en estado de sazón, según información del productor tenía 1 día de cosechado y había sido transportado en cajas de madera en camiones de redilas desde Tampico, Tamps.

## CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis realizados se seleccionaron tomando en cuenta cuales son los principales cambios que ocurren durante la maduración del jitomate y poderlos tomar como índices de éste proceso.

### Análisis

- Velocidad de respiración
- Cambios de color
- Textura
- Pérdida de peso durante la maduración
- pH
- Sólidos solubles
- Acidez
- Azúcares.

La velocidad de respiración y la pérdida de peso durante la maduración nos indican la actividad metabólica del producto, el tiempo normal que toma el proceso de maduración en condiciones naturales y por lo tanto nos servirán de referencia para evaluar los efectos de los empaques em-

pleados con el fin de retrasar el proceso de maduración.

Los cambios más evidentes durante la maduración de jitomate son: sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), textura, pH y color, -- así como el desarrollo del sabor y aroma característicos. Si conocemos los cambios que sufren durante la maduración en condiciones normales, la velocidad con que ocurren y los niveles que alcanzan en el fruto maduro, así como la uniformidad en el color y la textura, tendremos una base de comparación para evaluar los efectos de las películas, tomando también en cuenta con éste fin la posible frecuencia de daños ( picaduras, obscurecimiento, desarrollo de aromas desagradables y desarrollo de hongos), los cuales serán evaluados solo por observación directa.

Además estos parámetros son los más empleados como índices de calidad comercialmente.

Selección de materia prima y formación de lotes

Lote # 1. Determinación de velocidad de respiración y pérdida de peso: 20 jitomate peso promedio 125 g y diámetro de 7.25 cm para 5 cámaras de respiración 3 frutos cada uno.

Lote # 2. Análisis de cambios químicos y físicos ; 66 jitomates de peso y tamaño similar al anterior

El criterio de selección fue en base al estado fisiológico de los jitomates ( verde-maduro) y uniformidad en peso y tamaño .

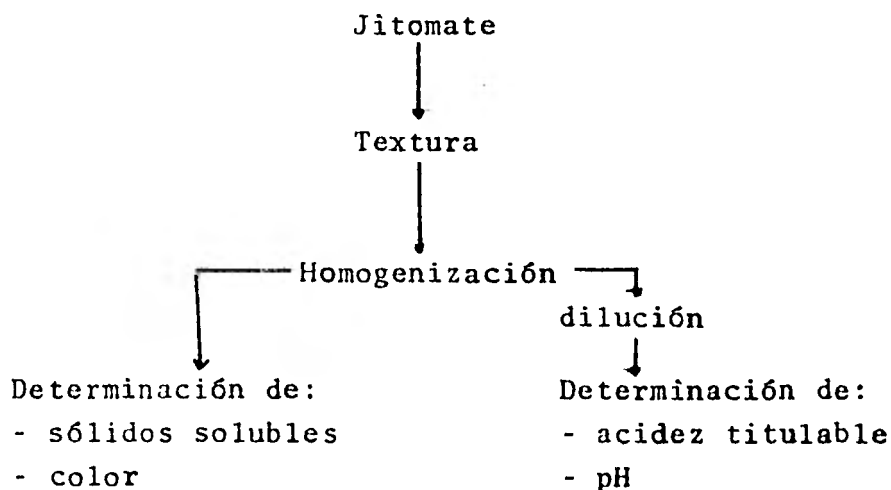
La frecuencia de los análisis fue cada 24 horas.



Los cambios físicos y químicos se determinaron seleccionando diariamente del lote número 2, los jitomates que presentaban características similares a los que se tenían en el lote 1, para la determinación de la velocidad de respiración para que de esta forma se asegurara que dichos cambios fueran representativos del estado fisiológico.

Para determinar cada cambio, el número de veces que se hicieron los análisis fue de 3 a 4 para cada muestra obtenida, sumando un total de 15 a 20.

Los análisis se hicieron siguiendo esta secuencia:



Se tomaron 5 jitomate y a cada uno se le hicieron los análisis por triplicado, reportándose el valor promedio.

## MATERIALES Y METODOS

DETERMINACION DE VELOCIDAD DE RESPIRACION

## Equipo:

Tren de respiración

## Soluciones y Reactivos:

- Solución saturada de hidróxido de bario (70 g/l de agua hervida).
- Solución de ácido clorhídrico 4N.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1N.
- Fenolftaleína al 1% en etanol al 50%.

## Técnica

El método se basa en hacer pasar una corriente continua y constante de aire a través de unos frascos o desecadores donde se colocan los frutos en estudio. El aire arrastra el bióxido de carbono producido por la respiración de los frutos a unos tubos de vidrio (tubos Pettenkoffer), que contienen 50 ml de solución saturada de hidróxido de bario; en las mismas condiciones se hace un testigo utilizando un frasco que no contenga frutos. El  $\text{CO}_2$  producido, reacciona con la solución que contiene los tubos, produciendo carbonato de bario.

El hidróxido de bario que no reaccionó se titula con una solución de  $\text{HCl}$  0.1N y en base a los mililitros de ácido gastados en la titulación del testigo y las muestras, se calculan los mg de  $\text{CO}_2$ / kg-hr producidos por cada fruto.

El flujo de aire se mantiene con una bomba de vacío y se regula a 100 ml/min por medio de unos rotámetros conectados entre los tubos Pettenkoffer y la bomba. En la figura 8

se muestra esquemáticamente el equipo empleado.

La medición de la velocidad de respiración se efectúa diariamente durante una hora desde que los frutos están en estado de sazón hasta que maduran, pesando cada fruto antes de efectuar la determinación. Una vez concluida la determinación se sacan los frutos de los frascos y se dejan al ambiente.

Cálculos:

$$\frac{\text{mgCO}_2}{\text{kg hr}} = \frac{(\text{Tb} - \text{Tm}) \times 22 \times \text{N} \times 1000}{\text{P} \times \text{t}}$$

donde

Tb = ml de HCl 0.1N usados en la titulación del testigo.

Tm = ml de HCl 0.1N usados en la titulación de la muestra.

22 x N = mg CO<sub>2</sub> / ml de HCl

P = peso de la muestra en gramos.

t = tiempo en horas.

1000 = para convertir de gramos a kilogramos.

#### DETERMINACION DE PERDIDA DE PESO

La determinación de pérdida de peso se hizo pesando -- los frutos diariamente en balanzas granataria.

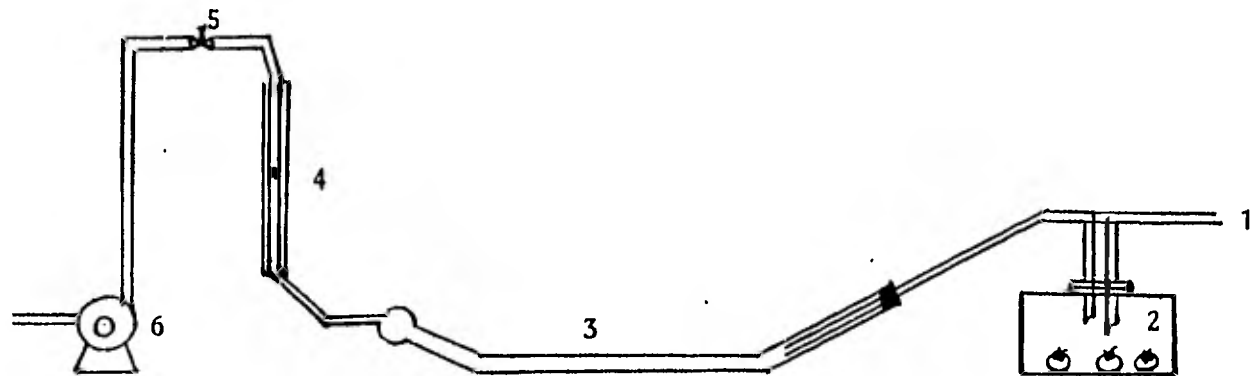
#### DETERMINACION DE pH Y ACIDEZ TITULABLE

Equipo e instrumentos:

- Homogenizador (Virtis "23").
- Potenciometro Corning (modelo 7)

Soluciones y reactivos:

- Solución de NaOH 0.01N.



- 1.- Entrada de aire
- 2.- Cámara
- 3 - Tubos Pettenkoffer
- 4.- Rotámetro
- 5.- Válvula
- 6.- Bomba de vacío

Figura # 8 Diagrama del tren de respiración.

- Indicador azul de timol : se disuelven 0.1 g de indicador azul de timol en 10.7 ml de NaOH 0.02N y se diluye a 250 ml con agua destilada.

#### Técnica

Se homogenizan 20 g de muestra con 100 ml de agua destilada, se mide el volumen y se filtra a través de lana de vidrio. En el filtrado se mide el pH usando un potenciómetro.

Para determinar la acidéz titulable, se toma una alícuota de 5 ml de filtrado y se diluye a 50 ml con agua destilada, se agrega 1 ml de indicador azul de timol y se titula con la solución de NaOH 0.01 N.

#### Cálculos

La acidéz titulable se reporta como gramos de ácido málico por 100 gramos de pulpa.

$$\% \text{ác. málico} = \frac{T \times N \times 67 \times 100}{1000 \times P \times M}$$

donde

T = ml de NaOH usados en la titulación.

N = Normalidad de la solución de NaOH.

V = Volumen del filtrado

M = Alícuota del filtrado tomada para la titulación.

P = Peso de la muestra en gramos.

67 = peso equivalente del ácido málico.

1000 = ml de solución 1 N que contienen 1 equivalente de ácido málico.

100 = para expresar en por ciento.

### DETERMINACION DE TEXTURA

#### Instrumentos

- Penetrómetro manual marca R. Lusa, con el punzón de diámetro de 7/16" .

#### Técnica

La textura se determina presionando el fruto con el penetrómetro hasta romper la corteza y logre penetrar al fondo.

Las determinaciones se hicieron 3 en sobre la zona del diámetro mayor del fruto y 1 sobre la parte opuesta al pedúnculo.

#### Cálculos

La textura se reporta en Kg/cm<sup>2</sup> o lb/in<sup>2</sup>.

$$T = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi r^2}$$

donde

F = lectura obtenida

r = radio del punzón

### DETERMINACION DE SOLIDOS SOLUBLES

#### Instrumentos

- Refractómetro tipo Abbé ( Erma)
- Homogenizador (Virtis "23")

100 = para expresar en por ciento.

### DETERMINACION DE TEXTURA

#### Instrumentos

- Penetrómetro manual marca R. Lusa, con el punzón de diámetro de  $7\frac{1}{16}$  ".

#### Técnica

La textura se determina presionando el fruto con el penetrómetro hasta romper la corteza y penetrar a fondo el fruto.

Las determinaciones se hicieron sobre la zona del diámetro mayor del fruto y sobre la parte opuesta al pedúnculo se reportó el valor promedio.

#### Cálculos

La textura se reporta en Kg/cm<sup>2</sup> o lb/in<sup>2</sup>

$$T = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi r^2}$$

donde:

- F = lectura obtenida en kg o lb
- r = radio del punzón

### DETERMINACIÓN DE SOLIDOS SOLUBLES

#### Instrumentos

- Refractómetro tipo Abbé ( Erma)
- Homogenizador ( Virtis "23")

### Técnica

De la muestra homogenizada se toma una gota y se deposita en el refractómetro. La lectura se debe hacer a 20°C.

### Cálculos

La lectura directa del refractómetro reporta el % de sólidos solubles.

### DETERMINACION DE AZUCARES

Los azúcares se calcularon indirectamente del porcentaje de sólidos solubles, considerando que representan el 65% de los sólidos solubles (Winsor, 1966).

### DETERMINACION DE COLOR

El color visual de un material depende de la distribución espectral de la luz reflejada por él.

El color de un cuerpo puede ser definido por medio de 3 valores, que son los siguientes:

- 1.- Relación total de reflexión-absorción a todas las longitudes de onda, término conocido como luminosidad o valor.
- 2.- La longitud de onda que es reflejada en mayor proporción que se conoce como longitud de onda dominante o matiz. Representa el color que el observador es capaz de ver.
- 3.- La cantidad de reflexión de la luz a la longitud de onda dominante, conocida como pureza, fuerza, intensidad o saturación.

Para poder obtener estos 3 valores se han ideado dife-



rentes sistemas .

Uno de éstos es el que utiliza el espectrofotómetro de reflectancia con aditamentos especiales para determinar color en cuerpos opacos.

Utilizando este tipo de instrumentos se pueden obtener las curvas de reflectancia que consisten en medir la reflectancia de los cuerpos a rangos de longitud de onda específicos en el rango de los visibles.

El Comité Internacional de Iluminación (C.I.E.) ideó una forma de encontrar, a partir de estas curvas de reflectancia, los 3 parámetros para evaluar el color de un cuerpo, el método consiste en lo siguiente:

Considerar un observador estandar que puede ser entendido como un ojo estandar simulado. Consiste de 3 filtros de colores que tienen curvas de reflectancia perfectamente establecidas y siendo filtros de color ambar (X), verde (Y) y azul (Z).

Se obtiene la curva espectral de reflectancia del cuerpo en estudio y se combinan con los datos espectrales correspondientes a cada filtro ( X,Y,Z ).

De ésta forma se pueden obtener los llamados coeficientes tricromaticos (x,y). Los cuales se pueden interpolar en un diagrama de cromaticidad elaborado por el C.I.E., que comprende todos los posibles colores del espectro visible.

Esta interpolación permite obtener un punto en este diagrama, a partir del cual se pueden obtener la longitud de onda dominante ó matiz y la pureza ó saturación.

Existen otros métodos como el sistema Munsell, que consiste en varios discos de colores diferentes, que se seleccionan según el tipo de producto a analizar.

Los discos se hacen girar y sobreponer en diferentes proporciones hasta igualar el color del producto.

El color se reporta como el porcentaje de traslape de los discos.

A partir de los datos obtenidos en el sistema C.I.E. y con el uso de diagramas de cromaticidad para valores de luminosidad específicos se pueden obtener valores del sistema Munsell.

#### Instrumentos -

- Espectrofotómetro Baush and Lomb (Spectronic 20)
- Fuente de poder
- Cuerpo negro
- Celdas

#### Equipo

- Homogenizador (Virtis "23")

#### Técnica

Una vez homogenizada la muestra se obtuvo la curva de reflectancia del producto en el rango de luz visible a intervalos de 30 nm.

Por medio de una forma de cómputo (apéndice B) proporcionada en el manual del equipo se obtuvieron los coeficientes tricromáticos ( $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ ).

Los valores de  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  se interpolaron en el diagrama de cromaticidad (apéndice B, a), localizando el punto que representa el color correspondiente. Trazando una línea recta desde el foco, que corresponde a la fuente de iluminación) hasta la parábola.

Para cada punto localizado en el diagrama se puede -- trazar una línea recta que una el punto con el foco y se prolongue hasta los límites de la parábola. Todos los puntos localizados en esta recta corresponden a una misma longitud de onda dominante ó matiz y varían en cuanto a la pureza, la máxima pureza se encuentra sobre la parábola y la mínima pureza en el foco.

Para calcular la pureza del color, se mide la distancia del foco a la parábola y se divide entre la distancia del -- foco al punto de la muestra.

Se pasó al sistema Munsell por ser éste el más usado comercialmente, para la determinación del color, la mayoría de los colores reportados para jitomate se refieren en el sistema Munsell.

Para pasar al sistema Munsell sólo se localizaron los puntos x, y, en diagrama de cromaticidad correspondiente al valor 4, según datos obtenidos del sistema C.I.E. antes mencionados. El diagrama utilizado se muestra en el apéndice B,c.

RESULTADOS Y DISCUSION . ETAPA I

## DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados aquí presentados son el promedio del total de análisis realizados.

El jitomate presenta un patrón de respiración climatérico, como lo ilustra la gráfica #1, manifestando su máximo climaterio al 10º día después de haber sido cosechado y cuya velocidad máxima de respiración fue de: 73.08 mg CO<sub>2</sub> por kg - hr.

Presenta un tiempo de vida de 18 días, en los cuales ocurren cambios significativos que son tomados como índices para evaluar su proceso de maduración.

Alcanza la madurez comercial a los 14 días después de la cosecha. Del 14º al 18º día aún no presenta daños, tiene buena apariencia, pero a partir del 18º día el fruto sufre un arrugamiento excesivo y algunos presentan daños por ataque microbiano.

Las pérdidas de peso durante la maduración del jitomate, gráfica #2, es progresiva. Durante la etapa preclimaterica no es muy notable, la mayor pérdida de peso se efectúa en la etapa postclimaterica, presentando una pérdida de peso total de 8.63%, causando un arrugamiento notorio a partir del 18º día después de cosechado.

La acidéz titulable muestra una tendencia a disminuir durante el proceso de maduración, gráfica #3, presentando un aumento al 7º día después de haber sido cosechado, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar el valor de 0.482%.

El incremento de acidez se presenta en el punto en don de aparece el cambio de color amarillo-verdoso.

Como era de esperarse, de acuerdo a la disminución de acidez, el pH aumentó, este fué casi constante presentando un ligero incremento entre el 6° y 8° día durante el proceso de maduración, gráfica # 4, y permaneciendo constante en el máximo climatérico.

El pH máximo obtenido fué de 5.5, correspondiendo al 18° día después de la cosecha, creando condiciones favorables para reacciones catabólicas y ataque microbiano.

Los cambios en la textura, que ocurren durante la madu ración del jitomate, gráfica # 5, son graduales en la prime ra etapa climatérica, las mayores pérdidas de textura se re gistran en la etapa postclimatérica teniendo como mínima -- textura 5.9 Kg/cm<sup>2</sup> factor que nos indica tener cuidado en -- el tratamiento mecánico del fruto.

Los sólidos solubles y por ende los azúcares, presen-- tan un incremento gradual y constante durante la maduración del fruto, gráfica # 6. No encontrándose ningún cambio noto rio en alguna de las etapas del patrón respiratorio.

El proceso de maduración del jitomate presenta cambios suficientemente notorios en cuanto al color, esto nos permi tió establecer un patrón cromático, cuadro # 12. Los resul-- tados obtenidos nos ayudan a establecer estados fisiológi-- cos en función del color que presenten los frutos y así po-- derlos asociar a los cambios químicos y físicos correspon-- dientes a los diferentes estados fisiológicos.

De acuerdo a estos resultados se pueden establecer los valores de los índices tomados como parámetros para evaluar la maduración.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Máxima velocidad de respiración 0          | 73.08 <u>mg CO</u><br>kg-hr.         |
| Máxima pérdida de peso *                   | 8,63 %                               |
| Mínima acidez titulable *                  | 0.482 %                              |
| Máximos sólidos solubles *                 | 6.2 %                                |
| Máxima cantidad de azúcares *              | 4.03%                                |
| Mínima textura *                           | 5.9 Kg/ cm <sup>2</sup>              |
| Color *                                    | naranja-rojiso                       |
| Tiempo en que alcanza la madurez comercial | 14 días después de<br>de la cosecha. |
| Vida del producto                          | 18 días                              |

0 Al llegar al máximo climaterico ( a los 10 días)

\* En la madurez comercial

Cuadro # 10 Cambios durante la maduración del jitomate  
Velocidad de respiración y pérdida de peso.

| Tiempo<br>días | Velocidad de resp.<br>mgCO <sub>2</sub> / kg hr | Pérdida de peso<br>% |
|----------------|---|----------------------|
| 3              | 31.78   | 0.076                |
| 4              | 44.53   | 0.39                 |
| 5              | 58.00   | 0.82                 |
| 7              | 64.8  | 2.02                 |
| 8              | 64.9  | 3.17                 |
| 10             | 73.08   | 3.67                 |
| 11             | 69.84   | 4.08                 |
| 12             | 68.0  | 4.5                  |
| 13             | 56.5  | 5.07                 |
| 14             | 45.8  | 5.73                 |
| 15             | 46.1  | 7.10                 |
| 17             | 35.2  | 7.81                 |
| 18             | 29.0  | 8.63                 |

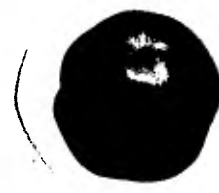
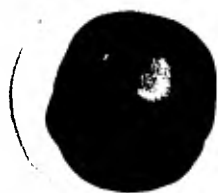


Cuadro # 11 Cambios durante la maduración del jitomate; acidez, pH, textura, sólidos solubles y -- azúcares.

| tiempo<br>días | Acidez T.<br>% * | pH  | Textura<br>Kg/cm <sup>2</sup> | S. Sol.<br>% | Azúcares<br>% |
|----------------|------------------|-----|-------------------------------|--------------|---------------|
| 3              | 0,94             | 3.5 | 24.6                          | 4.0          | 2.6           |
| 4              | 0.790            | 3.6 | 22.4                          | 4.1          | 2.67          |
| 5              | 0.726            | 3.8 | 21.6                          | 4.2          | 2.73          |
| 7              | 0.780            | 4.2 | 21.2                          | 4.5          | 2.92          |
| 8              | 0.790            | 4.4 | 18.1                          | 4.8          | 3.12          |
| 10             | 0.783            | 4.5 | 17.4                          | 4.9          | 3.19          |
| 11             | 0.690            | 4.6 | 16.3                          | 4.9          | 3.19          |
| 12             | 0.621            | 4.8 | 14.1                          | 5.0          | 3.25          |
| 13             | 0.563            | 4.8 | 11.3                          | 5.2          | 3.38          |
| 14             | 0.530            | 5.0 | 9.9                           | 5.5          | 3.57          |
| 15             | 0.53             | 5.2 | 9.1                           | 5.8          | 3.77          |
| 17             | 0.482            | 5.5 | 7.48                          | 6.0          | 3.9           |
| 18             | 0.482            | 5.5 | 5.9                           | 6.2          | 4.03          |

\* como ácido málico

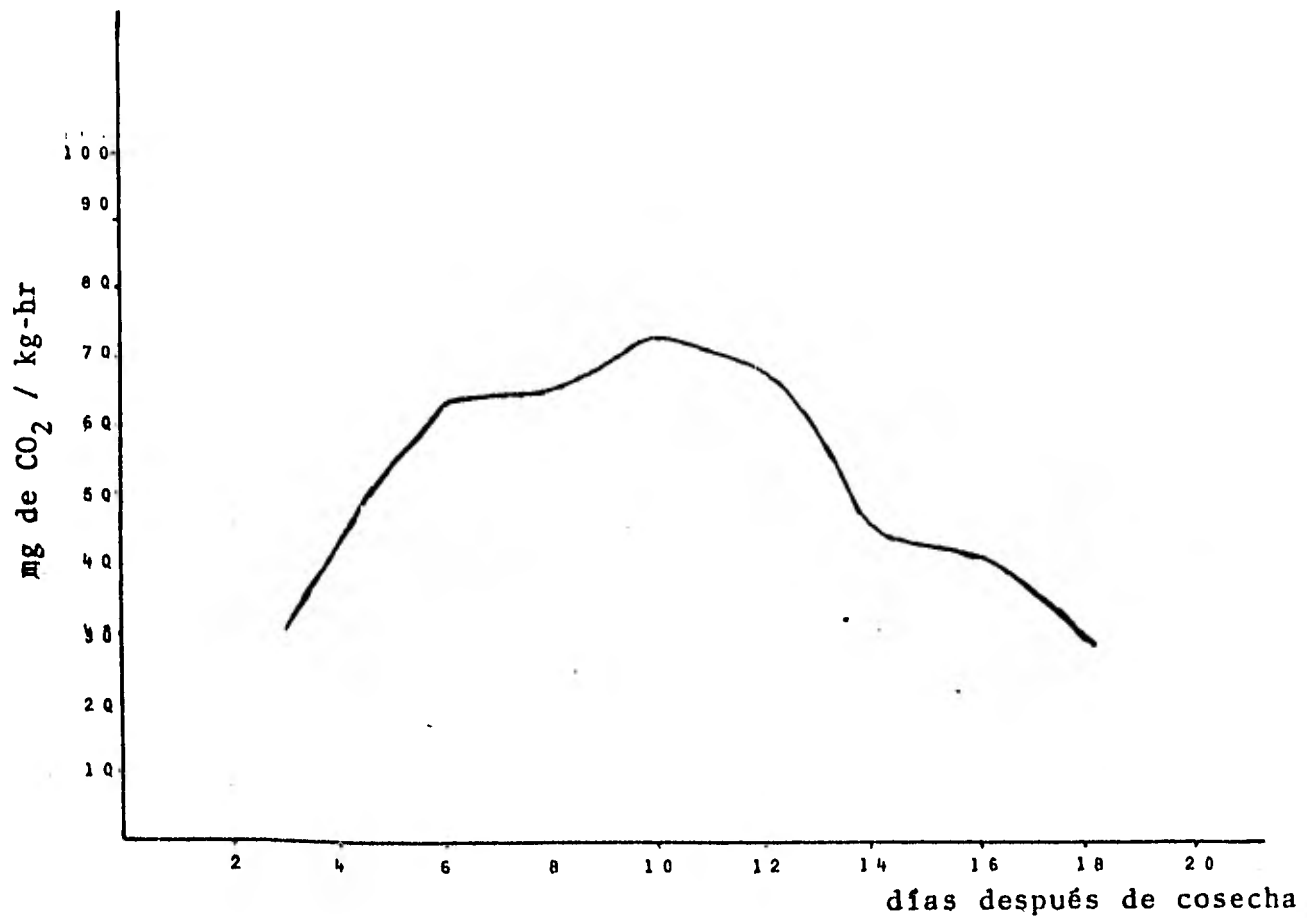
Cuadro #12 Cambios de color durante la maduración del -jitomate, variedad "Floradel".



