

## CAPÍTULO III

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PIÑA

##### 3.1.1 Generalidades

La piña (*Ananas comosus*) pertenece a la familia de las Bromeliáceas, género *Ananas* y especie *Sativa* siendo no climatéricas que producen pequeñas cantidades de etileno (Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>).

Es una planta terrestre, rústica, con forma de roseta y de hojas largas, lanceoladas y rígidas que suelen presentar espinas en sus bordes. Bajo condiciones naturales produce a los dos años, para lo cual desarrolla un tallo central erecto sobre el que crece el pedúnculo floral que al madurar origina el fruto múltiple característico.

La piña se encuentra clasificada como una de las frutas más finas de los trópicos y es conocida en todo el mundo, aunque su cultivo se reduce a las zonas tropicales y subtropicales. Se estima que la piña tropical fue cultivada por vez primera por los indígenas de Brasil y Paraguay antes del arribo de los europeos a estas tierras, aunque hoy se encuentran en dichas regiones algunas especies silvestres productoras de frutos pequeños y de semillas. Por tratarse de una planta autoestéril que corrientemente no produce semilla botánica, la reproducción comercial de la piña se hace en forma vegetativa.

En general, la época de plantación de la piña varía en función del material vegetativo utilizado. Cuando se emplea corona, la plantación empieza en marzo y continúa hasta el inicio de la temporada de lluvias (mediados de junio). Precisa de una temperatura media anual de 25-32 °C, un régimen de precipitaciones regular (entre 1000-1500 mm) y una elevada humedad ambiental.

Por lo que respecta a la densidad de población por hectárea, ésta varía desde un mínimo teórico de 25 mil hasta un máximo de 45 mil matas por unidad de superficie. El número de plantas sembradas se encuentra en función del tamaño del fruto que se pretende obtener, mismo que, a su vez, depende del tipo de mercado final del producto. Así, por ejemplo, cuando la producción está destinada al mercado nacional de consumo en fresco, la plantación debe tener una densidad promedio de 30 mil matas por hectárea para obtener un fruto con un peso medio de 2.5 a 2.6 kilogramos; cuando el destino es la industrial, la densidad promedio de la plantación alcanza las 40 mil matas para recolectar un fruto de 2.4 kilogramos promedio y, finalmente, para la exportación en fresco, que requiere de piñas con pesos medios de 2.3 kilogramos, la densidad por unidad de superficie es de 45 mil matas (Rizzo, 2002).

Actualmente, son muchos los países productores del fruto, destacando Filipinas, Tailandia, Estados Unidos de Norteamérica, Sudáfrica, Kenia, Malasia, Costa de Marfil y Australia, entre otros, que en conjunto producen más de las dos terceras partes de la producción mundial (tabla 1). Estadísticas del gobierno del estado de Oaxaca muestra que en 1990, México produjo 301 407 toneladas de piña siendo el 4o. productor de piña en el

mundo con una participación del 8.5%. En los últimos años la producción nacional de piña muestra una clara tendencia en incrementar la producción; entre los principales estados productores a nivel nacional destacan: Veracruz, Oaxaca, Jalisco, Nayarit, Quintana Roo y Tabasco. Veracruz es la principal entidad productora de piña del país. Así entre 1970 y 1989, se tiene que dicho estado aportó en promedio el 56.42% de las superficies nacionales cosechadas del fruto (Anónimo, 2002<sup>a</sup>).

**Tabla 3.1.** Producción mundial de piña

(Toneladas)

1992	1993	1994	1995	1996	1997
11.356.270	11.882.360	11.881.790	12.122.450	12.434.680	12.737.600

FUENTE: FAO pineapples <http://www.fao.org>

Normalmente la piña con un peso superior a los 2.5 kg. es considerada piña de primera; entre 1.5 ó 2.5 kg de segunda y el resto de tercera. De la piña el 13.5% lo conforma la corona, 12% es material aprovechable para jugo, el 54.5% es pulpa y el 20% restante lo forma el cilindro de piña empleado en rebanadas y trozos (10%) y molida (10%) (Rizzo, 2002).

### 3.1.2 Composición

La piña es rica en carotenos y azúcares. El contenido de azúcares permanece constante después de la cosecha, la acidez y el contenido de carotenos se incrementan moderadamente y la concentración de ésteres y el color aumentan considerablemente.

El sabor depende principalmente del contenido de azúcares totales, el cual se puede alterar por la temperatura y la intensidad de la luz durante el crecimiento del fruto, así como también por la estación, el clima, el grado de madurez en la cosecha y las sustancias empleadas para su crecimiento como hormonas y pesticidas (Macrae *et al.*, 1993).

La composición química con relación a 100 g del producto se presenta en la tabla 3.2 (Macrae *et al.*, 1993).

Mehrlich y Felton (1971) listaron 54 compuestos volátiles presentes en la piña, incluyendo 33 ésteres, 4 lactonas, 5 alcoholes, y 9 compuestos carbonilos (Woodroof, 1975).

