

300627  
25  
24

T E S I S   P R O F E S I O N A L

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ASESOR ACADEMICO :    ING. CHANNES    BUIBULIAN    GARABEDIAN

SUSTENTANTE :            VERONICA RAMOS MONTES



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

## G E N E R A L

|  |    |
|--|----|
| OBJETIVOS                                  | 1  |
| INTRODUCCION                               | 2  |
| ANTECEDENTES                               | 5  |
| GENERALIDADES                              |    |
| 1.- Frutas                                 |    |
| 1.1 Definición                             | 8  |
| 1.2 Clasificación                          | 8  |
| 1.3 Composición y valor nutritivo          | 11 |
| 1.4 Metabolismo                            |    |
| 1.4.1 Respiración                          | 22 |
| 1.4.2 Transpiración                        | 30 |
| 1.5 Calidad sensorial en frutas tropicales | 31 |
| 1.6 Cosecha y manejo de frutas             | 33 |
| 1.7 Almacenamiento y conservación          | 35 |
| 1.8 Plátano                                |    |
| 1.8.1 Origen                               | 39 |
| 1.8.2 Desarrollo                           | 40 |
| 1.8.3 Fisiología                           | 40 |
| 1.8.4 Composición                          | 42 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.8.5 | Usos   | 43 |
| 1.8.6 | Producción                                       | 45 |
| 2.-   | Glicósidos                                       |    |
| 2.1   | Precedentes                                      | 48 |
| 2.2   | Definición                                       | 53 |
| 2.3   | Formación  | 54 |
| 2.4   | Clasificación                                    |    |
| 2.4.1 | Cardíacos  | 54 |
| 2.4.2 | Cerebrósidos                                     | 55 |
| 2.4.3 | Pigmentos  | 55 |
| 2.4.4 | Glucósidos                                       | 56 |
| 3.-   | Maduración                                       |    |
| 3.1   | Cambios químicos durante la maduración           | 61 |
| 3.2   | Compuestos que aceleran y retardan la maduración | 65 |
| 3.3   | Determinación de madurez                         | 68 |
| 4.-   | Efecto de las enzimas en la maduración           |    |
| 4.1   | Generalidades                                    | 72 |
| 4.2   | Glicosidasas                                     | 75 |
| 4.3   | Acción en frutas                                 | 80 |
| 4.4   | Inhibidores enzimáticos en frutas inmaduras      | 87 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 5.-          | Industrialización   |     |
| 5.1          | Objetivos de la industrialización   | 90  |
| 5.2          | Producción de fruta fresca  | 90  |
| 5.3          | Recepción y preparación de frutas para procesamientos                                     | 92  |
| 5.4          | Productos a base de fruta que son industrializados  | 94  |
| 5.5          | Industrialización de frutas específicas   | 107 |
|              |   |     |
| MATERIAL Y   | METODO  |     |
| 6.1          | Material y reactivos  | 114 |
| 6.2          | Determinaciones   | 115 |
| 6.3          | Desarrollo del método propuesto y tratamiento matemático de los resultados experimentales | 122 |
|              |   |     |
| RESULTADOS Y | DISCUSION   |     |
| 7.1          | Resultados  | 128 |
| 7.1.1        | Fisicoquímicos  | 129 |
| 7.1.2        | Organolépticos  | 137 |
| 7.1.3        | Estadísticos  | 138 |
| 7.2          | Discusión de resultados   | 143 |
|              |   |     |
| CONCLUSIONES |   | 150 |

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

153

APENDICE DE COMPUESTOS QUIMICOS

161

SIMBOLOGIA

174

## INDICE DE TABLAS

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | Clasificación morfológica de frutas                    | 9   |
| 2  | Actividad de agua y reacciones deteriorativas          | 11  |
| 3  | Características de frutas secas                        | 12  |
| 4  | Contenido total de azúcares en productos frutícolas    | 13  |
| 5  | Ácidos orgánicos en algunas frutas                     | 17  |
| 6  | Reducciones sobresalientes con radiación $\gamma$      | 38  |
| 7  | Componentes más sobresalientes del plátano             | 44  |
| 8  | Producción de plátanos en México                       | 45  |
| 9  | Nombres comunes y científicos de disacáridos           | 50  |
| 10 | Homopolisacáridos                                      | 52  |
| 11 | Cofactores más usuales                                 | 73  |
| 12 | Producción de diversas frutas                          | 90  |
| 13 | Significancias de pruebas triangulares                 | 121 |
| 14 | Contenido de humedad                                   | 129 |
| 15 | Azúcares reductores                                    | 130 |
| 16 | Porcentaje de azúcares reductores utilizando un blanco | 131 |
| 17 | Grados Brix  | 132 |
| 18 | Ácidos   | 133 |
| 19 | pH   | 134 |
| 20 | Almidón  | 135 |
| 21 | Reducción de peso                                      | 136 |
| 22 | Evaluaciones sensoriales hedónicas                     | 137 |
| 23 | Significancias estadísticas de pruebas triangulares    | 138 |

INDICE DE CUADROS

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | Longitudes de onda de luz visible en el aire                           | 5   |
| 2  | Diferenciaciones entre frutas climatéricas y no climatéricas           | 28  |
| 3  | Atmósferas controladas   | 37  |
| 4  | Cosecha de plátano en México   | 43  |
| 5  | Aglicones y glicones más usuales                                       | 56  |
| 6  | Acción de compuestos que activan la maduración                         | 66  |
| 7  | Compuestos que retardan la maduración                                  | 67  |
| 8  | Clasificación enzimática   | 73  |
| 9  | Características de glicosidasas  | 79  |
| 10 | Productos comerciales de algunas frutas                                | 95  |
| 11 | Composición de refrescos   | 98  |
| 12 | Selección de intensidad luminosa                                       | 128 |
| 13 | Valores estadísticos organolépticos ( Calificaciones por atributos )   | 138 |
| 14 | Apreciación estadística fisicoquímica de almidón y azúcares reductores | 139 |
| 15 | Prueba de Rango Múltiple de Duncan                                     | 140 |
| 16 | Medias estimadas para Prueba de Duncan                                 | 140 |
| 17 | Resultados estadísticos de Duncan                                      | 141 |
| 18 | Análisis de medias del proceso activo y pasivo                         | 142 |
| 19 | Valores estadísticos de Student  | 142 |
| 20 | Compendio de resultados fisicoquímicos                                 | 147 |



## INDICE DE FIGURAS

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Proceso EMP   | 23  |
| 2  | Ciclo de Krebs  | 24  |
| 3  | Ciclo de oxidación del fosfato de pentosa                     | 25  |
| 4  | Fórmulas de Fisher de la glucosa                              | 49  |
| 5  | Glicidos derivados del D - gliceraldehído                     | 50  |
| 6  | Configuración anomérica $\alpha$ y $\beta$                    | 51  |
| 7  | Transformación de glucosa y fructosa                          | 59  |
| 8  | Hidrólisis de sacarosa  | 77  |
| 9  | Regulaciones de $\beta$ - caroteno y ácidos grasos en mangos  | 88  |
| 10 | Operaciones preparatorias de frutas para su industrialización | 94  |
| 11 | Elaboración de refrescos                                      | 97  |
| 12 | Procesamiento para fruta desecada                             | 102 |
| 13 | Composición acuosa de frutas secas                            | 103 |
| 14 | Diagrama simple de producción de vino                         | 105 |
| 15 | Utilización del jugo fermentado de manzana                    | 106 |
| 16 | Productos más usuales del durazno                             | 108 |
| 17 | Procesamiento de manzana                                      | 109 |
| 18 | Derivados más sobresalientes de la piña                       | 110 |
| 19 | Principales productos elaborados a partir del plátano         | 111 |
| 20 | Curva estandar de azúcares reductores                         | 116 |
| 21 | Curva de calibración de almidón                               | 118 |

### OBJETIVO GENERAL

Seleccionar, mediante el tiempo requerido, el color de iluminación idóneo, para la maduración de *Musa acuminata* ( plátanos tabasco ) a 37° C.,- conservando sus propiedades.

### OBJETIVOS PARTICULARES

1.- Estimar entre los colores de iluminación blanco, rojo, azul, amarillo y verde, el más adecuado para madurar los plátanos tabasco.

2.- Ratificar que el color de iluminación selecto no conlleve a alteraciones organolépticas.

3.- Comprobar la probabilidad de realizar la maduración de los frutos a 37° C., sin producir alteraciones indeseables en el sistema metabólico.

4.- Ofrecer una alternativa preparatoria para disminuir el tiempo de maduración con etileno y aumentar la pronta disponibilidad del producto.

5.- Estudiar la posibilidad de efectuar la maduración de los plátanos durante su transporte a los centros de consumo, utilizando luz controlada y una temperatura definida.

## INTRODUCCION

La importancia del grado de madurez de una fruta, radica en el uso que de ella se pueda hacer para posteriores procesamientos, es por esto, que la selección de un método de maduración es esencial en la calidad organoléptica de la misma, debiendo ser una técnica que no altere las condiciones evaluatorias y pueda ser aplicado con bajo costo económico, permitiendo así, la disposición de mayor volumen de fruta a madurar y disminución en las pérdidas que se presentan. Todo procedimiento no solo originará la catálisis del metabolismo natural, sino que también, no contribuirá a que el deterioro pueda ser causante de la rápida descomposición del producto tratado, por consiguiente, cualquier método empleado deberá comprender en forma global de los fines subsecuentes :

- 1) Aceleración del metabolismo de la fruta.
- 2) Conservación de las características fisicoquímicas y sensoriales.
- 3) Permanencia de la fruta madura sin conllevarla a un deterioro temprano.

En base a lo anteriormente expuesto, ha sido diseñado un método de maduración por medio de luz visible para experimentar la posibilidad de su utilización como una técnica catalítica que permita tener una sencilla aplicación durante el transporte de la fruta desde el centro de recolección hasta el consumo primario. Originando con ello que el producto recibido presente un estado de madurez más avanzado, por lo que la cantidad de etileno empleada para alcanzar el estado idóneo de consumo sea disminuida y por ende, se dispondrá del fruto con mayor rapidez.

Dicho procedimiento no deberá inhibir la actividad enzimática, la transformación de almidón en azúcares, así como tampoco ningún proceso biológico - que se lleva a cabo durante el transcurso de la maduración.

Se propone este experimento en base al efecto que presentan diversos compuestos ante la exposición de luz visible y verificando de esta forma, la posibilidad de su acción en plátanos tabasco inmaduros. Dicha comprobación será estimada mediante el periodo de tiempo requerido por cada color de iluminación y constatado tanto por análisis fisicoquímicos como organolépticos.

Por la temperatura establecida ( 37° C. ), se asume como hipótesis, que la maduración de *Musa acuminata* será más rápida con luz color roja y en última instancia con la de color azul, debido a la relación entre la temperatura-color de luz-energía vibracional en cada zona del espectro. Es menester aclarar que han sido seleccionados los plátanos tabasco para verificar el método propuesto, en virtud de ser la especie más empleada y consumida en México.

ANTECEDENTES

La luz es una serie de radiaciones que se propagan a gran velocidad, presentando un aspecto ondulatorio y corpuscular, siendo percibidas por el ojo humano entre 400 nm y 700 nm. ( Cuadro 1 )

Cuadro 1  
Longitudes de onda de luz visible en el aire ( 61 )

| C O L O R | LONGITUD DE ONDA ( nm )   |
|-----------|---------------------------|
| Violeta   | Menor de 450 ( Máx. 400 ) |
| Azul      | 450 - 500                 |
| Verde     | 500 - 570                 |
| Amarillo  | 570 - 590                 |
| Naranja   | 590 - 610                 |
| Rojo      | Mayor de 610 ( Máx. 700 ) |

Por la emisión de una luz adecuada es posible conllevar a la catálisis de diversas reacciones, puesto que influye en su cinética, tales como síntesis, isomerización, descomposición, hidrólisis, oxidación, polimerización y reducción. Es por ello que las reacciones influenciadas por la acción de la luz son denominadas reacciones fotoquímicas, implicando generalmente aumento de energía libre en el sistema. Sin embargo, únicamente la luz absorbida por dicho sistema es efectiva en la producción de cambios químicos, siendo de importancia la luz emitida en las regiones visible y ultravioleta del espectro, ya que la luz infrarroja sólo afecta la energía rotatoria y vibracional de las moléculas.

El equilibrio fotoquímico dependerá de la intensidad y longitud de onda de la luz emitida, pero también, la velocidad de reacción con una incidencia constante de luz variará con la temperatura, es decir, si ésta es constante, dicha velocidad será proporcional a la luz absorbida. Se considera de manera genérica que la velocidad de reacción fotoquímica es aproximadamente 500 veces mayor que la de una reacción química ordinaria. La existencia de temperaturas elevadas y los niveles vibracionales de las moléculas son proporcionales, ya que de esta forma, se requiere menor energía para el aceleramiento de las reacciones en comparación con temperaturas bajas. Como resultado de ello, la región de la absorción de luz comenzará a longitudes de onda más largas al elevarse la temperatura.

El prototipo de reacciones fotoquímicas es la absorción con disociación, esto es, en forma primaria, se lleva a cabo la absorción de luz por una molécula, precedida de su disociación con formación de átomos y radicales libres, para que así, finalmente, se realice cualquiera de las opciones siguientes: Desactivación de las moléculas originales por dicha absorción o bien, recombinación de los átomos y radicales producidos. Para que esto se verifique, se requiere que la frecuencia de la luz corresponda a la región espectral en donde se produce una absorción continua, así como también, la energía emitida deberá ser igual o mayor que la de la disociación propia de la molécula ( 62, 63 ).

GENERALIDADES



F R U T A S

Los alimentos han sido clasificados dependiendo de su naturaleza y se han establecido con ello sus diferentes usos, es por esto, que las frutas y los vegetales han sido catalogados como la fuente principal de glúcidos, -- así como del importante compuesto fisiológico necesario para todo ser vivo, el agua. Sin embargo, el concepto más difundido de las frutas es aquel en el que se las considera como un alimento consumido como " postre ", no tomándose en cuenta que también es empleado en la elaboración de diversos platos.

### 1.1 Definición

Las frutas son los ovarios maduros de una flor, la porción comestible -- es casi siempre la cubierta carnosa que se encuentra sobre la semilla, asimismo, al hablar de frutas en general, se refiere a los frutos de árboles o bayas ( 18 ).

### 1.2 Clasificación

La agrupación de frutas puede efectuarse en base a diferentes criterios, consumo, comportamiento respiratorio, morfología y acidez.

#### a) Consumo:

Está referido en base a la presentación de la fruta, es decir, el consumo de fruta fresca o procesada, esto dependerá de las necesidades o destinos que se tengan para ellas, ampliando este factor en el último capítulo de la presente.

#### b) Comportamiento respiratorio:

Desde el punto de vista bioquímico es de importancia relevante, ya que se ha establecido de acuerdo al patrón de respiración que exhiben las frutas, esto es, el coeficiente respiratorio evaluado posteriormente a la cosecha, es una indicación de la velocidad a la cual se está deteriorando --

el producto, por lo que una actividad alta está asociada con una vida de almacenamiento corta, presentándose así los grupos:

- Frutos climatéricos: Aumento en la velocidad de respiración.
- Frutos no climatéricos: Desconoce en la velocidad de respiración ( 19 ).

Al respecto, se ahondará en 1.4.1.2

### c) Morfología:

Por lo general, la naturaleza morfológica de un alimento en particular resulta obvia a primera vista aunque, existen casos, especialmente entre los órganos tuberosos que crecen bajo tierra, resultando difíciles de calificar inmediatamente por su forma, siendo esto contrastante con las frutas, pues son fácilmente visibles, por el orden de crecimiento.

Tabla 1  
Clasificación morfológica ( 1 )

| FRUTO    | COMPLEJIDAD   | SEMILLAS | CARACTERIZACION  | EJEMPLOS  |
|----------|---|----------|--|---|
| Carnosos | Sencillos:<br>Proceden de un carpelo único o del gineceo sin cárpico de una flor -- sencilla. | Única    | Drupa ( Fruto con hueso ): El pericarpio se divide en una piel fina ( epicarpio ), - una porción carnosa - ( mesocarpio ) y un - duro caparazón ( endocarpio ) que rodea a la semilla única. | Cereza, melocotón, albaricoque, ciruela, damasco, dátil, - mango. |
|          |   | Muchas   | Baya: Posee una piel fina que rodea una -- carne jugosa, en cuyo interior aparecen muchas semillas.  | Grosella, uva, plátano, papaya, granada, - guayaba.               |
|          |   |          | Pomo: La carne procede del receptáculo que - rodea a un compartimento coriáceo que - contiene las semillas.  | Manzana, pera.  |

Tabla 1  
Clasificación morfológica ( 1 )

Continuación

| FRUTO | COMPLEJIDAD  | SEMILLAS | CARACTERIZACIÓN   | EJEMPLOS                    |
|-------|--|----------|---|-----------------------------|
|       |  |          | Hesperidic: La característica es la de tener frutos parecidos a las bayas.  | Cítricos.                   |
|       |  |          | Papónide: Los frutos de la familia de las Cucurbitáceas se caracterizan por ser similares a las bayas aunque con una capa exterior dura procedente del receptáculo. | Melón, sandía.              |
|       | Compuestos: -<br>Derivados de una flor apocárpica sencilla con diversos carpelos individuales. |          | Conjunto de pequeñas drupas.  | Frambuesa, sarsamora, mora. |
|       |  |          | Conjunto de bayas en un receptáculo carnoso.  | Guanábana.                  |
|       |  |          | Conjunto de frutos secos de una sola semilla ( aquenios ) en un receptáculo carnoso.  | Fresa.                      |
|       | Múltiples: -<br>Una infrutescencia procedente de una inflorescencia de muchas flores.          |          | Siconio: Un receptáculo carnoso hueco contiene los frutos de muchas flores.   | Higo.                       |
|       |  |          | Sorosio: Brácteas florales carnosas con un tallo terminado en hojas.  | Piña.                       |

d) Ácidos:

Globalmente suelen dividirse en frutos cítricos y no cítricos, entre los primeros se incluyen naranjas, toronjas, limones, etc. y en los segundos

se citarán algunos de ellos, como manzanas, chabacanos, cerezas, dátiles, higos, etc. La acidez total titulable de los cítricos comprende valores desde 0.5 % hasta 8.0 % ( 18, 20 ).

### 1.3 Composición y valor nutritivo

#### 1.3.1 Composición

Para poder establecer un acertado cuadro comparativo en los efectos que se originan a consecuencia del proceso de maduración, es indispensable el conocimiento de los componentes que forman parte de las frutas, desde los más visuales como pigmentación, sin pasar por alto los menos perceptibles, enzimas, etc.

##### a) Agua :

El contenido mínimo en agua experimenta variaciones, debidas a diferentes estructuras, así como también por las condiciones de cultivo que se han efectuado, además, los tejidos no siempre poseen suficiente cantidad de ella para mantener su turgencia total, principalmente en la post-cosecha. Fomentando a los deterioros originados por la actividad del agua presente en los alimentos ( Tabla 2 ), se comprende con mayor amplitud, el motivo por el cual se han incrementado los métodos de conservación como desecación de frutas.

Tabla 2  
Actividad de agua y reacciones deteriorativas ( 18 )

| INTERVALO DE ACTIVIDAD DE AGUA | REACCION DETERIORATIVA DOMINANTE         | POSIBLE REACCION DETERIORATIVA |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| 0.80 - 1.0                     | Crecimiento de microorganismos diversos. | Reacciones enzimáticas.        |
| 0.91                           | Bacterias                                |                                |
| 0.88                           | Levaduras                                |                                |

Tabla 2  
Actividad de agua y reacciones deteriorativas

Continuación

| INTERVALO DE ACTIVIDAD DE AGUA | REACCION DETERIORATIVA DOMINANTE   | POSSIBLE REACCION DETERIORATIVA                                     |
|--------------------------------|--|---|
| 0.80                           | Mohos  |   |
| 0.65 - 0.80                    | Reacciones enzimáticas; Descomposición de grasas y reacciones de oscurecimiento. | Oscurecimiento no enzimático.                                       |
| 0.75                           |  | Crecimiento de bacterias halofílicas                                |
| 0.70                           |  | Invaduras osmofílicas.  |
| 0.65                           |  | Mohos xerofílicos   |
| 0.30 - 0.65                    | Reacciones de oscurecimiento no enzimáticas; Reacciones de Maillard.             | Reacciones enzimáticas, autooxidación.                              |
| 0.00 - 0.30                    | Autooxidación, cambios físicos.  | Reacciones de decoloración no enzimática, reacciones - enzimáticas. |

A pesar que con la desecación se prolonga considerablemente el tiempo de almacenamiento, se presentan pérdidas importantes, disminución muy notable de ácido ascórbico y destrucción de tiamina, ambas como consecuencia del azufre ( 1, 22 ).

Tabla 3  
Características de frutas secas ( 1, 22 )

| FRUTA        | CONTENIDO DE HUMEDAD | VITAMINA C ( mg / 100 g )<br>FRESCA | SECA |
|--------------|----------------------|-------------------------------------|------|
| Albaricoques | 14.7                 | 6 - 100                             | 7.0  |

Tabla 3

Continuación

| FRUTA       | CONTENIDO DE HUMEDAD<br>% | VITAMINA C (mg / 100 g.) |      |
|-------------|---------------------------|--------------------------|------|
|             |                           | FRESCA                   | SECA |
| Uvas        | 21.5                      | 3 - 11                   | 0.0  |
| Ciruelas    | 20.0                      | 3 - 99                   | 0.0  |
| Melocotones | 15.5                      | 9 - 76                   | 8.0  |

## b) Glúcidos:

Los polisacáridos se encuentran principalmente en las membranas celulares, a excepción de almidón, sacarosa, glucosa y fructosa que se acumulan en el jugo celular. Como es de esperarse, el contenido de estos compuestos en las frutas, dependerá de la variedad, suelo y condiciones climatológicas que se suscitan durante el periodo de vida de la planta. Las frutas preservadas por secado ( dátíl, higo, uva pasa ), las usadas para la preparación de bebidas alcohólicas ( Uvas, manzanas, peras ) y unas pocas frutas tropicales ( - piña, plátano ) poseen cantidades más elevadas en comparación con el resto.

Tabla 4 ( 4 )  
Contenido total de azúcares

| FRUTA     | PROMEDIO | MINIMO | MAXIMO |
|-----------|----------|--------|--------|
| Arándano  | 6.27     |        |        |
| - Híbrido | 10.68    |        |        |
| Cereza    |          |        |        |
| Blanca    | 11.03    | 7.30   | 14.05  |
| Negra     | 12.40    | 7.69   | 17.30  |
| Roja      | 9.41     | 6.38   | 15.30  |
| Ciruela   |          |        |        |

Tabla 4  
 Contenido total de azúcares

Continuación

| FRUTA            | PROMEDIO | MINIMO | MAXIMO |
|------------------|----------|--------|--------|
| Amarilla y verde | 7.59     | 2.91   | 13.32  |
| Verdial          | 8.49     | 4.05   | 14.47  |
| Frambuesa        | 4.46     | 1.74   | 8.67   |
| Fresa            | 5.64     | 2.81   | 9.81   |
| Guayaba          | 5.71     | 3.30   | 10.00  |
| Grosella         | 4.58     | 1.98   | 10.25  |
| Higo             | 15.90    | 13.10  | 18.20  |
| Limon            | 2.19     | 0.92   | 3.56   |
| Jugo             | 0.72     | 0.00   | 1.74   |
| Mango            | 14.00    |        |        |
| Manzana          | 9.64     | 5.34   | 13.05  |
| Jugo de sidra    | 12.50    | 8.50   | 21.00  |
| Silvestre        | 12.66    | 11.60  | 14.10  |
| Melocotón        | 8.45     | 6.32   | 11.70  |
| Melón            | 6.92     |        |        |
| Membrillo        | 8.10     | 6.50   | 9.96   |
| Mora             | 4.49     | 2.41   | 10.42  |
| Silvestre        | 5.01     | 1.70   | 7.60   |
| Naranja          |          |        |        |
| Agria            | 5.49     | 3.85   | 9.43   |
| Dulce            | 7.48     | 3.96   | 11.98  |
| Papaya           | 9.0      |        |        |
| Pera             | 9.95     | 6.51   | 13.51  |
| Piña             | 12.30    | 7.50   | 18.40  |



Tabla 4  
Contenido total de azúcares

Continuación

| FRUTA    | PROMEDIO | MINIMO | MAXIMO |
|----------|----------|--------|--------|
| Plátano  | 18.00    | 11.40  | 34.40  |
| Toronja  | 6.74     | 3.30   | 9.96   |
| Uva      | 14.81    | 9.58   | 18.91  |
| Zarsamra | 5.05     |        |        |
| Híbrido  | 4.27     | 1.11   | 7.28   |

En la mayor parte de las frutas, la concentración de glucosa excede a la fructosa, salvo ocasiones en que dicho aumento es de tres a cinco veces mayor ( albaricoques, arándanos, cerezas ), pero también suelen existir similitudes entre ambas ( uva, mora, grosella, frambuesa, fresa ).

Algunos glúcidos se encuentran presentes en determinadas frutas, como en el caso de manosa y galactosa que se han detectado en melocotones, peras y la primera hexosa en naranjas, mientras que la arabinosa es abundante en por lo menos diez frutas diferentes, entre ellas, higos, guayabas, membrillos.

Entre los derivados de los carbohidratos se agrupan usualmente como azúcares ácidos, polioles, etc., describiéndolos a continuación brevemente:

a) Azúcares ácidos: Entre éstos se ha detectado que generalmente el ácido galacturónico no se encuentra en estado libre, contrariamente al ácido galactárico, del cual existen trazas en melocotones y peras.

b) Polioles: Una de las características de la familia de las rosáceas es su contenido de sorbitol o glucitol, en el caso particular de las manzanas y peras, tiene una concentración similar a la de la sacarosa. Mientras el mio-inositol sólo ha sido posible aislarlo y detectarlo en frutas como alba-

ricos, membrillos, peras y manzanas.

c) Fosfatos de azúcares: El éster de la glucosa-6-fosfato tiene mayor proporción que la fructosa-6-fosfato, mientras que la fructosa-1,6-difosfato sólo está presente en muy bajas concentraciones, teniendo como ejemplo a las manzanas, donde la relación existente entre los tres compuestos citados anteriormente es 22 : 5 : 1, respectivamente.

d) Nucleótidos: Los más comunes son los derivados de la glucosa y galactosa, encontrándose por consiguiente guanosina, citidina, uridina, adenosina, timidina y 2-desoxiuridina ( 1, 4, 7 ).

e) Glicósidos: La información completa se proporciona en el siguiente capítulo.

#### c) Proteínas:

El contenido proteico suele ser muy bajo, raras veces supera al 1.50 % ( arándanos ) y en muchas ocasiones es bastante inferior al 1 %, teniendo así que las manzanas pueden descender hasta 0.1 %. Entre las frutas que se encuentran en los niveles medios se citan naranjas, guayabas, etc. ( 1, 23 ).

#### d) Lípidos:

Se localizan, principalmente, al igual que las proteínas, en el citoplasma y membranas celulares y su contenido suele ser inferior al 1 % en los tejidos de protección se detectan dos de los principales compuestos, cutina ( cutícula y epidermis ) y suberina ( capas de corcho ).

#### e) Ácidos orgánicos:

Los ácidos del ciclo de Krebs se producen durante la rotura de los glúcidos, por los procesos respiratorios, mientras que los ácidos aromáticos, quínico y chikínico, aparecen en la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos

acumulándose estos ácidos y otros como el oxálico y tartárico en los tejidos ( 1 ).

Tabla 5  
Ácidos orgánicos en algunas frutas ( 1 )

| ACIDOS ORGANICOS | F R U T A S   |
|------------------|---|
| Cítrico          | Naranjas, toronjas, limones, mandarinas, -- grosellas, frambuesas, fresas, arándanos, -- piñas, granadas, peras, melocotones, uvas, -- etc. |
| Málico           | Manzanas, ciruelas, cerezas, albaricoques, -- plátanos, ruibarbos, melocotones, damascos, dátiles, etc.                                     |
| Isocítrico       | Moras, etc.   |
| Tartárico        | Uvas.   |
| Citromálico      | Manzanas, etc.  |

f) Pigmentos:

Las materias colorantes naturales incluyen una amplia gama de compuestos químicos individuales que pueden englobarse en tres grupos, básicamente.

a) Clorofilas: Las variedades de estos pigmentos (  $\alpha$  y  $\beta$  ) se presentan juntas y aproximadamente en proporciones de 12 : 5, acompañadas por cantidades menores de caroteno y xantofila. Mencionando en forma de recordatorio que las clorofilas se diferencian entre sí por el hecho que la clorofila  $\alpha$  posee un grupo metilo en el carbono 3, mientras que en la  $\beta$  existe el grupo aldehído, dichos pigmentos son ésteres de ácidos dicarboxílicos con alcoholes metílico y fitílico, sin embargo, sus ácidos libres ( clorofilinas ) que poseen una coloración verde brillante pueden originarse en ciertas condiciones,

como por la acción enzimática de la clorofilasa ( presente en los tejidos verdes de las plantas ), sin embargo, posee una considerable resistencia a la inactivación enzimática.

b ) Carotenoides: Los pigmentos comprendidos en esta clasificación,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -caroteno, licopano, criptoxantina, xantófilas están asociados en pequeñas cantidades con la clorofila, persistiendo normalmente después de la destrucción de ésta, coloreando los tejidos envejecidos y la piel de las frutas maduras. Los carotenoides de los cítricos poseen una amplia gama de derivados oxigenados, especialmente criptoxantina ( naranjas ), en sandías y albaricoques se sintetiza licopano en cifras bastante apreciables durante la maduración y esto determina que su pigmentación sea más rojiza ( 1 ).

c ) Antocianinas: Son normalmente rojas, azules o púrpuras, proporcionando la coloración a la mayoría de las frutas, existiendo dos excepciones, albaricoques y sandías. Junto con otros pigmentos pertenecen al grupo de las flavonas y son usualmente decoloradas al existir tratamientos con azufre, siendo reversible la pérdida de coloración, si se emplean cantidades de 500 a 2 000 ppm ( 1, 5 ).

d ) Respecto a las flavonas en general, se dirá respecto a ellas que son incoloras o poco coloreadas

- Leucoantocianinas: Producen la coloración roja oscura en medios ácidos, halladas básicamente en manzanas, peras, ciruelas, uvas, melocotones, destacando su influencia en la textura de los tejidos, además de introducir, en ocasiones, astringencia en la sapidez.

- Antoxantinas: La más representativa es la quercentina, muy difundida en naranjas, manzanas y uvas.

- Cumarinas: Constituyen junto con la lignina, los ácidos aromáticos más

simples como el gálico y aminoácidos aromáticos ( Tirosina ), encontrándose entre los principales compuestos fenólicos de las frutas.

- **Esperantina:** Es muy abundante en todos los cítricos, decreciendo durante la maduración, como en el caso de la naranja inmadura, que posee 35 % y decrece el valor hasta 2 % en la madurez.

- **Naringenina:** Localizada también en los cítricos y en el caso específico de las toronjas, les proporciona sabor amargo, ya que existe 75 % en ellas.

- **Ácido clorogénico:** Sustrato principal de las fenolasas que decoloran a manzanas, peras, melocotones cuando son cortadas o magulladas con exposición al aire. Mencionando a este respecto algunos de los factores que influyen en la intensidad del oscurecimiento, variedad, grado de madurez, pH, temperatura, etc.; considerando que el almacenamiento en atmósferas exentas de oxígeno, la selección del estado de maduración y las inactivaciones de las oxidases por medio de calor, ácidos e inhibidores químicos, evitan la realización de dichas reacciones oxidativas.

- **Ácido p-cumárico:** Se encuentra como éster del ácido quínico en peras. ( 1, 25 ).