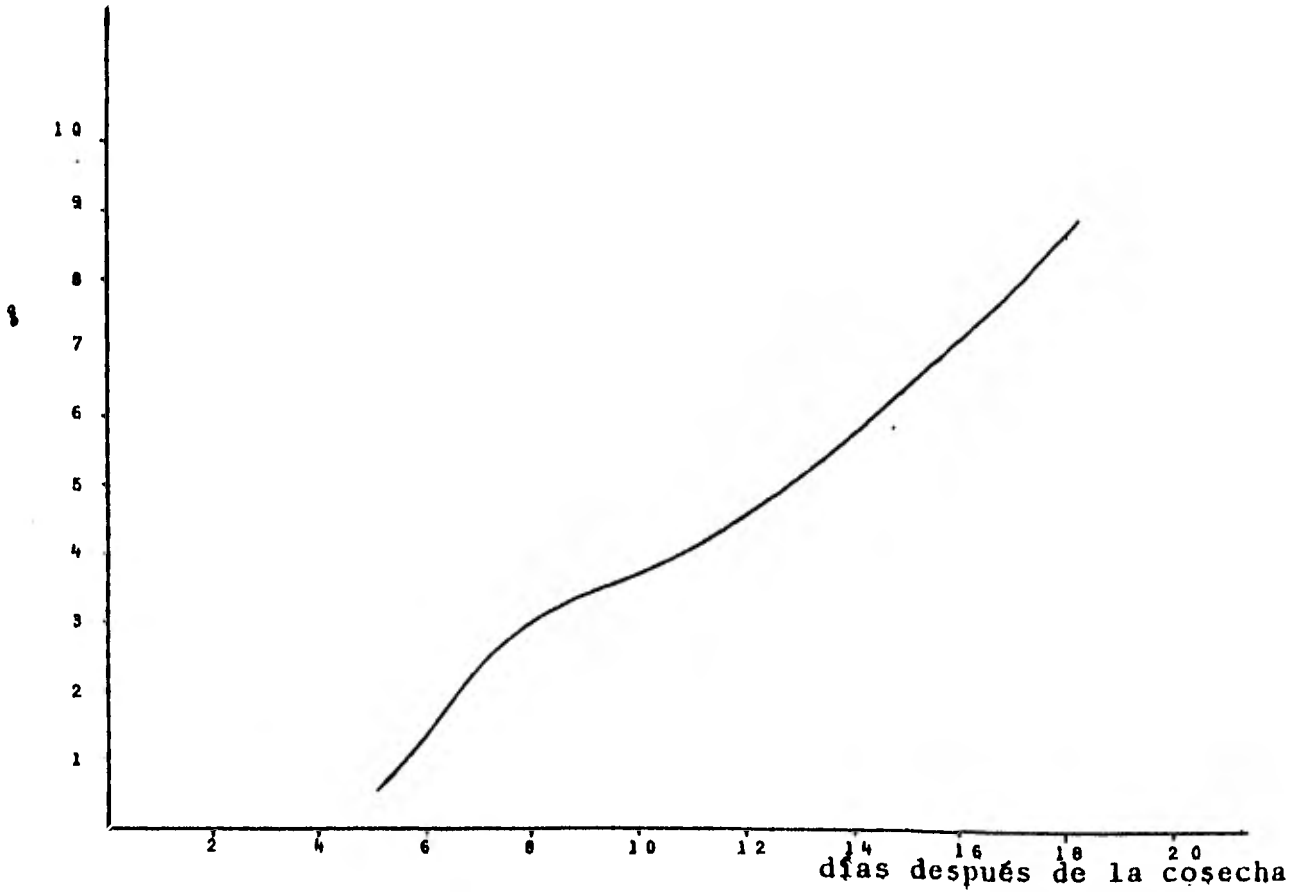
|              |                |                  |             |
|--------------|----------------|------------------|-------------|
| Edo. fisiol. | Verde-Maduro   | Rompiente        | Oscilante   |
| C.I.E        | Verde-Amarillo | Amarillo-Verdoso | Amarillo    |
| Munsell      | 7 YG 4/1.5     | 5 YG 4/1.5       | 2.5 Y 4/0.6 |



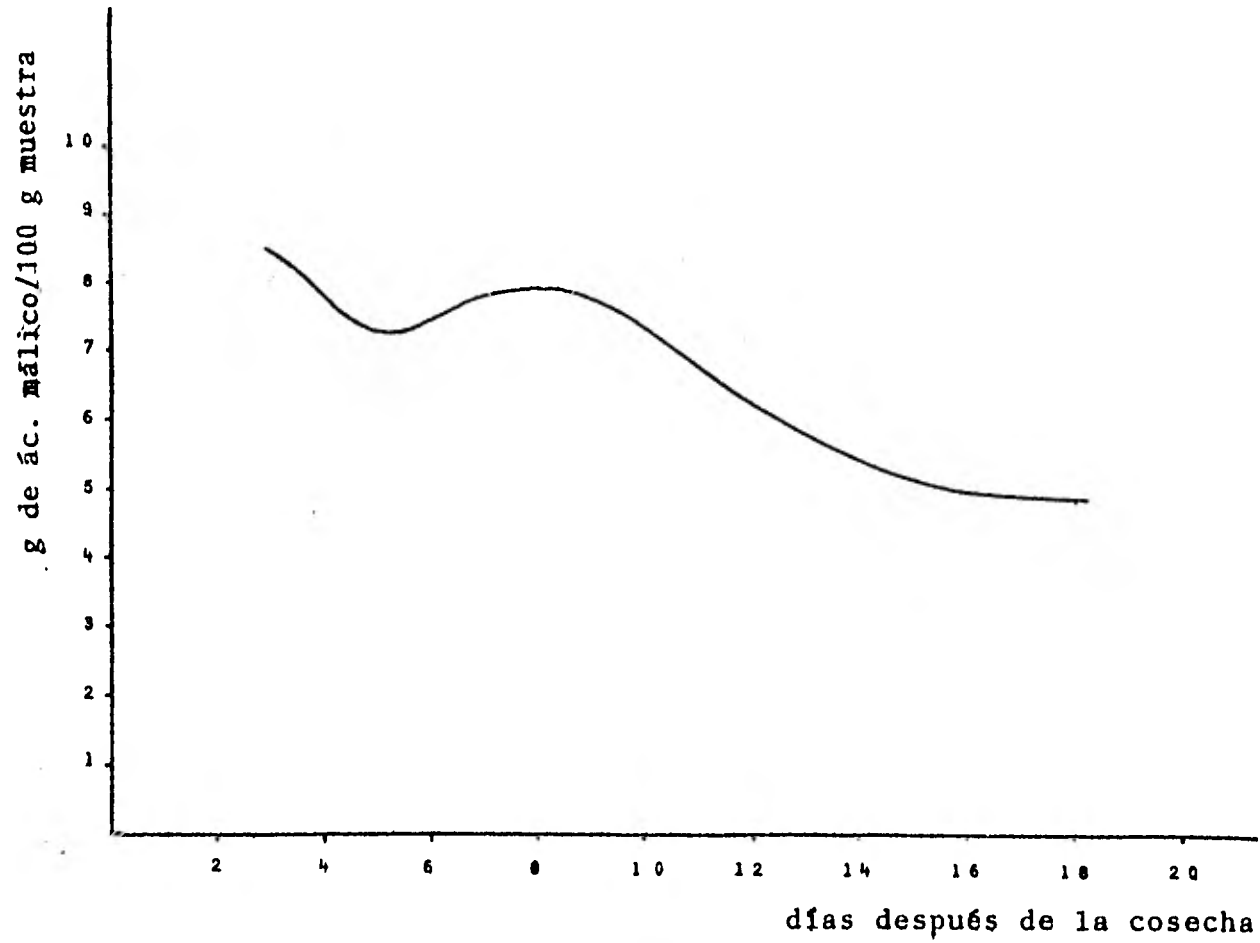
|              |                    |            |                |
|--------------|--------------------|------------|----------------|
| Edo. fisiol. | Rosa               | Rojo Claro | Rojo           |
| C.I.E.       | Naranja-Amarilliso | Naranja    | Naranja-Rojiso |
| Munsell      | 6 YR 4/0.5         | 5 YR 4/0.8 | 7 R 4/1.0      |



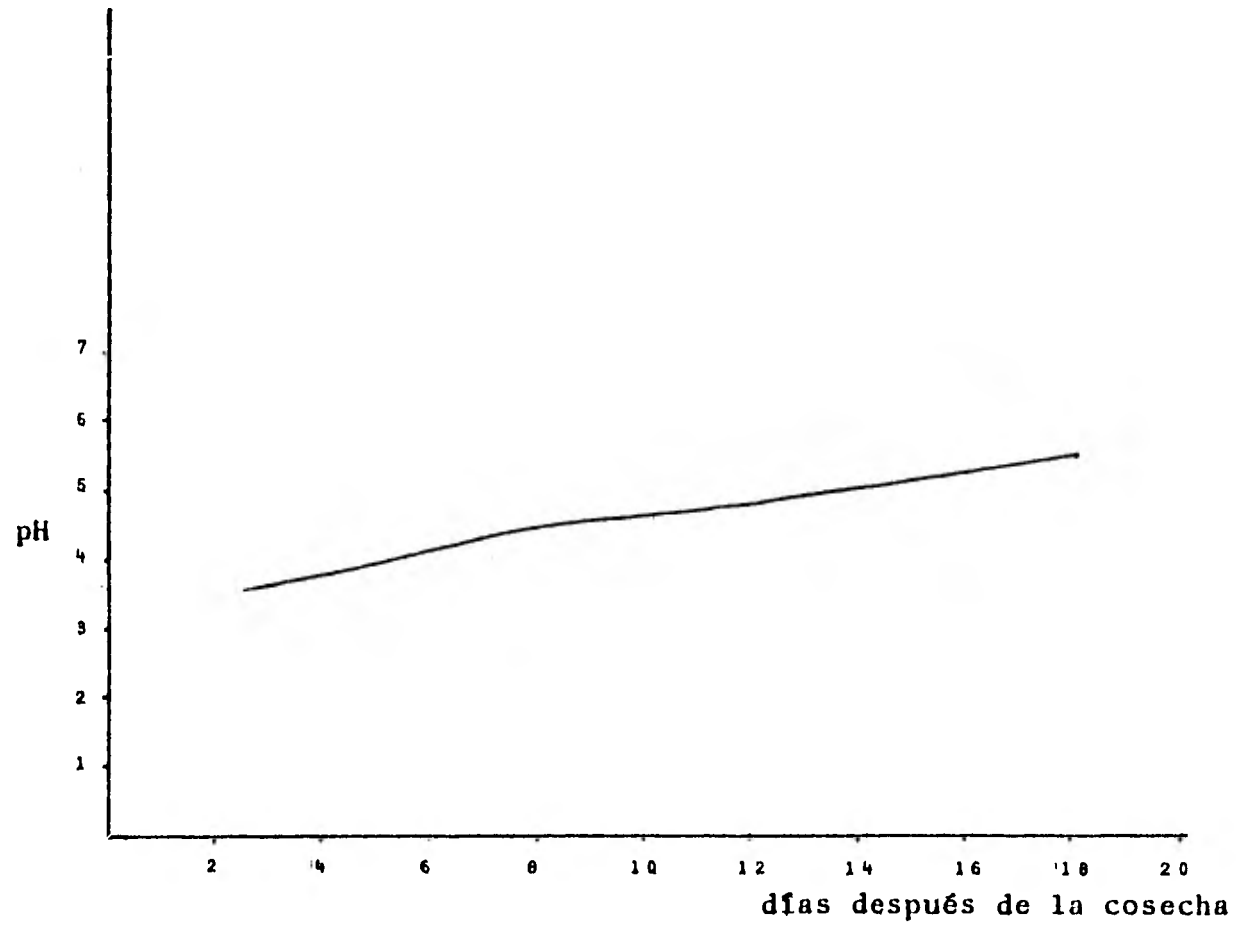
Gráfica#1 .Patrón respiratorio del jitomate variedad "Floradel"  
 Temperatura ambiente (21°C).



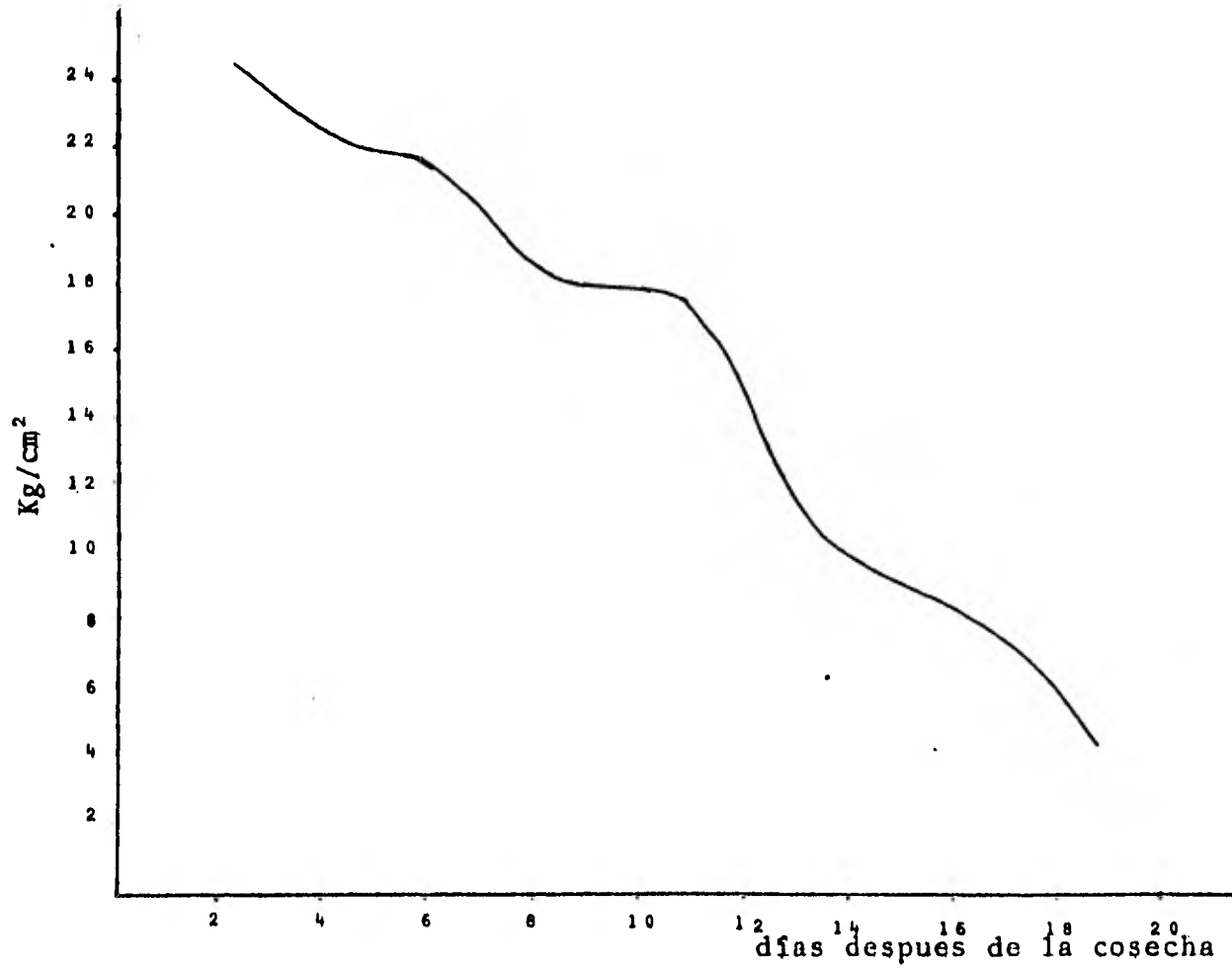
Gráfica# 2 .Pérdidas de peso durante la maduración del jitomate.



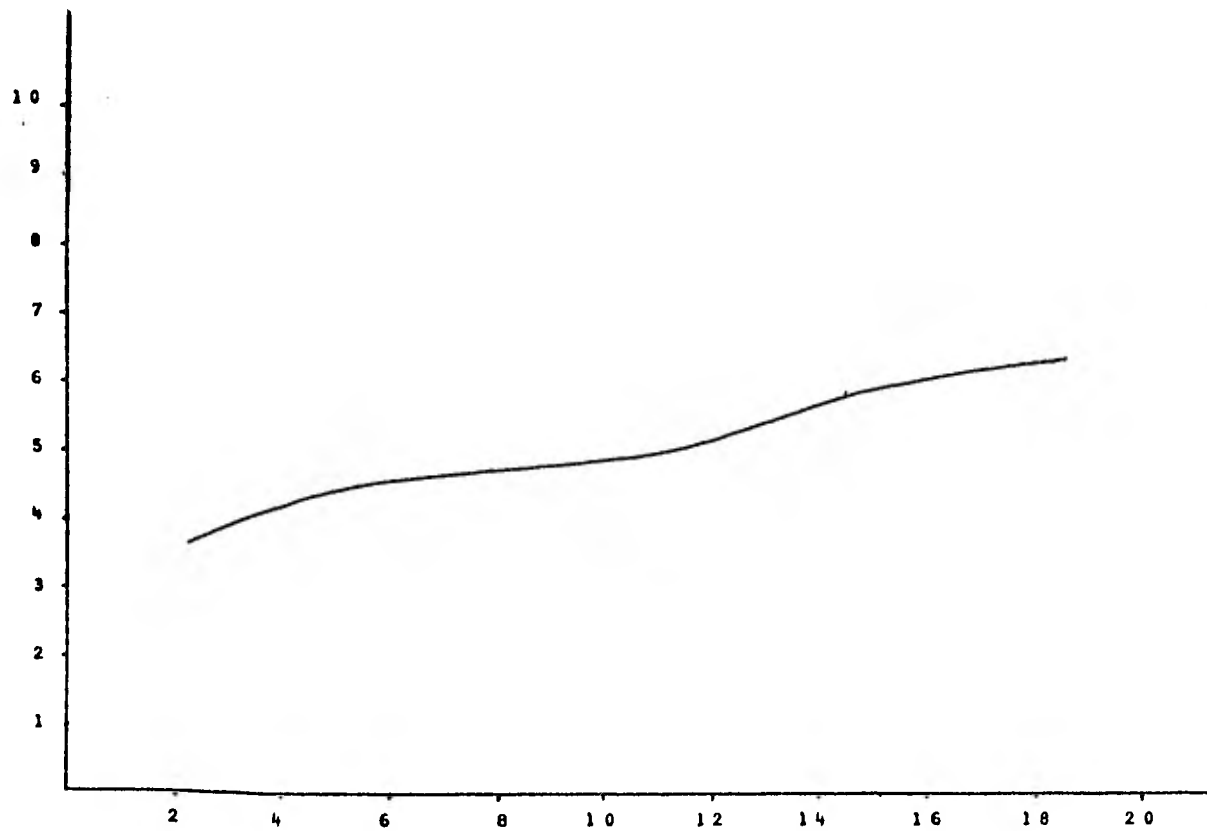
Gráfica # 3 .Cambios de acidéz durante la maduración del jitomate.



Gráfica # 4 . Cambios en el pH durante la maduración del jitomate.



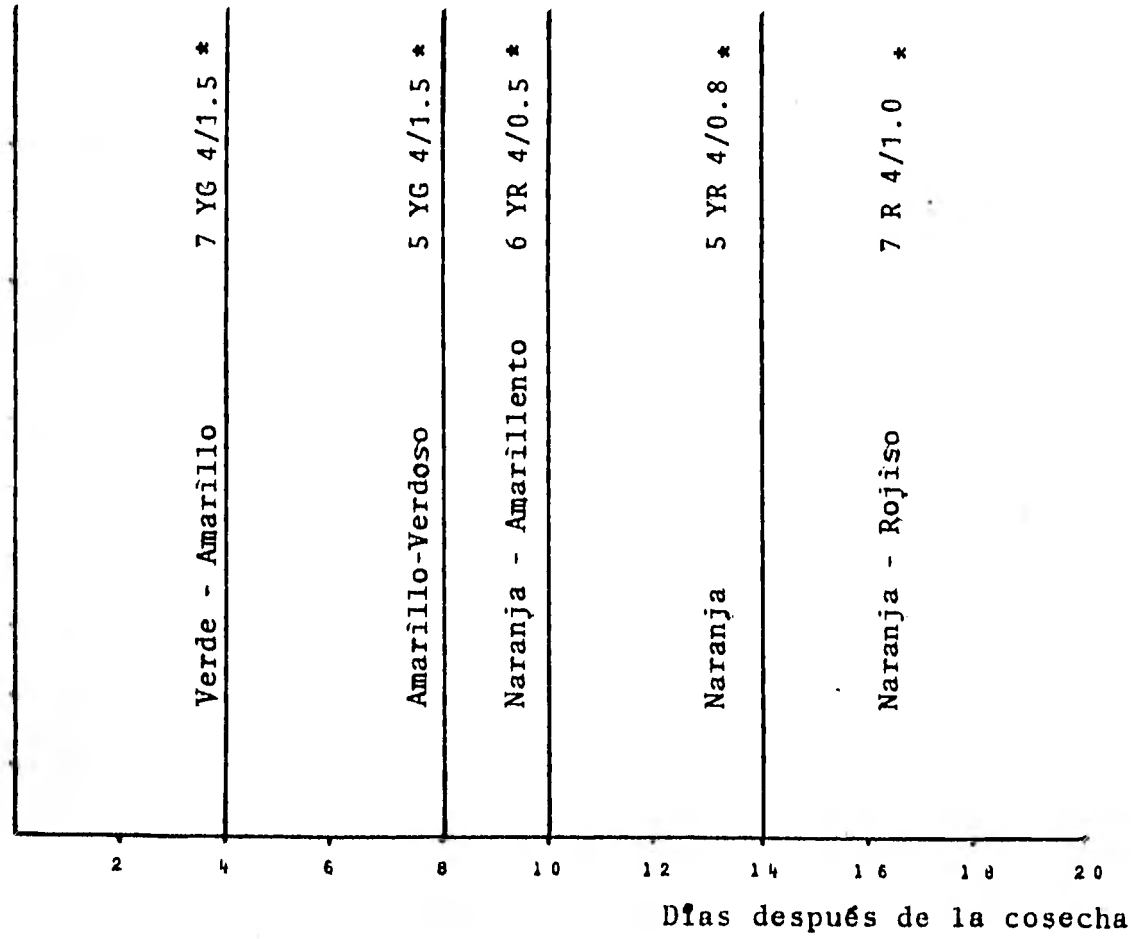
Gráfica#5 . Cambios en textura durante la maduración del jitomate.



días después de la cosecha

Gráfica # 6 . Cambios en sólidos solubles durante la maduración del jitomate.