### **3.1.3 Cambios físicos y químicos de la piña durante la maduración y el almacenamiento**

La piña es una fruta no climatérica por lo que tiene baja velocidad de respiración que declina lentamente después de su cosecha (Arthey y Ashrust, 1996). Produce etileno a bajas velocidades, menos de  $0.2 \mu\text{LC}_2\text{H}_4/\text{kg h}$  a  $20^\circ\text{C}$ . La exposición de las piñas al etileno puede dar lugar a un desverdizado ligeramente más rápido de la cáscara (pérdida de clorofila) sin afectar la calidad interna. Las piñas deben cosecharse cuando adquieren madurez de consumo debido a que no continúan madurando después de la cosecha.

**Tabla 3.2.** Composición nutrimental en 100g de piña.

---

Piña fresca	
Agua (g)	86
Proteína (g)	1
Lípidos (g)	0.1
Carbohidratos (g)	8
Fibra dietaria (g)	2
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	180
Calcio (mg)	27
Magnesio (mg)	11
Hierro (mg)	0.3
Zinc (mg)	0.2
β-caroteno (μg)	25
Tiamina (μg)	40
Riboflavina (μg)	30
Ácido nicotínico (mg)	0.1
Vitamina C (mg)	21

---

La exposición de las piñas a temperaturas inferiores a 7 °C puede producir daño por frío. Las frutas maduras son menos susceptibles que las inmaduras o las parcialmente maduras. Los síntomas incluyen color verde opaco, áreas translúcidas o de apariencia acuosa en la pulpa, oscurecimiento del tejido del corazón, mayor susceptibilidad a las pudriciones, y marchitamiento y pérdida de color de las hojas de la corona. También si se almacenan las piñas a temperaturas inferiores a 7 °C puede producir un manchado pardo interno o corazón negro. El encerado es efectivo para reducir los síntomas del daño por frío. Un tratamiento con calor a 35°C por un día reduce los síntomas de esta fisiopatía en piñas transportadas a 7°C debido a que limita la actividad de polifenol oxidasa y consecuentemente el pardeamiento del tejido.

Las piñas sufren pudrición causada por *Thielaviopsis paradoxa*, siendo la enfermedad más grave postcosecha. Este oscurecimiento se debe al a salida de agua de la piel que se encuentra sobre las porciones dañadas de la pulpa. A medida que la pulpa se ablanda, la piel encima de ella se rompe fácilmente bajo una presión ligera.

Además las piñas sufren fermentación por levaduras causada por *Saccharomyces spp*, generalmente se le asocia con fruta sobre madura. Las levaduras entran a la fruta a través de heridas. La pulpa se vuelve blanda, de color amarillo brillante y pierde continuidad debido a la presencia de cavidades con gas (bióxido de carbono y otros compuestos volátiles producto de la fermentación), (Anónimo, 2002<sup>b</sup>).

La tasa de respiración de las piñas se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3.3.** Tasa de respiración a diferentes temperaturas.

Temperatura	7 °C	10 °C	13 °C	15 °C
mL CO <sub>2</sub> /kg h	2-4	3-5	5-8	8-10

Los efectos de las atmósferas controladas son las siguientes (Anónimo, 2002<sup>b</sup>):

- 3-5% O<sub>2</sub> y 5-8% CO<sub>2</sub>.
- Los beneficios de la atmósfera controlada incluyen retraso de la senescencia y reducción en la tasa de respiración.
- Vida postcosecha potencial: 2-4 semanas en aire y 4-6 semanas en atmósfera controlada a 10 °C, dependiendo del cultivar y del grado de madurez.
- Debe evitarse la exposición a concentraciones de O<sub>2</sub> inferiores al 2% y/o de CO<sub>2</sub> superiores al 10% debido a que pueden desarrollarse sabores desagradables.
- El encerado puede aplicarse para modificar las concentraciones internas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de la fruta en forma suficiente como para reducir la incidencia y severidad del manchado interno pardo.

### **3.1.4 Procesamiento de la piña**

Su consume es de años atrás y las presentaciones más comunes son en rebanadas o trozos en almíbar, purés o jugos. La piña no es una fruta climatérica por lo que debe cuidarse su tiempo de cosecha. Debido a sus características es recomendable procesarla lo más rápido posible para minimizar su deterioro, así la cantidad de fruta almacenada debe ser mínima.

Una vez alcanzado su estado de madurez, la piña se procesa de distintas maneras, la más común debido a su peculiar forma natural es enlatada, en rebanadas, trozos, bocaditos empaquetados; jugo y pulpa la cual sirve para formulación de mermeladas.

Para la obtención de jugo de piña se llevan acabo los siguientes pasos: lavado, pelado, pulpeado, centrifugado, calentamiento y envasado. El jugo de piña puede llevar o no un clarificado. La centrifugación forma parte de un proceso de clarificado que tiene dos propósitos: remover manchas (pedazos de la piel) y controlar la cantidad de sólidos solubles. El jugo de piña requiere cierta cantidad de sólidos solubles (12-24%) para cumplir con el estándar de identidad (Somogyi *et al.*, 1996<sup>b</sup>).