#### g) Elementos minerales:

El contenido total de estos constituyentes en una fruta está representado por la cantidad de sus cenizas, variando desde 0.1 % en papaya hasta 1.42 % en chirimoyas. El potasio se encuentra principalmente en combinación con los diversos ácidos orgánicos del jugo celular, comprobándose a este respecto, que el pH de los tejidos está regulado por el equilibrio existente entre dicho elemento y los ácidos orgánicos, mientras que el calcio está asociado con los productos pécticos de las membranas celulares. El magnesio abunda en los cloroplastos como elemento constituyente de las moléculas de clorofila, en cambio, el fósforo es un componente de las proteínas del cito-

plasma y núcleo, de fosfolípidos y ácidos nucleicos, además de participar en el metabolismo de los glúcidos.

### 1.3.2 Valor nutritivo

Este tiene trascendencia especial en las dietas balanceadas por el suministro de ácido ascórbico, diversas vitaminas del complejo B, especialmente ácido fólico y elementos minerales como hierro y calcio. Por otra parte, entre las frutas, los plátanos y zapotes constituyen una importante fuente calórica, ya que ambos aportan 116 y 133 Kcal., respectivamente.

Ya que las frutas poseen un contenido proteico que fluctúa entre 0.1 g. y 2.9 g. y el requerimiento promedio diario de proteína para hombres y mujeres es de 70 g. y 58 g., respectivamente, se contempla que estos productos pueden constituir una contribución adicional al proporcionar cantidades complementarias de dicho nutriente en la ingestión de alimentos de origen animal que cuentan con cifras más elevadas.

Las frutas tropicales constituyen las mejores fuentes de vitamina C en comparación con las de zonas templadas, debido a que la mayor cantidad de luz solar recibida por la planta durante su crecimiento, induce a la presencia de un contenido más alto de ácido ascórbico, reforzando lo anterior, las grosellas negras proporcionan 0.3 g. de dicho componente y son cultivadas en lugares templados, mientras que se alcanzan datos de 5.6 g. en el caso de las cerezas que se desarrollan en zonas tropicales.

Entre las especies tropicales, algunas variedades de mangos, nísperos, papayas, cerezas y melones son moderadamente ricos en  $\beta$  - caroteno o también llamado pro-vitamina A por la degradación que sufre en el organismo, liberando dicha vitamina. En el caso de los melocotones puede proseguir la síntesis del pigmento carotenoides durante el almacenamiento, conduciendo a un aumento en el contenido de la pro-vitamina A, la pérdida de esta vitamina durante la cocción es demasiado ligera como para representar un decremento -

considerable en el contenido global de las frutas.

Las vitaminas del complejo B formadas por un grupo constituyente de tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pentotónico, ácido fólico, vitamina B<sub>12</sub>, biotina y colina, empero, no todas están presentes en las frutas en cantidades significativas, es por ello, que sólo se mencionarán aquellas que aporten cifras considerables en la dieta.

a ) Tiamina ( B<sub>1</sub> ) : No logra constituir ni la mitad del requerimiento diario en adultos ( 1.1 a 1.5 mg ), pues sus valores son desde 0.0 hasta 0.37 mg., ausente en uvas espín, ciruelas verdal y moras, mientras que las frutas más abundantes en esta vitamina son los tamarindos.

b ) Riboflavina ( B<sub>2</sub> ) : Los valores de este componente oscilan entre 0.0 y 0.16 mg., en comparación con las necesidades nutritivas que son de 1.3 a 1.7 mg. diarios en adultos. Se ha llegado a considerar que en el caso de las frutas, se presenta, aproximadamente, una pérdida de 10 % en la cocción. Al igual que los tamarindos son los frutos más ricos en tiamina, también lo son en B<sub>2</sub>, mientras que moras, toronjas y grosellas rojas no la contienen.

c ) Niacina o Acido Nicotínico : No puede destacarse alguna especie frutal que sea notablemente rica en esta vitamina, a excepción de las uvas espín con niveles de hasta 2.8 mg. Son despreciables las pérdidas de niacina durante el almacenamiento subsiguiente a la cosecha y no se presentan pérdidas durante la cocción por su resistencia al calor.

d ) Acido Fólico : La denominación de esta vitamina se aplica a diversos compuestos con una composición muy similar, todos derivados de la pteridina, el más importante de éstos, es el ácido pteroilglutámico, conservándose durante la cocción hasta 3 %. La cantidad más alta presente en una fruta es de 18 g. (melocotones), mientras que no ha sido hallada en papayas, guaná-

banas, ciruelas, verdal, entre otras.

Nuevamente los melocotones son la fuente más rica de calcio, con 63 mg., no representando, sin embargo, ni la décima parte del requerimiento diario en adultos, que es de 800 mg., en relación al hierro, las cantidades no sobrepasan los 3.8 mg., que es el caso de las moras negras ( 1, 18, 26 ).

#### 1.4 Metabolismo

La actividad fisiológica que se desarrolla en las frutas cosechadas puede conducir ocasionalmente a una disminución de su calidad, mientras que en otras resulta esencial para lograr el grado deseado de maduración, el tipo e intensidad de esta actividad dependen de las funciones naturales de los diversos órganos de la planta e influyen determinantemente sobre su conservación durante el almacenamiento, pudiendo agruparse en diferentes procesos fisiológicos.

##### 1.4.1 Respiración

Determina la oxidación de los sustratos orgánicos ricos en energía -- hasta su conversión, en compuestos más sencillos, con una energía potencial más reducida. Por el tipo de productos y comportamientos frecuentes, se ha clasificado en dos formas la existencia de la " respiración ".

a ) Aerobia : Se efectúa con la presencia de oxígeno, aceptor final de electrones, produciendo dióxido de carbono y agua.

b ) Anaerobia : Se lleva a cabo en un medio carente de oxígeno, siendo mucho menos eficaz para producir energía, determinando la producción de compuestos químicos de tamaño molecular intermedio como el etanol, etc.

De estos dos procesos, la respiración aerobia es mucho más importante en las frutas cosechadas, aunque bajo ciertas condiciones puede realizarse la -- respiración anaerobia, especialmente cuando los tejidos han envejecido y la -- descomposición de su estructura ha disminuido la permeabilidad del producto, para el oxígeno atmosférico.



El proceso Embden - Meyerhof - Parnas ( EMP ) es común para la respiración aerobia y anaerobia, implicando la transformación de la glucosa en ácido pirúvico ( Fig. 1 ).

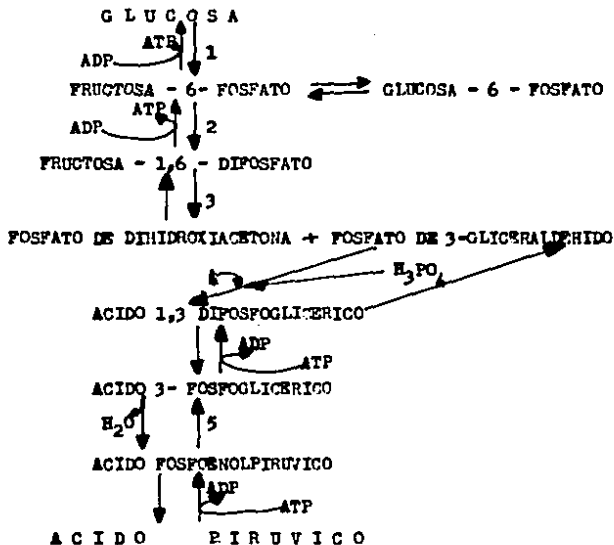


Fig. 1 Proceso EMP. Enzimas involucradas en este ciclo: 1 - Hexoquinasa, 2 - Fosfohexoquinasa, 3 - Aldolasa, 4 - Deshidrogenasa, 5 - Fosfogliceromutasa y Enolasa. Consultar el apéndice para la contemplación de los compuestos involucrados.

En la respiración anaerobia, el ácido pirúvico formado durante el ciclo mencionado anteriormente, es descarboxilado y transformado en acetaldehído, el cual es hidrogenado posteriormente, dando lugar a la formación de etanol, bajo la acción reductora del DPN ( Difosfopiridín nucleótido ). Empero, en la respiración aerobia, el ácido pirúvico sigue el ciclo de Krebs del ácido-

tricarboxílico, en el curso del cual, se liberan cantidades mayores de energía, de los ácidos formados durante este ciclo, el cítrico y el málico están incluidos entre los componentes ácidos más abundantes de las frutas y la acumulación de este tipo de compuestos en los tejidos, pueden constituir el resultado de las diferentes velocidades con que se realizan algunas fases de este ciclo respiratorio ( Fig. 2 ).

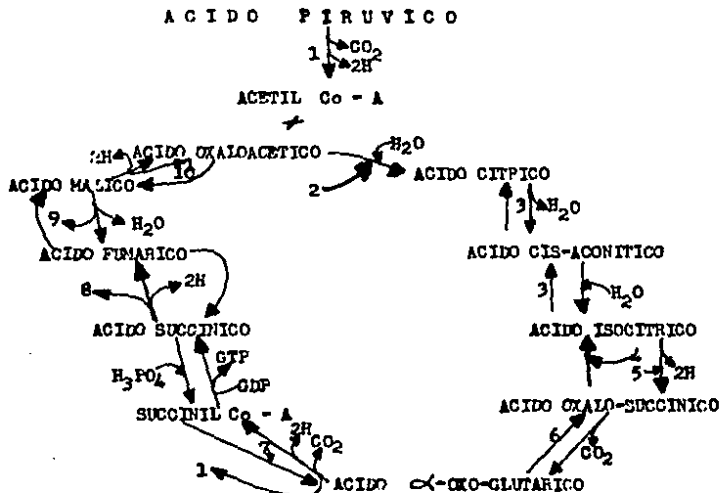


Fig. 2 Ciclo de Krebs Catalizadores: 1 - DPN ( Difosfopiridín nucleótido ), 2 - Citratosintasa, 3 - Aconitasa, 4 - Isocitrato deshidrogenasa, 5 - TPN ( Trifosfopiridín nucleótido ), 6 - Isocitrato deshidrogenasa, 7 - Coenzima A y  $\alpha$ -oxoglutarato deshidrogenasa, 8 - FAD ( Flavin adeninadinnucleótido ), 9 - Fumarasa, 10 - Deshidrogenasa del ácido málico. Remítirse al apéndice para la observación del ciclo en forma configuracional.

Sin embargo, la oxidación de los glúcidos puede seguir otra ruta, llamada Ciclo del fosfato de pentosa ( Fig. 3 ), en éste, solamente una de cada -

seis moléculas de hexosa que intervienen en la serie, es oxidada totalmente hasta ser transformada en dióxido de carbono y agua.

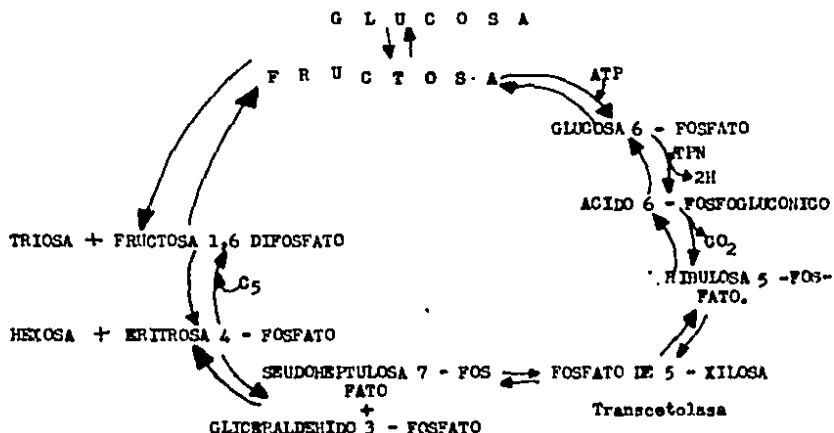


Fig. 3 Ciclo de la oxidación del fosfato de pentosa.

La intensidad respiratoria es considerada una medida de la velocidad de acuerdo con el proceso del metabolismo y como tal, es frecuentemente estimada como una indicación potencial de la vida de almacenamiento de la fruta, ya que una elevada velocidad de respiración está usualmente asociada con un corto período de almacenamiento.

#### 1.4.1.1 Factores que modifican el proceso de respiración

Como todo proceso en el que están involucradas reacciones y transformaciones metabólicas, existen agentes activantes o retardantes que modifican el curso normal que se efectúa. En base a esto, los agentes se catalogan como externos e internos, los segundos referidos a componentes del mismo sistema susceptible, mientras que los primeros, están relacionados directa e in-

directamente con dicho sistema.

a) Internos:

- Estado de desarrollo: El incremento de tamaño que sufre la fruta es proporcional al  $CO_2$  emitido, mientras que con la velocidad de respiración sucede lo contrario. Para las frutas climatéricas la velocidad es mínima y permanece constante aún después de la cosecha, sólo cuando la maduración tiene un lugar, la velocidad de respiración se elevará hasta la cúspide del climaterio y posteriormente comenzará a declinar lentamente. La velocidad del climaterio es raramente más alta que la velocidad de respiración basal de las frutas maduras y muy pequeña si es comparada con la fruta joven; si las frutas no climatéricas son cosechadas tempranamente, la velocidad de respiración desciende gradualmente.

- Composición química del tejido: El coeficiente respiratorio varía según el tipo de sustrato usado, presentando por lo tanto diferentes valores, con ácidos grasos es menor a 1.0, igualando esta cifra con el empleo de glúcidos y superando la cantidad considerablemente con la presencia de ácidos orgánicos.

- Cobertura natural: La cáscara resistente es indicio, generalmente, de baja velocidad de respiración.

- Tipo de tejido: La actividad metabólica de los tejidos jóvenes presentará una inducción a una alta velocidad de respiración, ya que la actividad respiratoria es mucho más considerable que en los tejidos inactivos.

b) Externos:

- Temperatura: Entre los  $0^\circ - 32^\circ C$ . la velocidad de respiración se incrementa de 2.0 a 2.5 y por temperaturas mayores del límite superior de este rango, ya que la velocidad respiratoria es el resultado del efecto favorable-

de la temperatura en la reactividad química y el efecto inhibitorio de la elevada temperatura en la actividad enzimática. Existe una elevación inicial en la velocidad de respiración que demuestra el incremento espontáneo de dicha actividad enzimática, posteriormente se lleva a cabo un decremento respiratorio que alcanza 0,0, este descenso es probable que se suscite como consecuencia de la desnaturalización enzimática. Sin embargo, la disminución en la velocidad a altas temperaturas puede deberse también a la difusión inadecuada de  $O_2$  que conlleva a que no suceda la permanencia de la velocidad, - el  $CO_2$  se acumula en las células hasta alcanzar niveles que provoquen la inhibición metabólica y el suministro del nutriente oxidable puede ser inadecuado para mantener una alta velocidad respiratoria.

-Etileno: En los grupos de fruta no climatérica, la respiración puede ser estimulada en cualquier etapa durante la vida de desarrollo, pero se suscita un inmediato aumento en la respiración tras la aplicación del hidrocarburo. En relación a los frutos climatéricos una actividad considerable de etileno eleva la respiración hasta el nivel crítico, sin embargo, es más segura esta aplicación si se efectúa durante el período pre-climatérico de las frutas climatéricas: como prototipo los plátanos, existe un incremento en la respiración muy tempranamente, ya que esto acontece cuando se ha suministrado el eteno durante la fase pre-climatérica, esto es de importancia trascendental, ya que si la aplicación se realizara en el post-climaterio, no sería afectada la velocidad de respiración.

- Dióxido de carbono: Las concentraciones adecuadas de este compuesto prolongan la vida de almacenamiento debido a la inhibición respiratoria, inclusive se ha reportado una reducción del 50 % en la velocidad respiratoria en plátanos inmaduros sujetos a un amplio rango de concentraciones del dióxido de carbono.

- *Reguladores de crecimiento:* Los efectos de estos compuestos dependerán del tipo de tejido, tiempo de aplicación y absorción de la planta. Se han -- realizado experimentos con plátanos robanados y se han registrado valores -- que demuestran que empleando 100  $\mu$  m. de KI existe un 30 % de incremento -- en la velocidad de respiración.

- *Lesiones:* Dependiendo de la variedad y la severidad del magullamiento, los daños pueden estimular la respiración, probablemente en relación directa -- con el etileno. Aun una ligera llovizna o raspadura en la superficie de la -- fruta causan un ascenso inesperado en la respiración, en el caso de naranjas, -- se contabilizó el incremento en la velocidad respiratoria, desde el 35 % --- 53 % y 79 % - 98 % al ser sometidas a condiciones de 24'' y 48 '' de lluvia durante una semana, presentándose resultados similares cuando se sometieron los plátanos ( 1, 2 ).

#### 1.4.1.2 Frutas climatéricas y no climatéricas

Como ya se mencionó con anterioridad, las frutas pueden ser clasificadas dependiendo de los factores tomados en consideración, por lo que -- al estimar el comportamiento respiratorio que presentan las frutas desde el momento en que se han cosechado, se dividirán en climatéricas y no climatéricas ( Cuadro 2 ).

Cuadro 2 ( 1, 2, 19 )  
Diferenciaciones entre frutas climatéricas y no climatéricas

| FRUTAS CLIMATERICAS   | FRUTAS NO CLIMATERICAS  |
|---|---|
| Presentan una elevación temporal en la velocidad respiratoria que coincide normalmente con los cambios de color, -sapidéz y textura asociados con la maduración, así como también, un ascenso | Generalmente existe un descenso en la velocidad de respiración después de cosechados, sin embargo, muchas de las frutas de este conjunto muestran un incre- |

Cuadro 2  
Diferenciaciones entre frutas climatéricas y no climatéricas

Continuación

FRUTAS CLIMATERICAS

FRUTAS NO CLIMATERICAS

después de la cosecha.

Las frutas climatéricas sólo reaccionan con el eteno durante el estado preclimaterico, tornándose insensitivas después del climaterio.

En los casos de melones, pifas, guayabas, que se catalogaron como climatéricas, presentaron un aumento en la respiración en algunas fases de su desarrollo.

Cabe mencionar que las frutas cítricas jóvenes tienen un incremento en la respiración y en la producción de etileno después de la cosecha, no observándose en las frutas maduras, en términos generales, se considera que la fruta comercialmente madura, se encuentra en el estado post-climaterico.

1.4.1.3 Climaterio

Este término fue asignado cuando se efectuaban estudios fisiológicos de las manzanas durante su post-cosecha y almacenamiento, notando que la velocidad de respiración era baja y constante y velozmente subía hasta alcanzar un punto máximo ( climax ), llamándole por lo tanto, elevación climatérica.

Un aspecto en la fisiología que siempre ha sido observado, es la participación de la clorofila desde el comienzo del climaterio. En los periodos iniciales del desarrollo, la mayoría de las frutas son verdes y el contenido del pigmento clorofiliano disminuye gradualmente en los tejidos internos, pero generalmente nunca termina. En base a diversas investigaciones, se han englobado los factores que contribuyen a este fenómeno.

mento de la velocidad, con un concomitante aumento en la producción de etileno a lo largo del desarrollo.

Pueden reaccionar con el eteno en cualquier fase de la fruta, ya sea antes o después de la cosecha.

1) Físicos: Esta relación se refiere principalmente a la permeabilidad de la piel de la fruta a los gases, cuando ésta es joven, cuenta con una epidermis cubierta por una delgada cutícula formada en su mayoría por sólidos cerosos. Conforme la fruta madura, la cutícula se torna más gruesa, impregnándose con más líquido oleoso y ceroso, ya que la permeabilidad sufre un aumento con el avance de la edad.

2) Bioquímicos: El  $\text{CO}_2$  producido es causado por la desunión en la oxidación y la fosforilación, iniciándose cuando el etileno es transportado por un acarreador natural aún desconocido, sin embargo, se considera que el dióxido de carbono extra no es de origen respiratorio, sino que procede de la descarboxilación del ácido málico. Así mismo, la síntesis proteica juega un papel importante, ya que para que lleve a cabo este proceso, se requiere de ATP, originado en la respiración.

3) Estructurales: Se han verificado los conceptos de resistencia y organización en las frutas y los experimentos efectuados lo corroboran ( actividad fotosintética ). Cuando la estructura de los cloroplastos y probablemente otros componentes celulares, está completamente desorganizada, la actividad de síntesis se detiene ( 2 ).

#### 1.4.2 Transpiración

Otro aspecto importante del comportamiento fisiológico frutícola es éste, que consiste en un fenómeno esencialmente no superficial y la tasa del agua perdida por unidad de peso del producto depende directamente de su área superficial y de las modificaciones estructurales que experimenta en ella para reducir la tasa de evaporación, las manzanas que poseen poca superficie en relación a su volumen y una epidermis oscura, pueden perder cantidades apreciables de agua durante su almacenamiento y esto provoca inevitable-



mente una reducción en su calidad.

La causa inmediata de la pérdida de agua se debe a la existencia de un gradiente en la presión del vapor de agua entre la atmósfera externa y la interna, próxima a la superficie de la fruta. Dado que la atmósfera interna se encuentra normalmente saturada, el principal factor ambiental que influye sobre la tasa de transpiración se encuentra en la humedad relativa del aire que rodea al producto, ya sea en el campo, procesadora o almacén.

La temperatura influye también sobre dicha tasa de transpiración; cualquier incremento de la temperatura determina un aumento en la presión de vapor de agua, disminuyendo la humedad relativa de la atmósfera exterior y por consiguiente, aumenta la tasa de transpiración. La tasa de evaporación se eleva temporalmente al introducir productos calientes en una atmósfera fría, incluso aunque el aire se encuentre inicialmente saturado con vapor de agua. Esto es debido, a la diferencia existente entre las presiones de vapor de agua a las temperaturas iniciales de las frutas y del aire, respectivamente, en este caso, la tasa de transpiración descenderá conforme los productos se enfrían hasta nivelarse con la temperatura ambiental y durante los periodos de almacenamiento de plátanos; se han detectado pérdidas de peso considerables ( 1, 19, 27, 28 ).

### 1.5 Calidad sensorial en frutas tropicales

La calidad de un alimento se verifica por medio de evaluaciones sensoriales, las cuales constituyen valiosas técnicas para establecer la aceptación de un alimento en general, tanto ésta como el rechazo del mismo, se especifican de acuerdo a las propiedades organolépticas que posea, pudiendo tener por lo tanto, determinadas etapas para llevarse a cabo su apreciación. La calidad, basada en la experiencia adquirida y la ausencia de factores desagradables: El primer atributo que se evalúa es el aspecto, el siguiente aroma, -

pero el más importante lo constituyen las características que se detectan en la boca, sabor particular, textura y consistencia. Debe mencionarse también la importancia que tienen los factores culturales, psicológicos y sociales en la aceptabilidad de cualquier alimento.

La disponibilidad de los alimentos tropicales y subtropicales en el mundo, se ha incrementado en los últimos años con el adelanto presentado en los métodos de producción y procesamiento, así como también por los sistemas de transportación. Los cocos, piñas y especias, están entre los alimentos que han sido ampliamente distribuidos en formas procesadas, empero, son pocas -- las frutas tropicales conocidas por la comodidad de su traslado como producto fresco.

#### 1.5.1 Color y apariencia

La importancia de estas características radica en el hecho que determinarán si la fruta será o no consumida. Una fruta que tenga una apariencia pobre puede ser rechazada en base al color, tamaño, forma, daños o marchitamiento, haciendo caso omiso del resto de los atributos; siendo entonces, la apariencia una característica limitante. Los colores pueden variar dependiendo de los estados de madurez y de las variedades, por ejemplo, los mangos que tienen una cáscara multicolor, son algunas veces, rojos, verdes, anaranjados y amarillos dentro de la misma especie; el lichi posee una piel rosada hasta rojo brillante, mientras que su pulpa es blanca.

#### 1.5.2 Aroma

Muchas frutas se distinguen unas de otras por esta propiedad, actualmente, las papayas están teniendo una mayor aceptación en Norteamérica por el fácil manejo del producto fresco, sin embargo, muchos consumidores las rechazan por considerarlas causantes de olores desagradables.

#### 1.5.3 Sabor

Los componentes del sabor serán restringidos a los cuatro básicos,

dulce, salado, agrio y ácido. La acidez y el dulzor son particularmente características de las frutas tropicales, siendo determinadas por la relación de grados Brix y la acidez titulable, este equilibrio es modificado en algunas ocasiones durante los diversos procesamientos a los que se somete la fruta, para asegurar la aceptación del producto final.

#### 1.5.4 Textura

Es una propiedad difícil de definir, ya que engloba varios atributos, por lo cual, se han empleado diferentes términos para expresarla, viscosidad, dureza, fragilidad, jugosidad, fibrosidad, arenosidad y untuosidad. - Las anonas son tan fibrosas que han llegado a ser descritas como algodonzillos remojados en sus jugos, esto demuestra la razón por la que resulta difícil consumirla como producto fresco, por lo que se considerará la fibrosidad como característica de aceptación en algunas frutas y de rechazo en otras, - como piñas y mangos, respectivamente. Existe una gama extensa de propiedades, mientras los plátanos son suaves, los cocos son duros, los lichis son jugosos y las frutas de pan son secas ( 18, 24 ).

#### 1.6 Cosecha y manejo de frutas

La fecha de recolección condiciona en gran parte el valor gustativo de la fruta y su conservación, de donde la necesidad de determinarla. Si los frutos deben consumirse rápidamente, se acelerará su maduración y se adelantará su fecha de recolección, por el contrario, si se debe prolongar el almacenamiento de los mismos, se retardará la fecha de cosecha. Como los frutos de un mismo árbol no maduran a tiempos iguales, conviene efectuar la operación de recolección, diversas veces.

##### 1.6.1 Factores que afectan la calidad en pre y post-cosecha

El período de almacenamiento, la respiración, transpiración, composición química, apariencia, estructura anatómica, marchitamiento, cualida-

des organolépticas, etc., reflejan las condiciones ambientales y de cultivo a las que es expuesta la fruta. Pudiendo así, agrupar como a continuación se cita:

- **Temperatura:** Para la mayor parte de las frutas, las temperaturas elevadas durante la fase de crecimiento, aceleran la fecha de cosecha, la existencia de días templados y noches frías son necesarios con el objeto de obtener un determinado estado de madurez. El tipo de fruta sobre la que mayor trascendencia tiene este parámetro, son los cítricos, principalmente naranjas.

- **Luz** La duración, intensidad y calidad de la luz afecta al producto, en el caso particular de la radiación solar, se han detectado incrementos -- considerables en peso, sólidos totales y acidez total, contrariamente con ácido tartárico y volumen de jugo. Se han efectuado investigaciones que comprueban la información de la producción de antocianinas controlada por emisiones continuas de las regiones azul y violeta del espectro.

- **Vientos** Puede dañar las hojas y causar abrasión en la fruta, tanto este fenómeno como la lluvia, afectan al desarrollo de la planta y por ende, la calidad del fruto.

- **Lluvias** Si es escasa, se requerirá de la irrigación suficiente para el óptimo desarrollo de la planta y si excede lo normal, conducirá a la aparición de manchas pequeñas, como en las naranjas.

- **Nutrición mineral:** El tamaño, peso y contenido de ácido ascórbico se incrementan por fertilizaciones con altas concentraciones de potasio, magnesio y zinc, pero descienden con elevadas cantidades de nitrógeno y fósforo. Otro desorden común, es el producido por la deficiencia de cobre y la sintomatología en cítricos, es oscurecimiento, glassado, humedad y erupciones que se tornan negras cuando la fruta madura ( exantema ), agravándose con fertilizaciones de altas concentraciones de nitrógeno y fósforo.

Sin embargo, la aplicación masiva de potasio en naranjas, induce al aumento de acidez, jugosidad, sólidos y contenido total de ácido ascórbico; en pero el rocío químico con arsenato de potasio, induce a la reducción del 30% al 40 % de acidez y al aumento de azúcares reductores ( 2 ).

#### 1.6.2 Cosecha en diferentes frutas

La metodología que se aplica es específica para cada fruta, ya que tanto la sensibilidad como la altura de los árboles frutales difieren unas de otras, siendo común el empleo de palas con bolas, análogamente, la recolección manual es poco frecuente debido al tiempo requerido y el costo económico implicado. La cosecha mecánica requiere del cuidado y experiencia necesarios para evitar daños que redundan en el aumento de mermas, limitando esto la venta y disponibilidad del producto.

#### 1.6.3 Daños durante el manejo

Las lesiones que se suceden durante la manipulación son un índice de la importancia existente en la continua supervisión en la recolección, la carencia de esta atención suscita la presencia de deterioros en la fruta, pero no sólo en la cosecha, sino también en la transportación de la misma. Dichos daños suelen agruparse por la frecuencia de ellos, generalmente se catalogan como aquellos consecuentes del rodamiento de la fruta en las bandas -- transportadoras y por fricción constante entre el producto y el envase que lo contiene, pero también, incluirían los ocasionados por impactos ocurridos durante el envío de la especie frutícola desde el campo de cosecha hasta la -- planta procesadora o el centro de distribución ( 2 ).

#### 1.7 Almacenamiento y Conservación

El almacenamiento es una de las características más importantes a considerar después de la recepción de la fruta, en virtud que de ello dependerá la

disponibilidad del producto, por lo tanto, se requerirán de condiciones adecuadas para llevar a cabo dicha actividad, ejecutando la debida vigilancia en los parámetros previamente establecidos, ya que el almacenamiento no sólo representa la acumulación de fruta, sino también un método de preservación para prolongar el período de vida del producto y de esta forma, permitir contar con mayor disposición de maquinaria y de recursos materiales. Así, no considerarán el almacenamiento y la conservación, íntimamente relacionados entre sí y enfatizando en la importancia del segundo, ya que de éste dependerá la viabilidad para transportar la fruta a sitios lejanos, zonas de mayor consumo y disminución en las pérdidas del producto que reditúa en mayor aprovechamiento del mismo.

#### 1.7.1 Almacenamiento en Atmosferas Controladas

El procedimiento aplicado en este sistema, radica en el incremento en la cantidad de  $CO_2$  y decremento de  $O_2$  en el aire en donde se almacena el producto, sin embargo, se considera que las cifras del primero no deben sobrepasar los parámetros de 3 % a 5 % y para el segundo, corresponde al 2 %, dichas cantidades empleadas dependerán tanto de la fruta como de la variedad debiendo considerar que el aire atmosférico está compuesto de la siguiente forma:

|         |                    |
|---------|--------------------|
| 78.03 % | Nitrógeno          |
| 20.99 % | Oxígeno            |
| 0.03 %  | Dióxido de carbono |
| 0.95 %  | Gases nobles       |

Algunos de los efectos metabólicos más notables son:

1) Retardamiento de la actividad respiratoria: Detectándose entre 1.2 y 1.4 veces más lenta que la normal cuando se emplea dióxido de carbono y si el producto ha sido sometido a este sistema, extraído posteriormente del almacenamiento, la velocidad de respiración aumenta, pero no en forma considera-

ble.

2) Acumulación de ácidos: En duraznos y albaricoques existe acumulación de ácido succínico, con disminución de málico y cítrico, pero contrapuestamente, acontece con peras Anjou, en las que el ácido málico se incrementa en 78 % así mismo, con aplicación de 10 % de CO<sub>2</sub>, se presentan acrecentamientos tanto en ácido  $\gamma$  - aminobutírico como en málico.

3) Incremento de glúcidos: Se ha considerado la verificación hidrolítica en la protopectina por CO<sub>2</sub>, ya que la cantidad de pectina aumenta, no obstante, también se detecta disminución notable de almidón ( 2, 29 ).

Cuadro 3  
Atmósferas controladas ( 2 )

---

VENTAJAS

DESVENTAJAS

---

Disminución de la pérdida de peso por deshidratación debido a los altos niveles de humedad relativa.

Descenso de la actividad respiratoria.

Eliminación de fenómenos de maduración.