Figura#7. Cambios de color durante la maduración del jitomate  
 \* sistema Munsell .

E T A P A      I I

## ESTUDIO DE LA RESPIRACION EN CAMARAS HERMETICAS

El objeto de esta etapa fué conocer la velocidad de producción de  $\text{CO}_2$  conforme al consumo de  $\text{O}_2$ , para ver hasta que concentraciones de éstos gases el coeficiente respiratorio deja de ser 1, lo cual indicará que el metabolismo normal ha sido afectado por haber rebasado una de las posibles combinaciones críticas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

Es fundamental hacer notar que con este estudio se obtendrá una combinación crítica, lo cual no significa que sea la única, ya que si se efectúan estudios en donde, sin depender de la velocidad de respiración del fruto, se almacena éste a diferentes concentraciones de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ , se pueden obtener concentraciones críticas independientes para cada gas, las cuales pueden ser diferentes de las obtenidas en este estudio.

La combinación crítica obtenida nos dará una de las posibles atmósferas de almacenamiento adecuadas para retardar la maduración, para la cual se seleccionará una película plástica y el tipo de ayudas necesarias para alcanzar dicha atmósfera.

Se determinará también la velocidad de producción de vapor de agua debida a la transpiración, ya que es un factor muy importante para la selección de la película y la necesidad de ayudas.

Considerando como el tiempo de maduración normal del jitomate de 14 días y dando un margen de 4 días por lo que

se logre alargar la maduración en las cámaras herméticas, - se tuvo un tiempo total de 18 días de almacenamiento.

Las cámaras de respiración herméticas usadas fueron -- frascos de vidrio de 3.78 litros con tapa de metal recubiertas de corcho en el interior, con un orificio en la tapa en el que se colocó un tubo de cobre con una manguera y una válvula para la toma de muestra gaseosa. La tapa fué sellada por el exterior con silicón. (figura#9 ).

-Considerando que el volumen de muestra necesario para el análisis de gases es de 100 ml., se decidió que cada cámara proporcionará la muestra máximo 3 veces para evitar -- condiciones hipobáricas. Por lo anterior se necesitaron 6 - cámaras.

- Para controlar la Humedad Relativa en el interior, - se colocó un recipiente de vidrio con 11.0 gramos de  $\text{CaCl}_2$ . Teniéndose una humedad relativa entre 80 - 85 % ( se midió al final del trabajo en una cámara al momento de abrirla).

- El agua que se acumuló dentro del recipiente con el  $\text{CaCl}_2$  fue pesada al final del estudio para, en base a esto calcular la velocidad de transpiración.

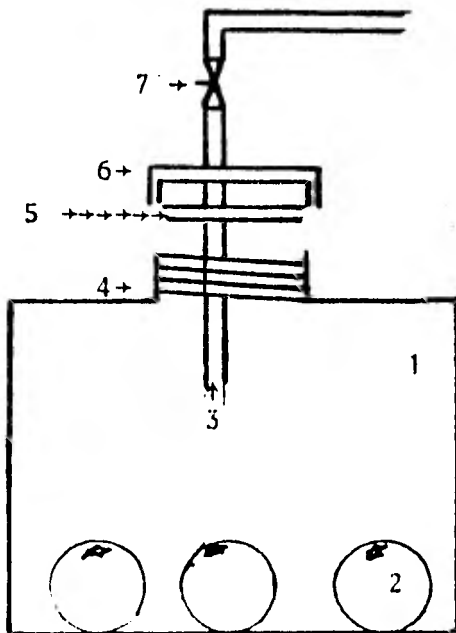
- Se tomó muestra gaseosa diariamente, y cada 3 días, muestra de fruto para análisis de: textura, color, pH, acidez titulable y °Bx. La muestra se tomó de 2 jitomates y cada análisis se efectuó por triplicado, reportándose el promedio.

Con los datos de la concentración gaseosa diaria se calculó el coeficiente respiratorio, como sigue:

$$\text{C.R.} = \text{CO}_2 \text{ producido} / \text{O}_2 \text{ consumido}$$

del día  $X_1$  al día  $X_2$

$$C.R. = \frac{(CO_2)_{X_2} - (CO_2)_{X_1}}{(O_2)_{X_1} - (O_2)_{X_2}}$$



- 1.- cámara de vidrio.
- 2.- frutos.
- 3.- tubo de toma de muestra gaseosa.
- 4.- Rosca del frasco donde lleva el silicón.
- 5.- Tapa de corcho.
- 6.- tapa del frasco.
- 7.- válvula para regular la salida del gas.

Figura # 9. Cámara de respiración.

## ANALISIS DE GASES

Se utilizó para este fin un analizador de gases, cuyo fundamento se basa en hacer pasar una muestra gaseosa a través de una solución de hidróxido de potasio en la cual se absorbe el  $\text{CO}_2$  de la muestra, después se hace pasar el resto de la muestra a través de una solución de pirogalol alcalino en la cual se absorbe el  $\text{O}_2$  de dicha muestra y por diferencia de volumen se determina el porcentaje de cada uno de los gases analizados.

### Equipo

Analizador de gases Orsat modelo D. (Fisher)

Soluciones y reactivos.

Pirogalol alcalino

Hidróxido de Potasio al 33%

### Técnica

#### Muestreo

Recolectar el gas, evitando que esté contaminado, llevándose directamente al analizador a través de un tubo de muestreo.

Transferencia de muestra gaseosa al aparato.

- 1.- Nivelar el tubo múltiple con nitrógeno, remover el oxígeno y bióxido de carbono de una muestra de aire, o permitir la inercia de la muestra provista a permanecer en el tubo multiple.
- 2.- Procurar que el nivel del líquido en la probeta dé la marca más alta de graduación (100 ó 0 ml) y cerrar el -

tubo multiple.

3.- Conectar el tubo de muestreo a la llave de entrada usando tubos de vidrio capilares del tipo L o U.

4.- Limpiar las conexiones permitiendo que de 10 a 15 ml. de la muestra salga lentamente hasta la primera llave, agitando el nivel del tubo conectado al contenedor de la muestra.

Nota: Se debe manejar un volumen de 100 ml., éste capacita al operador a obtener el porcentaje directamente de la lectura de la probeta.

Absorción de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$

Los componentes removidos por absorción directa en el siguiente orden: dióxido de carbono, hidrocarburos insaturados, oxígeno y monóxido de carbono.

1.- Abrir la válvula del tubo al que se refiera.

2.- Levantar la botella medida hasta que el principio de la curva esté en el mismo plano horizontal que la más alta graduación de la probeta.

3.- Permitir que el exceso del gas escape suavemente a la atmósfera por el camino de la llave en la probeta y el tubo de muestreo.

4.- Cerrar la llave cuando la curva en la probeta haya llegado a la parte más baja.

5.- Permitir que la probeta se vacíe por solo un minuto.

6.- Finalmente, fluir el reactivo otra vez a la marca de referencia, cerrar la válvula comunicada con la pipeta y leer el volumen.

Usualmente tres o cuatro pasos serán suficientes para

el bióxido de carbono, seis o más pasos son requeridos para los otros componentes como oxígeno y monóxido de carbono cuando se requieren 12 pasos para el oxígeno se debe descartar el reactivo.

Cálculos

$$\% \text{ componente} = \frac{\text{decremento en volumen}}{\text{volumen de la muestra}} \times 100$$



RESULTADOS Y DISCUSION

ETAPA II

## DISCUSION DE RESULTADOS

La gráfica # 7, muestra que el jitomate presenta un -- coeficiente de respiración igual a la unidad, constante hasta una concentración entre 8.8-7.6 de O<sub>2</sub> y 12-14% de CO<sub>2</sub>, - rebasar este límite implicará un coeficiente de respiración mayor a 1, lo cual crearía condiciones de transición entre la competencia por reacciones aeróbicas y anaeróbicas en -- las cuales se producirían alcoholes y aldehídos. Por lo --- cual, para tener un margen de seguridad, la mezcla gaseosa crítica se establecerá en:

10 % de CO<sub>2</sub>

11 % de O<sub>2</sub>

Esta condición se logra al 5º día de almacenamiento en éste tipo de cámaras.

La evolución atmosférica, como se observa en la gráfica # 8, muestra el equilibrio de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> respectivamente, durante la vida de nuestro producto, en condiciones de temperatura ambiente.

De la gráfica # 9 a la # 12, se presentan todos los -- cambios que ocurren durante el almacenamiento de jitomates en este tipo de atmósfera (rica en CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>). Haciendo un análisis de éstos resultados podemos resaltar la influencia de la atmósfera sobre las reacciones metabólicas indicando que no existe cambio sobre las reacciones, su influencia es básicamente retardándolas.

Los cambios en color son uno de los índices más notorios que nos ayudan a evaluar el uso de atmósferas controladas. Como se muestra en la figura # 10, se presenta el cam-

bio de color normal más lentamente. Si lo comparamos con el color que correspondería al tiempo en una maduración normal (ambiente), se diría que en estas condiciones, se está alargando 7 días más el tiempo de maduración, ya que el color que presenta en jitomate en las cámaras a los 14 días de haber sido almacenado corresponde al estado fisiológico que el jitomate, en condiciones ambientales, alcanzaría al octavo o noveno días después de haber sido cosechado.

Con los datos de las concentraciones gaseosas diarias y con la cantidad total de agua transpirada, se pueden calcular las velocidades de producción de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  así como el consumo de  $\text{O}_2$  (promedio) las cuales servirán, junto con las concentraciones críticas, para los cálculos de selección de la película.

#### Cálculo de la velocidad media de respiración

La intensidad media de emisión de  $\text{CO}_2$  del jitomate fue calculada a partir de los datos siguientes:

- volumen de los frascos = 4 litros ( vol. global)
- masa del producto = 0.360 kg.
- tiempo necesario en alcanzar las concentraciones deseadas = 120 hrs. ( al 6° día)
- concentración deseada = 10%

$$R_{(\text{CO}_2)} = 9.25 \text{ cm}^3 / \text{kg-hr.}$$

Intensidad media de consumo de oxígeno del jitomate

- volumen de los frascos = 4 lts.
- masa de producto = 0.360 kg.
- tiempo = 120 hrs.
- concentración deseada = 11%

$$R_{(O_2)} = 10.135 \text{ cm}^3 / \text{kg-hr}$$

Considerando que ya se tiene el jitomate en el empaque adecuado, cuando se alcancen las concentraciones deseadas se debe llegar al equilibrio. Conociendo la intensidad media de respiración, se puede calcular el flux que deberá tener cada gas.

En estas condiciones el flux de cada gas es igual a la intensidad media respiratoria.

De tal forma que el flux de  $CO_2$  saliendo del empaque será:

$$\text{Flux}_{(CO_2)} = \frac{9.25 \text{ cm}^3}{\text{kg-hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg.}} = 2.56 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} - \text{kg.}}$$

El flux de  $O_2$  entrando al empaque será:

$$\text{Flux}_{(O_2)} = \frac{10.185 \text{ cm}^3}{\text{kg-hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg.}} = 2.83 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} - \text{kg.}}$$

La velocidad media de producción de agua se calculó de la siguiente forma:

El aumento de peso en el recipiente que tenía el  $CaCl_2$  fué de 11.2 g. y representa el agua transpirada e 28 días -

por los 0.360 kg. de jitomate almacenados.

El flux de vapor de agua es:

$$\text{Flux}_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{11.2\text{g}}{360\text{g} \cdot 28\text{ d.}} \times \frac{1\text{ dfa}}{24\text{ hr.}} \times \frac{1\text{ hr}}{3600\text{ s.}} = 1.3 \times 10^{-5} \frac{\text{cm}^3}{\text{kg-s}}$$

Base de cálculo para la selección de la película plástica.

$$\text{Flux de CO}_2 = 2.56 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 / \text{kg-s.}$$

$$\text{Flux de O}_2, = 2.83 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 / \text{kg-s.}$$

$$\text{Flux de H}_2\text{O} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ cm}^3 / \text{kg-s.}$$

Concentraciones crfíticas

$$\text{Concentración de CO}_2 = 10 \%$$

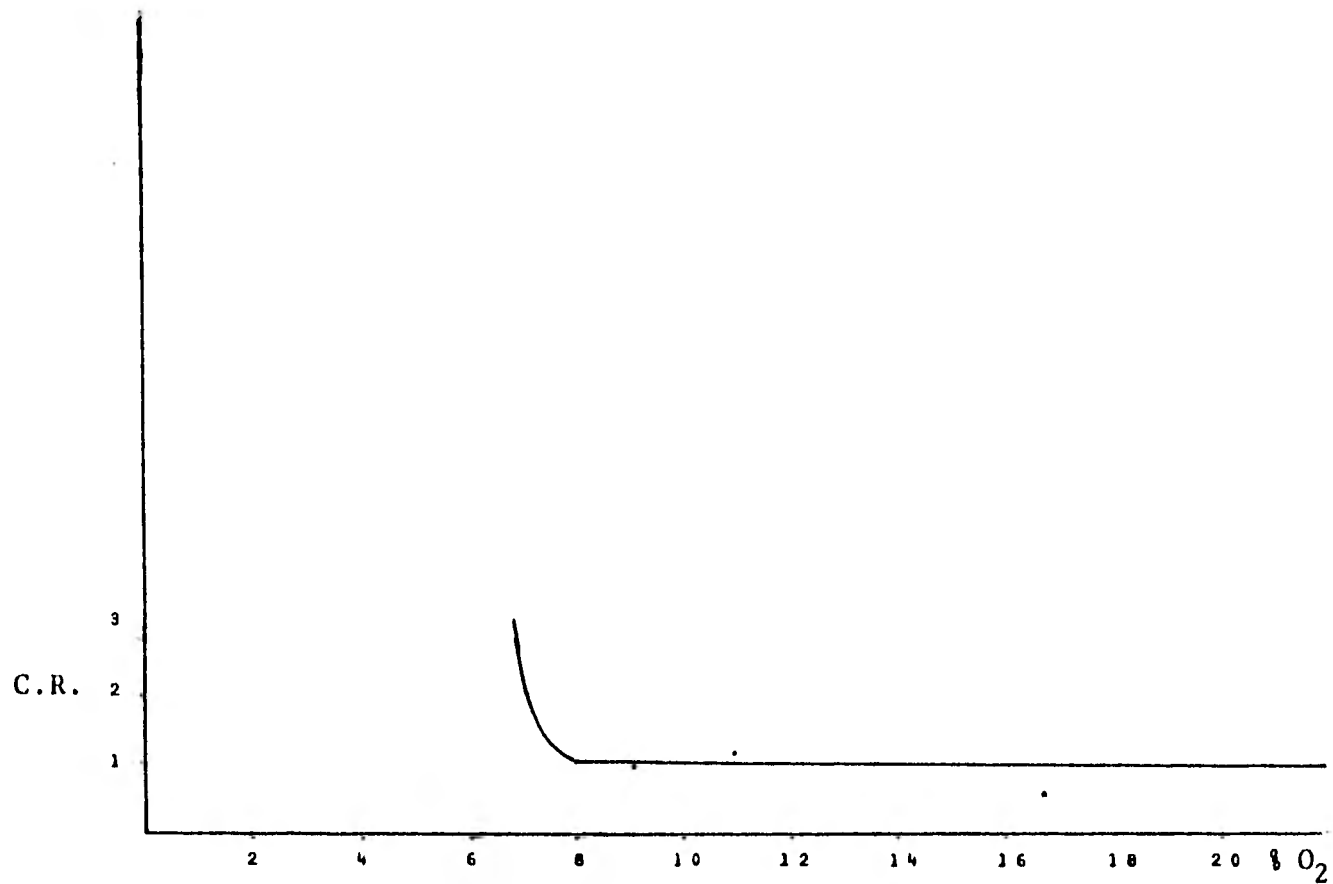
$$\text{Concentración de O}_2 = 11 \%$$

Cuadro # 13. Estudio de la evolución atmosférica producida por el jitomate ( T=21°C)

| tiempo de almacenamiento<br>días | Estado Fisiológico<br>ambiente | Fisiológico<br>cámaras | Composición<br>Atmosférica |                 | Coeficiente<br>Respiratorio |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
|                                  |                                |                        | %CO <sub>2</sub>           | %O <sub>2</sub> |                             |
| 1                                | verde -<br>maduro              | verde-<br>maduro       | 3.6                        | 18.0            | 1.1                         |
| 2                                | rompiente                      | verde-<br>maduro       | 4.2                        | 16.6            | 0.42                        |
| 4                                | oscilante                      | verde-<br>maduro       | 9.0                        | 11.8            | 1.0                         |
| 5                                | oscilante                      | rompiente              | 9.8                        | 11.2            | 1.3                         |
| 6                                | rosa                           | rompiente              | 11.0                       | 10.2            | 1.0                         |
| 7                                | rosa                           | rompiente              | 12.0                       | 8.8             | 0.83                        |
| 8                                | rojo-<br>claro                 | oscilante              | 14.0                       | 7.6             | 1.43                        |
| 12                               | rojo                           | oscilante              | 14.4                       | 7.4             | 2.0                         |
| 13                               | rojo-                          | oscilante              | 14.6                       | 7.3             | 2.0                         |
| 14                               | rojo                           | rosa                   | 14.8                       | 7.2             | 2.0                         |
| 15                               | rojo                           | rosa                   | 15.4                       | 7.0             | 3.0                         |

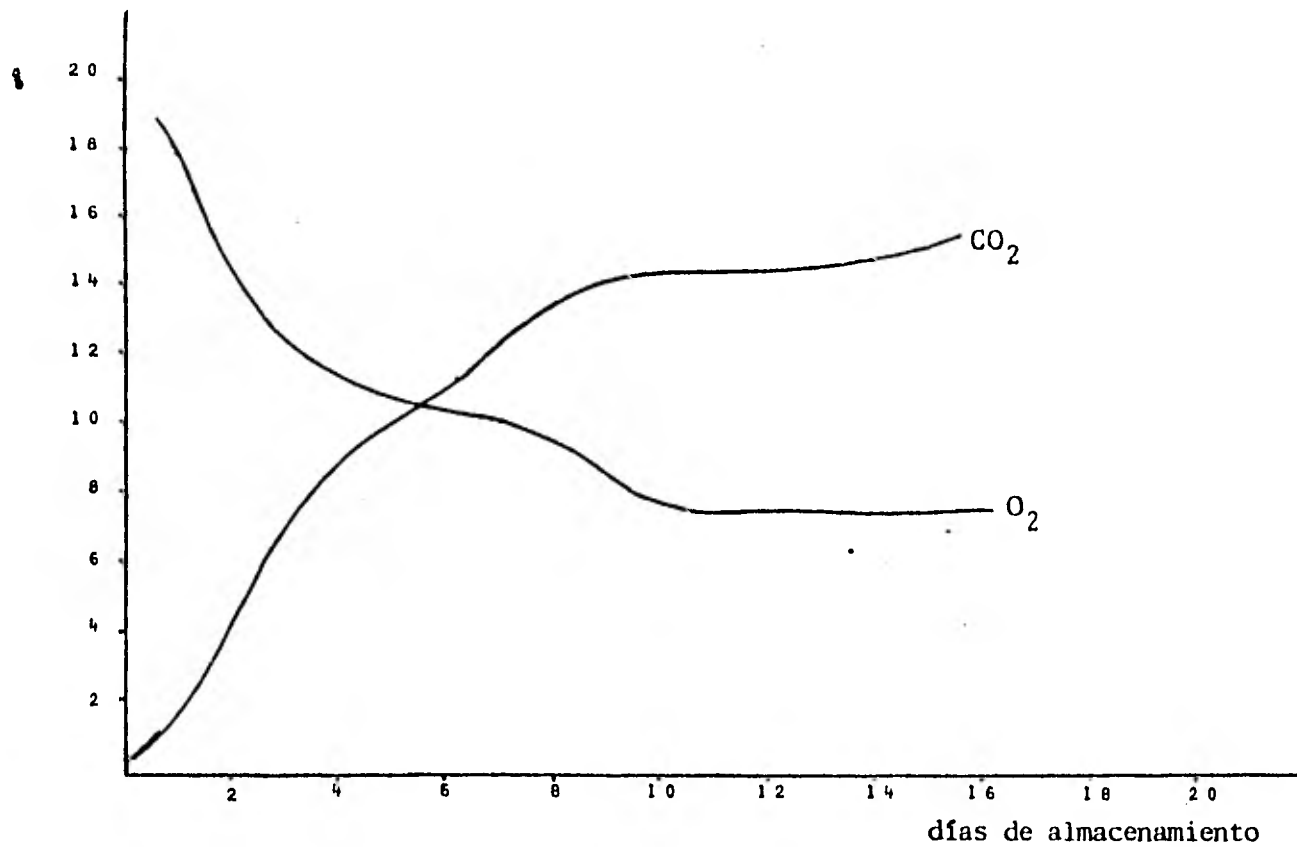
Quadro # 14. Cambios en la maduración del jitomate, durante el almacenamiento en cámaras herméticas ( atmósfera rica en CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>)

| tiempo de almacenamiento | Textura<br>kg/ cm <sup>2</sup> | pH  | Acidez T.<br>% | Sólidos Sol.<br>°Bx. |
|--------------------------|--------------------------------|-----|----------------|----------------------|
| 1                        | 22.4                           | 3.8 | 0.94           | 4.5                  |
| 3                        | 18.6                           | 4.0 | 0.84           | 4.7                  |
| 6                        | 15.0                           | 4.3 | 0.72           | 5.1                  |
| 9                        | 13.2                           | 4.5 | 0.67           | 5.2                  |
| 12                       | 11.9                           | 4.6 | 0.58           | 5.5                  |
| 15                       | 10.3                           | 4.8 | 0.49           | 6.0                  |