Aplazamiento del amarillamiento, en virtud del retardo de la destrucción de la clorofila ( duraznos y albaricoques ).

Dilación de los procesos de descomposición.

Incremento de la difusión de etileno, por la desocupación de los tejidos que conlleva a una mayor vida de almacenamiento.

Daño en el tejido por anoxia localizada en el metabolismo.

Flacidez del mesocarpio con ruptura de tejido y acumulación de ácidos orgánicos. #

Cambios en taninos que al ser hidrolizados pueden originar compuestos tóxicos, también debido a oxidación enzimática y no-enzimática, así como transformaciones no oxidativas y de polimerización.

# Se han encontrado que las concentraciones cercanas a 0.001 M de ácido succínico equivalen a niveles tóxicos en la fruta #

1.7.2 Conservación por irradiación

El tipo de radiación empleada es la denominada como  $\gamma$  ( gamma ) y - tanto la dosis como el período de exposición dependen de la fruta y variedad que se trata, contribuyendo con las siguientes características:

- Disminución en la infestación de insectos
- Retardo del ataque microbiano
- Conservación de sabor en forma muy generalizada
- Aplazamiento en la maduración ( Mangos, papayas, plátanos )

Con emisiones de radiación con temperaturas que oscilan entre 17° y 19° C., así como niveles de humedad relativa comprendidos entre 50 % y 60 %, se obtuvieron los datos de decrementos:

Tabla 6 ( 30 )  
Reducciones sobresalientes (  $\gamma$  )

| FRUTAS     | ACIDEZ TOTAL | ACIDO ASCORBICO | AZUCARES RED. TOTALES | MADUREZ | $\beta$ - CAROTENO |
|------------|--------------|-----------------|-----------------------|---------|--------------------|
| Mangos     | X            | X               | X                     |         |                    |
| Piñas      | X            |                 | X                     |         |                    |
| Fresas     |              |                 | X                     |         |                    |
| Melones    |              | X               |                       |         |                    |
| Plátanos   |              |                 |                       | X       |                    |
| Naranjas   |              |                 |                       | X       |                    |
| Mandarinas |              |                 |                       |         | X                  |

Se observó que las frutas que requirieron de menor dosis radiante para conservación fueron los melones chinos, plátanos dominicos, naranjas Valencia y papayas, mientras que fresas y duraznos necesitaron de mayor aplicación para mantenerse en estado conveniente ( 2, 30 ).



### 1.7.2 Conservación por refrigeración

Se verifica con temperaturas superiores al punto de congelación - ( 15.5° a - 2° C. ) y por ende, los productos frutícolas se conservan durante días o semanas, dependiendo de la especie; el parámetro de humedad relativa se encuentra generalmente en el intervalo de 80 a 95 %, siendo muy trascendente, ya que de él dependerá la existencia de mohos o la pérdida de humedad de la humedad. Los cambios realizados durante la refrigeración se enlistan a continuación:

- Disminución de firmeza y vigor
- Pérdida de sabor
- Facilidad del mondado y deshuesado de duraznos
- Control de reacciones químicas y enzimáticas, así como del crecimiento y metabolismo de los microorganismos deseados ( vinos )

Mediante diferentes investigaciones se ha comprobado que la temperatura mínima de refrigeración para plátanos es de 13° C. durante un período de 21-días, lo cual indica la relación vital entre la temperatura y los días de conservación de los productos, debiendo establecerse antes de ser sometidos a la conservación en frío ( 26, 27 ).

### 1.8 Plátano

Es una planta herbácea de la familia Musáceas del orden Ectamínea, el género más importante de esta familia es *Musa* y comprende especies que producen fibras ( *Musa textilis* ), ornamentales ( *Musa coccinea* ) y comestibles ( *Musa acuminata* ).

#### 1.8.1 Origen

Se infiere que el plátano silvestre ha sido usado probablemente desde los comienzos de su existencia; el primer paso en la evolución del plátano comestible fue el origen de la partenocarpia y desaparición de la semilla *Musa acuminata*, siendo los dos factores principales:

a) El desarrollo de la potencialidad genética de la partenocarpia vegetativa.

b) Al mismo tiempo el desarrollo de la esterilidad genética y citológica.

Se desconoce la cronología de la evolución y migración primitivas de los plátanos comestibles, asumiendo que se originó en Asia, debido a la tesis del surgimiento de la agricultura en dicho continente, por reproducción vegetativa.

### 1.8.2 Desarrollo

La polinización es esencial en las especies seminíferas silvestres, ya que al llegar a adultas, contienen gran cantidad de semillas negras, rodeadas de una pulpa escasa que se desarrolla en las paredes del ovario, si éstos se protegen contra la polinización, se engrosan ligeramente y persisten algunas semanas antes de atrofiarse, dichos ovarios no se transforman en plátanos comestibles.

Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, es decir, desarrollan una masa de pulpa sin polen, la mayor parte de la pulpa se forma a partir del borde exterior del lóculo, pero el engrosamiento del septo y del eje contribuyen a formar el fruto adulto. Los óvulos se atrofian pero pueden reconocerse en las frutas adultas como diminutos puntos pardos incluidos en la pulpa comestible.

### 1.8.3 Fisiología

1) Respiración: Los valores de anhídrido carbónico aumentan -- drásticamente hasta el punto máximo, descendiendo entonces hasta un nivel -- constante. El drástico aumento de la rapidez de respiración llega al máximo (climaterio) que es de 2 a 5 veces mayor que el nivel constante anterior, dependiendo de factores como temperatura, composición del aire, etc.

En base a datos obtenidos en algunos experimentos, se sugiere que la respiración preclimatórica ocurre principalmente por la vía del Ciclo de la Pentosa y que la glicólisis normal ( reacción EMP ) se inicia cuando el climaterio principia y se torna predominante en la fruta postclimatórica.

2) Transpiración : La magnitud de ésta depende de la temperatura y la humedad relativa, como tendencia, muestra una relación muy notable con la maduración, que brevemente se resume. . . La fruta verde inmediatamente -- después de cortada, presenta una baja en la intensidad transpiratoria con ulterior estabilización; en el climaterio ocurre un drástico ascenso a medida -- que la fruta madura.

El contenido acuoso de la pulpa del plátano maduro puede disminuir ( hidrólisis de la fécula y transpiración ) o aumentar ( penetración de agua por ósmosis desde la cáscara y la producción de agua por medio de la respiración ), dependiendo de las reacciones que se ejecuten en su interior.

3) Maduración : Indicada por la hidrólisis del almidón en glúcidos y por una pérdida neta de hemicelulosas, la acidez aumenta a medida que -- la fruta madura, contrariamente a los taninos, responsables al parecer de la astringencia de los plátanos verdes. Los componentes nitrogenados y las grasas no muestran cambios significativos durante este proceso, las sustancias -- volátiles se liberan durante la maduración, originando el aroma característico de la fruta madura, así como también, es liberado el etileno en pequeñas -- cantidades muy significativas, por ser un importante acelerador autocatalítico de la maduración. Respecto a la producción del olor del plátano, se proponen tres rutas metabólicas : i) conversión de algunos aminoácidos ( leucina y valina ) en compuestos metilados derivados de ésteres y alcoholes ii) -- Formación de ácidos, alcoholes, ésteres y cetonas como consecuencia de procesos degradativos, empleando como sustrato a los ácidos grasos iii) Ruptura --

de ácido linoleico y linolénico para la producción de aldehídos ( C<sub>6</sub> y C<sub>9</sub> ) y oxoácidos ( C<sub>9</sub> y C<sub>12</sub> ).

#### 1.8.4 Composición

El plátano contiene aproximadamente 75 % de agua, dependiendo tanto ésta como el resto de los componentes de la variedad considerada, es por la existencia de los rangos para abarcar los diferentes plátanos. El porcentaje de azúcares solubles asciende a 20 % - 23 %, de los cuales, la proporción de fructosa, sacarosa y glucosa es de 20 : 15 : 65, respectivamente. Mientras que el almidón es de 20 % - 23 % durante la inmadurez, decreciendo considerablemente hasta constituir entre 1 % y 2 % en el plátano maduro, así mismo, los niveles de fibra y pectinas son poco más reducidos que el homopolisacárido antes mencionado, ya que oscilan entre 0.84 % en el caso de la primera y de 0.5 % a 0.7 % en pectinas.

De los compuestos nitrogenados, los aminoácidos libres más abundantes -- son Histidina ( 31 % ), Serina, Valina, Leucina y Argenina, en tanto que las proteínas son ricas en Lisina y Cisteína, pero escasas en Metionina.

De los lípidos que representan tentativamente el 0.12 % de la pulpa -- fresca, el 45 % de ellos son ácidos grasos saturados y 25 % de material no saponificable.

Los compuestos volátiles son una compleja mezcla de ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas y compuestos aromáticos; el sabor característico de la fruta, es atribuido a los ésteres amil e isoamil de los ácidos acético, propiónico y butírico. Aunado a lo que ya se mencionó previamente sobre el aroma típico del plátano, se adicionará a esta información, que dicho olor es configurado por 20 acetatos saturados, propionatos, butiratos y hexanal, pero en el caso de la fruta inmadura o verde, lo conforman alcoholes y compuestos insaturados.

## 1.8.5 Usos

El plátano verde y cocido es característico en las islas del Pacífico, pero también, la cocción es una preparación usual en Africa Oriental, recibiendo el nombre de matoke, reemplazado cada vez más por yuca y maíz. Mientras que el panchamrutan y el rasayanam son dulces, provenientes de la India, elaborados con azúcar y aceite de manteca clarificada, empero, el pisang goreng es utilizado como platillo principal una vez que ha sido frito en aceite de coco, sin embargo, el coco es también empleado para elaboración del poi que se hace con fruta madura y aplastada en combinación con hojas de cítricos. Cabe señalar que se requiere para repostería, dulcería, helados en forma de plátano pasa, harina y polvo, así como también congelado y para la elaboración de cajeta. Por la resistencia presentada por las hojas verdes se confeccionan colchones y material envolvente (carne), mientras que la fibra de las vainas se emplea para la producción de cordales y sogas, especialmente Musa textilis. Debido al oscurecimiento instantáneo que tiene el jugo al ser adicionado con hierro, se ha superado su uso como tinte. Sin pasar por alto el elevado índice de su utilización para la preparación de cora y cerveza de plátano (3, 37, 38, 39).

Cuadro 4  
Cosecha de plátano en México ( 2º )

| ESTADO   | VARIETADES   |
|----------|--|
| Tabasco  | Valery, macho, dominico, tabasco, cavendish - enano, morado, manzano, cavendish gigante, dñ til. |
| Chiapas  | Rombón, valery, cavendish enano, macho, morado, cavendish gigante, manzano.                      |
| Veracruz | Tabasco, macho, valery, morado, manzano.   |

Cuadro 4  
Cosecha de plátano en México

Continuación

ESTADO

V A R I E D A D E S

Nayarit

Tabasco, macho, morado, manzano.

Colima

Cavendish gigante, cavendish enano.

También se utiliza el plátano como auxiliar en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, ya que contribuye al incremento de la presión sanguínea, así mismo, es ingerido cuando existen problemas estomacales como evacuaciones frecuentes, ya que participa en la retención de líquidos y en el suministro de potasio perdido, además del aporte calórico que representa, en virtud de que 100 g. de fruta fresca suministran en forma promedio 86 Kcal. (Tabla 7).

Tabla 7  
Componentes más sobresalientes del plátano ( 51 )

Valores contemplados por 100 g. de fruta fresca

| NUTRIENTE              | Dominico | Macho | Manzano | Morado | Tabasco |
|------------------------|----------|-------|---------|--------|---------|
| Proteínas ( g. )       | 1.7      | 1.2   | 1.0     | 1.9    | 1.2     |
| Grasas ( g. )          | 0.2      | 0.2   | 0.6     | 0.2    | 0.3     |
| Glúcidos ( g. )        | 24.7     | 34.4  | 24.2    | 21.1   | 22.0    |
| Calcio ( mg. )         | 8.0      | 13.0  | 8.0     | 14.0   | 13.0    |
| Hierro ( mg. )         | 1.3      | 1.4   | 1.3     | 1.4    | 2.3     |
| Tiamina ( mg. )        | 0.08     | 0.09  | 0.05    | 0.19   | 0.06    |
| Riboflavina ( mg. )    | 0.07     | 0.04  | 0.04    | 0.05   | 0.04    |
| Niacina ( mg. )        | 0.7      | 0.5   | 0.7     | 0.4    | 0.5     |
| Acido ascórbico ( mg ) | 23.0     | 13.0  | 13.0    | 8.0    | 13.0    |

Tabla 7  
Componentes más sobresalientes del plátano

## Continuación

| INGREDIENTE       | Dominico | Macho | Manzano | Morado | Tabasco |
|-------------------|----------|-------|---------|--------|---------|
| Retinol ( mg. )   | 37.0     | 77.0  | 1.0     | 12.0   | 63.0    |
| Energía ( Kcal. ) | 96.0     | 130.0 | 96.0    | 81.0   | 86.0    |

## 1.8.6 Producción

Así mismo, antes de ser expuesta la producción de plátanos se señalan las variedades más sobresalientes en diferentes estados ( Cuadro 4 ).

Las cifras proporcionadas a continuación abarcan todas las variedades de plátanos mencionadas con antelación.

Tabla 8  
Producción de plátanos en México ( 53 )

| AÑOS DE PRODUCCION <sup>a</sup> | CANTIDAD PRODUCIDA ( TON. ) <sup>a</sup> |
|---------------------------------|--|
| 1975                            | 1, 194, 802                              |
| 1976                            | 1, 199, 427                              |
| 1977                            | 1, 276, 006                              |
| 1978                            | 1, 393, 080                              |
| 1979                            | 1, 553, 000                              |
| 1980                            | 1, 438, 000                              |
| 1981                            | 1, 605, 000                              |
| 1982                            | 1, 572, 000                              |
| 1983                            | 1, 640, 000                              |

a : En el momento de ser recopilada la información para este trabajo, aún no se disponían de valores estimativos ni reales para los años subsiguientes a la

última fecha ofrecida.

Para una mayor explicación sobre las variedades cultivadas en México, es conveniente mencionar los diversos nombres con que se conocen para eliminar - así posibles confusiones ( 39, 49 ) :

- |                      |       |   |
|----------------------|-------|---|
| 1) Tabasco           | . . . | Roatán, protalimón, gross michol, banano, pouvat, bluefield, cuyaco.  |
| 2) Morado            | . . . | Baracca, red jamaica, red banana, red spanish banana.                 |
| 3) Dominicó          | . . . | Blanco, letondal, chotda, herbra, marquésno.                          |
| 4) Dátil             | . . . | Ciento en boca, lady finger, golden early banana, bocafillo, titiaro. |
| 5) Macho             | . . . | Bollado, hartón cuerno de toro, plantain, bellaco.                    |
| 6) Mansano           | . . . | Brasilian, apple.   |
| 7) Rombón            | . . . | Lacafán, bout - round.  |
| 8) Cavendish gigante | . . . | Enano gigante, pian cavendish, gran maine, pineo gigante.             |
| 9) Valery            | . . . | Valery, robusta.  |
| 10) Cavendish enano  | . . . | Enano, curro, chino.  |
| 11) Cocco            | . . . | Cocos, highgate.  |
| 12) Guineo           | . . . | Criollo, negro.   |
| 13) Morado verde     | . . . | Indio, guayabo, inferto, green red.                                   |
| 14) Enano mil        | . . . | Enano, enano chaparro, pigmeo, dwar cavendish.                        |



G L I C O S I D O S

## 2.1 Precedentes

Ya que los glicósidos son derivados de los carbohidratos, es necesario considerar una breve reseña de ellos. Este grupo de compuestos químicos son nombrados como glúcidos, hidratos de carbono o carbohidratos, estos dos últimos términos son empleados por la configuración generalizada de la presencia de los elementos Carbono, Hidrógeno y Oxígeno en proporciones variables, cuya fórmula empírica  $C_x (H_2O)_x$  indica su composición más simple.

Los glúcidos constituyen la clase más abundante de compuestos orgánicos, contribuyen a las  $3/4$  partes del peso seco del mundo vegetal y están ampliamente distribuidos como componentes fisiológicos importantes en plantas, animales y formas inferiores de vida, en los primeros, sirven principalmente como elementos estructurales o de reserva alimenticia, es por esto que los glúcidos vegetales, en particular, representan un gran almacén de energía disponible como alimento para el hombre y los animales.

La clasificación más difundida de estos compuestos radica en el número de unidades constituyentes, teniendo así, las siguientes categorías.

### 1) Monosacáridos :

La D - glucosa es el glúcido central y más representativo de este grupo. Las series D y L son diferenciadas entre sí por el arreglo de hidrógeno e hidroxilos en el carbono asimétrico de la molécula, aquellas moléculas cuyo hidroxilo está situado a la derecha de dicho carbono, pertenecen a las series D y por lo tanto, el hidroxilo que se encuentra a la izquierda, corresponde a la configuración L siendo más ilustrativo esto con la fórmula de Fisher ( Fig. 4 ), estas configuraciones son derivadas de las conformaciones respectivas del D - gliceraldehído ( Fig. 5 ).

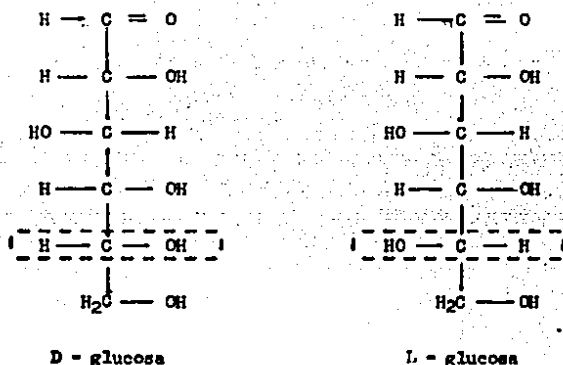


Fig. 4 Fórmulas de Fisher de la glucosa.

La designación empleada para indicar el grupo al que pertenecen los monosacáridos dependerá del número de carbonos que los constituyan, es decir, el que está formado por tres carbonos como el gliceraldehído recibirá el nombre de triosa, cuatro : tetrosas, etc.

La configuración anómerica de un glúcido es indicada por la posición del grupo hidroxilo del carbono 1 con el resto de la molécula, es decir, si se encuentra en posición " Cis " respecto al carbono 2 se designa como anómero  $\alpha$  y si es " Trans " se catalogará como anómero  $\beta$ , dicha anomeridad es de gran importancia por la especificidad que presentan las enzimas para enlaces  $\alpha$  y  $\beta$  ( Fig. 6 ).

Teniendo por lo tanto entre los monosacáridos que pueden citarse, glucosa, eritrosa, fructosa, ribosa, galactosa, etc.

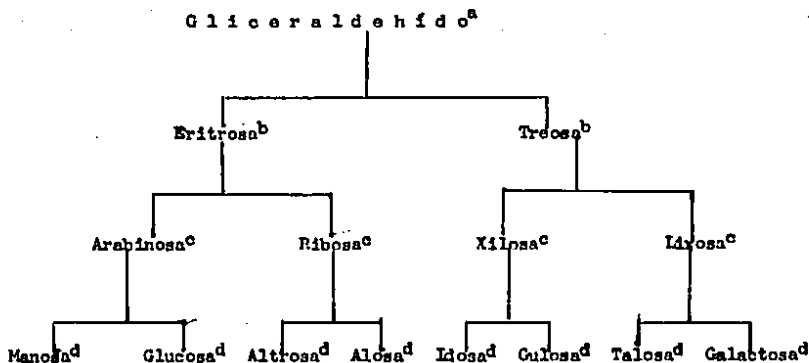


Fig.5 Glúcidos derivados del D - glicoraldehído, para mayor información sobre las proyecciones de Fisher de estos monómeros, consultar el apéndice.-  
 a : Triosa ; b : Tetrasas ; c : Pentosas ; d : Hexosas

## 2) Oligosacáridos :

Esta categoría comprende compuestos integrados de dos a diez unidades- de glúcidos conectados entre sí por enlaces glicosídicos, por lo que pueden - ser considerados como una condensación polimérica, en la cual, los monosacári- dos o sus derivados se unieron por dichos enlaces glicosídicos con elimina- ción de agua. Así mismo, este grupo está dividido de acuerdo al número de - residuos presentes en los oligosacáridos, los formados por dos unidades se de- nominan disacáridos, por tres, trisacáridos, etc., éstos a su vez, comprenden oligosacáridos específicos (Tabla 9).

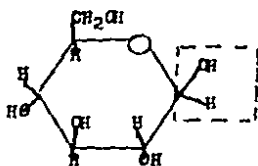
Tabla 9  
 Nombres comunes y científicos de disacáridos ( 21 )

| NOMBRE TRIVIAL | NOMBRE CIENTIFICO  | PROPIEDAD   |
|----------------|--|-------------|
| Sacarosa       | $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\alpha$ -D-fructofuranósido | No reductor |

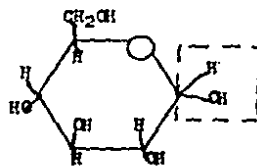
Tabla 9  
Nombres comunes y científicos de disacáridos

Continuación

| NOMBRE TRIVIAL | NOMBRE CIENTIFICO  | PROPIEDAD   |
|----------------|--|-------------|
| Lactosa        | $4-O-(\beta-D\text{-galactopiranosil})-D\text{-glucopiranososa}$       | Reductor    |
| Maltosa        | $4-O-(\alpha-D\text{-glucopiranosil})-\alpha-D\text{-glucopiranososa}$ | Reductor    |
| Celobiosa      | $4-O-(\beta-D\text{-glucopiranosil})-D\text{-glucopiranososa}$         | Reductor    |
| Trealosa       | $\alpha-D\text{-glucopiranosil}-\alpha-D\text{-glucopiranosido}$       | No reductor |



$\beta$  - D - glucosa



$\alpha$  - D - glucosa

Figura 6 : Configuración anómérica  $\alpha$  y  $\beta$  .

### 3) Polisacáridos :

A los oligosacáridos pueden adicionárseles monosacáridos a través de enlaces glicosídicos, formando polímeros de elevado peso molecular, representado este grupo por almidón, celulosa, glucógeno, etc.

A su vez, esta clasificación puede ser dividida en homopolisacáridos (Tabla 1) y heteropolisacáridos, los primeros se refieren a los polímeros en donde todas sus unidades son el mismo monómero, mientras que los segundos son integrados por moléculas en donde existen diferentes unidades sacáridas.

Tabla 10  
Homopolisacáridos ( 21 )

| NOMBRES COMUN         | ENLACE  | UNION      | FUENTE  |
|-----------------------|---|------------|---|
| <b>1) Glucosanos</b>  |   |            |   |
| - Amilosa             | $\alpha$ -1,4                                   | Líneal     | Almidón de plantas superiores.                |
| - Amilopectina        | $\alpha$ -1,4<br>$\alpha$ -1,6                  | Ramificada | Almidón de plantas superiores.                |
| - Celulosa            | $\beta$ -1,4                                    | Líneal     | Células de las paredes de plantas superiores. |
| - Glucógeno           | $\alpha$ -1,4                                   | Ramificada | Animales, microorganismos.                    |
| - Pululano            | $\alpha$ -1,4<br>$\alpha$ -1,6                  | Líneal     | Fúngica : Pullularia spp.                     |
| - Laminarano          | $\alpha$ -1,3<br>$\alpha$ -1,6                  |            | Algas marinas caféas, laminaris spp.          |
| - Dextrán             | $\alpha$ -1,6<br>$\alpha$ -1,3                  | Ramificada | Bacteriana, especialmente Leuconostoc spp.    |
| <b>2) Fructosanos</b> |   |            |   |
| - Inulina             | $\beta$ -2,1                                    | Líneal     | Dalias, girasoles.                            |
| <b>3) Mananos</b>     |   |            |   |
| - x                   | $\alpha$ -1,2<br>$\alpha$ -1,6<br>$\alpha$ -1,3 | Ramificada | Levaduras y otros microorganismos.            |
| <b>4) Galactanos</b>  |   |            |   |
| - Carragonina         | $\beta$ -1,3<br>$\alpha$ -1,4                   | Líneal     | Algas marinas rojas                           |

Tabla 10  
Homopolisacáridos

## Continuación

| NOMBRE COMUN    | ENLACE                         | UNION      | FUENTE   |
|-----------------|--------------------------------|------------|--|
| 5) Arabinos     |                                |            |  |
| - x             | $\alpha$ -1,3<br>$\alpha$ -1,5 | Ramificada | Sustancias pécicas -<br>de plantas superiores.   |
| 6) Xilanos      |                                |            |  |
| - x             | $\beta$ -1,4                   | Líneal     | Células de las paredes<br>de plantas superiores. |
| - Rodomonanos   | $\beta$ -1,3<br>$\beta$ -1,4   | Líneal     | Algas marinas rojas :<br>Rhodymenia palmata.     |
| 7) Galacturanos |                                |            |  |
| - x             | $\alpha$ -1,4                  | Líneal     | Acido péctico.                                   |

## 2.2 Definición

Un glicósido es una glicosa ( aldosa o cetosa ) en la cual, el hidrógeno del grupo hidroxilo anómérico ha sido reemplazado por un grupo alquil o aril, también, puede ser descrito como la unión del residuo de un glúcido ( glicón ) con el resto de un compuesto, que en forma generalizada, no es carbohidrato ( aglicón ), teniendo entre otros, metanol, glicerina, fenol, fenoxtreno, etc. Debido a la formación del enlace glicosídico, el nuevo compuesto no presenta mutarrotación, ya que no existe equilibrio con su forma de cadena abierta.

Comprendiendo entre sus propiedades, el ser hidrolizado por ácidos o enzimas específicas, así como su alta estabilidad en álcalis y la potencialidad

en formación de reacciones de esterificación, esterificación y acetilación.

### 2.3 Formación

Se sugiere que el enlace glicosídico se interra a través de la síntesis de Fisher, sometiendo el glicón con calentamiento y alcohol ( aglicón ) en -- presencia de un catalizador, generalmente ácido clorhídrico, produciendo por lo tanto, el glicósido y agua, como subproducto.

### 2.4 Clasificación

Esta surge como consecuencia de los diferentes aglicones y glicones de los que se traen, es por ello que la nomenclatura es una ejemplificación de este hecho, si la molécula cuyo hidróxido ha sido sustituido es una galactosa, el producto principal será un galactósido, de la misma forma, si el glicón es fructosa, el glicósido será un fructósido y así subsecuentemente. De manera generalizada, se pueden englobar :

#### 2.4.1 Cardiacos :

Forman parte de los glicósidos cuyo aglicón es fenantreno o al - gún derivado de éste, mencionando entre ellos :

a) Alcaloides, esteroides y terpenos : Solanina, compuesta por solanidina y solanosa, entre otros.

b) Saponinas : Se localizan principalmente en frutas, remolacha azucarera y espárragos.

c) Glucorónidos hormonales : Uno de los más notables es el glucorónido de pregnamodiol, detectado durante el embarazo de la mujer.

Los glicósidos cardiacos tienen la particularidad de su contribución fisiológica, ya que son capaces de alternar la excitabilidad del músculo cardia-



so, función dependiente del quilibrio entre Sodio<sup>⊖</sup> y Potasio<sup>⊕</sup> en la membrana celular; siendo los más conocidos ouabaina, digitoxina y estrofantidina.

#### 2.4.2 Cerebrósidos

Cabe mencionar la importancia de destacarlos, ya que estos glicósidos están conformados por galactosa como base estructural y como aplicación a lípidos, generalmente ácido cerebrónico, siendo ésta perteneciente a una categoría trascendente de macromoléculas. Debido al glicón que poseen estos compuestos, se denominan también galactocerebrósidos y como su nombre lo indica, se encuentran en el cerebro y sistema nervioso, pero los compuestos existentes en los sistemas no neurales están formados por glicones como glucosa, nombrándose por lo tanto, glucocerebrósidos. Así mismo, también se localizan en la superficie de los glóbulos rojos, participando en la especificidad de los grupos sanguíneos.



#### 2.4.3 Pigmentos

Sin duda, las antocianinas son los más típicos e importantes de estos compuestos, teniendo varias que van desde el rojo hasta el violeta. Comprendiendo así mismo, las betacianinas y carotenoides, sin pasar por alto a los flavonoides cítricos como la hesperidina (naranja y limón), naringina (toronja). Entre las antocianinas más difundidas están cianidina (manzana, higo, mora, pera, etc.) y delphinidina (fruta de la pasión, granada, arándano, etc.).

Citando también muchos antibióticos que son glicósidos, como la eritromicina, estreptomina, puromicina. Además de la unión existente en las bases nitrogenadas púricas y pirimidicas.

Cuadro 5  
Agliconas y gliconas más usuales ( 2 )

| PIGMENTO    | AGLICON             | GLICON   |
|-------------|---------------------|--|
| Antocianina | Antocianidina       | D-glucosa, D-galactosa, L-ranosa, D-arabinosa, pentobiosa, rutinoso, soforosa, D-xilosa. |
| Flavonoides | Flavonona, flavonol | D-glucosa y monosacáridos en general.  |
| Taninos     | Acido gálico        | D-glucosa.   |
| Betacianina | Betanidina          | Acido glucorónico.   |

#### 2.4.4 Glucósidos

A menudo suele emplearse en forma errónea el término glucosídico como al glicósido cuya base estructural es un glúcido, sin embargo, es necesario enfatizar en el hecho que los compuestos glucosídicos son aquellos acetales mixtos asimétricos formados por la reacción del carbono anomérico de la glucosa con un grupo hidroxilo proveniente de un compuesto que puede ser amina, alcohol, disacárido, etc.

##### 2.4.4.1 Reacciones

Básicamente presentan dos tipos :

1) Hidrólisis : Efectuada por medio de ácidos en ebullición, con la producción del monosacárido y el alcohol libres, así como por medio enzimáticos, es decir, las específicas para ello son las denominadas  $\alpha$  y  $\beta$  - glucosidasas, su acción dependerá del tipo de enlace glucosídico, la configuración del glúcido y del alcohol participante en la unión.

2) Aunque puede emplearse ácido periódico para la degradación oxidativa -

del glicón, no es preciso, ya que se conoce la conformación piranósida de la glucosa, sin embargo, se utiliza cuando se desconoce si el glicón es furanósido o piranósido.

Debido a que tanto los glucósidos como los glicósidos en general no presentan mutarrotación, no se verifican por ende las reacciones de los compuestos reductores como son las de Fehling, Tollens, etc.

#### 2.4.4.2 Clasificación

Englobando a dichos compuestos en forma genérica en dos categorías en base al aglicón :

1) Enlace glucosídico entre glúcidos : Los productos resultantes de la unión van desde compuestos sencillos como los disacáridos ( maltosa, celobiosa, gentiobiosa ) hasta los formados por más de dos unidades que conforman macromoléculas homopolisacáridas de glucosa, por ende, llegando a poseer elevados pesos moleculares, entre otros el almidón ( enlaces  $\alpha$  -1,4 y  $\alpha$  -1,6 ), celulosa ( enlaces  $\beta$  -1,4 ), laminarano ( enlaces  $\alpha$  -1,3 y  $\alpha$  -1,4 ), etc. como puede apreciarse en la tabla 10.