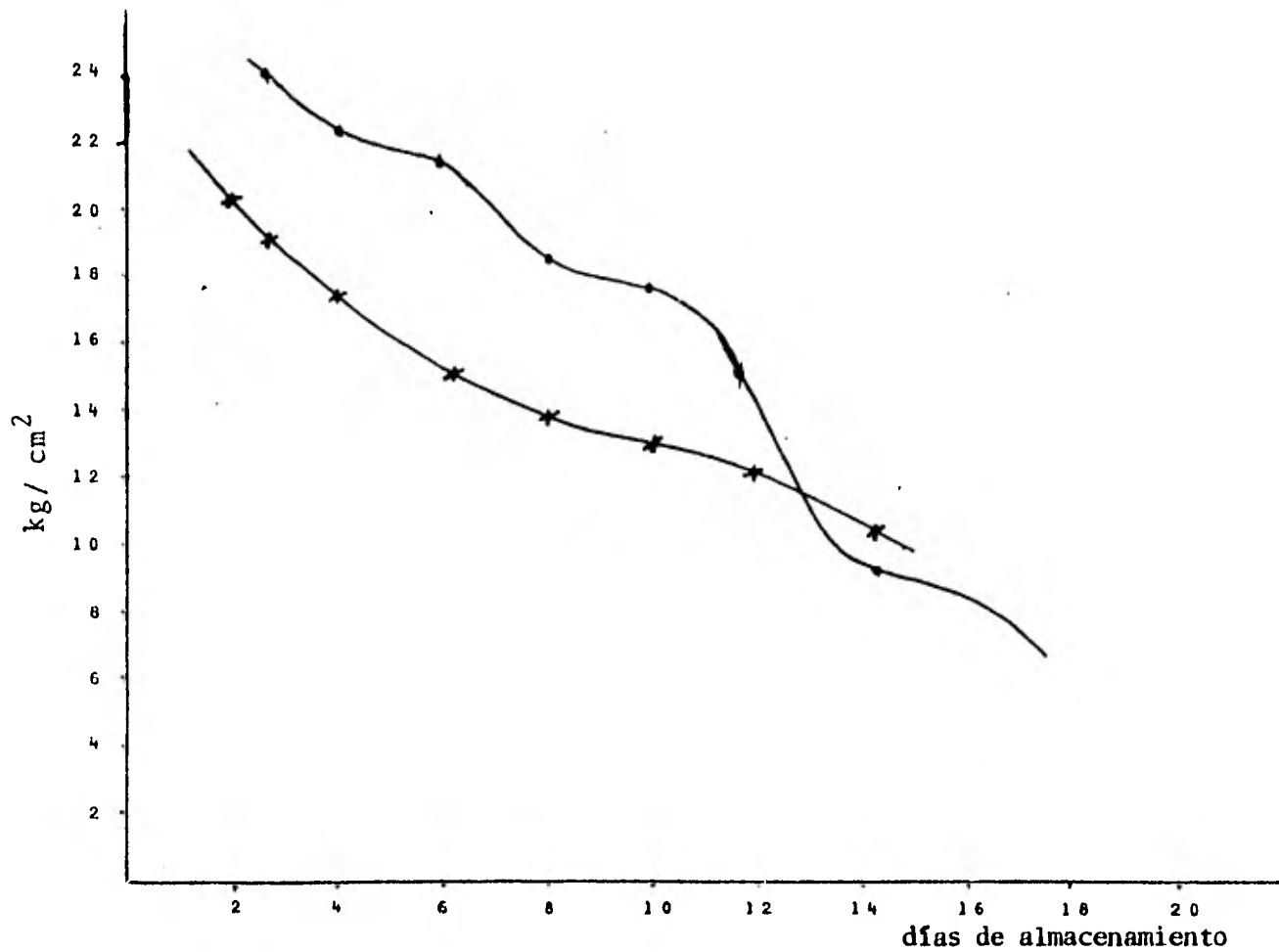


Gráfica#7. Coeficiente de respiración del jitomate. (T=21°C)

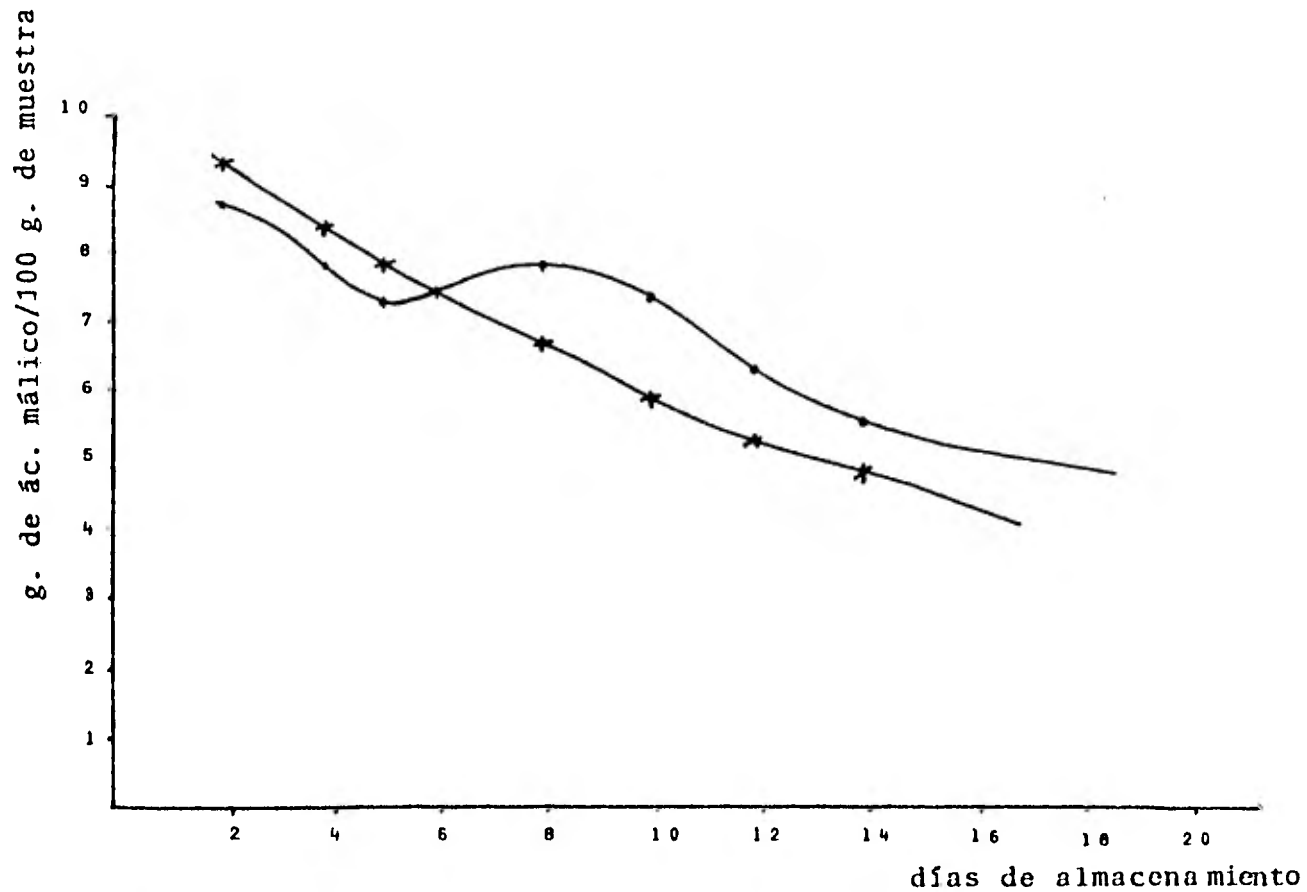




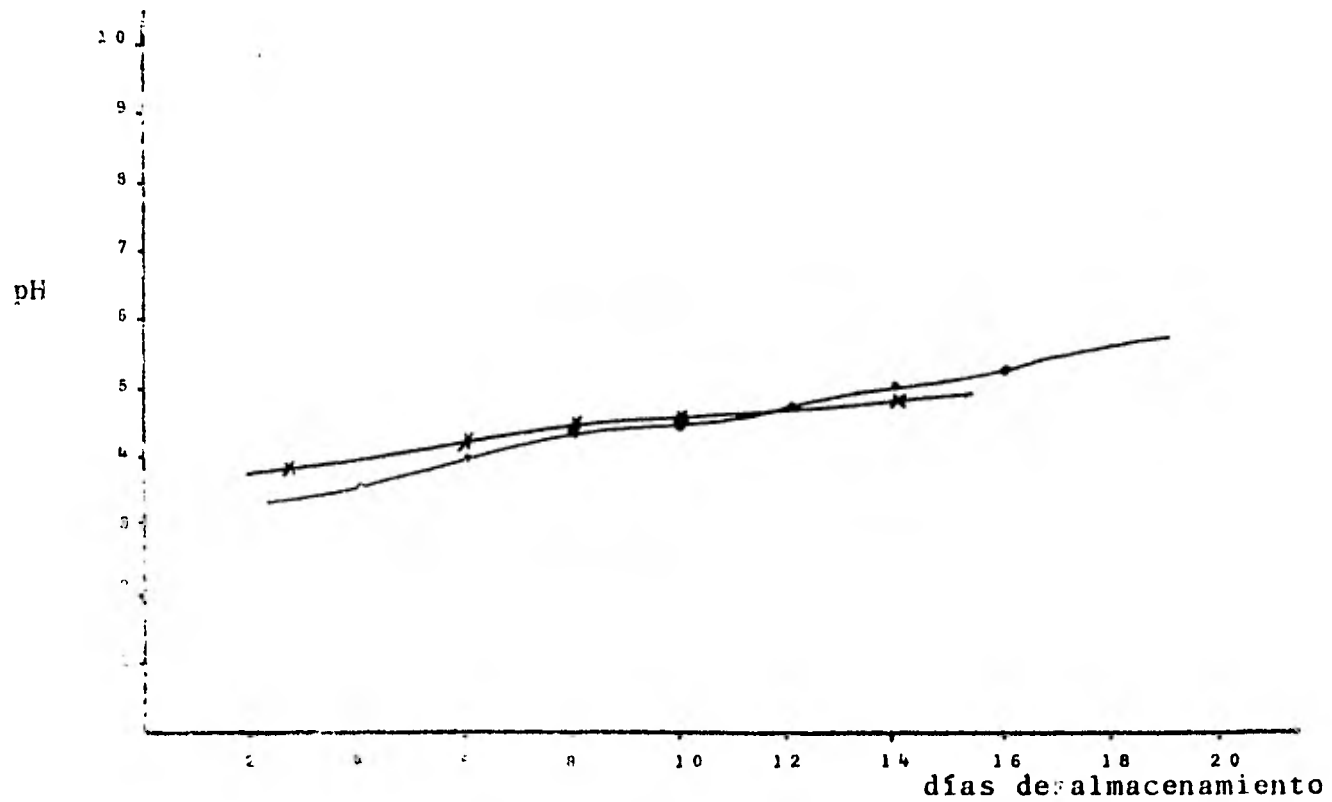
Gráfica # 8. Evolución atmosférica del jitomate (T=21°C), almacenamiento en cámaras herméticas.



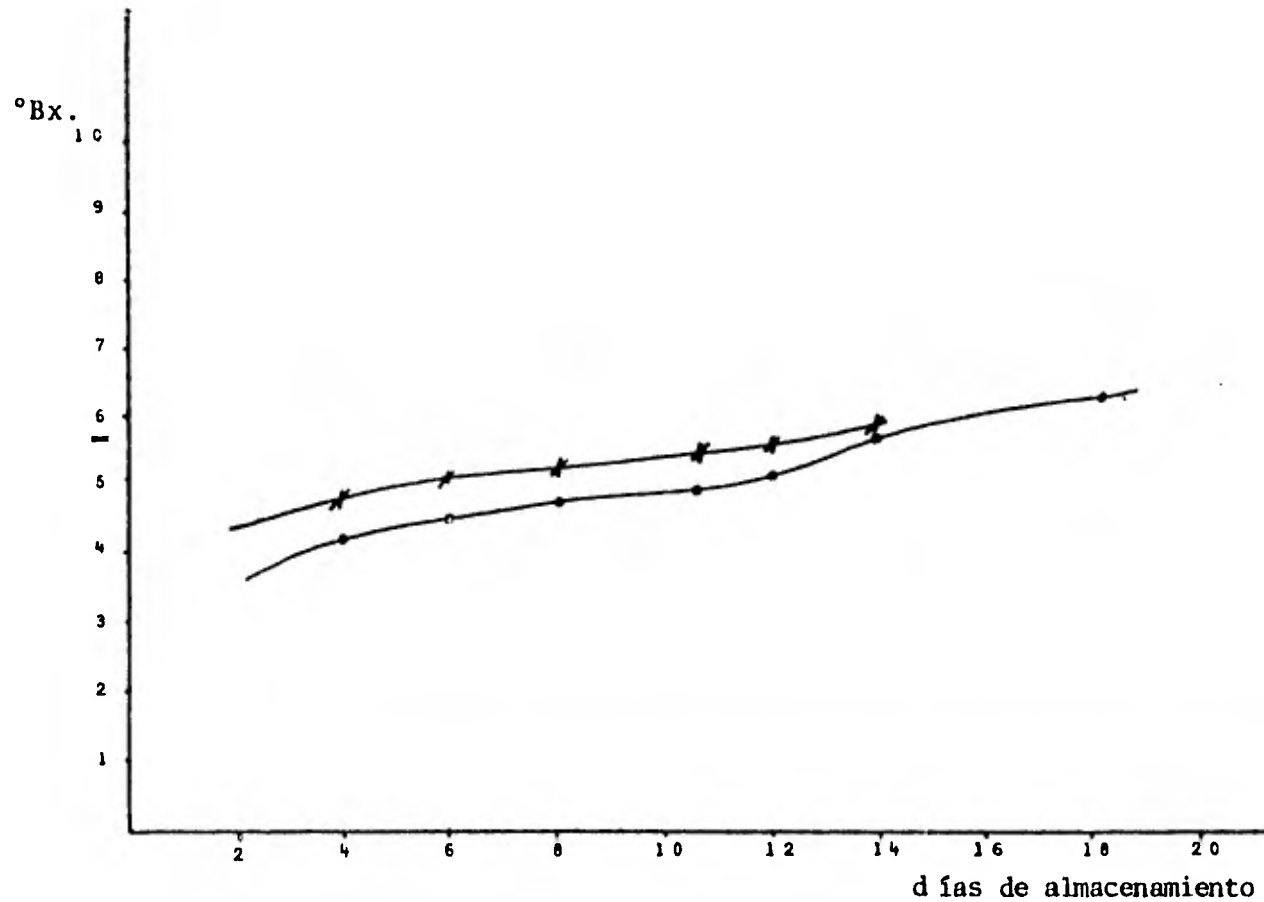
Gráfica #9 . Cambios en textura durante la maduración del jitomate (x) cámaras de respiración, (o) ambiente.



Gráfica # 10. Cambios de acidéz durante la maduración del jitomate (x) cámaras de respiración, (o) ambiente.



Gráfica #91. Cambios de pH durante la maduración del jitomate (x) cámaras de respiración, (o) ambiente.



Gráfica # 12 Cambios de sólidos solubles durante la maduración del jitomate (x) cámaras de respiración (●) ambiente.

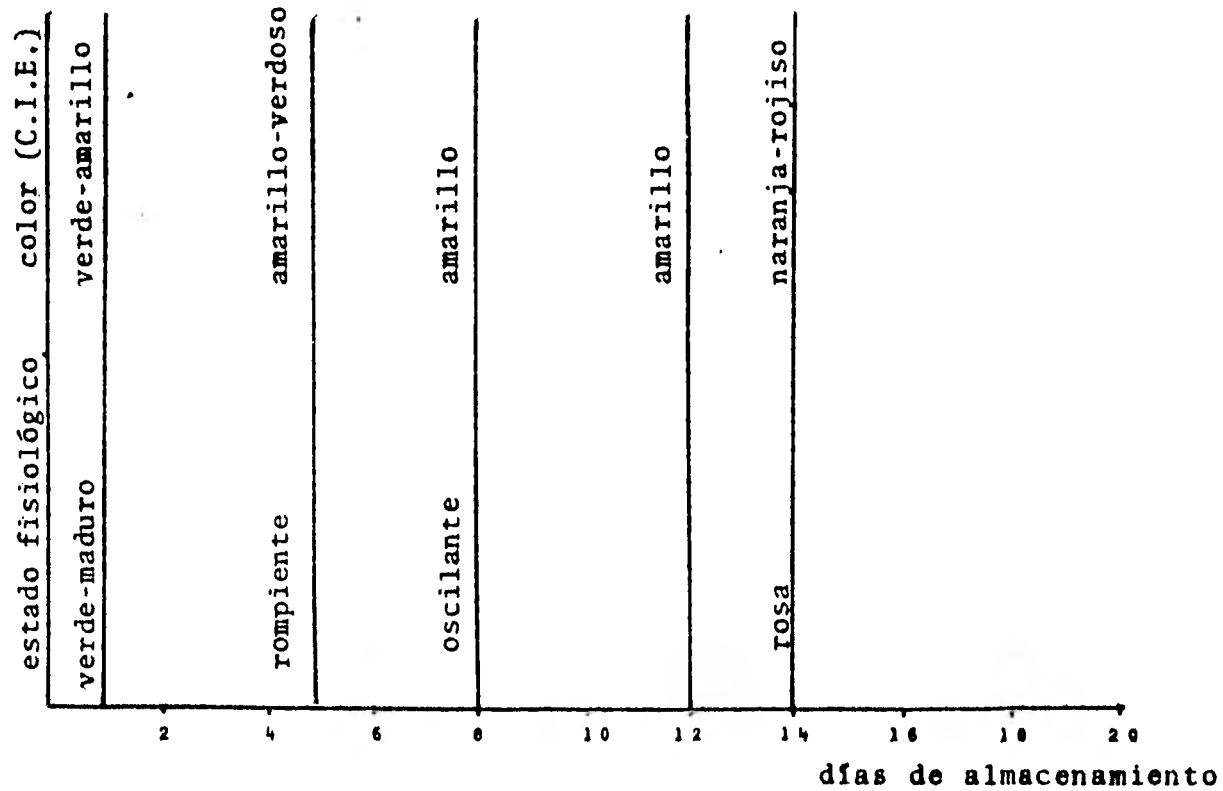


Figura #9. Cambios del color durante la maduración de jitomate almacenado en cámaras de respiración.

## CALCULOS DE SELECCION DE PELICULAS PLASTICAS

## SELECCION DE LA PELICULA PLASTICA

Los principales criterios que se deben tomar en cuenta para la selección de películas plásticas como sistemas de empaque, para frutos y hortalizas frescas son:

- 1).- Características de permeabilidad a  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y vapor de agua.
- 2).- Disponibilidad.
- 3).- Costos.

A continuación se analizarán cada uno de los criterios

Características de permeabilidad: La permeabilidad a los gases y al vapor de agua son los factores que nos crean las condiciones para que se obtengan un control atmosférico adecuado.

Las condiciones determinantes en el espacio vacío dentro del sistema empacado, son la concentración de los gases y humedad, estas vienen dadas por:

- a) La concentración gaseosa en el espacio vacío y las características de los frutos al tiempo en que son empacados.
- b) La concentración gaseosa de la atmósfera externa -- del empaque y condiciones de temperatura y humedad relativa.
- c) La relación entre la permeabilidad de la película y el fruto crean la atmósfera conveniente para la regulación de las reacciones metabólicas durante la maduración, estableciendo un equilibrio entre las concentraciones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y vapor de agua, las cuales dependen principalmente de la temperatura.



Un criterio del que se puede partir para la selección de la película es el propuesto por Marcellin (Marcellin, --- 1974), que considera la relación superficie/espesor de la película como:

$$\frac{S}{e} = \frac{M R_{CO_2}}{P_{CO_2} y} \quad (1) \quad \frac{S}{e} = \frac{M R_{O_2}}{P_{O_2} (21-x)} \quad (2)$$

donde:

S/e = relación superficie espesor

M = masa del producto

$R_{CO_2}$  ,  $R_{O_2}$  = intensidad respiratoria en base al consumo de  $O_2$  y producción de  $CO_2$ , respectivamente.

$P_{CO_2}$  = permeabilidad al  $CO_2$

$P_{O_2}$  = permeabilidad al  $O_2$

y = presión parcial de  $CO_2$  dentro del empaque

x = presión parcial de  $O_2$  dentro del empaque

Todas las consideraciones se harán en base a 1 kg de producto.

Se tomará éste como primer criterio de selección.

Una de las películas que hasta ahora se ha utilizado como empaque para frutas y hortalizas en fresco es el nylon

Para las condiciones específicas del jitomate y utilizando una película de nylon se tiene:

$$P_{CO_2} = \frac{1.1 \text{ cm}^3 \cdot 0.001 \text{ in}}{100 \text{ in}^2 \cdot 24 \text{ hr} \cdot 1 \text{ atm}} = 5.005 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{seg} \cdot \text{atm}}$$

$$R_{CO_2} = 2.56 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{seg} \text{ (obtenido en el estudio de cámaras herméticas)}$$

$$(\text{CO}_2) = 10\% \quad y = P_i/P \quad P_i = (\text{CO}_2)$$

$$\text{teniendo :} \quad y = P_i/P = 0.1/1 = 0.1 \text{ atm}$$

Para nylon, la relación S/e para lograr la concentración de  $\text{CO}_2$  será:

$$\frac{S}{e} = 2.56 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \times \frac{\text{cm seg atm}}{5 \times 10^{-11} \text{cm}^3 \text{cm}} \times \frac{1}{0.10 \text{ atm}}$$

$$\frac{S}{e} = 5.11 \times 10^8 \text{ cm}$$

Para obtener la relación S/e necesaria para lograr la concentración de oxígeno:

$$(\text{O}_2) = 11\% \quad x = p_i/P = 0.11 \text{ atm.}$$

$$P_{\text{O}_2} = 3.7 \times 10^{-11} \frac{\text{cm}^3 \text{cm}}{\text{cm seg. atm.}}$$

$$R_{\text{O}_2} = 2.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{seg.}$$

$$\frac{S}{e} = 2.83 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \times \frac{\text{cm seg atm.}}{3.7 \times 10^{-11} \text{cm}^3 \text{cm}} \times \frac{1}{0.11 \text{ atm.}}$$

$$\frac{S}{e} = 7.64 \times 10^8 \text{ cm}$$

De manera similar se determinaron las relaciones para las películas más utilizadas para productos hortofrutícolas. Los resultados se muestran en el cuadro # 15.

Debido a que las relaciones S/e no son las mismas para lograr las concentraciones de los dos gases, se requiere saber cual es la concentración del gas limitante. Para la atmósfera de conservación del jitomate se concluyó que la limitante sería la concentración de CO<sub>2</sub> en base a que, por el tipo de atmósfera que se tiene (rica en CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), el CO<sub>2</sub> alcanza niveles muy altos. Pero no obstante a eso se utilizaron ambos criterios para determinar cual sería la presión parcial del gas dentro del empaque, de acuerdo a la relación S/e escogida.

Criterio No. 2

Si se escoge la relación S/e (CO<sub>2</sub>) ¿Cuál será la concentración de O<sub>2</sub> ? o viceversa, ¿ Si se escoge S/e (O<sub>2</sub>) ¿ cuál será la concentración de CO<sub>2</sub> en el espacio vacío?

Para nylon :

Utilizando la relación S/e adecuada para lograr la concentración de CO<sub>2</sub>

$$\frac{S}{e}(\text{CO}_2) = \frac{M R_{O_2}}{P_{O_2} \Delta P_{O_2}}$$

$$\Delta P_{O_2} = \frac{M R_{O_2}}{P_{O_2} \times S/e(\text{CO}_2)} \quad (3)$$

Sustituyendo valores en (3)

$$\Delta P_{O_2} = 2.83 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \times \frac{\text{cm}^2 \text{ seg atm}}{3.7 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ cm}} \times \frac{1}{5.11 \times 10^8 \text{ cm}}$$

$$\Delta P_{O_2} = 0.14 \text{ atm} \quad \Delta P_{O_2} = 0.21 - p_{O_2} \quad p_{O_2} = 0.07 \text{ atm.}$$

La concentración de oxígeno en el interior del empaque sería de 0.07 teniendo fija la concentración de bióxido de carbono de 0.10 .

Utilizando la relación S/e adecuada para obtener la concentración de  $O_2$  :

$$\Delta P_{CO_2} = \frac{M R_{CO_2}}{p_{CO_2} \times S/e(O_2)}$$

$$\Delta P_{CO_2} = 2.56 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \times \frac{\text{cm}^2 \text{ seg atm}}{5 \times 10^{-11} \text{cm}^3 \text{ cm}} \times \frac{1}{7.64 \times 10^8 \text{ cm}}$$

$$\Delta P_{CO_2} = 0.0669 \text{ atm} \quad P_{CO_2} = 0.003 - p_{CO_2}$$

$$P_{CO_2} = 0.059 \text{ atm}$$

Tenemos así la concentración de  $CO_2$  en el interior del empaque sería de 0.059 manteniendo la concentración de  $O_2$  de 0.11% .