2) Enlace glucosídico entre no glúcidos : La diversidad de los aglicones es lo que conlleva a denominar de esta forma a la categoría correspondiente, teniendo por lo tanto las siguientes :

a) N - glucosilaminas o N - glucósidos : Debido a la reacción de amina con la glucosa, citando entre otros a la N -  $\alpha$  - D - glucopiranosil metilamina, consultar el Apéndice.

b) O - acil derivados : Son el producto del ataque del anhídrido acético sobre la glucosa y aunque este reactivo es empleado generalmente para la deter-

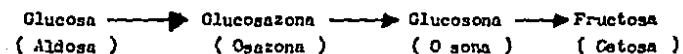
minación de estructuras de glúcidos, en el caso de la glucosa se obtiene ----  
 penta - O - acetil -  $\alpha$  - D - glucosa ( Apéndice ).

c) Tioglucósidos : Son los glúcidos formados por la unión de compuestos azu-  
 frados con la glucosa, en rábanos y mostaza se consideran los responsables de  
 sus propiedades organolépticas características, entre los más notables de és-  
 tos son sinigrina, sinalbina, así como también faseolunatina.

d) O - metil derivados : El hidróxido del carbono anomérico reacciona con mg  
 tanol en presencia de ácidos halogenúricos para la formación de metil - glucó  
 sidos y en vista de la afinidad del resto de los grupos hidroxilos, se requir  
 re para su metilación exhaustiva del empleo de  $\text{CH}_3\text{I} / \text{Ag}_2\text{O}$  para su realiza-  
 ción. La metilación inicial produce metil -  $\alpha$  - D - glucopiranosido y la  
 exhaustiva, metil - 2,3,4,6 - tetra - O - metil - D - glucopiranosido.

e) Osazonas : Compuestos que debido a la coloración producida, son auxilia-  
 res en la identificación de diferentes glúcidos. Siendo originados por la --  
 reacción de fenilhidracina, en exceso, teniendo así la fenilosazona de la  
 D - glucosa ( Apéndice ) bastante soluble en agua, requiriendo de varias ho  
 ras para su precipitación; con esta reacción puede determinarse cuantitativa  
 mente la presencia de glucosa, sin embargo, las osazonas suelen presentar --  
 ciertos problemas de identificación, ya que reaccionan en forma similar la -  
 D - glucosa, D - manosa y D - fructosa, así como también la D - arabinosa y -  
 D - ribosa entre otras. Sin embargo, las osazonas son intermediarios indy -  
 cidos para la transformación de glucosa ( aldosa ) en fructosa ( cetosa ) --  
 ( Fig. 7 ), lo cual es posible calentando el glúcido ( glucosa ) en solución-  
 acuosa de clorhidrato de fenilhidracina en exceso de acetato de sodio.

Figura 7  
Transformación de glucosa en fructosa ( 16 )



Como ya se mencionó anteriormente, la fenilhidracina es empleada también para la confirmación de la identificación de diferentes gomas, produciendo osazonas cristalinas, respecto a esto, cabe mencionar la poca solubilidad de las osazonas en agua, por lo que cristalizan perfectamente ( 5, 16, 15, 17, - 31, 32, 33 ).

M A D U R A C I O N

Es el estado que alcanzan las frutas después de llevarse a cabo reacciones de síntesis y degradación en las mismas, siendo más notables dichas transformaciones en forma visual, el color se modifica gradualmente yendo desde el verde, por el alto contenido de clorofila hasta tonalidades naranjas, amarillentas, así como por el sabor, aroma, jugosidad y consistencia, característicos de cada producto.

### 3.1 Cambios químicos durante la maduración.

Las variaciones en color pueden deberse a procesos, ya sea de degradación o síntesis o de ambos tipos, así mismo, el ablandamiento de los frutos es causado por la descomposición de la protopectina insoluble (agua) en pectina soluble o por hidrólisis de almidón o de grasas. La madurez trae consigo un aumento en los azúcares simples que confieren dulzura, disminución en ácidos orgánicos y compuestos fenólicos para reducir la astringencia y acidez, así como un aumento en las emanaciones de sustancias volátiles para dar al fruto su sabor típico, el cual es una percepción sutil y compleja en que se combina el gusto (dulce, ácido, astringente, picante), el olor (sustancias volátiles) y la consistencia (suave, licuable).

#### 3.1.1 Ácidos Orgánicos

Los no volátiles se encuentran entre los principales constituyentes celulares que sufren cambios durante este proceso. El ácido málico es el ácido predominante en la mayoría de las frutas y en el caso del mango, se ha detectado que es el primero en desaparecer, seguido por el cítrico, por lo que se sugiere el posible catabolismo del citrato vía malato. Uno de los hechos más importantes del proceso de maduración es la disminución real y relativa de la acidez por el desenso de la cantidad absoluta y por dilución, como consecuencia del aumento gradual de agua en la pulpa.

### 3.1.2 Aminoácidos y Proteínas

El marcado incremento en el metabolismo de las frutas es acompañado por el aumento de síntesis proteica, y este concepto, se aduce que dicho incremento sintético junto con el aumento correspondiente en las enzimas, son consecuencia de la producción de compuestos enzimáticos involucrados con diversas reacciones que conllevan a la maduración. El plátano contiene leucina, fenilalanina, lisina y argenina en forma dominante, con rápido aumento de los ácidos aspártico y glutámico, así como también de lisina e histidina durante la maduración; así mismo, la concentración de prolina en peras, registra un considerable incremento en esta etapa, como también se ha detectado en el caso de ácido glutámico y aspártico, alanina, glicina, serina, ácido  $\gamma$  - aminobutírico en el mango.

### 3.1.3 Pigmentos

a) Desaparición de la clorofila: En la mayoría de los frutos, el primer signo de maduración es la desaparición del color verde, el contenido de clorofila en este proceso, decrece gradualmente y por lo general, queda en ellos cierta cantidad de pigmento verde, en especial en los tejidos internos. El color se disipa cuando las dobles ligaduras se oxidan o saturan, todavía no estando en claro el proceso bioquímico de la degradación de este compuesto.

b) Síntesis de pigmentos: La cantidad de carotenoides producidos es bastante grande en comparación con la clorofila destruida, sugiriéndose entonces, un proceso de reutilización. Al igual que en la mayoría de las frutas, el cambio de color verde o amarillo en los cítricos, se caracteriza por pérdida de clorofila y aparición de pigmentos carotenoides: la disminución de la primera después de la iniciación de color es un efecto neta, sien-



de ello, acelerado con gibberelina y su síntesis puede continuar por algún tiempo, con producción de protoclorofila, clorofila a y b.

La síntesis de carotenoides se presenta después de la iniciación del sabor y será retardada por tratamiento con gibberelato o acelerada con aplicaciones de los ácidos ascórbico y abscísico, aunque dicha síntesis es independiente de la temperatura, no lo es su descomposición. La temperatura baja contribuye a la destrucción del licopeno, pero en algunos casos, la elevación de calor redundará en el aumento de su síntesis (toronjas).

#### 3.1.4 Sustancias pécticas

El total de ellas aumenta en el curso del desarrollo de las frutas, ya que a medida que éstas maduran, el contenido de pectatos y pectinas solubles se incrementa, contrariamente al resto de las sustancias pécticas, esta tendencia se ha encontrado en melones, plátanos, cítricos, fresas y mangos. El reblandecimiento que experimentan las frutas durante la maduración está asociado con la solubilización y polimerización de estos compuestos a través de la acción enzimática de pectinmetilesterasas y poligalacturonasas, es decir, existen dos procesos en los derivados poligalacturónicos: despolimerización o desesterificación.

#### 3.1.5 Productos volátiles

Los aromas específicos de las frutas maduras son emanados a su alrededor, los principales compuestos identificados entre ellos, son ésteres o alcoholes alifáticos y ácidos grasos de cadena corta, el olor emitido por algunas variedades de plátanos, mangos y papayas se atribuye a compuestos terpenoides.

#### 3.1.6 Enzimas

De manera sucera se incluirán en este punto, los aspectos más sobresalientes de los compuestos enzimáticos en cuanto a su variación química, ya que su acción sobre las frutas se explicará en el capítulo siguiente.

1) Catalasa - Peroxidasa: El incremento de estas enzimas es considerable junto con el aumento de la actividad oxidativa. Inclusive, se considera que con la presencia de una oxidasa adecuada, la catalasa contribuye a la producción de etileno, ya que la peroxidasa se relaciona con la síntesis autocatalítica del etano.

2) Carbohidrasas: La glucosa - 6 - fosfato deshidrogenasa disminuye desde el inicio de la maduración y continúa de esta forma hasta el postclimaterio, contribuyendo a la ruta de las fosfopentosas y de las hexofosfatasa. En el mango se presenta un incremento de glucosa fosfato isomerasa, fosfofructoquinasa y aldolasa, así como también, la actividad enzimática de hexosa monofosfato y 6 - fosfogluconico - deshidrogenasa.

En el plátano, la actividad de la amilasa se acrecenta cuatro veces para la hidrólisis del almidón a glucosa, en el proceso de maduración, existe un incremento de temperatura que favorece dicha actividad, ya que la temperatura máxima permisible para su estabilidad es de 61° C. Junto con las glicosidasas, la invertasa presenta un aumento que interactúa en la degradación de la sacarosa.

3) Transaminasas: La actividad de la  $\alpha$  - oxoglutarico aspartato transaminasa y de la NAD - glutámico deshidrogenasa junto con el contenido de aminoácidos sugiere una alta renovación de los aminoácidos durante la maduración de los mangos.

4) Enzima de desdoblamiento del citrato: El incremento en esta enzima durante la maduración sugiere que el catabolismo del citrato por esta enzima a Acetil - Coenzima A y oxalacetato, puede llenar las altas demandas de es-

tos sustratos para los procesos sintéticos.

5) NAD y NADP : Estas coenzimas permanecen constantes durante esta fase en el mango, sin embargo, la relación de NADPH / NADP y NADH / NAD se incrementa durante el climaterio, indicando con ello la actividad reductora -- del metabolismo en la fruta.

### 3.1.7 Glúcidos

a) Almidón : Las manzanas, peras, cítricos, mangos, plátanos, contienen al homopolisacárido y en algunas de ellas, se presenta un incremento en la concentración inicial, seguido de un drástico decremento. A este respecto, los plátanos tienen cantidades de aproximadamente 20 % del almidón en estado inmaduro, pero al llegar al climaterio ha descendido hasta 1 % o menos.

b) Sacarosa : No existe diferenciación entre las frutas climáticas y las no climáticas, en melocotones, mangos y frutas de la pasión existe un alto incremento en la madurez, sin embargo, en la última, se presenta un ligero descenso. Así como también se presenta esta situación con naranjas y toronjas; pero existen frutas que carecen del disacárido como cerezas, uvas de corinto blancas, uvas ( negra y blanca ), entre otras.

c) Azúcares reductores : Frecuentemente se incrementan constantemente a través del crecimiento y maduración, teniendo entre muchas otras, frutas de la pasión, cerezas y uvas. En las manzanas y peras, la cantidad de glucosa excede a la concentración de fructosa mientras que dicho glúcido-furanósido aumenta poco después de la cosecha. ( 1, 2, 4, 5, 7, 20, 29, 34, 35, 36, 41 )

### 3.2 Compuestos que aceleran y retardan la maduración

Es conveniente conocer el efecto de los compuestos exógenos que se -

aplicados a las frutas, ya que en esta forma se emplean dependiendo de las necesidades del receptor del producto, facilitando la distribución o las operaciones a que se destine, disminuyendo por ende, las pérdidas de frutas.

### 3.2.1 Compuestos que aceleran la maduración

Tanto el acetaldeído como el etileno, resultantes de las reacciones de ácidos grasos y degradación de glúcidos, conducen a la oleificación por la alta actividad enzimática ( higos ), ( Cuadro 6 ).

Cuadro 6  
Acción de compuestos que activan la maduración ( 2 )

| COMPUESTOS                                      | FRUTA                  | ACELARAMIENTO   |
|---|------------------------|---|
| Absicina <sup>a</sup>                           | Naranjas               | Degradación de clorofila, incremento de carotenoides. |
| Acido ascórbico,<br>Cu - EDTA.                  | Mandarinas<br>En árbol | Acrescentamiento de la producción de etileno          |
|   | Cosechadas             | Sin cambios   |
| Metanol   | Nísperos               | Maduración  |
| Acidos grasos:<br>Línoico, oleico,<br>esteárico | Higos                  | Tamaño y producción de eteno                          |
| Etileno   | Plátanos               | Maduración  |

a : Sin explicación del proceso

### 3.2.2 Compuestos que retardan la maduración

La aplicación de 100 ppm. de isopropil - o - fenil carbamato induce a la retención de ácido ascórbico con descenso en el contenido de azúcares totales. El suministro de cicloheximida actúa en veras antes de recolectarlas, pero muy ligeramente después de la cosecha.

La inhibición producida por la vitamina K en plátanos, sólo se efectúa con temperaturas de 60° C., infiriendo que dicha acción es consecuencia del impedimento en la transferencia de electrones que repercute en la producción de etileno. Por lo que la vitamina K<sub>5</sub> es empleada en la concentración de jugos de frutas, debido al impedimento del crecimiento de microorganismos.

A pesar que el acetato amílico puede ser utilizado en combinación con ácido málico para demorar la maduración, no se recomienda recurrir a él debido a la susceptibilidad del ataque fúngal que produce en la piel de las frutas ( Cuadro 7 ).

Cuadro 7  
Compuestos que reducen la maduración ( 2 )

| COMPUESTO  | FRUTA                         | EFFECTO  |
|--|-------------------------------|--|
| Acido gibelérico   | Guayabas, plátanos            | Disminución de velocidad respiratoria, cambio de color tardío.               |
|  | Cítricos                      | Degradación retardante de clorofila, incremento en la firmeza de la cáscara. |
| Acido clorofenilacético, auxinas, ácido $\beta$ - naftoacético | Mandarinas                    | Demora del deterioro físico-químico en almacenamiento.                       |
| Hidrazida málica   | Mangos, manzanas <sup>m</sup> | Maduración lenta, permanencia de la firmeza de la pulpa.                     |
| Isopropil - o - fenil carhamato ( IPC )                        | Zapotes                       | Descenso de la velocidad respiratoria.                                       |
| Ciclohexamida  | Poras                         | Inhibición de degradación de clorofila, síntesis de eteno.                   |
| Vitamina K   | Plátanos                      | Retrasamiento de la maduración.  |

Cuadro 7  
Compuestos que reducen la maduración

| COMPUESTO                     | FRUTA   | Efecto   |
|-------------------------------|---|--|
| Acido málico /Acetato amílico | Plátanos, piñas, cítricos, jamaica <sup>b</sup> | Retardo de maduración  |
| Acido sodiohidroacético       | Fresas  | Disminución en la velocidad de respiración   |
| Acido naftalenacético         | Plátanos  | Descenso en el contenido de azúcares reductores, no reductores y totales; acidez y sólidos totales |

a : Mayor efecto presentado con agua caliente

b : Transitivo

### 3.3 Determinación de madurez

Un fruto en proceso de maduración sufre una serie de cambios en color, textura y sabor que indican las variaciones en su composición, por ello, es necesario que dichas transformaciones se completen para que la fruta llegue al máximo de su calidad en el consumo. Sin embargo, esto sólo puede obtenerse si las frutas se cosechan en el estado adecuado de madurez, ya que de otra manera, las frutas inmaduras alcanzarán una calidad insatisfactoria aún después de haberse completado las conversiones convenientes de la maduración.

Por lo que existen diversas técnicas para establecer el punto óptimo de madurez, dependiendo de su empleo ulterior.

1) Visuales : Comprendiendo principalmente el color de la piel de la fruta, presencia de hojas secas, llenado del fruto y secamiento del cuerpo de la planta.

2) Físicas : Incluyendo la facilidad de abscisión o separación de la fruta, firmeza y peso específico.

- 3) Químicas: Determinación de sólidos, almidón, ácidos, azúcares, etc.
- 4) Contables: Cálculo del período existente desde la floración, así -- como también, utilizando unidades colorimétricas.
- 5) Fisiológicas: Respiración ( 2 ).

### 3.3.1 Limitaciones

Cabe mencionar los inconvenientes que pueden presentar algunas -- técnicas, ya que son catalogadas subjetivamente.

Los cambios visuales de color no son precisados eficientemente para el establecimiento de una norma, así mismo, el tamaño del fruto no es indicativo exacto de la madurez, ya que suelen existir frutas de volumen mayor a -- otras que aún no han alcanzado el punto idóneo de cosecha.

Mientras que el peso específico es un método sencillo y ágil para la de terminación de la recolección, no lo es la textura, en virtud de que la apli cación de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno induce a mayor suavi dad de la pulpa. A este respecto, se menciona que una elevada tasa de ferti lización ocasiona la variación en la relación glúcidos / ácidos en la cose- cha.

La nutrición, tamaño de la fruta, posición de ésta en el árbol, condi - ciones climatológicas, tipo y humedad del suelo, método de poda, empleo de - hormonas y otros productos químicos, son la síntesis de los factores que pro - pician la alteración de los resultados obtenidos con las diversas técnicas - para el establecimiento del momento preciso para la recolección de la fruta, por lo que es conveniente considerar cada uno de ellos para la interpreta -- ción de las determinaciones realizadas ( 2 ).

### 3.3.2 Índices específicos en algunas frutas

1) Cerezas : El criterio empleado para llevar a cabo su cosecha aún no es uniforme, sin embargo, la recolección se efectúa cuando el color es de tonalidades naranja rosáceo o ligeramente rojo, se prefiere que el producto no esté completamente maduro por la distancia en el transporte, así también, se consideran el sabor y la dulzura. Es necesaria la determinación de gálgico, taninos y la relación azúcar / ácido.

2) Plátanos : La guía más eficaz para precisar el momento óptimo de la cosecha radica en la cantidad de días desde la floración, ya que en algunos sitios se basan en la sequedad de las hojas y en la abundancia de la pulpa, pero los dos últimos índices varían dependiendo de la especie y de las condiciones climatológicas. Sin embargo, dependiendo del destino de la fruta, será el grado de madurez ideal, esto es, se optará por 75 % - 80 % si el tiempo de transporte es prolongado o entre 85 % y 90 % si el sitio de recibo es limítrofe. En condiciones óptimas, la fruta es recolectada después de 80 a 90 días a partir de la floración o bien, 120 días en climas subtropicales.

3) Cítricos : Es difícil fijar los índices en virtud de que dependerá de la fruta, sin embargo, globalmente, se cuanteará % de jugo, acidez, azúcares, color de cáscara, entre otros, teniendo también, un factor denominado " índice de madurez " , referido a la relación del porcentaje de sólidos solubles y la acidez total ( ácido cítrico ), cuyos valores dependerán de cada especie y país de recolección.

4) Mangos : La norma más estandarizada para su cosecha comprende los cambios de color en el pedúnculo, crecimiento de " semillas y filamentos " , desarrollo de lenticelas, así como también la conversión de la coloración -- verde a amarilla, con sólidos solubles máximo de 12° Brix. En general, para que el mango madure demora 105 a 115 días a partir de la floración ( 2, 8, - 20 ).



E N Z I M A S

Los procesos metabólicos que se llevan a cabo en los sistemas vivientes como las frutas, son catalizados por diferentes enzimas, de ahí que se empleen en forma considerable para la producción de cerveza, vino, bebidas - afeijadas, quesos, pan, carnes, almidones y jarabes, entre otros. Entre las ventajas que ofrecen las enzimas, se pueden citar:

- 1) Reducción de la viscosidad de purés y concentrados.
- 2) Clarificación de jugos de frutas y vinos.
- 3) Maduración de quesos.
- 4) Fermentaciones en cerveza y vinos.
- 5) Ablandamiento de carnes.
- 6) Intensificación del sabor del chocolate.
- 7) Mantenimiento suave del relleno de dulces, evitando también cristalizaciones arenosas.
- 8) Producción y retención de gas en panificación.
- 9) Producción de almidones y jarabes.
- 10) Coagulación de leche para producción de quesos.
- 11) Disminución en la cantidad de grasa.
- 12) Aceleración de sacarificación.
- 13) Optimización de filtraciones.
- 14) Suavización de productos antes de la cocción.
- 15) Acrecentamiento de la germinación.
- 16) Facilitación en la extracción de jugos.

Entre las enzimas más conocidas en frutas se cuenta con proteasas: papaína ( papaya ), ficina ( higo ), bromelina ( piña ), así como también, polifenoloxidasas, pectinasa, enteronasa, etc.

#### 4.1 Generalidades

Las enzimas son proteínas de origen natural que llevan a cabo la catálisis de reacciones biológicas, su estructura química es de carácter proteínico globular y algunas veces requiere de un cofactor, siendo éste un compuesto no proteico como minerales ( metaloenzimas ), vitaminas o compuestos orgánicos, éstos dos últimos denominados coenzimas, los cuales en general, transportan grupos funcionales, átomos o electrones durante las reacciones enzimáticas ( 33 ).

Tabla 11  
Cofactores más usuales ( 33 )

| ENZIMAS           | COFACTORES |
|-------------------|------------|
| Carboxipeptidasa  | Zn +2      |
| Citocromo-oxidasa | Cu +2      |
| Peroxidasa        | Fe +2      |
| Catalasa          | Fe +2      |
| Fosfohidrolasas   | Mg +2      |

La clasificación internacional de las enzimas está basada en las reacciones que catalizan.

Cuadro 8  
Clasificación enzimática ( 10, 33 )

| CATEGORIAS   | SUBCATEGORIAS   |
|--|---|
| 1. Oxidoreductasas<br>Catalizan todas las reacciones de óxido - reducción. | 1.1 Actúan en $>CH - CH$<br>1.2 Actúan en grupos carbonilo.<br>1.3 Actúan sobre $>C = CH -$<br>1.4 Actúan en $>CH - NH_2$ |

Cuadro 8  
Clasificación enzimática

Continuación

| CATEGORIAS  | SUBCATEGORIAS                      |
|---|------------------------------------|
|   | 1.5 Actúan en $>CH - NH -$         |
|   | 1.6 Actúan en NADH, NADFH.         |
| <b>2. Transferasas</b><br>Catalizan la transferencia de un grupo, de un sustrato a otro.  | 2.1 Grupos de un átomo de carbono. |
|   | 2.2 Grupos carbonilos.             |
|   | 2.3 Grupos acilos.                 |
|   | 2.4 Grupos glucosilos.             |
|   | 2.5 Grupos fosfatos.               |
|   | 2.6 Grupos que contienen azufre.   |
| <b>3. Hidrolasas</b><br>Catalizan reacciones hidrolíticas.  | 3.1 Esteres.                       |
|   | 3.2 Enlaces gluconídicos.          |
|   | 3.3 Enlaces peptídicos.            |
|   | 3.4 Enlaces C - N.                 |
|   | 3.5 Anhídridos de ácidos.          |
| <b>4. Liasas</b><br>Catalizan adiciones a dobles-enlaces, traslación sin hidrólisis de grupos de un sustrato, liberándose frecuentemente un compuesto - que contiene un doble enlace. | 4.1 $>C = C <$                     |
|   | 4.2 $>C = O$                       |
|   | 4.3 $>C = N -$                     |
| <b>5. Isomerasas</b><br>Catalizan reacciones cuyo resultado es una reordenación molecular.  | 5.1 Racemasas.                     |
| <b>6. Ligasas</b><br>Catalizan la formación de uniones entre dos moléculas, utilizando energía derivada de la ruptura de una unión pirofosfato como ATP.                              | 6.1 C - O                          |
|   | 6.2 C - S                          |
|   | 6.3 C - N                          |
|   | 6.4 C - C                          |

La especificidad de las enzimas dependerá de la propia enzima, ya que existen algunas que actúan únicamente sobre un compuesto determinado, así como también depende del sustrato relacionado, debiendo éste poseer un enlace susceptible a la enzima y la conformación estructural necesaria para el acoplamiento enzima - sustrato, no sólo por los grupos sensibles al ataque, -- sino también por aquéllos que los rodean.

Las enzimas son compuestos relativamente frágiles, con tendencia a la desnaturalización e inactivación bajo condiciones propicias: los tratamientos con ácidos fuertes, altas temperaturas, cambios de pH frecuentemente usados son definitivos para las enzimas y son limitados los que conducen a la renaturalización:

La mayoría de las enzimas son inactivadas en soluciones de pH menor de 5 ó mayor de 9, aun cuando existen excepciones a esto, siendo como consecuencia de la relación entre el comportamiento ácido - base de la enzima y el sustrato, afectándose la afinidad de ellos. La temperatura favorece las reacciones catalíticas enzimáticas cuando se encuentra en el intervalo de la estabilidad de la enzima, de lo contrario, inactivadas, usualmente entre 55° y 60° C. Así como también, la fuerza iónica actúa sobre la porción protéica de la enzima, produciendo alteraciones en el centro activo.

Sin embargo, también la desnaturalización es reversible (renaturalización), recuperando su actividad catalítica, sin modificar su especificidad siempre y cuando la desnaturalización no sea demasiado drástica y duradera. A pesar de haberse realizado la inactivación en iguales condiciones, la reactivación dependerá de la enzima sometida al tratamiento.

#### 4.2 Glicosidasas

Son las enzimas cuya clasificación sistemática se refiere a aquí

llas que catalizan las reacciones de hidrólisis de los enlaces glicosídicos ( 2.3 ). La estructura del aglicón tiene influencia en la hidrólisis y la enzima puede ser frenada por dicha especificidad, en general, el intercambio de hidrógenos e hidroxilos en cualquier átomo de carbono del sustrato es suficiente para prevenir la acción de la enzima correspondiente. Usualmente, estas enzimas se encuentran junto con el glicósido correspondiente, debido a ello, se requiere inactivarlas para llevar a cabo la extracción de los glicósidos, como en el caso de  $\beta$  - glucosidasa ( almendras ),  $\alpha$  - galactosidasa y  $\beta$  - galactosiderasa ( ambas en semillas de alfalfa ).

Son solubles en agua, excepto la lisosima, al parecer no existen grupos funcionales proteicos específicos, salvo en el caso de  $\alpha$  - amilasa que es metaloenzima. El pH fluctúa entre 4.5 y 7.0, pero el rango puede ampliarse debido a la fuente de obtención de la enzima.

#### 4.2.1 Modo de acción

Para referir certeramente el comportamiento que presentan las glicosidasas deben señalarse previamente, los factores que afectan su especificidad, teniendo en forma concisa los siguientes:

1) Configuración: a) Del aglicón.- Las enzimas mencionadas sólo realizan la hidrólisis en sustratos cuya configuración es dextrógira. b) Del enlace.- Las configuraciones  $\alpha$  y  $\beta$  del carbono anomérico es factor importante en la determinación del glicido que será segmentado, como la celobiosa, cuyas unidades de glucosa se encuentran unidas por enlaces  $\beta$ , motivo por el cual, este disacárido sólo será hidrolizado con  $\beta$  - glucosidasas, pero no por  $\alpha$  - glucosidasas.

2) Ciclización: La forma piranosa o furanosa de los glicidos es esencial para la existencia de la actividad enzimática, reforzando lo anterior con --

las observaciones del impedimento de ataque presentado de la  $\beta$  - fructofuranosidasa en el isómero de la sacarosa, en el cual, la fructosa está en forma piranosa.

3) Aglicón : Generalmente éste no afecta la habilidad de la enzima en la ruptura del enlace glicosídico, excepto cuando el aglicón es una pentosa, hexosa o polímero de ellas.

4) Tamaño del sustrato : Las reacciones enzimáticas usualmente dependen de este factor, ya que por ejemplo,  $\alpha$  y  $\beta$  - amilasas degradan al almidón, pero escasa o nulamente a la maltosa y viceversa, la maltasa no produce hidrólisis en el almidón.

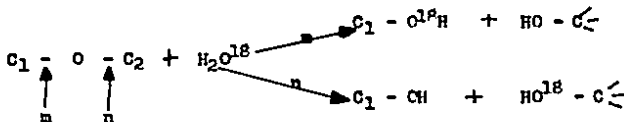
5) Atomo enlazante : Si el átomo de oxígeno es reemplazado por azufre, -- por ejemplo, la activación enzimática correspondiente es perdida.

Se asume que en virtud de la abundancia de la conformación de silla en la naturaleza, las enzimas presentan preferencia por ella, sin embargo, no existe evidencia de lo anterior ( 21, 52 ).

El mecanismo de acción existente para que se verifique la hidrólisis enzimática puede resumirse en una fase con dos variables:

1) Rompimiento del enlace glicosídico Las unices glicosídicas son rotas por un mecanismo hidrolítico, correspondiendo una transferencia de los componentes del sustrato con agua. Ejemplificándolo con la hidrólisis de la sacarosa.

Figura 8  
Hidrólisis de sacarosa ( 21 )



m :  $\alpha$  - glucosidasa

n :  $\beta$  - fructofuranosidasa

a) Cambios configuracionales del carbono anomérico durante la enzimólisis: Cuando los enlaces glicosídicos son fraccionados se generan grupos reductores, en cualquiera de los dos, la configuración anomérica es conservada o bien, contrariamente se realiza una inversión, es por ello, que dependiendo de la configuración resultante, las enzimas también se han catalogado en "Exo" los cuales producen cambios conformacionales mientras que los "Endo", la mantienen.

b) Reversibilidad de la enzimólisis: La hidrólisis enzimática es esencialmente reversible, sin embargo, la reacción es generalmente favorecida.

#### 4.2.2 Clasificación

Generalmente estas enzimas pueden agruparse por el tipo de selectividad que presentan para la hidrólisis:

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1) $\alpha$ (1 - 4):   | a) $\alpha$ - amilasa ( a ). |
|                        | b) $\beta$ - amilasa.        |
|                        | c) glucoamilasa ( a ).       |
|                        | d) maltasa.                  |
|                        | e) poligalacturonasa.        |
| 2) $\alpha$ (1 - 6):   | a) glucoamilasa ( a ).       |
|                        | b) pululunasa.               |
|                        | c) isoamilasa.               |
| 3) $\beta$ (1 - 2):    | a) invertasa.                |
| 4) $\beta$ (1 - 4):    | a) lactasa.                  |
|                        | b) celulasa.                 |
|                        | c) $\beta$ - glucosidasa.    |
| 5) $\beta$ (1, 3 & 4): | a) $\beta$ - glucosidasa.    |

a: Ambas enzimas trabajan simultáneamente para llevar a cabo la degradación de polisacáridos celulares, así como también en la sacarificación industrial, con fuentes como almidón y celulosa. En donde la  $\alpha$  - amilasa contribuye a la liberación de glucosa, junto con la hidrólisis efectuada por la glucoamilasa para su obtención.

Como es natural, no se contemplan todas las enzimas glicosídicas ( Cuadro 9 ), en virtud de lo basto de su existencia, es por esto que sólo se -



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

mencionan aquéllas relacionadas con los componentes glicosídicos presentes en las frutas.