Siguiendo la misma metodología, se calcularon las presiones parciales en cada una de las películas. Los resultados se muestran en el cuadro # 15.

Debido a que el calcular la relación S/e conduce a resultados no satisfactorios, ya que al fijar la relación S/e para un gas, se obtiene una concentración no adecuada del otro gas, lo que hace necesario buscar otro criterio de selección de películas plásticas.

Cuadro # 15 Relación superficie-espesor (S/e) para determinar las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> dentro del empaque.

| Material                      | S/e<br>CO <sub>2</sub> 10 <sup>6</sup> | cm<br>O <sub>2</sub> 10 <sup>6</sup> | ΔP <sub>CO<sub>2</sub></sub> | p<br>f(s/e)o <sub>2</sub> | ΔP <sub>O<sub>2</sub></sub> | p<br>f(s/e)co <sub>2</sub> |
|-------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Nylon                         | 511.0                                  | 764                                  | 0.069                        | 0.059                     | 0.14                        | 0.07                       |
| Acetato de<br>Celulosa        | 5.36                                   | 27.0                                 | 0.198                        | 0.195                     | 0.504                       | 0.294                      |
| Saran                         | 379.0                                  | 1290.0                               | 0.029                        | 0.018                     | 0.328                       | -0.118                     |
| Polietileno ρ                 | 1.13                                   | 2.50                                 | 0.049                        | 0.046                     | 0.22                        | -0.01                      |
| Poliestireno ρ                | 1.12                                   | 3.77                                 | 0.029                        | 0.026                     | 0.33                        | -0.12                      |
| Polipropileno ρ               | 0.25                                   | 1.20                                 | 0.017                        | 0.014                     | 0.48                        | -0.27                      |
| Polipropileno<br>no orientado | 1.13                                   | 7.4                                  | 0.015                        | 0.012                     | 0.65                        | -0.44                      |
| Polipropileno<br>orientado    | 2.34                                   | 5.66                                 | 0.041                        | -0.038                    | 0.241                       | -0.031                     |
| Poliestireno                  | 0.87                                   | 4.77                                 | 0.023                        | 0.018                     | 0.043                       | 0.17                       |

\*nota: con estas diferencias de presión no se logran físicamente las concentraciones requeridas.

Un buen criterio de selección de películas plásticas - es fijar la concentración gaseosa que se desea obtener y el flux de cada gas cuando se logre el equilibrio, para conocer los espesores de películas requeridas, conocida la superficie y la cantidad de producto a manejar.

La superficie se estableció determinando experimentalmente la que se requería para empacar la cantidad de 1 kg. de jitomate, siendo ésta de 500 cm<sup>2</sup>.

Los cálculos fueron realizados haciendo uso de la ecuación de transferencia de masa por difusión de gases a través de sólidos, relacionados por la Ley de Fick (Geankoplis, -- 1982) .

$$N_a = \frac{P_m (P_{a_1} - P_{a_2})}{22414 (z_2 - z_1)}$$

donde:

$N_a$  = flux del gas      gmol/seg cm<sup>2</sup>

$P_m$  = permeabilidad de la película cm<sup>3</sup>cm /cm<sup>2</sup>seg atm

$P_{a_1} - P_{a_2}$  = diferencia de presiones      atm.

$P_{a_2}$  = presión parcial del gas en el interior del empaque, atm.

$P_{a_1}$  = presión parcial del gas en el exterior del empaque, atm.

$z_2 - z_1$  = espesor de la película

22414 = volumen que ocupa 1 gmol de gas en condiciones estandar.

despejando  $z_2 - z_1$

$$z_2 - z_1 = \frac{P_m (P_{a_1} - P_{a_2})}{22414 N_a} \quad (5)$$

Cuadro # 16 Determinación de espesor de película plástica para lograr la concentración gaseosa deseada.

| Material                   | $\text{NaCO}_2 10^{-10}$ | $\text{NaO}_2 10^{-10}$ | $\Delta Z_{\text{CO}_2} 10^5$ | $\Delta Z_{\text{O}_2} 10^5$ |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Nylon                      | 2.12                     | 235                     | 0.102                         | 0.0702                       |
| Acetato de Celulosa        | 2.12                     | 235                     | 9.73                          | 198                          |
| Saran                      | 2.12                     | 235                     | 0.137                         | 0.0431                       |
| Polietileno $\rho$         | 2.12                     | 235                     | 47.3                          | 21.4                         |
| Polietileno $\rho$         | 2.12                     | 235                     | 47.3                          | 14.3                         |
| Polipropileno $\rho$       | 2.12                     | 235                     | 216.0                         | 44.0                         |
| Polipropileno no orientado | 2.12                     | 235                     | 22.9                          | 9.49                         |
| Polipropileno orientado    | 2.12                     | 235                     | 47.3                          | 7.25                         |
| Poliestireno               | 2.12                     | 235                     | 61.6                          | 14.0                         |

CALCULOS DEL FLUX DE CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>

Datos:

$$\text{Area} = 500 \text{ cm}^2$$

Considerando que cuando se alcance el equilibrio, se necesita que salga tanto CO<sub>2</sub> como se produce, o sea de --- 2.56x10<sup>-3</sup> cm<sup>3</sup>/ seg, y entre tanto O<sub>2</sub> como se consume, o sea 2.83x10<sup>-3</sup> cm<sup>3</sup>/ seg . El flux de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> deberán ser iguales a éstos valores considerando el área de transferencia.

- Como el flux (Na) está dado en  $\frac{\text{gmol}}{\text{seg cm}^2}$  , tenemos que

convertir la velocidad de respiración a estas unidades.

- Cálculos del Volumen de 1 mol de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> a la temperatura de 21 °C y 1 atm. de presión ( ambiente) .

$$\dot{V} = \frac{21 + 273^\circ\text{K}}{273^\circ\text{K}} \times 22414 = 2.41 \times 10^4 \frac{\text{cm}^3}{\text{gmol}}$$

Quedando:

$$Na = 2.56 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ gmol}}{2.41 \times 10^4 \text{ cm}^3} \times \frac{1}{500 \text{ cm}^2}$$

$$Na_{(\text{CO}_2)} = 2.12 \times 10^{-10} \frac{\text{g mol}}{\text{seg cm}^2}$$

$$Na_{(\text{O}_2)} = 2.35 \times 10^{-10} \frac{\text{g mol}}{\text{seg cm}^2}$$



CALCULOS DE ESPESORES

Para encontrar los espesores, se sutituyeron los valores, antes calculados, en la ecuación 5.

$$\Delta P_{CO_2} = 0.003 - 0.10$$

$$\Delta P_{O_2} = 0.21 - 0.11$$

para película nylon.

$$\Delta Z_{CO_2} = 5.0 \times 10^{-11} \frac{\text{cm}^3 \text{ cm}}{\text{cm}^2 \text{ seg atm}} \times \frac{1 \text{ gmol}}{22414 \text{ cm}^3} \times \frac{\text{seg cm}^2}{2.12 \times 10^{-10} \text{ g mol}} \times (0.003 - 0.10 \text{ atm})$$

$$\Delta Z_{CO_2} = 1.02 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

$$\Delta Z_{O_2} = 3.7 \times 10^{-11} \frac{\text{cm}^3 \text{ cm}}{\text{cm}^2 \text{ seg atm}} \times \frac{1 \text{ g mol}}{22414 \text{ cm}^3} \times \frac{\text{cm}^2 \text{ seg}}{2.35 \times 10^{-7} \text{ g mol}} \times (0.21 - 0.11) \text{ atm.}$$

$$\Delta Z_{O_2} = 7.02 \times 10^{-7} \text{ cm}$$

De la misma forma se determinaron los espesores requeridos para las películas plásticas seleccionadas. Los resultados se presentan en el cuadro # 16 .

Los resultados indican que los espesores resultantes, son espesores muy pequeños que solo podrían ser utilizados como recubrimiento o películas envolventes pero no como bolsa para la comercialización y/o conservación. Además se observa que los espesores requeridos para el control de ambos gases son muy diferentes.

Haciendo una investigación de los espesores existentes en el mercado, se encontró que en general se manejan espesores que varían de 50 a 1000  $\mu$ .

De acuerdo a estos datos es necesario calcular las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , despejando de (5)  $p_{a_1} - p_{a_2}$  y utilizando los espesores comerciales, considerando los flux antes calculados.

Para una película de nylon de 100 micras de espesor se tendrá:

$$\Delta P_{\text{CO}_2} = \frac{N_a(\text{CO}_2) (22414) \Delta Z}{P_{\text{CO}_2}}$$

$$\Delta P_{\text{CO}_2} = 2.12 \times 10^{-10} \frac{\text{g mol}}{\text{cm}^2 \text{ seg}} \times \frac{22414 \text{ cm}^3}{\text{g mol}} \times \frac{100 \times 10^{-4} \text{ cm}}{5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ cm}}$$

$$\Delta P_{\text{CO}_2} = 9.4 \times 10^2 \text{ atm.}$$

De la misma forma y con diferentes espesores se calcu-

laron las diferencias de presión para  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  de cada película. Resultados reportados en el cuadro # 17.

Como se puede observar los resultados obtenidos difieren mucho de las presiones requeridas, 0.097 para  $\text{CO}_2$  y -- 0.11 para  $\text{O}_2$ , por lo que se tendrá que recurrir a otro método para lograr las condiciones establecidas.

Se obtuvieron resultados indicando la dificultad para la selección de la película con propiedades para controlar la atmósfera, puesto que las permeabilidades a  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  varían mucho, para la mayoría de las películas. En general la permeabilidad al bióxido de carbono es mayor que a la de -- oxígeno.

Si se desea utilizar bolsas de espesores comerciales se requerirá:

- Uso de orificios
- Uso de películas con permeabilidades muy pequeñas
- Ambas

De acuerdo a los criterios hasta ahora utilizados ninguna de las películas es satisfactoria par el fin que se -- persigue ya que se basan en sus propiedades de permeabili-- dad únicamente, es por ello que se hace necesario utilizar orificios como sistema de ventilación y de forma directa po-- der controlar la atmósfera en el interior del empaque.

De acuerdo a la teoría, el uso de orificios en empa-- ques para frutas y hortalizas frescas, se justifica para el control de desordenes o daños debidos a excesos de  $\text{CO}_2$ , po-- breza de  $\text{O}_2$  y humedades relativas muy altas, evitando así .

Cuadro # 17. Determinación de las diferencias de presión tomando como base los espesores de películas que existen comercialmente.

| espesor de película | .Nylon            | .A.C. | .Saran | .PE  | .PE + | .PPn-o | .PP o | .PE  | .PET | .PP  |
|---------------------|-------------------|-------|--------|------|-------|--------|-------|------|------|------|
|                     | $\Delta P_{CO_2}$ |       |        |      |       |        |       |      |      |      |
| 60                  |                   |       |        | 1.26 | 1.2   | 1.29   | 2.6   | 2.5  | 0.97 | 0.27 |
| 70                  |                   |       |        | 1.40 | 1.45  | 1.5    | 3.0   | 2.9  | 1.12 | 0.32 |
| 80                  |                   | 7.9   | 562    | 1.6  | 1.67  | 1.72   | 3.4   | 3.36 | 1.29 | 0.36 |
| 100                 | 940               | 9.25  | 703    | 2.1  | 2.0   | 2.1    | 4.35  | 4.2  | 1.62 | 0.46 |
| 125                 | 1117              | 12.4  | 878    | 2.63 |       |        |       |      |      |      |
| 150                 | 1420              | 14.92 | 1050   | 3.16 |       |        |       |      |      |      |
| $\Delta P_{O_2}$    |                   |       |        |      |       |        |       |      |      |      |
| 60                  |                   |       |        | 2.79 | 4.4   | 8.2    | 6.32  | 21.0 | 4.2  | 1.3  |
| 70                  |                   |       |        | 3.25 | 4.9   | 9.63   | 7.36  | 24.5 | 4.9  | 1.5  |
| 80                  |                   | 40.1  | 1850   | 3.7  | 5.6   | 10.7   | 8.4   | 28.0 | 5.6  | 1.7  |
| 100                 | 1390              | 50.28 | 2300   | 4.65 | 7.0   | 13.7   | 10.5  | 35.0 | 7.0  | 2.2  |
| 125                 | 1700              | 62.9  | 2860   | 5.82 |       |        |       |      |      |      |
| 150                 | 2000              | 75.52 | 3400   | 6.99 |       |        |       |      |      |      |

olores y sabores desagradables, y daños característicos por el proceso fermentativo.

La selección de películas con orificios como sistema de ventilación, implica además de los cálculos de permeabilidad para difusión en sólidos, la difusión de un gas a través de un gas estacionario, en nuestro caso difusión de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y vapor de agua en aire.

Flux del gas en aire, debido a un orificio (Treybal, 1968)

$$N_{a(o)} = \left[ \frac{D_{ab} P_t (P_{a_1} - P_{a_2})}{R T Z P_{BM}} \right] A \quad (6)$$

donde:

|            |                          |   |
|------------|--------------------------|---|
| $N_{a(o)}$ | = flux del gas en aire   | $\frac{\text{g mol}}{\text{seg cm}^2}$                |
| $P_t$      | = presión total          | 1 atm.  |
| $P_{a_1}$  | = presión externa        | atm   |
| $P_{a_2}$  | = presión interna        | atm   |
| $R$        | = constante de los gases | $\frac{\text{gmol } ^\circ\text{K}}{\text{atm cm}^3}$ |

T = temperatura °K

$\Delta Z$  = espesor de la película cm

Dab = difusividad del gas en aire

Dab (O<sub>2</sub>) = (Perry, 1980) = .178 cm<sup>2</sup>/seg

Dab (CO<sub>2</sub>) = (Perry, 1980) = .138 cm<sup>2</sup>/seg

Dab (H<sub>2</sub>O) = (Perry, 1980) = .220 cm<sup>2</sup>/seg

$$P_{BM} = \frac{P_{B_1} - P_{B_2}}{\ln \frac{P_{B_1}}{P_{B_2}}}$$

donde:

$$P_{B_1} = P - P_{\text{externa}}$$

$$P_{B_2} = P - P_{\text{interna}}$$

A = área total del orificio

Bibliográficamente se ha reportado que orificios de 1.6 mm ha proporcionado buenos resultados en la conservación de frutos en empaques plásticos (Pantástico, 1979)

## CALCULOS DE FLUX A TRAVES DE LA PELICULA Y A TRAVES DEL ORIFICIO

Para debido a la transferencia de masa a través de la membrana plástica.

$\dot{N}_{a_{tm}}$  = flux a través de la película, se calculan de la ecuación 4.

Velocidad media de producción de  $CO_2$  o consumo de  $O_2$

$$\text{para } CO_2 \quad \dot{N}_{a_r} = 2.56 \times 10^{-3} \frac{cm^3}{seg} \times \frac{273^\circ K}{294^\circ K} \times \frac{g \text{ mol}}{22414 \text{ cm}^3}$$

$$\dot{N}_{a_r} = 10.6 \times 10^{-8} \text{ gmol/ seg. } (CO_2)$$

para oxígeno

$$\dot{N}_{a_r} = 2.83 \times 10^{-3} \frac{cm^3}{seg} \times \frac{273^\circ K}{294} \times \frac{g \text{ mol}}{22414 \text{ cm}^3}$$

$$\dot{N}_{a_r} = 11.7 \times 10^{-8} \text{ gmol/ seg. } (O_2)$$

$$\text{para } H_2O \quad \dot{N}_a = 3.42 \times 10^{-7} \text{ gmol/seg.}$$

Flux a través de un orificio de 1.6 mm de diámetro.

Para  $CO_2$  difundiendo en aire.

De la ecuación (6) se obtiene el valor de  $N_a$  (o).

para lo que se necesita calcular las difusividades de cada gas.

$$D^*_{ab} = 0.138 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \times \left( \frac{294}{273} \right)^{1.5} = 0.154 \text{ cm}^2 / \text{seg}.$$

$$P = 1 \text{ atm}.$$

$$p_{a_1} = 0.003$$

$$p_{a_2} = 0.10$$

$$P_{BM} = \frac{0.997 - 0.9}{\ln \frac{0.997}{0.9}} = 0.947 \text{ atm}$$

Sustituyendo en 6, para una película de polipropileno de 50  $\mu$  de espesor.

$$Na(o) = 0.154 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \times 0.1 - 0.003 \text{ atm} \times 1 \text{ atm} \times \frac{1}{0.947 \text{ atm}}$$

$$\times \frac{1}{294^\circ\text{K}} \times \frac{1}{5 \times 10^{-3} \text{ cm}} \times \frac{\text{gmol } ^\circ\text{K}}{82.057 \text{ atm cm}^3}$$

$$Na(o) = 1.3 \times 10^{-4} \frac{\text{gmol}}{\text{seg cm}^2} \times \frac{\pi}{4} (0.16 \text{ cm})^2$$

$$Na(o) = 2.61 \times 10^{-6} \text{ gmol/seg}.$$



De forma similar se determinó el flux por un orificio para  $O_2$ ,  $CO_2$  y vapor de agua para los espesores establecidos y las películas seleccionadas.

Los cálculos de los fluxes para cada gas se muestran en los cuadros # 18, 19 y 20.

La selección de las películas en esta etapa fué hecha en base a que las diferencias en su permeabilidad a  $CO_2$  y  $O_2$  no fuese tan amplia.

Se buscó películas que presenten de preferencia impermeabilidad o muy poca permeabilidad al  $CO_2$  y con el uso de orificios poder obtener la concentración necesaria para usarse como control.

En la película adecuada; se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$Na_d + Na_o = Na \text{ respiración}$$

Por lo que habrá que buscar la película que más se acerque a estas condiciones.

$$\Delta Na_{(CO_2)} = Na_{resp} - Na_d = \text{acumulación de } CO_2$$

$$\Delta Na_{(O_2)} = Na_{resp} - Na_d = \text{deficiencia de } O_2$$

$$\Delta Na_{(H_2O)} = Na_{transp} - Na_d = \text{acumulación de } H_2O$$

de tal forma que:

$$\Delta \Delta Na = Na_o - \Delta Na \text{ para una película adecuada debe ser lo más pequeña posible.}$$

Cuadro # 18. Cálculo del flux de CO<sub>2</sub> cuando se tiene un orificio de 1.6 mm.

| Material                        | $P_M$                 | Espesor<br>$10^{-4}$ cm | $\bar{N}_a(d)$<br>$10^{-8}$ | $\bar{N}_a(r)$<br>$10^{-8}$ | $\Delta \bar{N}_a$<br>$10^{-8}$ | $\bar{N}_a(o)$<br>$10^{-8}$ | $\Delta \Delta \bar{N}_a$<br>$10^{-8}$ |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|
| Polipropileno $\downarrow \rho$ | $1.027 \times 10^7$   | 50                      | 8.89                        | 10.6                        | 1.7                             | 260                         | 258.3                                  |
|                                 |                       | 100                     | 6.2                         | 10.6                        | 4.4                             | 136                         | 131.6                                  |
|                                 |                       | 150                     | 4.58                        | 10.6                        | 6.44                            | 87                          | 80.5                                   |
| Polietileno $\downarrow \rho$   | $2.25 \times 10^8$    | 50                      | 2.72                        | 10.6                        | 7.87                            | 260                         | 252.1                                  |
|                                 |                       | 100                     | 1.36                        | 10.6                        | 9.23                            | 136                         | 126.7                                  |
|                                 |                       | 150                     | 0.90                        | 10.6                        | 9.62                            | 87                          | 77.3                                   |
| Nylon                           | $5.00 \times 10^{11}$ | 50                      | 6.06 *                      | 10.6                        | 10.59                           | 260                         | 249.5                                  |
|                                 |                       | 100                     | 3.02 *                      | 10.6                        | 10.59                           | 136                         | 125.4                                  |
|                                 |                       | 150                     | 2.01 *                      | 10.6                        | 10.59                           | 87                          | 76.4                                   |
| Poliestireno                    | $2.93 \times 10^8$    | 50                      | 3.54                        | 10.6                        | 7.06                            | 260                         | 252.9                                  |
|                                 |                       | 100                     | 1.77                        | 10.6                        | 8.83                            | 136                         | 127.0                                  |
|                                 |                       | 150                     | 1.18                        | 10.6                        | 9.42                            | 87                          | 77.7                                   |
| Poliester                       | 0                     | 50                      | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 260                         | 250.0                                  |
|                                 |                       | 100                     | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 136                         | 126.0                                  |
|                                 |                       | 150                     | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 87                          | 77.0                                   |
| Celofán                         | 0                     | 50                      | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 260                         | 250.0                                  |
|                                 |                       | 100                     | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 136                         | 126.0                                  |
|                                 |                       | 150                     | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 87                          | 77.0                                   |
|                                 |                       | 450                     | 0.00                        | 10.6                        | ----                            | 29                          | 18.4                                   |

Cuadro# 19. Cálculo del flux de O<sub>2</sub> cuando se tiene un orificio de 1.60 mm.

| Material          | P <sub>M</sub>         | Espesor<br>10 <sup>-4</sup> cm | $\bar{n}_a(d)$<br>10 <sup>-8</sup> | $\bar{n}_a(r)$<br>10 <sup>-8</sup> | $\Delta\bar{n}_a$<br>10 <sup>-8</sup> | $\bar{n}_a(o)$<br>10 <sup>-8</sup> | $\Delta\Delta\bar{n}_a$<br>10 <sup>-8</sup> |
|-------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| Polipropileno + ρ | 2.34X10 <sup>-8</sup>  | 50                             | 2.08                               | 11.7                               | 9.62                                  | 258                                | 248.4                                       |
|                   |                        | 100                            | 1.45                               | 11.7                               | 10.25                                 | 129                                | 118.7                                       |
|                   |                        | 150                            | 0.97                               | 11.7                               | 10.73                                 | 36.2                               | 75.5  |
| Polietileno + ρ   | 1.13X10 <sup>-8</sup>  | 50                             | 1.4                                | 11.7                               | 10.3                                  | 258                                | 247.7                                       |
|                   |                        | 100                            | 0.7                                | 11.7                               | 11.0                                  | 129                                | 118.0                                       |
|                   |                        | 150                            | 0.46                               | 11.7                               | 11.23                                 | 86.2                               | 74.9  |
| Nylon             | 3.7X10 <sup>-11</sup>  | 50                             | 4.6*                               | 11.7                               | 11.695                                | 258                                | 246.3                                       |
|                   |                        | 100                            | 2.3*                               | 11.7                               | 11.698                                | 129                                | 117.3                                       |
|                   |                        | 150                            | 1.54*                              | 11.7                               | 11.698                                | 86.2                               | 74.5  |
| Poliestireno      | 7.5X10 <sup>-9</sup>   | 50                             | 0.86                               | 11.7                               | 10.839                                | 258                                | 247.1                                       |
|                   |                        | 100                            | 0.463                              | 11.7                               | 11.232                                | 129                                | 117.7                                       |
|                   |                        | 150                            | 0.311                              | 11.7                               | 11.389                                | 86.2                               | 74.8  |
| Poliester         | 2.27X10 <sup>-10</sup> | 50                             | 0.027                              | 11.7                               | 11.67                                 | 258                                | 246.3                                       |
|                   |                        | 100                            | 0.014                              | 11.7                               | 11.686                                | 129                                | 117.3                                       |
|                   |                        | 150                            | 0.009                              | 11.7                               | 11.691                                | 86.2                               | 74.5  |
| Celofán           | 9.1X10 <sup>-11</sup>  | 50                             | 0.013                              | 11.7                               | 11.689                                | 258                                | 246.3                                       |
|                   |                        | 100                            | 0.006                              | 11.7                               | 11.694                                | 129                                | 117.3                                       |
|                   |                        | 150                            | 0.004                              | 11.7                               | 11.696                                | 86.2                               | 74.5  |
|                   |                        | 450                            | 0.001                              | 11.7                               | 11.699                                | 28                                 | 17.1  |