Cuadro 9  
Características de glicosidasas ( 40, 21, 14 )

| ENZIMA   | TIPO              | ENLACE                                   | OBSERVACIONES   |
|--|-------------------|--|---|
| $\alpha$ - amilasa                             | Endo <sup>a</sup> | $\alpha$ ( 1 - 4 )                       | La ruptura catalítica se -- efectúa por un grupo carbohidrico y la función imidazola ( Histidina ).   |
| $\beta$ - amilasa                              | Exo               | $\alpha$ ( 1 - 4 )                       | Comienza su acción del grupo no reductor. Inactivada por grupos sulfhidrilo. Impedida su hidrólisis por albúmina sérica y glutatión - reducido. |
| Glucoamilasa                                   | Exo               | $\alpha$ ( 1 - 4 )<br>$\alpha$ ( 1 - 6 ) | Separa las unidades de glucosa a partir del extremo - no reductor.  |
| Pululunasas<br>( Enzimas R )                   | Endo              | $\alpha$ ( 1 - 6 )                       | Actúan en enlaces $\alpha$ ( 1-6), produciendo unidades de maltosa.   |
| Isoamilasa                                     | Endo              | $\alpha$ ( 1 - 6 )                       | Producen unidades de maltosa en amilopectina lineal.  |
| Invertasa<br>( $\beta$ - fructofuranosidasas ) | Endo              | $\beta$ ( 1 - 2 )                        | Hidrolizan unidades de -- $\beta$ - D - fructosa, produciendo cambio en la rotación óptica.   |
| Lactasa<br>( $\beta$ - galactosidasas )        | Endo              | $\beta$ ( 1 - 4 )                        | Actúa en $\beta$ - galactósidos, activándose con Cisteína, - sulfito de sodio e inactivándose con iones metálicos.                              |
| Maltasa  | Endo              | $\alpha$ ( 1 - 4 )                       | Actúa en $\alpha$ - D - glucosa, - produciendo unidades de glicosa.   |
| Celulasa                                       | Endo              | $\beta$ ( 1 - 4 )                        | Inhibida por metales pesados, siendo reversible su - enzimólisis con Cisteína.  |

Cuadro 9  
Características de glicosidasas

| Continuación                           |      |                  |  |
|--|------|------------------|--|
| ENZIMA                                 | TIPO | ENLACE           | OBSERVACIONES  |
| Enzimas pécticas<br>Poligalacturonasas | Endo | $\alpha$ (1 - 4) | Atacan el enlace glicosídico del ácido D - galacturónico.                                      |
| $\beta$ - glucosidasa                  | Endo | $\beta$ (1,3,4)  | Hidroliza enlaces alquil y aril- $\beta$ - glucósidos, es inhibida por metales pesados.        |
| Quitinasas                             | Endo | N - glicosídicos | Degradan la quitina en monómeros y dímeros de N - acetilglucosamina.                           |
| Tioglicosidasas                        | Endo | S - glicosídicos | Produciendo compuestos azufrados y glucósidos, se localizan en rábano, mostaza, ajo y cebolla. |

#### 4.3 Acción en frutas

Las enzimas presentes en las frutas llevan a cabo tanto reacciones catalíticas degradativas como sintéticas durante su desarrollo, aún después de haber sido cosechadas. Sin embargo, si las condiciones ambientales del almacenamiento no son los adecuados, se iniciarán inmediatamente después de la recolección, los procesos degradativos contribuirán a la descomposición de la fruta. No obstante que dichos productos hayan sido adquiridos por el consumidor, las enzimas continúan activas, específicamente las polifenoloxidasas, que actúan oxidativamente sobre los compuestos insaturados como monofenoles, ácido clorogénico, o - difenoles y taninos, produciendo el oscurecimiento (melaninas) de las frutas, después de haber sido expuestas a daños físicos como el corte; especies como manzanas, plátanos, peras y fresas pre-

sentan estas reacciones debido al elevado contenido de fenolasas. Esto es tan sólo un ejemplo de la vigencia enzimática en las frutas ulterior a la cosecha, es por ello que algunos alimentos procesados requieren de tratamientos térmicos previos a su denominación de " producto terminado ", sin causar daños al alimento, por ende, su destrucción o inactivación consecuentes de diversos procesos son indicadores de la calidad del producto industrializado.

1) Enzimas pécticas: En peras Doyonné B., la pectinesterasa alcanza su activación máxima durante el principio de su desarrollo en el árbol, decreciendo y permaneciendo constante dos semanas antes de la maduración comercial, reforzando ésto con la existencia de un incremento en su actividad, ( 50 % ) si el almacenamiento se verifica a bajas temperaturas, cuando las peras fueron cosechadas en estado inmaduro.

Las resinas confieren dureza a las frutas y el ablandamiento de la coqueza es como consecuencia de la hidrólisis producida en dichos compuestos, la cual se verifica en dos etapas:

a) Desesterificación : Efectuada en los grupos carboxilos por las pectinesterasas, liberándolos como ácidos carboxílicos.

b) Despolimerización : Una vez que el ácido poligalacturónico se ha generado, es hidrolizado por medio de las poligalacturonasas con posible formación final de ácido galacturónico.

2) Celulasa : A pesar de no haberse encontrado la relación entre la actividad de esta enzima y la firmeza en suficientes variedades, empero, se supone que la presente enzima puede completar la acción del reblandecimiento iniciado por las enzimas descritas en el inciso anterior.

3) Amilasas y Fosforilasas : La hidrólisis del almidón se efectúa por amilasas (  $\alpha$  y  $\beta$  ) y en muchos casos con combinación de fosforilasas, éstas degradan al homopolisacárido con un procedimiento diferente al de las amil-

sas, dicha ruptura se denomina transglucosidación, en donde un residuo de glucosa es transferido de la amilosa al fosfato, con conservación de casi toda la energía del enlace glucosídico. Las fosfatasa actúan en enlaces  $\alpha - 1,4$ , pero no los  $\alpha - 1,6$ .

Las enzimas hidrolizantes de almidón se localizan en los plástidos, sintetizándose ahí.

4) Invertasa : Esta enzima no sólo hidroliza a la sacarosa en glucosa y fructosa, sino que también es capaz de realizar la transglucosidación, consistente en la transferencia de la mitad de la hexosa a un alcohol primario de monosacáridos o disacáridos, dicho traslado contribuye para la síntesis de trisacáridos u oligosacáridos, detectándose entre otras frutas, en plátanos.

5) Enzimas de la ruta pentosa fosfato : Se ha verificado la actividad de algunas enzimas participantes en este ciclo. La glucosa - 6 - fosfato deshidrogenasa decrece con la maduración, pero aumentó en el post-climaterio, con fosfogluconato deshidrogenasa se detectó tanto en la maduración como en el post-climaterio un ligero descenso. Mientras que la fosfohexosaisomerasa aumentó su actividad enzimática al inicio de la maduración, con disminución de ella al final de esta etapa y en el post-climaterio, teniendo similitud en este comportamiento, la fosforibosaisomerasa que presenta ascenso en su actividad durante la maduración, con disminución de ésta en el post-climaterio.

6) Enzimas del ciclo Glicoxilato : Se ha estimado que las peras Bartlett así como otras frutas, poseen en sus peroxisomas o glioxisomas, las enzimas involucradas en este ciclo, como isocitratoliana, malato sintetasa, catalasa y glicolato oxidasa.

7) Clorofilasa : Como su nombre lo indica, tiene relación con la degradación que se efectúa durante la maduración en la clorofila, hidrolizando el -

fitilo de ésta que conlleva a la producción de fitol y clorofilida. En el caso de los plátanos, la actividad de la clorofilasa es paralela a la respiración climatérica, sin embargo, en las manzanas, dicha actividad fue incrementándose desde antes del inicio del climaterio. Tanto la maduración como la destrucción de la clorofila son bloqueadas si las frutas como manzanas y peras son expuestas a altos niveles de  $CO_2$ , retardando también el aumento de proteínas, empero, estos efectos también son causados por ciclohexamida o agtinomicina. Así mismo, se contempla un probable sistema de ácidos grasos insaturados que contribuya a la degradación antes mencionada.

8) Ácido grasos sintetasa : Se ha determinado la síntesis de ácidos grasos de cadena larga involucrada con esta enzima, así como la relación del incremento de su actividad con la producción de proteínas durante el curso de la respiración. Dichos ácidos grasos recién formados se incorporan con mayor facilidad a los fosfolípidos que a los galactolípidos, de los que se habló con anterioridad en el punto 2.4.2.

9) Lipasa : Es considerada la enzima responsable del incremento que se presenta de los ácidos grasos libres de cadena larga ( 18 carbonos ), observado en la cáscara de manzanas, siendo los mismos detectados en hr!as y pulpa de dichas frutas.

10) Lipoxidasa : Tiene actuaciones significativas durante la respiración, proceso en el cual se incrementa su actividad, considerándose que la reacción inicial en la degradación de los ácidos grasos poliinsaturados con estructura Cis, Cis - 1,4 - pentadieno es catalizada por ella. Detectándose también, la pérdida de galactolípidos asociados con la membrana plástida durante la maduración, especialmente en manzanas.

La actividad enzimática está directamente ligada en forma proporcional al metabolismo de los ácidos grasos, así mismo, el incremento de dicha actividad es inhibido por ciclohexamida.

11) Fosfatasa : Se ha podido observar un incremento de esta enzima durante la respiración climatérica en las manzanas, así como en peras Bartlett. - Su interacción con el ácido fosfórico radica en su hidrólisis, ya que lo hace más disponible en su empleo en otros procesos metabólicos.

12) Ribonucleasa : Se ha registrado que el incremento de su actividad es aproximadamente de 50 % y es paralela a la velocidad de respiración climatérica, asumiéndose que dicha actividad puede iniciar la degradación general - mente celular, debido al ARN requerido para la síntesis proteica.

13) Enzimas sintetizadoras del etileno endógeno : Existen dos propuestas para explicar la producción del eteno, teniendo de esta forma, que una de -- las rutas está vinculada a las lipoxidasas y la otra vía, infiere a las catalasas.

Así, en lo referente a las lipoxidasas, se citará que la secuencia productora se inicia con la degradación del ácido linolénico, que funge como -- sustrato, para finalizar en propanal que origina al etileno. Se estima que esta dirección se encuentra asociada con los cloroplastos y otros organelos involucrados con los procesos degradativos durante el progreso de la maduración. Se considera que ésta es la principal ruta en la síntesis de eteno debido a la trascendencia de los cambios existentes en la actividad de las lipoxidasas, ácido linolénico y el propio etileno.

La segunda vía resulta como consecuencia del funcionamiento de la catalasa como hidropoxidasa, generando  $H_2O_2$  en la oxidación de fenoles y en -- otros donadores de hidrógenos, que pueden ser sustratos para la producción -- de etileno. En virtud que tanto las peroxidadas como las catalasas son meta loenzimas, cuyo cofactor es el  $Fe^{+2}$  y como para la producción del alqueno se precisa de  $Cu^{+2}$ , es requerida la existencia de un compuesto enzimático oxidativo cuyo cofactor sea dicho catión cúprico que genere  $H_2O_2$  ( ácido amino-oxidasa o ácido ascórbico oxidasa ) y en combinación con ellas, catalasa o -

peroxidasa, emplearán el peróxido de hidrógeno en la oxidación del sustrato para la obtención de etileno como producto.

14) Catalasa : Junto con la peroxidasa es considerada hidropoxidasa. Se han detectado dos funciones básicas, la disposición del exceso del peróxido de hidrógeno producido en el metabolismo oxidativo y la utilización del mismo en la oxidación de alcoholes, fenoles y otros donadores de hidrógenos, similarmente a la peroxidasa. Existe una relación proporcional y estrecha entre esta enzima y la velocidad respiratoria. Como ya se mencionó en el inciso anterior, en conjunto con la oxidasa adecuada, participan en la producción del etileno, al existir aplicación de éste en 10 - 15 ppm. durante 24 hrs., se presenta un incremento de tres veces en la catalasa por la inactivación de un inhibidor.

15) Peroxidasa : La existencia de la presente enzima es usual en todas las frutas y previamente a ahondar en sus efectos, se recordará que la peroxidasa cataliza la oxidación de sustratos tales como fenoles, aminas primarias, secundarias y terciarias y algunos compuestos heterocíclicos ( ácido ascórbico e indol ). Por lo explicado con antelación en el penúltimo punto, las reacciones oxidativas vinculadas con esta enzima son relevantes para los sistemas enzimáticos sintetizadores de etileno. De la misma forma que la catalasa, la actividad de la peroxidasa se triplica debido al suministro exógeno de etano durante 24 hrs. en concentraciones de 10 - 15 ppm.

16) Fenolases : Uno de los aspectos más importantes relacionados con estas metaloenzimas es el oscurecimiento enzimático que se produce posteriormente al corte o magullación. Suelen establecerse dos categorías para su clasificación, dicha ordenación depende de la especificidad que del sustrato presentan, es por ello que un grupo está integrado por aquellas que oxidan los mg no y difenoles, mientras que el otro conjunto lo conforman las que actúan en

o - dihidrofenoles como catecol y ácido clorogénico.

La actividad enzimática de las fenolasas es paralela al crecimiento de la fruta, por ende, durante su desarrollo se incrementan con posterior des - censo en la maduración. En el caso de los plátanos, la dopamina que es el polifenol dominante de estas frutas, fue más reactivo ante la polifenoloxida sa. Se ha propuesto que las fenolasas contribuyen a la regulación de la sín tesis del etileno, ya que al efectuarse la oxidación continua de monofenoles a o-difenoles y finalmente de éstos, redunda en la inhibición de la produ -- ción del eteno durante la primera fase con disminución de ellas durante la segunda etapa.

17) Proteasas: Papaina ( papaya ), bromelina ( piña ) y ficina ( higo ), cuyo sitio activo es un sulfhidrilo, son consideradas responsables del incremto de aminoácidos libres y también de amidas.

18) Transaminasa : Enzima que cataliza la transferencia del grupo amino - de un ácido amínico a un  $\alpha$  - oxoácido, así mismo, se considera que intervig ne en la incorporación del carbono del ácido aspártico proveniente del  $\text{CO}_2$  - vía oxalacetato. Las transaminasas identificadas han sido asparto -  $\alpha$  - g roglutarato y alanina -  $\alpha$  - oxoglutarato transaminasa.

19) Aldolasa : Participa en la conversión de fructosa 1,6 difosfato en -- triosa fosfatada; se estima que la actividad de esta enzima es una muestra - del complejo que se forma entre la enzima y los taninos y por ello, la acti vidad es considerablemente elevada en estado inmaduro y desciendo conforme - la fruta madura.

20) Enzima málica : Cataliza la descarboxilación oxidativa del ácido L -- málico, resultante de la formación del ácido pirúvico. Así mismo, se consi dera la posibilidad que esta enzima colabora para que se verifique la fija -- ción del  $\text{CO}_2$ , especialmente en las manzanas. Su existencia en diferentes --



estados de la vida de las frutas, corrobora la teoría que establece que las enzimas sintetizadas durante las primeras etapas de las frutas, se encuentran mientras los frutos continúan su desarrollo.

21) Piruvato descarboxilasa : Es responsable de la descarboxilación del piruvato para transformarlo en acetaldehído y  $\text{CO}_2$ , efectuándose esta reacción a través de la unión realizada entre la difosfotienina, el cofactor de la presente enzima y el piruvato. Motivo por el cual, se estima que el metabolismo del malato se realiza con la acción combinada de la enzima málica y la piruvato descarboxilasa. La elevación en su actividad ha sido comprobada durante la maduración de los plátanos, así como en la pulpa y piel de manzanas, con mayor notoriedad en la cúspide del climaterio.

22) O - metil - transferasa : La enzima catalizante de la transformación de grupos metilo de S - adenosil - metionina a otros aceptores metílicos, interactúa como sostén para la síntesis de lignina, flavonoides y otros compuestos aromáticos metoxilados. Debido a la metilación que efectúa en los o - difenoles, impide la reacción oxidativa de la polifenoloxidasas, notándose con ello, la trascendencia del empleo de esta enzima para evitar el oscurecimiento enzimático que se verifica en frutas como plátanos y manzanas -- ( 2 ).

#### 4.4 Inhibidores enzimáticos en frutas inmaduras

En base a diversos estudios efectuados ( mangos, plátanos, papayas ), se ha concluido que niveles elevados de  $\beta$  - caroteno y ácidos grasos como oleico, palmítico y caprílico actúan como inhibidores de la actividad enzimática de catalasa, peroxidasa, amilasa, invertasa, celulasa, glucosa-6-fosfatasa, fosfofructoquinasa, glutámico deshidrogenasa. Asumiendo que la interacción entre los inhibidores y las enzimas es dependiente, cuyos cambios en

formacionales tienen lugar en la enzima o en el inhibidor antes de que el -- complejo ENZIMA - INHIBIDOR sea formado, suponiendo por lo tanto, que existe una inhibición competitiva.

Figura 9  
Regulaciones de  $\beta$  - caroteno y ácidos grasos  
en mangos ( 2 )

Glucosa - 6 - fosfato  $\longrightarrow$  Acido 6 - P - Glucónico  $\longrightarrow$  Ribulosa - 5 - P  
Citrato  $\longrightarrow$  Acetil Coenzima A  
Malato  $\longrightarrow$  Piruvato

INDUSTRIALIZACION

A través del tiempo se han desarrollado métodos que permiten realizar con mayor precisión y amplitud el procesamiento de alimentos perecederos como las frutas; es por ello que existe una expansión notable y acrecentable en la rama frutícola de la Industria Alimentaria. Dependiendo del uso al que se destine la fruta, será el estado de madurez y variedad de la misma, puesto que la conferirán al producto las propiedades que lo caracterizarán.

### 5.1 Objetivos de la industrialización

La finalidad de la industria de la transformación alimentaria se englobaría subsacuentemente en:

1) Disponibilidad de los productos en épocas en que no son aptos para el consumo, es decir, existencia de productos frescos en cualquier mes del año, con la conservación de la calidad natural.

2) Diversidad de presentaciones de una misma fruta.

3) Atenuación al consumidor, ya que los alimentos perecederos se encuentran de tal forma que requieren una preparación ínfima para su ingestión.

### 5.2 Producción de fruta fresca

En virtud de los hechos circunstanciales que rodean la producción de fruta, es difícil establecer tendencia cortera en el volumen cosechado, ya que puede observarse la discrepancia de las toneladas recolectadas entre cada año (Tabla 12).

Tabla 12  
Producción en toneladas ( 53 )

| FRUTA   | 1977   | 1978   | 1979    | 1980   | 1981   | 1983   |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Fresas  | 91 752 | 99 379 | 120 550 | 70 991 | 81 937 | 70 788 |
| Jicamas | 35 739 | 73 917 | 56 209  | 39 290 | 57 974 | 65 125 |

Tabla 12  
Producción en toneladas

## Continuación

| FRUTA                 | 1977                 | 1978                 | 1979                 | 1980    | 1981    | 1983    |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|
| Melones               | 216 195              | 354 264              | 353 476              | 283 786 | 323 631 | 315 209 |
| Sandías               | 398 435              | 474 335              | 552 098              | 397 420 | 325 823 | 361 537 |
| Capulines             | 16 087               | 18 443               | 15 856               | 27 658  | 8 876   | 14 089  |
| Cerezas               | a                    | a                    | a                    | 185     | 167     | 116     |
| Ciруolas <sup>b</sup> | 55 734               | 36 379               | 37 840               | 49 341  | 47 484  | 55 474  |
| Cocos de agua         | 85 163               | 908 453              | 816 081              | 989 800 | 302 179 | a       |
| Cocos fruta           | a                    | a                    | a                    | 99 796  | 155 300 | 197 995 |
| Chabacanos            | 8 504                | 6 508                | 4 468                | 7 214   | 4 557   | 9 454   |
| Chirimoyas            | a                    | a                    | a                    | 2 412   | 787     | 2 411   |
| Dátiles               | 1 526                | 1 349                | 1 249                | 3 146   | 689     | 1 087   |
| Duraznos              | 192 544              | 176 640              | 159 397              | 176 709 | 196 442 | 132 630 |
| Granadas <sup>b</sup> | 5 601                | 4 259                | 3 522                | 5 009   | 4 761   | 3 798   |
| Guanábanas            | a                    | a                    | a                    | 13 535  | 8 093   | 6 856   |
| Guayabas              | 116 917              | 178 921              | 155 363              | 285 752 | 332 954 | 148 253 |
| Higos                 | 12 921               | 10 233               | 12 471               | 26 763  | 9 772   | 20 524  |
| Limas                 | 37 160               | 37 204               | 35 371               | 34 022  | 16 545  | 22 694  |
| Litchis               | a                    | a                    | a                    | 111     | 179     | 20      |
| Nameyes               | 27 693               | 27 255               | 20 910               | 5 655   | 20 378  | 34 537  |
| Mandarinas            | a                    | a                    | a                    | 2 561   | 145 996 | 127 954 |
| Mangos <sup>b</sup>   | 405 155              | 540 679              | 560 811              | 5 389   | 561 114 | 685 412 |
| Manzanas <sup>b</sup> | 187 764 <sup>c</sup> | 284 534 <sup>c</sup> | 296 273 <sup>c</sup> | 245 708 | 377 348 | 287 764 |
| Membrillos            | 19 847               | 17 714               | 19 074               | 35 818  | 16 408  | 25 471  |
| Nanches               | a                    | a                    | a                    | 4 981   | 1 960   | 5 93    |

Tabla 12  
Producción en toneladas

## Continuación

| FRUTA                 | 1977     | 1978     | 1979     | 1980     | 1981     | 1983     |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Naranjas <sup>b</sup> | 1863 029 | 1902 209 | 1902 196 | 2032 888 | 1788 781 | 2068 862 |
| Nísperos              | a        | a        | a        | 1 650    | 3 702    | 59       |
| Papayas               | 284 160  | 284 940  | 209 307  | 218 968  | 225 865  | 316 806  |
| Pera <sup>b</sup>     | 37 908   | 40 277   | 33 911   | 44 966   | 36 593   | 45 978   |
| Perones               | c        | c        | c        | 10 006   | 13 402   | 5 752    |
| Pitahayas             | a        | a        | a        | 12       | 12       | 12       |
| Tamarindos            | 80 865   | 31 416   | 25 375   | 49 418   | 38 732   | 51 420   |
| Tejocotes             | 13 091   | 14 692   | 11 763   | 36 389   | 4 768    | 4 267    |
| Torcijas              | 112 086  | 73 799   | 91 422   | 117 029  | 196 455  | 103 434  |
| Tunas                 | a        | a        | a        | 77 508   | 120 846  | 139 966  |
| Uvas <sup>b</sup>     | 296 604  | 427 113  | 411 467  | 441 107  | 598 991  | 603 169  |
| Zapotes <sup>b</sup>  | a        | a        | a        | 30 605   | 19 099   | 23 881   |
| Piñas                 | 510 003  | 568 344  | 505 686  | 613 473  | 462 848  | 429 624  |

a : Cifras no estimadas.

b : Diversas variedades.

c : Valores conjuntos de manzanas y perones.

### 5.3 Recepción y preparación de frutas para procesamientos

1) Lavado : Se realiza después de la selección y/o posteriormente a la eliminación de las porciones inadecuables. Sin embargo, esta operación puede ser postergada hasta que se haya efectuado el pelado, no procederá entonces a aplicar dicho proceso con la minuciosidad estricta que se requiere para evitar la pérdida de porción comestible que aunada a éste, se suma la disminución de componentes nutritivos.

a) Saco : For corriente de aire y el paso a través de cedazos, pero empleando ocasionalmente por la delicadeza de las frutas, sin embargo, la uva espín tiene la resistencia necesaria para soportarlo.

b) Lavadoras rotatorias de tambor : Se prefiere su utilización, en virtud que no produce perjuicios a los productos delicados y suaves como los mg locotones.

c) Lavadoras arandelas : Por su facilidad de manejo y la escasez de efectos negativos producidos, se usa a menudo con la mayoría de los productos frutícolas.

d) Técnicas ultrasónicas.

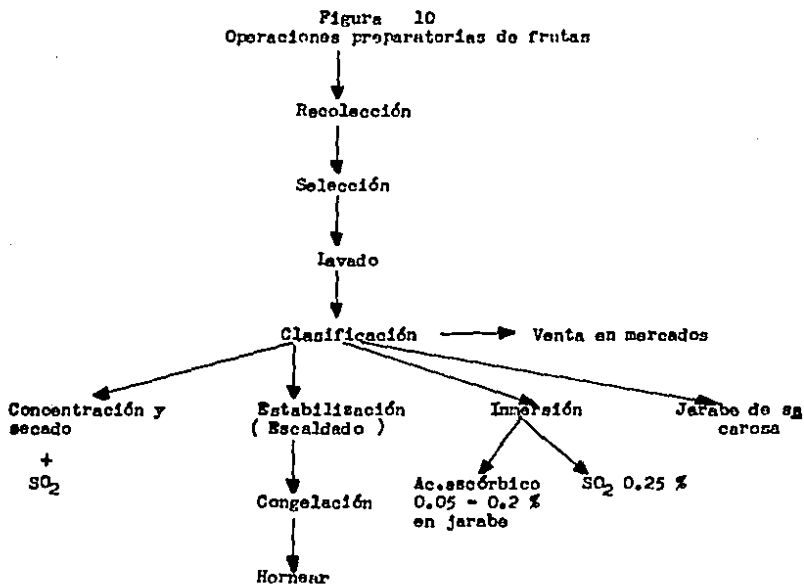
2) Eliminación de porciones no aprovechables : Globalmente, se ejecuta como el deshecho de partes indeseables como cáscaras, hojas, tallos, pielos, pedúnculos y huesos, no obstante, pueden conservarse si el producto terminado involucra esa presentación. Aunque estas operaciones se realizan manualmente en algunas empresas, existen otras en donde se cuenta con la maquinaria adecuada para simplificar este paso, en donde se incluyen procedimientos como el pelado ( perdiéndose entre 2% y 30 % de producto ) y el deshuesado.

3) Corte : Salvo que el producto sea procesado enteramente, se efectúa el fraccionamiento en cuadros, rebanadas, triángulos, mitades, ya sea manual o mecánicamente.

4) Clasificación : Esta se vuelve a realizar en virtud de las condiciones limitantes de tamaño que precisa la maquinaria para su empleo, así como también, para la uniformidad de la calidad de los productos.

5) Escaldado : Esta operación contribuye a que el pelado se realice con mayor destreza, ya que existe un reblandecimiento de la piel del producto, así como también colabora con la inactivación enzimática en productos como manzanas. Para su ejecución se emplean básicamente agua y vapor, descartándose por lo tanto el empleo de compuestos químicos como el hidróxido de s :

dio. Para mayor amplitud del tema, visualizarlo en la figura 10 ( 1, 18, 26, 42 ).



#### 5.4 Productos a base de fruta que son industrializados

Debido a las características de las frutas, existe gran demanda de ellas, es por esto el incremento en la búsqueda de nuevas diversificaciones y la extensión de la gama de un producto. Aun cuando en México no se conocen todos los productos comerciales propagados en otros países, se presenta una cantidad considerable de ellos y conforme transcurre el tiempo, el mercado frutícola se amplía junto con el progreso industrial.



Cuadro 10  
 Productos comerciales de algunas frutas ( 1ª )

| PRODUCTO            | Enlatado | Congelado | Deshidratado | Jugo, puré,<br>esencia | Jaleas, marmeladas | Con especias<br>y dulce | En salmuera,<br>cloruro de<br>calcio | En salsa con<br>mantequilla<br>duice | En pasta,<br>duice | Pectina, jarabe | Con vino | Con vinagre | Dulces | Helados |
|---------------------|----------|-----------|--------------|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------|----------|-------------|--------|---------|
| Manzanas            | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      |         |
| Chabacanos          | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Plátanos            | X        | X         | X            | X                      |                    |                         |                                      |                                      | X                  | X               |          |             |        | X       |
| Zarzamoras          | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Moras               | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Melones             |          |           |              |                        |                    | X                       | X                                    |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Cerezas             | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       | X                                    |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Cocos               | X        | X         | X            | X                      |                    |                         |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Arándanos           | X        | X         | X            | X                      |                    |                         |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Gros-llas           | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Dátiles             | X        | X         | X            | X                      |                    |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Higos               | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Uvas                |          | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      | X                                    | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Toronjas            | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Lisones             | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Limas               | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Nectarinas          | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Naranjas            | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Papayas             | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Frutas de la pasión | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Duraznos            | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Peras               | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      | X                                    |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Nísperos            | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Piñas               | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Círculas pasas      | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Granadas            | X        | X         | X            | X                      |                    |                         |                                      |                                      | X                  | X               | X        | X           | X      | X       |
| Membrillos          | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Frambuesas          | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Fresas              | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Sandías             | X        | X         | X            | X                      | X                  | X                       |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |
| Mangos              | X        | X         | X            | X                      | X                  |                         |                                      |                                      |                    | X               | X        | X           | X      | X       |

### 5.4.1 Jugos

Para la elaboración de estos productos se emplean diversos equipos, dependiendo de las propiedades de las frutas correspondientes, no obstante, se pueden concretar las siguientes etapas:

1) Extracción : La pulpa entera es triturada y prensada ulteriormente, sin embargo, en el caso de naranjas y toronjas, el extractor está diseñado de tal forma que se elimine el aceite amargo que contienen dichos cítricos en la cáscara.

2) Clarificación : Se emplea para la eliminación de pequeñas cantidades de pulpa que afectan la turbidez del jugo, utilizándose para ello centrifugadoras, filtros o preparaciones enzimáticas de pectinmetilesterasa y poligalacturonasa. Sin embargo, en algunos casos, se prefiere la existencia de dicha turbidez y viscosidad como el jugo de naranja y albaricoque, por lo que se inactivan las enzimas pécticas naturales de la fruta.

3) Extracción del aire : Algunos jugos poseen aire que se elimina para evitar la destrucción de vitamina C y otros efectos oxidativos.

Opcionales :

4) Pasteurización : Se utiliza para disminuir y eliminar el crecimiento microbiano e inactivar las enzimas naturales de los jugos, que se mencionó en la segunda etapa.

5) Concentración : Este proceso se realiza cuando el jugo obtenido se desea congelar para su posterior utilización, cuidando que la evaporación no perjudique el sabor ni altere los ° Brix que generalmente son entre 50 y 65. Antes de efectuar esta etapa, el jugo es calentado ( en el caso que no sea pasteurizado ) ligeramente para evitar que las enzimas produzcan la precipitación de geles sólidos.

6) Adición de componentes : Si el jugo fue concentrado, se ha eliminado la

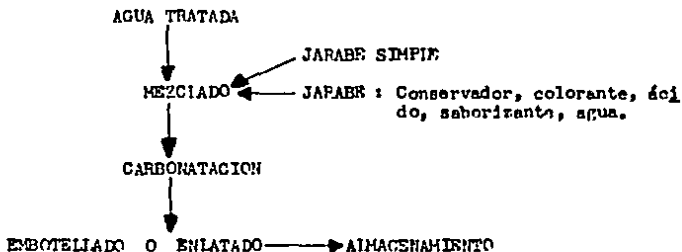
esencia y se incorporará previamente a su enlatado o embotellado, confiriéndole entonces mejor sabor. Pero también se adiciona vitamina C para fortificar el jugo debido a su poca existencia en algunos casos, como el de las manzanas o también, por si el ácido ascórbico ha sido destruido durante el procesamiento.

7) Enlatado: El jugo es calentado ligeramente para ser bombeado por las llenadoras a las latas, éstas son selladas con doble costura, invirtiéndolas para la esterilización de la parte superior o "tapa" y finalmente se enfrían con agua. ( 1, 15, 26 ).

#### 5.4.2 Bebidas carbonatadas sin alcohol

Los productos cuyo sabor picante debido a la disolución de dióxido de carbono gaseoso en agua bajo condiciones controladas de presión y temperatura, requirieron saborizantes sintéticos, extracto de sabores naturales y concentrados de jugos de fruta para poseer el sabor característico, empero, si dichos derivados de fruta tienen un contenido elevado de aceites, se requiere del uso de emulsionantes para evitar la separación oleosa de la bebida. Resumiendo brevemente el diagrama de producción de estas bebidas se contemplará en la siguiente figura ( 18, 26 ).

Figura 11  
Elaboración de refrescos ( 18 )



Cuadro 11  
Composición de refrescos ( 18 )

| BEBIDA         | SABORIZANTES   | COLOR      | % AZUCAR | ACIDO                       | VOLUMENES DE CO <sub>2</sub> GA SEOSO |
|----------------|--|------------|----------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Cola           | Extracto de nuez de cola, Caramelo<br>aceite de lima y especias,<br>cafeína.   |            | 11 - 13  | Fosfóri<br>co.              | 3.5                                   |
| Ginger<br>ale  | Raíz de jengibre, aceite- Caramelo<br>de jengibre y lima.  |            | 7 - 11   | Cítrico                     | 4 - 4.5                               |
| Naranja        | Aceite y jugo de naranja. Tartrazina   |            | 12 - 14  | Cítrico                     | 1.5 - 2.5                             |
| Fresa          | Etil $\beta$ - metil- $\alpha$ - fe-<br>nil glicidato y etil - $\beta$ ,<br>- epoxi- $\beta$ metil hi-<br>drocinamato. | En trámite | 11 - 13  | Tartári<br>co o Cí<br>trico | 2.5                                   |
| Uva .          | Metil aritránilato y acei<br>te de cognac, jugo de uva llante<br>( ocasionalmente ).                                   | Azul bri - | 11 - 13  | Tartári<br>co               | 1 - 2.5                               |
| Durazno        | $\gamma$ - heptil - butirolact<br>na.  | Tartrazina | 11 - 13  | Cítrico                     | 2.5                                   |
| Tonic          | Aceite de lima y limón, hi<br>drocloruro de quinina.   | -          | 9 - 11   | Cítrico                     | 4.5                                   |
| Cereza         | Benzaldehído o aceite de -<br>almendras amargas.   | Trámite    | 11 - 13  | Tartári<br>co o Cí<br>trico | 2.5                                   |
| Limón          | Aceite y jugo de limón.  | Tartrazina | 11 - 13  | Cítrico                     | 1.5                                   |
| Tom<br>Collins | Jugo de limón.   | -          | 7 - 9    | Cítrico                     | 4 - 4.5                               |
| Lima<br>Rickey | Jugo de lima.  | -          | 8 - 12   | Cítrico                     | 4 - 4.5                               |

#### 5.4.3 Jarabes

Son el resultado de la concentración del jugo obtenido por presag de cáscara y en su defecto, de corazones, adicionándose ulteriormente sa-

carosa suficiente para obtener un producto con 65° Brix aproximadamente. Con sionalmente se añade la esencia frutal de la que se obtendrá el jarabe. Mencionando entre otros la elaboración de jarabes a partir de manzanas, uvas, peras, naranjas, granadas ( 18, 44 ).

#### 5.4.4 Mermeladas

La fruta es lavada y después junto con agua y azúcar son hervidos con agitación inicial de cuatro minutos para posteriormente continuar con la cocción hasta cerca del punto final, en ese momento, se adicionan pectina, ácido, terminando la ebullición cuando se alcanzan los 65° - 68° Brix. La acidez determinará la formación del gel y la cristalización de sacarosa ( baja ) o la producción de sinéresis y cristalización de dextrosa ( alta ), así como el tiempo de cocción redundará en cambios de color e hidrólisis de pectina, esto último le confiere al producto consistencia de jarabes. Entre las frutas más empleadas son fresas, frambuesas, grosellas, uvas, ciruelas, guayabas, cítricos, manzanas, zarzamoras, piñas, duraznos y chabacanos, entre otras ( 45 ).

#### 5.4.5 Jaleas y conservas

Los elementos básicos para su elaboración son pectina, ácido y sacarosa, es por esto que las frutas empleadas en la producción de jaleas deben poseer suficiente ácido y pectina como son manzanas, limones, limas, zarzamoras, toronjas, naranjas, guayabas, uvas y ciruelas entre otras. Sin embargo, si en la preparación se utilizan productos como albaricoques y fresas, se adiciona pectina exógena. En base al contenido de humedad que poseen los productos frutícolas se les añade agua durante el calentamiento al que se someten las frutas. Las etapas para la preparación de los productos azucarados con 65° Brix se enlistarán brevemente:

1) Ebullición de la fruta.

- 2) Frensado para obtención de jugo.
- 3) Clarificación del jugo.
- 4) Adición de azúcar.
- 5) Calentamiento.
- 6) Empacado.
- 7) Esterilizado.

Las conservas, productos semi - sólidos elaborados por la combinación de 45 % de fruta preparada y 55 % de azúcar con un contenido total de 68° Brix, son los derivados frutales más conocidos y consumidos por el comprador, además de comprender una gran gama de frutas procesadas en esta forma. Antes de ser empleadas para este fin, las frutas son escaldadas y/o peladas, ulteriormente, se someten a cocción con azúcar o jarabe hasta que el almíbar alcance la densidad y ° Brix esperados, procediendo entonces al envasado en caliente con el choque térmico consiguiente. La conformación de las conservas dependerá del productor de ellas y de la preferencia del consumidor, ya que pueden ser enteras, rebanadas, en mitades, triángulos, cuadros, con o sin hueso, etc.

Como una mención especial, es necesario citar a las cerezas marrasquino, que aunque no son íntegramente ubicadas conforme a la definición de conservas, se podrían catalogar como tal, ya que por métodos osmóticos son preservadas, sin embargo, los componentes principales son sal y azúcar. Además de ser mondadas y deshuesadas, son hervidas en solución de  $SO_2$  al 0.05 % y posterior lavado con agua caliente, así como ebullición de 15 a 20 minutos con 0.5 % de ácido cítrico. Son enjuagadas con agua fría y recuperan el dulzor mediante calentamiento hasta ebullición con almíbar de 20° a 30° Brix, procediendo a hacerlo diariamente hasta alcanzar 40° Brix, adicionándoseles entonces 0.1 % de benzoato de sodio con ulterior envasado.

#### 5.4.6 Pectinas y aceites esenciales

Las pectinas utilizadas comercialmente son obtenidas a partir de la cáscara de frutas cítricas, principalmente, por medio de ácidos diluidos con control de temperatura y acidez. Su empleo fundamental es para la producción de mermeladas y jaleas, así como también en la elaboración de productos farmacéuticos.

Otros productos obtenidos a partir de la cáscara de frutas, primordialmente los cítricos, son los aceites esenciales que por sus propiedades confieren mayor intensidad de sabor que la fuente de obtención y debido a ello se emplean en concentración de 0.01 a 0.1 %. Entre los más conocidos son citral ( limón ) y limoneno ( toronjas, limas y mandarinas ) y son usados fundamentalmente en la Industria Alimentaria para la producción de bebidas carbonatadas, postres, caramelos y helados, pero también en el campo de perfumería para aromatización de jarabes. Sin embargo, el más difundido es el proveniente de las naranjas debido a la estabilidad que presenta y cantidad obtenida ( 1, 18, 15, 44 ).

#### 5.4.7 Mantequillas y Vinagres

Por definición, las mantequillas frutales son los productos semi-sólidos de consistencia homogénea y untuosa, obtenidos a partir de la pulpa. En forma general, la fruta es lavada, mondada, cocida suavemente y cribada, a partir de este punto existen dos ramificaciones alternativas, una de ellas consiste en la elaboración de la mantequilla sin azúcar, sustituyéndose con el jugo y junto con la fruta, son concentrados por ebullición hasta alcanzar el punto deseado y poco antes se añaden las especies. La otra opción radica en la utilización del glúcido en donde el procedimiento es igual al mencionado anteriormente. Las especies empleadas en esta producción son canola, clavo y pimienta en proporción de 10 %, con trazas de jengibre, nuez moscada o

extracto de vainilla; para la preparación de mantequillas se han usado peras, manzanas, ciruelas, albaricoques y duraznos.

En tanto que los vinagres son preparados con naranjas, piñas, uvas, manzanas y sidra de manzanas y peras. El método más antiguo, proceso Orléans, consiste en la exposición del jugo de fruta fermentada en tinas al aire libre y la acción de las bacterias existentes en él, para la transformación de alcohol en ácido acético, pero el proceso es lento y su eficacia es aproximadamente de 50 %, por lo que se prefieren métodos más prácticos que presentan un rendimiento de hasta 85 % - 90 % ( 18, 44 ).

#### 5.4.8 Frutas secas y deshidratadas

Antes de ahondar en el tema, es conveniente establecer la diferencia entre fruta seca y deshidratada, la cual es conferida por el contenido de humedad en cada una, teniendo de esta forma, que la fruta seca presenta entre 15 % y 25 % de humedad, mientras que la deshidratada posee un máximo de 3%. A pesar del avance tecnológico y desarrollo industrial existente en los procesos alimentarios, aún se verifican métodos muy antiguos como es el secado al sol de la fruta ( chabacanos, duraznos, uvas ). La pérdida de humedad es controlada para que la relación <sup>o</sup>Brix / ácido permita conservar las propiedades organolépticas individuales, así como también el contenido de agua sea lo suficientemente baja para no propiciar el desarrollo microbiano. Sin embargo, también se emplea el secado mecánico forzado en cámaras de calentamiento para la obtención de una fruta seca, así como una operación preparatoria para la deshidratación de frutas. ( 18, 22 )

Figura 12  
Diagrama para producción de fruta  
desecada ( 22 )

RECOLECCION





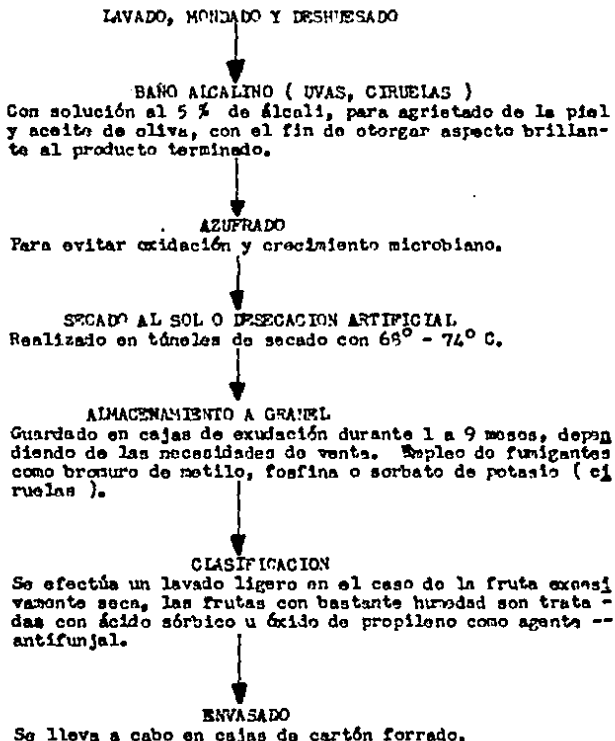


Figura 13  
Composición acuosa de frutas secas ( 18 )

| FRUTA      | HUMEDAD |
|------------|---------|
| Uvas pasas | 21,5 %  |
| Dátiles    | 12,6 %  |

Figura 13  
Composición acuosa de frutas secas

Continuación

| FRUTA        | HUMEDAD |
|--------------|---------|
| Ciuelas      | 20.0 %  |
| Albaricoques | 14.7 %  |
| Melocotones  | 15.5 %  |

La deshidratación implica el uso de calor artificial así como una mayor sulfitación que los productos congelados, su procesamiento debe efectuarse - al vacío, así como también su envasado. En algunos casos como una opera -- ción previa, el producto es secado para facilitar la reducción de humedad. - Su objetivo fundamental es la conservación de los alimentos así como la dis -- minución de peso y volumen de ellos.

En base a este principio se han elaborado bebidas que pueden ser rehi -- dratadas fácilmente por el consumidor como son jugos y refrescos frutales en polvo ( 18, 22 ).

#### 5.4.9 Productos congelados

Es uno de los procesos que tiene aplicación en casi todas las fru -- tas, con excepción de uvas, dátiles y membrillos, para que se verifique la -- congelación de productos frutícolas se requiere del uso de los productos pre -- ferentemente oscuros y de textura compacta, así como el estado de madurez, a -- este respecto se puede mencionar que una sobremaduración propicia durante la -- descongelación, la flacidez del tejido y contrariamente, si la fruta aún es -- inmadura, el producto poseerá escasez de aroma con sabor ácido. Aquellas -- frutas de tonalidades claras como son albaricoques, duraznos y peras, requie -- ren tratamientos preparativos para evitar las reacciones oxidativas que re -- sultan como consecuencia de su manipulación, como es el blanqueado.

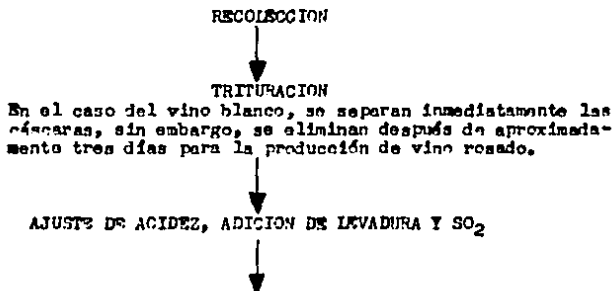
Se ha observado que las soluciones azucaradas en donde se surgen las frutas, contribuyen a prevenir la oxidación, así como la permanencia de textura y aroma, pero la penetración de dicha solución glúcida dependerá tanto del grado de madurez como de la variedad empleada. Conjuntamente con la solución de la hexosa se adiciona ácido ascórbico.

El tipo de congelación que se utiliza estará determinada por la fruta a procesar, es decir, las frutas en baya se congelan por el lecho fluidificado, mientras que en las sensibles (fresas) se usa el nitrógeno líquido. Los productos que usualmente son congelados, comprenden frutas enteras, pulpas, purés y jugos, su presentación es de fácil manipulación para que el consumidor pueda disponer de ellos sin tratamientos especiales ( 47 ).

#### 5.4.10 Bebidas alcohólicas

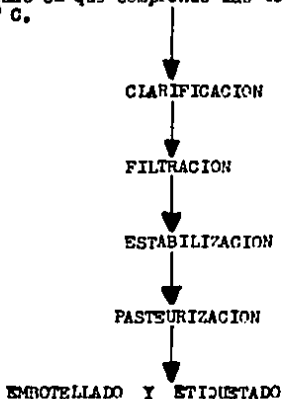
Muchos de estos productos son elaborados a partir de frutas, siendo uno de los más conocidos el vino, cuya base es la uva, empero en virtud de lo basto del tema, tan sólo se aludirá en forma global su procesamiento ( Figuras 14 y 15 ).

Figura 14  
Diagrama de producción de vino ( 18 )



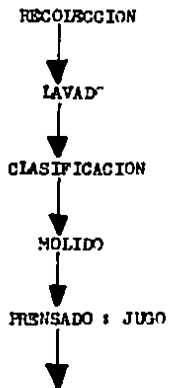
## FERMENTACION

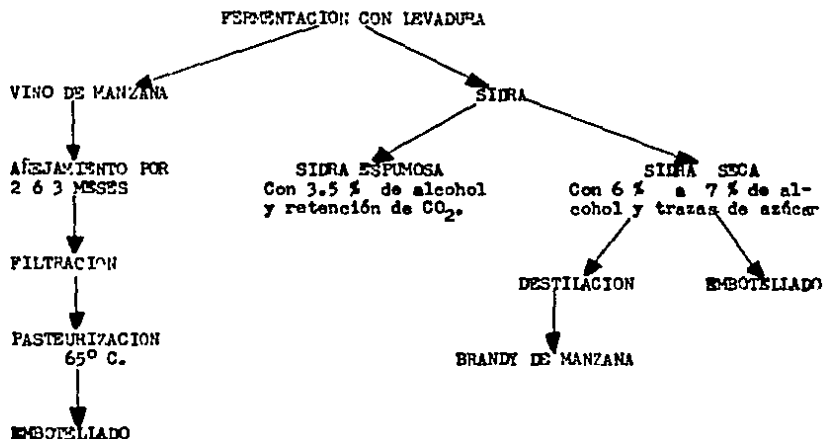
Las temperaturas dependerán del producto final, es decir, para el vino blanco y el rosado, se mantiene un intervalo de  $10^{\circ}$  a  $15.6^{\circ}$  C., mientras que para el tinto se ha seleccionado el que comprende las temperaturas entre  $21.1^{\circ}$  y  $27.4^{\circ}$  C.



Considerando el producto obtenido a partir de la fermentación del jugo de manzana, se sintetizará en algunos pasos.

Figura 15  
Jugo fermentado de  
manzana





También es necesario mencionar al brandy, ya que es obtenido por la fermentación de jugo, pulpa macerada o vino de frutas, teniendo entre las fuentes frutícolas más comunes, uvas, cítricos, cerezas, ciruelas, piñas, pero en realidad, puede prepararse a partir de cualquiera que aporte los componentes requeridos para su obtención. Nombrando así mismo, los característicos licores y cordiales que se elaboran también con frutas ( 18 ).

#### 5.5 Industrialización de frutas específicas

En forma arbitraria se han seleccionado seis frutas, teniendo entre éstas a tres de las de mayor volumen productivo, advirtiéndose ello en la tabla 11.

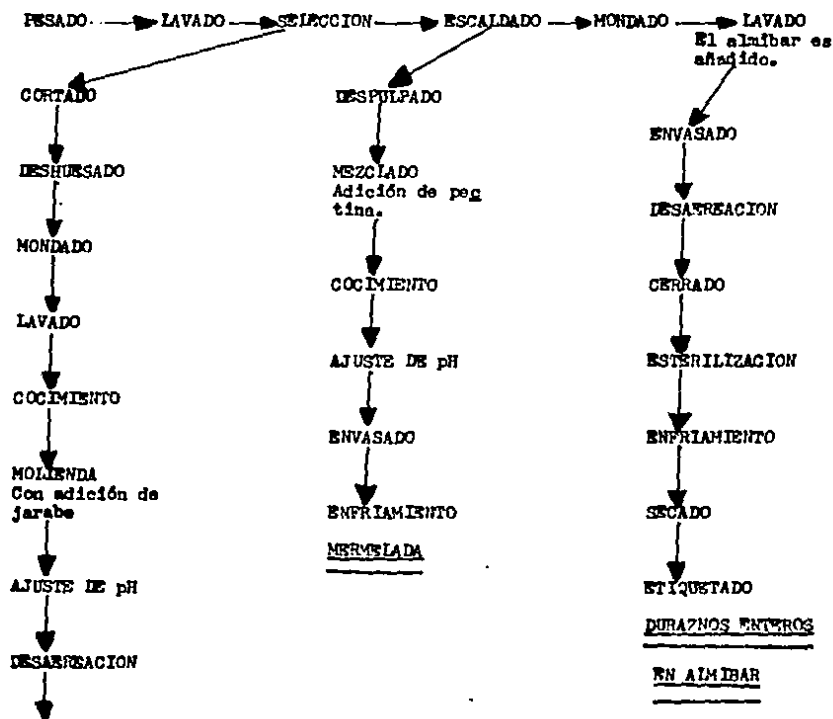
##### 5.5.1 Mamoy

Su pulpa se emplea en la elaboración de helados, jaleas ( crema de mamoy colorado ), relleno de queso de guayaba y mermeladas. Mientras que

de su hueso se obtiene aceite que posteriormente se utiliza en cosmetología, - así mismo, puede ser tostado y molido, adicionándose en pequeñas cantidades al cacao durante la preparación del chocolate y de atoles, ya que les otorga sabor almendrado ( 14 ).

### 5.5.2 Durazno

Figura 16  
Productos más comunes del durazno ( 46 )





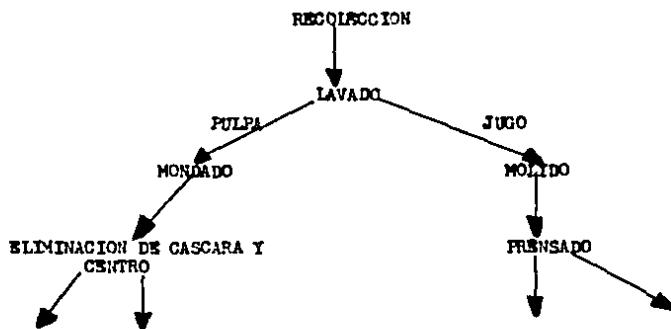
No obstante, existen otras formas de procesamientos como rebanadas congeladas y las envasadas con miel para la Industria de Panificación y en helados, pero también, seco, concentrado, jalea, jugo, vino y brandy ( 18, 46 ).

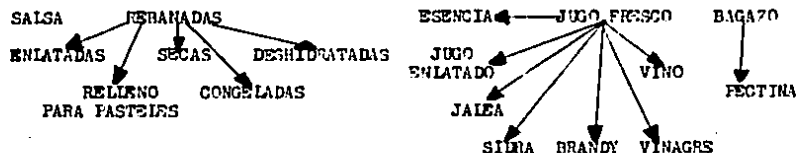
#### 5.5.3 Papaya

Existen varias modalidades de industrializarla, lo que origina una gran variedad de productos, teniendo entre otros, néctar de papaya, solo o combinado con otras frutas, mermelada, cristalizada, deshidratada, hojuelas, puré, trozos congelados, rebanadas enlatadas, gelatina y flan. Así mismo, se emplea como fijador de aroma y sabor ( 24, 43 ).

#### 5.5.4 Manzana

Figura 17  
Procesamiento de manzana ( 18 )

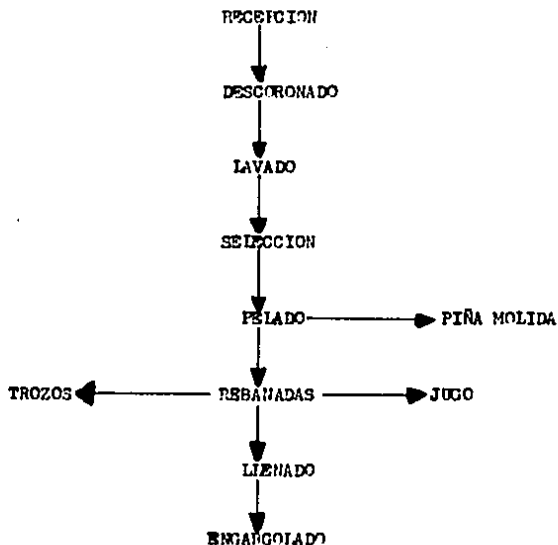




### 5.5.5 Piña

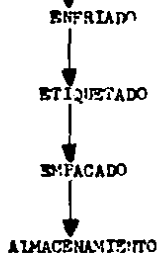
El principal consumo de la fruta es en rebanadas y trozos, -- triángulos y jugos enlatados, también se emplea para la producción de vino -- gre, alcohol, jarabe claro y espeso, así como fuente para la extracción de -- azúcar, bromelina y alimento para ganado, la proteasa es ampliamente usada -- en la industria farmacéutica y alimentaria ( 18 ).

Figura 18  
Producción mayoritaria de piña ( 18, 48 )

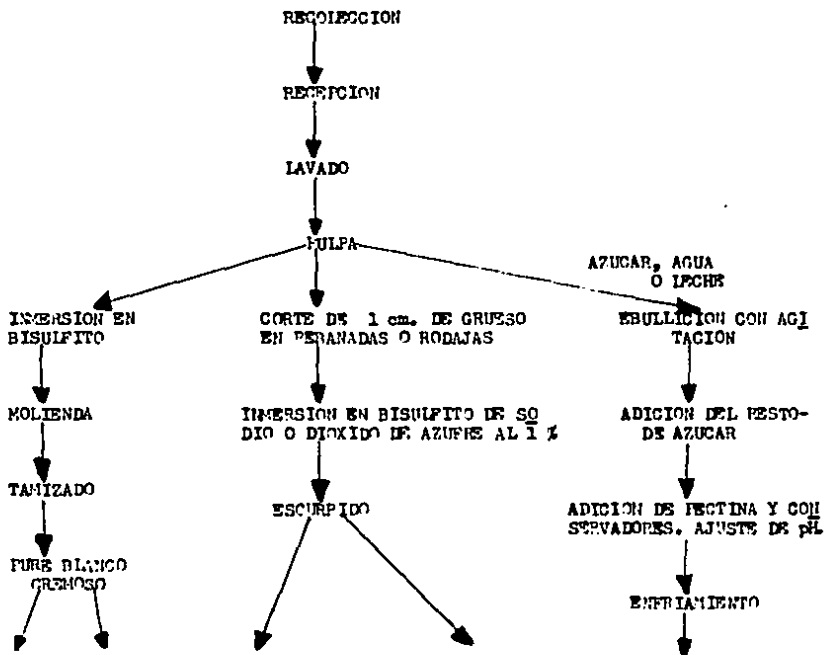


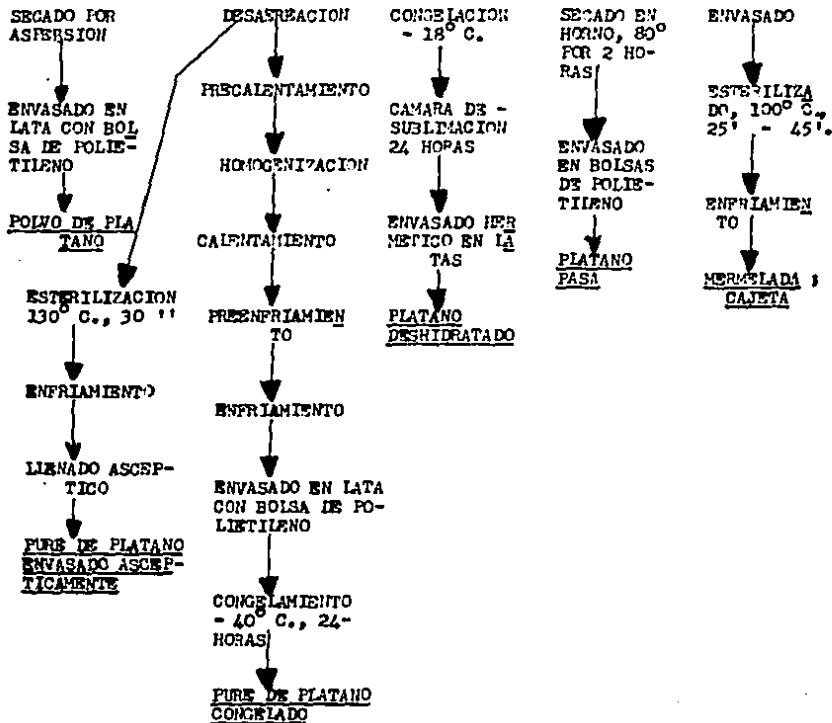


## TRATAMIENTO TECNICO



## 5.5.6 Plátano : Figura 19 ( 24, 49 )





M A T E R I A L

Y

M E T O D O S

## 6.1 Material y Reactivos

## Material :

- Aparato Soxhlet
- Brújula
- Potenciómetro
- Balanza analítica Sartorius
- Centrífuga
- Estufa para determinación de humedad
- Desecador

## Reactivos y soluciones :

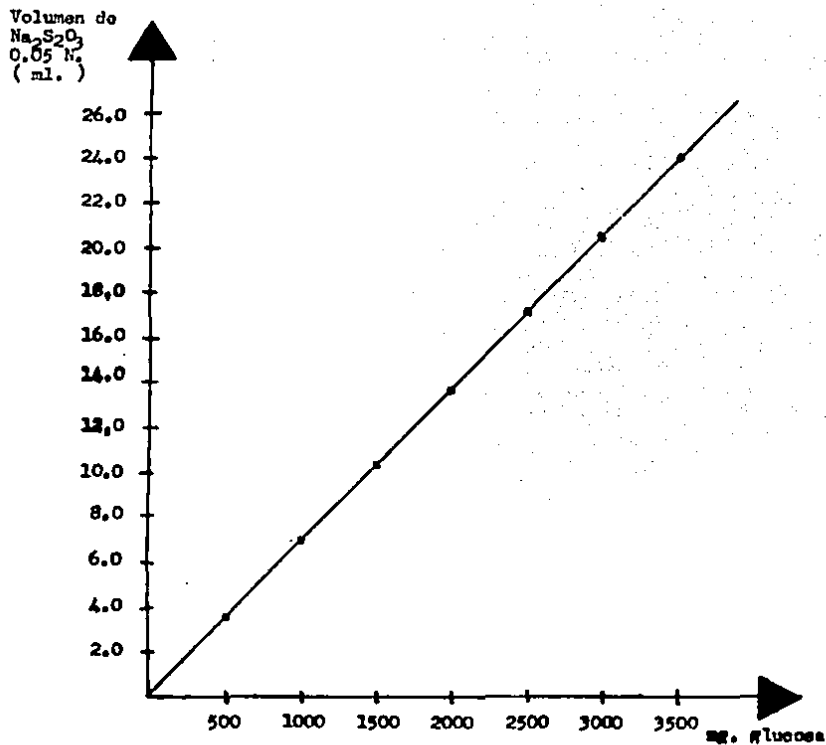
- Indicador azul de timol
- Indicador de rojo fenol
- Indicador de almidón
- Solución valorada de NaOH 0.01 N.
- Solución valorada de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.05 N.
- Solución valorada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2.0 N.
- Etanol al 80 %
- Solución de ácido perclórico al 45 %
- Solución de KI -  $\text{I}_2$  : En 20 ml. de agua se disuelven 20 g. de KI y 2 g. de  $\text{I}_2$ , diluyéndose a 1 000 ml.
- Solución de KI - KIO<sub>3</sub>-COOH : En 60 ml. de agua se mezclan 2.5 g. de KI e igual cantidad de KIO<sub>3</sub>-COOH, diluyéndose a 100 ml.
- Solución decolorante para almidón : 80 g. de NaCl se disuelven en 250 ml. de agua, adicionándose posteriormente, 750 ml. de metanol con agitación constante, dejándose reposar hasta que la solución sea transparente.
- Reactivo de Shaffer - Somogyi : En 200 ml. de agua se mezclan 4.0g. de NaOH, 28 g. de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 40 g. -

de tartrato de sodio-potasio, adicionándosele después de agitación constante, 0.89 g. de yodato de potasio previamente disueltos en 25 ml. de agua. Posteriormente se añaden 8.0 g. de sulfato de cobre pentahidratado y 180.0 g. de sulfato de sodio anhidro con agitación vigorosa, llevándose a 1 000 ml.

## 6.2 Determinaciones :

- 1.- Humedad : Estimada de acuerdo al método No. 15,039 del AOAC --- ( 50 ).
- 2.- Azúcares reductores : A 60 ml. de etanol al 80 % en ebullición, se le adicionaron 15 g. de pulpa, dejándose hervir durante 3', homogenizándose y transfiriéndose cuantitativamente a un cartucho de extracción, completando el volumen a 100 ml. Se efectuó la extracción de azúcares en el correspondiente extractor Soxhlet durante 6 hr., dicho extracto obtenido, se filtró y concentró en un evaporador hasta 10 ml., llevándose a 100 ml. con agua destilada. Del extracto se utilizó 1.0 ml. con 0.5 ml. de HCl y 4.0 ml. de agua destilada, se mezcló y dejó hidrolizándose toda la noche, neutralizándose con NaOH al 20 %. Los azúcares reductores se determinan en base a la curva de calibración ( Fig. 20 ), empleando entre 1 - 2 ml. del extracto ( 44 ).
- 3.- ° Brix : Determinados con el método No. 31,009 del AOAC ( 50 ).
- 4.- Acidez titulable : Cuantificada por el método No. 22,060 del AOAC ( 50 ).
- 5.- pH : Calculado por medio del método No. 14,022 del AOAC ( 50 ).

Fig. 20 CURVA ESTANDAR DE AZUCARES REDUCTORES



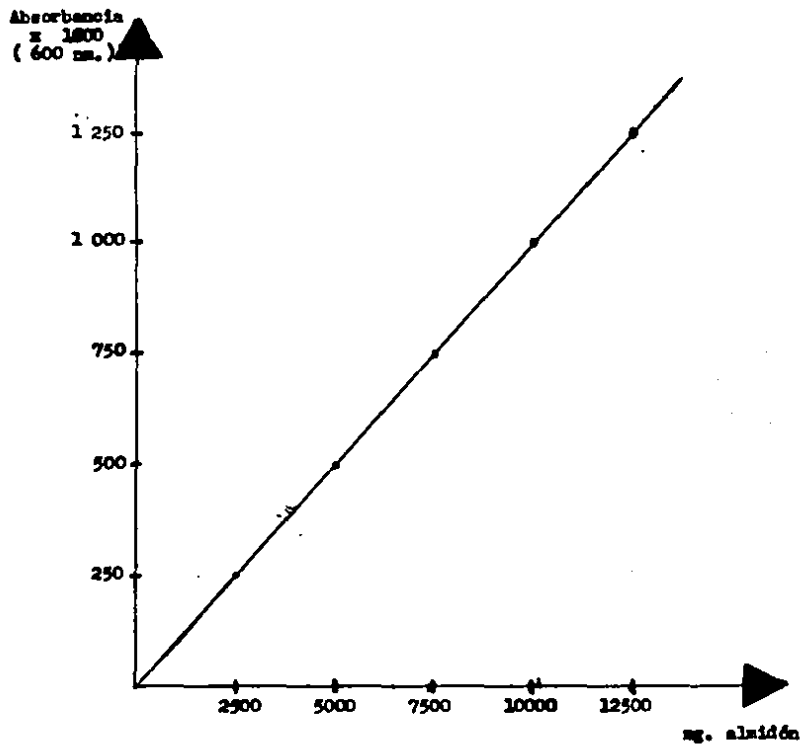
6.- Almidón : A 50 g. de muestra fresca y molida se le adicionaron - 12.5 ml. de solución decolorante y se colocaron 10' en baño de vapor a 72° C. Se enfrió a temperatura ambiente, centrifugándose 10' a 2000 rpm., al residuo se le añadieron 5.0 ml. de agua, mezclándose ligeramente. Nuevamente se centrifugó 20' a 15 000 rpm. y del sobrenadante se tomó una alícuota, a la que se añadieron 4.5 ml de agua y 0.5 ml. de solución de  $I_2$  - KI, mezclándose suavemente. Después de 20 ' se realizaron lecturas de Absorbancia a 600 nm., determinándose la cantidad de homopolisacárido mediante la curva estándar ( Fig. 21 ) ( 54 ).