Cuadro # 20. Cálculo del flux de vapor de agua cuando se tiene un orificio de 1.50 mm.

| Material         | VTVA | Espesor<br>$10^{-4}$ cm | $\bar{N}_a(d)$<br>$10^6$ | $\bar{N}_a(r)$<br>$10^6$ | $\Delta\bar{N}_a$<br>$10^6$ | $\bar{N}_a(\alpha)$<br>$10^6$ | $\bar{N}_a$<br>$10^6$ |
|------------------|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Polipropileno +p | 1.2  | 50                      | 15.2                     | 3.42                     | 11.78                       | *                             | -0.46                 |
|                  |      | 100                     | 7.6                      | 3.42                     | 4.18                        | *                             |                       |
|                  |      | 150                     | 5.1                      | 3.42                     | 1.67                        | *                             |                       |
|                  |      | 450                     | 1.68                     | 3.42                     | -1.72                       | 1.26                          |                       |
| Polietileno +p   | 1.2  | 50                      | 15.2                     | 3.42                     | 11.78                       | *                             | -0.46                 |
|                  |      | 100                     | 7.6                      | 3.42                     | 4.8                         | *                             |                       |
|                  |      | 150                     | 5.1                      | 3.42                     | 1.67                        | *                             |                       |
|                  |      | 450                     | 1.68                     | 3.42                     | -1.72                       | 1.26                          |                       |
| Nylon            | 5.0  | 50                      | 63.5                     | 3.42                     | 60.0                        | *                             |                       |
|                  |      | 100                     | 31.7                     | 3.42                     | 28.0                        | *                             |                       |
|                  |      | 150                     | 21.1                     | 3.42                     | 17.0                        | *                             |                       |
|                  |      | 450                     | 7.0                      | 3.42                     | 3.58                        | *                             |                       |
| Poliester        | 1.3  | 50                      | 16.0                     | 3.42                     | 1.2                         | *                             | -0.36                 |
|                  |      | 100                     | 8.3                      | 3.42                     | 4.8                         | *                             |                       |
|                  |      | 150                     | 5.5                      | 3.42                     | 2.08                        | *                             |                       |
|                  |      | 450                     | 1.8                      | 3.42                     | -1.62                       | 1.26                          |                       |
| Poliestireno     | 6.5  | 50                      | 82.8                     | 3.42                     | 79.3                        | *                             |                       |
|                  |      | 100                     | 41.4                     | 3.42                     | 37.98                       | *                             |                       |
|                  |      | 150                     | 27.6                     | 3.42                     | 24.0                        | *                             |                       |
|                  |      | 450                     | 9.2                      | 3.42                     | 5.78                        | *                             |                       |
| Celofán          | 0.5  | 50                      | 6.37                     | 3.42                     | 2.95                        | *                             | -1.47                 |
|                  |      | 100                     | 3.18                     | 3.42                     | -0.24                       | 52.2                          |                       |
|                  |      | 150                     | 2.12                     | 3.42                     | -1.3                        | 3.7                           |                       |
|                  |      | 450                     | 0.71                     | 3.42                     | -2.73                       | 1.26                          |                       |

\* nota: en estas condiciones no se requiere de orificios.

vtva = g. 0.0254 cm/24hr 645 cm

$\bar{N}_a (=)$  gmol/s.

trolar con adsorbentes.

De los cuadros 18, 19 y 20 se puede observar:

- 1.- El control de  $O_2$  y  $CO_2$  se podría manejar con espesores de 450 micras o mayor utilizando 1 orificio de 0.16cm de diámetro especialmente con poliéster, celofán y poliestireno ya que el flux por difusión más el flux por orificio es aproximadamente igual al flux por respiración.
- 2.- El vapor de agua se podría controlar con espesores pequeños (hasta 150 u) sin necesidad de orificios, pero esto es inadecuado para controlar las concentración de  $CO_2$  y  $O_2$ . Con espesores de 450 u utilizando celofán, poliéster, polietileno de baja densidad y polipropileno, hay acumulación de vapor de agua, pero esto se puede resolver utilizando adsorbentes de humedad.

Por lo tanto, las películas adecuadas pueden ser; celofán, poliéster y poliestireno de 450 u con un orificio de 0.16 cm de diámetro y adsorbente de humedad.

#### DISPONIBILIDAD DE PELICULAS PLASTICAS

Las principales materias plásticas producidas en el país son:

Polietileno, poliestireno, policloruro de vinilo, polipropileno y clasificados entre otras resinas se tienen el celofán, derivados de acetatos y el nylon.

El destino principal de estas materias plásticas son; películas, inyección, laminados, películas rígidas y reci

pientes.

En lo que al poliéster se refiere, en México se produce principalmente como filamento textil y en combinación con algodón, lana y rayón, pero no se contempla su uso como película plástica.

El poliéster como película plástica se importa principalmente como película de poliéster metalizado y como poliéster de espesor de 0.1 mm, de países como: U.S.A., R.F.A. y Japón (anuario estadístico, 1978).

El poliestireno en nuestro país se destina principalmente como películas rígidas y recipientes, por lo que su disponibilidad como película plástica flexible se reduce.

En el caso del celofán resulta diferente con respecto a las anteriores, pese a que es una de las películas plásticas más caras en comparación a las de polietileno de alta y baja densidad, su disponibilidad en el mercado es grande.

Se encuentra disponibles en hojas o maquiladas en bolsas de diferentes dimensiones.

Una vez hecho todo este análisis para la selección de la película plástica y las condiciones en que se trabajaría se decidió por la utilización del celofán.

## APLICACION DE LA PELICULA PLASTICA SELECCIONADA PARA EL ALMACENAMIENTO DE JITOMATE

Una vez seleccionada la película se procedió a confirmar experimentalmente que ésta con la ayuda de orificios y adsorbentes de humedad iba a controlar la maduración y nos proporcionaría la atmósfera deseada: 10% de CO<sub>2</sub> y 11% de O<sub>2</sub> en el interior del empaque.

### Procedimiento

- Se tomó 1 lote de 72 jitomates en estado de sazón -- que se seleccionaron eligiendo los más sanos y representativos del estado fisiológico verde-maduro.

- Se compraron bolsas de celofán recubiertas con nitrocelulosa, selladas por un lado, cuyas dimensiones dieron -- unas superficie total de 1188 cm<sup>2</sup>, lo que correspondería, -- ya que se estableció que 1 kg/1400 cm<sup>2</sup>, a 0.800 kg de jitomate.

- Se eligió como adsorbente de humedad el gel de sílice. La cantidad de gel se obtuvo de la siguiente forma:

Experimentalmente se determinó la cantidad de agua que se requiere para saturar el gel de sílice, encontrándose -- que se requiere 0.75 g de agua para saturar 1 g de gel de sílice y sabiendo que el jitomate produce 0.123 g/seg. de agua, se calculó la cantidad de adsorbente por peso de producto y por días de almacenamiento.

- Para evitar tener 1 solo orificio, se calcularon el número de orificios de 0.3 mm de diámetro equivalentes al -

establecido que era de 1.6 mm de diámetro.

- Se calculó el tiempo de vida de los jitomates en la película de aproximadamente 28 días.

- Se hicieron 2 lotes ( 72 frutos), 1 para almacenar - con gel de sílice y el otro sin gel, ambos con orificios.

- Se llenaron y sellaron con calor (93.3°C) con dos dobles, para cada lote de 12 bolsas.

- Se consideró tomar muestra cada tercer día.

- Se calculó la cantidad de gel de sílice necesaria para cada bolsa, según el tiempo al que se abriría. El gel de sflice se colocó en bolsas de papel filtro y se pegó dentro - del empaque.

- Los orificios fueron hechos distribuyendolos homogeneamente.

- Se tomaron muestras de cada lote cada tercer día y - se hicieron los siguientes análisis:

- 1.- Análisis de gases CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> dentro del empaque.
- 2.- Peso total de producto (sin empaque).
- 3.- Se tomó la muestra más representativa, que consistió de 2 jitomates y se analizó: peso total, textura, color, - acidez titulable, pH y °Bx. Efectuando los análisis -- por triplicado.
- 4.- Se observó la presencia de hongos o daños.



RESULTADOS Y DISCUSION ETAPA III

## DISCUSION DE RESULTADOS

El efecto del gel de sílice sobre la acumulación de vapor de agua y el crecimiento de hongos fué muy marcada, en jitomates almacenados sin gel la incidencia de crecimiento de hongos se hace notoria a los 7 días de almacenamiento -- mientras que con gel no se presentan hongos durante la vida del producto en estas condiciones. El cuadro # 21, muestra las ventajas de usar gel de sílice como adsorbente para el almacenamiento de jitomates en películas plásticas.

Se alcanzó la concentración gaseosa deseada a los 4 -- días de almacenamiento y se mantuvo constante durante los 26 días .

La pérdida de peso fué menor que en condiciones ambiente, parámetro que nos indica la importancia de este tipo de almacenamiento. En la gráfica # 13, se muestra la pérdida de peso del jitomate en el sistema empacado y a condiciones ambientales.

Los jitomates que se iban sacando al ambiente a diferentes tiempos, tardaban más tiempo en madurar que los que se mantuvieron desde el principio como controles.

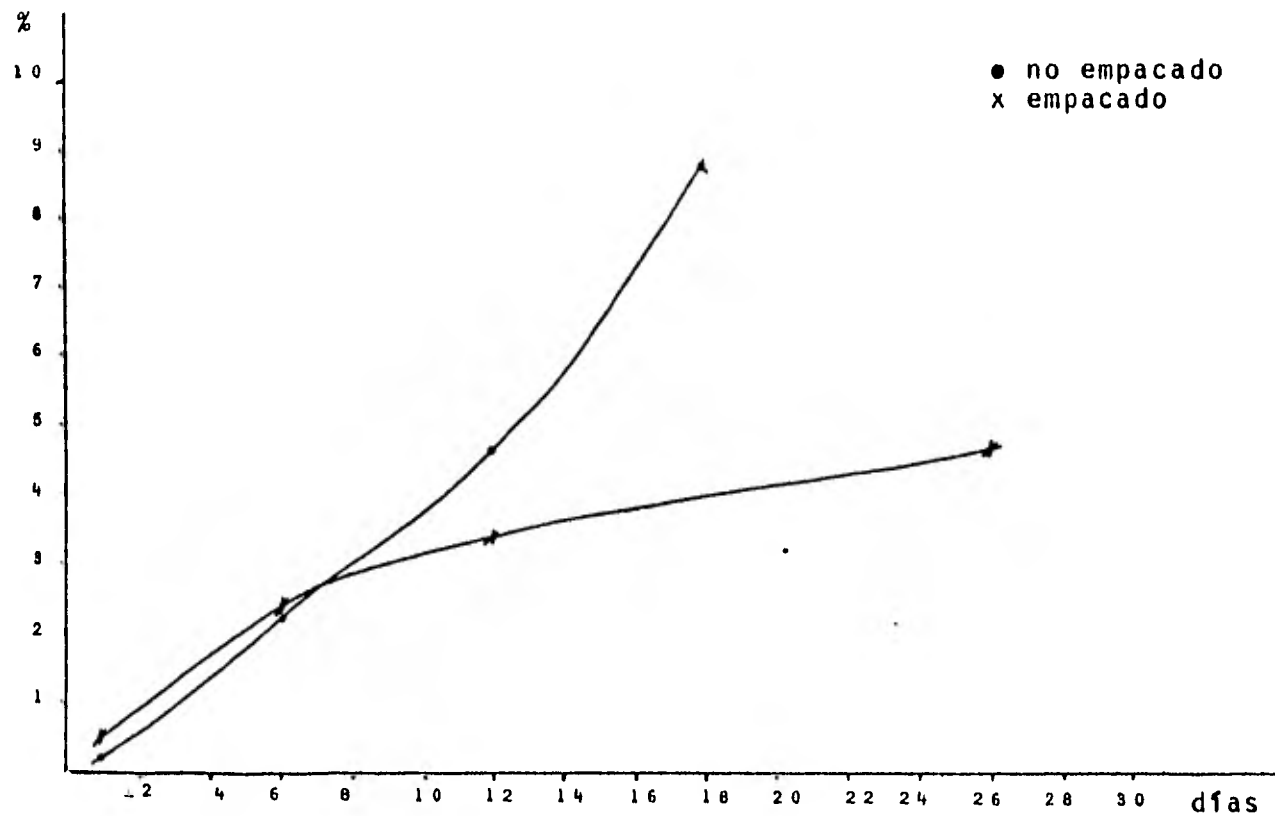
Almacenados en bolsas con orificios y gel de sílice, al madurar, presentaron las características adecuadas de; textura, color, pH, etc. siendo un poco más firmes, con mejor color y más uniformes, que los almacenados bajo condiciones ambientales.

La película seleccionada cumplió con su fin; pues retardó la maduración, disminuyó las pérdidas de peso, mejoró la textura y color. Lo cual se logró con la ayuda de orificios y gel de sílice.

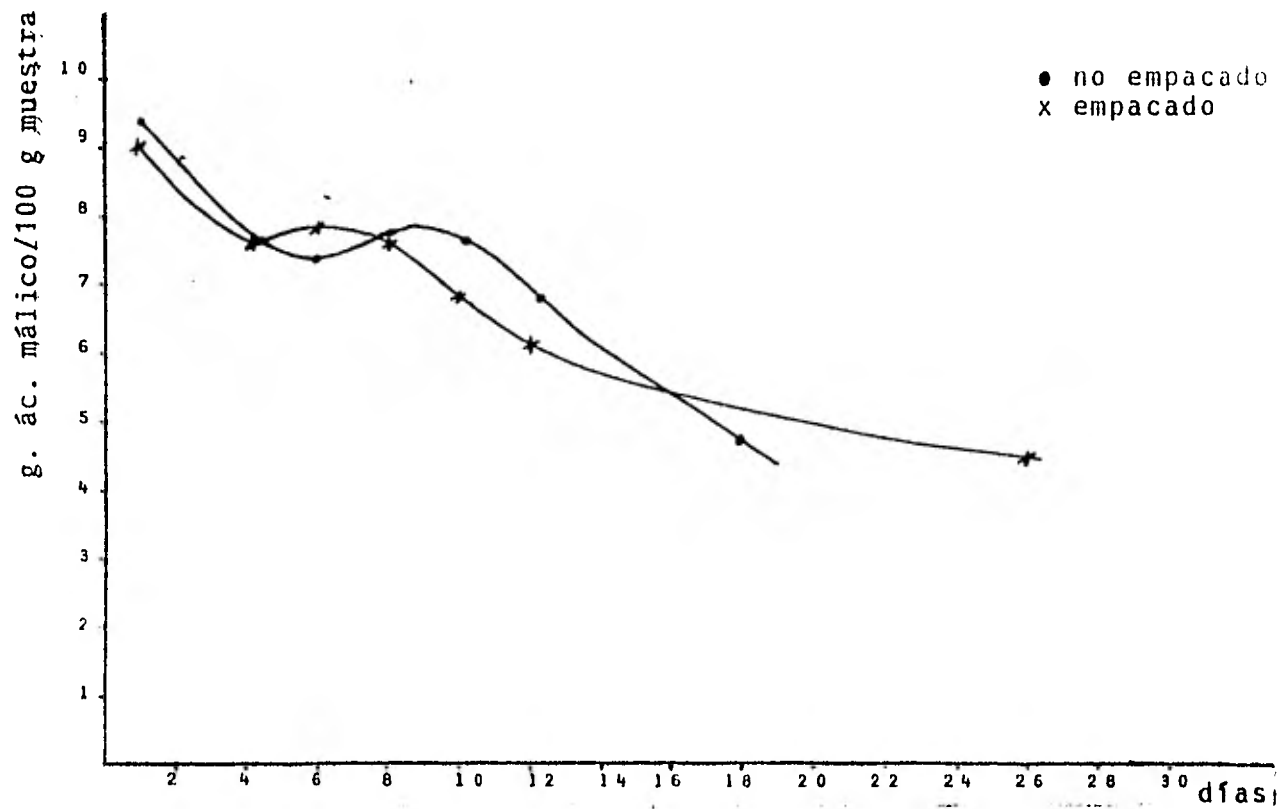
Las gráficas de la # 14 a la # 17, muestran el efecto de la película plástica y sus ayudas sobre el proceso de maduración del jitomate.

Cuadro # 21. Comparación del comportamiento del jitomate empacado con adsorbente y sin adsorbente.

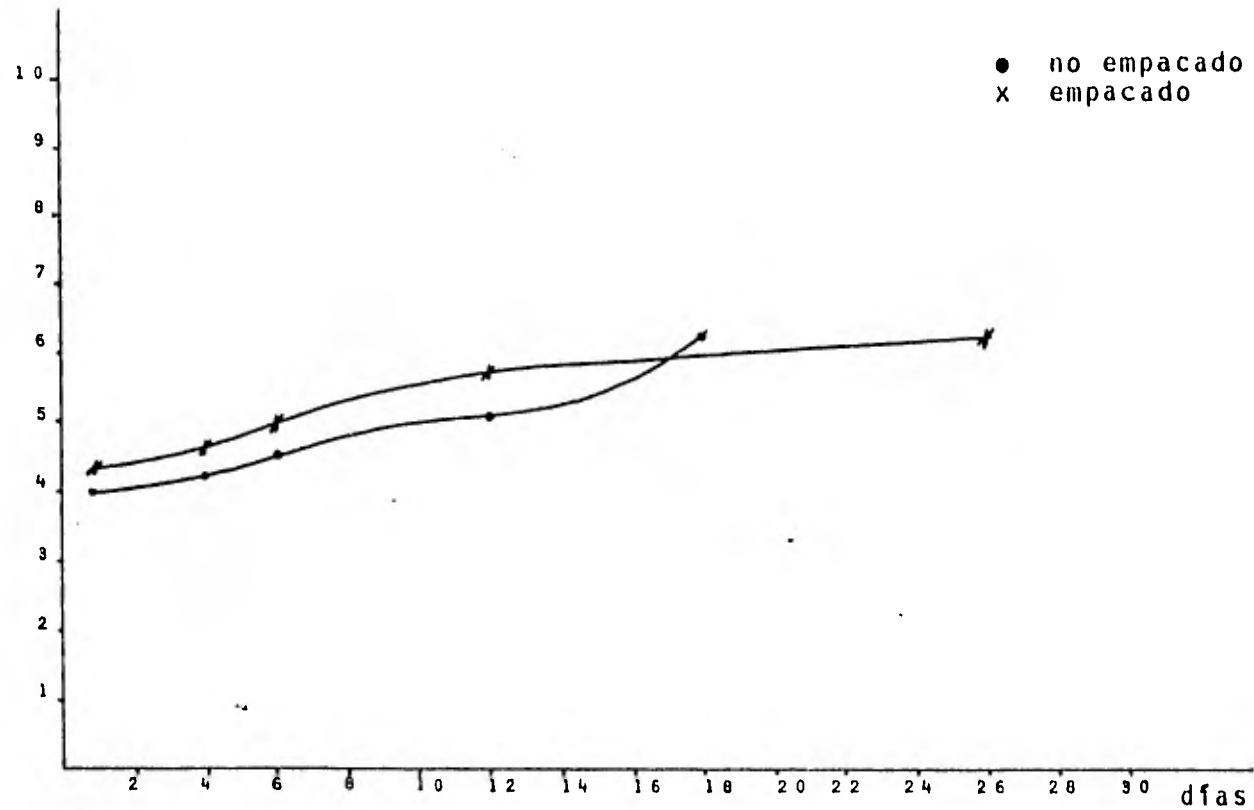
| Tiempo de almacenamiento días | % CO <sub>2</sub> | % O <sub>2</sub> | Pérdida de peso. % | Textura kg/cm <sup>2</sup> | Observación % de frutos dañados |
|-------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Sin adsorbente                |                   |                  |                    |                            |                                 |
| 1                             | 8.5               | 12               | 0.0                | 23.0                       | 0                               |
| 3                             | 9.2               | 10.2             | 1.15               | 21.89                      | 0                               |
| 7                             | 13.0              | 7.0              | 2.85               | 19.25                      | 2                               |
| 13                            | 30                | 5.0              | 3.49               | 14.8                       | 60                              |
| Con adsorbente                |                   |                  |                    |                            |                                 |
| 1                             | 9.8               | 11.5             | 0.05               | 23.0                       | 0                               |
| 6                             | 10.0              | 11.0             | 2.5                | 21.35                      | 0                               |
| 12                            | 10.0              | 11.0             | 3.5                | 11.64                      | 0                               |
| 18                            | 10.0              | 11.0             | 3.9                | 9.0                        | 0                               |
| 26                            | 11.5              | 9.5              | 4.71               | 7.76                       | 0                               |



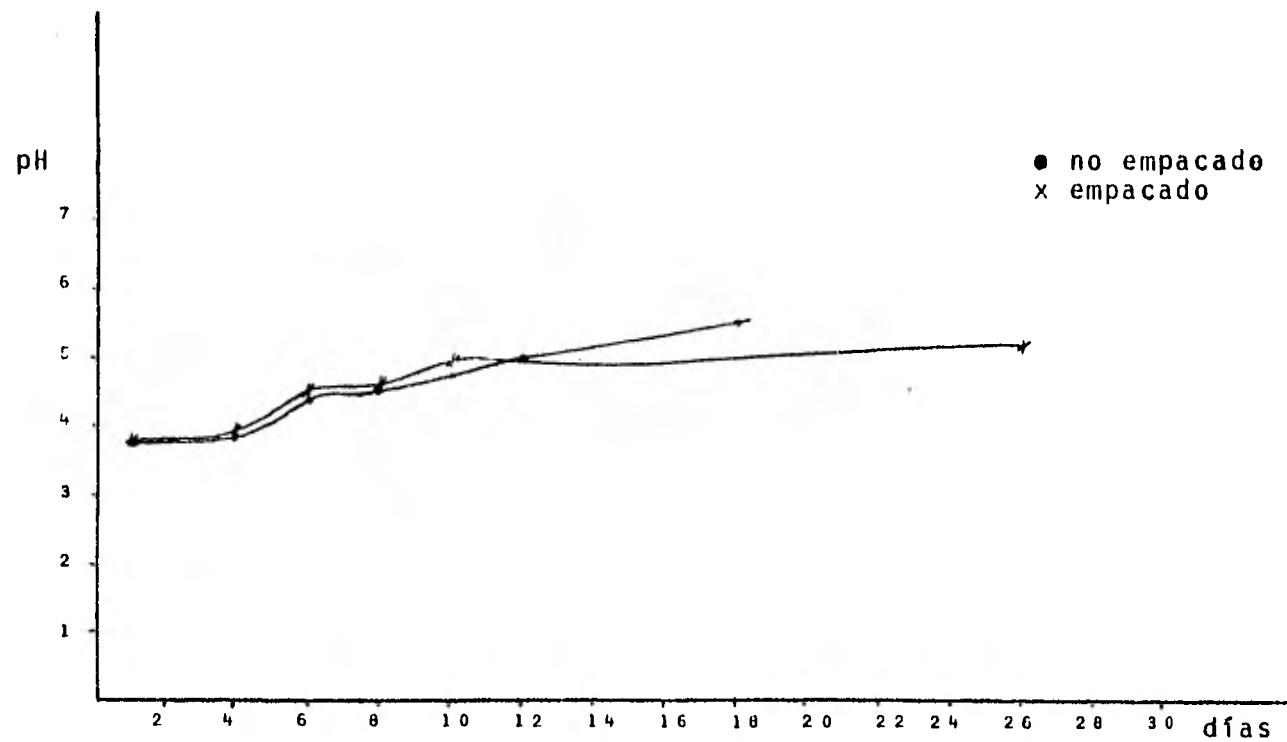
Gráfica #13. Pérdida de peso del jitomate durante su almacenamiento.



Gráfica # 14. Cambios de acidez titulable del jitomate durante su almacenamiento.

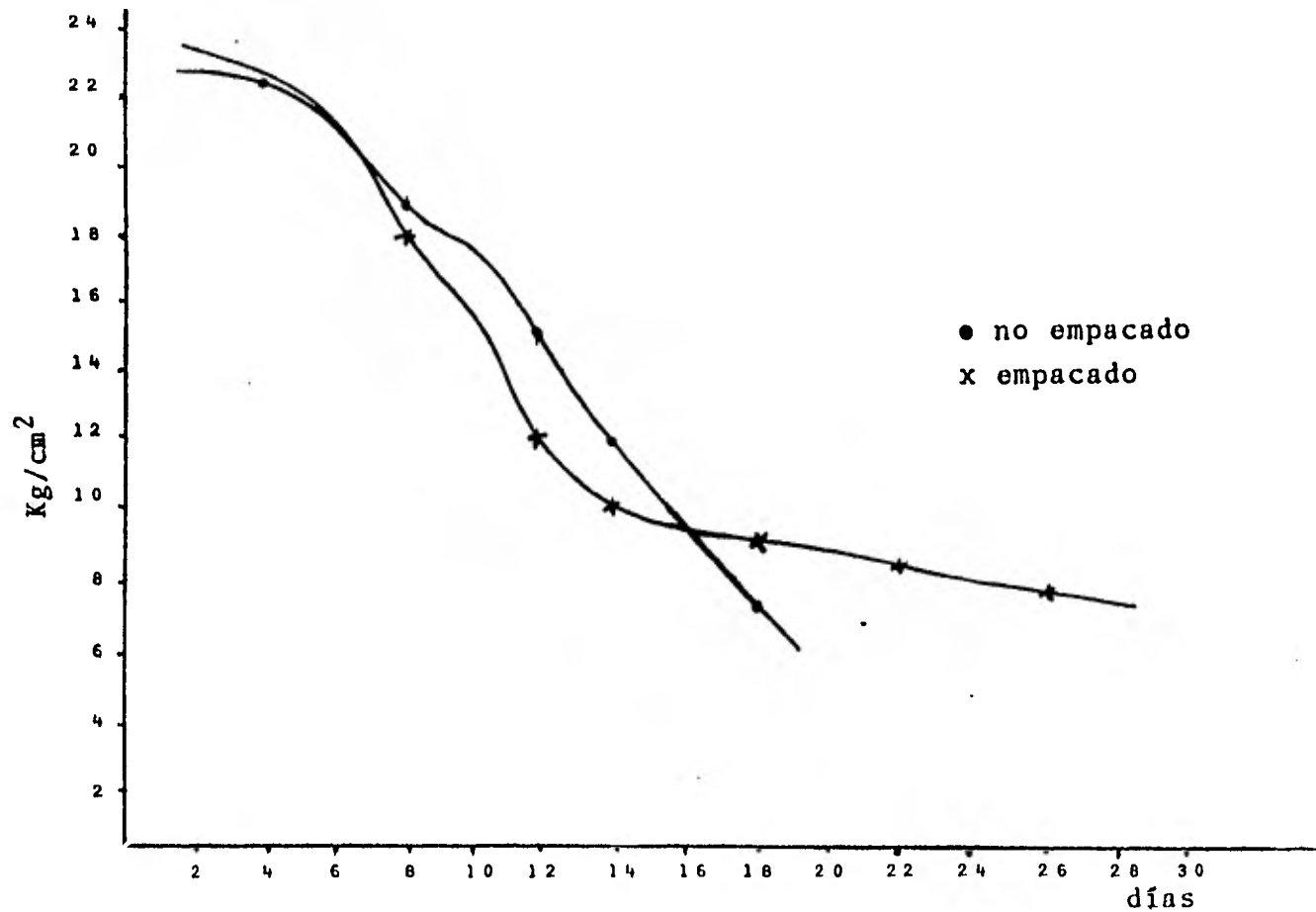


Gráfica # 15. Cambios de sólidos solubles (°Bx) del jitomate durante su almacenamiento.



Gráfica #16. Cambios del pH del jitomate durante su almacenamiento.





Gráfica #17. Cambios de textura del jitomate durante su almacenamiento.

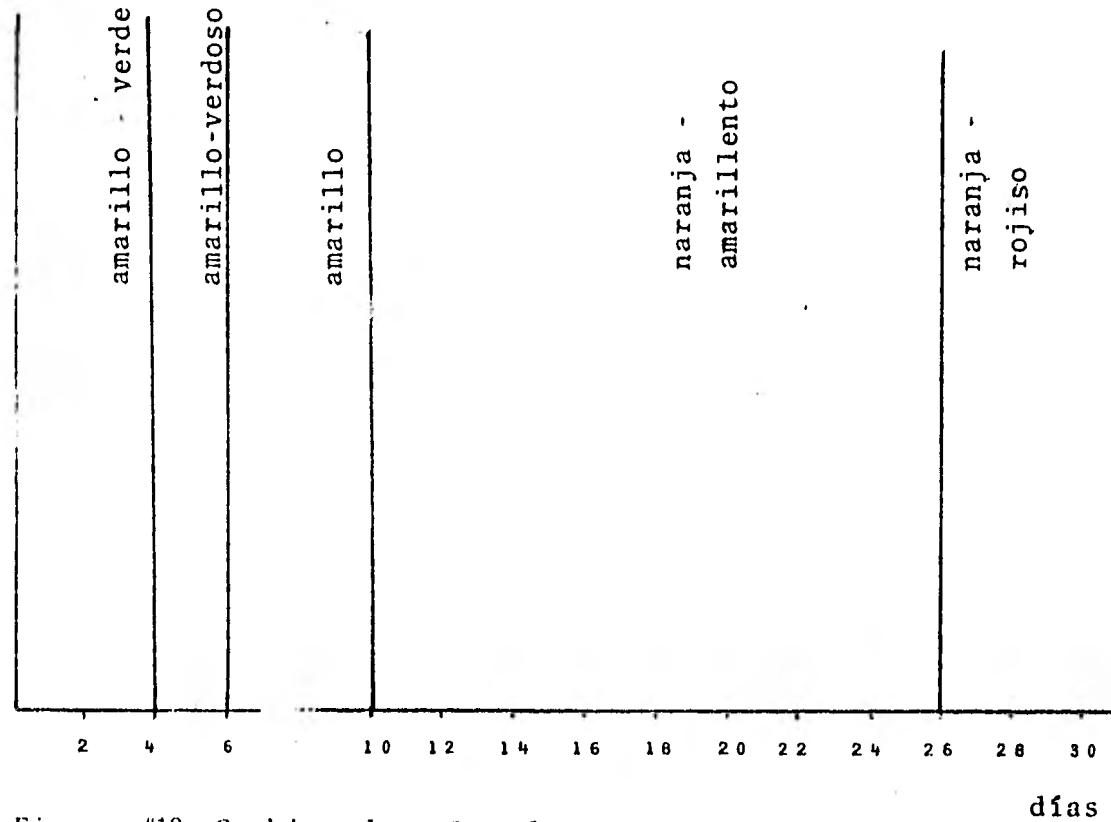


Figura #10. Cambios de color durante el almacenamiento del jitomate, empacado.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

1. La velocidad de respiración del jitomate es una función del estado de maduréz.
2. La velocidad de respiración del jitomate se puede modificar por la utilización de películas plásticas como empaque.
3. El espesor de película requerido para controlar la atmósfera y la maduración del jitomate, sin ayudas, es muy pequeño.
4. Debido a que en el mercado no existen los espesores de películas deseados, se recurre a los espesores para bolsas con la presencia artificial de orificios y adsorbentes de humedad.
5. Por efectos de la película el tiempo de maduración se retrasa hasta un 250%. Desde 2 a 7 días en el período de cambio de un estado fisiológico a otro, sin modificar las características finales del producto.
6. Por efecto de la película se observó un color más uniforme, una textura más firme y menor pérdida de peso.
7. La pérdida de peso por efecto de la presencia de la película plástica fue de 50% menor en un período de tiempo 35% mayor en el almacenamiento en relación a las condiciones tradicionales.
8. El color del fruto puede ser tomado como índice de maduréz.
9. Los criterios de selección de la película fueron adecuados pues se logró la atmósfera buscada.

10. El tiempo de conservación del jitomate debido a la película es equivalente al que se tendría con la refrigeración, con la diferencia que los costos de operación son mucho menores.

11. El sistema puede ser aplicado para otro fruto.

#### RECOMENDACIONES

- Buscar el estado fisiológico óptimo que permita un tiempo máximo de conservación.
- Hacer estudios complementarios en otros tipos de atmósferas.
- Hacer estudios sobre índices de madurez para homogenizar la selección.
- En estudio semejante evaluar también etileno, sus efectos y forma de control.
- Buscar otros análisis que permitan identificar el estado de madurez sin dañar el fruto.
- Extender este estudio para diferentes variedades de jitomate.
- Realizar cartas de color que permitan identificar el estado fisiológico (estado de madurez).
- Efectuar estudios en combinación con refrigeración.

APENDICE A . Propiedades de películas.

|   | Celofán                      |                                     |                  |                   |               |
|---|------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|---------------|
|   | recubierto con nitrocelulosa | recubierto con saran dos lados      | Acetato celulosa | Fluorohalo carbón | Ionómero      |
| <u>General</u>  |                              |                                     |                  |                   |               |
| Claridad  | transparente.                | transparente o transparente lucido. | transparente     | transparente.     | transparente. |
| Rendimiento sq.in/lb/1mil.                            | 19500                        | 19500                               | 22000            | 130000            | 28600-29500   |
| Gravedad específica                                   | 1.44                         | 1.44                                | 1.25-1.35        | 2.2               | 0.94-0.96     |
| <u>Mecánica</u>                                       |                              |                                     |                  |                   |               |
| Resistencia de tensión lb/sq.in<br>ASTM D-882         | MD-18000<br>TD-9000          | MD-18000<br>TD-9000                 | 7000<br>15000    | 5000<br>10000     | 3000-5000     |
| Elongación %<br>ASTM D-882                            | 15-23                        | 15-25                               | 15-50            | 50-400            | 350-450       |
| Resistencia al impacto kg/cm                          | 8-15                         | 8-15                                | 2-8              | 2-15              | 6-11          |
| Resistencia al corte gm/1mil<br>ASTM D-1922           | 2-10                         | 7-15                                | 2-15             | 3-40              | 15-150        |
| Rango de calor para sellar °F                         | 200-350                      | 200-350                             | 350-450+         | 350-400           | 190-400       |
| <u>Química</u>  |                              |                                     |                  |                   |               |
| VTVA gm/dia/<br>100sqin a<br>100°F 90%HR<br>ASTM E-96 | 0.5                          | 0.45                                | 5                | 0.4-0.7           | 1.3-2.1       |

|  | C e l o f á n<br>recubierto<br>con nitro-<br>celulosa | recubierto<br>con saran<br>dos lados | Acetato<br>celulosa   | Fluorohalo<br>carbón                      | Ionómero   |
|--|---|--------------------------------------|---|---|--|
| Transmisión<br>de gas<br>cc/1mil/100sqin/<br>24 hr a 1 atm<br>73°F y 0% HR)<br>ASIM D-1434 | O <sub>2</sub> -2.0                                   | O <sub>2</sub> -0.6                  | O <sub>2</sub> -23<br>CO <sub>2</sub> -105<br>N <sub>2</sub> -6.5 | O <sub>2</sub> 240<br>CO <sub>2</sub> 500 | O <sub>2</sub> 226-484<br>CO <sub>2</sub> 626-1150 |
| Resistencia a<br>grasas y aceite   | Impermeable   |                                      | buena   | buena                                     | buena  |
| <u>Estabilidad</u>   |   |                                      |   |   |  |
| Temperatura<br>máxima usada °F   | dependiente de HR                                     |                                      | 200   | 300                                       | 160  |
| Temperatura<br>mínima usada °F   | dependiente de HR                                     |                                      | cerca 0   | -50                                       | -100   |
| Cambios de dimen<br>sión a altas HR %  | 2-3   | 2-3                                  | 0.2-0.6<br>a 80%  | ninguna                                   | ninguna  |
| <u>Características<br/>de Conversión</u>   |   |                                      |   |   |  |
| Funcionamiento<br>mecánico   | excelente   | excelente                            | bueno   | bueno                                     | bueno  |
| Printabilidad  | buena   | buena                                | buena   | buena si<br>es tratado                    | buena si es<br>tratado                             |
| Encogible al<br>calor  | NO  | No                                   | No  | No  | tipos espe-<br>ciales                              |

|   | P O L I E T I L E N O                 |                                       |   |                      |                          |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------|--------------------------|
|   | baja densi-<br>dad.                   | densidad<br>media                     | alta<br>densidad                        | linear<br>densidad   | baja densidad<br>12% EVA |
| <u>General</u>  |                                       |                                       |   |                      |                          |
| Claridad  | transparen-<br>te o trans-<br>lucido. | transparen-<br>te o trans-<br>lucido. | transpa-<br>rente o<br>transluci-<br>do | transp.<br>o transl. | transparente             |
| Rendimiento<br>(sq.in/lb/1mil)                        | 30000                                 | 29500                                 | 29000                                   | 30000                | 29500                    |
| Gravedad<br>específica                                | .910-.925                             | .926-.94                              | .941-.965                               | .925                 | 0.94                     |
| <u>Mecánica</u>                                       |                                       |                                       |   |                      |                          |
| Resistencia de<br>tensión<br>(lb/sq.in)<br>ASTM D-882 | 1000-3500                             | 2000-5000                             | 3000-7500                               | MD-1540<br>TD-1620   | 3000-5000                |
| Elongación (%)<br>ASTM D-882                          | 225-600                               | 225-500                               | 10-500                                  | MD-640<br>TD-680     | 300-500                  |
| Resistencia al<br>impacto (kg/cm)                     | 7-11                                  | 4-6                                   | 1-3                                     | 1.3                  | 11-15                    |
| Resistencia al<br>corte (gm/1mil)                     | 100-400                               | 50-300                                | 15-300                                  | MD-280<br>TD-400     | 50-100                   |
| Rango de calor<br>para sellar °F                      | 250-350                               | 260-310                               | 275-310                                 | 250-350              | 200-300                  |
| <u>Química</u>  |                                       |                                       |   |                      |                          |
| VIVA (gm/24 hr/<br>100 sq.in a<br>100°F y 90% HR      | 1.2                                   | 0.5-1.0                               | 0.3-0.65                                | 1.2                  | 3.9                      |



|  | P O L I E T I L E N O                               |  |   |  |   |
|--|---|--|---|--|---|
|  | baja densidad                                       | densidad media   | alta densidad                                       | linear baja densidad                                     | baja densidad 12% E V A                                   |
| <u>General</u>   |   |  |   |  |   |
| Transmisión de gas<br>(cc/1mil/100sq in/24hr a 1 atm 73°F y 0% HR) ASTM D-1434 | O <sub>2</sub> -250-840<br>CO <sub>2</sub> 495-5000 | O <sub>2</sub> -165<br>335<br>CO <sub>2</sub> 500<br>840 | O <sub>2</sub> 33-250<br>CO <sub>2</sub> 250<br>645 | O <sub>2</sub> 250<br>840<br>CO <sub>2</sub> 495<br>5000 | O <sub>2</sub> 515<br>645<br>CO <sub>2</sub> 2260<br>2900 |
| Resistencia a grasa y aceite   | varios  | buena  | buena   | buena  | a varios  |
| <u>Estabilidad</u>   |   |  |   |  |   |
| Temperatura máxima usada °F  | 150   | 180-200  | 250   | 170-180  | 140   |
| Temperatura mínima usada °F  | -60   | -60  | -60   | -60  | -60   |
| Cambios de dimensión a altas HR  | ninguna   | ninguna  | ninguna   | ninguna  | ninguna   |
| <u>Características de conversión</u>   |   |  |   |  |   |
| Funcionamiento mecánico  | regula  | regular  | bueno   | regular a bueno  | regular   |
| Printabilidad  | bueno si es tratado                                 | bueno si es tratado                                      | bueno si es tratado                                 | bueno si es tratado                                      | bueno si es tratado                                       |
| Encogible al calor   | algunos tipos                                       | algunos tipos  | algunos tipos                                       | no se recomienda   | algunos tipos   |

|  | P o l i e s t e r (PET) |                                     | Nitrilos        | Polibutileno  |                                |
|--|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|
|  | no recubier<br>to.      | recubierto<br>con saran<br>un lado. | metalizado      | transparente  | transparente ó<br>translucido. |
| <u>General</u>                                 |                         |                                     |                 |               |                                |
| Claridad                                       | transparente.           | transparente.                       | opaco           | transparente. | transparente ó<br>translucido. |
| Rendimiento<br>(sqin/lb/1mil)                  | 20000<br>22000          | 20500                               | 20000<br>22000  | 24000         | 31000                          |
| Gravedad<br>específica                         | 1.35-1.39               | 1.4                                 | 1.35-1.39       | 1.15          | 1.3                            |
| <u>Mecánica</u>                                |                         |                                     |                 |               |                                |
| Resistencia de<br>tensión<br>(lb/sqin)         | 25000<br>33000          | 26000<br>31000                      | 25000,<br>33000 | 9500          | 4500<br>5000                   |
| ASTM D-882                                     |                         |                                     |                 |               |                                |
| Elongación (%)                                 | 120-140                 | 90-125                              | 120-140         | 5             | 200-400                        |
| ASTMD-882                                      |                         |                                     |                 |               |                                |
| Resistencia al<br>impacto (kg/cm)              | 25-30                   | 25-30                               | 25-30           | alta          | 20-30                          |
| Resistencia al<br>corte(gm/1 mil)              |                         |                                     |                 |               |                                |
| ASTM D-1922                                    | 13-80                   | 10-10                               | 13-80           | alta          | 400-800                        |
| Rango de calor<br>para sellar °F               | --                      | 275-400                             | --              | 160-300       | 325-400                        |
| <u>Química</u>                                 |                         |                                     |                 |               |                                |
| VIVA (gm/dia/<br>100sqin a 100°F<br>y 90 % HR) |                         | 0.9 a                               |                 |               |                                |
| ASTM E-96                                      | 1.3                     | 0.0005inch                          | 0.1             | 5             | 1.2                            |

|   | P o l i e s t e r (PET) |                                   |                          |   |   |
|---|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
|   | no<br>recubierto        | recubierto<br>con saran           | recubierto<br>metalizado | Nitrilos                                  | Polibutileno  |
| Transmisión de gases<br>cc/1mil/100sqin<br>24 hr a 1 atm. y<br>73°F y 0% HR)<br>ASTM D-1434 | O <sub>2</sub> 5        | O <sub>2</sub> 0.4 a<br>.0005inch | O <sub>2</sub> 0.08      | O <sub>2</sub> 0.8<br>CO <sub>2</sub> 1.1 | O <sub>2</sub> 385<br>CO <sub>2</sub> 825<br>N <sub>2</sub> 110 |
| Resistencia a<br>grasas y aceite  | buena                   | buena                             | buena                    | impermea-<br>ble.                         | buena   |
| <u>Estabilidad</u>  |                         |                                   |                          |   |   |
| Temperatura<br>máxima usada °F  | 400                     | recubier-<br>ta 180               | 400                      | 160 - 210                                 | 220   |
| Temperatura<br>mínima usada °F  | -80                     | -60                               | -80                      | -50                                       | -30   |
| Cambios de dimen-<br>sión a altas HR  | ninguna                 | ninguna                           | ninguna                  | --  | ninguna   |
| <u>Características<br/>de conversión</u>  |                         |                                   |                          |   |   |
| Funcionamiento<br>mecánico  | buen                    | buen                              | buen                     | buen                                      |   |
| Printabilidad   | buena                   | buena                             | buena                    | buena                                     | buena si es<br>tratada.   |
| Encogible al<br>calor   | algunos<br>tipos        | algunos<br>tipos                  | No                       |   | algunos tipos   |

|  | N y l o n                             |                                    |                         |                                      |                             |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
|  | no<br>recubierto                      | recubierto<br>con saran<br>un lado | metalizado<br>orientado | Policarbo-<br>nato                   | Cloruro de<br>polivinildeno |
| <u>General</u>   |                                       |                                    |                         |                                      |                             |
| Claridad   | transparen-<br>te o trans-<br>lucido. | transparen-<br>te.                 | opaco                   | transparen-<br>te o trans-<br>lucido | transparente                |
| Rendimiento<br>(sq. in/lb/1mil)                              | 23500<br>24500                        | 21200                              | 24500                   | 23100                                | 16300                       |
| Gravedad<br>específica                                       | 1.13-1.14                             | 1.13-1.14                          | 1.13-1.14               | 1.2                                  | 1.59-1.71                   |
| <u>Mecánica</u>  |                                       |                                    |                         |                                      |                             |
| Resistencia de<br>tensión<br>(lb/sq. in)<br>ASTM D-882       | 7000<br>18000                         | 7000<br>18000                      | 28000                   | 8200<br>9300                         | 8000<br>20000               |
| Elongación (%)<br>ASTM D-882                                 | 250<br>500                            | 250<br>500                         | 90                      | 95<br>115                            | 40 - 80                     |
| Resistencia al<br>impacto (kg/cm)                            | 4-6                                   | 7                                  | 7                       | - -                                  | 10-15                       |
| Resistencia al<br>corte (gm/1mil)<br>ASTM D-1922             | 20-50                                 | 20-60                              | 20-60                   | 20-25                                | 10-20                       |
| Rango de calor<br>para sellar °F                             | 350-500                               | 350-500                            | 350-500                 | 400-430                              | 280-300                     |
| <u>Química</u>   |                                       |                                    |                         |                                      |                             |
| VIVA (gm/24hr/<br>100sq. in a<br>100°F 90% HR)<br>ASTM E- 96 | 24-26                                 | 0.2                                | 0.2                     | 9.7                                  | .1-.3                       |

|  | N y l o n   |  |                         | Policarbo-<br>nato                         | Cloruro de<br>polivinildeno                     |
|--|---|--|-------------------------|--|---|
|  | no<br>recubierto  | recubierto<br>con saran<br>un lado                                   | metalizado<br>orientado |  |   |
| Transmisión de<br>gas<br>(cc/1mil/100sq.<br>in/24 hr a 1atm<br>73°F y 0% HR)<br>ASTM D- 1434 | O <sub>2</sub> 2.6<br>CO <sub>2</sub> 4.7<br>N <sub>2</sub> 0.9 | O <sub>2</sub> - 0.5<br>CO <sub>2</sub> -1.14<br>N <sub>2</sub> -0.1 | O <sub>2</sub> -0.05    | O <sub>2</sub> -258<br>CO <sub>2</sub> 775 | O <sub>2</sub> .5-1.7<br>CO <sub>2</sub> 3.3-10 |
| Resistencia a<br>grasa y aceite  | impermeable   | impermeable  | impermeable             | buenas                                     | buenas  |
| <u>Estabilidad</u>   |   |  |                         |  |   |
| Temperatura<br>máxima usada °F   | 350-450   | 2000   | 200                     | 265  | 290   |
| Temperatura<br>mínima usada °F   | -75   | -40  | -75                     | -100                                       | bajo 0  |
| Cambios de di-<br>mensión a altas<br>HR (%)  | 1.3   | 1.3  | 1.3                     | ninguna                                    | ninguna   |
| <u>Características<br/>de conversión</u>   |   |  |                         |  |   |
| Funcionamiento<br>mecánico   | bueno   | bueno  | bueno                   | bueno                                      | regular   |
| Printabilidad  | buenas  | buenas   | buenas                  | buenas                                     | tintas espe-<br>ciales.                         |
| Encogible al<br>calor  | no  | no   | no                      | no   | algunos tipos                                   |