7.- Pérdidas de peso : Se evaluaron con la misma periodicidad que los otros análisis, efectuándose en cada dedo sin pelar.

8.- Pruebas organolépticas : Una vez finalizado el desarrollo experimental, el producto madurado con cada color de luz, se evaluó con 20 consumidores reales. El método seleccionado para estimar las características sensoriales fue la Prueba de Calificaciones por Atributos con escala hedónica de 1 a 5, comprendiendo apariencia, color, sabor, textura y olor, siendo utilizado para ello, el formato A. Con las cifras obtenidas se efectuó un análisis estadístico para establecer la significancia de cada atributo.

En base a dichos resultados estadísticos, se procedió a verificar su discrepancia o similitud mediante Pruebas Triangulares Descriptivas con el formato B y empleando para este fin plátanos de la misma especie, madurados con etileno, llevando a cabo dicha comparación en niveles de confianza de 95 %, 97.0 % y 99 % con auxilio de la tabla 13 ( 55, 56 ).

Fig. 21 CURVA DE CALIBRACION DEL ALMIDON





FORMATO A

## EVALUACION DE PLATANOS

Nombre \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_

| MUESTRA | APARIENCIA | COLOR | SABOR | TEXTURA | OLOR |
|---------|------------|-------|-------|---------|------|
| Q - 7   |            |       |       |         |      |
| W - 2   |            |       |       |         |      |
| Y - 3   |            |       |       |         |      |
| Z - 9   |            |       |       |         |      |
| X - 5   |            |       |       |         |      |

Escala de calificaciones :

- 5 : Me gusta demasiado.  
 4 : Me gusta mucho.  
 3 : Me gusta moderadamente.  
 2 : Me disgusta ligeramente.  
 1 : Me disgusta mucho.

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

FORMATO B

## SELECCION DE PLATANOS

Atributos : Apariencia, color, sabor, textura, olor.

Nombre \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_

Señale la muestra que considere diferente con una cruz.

| Código | Código | Código |
|--------|--------|--------|
|        |        |        |

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

Codificaciones utilizadas para las pruebas organolépticas :

## 1 ) Prueba de calificaciones por atributos :

Q - 7 : Color azul

W - 2 : Color verde

Y - 3 : Color rojo

Z - 9 : Color blanco

X - 5 : Color amarillo

## 2) Prueba triangular descriptiva :

F - 39 ; L - 80 : Color verde

P - 62 ; T - 41 : Color azul

A - 57 ; R - 03 : Color amarillo

D - 16 ; J - 24 : Color blanco

E - 75 ; H - 88 : Color rojo

M - 93 ; S - 21 ; B - 45 : Estandar

Tabla 13  
Significancias de pruebas triangulares ( 57 )

| NUMERO<br>DE<br>ENSAYOS | NIVELES DE CONFIANZA |      |      |
|-------------------------|----------------------|------|------|
|                         | 95 %                 | 97 % | 99 % |
| 5                       | 4                    | 5    | 5    |
| 6                       | 5                    | 5    | 5    |
| 7                       | 5                    | 6    | 6    |
| 8                       | 6                    | 6    | 6    |
| 9                       | 6                    | 7    | 7    |
| 10                      | 7                    | 7    | 7    |
| 15                      | 9                    | 10   | 10   |
| 20                      | 11                   | 12   | 12   |
| 25                      | 13                   | 14   | 14   |
| 30                      | 15                   | 16   | 16   |

### 6.3 Desarrollo del método propuesto y tratamiento matemático de los resultados experimentales.

La fruta proveniente del estado de Tabasco se procedió a madurar después de dos días de cortada, seleccionándose las muestras más representativas físicamente. Las determinaciones (por duplicado) para establecer el grado de madurez fueron efectuadas durante el desarrollo del experimento cada 12 hrs. aproximadamente.

Las radiaciones de color azul, rojo, amarillo, verde y blanco, fueron emitidas por fuentes de 25 watts cada una, con una temperatura constante de 37° C. para 5 kg. de fruta, en gavetas de madera para tal efecto, basándose en que el medio de transporte son camiones del mismo material que las cajas empleadas para esta tesis. La energía de la fuente luminosa fue seleccionada en virtud que a mayor número de watts, se incrementaba drásticamente la temperatura, mientras que en forma contraria, el nivel de temperatura de trabajo deseado no se alcanzaba.

Las significancias organolépticas de la "Prueba de calificaciones por atributos" fueron establecidas con el método de Bartlett, es decir, por medio de pruebas de hipótesis respecto a variancias, que para su ejecución son constituidas de los siguientes pasos (58, 59):

- 1) Enunciación de la hipótesis nula o directa:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_n^2$$

- 2) Comprendiendo también la hipótesis alterna:

$$H_1 \neq \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_n^2$$

3) Fijación del valor que se estima adecuado para el nivel de significancia:

$$\alpha = 0.99 \quad ; \quad \alpha = 0.95 \quad ; \quad \alpha = 0.975$$

4) Determinación de la región crítica :

$$\text{Para } \alpha = 0.99 \quad \dots \quad 0.052 - 3.720$$

$$\text{Para } \alpha = 0.975 \quad \dots \quad 0.121 - 2.790$$

$$\text{Para } \alpha = 0.95 \quad \dots \quad 0.178 - 2.370$$

5) Cálculo del valor estadístico de las observaciones experimentales obtenidas. Consultar el valor de " F " para cada observación en 7.1.3.

6) Aceptación o rechazo de la hipótesis, dependiendo del valor estadístico obtenido. Remitirse a 7.1.3.

El valor considerado para la estimación estadística es :

$$F (\nu_1, \nu_2) = \frac{\nu_2 \cdot M}{\nu_1 (b - M)}$$

Para lo cual, se requiere del empleo de las siguientes fórmulas :

$$1.- \quad N = \sum_{i=1}^k n_i$$

$$2.- \quad \nu_T = N - k$$

$$3.- \quad \nu_1 = n_1 - 1$$

$$4.- \quad s_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \nu_i s_i^2}{\nu_T}$$

$$5.- \quad s_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2}{\nu_1}$$

$$6.- A = \frac{1}{3(k-1)} \left( \sum \frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_T} \right)$$

$$7.- D_2 = \frac{k+1}{A^2}$$

$$8.- b = \frac{D_2}{1 - A + (2/D_2)}$$

$$9.- M = D_T \ln S_p^2 - \sum (D_1 \ln S_1^2)$$

$$10.- D_1 = k - 1$$

Dentro de los análisis estadísticos efectuados, se incluyeron los cálculos de las correlaciones con cada color de luz, empleando la siguiente ecuación (60):

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2][\sum (y - \bar{y})^2]}}$$

Empero, es necesario señalar que se realizó un análisis estadístico, --- igual al propuesto para la " Prueba de Calificaciones por Atributos ", con los resultados de los porcentajes de azúcares reductores y almidón. Esto, como consecuencia de la semejanza en las cifras obtenidas y que dichas determinaciones son críticas en este experimento.

La existencia de un blanco que no se encontrara expuesto a la luz era requerido para que fuese utilizado como patrón indicador del comportamiento experimental de esta tesis, a fin, de corroborar el efecto catalítico del color de luz en la maduración de *Musa acuminata*. Por ende, una vez obtenidos los resultados críticos experimentales ( azúcares reductores ) se precisó realizar un estudio estadístico entre el proceso activado y el pasivo ( blanco ), empleando el Método de Student ( t ) para análisis de medias con variancias desconocidas ( 58, 59 ), para lo que se emplearon las siguientes fórmulas :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$D = \frac{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2}} \quad - \quad 2$$

Considerando las regiones críticas siguientes :

|          |   |       |     |   |       |
|----------|---|-------|-----|---|-------|
| $\alpha$ | = | 0.995 | ... | ± | 2.845 |
| $\alpha$ | = | 0.975 | ... | ± | 2.086 |
| $\alpha$ | = | 0.950 | ... | ± | 1.725 |

Era indispensable establecer un criterio certero y adecuado que permitiera se determinar con mayor precisión la selección del color de luz y la conclusión subsiguiente, por lo cual, se procedió a realizar un análisis estadístico con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, que indicara el color de luz que contribuía con mayor proporción a la significancia estimada en el análisis de Fischer ( Cuadro 14 ), permitiendo con ello, asentar sobre bases estadísticas el orden correspondiente al efecto de los colores de luz en la maduración de *Musa acuminata*, utilizando con este fin las fórmulas consiguientes ( 64 ) :

$s^2$  : Variancia muestral

$n$  : Tamaño de muestras aleatorias

$R_p$  : Rango significativo mínimo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

Tomando en consideración que  $D = 55$ , se obtienen los valores de  $r_p$  para  $p = 2, 3, 4, 5$ , esto es, los diversos rangos comparativos que se emplearán cotejando las cifras del rango significativo mínimo ( teórico ) - que indicarán la existencia o ausencia de significancia en los valores analizados ( medias de los cinco colores de luz estudiados ).

| $p$              | 2      | 3      | 4      | 5      |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| $r_p$            | 2.8290 | 2.9760 | 3.0730 | 3.1430 |
| $R_p$<br>teórico | 1.1340 | 1.1930 | 1.2310 | 1.2590 |



R E S U L T A D O S

Y

D I S C U S I O N

### 7.1 Resultados

A continuación se detallan los resultados obtenidos con los diferentes colores de luz para determinar el grado de madurez de los plátanos tabasco -- por el método propuesto en el presente trabajo. Dichos resultados son mostrados de acuerdo al programa descrito en el capítulo anterior.

Ya que la temperatura de trabajo seleccionada fue de 37° C., se precisaba determinar la cantidad de watts requeridos para cumplir con el parámetro -- térmico. A fin de obtener la temperatura adecuada a las especificaciones -- del método en estudio, en el cuadro 12 se muestran los valores obtenidos con las diferentes intensidades de luz. Por lo que se decidió emplear dos focos de 25 watts cada uno.

Cuadro 12  
Intensidades luminosas

| UNIDADES | W A T T S |        |        |        |
|----------|-----------|--------|--------|--------|
|          | 10        | 25     | 40     | 75     |
| 1        | 10° C.    | 17° C. | 33° C. | 42° C. |
| 2        | 19° C.    | 37° C. | 50° C. | 65° C. |
| 3        | 29° C.    | 44° C. | 65° C. | 85° C. |

## 7.1.1 Fisicoquímicos

Humedad :

Tabla 14  
 Contenido de humedad ( % )

| TIEMPO<br>( Horas )      | AZUL   | VERDE  | AMARILLA | ROJA   | BLANCA |
|--------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|
| Inicio                   | 79.85  | 79.83  | 79.85    | 79.85  | 79.86  |
| 10.15                    | 79.79  | 79.76  | 79.70    | 79.63  | 79.68  |
| 20.15                    | 79.68  | 79.62  | 79.55    | 79.38  | 79.49  |
| 34.15                    | 79.14  | 79.05  | 78.91    | 78.76  | 78.87  |
| 46.15                    | 78.06  | 77.97  | 77.62    | 77.42  | 77.56  |
| 53.45                    | 77.61  | 77.49  | 77.25    | 77.05  | 77.39  |
| 67.45                    | 77.04  | 76.88  | 76.73    | 76.57  | 76.69  |
| 76.45                    | 75.92  | 75.75  | 75.68    | 75.44  | 75.61  |
| 92.45                    | 75.46  | 75.30  | 75.11    | 74.85  | 75.03  |
| 104.45                   | 75.03  | 74.93  | 74.74    | 74.52  | 74.67  |
| 118.45                   | 74.60  | 74.48  | 74.31    | 74.16  | 74.22  |
| 128.45                   | 74.23  | 74.11  | 73.92    | 73.79  | 73.84  |
| 135.45                   | 74.11  | 73.97  | 73.76    | -      | 73.65  |
| 144.45                   | 73.84  | 73.83  | 73.61    | -      | -      |
| 150.45                   | 73.70  | 73.67  | -        | -      | -      |
| 158.45                   | 73.55  | -      | -        | -      | -      |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | - 0.99 | - 0.99 | - 0.99   | - 0.99 | - 0.99 |

## Azúcares reductores

Tabla 15  
Porcentaje de azúcares reductores  
experimentales

| TIEMPO<br>( Horas )              | A Z U L | V E R D E | A M A R I L L A | R O J A | B L A N C A |
|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Inicio                           | 1.46    | 1.45      | 1.46            | 1.46    | 1.47        |
| 10.15                            | 1.55    | 1.58      | 2.29            | 2.60    | 2.33        |
| 20.15                            | 2.21    | 2.34      | 2.40            | 3.26    | 2.87        |
| 34.15                            | 2.61    | 3.06      | 4.04            | 5.03    | 4.87        |
| 46.15                            | 4.74    | 5.08      | 5.51            | 6.85    | 6.56        |
| 53.45                            | 5.51    | 5.82      | 6.47            | 9.64    | 9.07        |
| 67.45                            | 7.17    | 7.31      | 7.91            | 10.45   | 9.74        |
| 76.45                            | 9.84    | 10.76     | 11.28           | 11.71   | 11.35       |
| 92.45                            | 12.85   | 13.21     | 15.55           | 17.45   | 17.13       |
| 104.45                           | 13.60   | 15.16     | 16.52           | 19.07   | 18.50       |
| 118.45                           | 17.96   | 18.50     | 19.27           | 21.76   | 20.56       |
| 128.45                           | 18.88   | 19.27     | 20.33           | 22.29   | 21.51       |
| 135.45                           | 19.40   | 20.36     | 21.24           | -       | 22.08       |
| 144.45                           | 20.53   | 21.30     | 21.94           | -       | -           |
| 150.45                           | 21.46   | 22.00     | -               | -       | -           |
| 158.45                           | 22.19   | -         | -               | -       | -           |
| <b>FACTOR DE<br/>CORRELACION</b> | 0.99    | 0.99      | 0.99            | 0.99    | 0.99        |

Tabla 16  
 Porcentaje de azúcares reductores  
 utilizando un blanco ( sin exposi-  
 ción luminica )

| TIEMPO<br>( Horas ) | LUZ COLOR<br>ROJA | BLANCO | TIEMPO<br>( Horas ) | BLANCO |
|---------------------|-------------------|--------|---------------------|--------|
| Inicio              | 1.43              | 1.45   | 213.45              | 17.78  |
| 20.15               | 3.21              | 1.48   | 221.45              | 18.29  |
| 34.15               | 4.93              | 1.53   | 230.45              | 18.75  |
| 46.15               | 6.72              | 1.86   | 238.45              | 19.00  |
| 53.45               | 9.49              | 2.14   | 247.45              | 19.26  |
| 67.45               | 10.28             | 2.33   | 255.48              | 19.82  |
| 76.45               | 11.54             | 2.56   | 264.45              | 20.35  |
| 92.45               | 17.08             | 3.60   | 273.45              | 20.80  |
| 104.45              | 18.70             | 4.53   | 280.45              | 21.24  |
| 118.45              | 21.39             | 4.98   | 288.45              | 21.59  |
| 128.45              | 21.98             | 5.34   | 294.45              | 21.95  |
| 135.50              |                   | 5.99   |                     |        |
| 144.45              |                   | 6.82   |                     |        |
| 150.45              |                   | 8.08   |                     |        |
| 158.45              |                   | 9.66   |                     |        |
| 167.45              |                   | 11.11  |                     |        |
| 176.45              |                   | 12.57  |                     |        |
| 185.45              |                   | 12.93  |                     |        |
| 193.45              |                   | 13.47  |                     |        |
| 205.45              |                   | 15.67  |                     |        |

° Brix . o Porcentaje de sólidos

Tabla 17  
Grados Brix

| TIEMPO<br>( Horas )      | A Z U L | V E R D E | A M A R I L L A | R O J A | B L A N C A |
|--------------------------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Inicio                   | 20.15   | 20.17     | 20.15           | 20.15   | 20.14       |
| 10.15                    | 20.21   | 20.24     | 20.30           | 20.37   | 20.32       |
| 20.15                    | 20.32   | 20.38     | 20.45           | 20.62   | 20.51       |
| 34.15                    | 20.86   | 20.95     | 21.09           | 21.24   | 21.13       |
| 46.15                    | 21.94   | 22.03     | 22.38           | 22.58   | 22.44       |
| 53.45                    | 22.39   | 22.51     | 22.75           | 22.95   | 22.61       |
| 67.45                    | 22.96   | 23.12     | 23.27           | 23.43   | 23.31       |
| 76.45                    | 24.08   | 24.25     | 24.32           | 24.56   | 24.39       |
| 92.45                    | 24.54   | 24.70     | 24.89           | 25.15   | 24.97       |
| 104.45                   | 24.97   | 25.07     | 25.26           | 25.48   | 25.33       |
| 118.45                   | 25.40   | 25.52     | 25.69           | 25.84   | 25.78       |
| 128.45                   | 25.77   | 25.89     | 26.08           | 26.21   | 26.12       |
| 135.45                   | 25.89   | 26.03     | 26.24           | -       | 26.35       |
| 144.45                   | 26.16   | 26.17     | 26.39           | -       | -           |
| 150.45                   | 26.30   | 26.33     | -               | -       | -           |
| 158.45                   | 26.45   | -         | -               | -       | -           |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | 0.99    | 0.99      | 0.99            | 0.99    | 0.99        |

## Acidos

Tabla 18  
Porcentaje de acidez

| TIEMPO<br>( Horas )      | AZUL | VERDE | AMARILLA | ROJA | BLANCA |
|--------------------------|------|-------|----------|------|--------|
| Inicio                   | 2.37 | 2.34  | 2.37     | 2.37 | 2.34   |
| 10.15                    | 2.37 | 2.36  | 2.38     | 2.40 | 2.40   |
| 20.15                    | 2.40 | 2.43  | 2.46     | 2.58 | 2.55   |
| 34.15                    | 2.55 | 2.58  | 2.58     | 2.79 | 2.70   |
| 46.15                    | 2.76 | 2.76  | 2.85     | 2.88 | 2.82   |
| 53.45                    | 2.91 | 2.91  | 2.94     | 2.97 | 2.94   |
| 67.45                    | 2.97 | 3.00  | 3.03     | 3.06 | 3.03   |
| 76.45                    | 3.03 | 3.06  | 3.09     | 3.12 | 3.09   |
| 92.45                    | 3.09 | 3.12  | 3.15     | 3.21 | 3.18   |
| 104.45                   | 3.15 | 3.15  | 3.21     | 3.30 | 3.24   |
| 118.45                   | 3.18 | 3.21  | 3.27     | 3.39 | 3.30   |
| 128.45                   | 3.24 | 3.30  | 3.36     | 3.48 | 3.42   |
| 135.45                   | 3.32 | 3.38  | 3.45     | -    | 3.52   |
| 144.45                   | 3.35 | 3.44  | 3.50     | -    | -      |
| 150.45                   | 3.41 | 3.49  | -        | -    | -      |
| 158.45                   | 3.48 | -     | -        | -    | -      |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | 0.97 | 0.97  | 0.98     | 0.99 | 0.99   |

pH

Tabla 19  
pH

| TIEMPO<br>( Horas )      | AZUL   | VERDE  | AMARILLA | ROJA   | BLANCA |
|--------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|
| Inicio                   | 5.72   | 5.76   | 5.80     | 5.75   | 5.70   |
| 10.15                    | 5.84   | 5.94   | 5.88     | 5.81   | 5.79   |
| 20.15                    | 5.81   | 5.82   | 5.72     | 5.65   | 5.66   |
| 34.15                    | 5.51   | 5.53   | 5.50     | 5.48   | 5.53   |
| 46.15                    | 5.46   | 5.46   | 5.43     | 5.39   | 5.48   |
| 53.45                    | 5.38   | 5.39   | 5.38     | 5.36   | 5.40   |
| 67.45                    | 5.35   | 5.35   | 5.34     | 5.32   | 5.36   |
| 76.45                    | 5.34   | 5.33   | 5.33     | 5.29   | 5.33   |
| 92.45                    | 5.26   | 5.25   | 5.24     | 5.22   | 5.26   |
| 104.45                   | 5.18   | 5.15   | 5.13     | 5.10   | 5.12   |
| 118.45                   | 5.09   | 5.08   | 5.06     | 5.02   | 5.04   |
| 128.45                   | 5.00   | 4.99   | 4.93     | 4.89   | 4.90   |
| 135.45                   | 4.98   | 4.95   | 4.68     | -      | 4.89   |
| 144.45                   | 4.94   | 4.91   | 4.86     | -      | -      |
| 150.45                   | 4.89   | 4.87   | -        | -      | -      |
| 158.45                   | 4.83   | -      | -        | -      | -      |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | - 0.97 | - 0.97 | - 0.98   | - 0.98 | - 0.98 |



## Almidón

Tabla 20  
Porcentaje de almidón

| TIEMPO<br>( Horas )      | A Z U L | V E R D E | A M A R I L L A | R O J A | B L A N C A |
|--------------------------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Inicio                   | 19.94   | 19.98     | 19.94           | 19.94   | 19.95       |
| 10.15                    | 19.72   | 19.64     | 18.90           | 18.66   | 18.75       |
| 20.15                    | 19.31   | 18.96     | 18.23           | 17.75   | 17.95       |
| 34.15                    | 17.89   | 17.13     | 16.01           | 15.30   | 15.63       |
| 46.15                    | 14.94   | 14.67     | 13.95           | 12.60   | 12.88       |
| 53.45                    | 11.63   | 11.09     | 10.20           | 9.31    | 9.72        |
| 67.45                    | 9.88    | 9.17      | 8.54            | 7.14    | 7.41        |
| 76.45                    | 9.09    | 8.58      | 7.96            | 6.85    | 7.02        |
| 92.45                    | 8.34    | 7.90      | 6.03            | 4.95    | 5.38        |
| 104.45                   | 7.06    | 6.22      | 5.44            | 3.57    | 4.00        |
| 118.45                   | 5.80    | 4.76      | 3.70            | 2.90    | 3.38        |
| 128.45                   | 4.99    | 3.62      | 2.95            | 2.05    | 2.50        |
| 135.45                   | 4.13    | 3.00      | 2.13            | -       | 1.96        |
| 144.45                   | 3.30    | 2.21      | 1.94            | -       | -           |
| 150.45                   | 2.73    | 1.92      | -               | -       | -           |
| 158.45                   | 2.09    | -         | -               | -       | -           |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | - 0.98  | - 0.98    | - 0.98          | - 0.98  | - 0.98      |

## Pérdida de peso

Tabla 21  
Reducción de peso ( g. )

| TIEMPO<br>( Horas )      | A Z U L | V E R D E | A M A R I L L A | R O J A | B L A N C A |
|--------------------------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Inicio                   | 139.25  | 86.70     | 104.00          | 121.00  | 121.20      |
| 10.15                    | - 5.05  | - 2.80    | - 2.70          | - 5.00  | - 5.40      |
| 20.15                    | " 3.60  | - 3.30    | - 3.20          | - 2.50  | - 2.50      |
| 34.15                    | " 6.00  | - 3.80    | - 3.20          | - 3.80  | - 4.70      |
| 46.15                    | - 5.20  | - 3.00    | - 4.50          | - 5.30  | - 5.20      |
| 53.45                    | - 4.90  | - 2.50    | - 3.00          | - 4.80  | - 3.70      |
| 67.45                    | - 2.20  | - 2.40    | - 1.90          | - 2.30  | - 3.50      |
| 76.45                    | - 2.75  | - 2.30    | - 3.20          | - 3.10  | - 3.60      |
| 92.45                    | - 1.45  | - 2.60    | - 5.00          | - 6.40  | - 2.30      |
| 104.45                   | - 4.50  | - 4.10    | - 2.20          | - 2.50  | - 5.80      |
| 118.45                   | - 5.00  | - 3.20    | - 3.60          | - 4.40  | - 5.00      |
| 128.45                   | - 4.80  | - 3.00    | - 2.80          | - 3.60  | - 4.00      |
| 135.45                   | - 4.50  | - 3.50    | - 4.20          | -       | - 3.50      |
| 144.45                   | - 4.50  | - 3.90    | - 3.00          | -       | -           |
| 150.45                   | - 3.70  | - 3.20    | -               | -       | -           |
| 158.45                   | - 3.40  | -         | -               | -       | -           |
| PESO FINAL               | 77.70   | 43.10     | 61.50           | 77.30   | 72.00       |
| PERDA TOTAL<br>DE PESO   | 61.55   | 43.60     | 42.50           | 43.70   | 49.20       |
| FACTOR DE<br>CORRELACION | - 0.99  | - 1.00    | - 1.00          | - 1.00  | - 1.00      |

## 7.1.2 Organolépticas

La sumatoria de cada característica evaluada se aprecia en la tabla 21, tomando en cuenta que las cifras mínimas y máximas corresponderían a los valores de 20 y 100 respectivamente, dichos valores pertenecen a la Prueba de Calificaciones por Atributo.

Tabla 22  
Evaluaciones sensoriales

| ATRIBUTO   | A Z U L | V E R D E | A M A R I L L A | R O J A | B L A N C A |
|------------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| COLOR      | 79      | 78        | 78              | 80      | 78          |
| OLOR       | 78      | 79        | 79              | 79      | 79          |
| SABOR      | 77      | 78        | 79              | 80      | 79          |
| TEXTURA    | 79      | 78        | 79              | 81      | 79          |
| APARIENCIA | 79      | 79        | 79              | 80      | 80          |
| PROMEDIO   | 78.4    | 78.4      | 78.8            | 80.0    | 79.0        |

Como ya se mencionó con antelación, subsecuentemente a las pruebas hedónicas fue requerido efectuar las correspondientes triangulares, cuyas evaluaciones son presentadas en la tabla 23.

Tabla 23  
Significancias de Pruebas Triangulares

| COLOR DE LUZ | ESTANDAR | MUESTRA | ESTANDAR |
|--------------|----------|---------|----------|
| AZUL         | 3        | 7       | 5        |
| VERDE        | 6        | 5       | 4        |

Tabla 23  
Significancias de Pruebas Triangulares

Continuación

| COLOR DE LUZ | ESTANDAR | MUESTRA | ESTANDAR |
|--------------|----------|---------|----------|
| AMARILLO     | 4        | 4       | 7        |
| ROJO         | 6        | 4       | 5        |
| BLANCO       | 8        | 4       | 3        |

## 7.1.3 Estadísticos

Con base en las fórmulas descritas en 6.3, se obtuvieron los resultados ofrecidos a continuación. Como ya es conocido, se otorga el término de " Significante " y " No significativo " para el cotejo de los valores de " F " con los correspondientes niveles de confianza seleccionados, cuyos rangos han sido expuestos con anterioridad.

Cuadro 13  
Valores estadísticos organolépticos  
( Prueba de calificaciones por atributos, escala hedónica )

| CARACTERISTICA     | NIVELES DE CONFIANZA  |                         |                       |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|                    | 95 %<br>0,170 - 2,370 | 97.5 %<br>0,121 - 2,790 | 99 %<br>0,052 - 3,720 |
| ADREATORIA         |                       |                         |                       |
| COLOR<br>F = 0.190 | No significativo      | No significativo        | No significativo      |
| COLOR<br>F = 2.280 | No significativo      | No significativo        | No significativo      |

Cuadro 13  
Valores estadísticos organolépticos

Continuación

| CARACTERÍSTICA<br>ALSATORIA             | NIVELES DE CONFIANZA  |                         |                       |
|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|   | 95 %<br>0.170 - 2.370 | 97.5 %<br>0.121 - 2.790 | 99 %<br>0.052 - 3.720 |
| SABOR<br>F <sub>calc</sub> : 1.160      | No significativo      | No significativo        | No significativo      |
| TEXTURA<br>F <sub>calc</sub> : 0.860    | No significativo      | No significativo        | No significativo      |
| APARIENCIA<br>F <sub>calc</sub> : 1.178 | No significativo      | No significativo        | No significativo      |

Una vez que el porcentaje de azúcares reductores y almidón han sido considerados determinaciones críticas y por la similitud en sus resultados, se precisó efectuar una estimación estadística que se detalla en el cuadro 14.

Cuadro 14  
Apreciación estadística fisicoquímica

| COMPONENTE             | FISCHER<br>CALCULADO | FISCHER TABLAS        |                         |                       |
|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|                        |                      | NIVELES DE CONFIANZA  |                         |                       |
|                        |                      | 95 %<br>0.170 - 2.370 | 97.5 %<br>0.121 - 2.790 | 99 %<br>0.052 - 3.720 |
| AZUCARES<br>REDUCTORES | 0.114                | Significante          | Significante            | No significativo      |
| ALMIDON                | 0.275                | No significativo      | No significativo        | No significativo      |

Debido a que el valor estadístico experimental se encuentra fuera del rango establecido para 95 % y 97.5 % de confianza, se evaluó que las significancias existentes son de 35.9 % y 5.6 % respectivamente.

Para la realización del análisis significativo de los datos expuestos en el cuadro 14, se recurrió a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, cuyos resultados se ofrecen en el cuadro 17.

Cuadro 15  
Análisis de la significancia de Fischer  
Prueba de Rango Múltiple de Duncan

| F                | 2     | 3     | 4     | 5     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| $r_p$            | 2.829 | 2.976 | 3.073 | 3.343 |
| $R_p$<br>teórico | 1.134 | 1.193 | 1.231 | 1.259 |

Cuadro 16  
Medias estimadas de los colores de luz  
examinados

| AZUL | VERDE | AMARILLA | ROJA  | BLANCA |
|------|-------|----------|-------|--------|
| 8.20 | 8.63  | 9.42     | 10.96 | 10.50  |

Una vez calculadas las medias individuales, se procedieron a efectuar las diferencias correspondientes entre ellas, estos valores son expuestos en el siguiente cuadro.