|  | P o l i p r o p i l e n o |                                | P o l i e s t i r e n o         | Cloruro de                          |                     |
|--|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
|  | no orientado              | orientado/<br>balanceado       | orientado/<br>metalizado        | polivinilo                          |                     |
| <u>General</u>   |                           |                                |                                 |                                     |                     |
| Claridad   | transparen-<br>te.        | transparen<br>te.              | opaco                           | transparente<br>o translúci-<br>do. | transparen<br>te.   |
| Rendimiento<br>(sq. in/lb/1mil)                          | -<br>30800                | -<br>30600                     | -<br>30600                      | -<br>26300                          | 20000<br>22500      |
| Gravedad<br>específica                                   | .88-.90                   | .905                           | .905                            | 1.05                                | 1.23-1.37           |
| <u>Mecánica</u>  |                           |                                |                                 |                                     |                     |
| Resistencia de<br>tensión<br>(lb/sq.in)<br>ASTM D-882    | 3000-9000                 | 25000-<br>30000                | MD-19000<br>TD-32000            | 9000<br>12000                       | 16000<br>2000       |
| Elongación (%)<br>ASTM D-882                             | 400-800                   | 60-100                         | 50-400                          | 10-50                               | 5-500               |
| Resistencia al<br>impacto (kg/cm)                        | 1-3                       | 5-15                           | 5-15                            | 1-5                                 | 12-20               |
| Resistencia al<br>corte(gm/1mil)                         | 40-300                    | 4-6                            | 4-6                             | 4-20                                | mu<br>y<br>variable |
| Rango de calor<br>para sellar °F                         | 325-400                   | requiere<br>recubri-<br>miento | requiere<br>recubri-<br>miento. | 250-325                             | 250-350             |
| <u>Química</u>   |                           |                                |                                 |                                     |                     |
| VIVA (gm/24hr/<br>100sq.in a<br>100°F 90%HR<br>ASTM E-96 | 0.5-0.6                   | .3-.4                          | 0.1                             | 6.5                                 | 4                   |

|   | P o l i p r o p i l e n o<br>no orientado              | orientado/<br>balanceado                         | P o l i e s t i r e n o<br>orientado/<br>metalizado | Cloruro de<br>polivinilo                                 |  |
|---|--|--|---|--|--|
| Transmisión de gases<br>(cc/1mil/100sq. in/24hr a 1 atm 73°F y 0% HR) ASTM D-1434 | O <sub>2</sub> - 84-415<br>CO <sub>2</sub> 495<br>1350 | O <sub>2</sub> 110<br>CO <sub>2</sub> 240<br>285 | O <sub>2</sub> 3.0                                  | O <sub>2</sub> 165<br>495<br>CO <sub>2</sub> 645<br>1680 | O <sub>2</sub> 5<br>1500<br>CO <sub>2</sub> 50<br>3500 |
| Resistencia a grasa y aceite  | buena  | buena  | buena   | buena  | buena  |
| <u>Estabilidad</u>  |  |  |   |  |  |
| Temperatura máxima usada °F   | 250  | 250  | 250   | 175  | Depende del plasticizador                              |
| Temperatura mínima usada °F   | -60  | -60  | bajas temp. no.                                     | -60  | 0  |
| Cambios de dimensión a altas HR   | ninguna  | ninguna  | ninguna   | poca o ninguna   | ninguna  |
| <u>Características de conversión</u>  |  |  |   |  |  |
| Funcionamiento mecánico   | regular a bueno  | regular  | bueno   | bueno  | regular  |
| Printabilidad   | buena si es tratada                                    | buena si es tratada                              | buena si es tratada                                 | Tinta especial   | tinta especial   |
| Encogible al calor  | no   | algunos tipos                                    | no  | si   | algunos  |

**APENDICE B.**

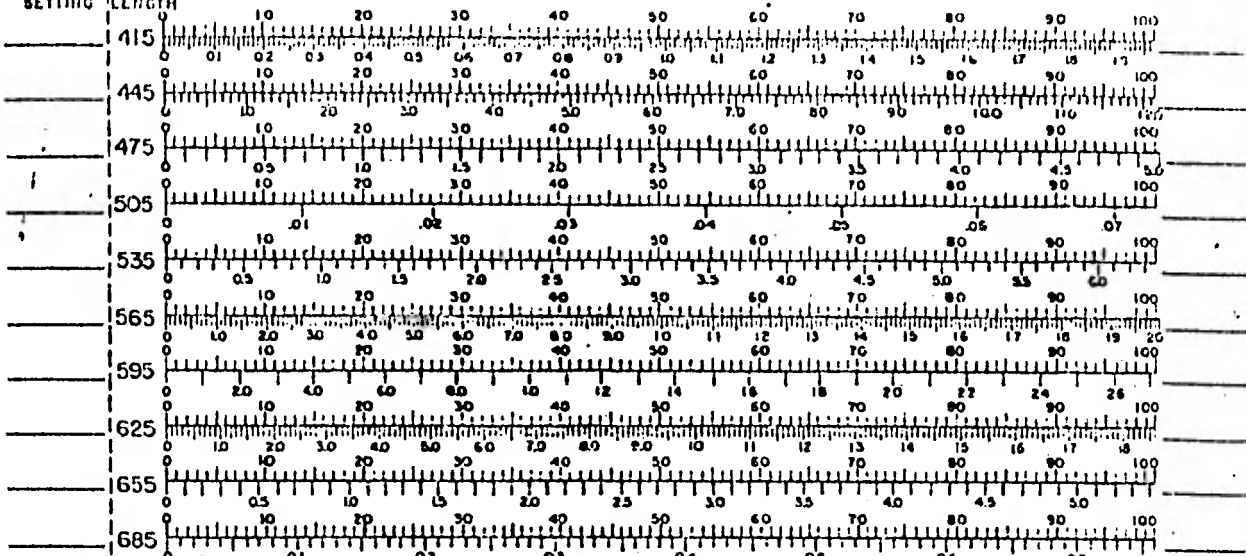
**Diagramas de cromaticidad y formas para  
obtener coeficientes tetracromáticos, para  
la determinación de color.**



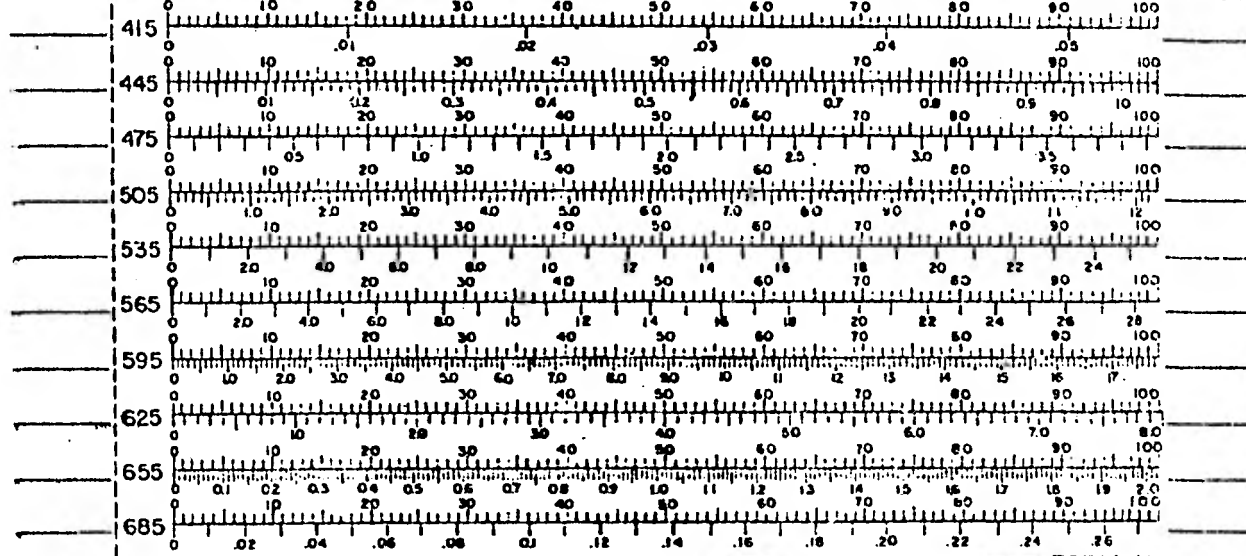
# B & L TRICHROMATIC COEFFICIENT COMPUTING FORM FOR ILLUMINANT C

WHITE REFERENCE SETTING

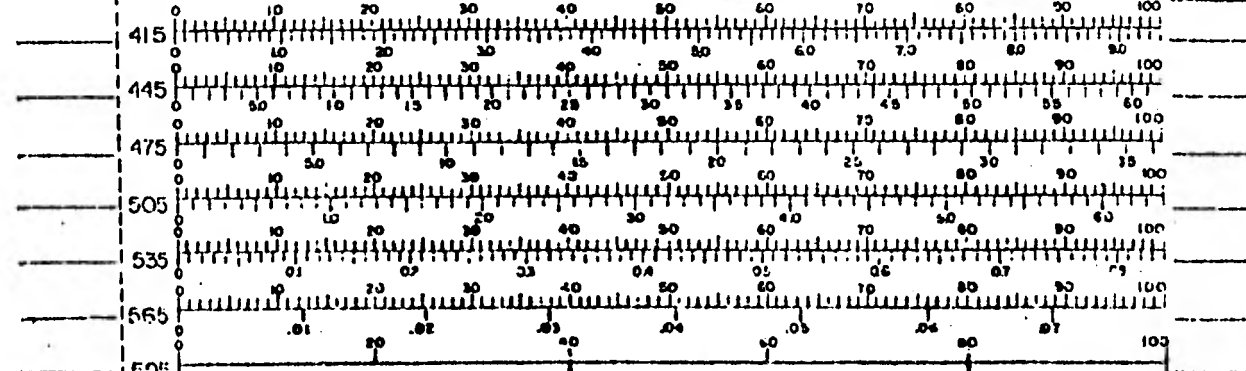
WAVE LENGTH



TOTAL X =



TOTAL Y =



TOTAL Z =

$X =$         $\frac{X}{X+Y+Z} = x =$        SAMPLE \_\_\_\_\_  
 $Y =$         $\frac{Y}{X+Y+Z} = y =$        OPERATOR \_\_\_\_\_  
 $Z =$        DATE \_\_\_\_\_  
 $X+Y+Z =$

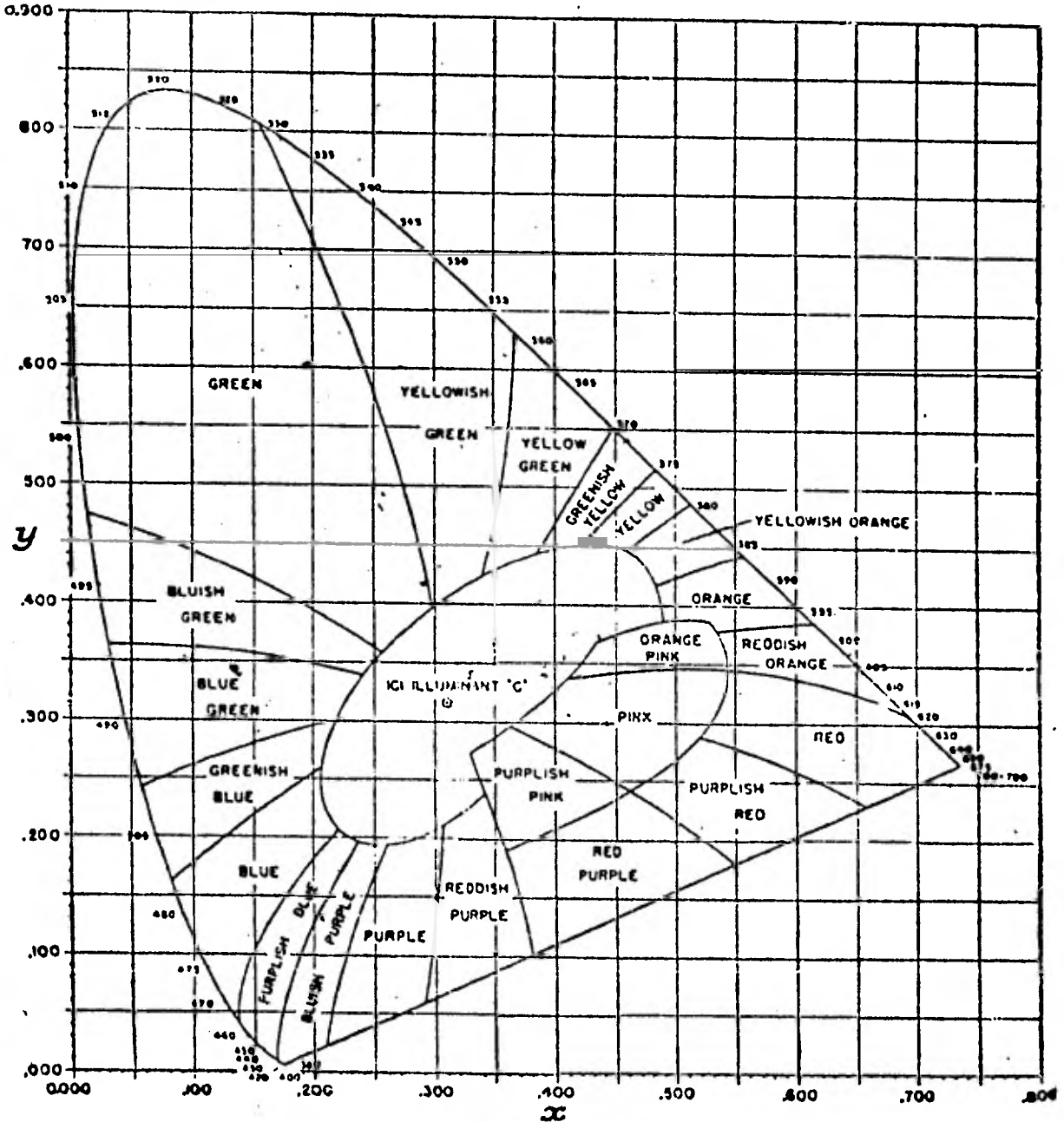
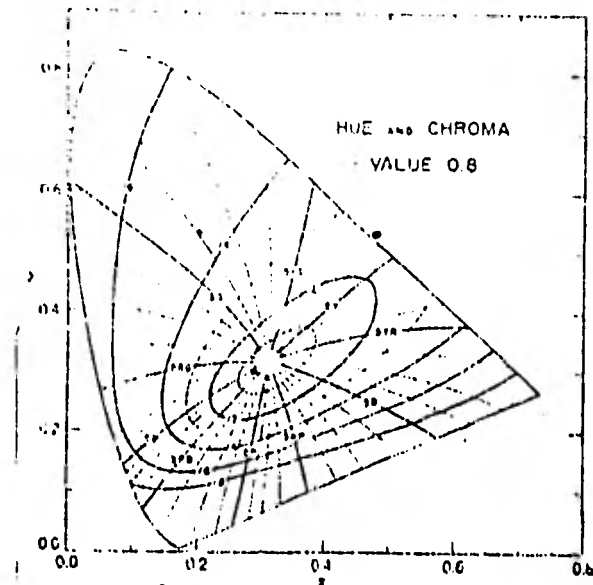
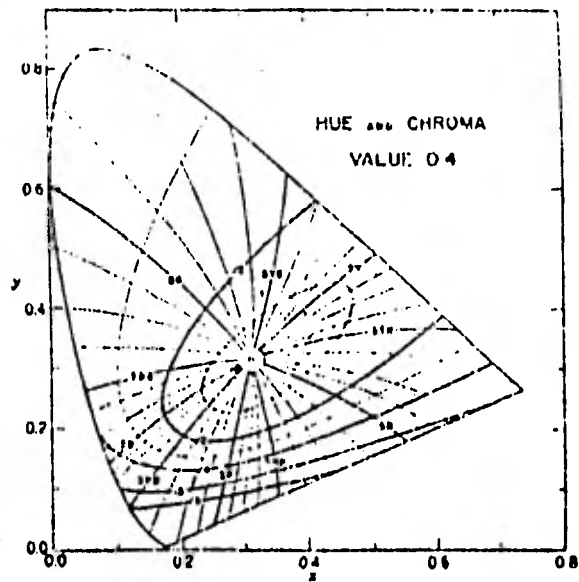


Diagrama de Cromaticidad (C.I.E.)



Notaciones de matiz, croma y luminosidad del sistema Munsell superpuestas en diagrama de cromaticidad.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alonso, R.M. (1976) Conservación Frigorífica de Frutas y Hortalizas. Frío Calor y Aire Acondicionado. -- Nov. pag. 25-35.
- 2.- Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos (1978), S.P.P., México.
- 3.- Boletín Bimestral (9176), Informe que presenta la Unión Nacional de Productores de Hortalizas sobre la 2a. Reunión de Calidad de Tomate, Celebrada en Davis, California, U.N.P.H., México.
- 4.- Boletín Interno (1981) Precios en el Mercado Nacional - sobre las principales frutas y hortalizas, Vol III No. 17, D.G.E.A., S.A.R.H., México.
- 5.- Boletín Interno (1981) Precios en el Mercado Nacional - sobre las principales frutas y hortalizas, Vol.III No. 19, D.G.E.A., S.A.R.H., México.
- 6.- Boletín Interno (1981) Precios en el Mercado Nacional - sobre las principales frutas y hortalizas, Vol.III No. 30, D.G.E.A., S.A.R.H., México.
- 7.- Boletín Interno (1981) Precios en el Mercado Nacional - sobre las principales frutas y hortalizas, Vol.III No. 44, D.G.E.A., S.A.R.H., México.
- 8.- Boletín Interno (1981) Precios en el Mercado Nacional - sobre las principales frutas y hortalizas, Vol.III No. 52, D.G.E.A., S.A.R.H., México.
- 9.- Cano R. y G. Contreras (1975) Tecnología de la Conservación de Productos Hortícolas bajo Atmósfera Controlada. Frío, Calor y Aire Acondicionado, Feb. pag.23

- 10.- Containers Used in California for Fresh Fruits and Vegetables (1978] United States Department of Agriculture, Marzo, U.S.A.
- 11.- Casas, A.N. (1977] Cambios Fisiológicos y Bioquímicos Durante la Maduración del Mamey (Calocarpum mammosum), Tesis Profesional C.B. I.P.N., México.
- 12.- Daun H.y.G. Seymour (1973] Storage Quality of Bananas Package in Selected Permeability Films. J. Food Sci., 38 (7) : 1247, U.S.A.
- 13.- Daude, B y W. Gunter. Color in Business Science and Industry. 3a John Wiley, N. York, U.S.A. (1978).
- 14.- Frazier, W.C.. Microbiología de los Alimentos. 2a Ed. Acribia, España. (1976).
- 15.- Geankoplis, J.CH. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Ed. CECSA, México. (1982).
- 16.- Gerson, M.S. (1976] Revisión Bibliográfica sobre Algunos Cambios Químicos de Ciertas Frutas Durante el Período de Maduración. Tesis Profesional U.N.A.M. México.
- 17.- Hulme, A.C. The Biochemistry of Fruits and Their Products, Vol. I Ed. Academic Press, U.S.A. (1970).
- 18.- Hard, F.N. Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables. Ed. The AVI Pub. Co. Inc. Westport U.S.A. (1975).
- 19.- Industria Petroquímica Análisis y Presupuesto. S.P.P., S.P.F.I., PEMEX y Fertilizantes Mexicanos S.A., México, (1981).
- 20.- Información Agropecuaria, D.G.E.A., S.A.R.H., México, (1980).

- 21.- Jal, D.M. (1975) Conservación de Productos Hortícolas en Atmósfera Controlada. Frío, Calor y Aire Acondicionado, Febrero, pag. 23-34.
- 22.- Jurin, V. y M. Karel (1963) Studies on Control of Refrigeration of McIntosh Apples by Packaging Methods Food Technology. 17 (3): 106, U.S.A.
- 23.- Kader, A. (1978) El Tomate. Investigación Científica. 25. pag 45-55.
- 24.- Kader, A. (1978) Preservation of Ripening in Fruits by Use of Controlled Atmospheres. Food Products Development, 8 (3) : 66. U.S.A.
- 25.- Karel, M., P. Issemberg, Ronsivalli L., y V. Jurin (1963) Application of Gas Chromatography to the Measurement of Gas Permeability of Packaging Material. Food Technology. 17 (3) : 91. U.S.A.
- 26.- Kramer, A. y B.A. Twigg. Quality Control for the Food Industry. Vol. II. Ed. The AVI Pub. Co. Inc. Westport Conn. U.S.A. (1970).
- 27.- Lakshminarayana, S. (1975) Modified Continuous Gas Stream Method for Measuring Rates of Respiration in Fruits and Vegetables, Lab. Practices. Central Food Technological Research Institute. Mysore 2A India.
- 28.- Lehninger, L.A. Biochemistry. 2a. Ed. Warth Pub. Inc., U.S.A. (1975).
- 29.- Lutz y Handberg (1978). The Commercial Storage of Fruits Vegetables and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook No. 66, U.S.D.A., U.S.A.
- 30.- Manual de Operación Analizador de Gases Orsat. Tipo D Fisher.
- 31.- Manual de Operación Espectrofotómetro (Spectronic 20) Bausch and Lomb.

- 32.- Marcellin, P.,(1974) Conservation des Fruits et Legumes en Atmosphere Contrôlée, a L'aide de Membranes de Polymeres. Revue General Du Froid. Marzo, pag. 217-237.
- 33.- Package Engineering Including Modern Packaging. The Packaging Encyclopedia, U.S.A. (1982).
- 34.- Pantastico., Fisiología de la Postrecolección Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Ed. CECSA, México, (1982).
- 35.- Patrick, I. (1980) Use of Controlled Atmospheres to Retard Deterioration of Produce. Food Technology . 34 (3) : 45.
- 36.- Perry, H.R., Chemical Engineer's Handbook. 5a. Ed. McGraw-Hill. U.S.A. (1981).
- 37.- Rojas, J.M., Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw-Hill. México. (1978).
- 38.- Saguy, I. y Mannheim, C., (1975) The Effects of Selected Plastic Films and Chemicals Dip on the Shelf-life of Marmande Tomatoe. Journal Food Technology 10 : 547, U.S.A.
- 39.- Saguy, I. y Mannheim, C., (1980) Prolonging Shelflife of Strawberries by Packaging in Selected Plastic Films. Material Presentado en el Seminario de -- "Envases para Alimentos" realizado en LANFI, México.
- 40.- Salumke, D.K. (1974) Developments in Technology of Storage of Fresh Fruits and Vegetables. CRC Critical Review in Food Technology. Abril. U.S.A.
- 41.- Treybal, R., Mass Transfer Operation. 2a. Ed. McGraw-Hill. Kogakusha LTD, Japón. (1968).

- 42.- Veloz, C. y R. Ramayo, (1980) Empleo del Vacío en el -  
Preenfriamiento y Conservación de Productos Hortofrutícolas. Universidad Autónoma de Chapingo, ---  
México.
- 43.- SEP, " Tomate " Manuales para Educación Agropecuaria  
México. (1981).