Cuadro 17  
Resultados estadísticos de Duncan  
(Diferencias de medias)

| R EXPERIMENTAL | RESULTADOS DE SUBSTRACCION   | CONCLUSION   |
|----------------|--|--|
| R <sub>2</sub> | amarillo > verde : 0.79<br>blanco > amarillo : 1.08<br>rojo > blanco : 0.46<br>verde > azul : 0.43 | No significativo<br>No significativo<br>No significativo<br>No significativo |
| R <sub>3</sub> | amarillo > azul : 1.22<br>blanco > verde : 1.87<br>rojo > amarillo : 1.54                          | Significante<br>Significante<br>Significante                                 |
| R <sub>4</sub> | blanco > azul : 2.30<br>rojo > verde : 2.33  | Significante<br>Significante   |
| R <sub>5</sub> | rojo > azul : 2.76   | Significante   |

Con base en las diferencias existentes entre las medias de los diversos colores de luz y las significancias presentadas con los R experimentales, se establece por ende, un orden gradual en el efecto de la luz sobre la maduración, mostrado a continuación :

ROJO > BLANCO > AMARILLO > VERDE > AZUL

Cuadro 18  
Análisis de medias con varianzas desconocidas del  
proceso activado ( luz roja ) y del pasivo ( blanco )

| CONCEPTOS ESTADISTICOS | Luz COLOR ROJA | BLANCO    | GRADOS DE LIBERTAD |
|------------------------|----------------|-----------|--------------------|
| $\bar{x}$              | 11.522727      | 2.8909091 |                    |
| $S^2$                  | 53.228562      | 1.4670205 |                    |
| $n$                    | 11             | 11        |                    |
|                        |                |           | 0.33400            |

Cuadro 19  
Valores estadísticos de Student ( t )

| CONCEPTO            | t<br>CALCULADA | t DE STUDENT ( TABLAS )<br>NIVELES DE CONFIANZA |                    |                    |
|---------------------|----------------|---|--------------------|--------------------|
|                     |                | 95 %<br>± 2.845                                 | 97.5 %<br>± 2.0860 | 99.5 %<br>± 1.7250 |
| Azúcares reductores | 23.212794      | Significante                                    | Significante       | Significante       |



## 7.2 Discusión de resultados

- Como preámbulo al análisis de los resultados obtenidos es menester considerar los diversos factores de correlación, para que de esta forma, exista una conceptualización más certera acerca del comportamiento con cada color de iluminación. Examinando los valores de los respectivos factores de correlación de luz roja, se considera una secuencia ordenada durante el desarrollo de la maduración debido a que mantiene la estabilidad del metabolismo natural de la fruta, contribuyendo a una combinación óptima de sus componentes.

Debido a que la luz amarilla se encuentra entre 570 nm. y 590 nm., podría ocupar el tercer sitio en el metabolismo lineal de la fruta y en el tiempo requerido para la catálisis producida por ella.

En cambio, las variaciones en los factores de correlación de luz color azul y verde, permiten apreciar la lenta influencia en los procesos de los plátanos y la irregularidad originada en su desarrollo, siendo fundamentalmente como ejemplificación de la absorción gradual de luz cuyas longitudes de onda son pequeñas, por ende, la maduración con luz verde fue más rápida que con azul, ya que la primera se presenta a 500 - 570 nm., mientras que la segunda entre 450 nm. y 500 nm.

- La pérdida de peso, el decremento de la humedad y el aumento de los sólidos totales observados durante el experimento están íntimamente relacionados con la temperatura, es decir, el parámetro térmico determina la disminución de la presión de vapor de agua de la atmósfera externa de los plátanos y en virtud que la interna se encuentra saturada, se realiza un gradiente entre dichas presiones. Sin embargo, aunque la pérdida del contenido acuoso

sea constante y notoria, no continúa se descenso, debido a la producción de agua durante la respiración y así como también por la penetración de ella -- ( ósmosis ) desde la cáscara, si la temperatura no varía, el proceso de -- transpiración se mantiene invariable.

- La hidrólisis del almidón con la consecuente producción de azúcares reductores han sido considerados los componentes críticos de este trabajo, ya que ambos constituyen el indicador de la maduración de los plátanos. - En la cuantificación de dichos glúcidos se observaron comportamientos uniformes durante la maduración, por lo que se precisó realizar un análisis estadístico en ambos casos. Con lo cual, se constató que los resultados de azúcares reductores son significantes para niveles de 95 % y 97.5 % de confianza, dicha significancia corresponde a 35.9 % y 5.6 % respectivamente. - Mientras que en el caso del almidón no existieron significancias, es decir, - los valores determinados son confiables con niveles de 95 %, 97.5 % y 99 %, esto es, en el proceso hidrolizante no se manifiestan irregularidades, reforzado con antelación con los factores de correlación correspondientes.

Lo anteriormente expuesto es un reflejo de la trascendencia en la relación hidrólisis de almidón - producción de azúcares y haciendo inferencia a las investigaciones efectuadas respecto al incremento de azúcares reductores / decremento de almidón en el transcurso de la maduración, en donde se ha verificado la interdependencia de dichos glúcidos, se asumirá lo siguiente :

Ya que las enzimas responsables de la ruptura de la cadena homopolisacárida, - amilasa, - amilasa y glucoamilasa, poseen rangos óptimos de pH de 4.5 - 7.0, 4.0 - 8.0 y 2.0 - 5.0 respectivamente y en el inicio del proceso de maduración se presentan cifras entre 5.70 - 5.80 del poten -

cial de hidrónos, permite contemplar que la hidrólisis subsiguiente a la primera, dependiente únicamente de  $\alpha$  y amilazas, se verifica uniforme y conjuntamente con el reforzamiento de la acción de la glucoamilasa (ausencia de astrinencia). Teniendo en cuenta que los azúcares reductores son el componente crítico notable y sensible en la determinación de la maduración, es entendible la percepción de cambios drásticos en su producción, por el reflejo de la acción de la glucoamilasa.

Debido a que las diferencias expuestas en  $R_2$  (Cuadro 17) corresponden a los colores de luz con tiempos cercanos entre sí, no existe ninguna significancia, ya que el periodo necesario para la maduración varía de seis a nueve horas. Es por ello que tanto rojo como azul se repiten con mayor frecuencia en las significancias presentadas, ya que ambos son antagónicos en el tiempo requerido para que se verifique la maduración de los plátanos tabasco; por ende, son estos dos colores de luz los que contribuyen con mayor proporción a la significancia establecida con la prueba de Fischer, mientras que en igual relación quedan menoscabados los valores que aportan los colores amarillo, blanco y azul.

Así mismo, en términos estadísticos, queda rechazada la hipótesis nula propuesta en el análisis de Fischer para azúcares reductores, en niveles de confianza de 95 % y 97.5 %, aceptándose por lo tanto la existencia de la hipótesis alterna correspondiente, esto es, se estima que las discrepancias en las variancias individuales son de mayor dimensión entre los colores rojo y azul, motivando con ello que se ratifique el hecho de haberse asumido la hipótesis de los tiempos precisados para la ejecución de la maduración en la fruta evaluada.

- El porcentaje de acidez en comparación con el pH fue más preciso como puede apreciarse en los factores de correlación, ya que con el primero se pudieron considerar cifras más pequeñas. La utilización de una temperatura de 37° C. favorece a una rápida velocidad de respiración y tomando en cuenta que los ácidos que determinan el pH y el porcentaje de acidez son el resultado de la ruptura de los glúcidos durante el ciclo de Krebs que justifica el curso presentado por dicho análisis. Esto es, al existir una catálisis respiratoria la cantidad de ácidos es inconstante pero no trascendental en el equilibrio ácido de la fruta. Así mismo, se puede estimar que la degradación de azúcares mediante el ciclo de Krebs se realiza en condiciones más estables y continuas con luz color roja y blanca, es decir, su absorción es más rápida e intensa que con los colores azul y verde.

- Los análisis estadísticos de las evaluaciones sensoriales hedónicas muestran la confiabilidad e igualdad de los productos finales con cada color de luz, sin embargo, debido a que ningún atributo es significativo fue requerido ratificar dichos resultados mediante pruebas triangulares. Finalmente, comparando los valores obtenidos en cada prueba con los correspondientes niveles de confianza, es factible apreciar nuevamente que no son significativos, -- principalmente los plátanos madurados con luces de color roja, blanca y amarilla. Lo que indica la inexistencia de discrepancias sensoriales.

- Efectuando las comparaciones teóricas con las experimentales en el cuadro 20, se contempla la similitud entre ellos, es decir, las cifras obtenidas se han mantenido dentro de las especificaciones establecidas.

Cuadro 20  
Compendio de resultados fisicoquímicos

| DETERMINACION                      | COLOR DE LUZ |        |          |        |        | TEORICO<br>( 28,38,51 ) |
|------------------------------------|--------------|--------|----------|--------|--------|-------------------------|
|                                    | AZUL         | VERDE  | AMARILLA | ROJA   | BIANCA |                         |
| Humedad ( % )                      | 73.55        | 73.67  | 73.61    | 73.79  | 73.65  | 68 - 77                 |
| Azúcares re-<br>ductores ( % )     | 22.19        | 22.00  | 21.94    | 22.29  | 22.09  | 22.0                    |
| ° Brix                             | 26.45        | 26.33  | 26.39    | 26.21  | 26.35  | 23 - 32                 |
| Acidez ( % )                       | 3.48         | 3.49   | 3.50     | 3.48   | 3.52   | a                       |
| pH                                 | 4.83         | 4.87   | 4.86     | 4.89   | 4.88   | 4.2 - 4.8               |
| Almidón ( % )                      | 2.09         | 1.92   | 1.94     | 2.05   | 1.96   | 1 - 2                   |
| Reducción de<br>peso ( g. )        | 61.55        | 43.60  | 42.20    | 43.70  | 49.20  | b                       |
| Tiempo de ma-<br>duración ( hrs. ) | 158.45       | 150.45 | 144.45   | 122.45 | 135.45 | a                       |

a : Sin cifras precisas

b : Valores no estimados

- Las diferencias significativas determinadas en los procesos acti-  
vado y ordinario ( blanco ) son una demostración y ratificación de la causal  
en el proceso de maduración, del efecto de los diversos colores de luz como  
agentes catalíticos de maduración en plátanos tabasco. Debido a que el tiem-  
po empleado para la verificación de la maduración en el blanco es de 12 días y  
con la luz de color roja es de 5, se podrá establecer por lo tanto, la siguien-  
te relación entre ellos, respecto al tiempo requerido para que la fruta sea ma-  
durada en cada circunstancia :

|                   |       |                |        |
|-------------------|-------|----------------|--------|
| Luz de color ROJO | . . . | x              | días   |
| BIANCO            | . . . | $\frac{12}{5}$ | x días |

C O N C L U S I O N E S

- 1) Es factible la maduración de *Musa acuminata* con una temperatura de  $37^{\circ}$  C. mediante el empleo de iluminación color amarilla, azul, blanca, roja y verde.
- 2) En base a los resultados fisicoquímicos, organolépticos y estadísticos se consideran para efectuar conclusiones contundentes los siguientes puntos :
  - a) Con asentamiento en el comportamiento del proceso pasivo ( blanco ), la emisión de los diferentes colores de luz ha sido considerada como activador de la maduración.
  - b) La catálisis metabólica es realizada en menor tiempo con luz color roja y en orden progresivo, blanca, amarilla, verde y azul.
  - c) Debido al tiempo requerido para que se efectuase la maduración de plátanos tabasco con los diversos colores de luz, se detectaron pérdidas de peso en la fruta, dependientes del mismo, por ende, con el color azul existió un mayor decremento y declinadamente con las luces de coloración verde, amarilla, blanca y roja.
  - d) Las propiedades sensoriales de *Musa acuminata* madurada con el método propuesto en este trabajo son comparables con las de los frutos madurados por etileno, utilizados como patrón sensorial.
- 3) Recopilando los datos obtenidos y expuestos con antelación se estimó :
  - a) Por el tiempo empleado para el proceso metabólico, las pérdidas de peso detectadas y por el análisis estadístico efectuado, se ordenan por el grado de influencia en la maduración :



- Luz color roja
- Luz color blanca
- Luz color amarilla
- Luz color verde
- Luz color azul

b) Tanto la efectividad en la hidrólisis de almidón - producción de azúcares, como las propiedades organolépticas, se verifican en forma igualitaria con los cinco colores de luz, aunque en diferentes tiempos.

- 4) Con el empleo de diferentes colores de luz para madurar plátanos tabasco, no existen características fisicoquímicas y sensoriales inapropiadas.
- 5) Es necesario controlar la temperatura en el medio de transporte para que de esta forma no sean sobrepasados los límites permisibles que redundaría en la inactivación, entre otros, de los complejos enzimáticos, alterando por consecuencia el metabolismo natural de la fruta.
- 6) Se considera conveniente estudiar la aplicación alterna de los métodos estudiados, con otras especies plataneras.
- 7) Para llevar a cabo la maduración de cualquier especie platanera, la recolección y manipulación deberán realizarse con gran cuidado y eliminar aquellos dados que se encuentren dañados o seccionados, con el fin de evitar la sobremaduración.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

- 1.- DICKWORTH R.B., "Frutas y verduras ",  
España, Acribia, Zaragoza, 1968.
- 2.- FANTASTICO, " Fisiología de la postcosección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales ",  
México, C.E.C.S.A., D.F., julio de 1970, 1a. ed.
- 3.- NAGY STEVEN, SHAW PHILIP E., " Tropical and Subtropical Fruits ",  
United States of America, AVI Publishing Inc., Connecticut, 1980.
- 4.- HULME A.C., " The Biochemistry of Fruits and their products ",  
United States of America, Academic Press Inc., New York, 1970,  
Volumen 1.
- 5.- SYMPOSIUM " POSTHARVEST BIOLOGY AND HANDLING OF FRUITS AND VEGETABLES ",  
United States of America, Westport, 1975.
- 6.- " REVISTA DE AGROQUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS ",  
México, Instituto de Agroquímica y tecnología de alimentos,  
Marzo de 1980, Vol. 20, No. 1.
- 7.- ASHRAF M., KHAH N., AHMAD M., ELAH M., " STUDIES ON THE PECTINESTERASE ACTIVITY AND SOME CHEMICAL CONSTITUENTS OF SOME PAKISTAN MANGO VARIETIES DURING STORAGE PERISHING ",  
United States of America, Journal Agriculture Food Chemistry, Vol. 29, No. 3, 1981.
- 8.- CHARALAMBOUS GEORGE, " TROPICAL FOODS : CHEMISTRY AND NUTRITION ",  
United States of America, Academic Press Inc., Nueva York, 1979,  
Vol. 2.
- 9.- WIELAND HENRY, " ENZYMES IN FOOD PROCESSING AND PRODUCTS ",  
United States of America, Noyes Data Corporation, New Jersey, 1972.
- 10.- COLIN WYNN H., " ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS ENZIMAS ",  
España, Omega, Barcelona, 1977.

- 11.- VELASCO F, GABRIEL J., " LAS ENZIMAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ",  
México, Revista de Tecnología de Alimentos, D.F., Enero - Febrero,  
1970, Vol. 5, No. 1.
- 12.- DIXON MALCOLM AND WEBB EDWIN C., " ENZYMES ",  
Inglaterra, Longmans, Londres, 1964, 2a.ed.
- 13.- POWERANZ AND MCLOAN, " FOOD ANALYSIS : THEORY AND PRACTICE ",  
United States of America, AVI Publishing Company Inc., West-  
port, 1982.
- 14.- CASAS ALENCASTER NORMA, " CAMBIOS FISIOLOGICOS Y BIOQUIMICOS DURANTE  
LA MADURACION ",  
México.D.F., 1977, Tesis del Instituto Politécnico Nacional.
- 15.- BADUI BERGAL SALVADOR, " QUIMICA DE LOS ALIMENTOS ",  
México, Alhambra Mexicana, D.F., 1981, 1a. ed.
- 16.- SCHUIITZ H.W., " SYMPOSIUM ON FOODS : CARBOHYDRATES AND THEIR ROLES ",  
United States of America, AVI Publishing Company Inc., Westport,  
1969.
- 17.- BHAGAVAN H.V., " BIOCHEMISTRY ",  
México, Interamericana, D.F.,  
1978.
- 18.- DESROSIER H.W., " ELEMENTOS DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS ",  
México, C.E.C.S.A., D.F., Mayo de 1983.
- 19.- MENDIETA CARRION RAUL, " COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE SEIS CULTIVA-  
RES DE MANDARINA ( CITRUS RETICULATA B. ) DE LA REGION CITRICOLO DEL  
DEL NORTE DE MEXICO ",  
México.D.F., 1985, Tesis de Maestría del Instituto Politécnico Na -  
cional.
- 20.- PALACIOS JORGE, CITRICULTURA MODERNA,  
Argentina, Hemisferio Sur, Buenos  
Aires, 1978, 1a. ed.
- 21.- REED GEPALD, " ENZYMES IN FOOD PROCESING ",  
United States of America, Academic Press,  
Nueva York, 1975, 2a.ed.

- 22.- MICHAEL JAMIESON, " MANEJO DE LOS ALIMENTOS ",  
México, Fax - México, D.F., 1974.
- 23.- MARTIN CASTELLANOS DIANA, " EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN BOLSAS DE  
POLIÉTFILENO PARA LA MADURACION DEL MANGO MANTIA ",  
México.D.F., 1984, Tesis del Instituto Politécnico Nacional.
- 24.- CHARALAMBOUS GEORGE, " TROPICAL FOODS : CHEMISTRY AND NUTRITION ",  
United States of America, Academic Press Inc., Nueva York, 1979,  
Vol. 1.
- 25.- DOPANTES ALVAREZ LIDIA, " EL OSCURECIMIENTO ENZIMATICO EN LAS FRUTAS  
Y VERDURAS ",  
México.D.F., Revista de Tecnología de Alimentos, Julio - Agosto de  
1971, No. 4.
- 26.- POTTER NORMAN, " LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS ",  
México, Edutex S.A., D.F., 1978.
- 27.- RIVERA C., ALVARADO I., " EFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE REFRIGERACION  
Y PRESERVACION DE ALMACENAMIENTO EN LA MADURACION DE BANANOS ",  
México.D.F., Revista de Tecnología de Alimentos, Mayo - Junio  
de 1978, Vol. XIII, No. 3.
- 28.- ANDEADE J.A., DE CARVALHO V.D. et al. " CINETICA DE DESHIDRATAÇÃO AN  
BIENTAL DE BANANA EM DIVERSAS FASES DE AMADURECIMENTO ",  
Brasil, Sao Paulo, Revista Brasileira de Tecnología,  
Vol. 11, No. 1, 1980.
- 29.- ARANA E. RAMON, " ATMOSFERAS CONTROLADAS EN LA CONSERVACION DE FRUTAS  
Y HORTALIZAS ",  
México.D.F., Revista de Tecnología de Alimentos, Mayo - Junio de  
1972, Año 7, No. 3.
- 30.- CARRERA LUIS, CARRASCO HECTOR, " LA IRRADIACION DE ALIMENTOS EN MEXI  
CO ",  
México.D.F., Revista de Tecnología de Alimentos, Marzo - Abril de  
1977, Vol. XII, No. 2.
- 31.- BERK Z., " INTRODUCCION A LA BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS ",  
México, El Manual Moderno S.A., D.F., 1980.

- 32.- CANTAROW AND SCHEPARTZ W.R., "BIOCHEMISTRY",  
United States of America, Saunders Co., Philadelphia, 1954.
- 33.- LEHNHINGER, "BIOCHEMISTRY",  
España, Omega, Zaragoza,  
1982, 2a.ed.
- 34.- CIURLIZZA AUGUSTO G., GARCIA D. MA. LUISA, "APLICACION DE UN MODELO  
CINETICO AUTOCATALITICO A LA EVOLUCION DE LOS AZUCARES SOLUBLES EN EL  
PLATANO",  
México.D.F., Revista de Tecnología de Alimentos, Enero - Febrero,  
1976, Vol. XI, No. 1.
- 35.- TERRA N.N., GARCIA E., LAJOLO F.M., "STARCH - SUGAR TRANSFORMATION  
DURING BANANA RIPENING: THE BEHAVIOR OF UDP - GLUCOSA FOSFORILASA,  
SUCROSE SYNTHETASE AND INVERTASE",  
United States of America, Journal of Food Science, 1983, Vol. 48.
- 36.- HARTMAN G., "LE FRUIT APRES RECOLTE: ENZYMES, MATURATION ET SENS  
CEUSE",  
France, Paris, Fruits, Juin 1983, Vol. 38, No. 6.
- 37.- SAMSON J.A., "TROPICAL FRUITS",  
England, Longman, London, 1980.
- 38.- SIMMONS NEILL, "LOS PLATANOS",  
España, Acribia, Zaragoza,  
1976.
- 39.- CONTREPAS MARTINEZ DE ESCOBAR MIGUEL A., "IDENTIFICACION Y CARACTERI  
ZACION DE DIECISEIS CLONES DE PLATANO EN TABASCO",  
México, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco,  
1982, Colección de cuadernos universitarios de la  
Serie de Agronomía No. 4.
- 40.- FUJII MICHICHIRO AND KAWAHIRA YOSHIOKI, "SYNERGISTIC ACTION OF  
AMYLAASE AND GLUCOAMYLAASE ON HYDROLYSIS OF STARCH",  
United States of America, Biotechnology and Bioengineering, 1985,  
Vol. XXVII.
- 41.- MAO W.W. AND KINSELLA J.E., "AMYLAASE ACTIVITY IN BANANA FRUIT: PRO  
PERTIES AND CHANGES IN ACTIVITY WITH RIPENING",  
United States of America, Journal of Food Science, 1981, Vol. 46.

- 42.- JOSLYN AND HEPPD. " FOOD PROCESSING OPERATION ",  
United States of America, AVI Publishing Co.,  
Westport, 1963.
- 43.- BOQUEZ MOLINA ELSA. " CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE EL DESARROLLO DE CARI  
CA PAPAYA VARIEDAD CERA,  
México,D.F., Mayo de 1976, Tesis del IPN.
- 44.- JOSLYN H.A., METHODS IN FOOD ANALYSIS,  
United States of America, Academic Press  
Inc., Nueva York, 1970, 2a. ed.
- 45.- RAUCH G.H., " FABRICACION DE MERMELADAS ",  
España, Acribia, Zaragoza, 2a. ed.
- 46.- TOLEDO FLORES LUIS J., " DESARROLLO DE TRES TECNOLOGIAS PARA EL PROCESA  
MIENTO DEL DURAZNO A NIVEL PILOTO ",  
México.D.F., 1979, Tesis del IPN.
- 47.- HERRMANN KARL, " ALIMENTOS CONGELADOS, TECNOLOGIA Y COMERCIALIZACION ",  
España, Acribia, Zaragoza, 1970.
- 48.- ORTEGA S. ELSA, " INVESTIGACION SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA PIÑA Y -  
CONCENTRACION DEL JUGO ",  
México.D.F., 1982, Tesis del IPN.
- 49.- LDIA ROMERO JOSE FERNANDO. " EL PIATANO. SU CULTIVO, COMPOSICION QUIMICA  
VALOR NUTRITIVO Y DIVERSOS PRODUCTOS PARA CONSUMO Y APROVECHAMIENTO IN -  
DUSTRIAL ",  
México.D.F., 1985, Tesis de la UNAM. Trabajo monográfico.
- 50.- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS, " AOAC ",  
United States of America, AOAC, 1980, 13 a. ed.
- 51.- VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS MEXICANOS, TABLAS DE USO PRACTICO,  
México.D.F., Instituto Nacional de la Nutrición, 1980, 8a. ed.,  
Publicaciones de la División de Nutrición.
- 52.- LARDY BOYER P., MYRBECK K.H., " THE ENZYMS ",  
United States of America, Academic Press Inc.,  
Nueva York, 1960, 2a. ed.

- 53.- " ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS ",  
México.D.F., SPP, 1983.
- 54.- SENSBAUGH A.J., RIESH K.I., " COLOIMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF STARCH IN TOBACCO ",  
USA, Journal of the AOAC, Washington, 1972.
- 55.- KRAMER T., " QUALITY CONTROL FOR THE FOOD INDUSTRY ",  
USA, AVI Publishing Inc., Connecticut, 1973, Vol. 1.
- 56.- FARRILLA CORZAS CAROLINA, " SELECCION DE JUECES SENSORIALES PARA FRUTAS ",  
México.D.F., 1985, Tesis de la Universidad La Salle.
- 57.- ROESSLER E.P. et al. " EXPANDED STATISTICAL TABLE FOR ESTIMATING SIGNIFICANCE IN PAIRED - PREFERENCE, PAIRED - DIFFERENCE, DEJO - TRIO AND TRIANGLE TESTS ",  
USA, Journal of Food Science, Vol. 12 Año 1970.
- 58.- DIXON WILFRID J., MASEY FRANK J., " INTRODUCTION TO STATISTICAL ANALYSIS ",  
USA, Mc. Graw Hill, Nueva York, 1983.
- 59.- USPENSKY J.V., " INTRODUCTION TO MATHEMATICAL PROBABILITY ",  
USA, Mc. Graw Hill, Nueva York, 1980.
- 60.- ADAMS J.K., " BASIC STATISTICAL CONCEPTS ",  
USA, Mac Graw Hill, Nueva York, 1955.
- 61.- ARONS ARNOLD, " EVOLUCION DE LOS CONCEPTOS DE LA FISICA ",  
México, Trillas, D.F., 1970.
- 62.- GUERASIMOV YA., DREIVING E., et al., " CURSO DE QUIMICA FISICA ",  
URSS, Mir, Moscú, Tomo II, 1977.
- 63.- CASTELLAN G., " FISICOQUIMICA ",  
México, Fondo Educativo Interamericano S.A., D.F., 1976.



- 64.- WALPOLE R.F., METTS F.P.H., " PROBABILIDAD Y ESTADISTICA  
PARA INGENIEROS ",  
México, Interamericana, D.F., 1982, 1a. ed.

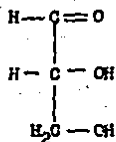
A P E N D I C E

D E

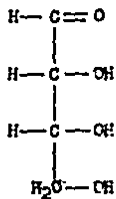
COMPUESTOS QUIMICOS

Figura 2 :

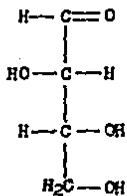
## 1.- Gliceraldehído :



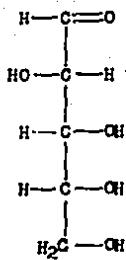
## 2.- Eritrosa :



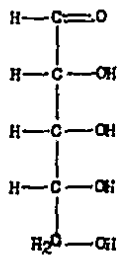
## 3.- Treosa :



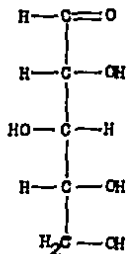
## 4.- Arabinosa :



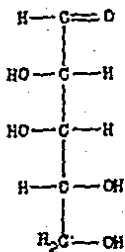
## 5.- Ribosa :



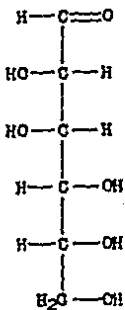
## 6.- Xilosa :



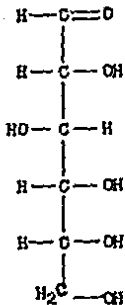
## 7.- Lixosa :



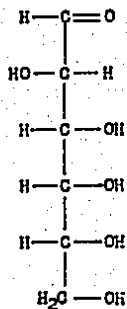
## 8.- Manosa :



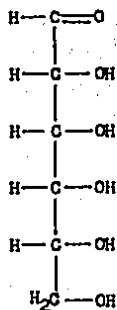
## 9.- Glucosa :



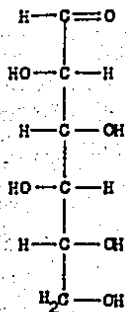
## 10.- Altrosa



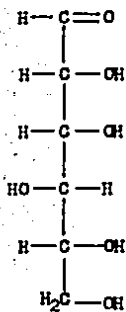
## 11.- Alosa :



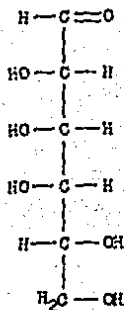
12.- Idosa :



13.- Gulosa :



14.- Talosa :



15.- Galactosa :

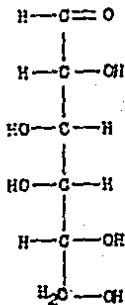
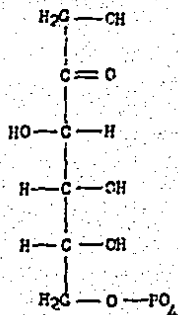


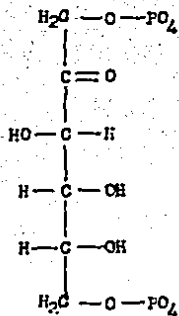


Figura 4 :

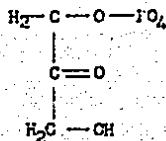
16.- Fructosa - 6 - fosfato :



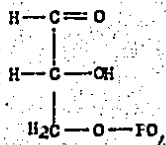
17.- Fructosa - 1,6 - difosfato :



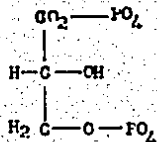
18.- Fosfato de dihidroxiacetona :



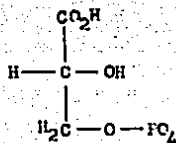
19.- Fosfato de 3 - gliceraldehido :



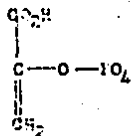
20.- Acido 1,3 - difosfoglicérico :



21.- Acido 3 - fosfoglicérico :



22.- Acido fosfoen-pirúvico :



23.- Acido pirúvico :

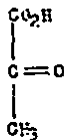
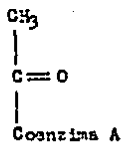
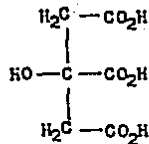


Figura 5 :

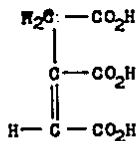
24.- Acetil Coenzima A :



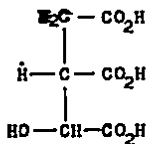
25.- Acido Cítrico :



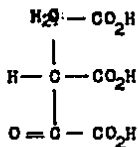
26.- Acido Cis -aconítico :



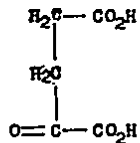
27.- Acido Isocitrico :



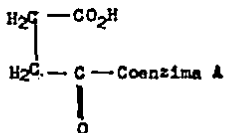
28.- Acido Oxalosuccinico :



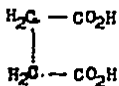
29.- Acido  $\alpha$  - ceto - glutárico :



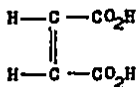
30.- Succinil Coenzima A :



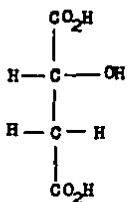
31.- Acido succínico :



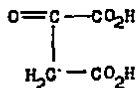
32.- Acido fumérico :



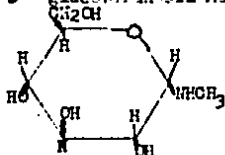
33.- Acido málico :



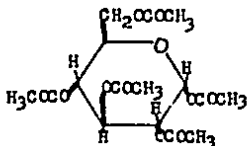
34.- Acido Oxaloacético :



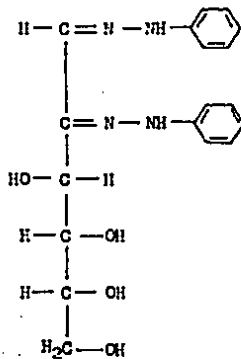
35.- N -  $\alpha$  - D - glucozitransil metilamina :



36.- Penta - O - acetil -  $\alpha$  - D - glucoza :



37.- Fenilosazona de D - glucoza :



S I M B O L O G I A

| <u>S I G N O</u> | <u>C O N C E P T O</u>            |
|------------------|-----------------------------------|
| %                | Por ciento                        |
| mg.              | Miligramos                        |
| g.               | Gramos                            |
| ppm.             | Partes por millón                 |
| kcal.            | Kilocalorías                      |
| ° C.             | Grados centígrados                |
| $\mu$ m.         | Micrómetros                       |
| "                | Segundos                          |
| "                | Minutos                           |
| ° Brix           | Grados Brix                       |
| hrs.             | Horas                             |
| ml.              | Mililitros                        |
| rpm              | Revoluciones por minuto           |
| $\sigma^2$       | Variancias                        |
| $\lambda$        | Grados de libertad                |
| $H_0$            | Hipótesis nula o directa          |
| $H_1$            | Hipótesis alterna                 |
| N                | Número de resultados totales      |
| k                | Número de universos               |
| $S^2$            | Variancias reunidas               |
| A, b, M          | Factores estadísticos de Bartlett |
| $\Sigma$         | Sumatoria                         |
| nm.              | Nanómetros                        |