## **3.2 TRATAMIENTO TÉRMICO**

### **3.2.1 Generalidades**

Por esterilización y pasterización comercial se entiende la aplicación de un proceso térmico a un alimento con el cual se logra conseguir la estabilidad y comestibilidad del alimento destruyendo todos los microorganismos patógenos en el alimento o aquellos patógenos y deteriorativos que puedan crecer durante el transporte y almacenamiento (Rees y Bettison, 1991).

En la actualidad, las nuevas tendencias en el consumo de alimentos exigen que éstos sean además de seguros, estables por largos periodos de tiempo, de alto nivel nutritivo, agradables, convenientes y en general, que conserven lo más posible todas las

características del alimento fresco. Para obtener un producto de alta calidad, se debe de optimizar el tratamiento térmico basándose en las diferencias existentes de la dependencia de la temperatura entre la inactivación microbiológica y los cambios químicos y sensoriales (Lund, 1977).

Para determinar el grado del tratamiento térmico se deben considerar los siguientes factores (Nath y Ranganna, 1980):

- 1) Tipo y termorresistencia del microorganismo, espora o enzima de importancia presente en el alimento
- 2) pH del alimento
- 3) Condiciones de almacenamiento
- 4) Propiedades termofísicas del alimento
- 5) Tamaño y forma del empaque

Una de las ventajas de emplear el tratamiento térmico como método de conservación de alimentos es que es económica, empleado en condiciones óptimas produce alimentos seguros y libres de químicos. Además la mayoría de los microorganismos son termolábiles por lo que son destruidos por las temperaturas utilizadas, prolongando la vida de almacenamiento de los productos. Sin embargo un procesamiento excesivo provoca el

desarrollo de sabores, olores y colores desagradables, así como pérdida de nutrientes (Ramesh, 1999).

### **3.2.2 Cinética de destrucción microbiana, inactivación enzimática y de degradación de factores de calidad**

#### **3.2.2.1 Generalidades**

Los cambios en la calidad sensorial y nutricional son ocasionados por reacciones químicas en los alimentos que tienen una dependencia con la temperatura, al igual que la inactivación de sistemas biológicos como enzimas y microorganismos que también son dependientes de la temperatura. El valor de  $z$  corresponde a la temperatura necesaria para producir un cambio en relación a una reacción química o una inactivación biológica (Ohlsson, 1980).

Las bacterias, al igual que algunos factores de calidad se destruyen en forma logarítmica cuando se someten a calor por determinado tiempo. La proporción de muerte permite comparar la resistencia al calor de diferentes especies de microorganismos a una misma temperatura o la resistencia de una especie a diferentes temperaturas. Así también se debe conocer la dependencia en temperatura para determinar el efecto de destrucción (inactivación o degradación) a través de un perfil de temperaturas que depende principalmente del tiempo de subida (CUT) necesario para alcanzar la temperatura de procesado (Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>).

El pH del producto determina la severidad del tratamiento térmico. En alimentos considerados de baja acidez (pH mayor a 4.5) se desea la destrucción de bacterias patógenas, en cambio en alimentos ácidos (pH menor a 4.5) se desea la destrucción de microorganismos deteriorativos y la inactivación de enzimas. La mayoría de las frutas tienen valores de pH cercanos a 4.5 por lo que son susceptibles a ser atacadas por microorganismos deteriorativos como mohos, levaduras y bacterias ácido lácticas. También contienen ciertas enzimas como catalasa, peroxidasa, polifenoloxidasa o pectinesterasa, las cuales presentan una elevada termorresistencia, principalmente la peroxidasa (Rahman, 1999).

La destrucción de microorganismos e inactivación de enzimas siguen en general una cinética de reacción de primer orden (Jay, 2000):

$$\square \frac{dN}{dt} = kN \quad (1)$$

rearreglándola:

$$\square \frac{dN}{N} = kdt \quad (2)$$

en donde:

N = concentración o actividad enzimática

k = constante de proporcionalidad

t = tiempo

Integrando la ecuación (2) entre los límites  $N_0$  al tiempo 0 y N al tiempo t:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kt \quad (3)$$

tenemos:

$$-\ln N + \ln N_0 = kt \quad (4)$$

donde esta ecuación es equivalente a:

$$2.303 \log \frac{N}{N_0} = -kt \quad (5)$$

rearrreglando:

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{kt}{2.303} \quad (6)$$

donde:

$N_0$  = concentración o actividad enzimática inicial

N = concentración o actividad enzimática después del tiempo de calentamiento

### 3.2.2.2 Tiempo de inactivación térmica y valor D

Para obtener y evaluar los parámetros en un tratamiento térmico se emplean los valores D, z y F. El valor D de un microorganismo o enzima depende de la temperatura del proceso. El valor D o tiempo de reducción decimal es el tiempo requerido a una temperatura constante para destruir el 90% de las enzimas, esporas o células vegetativas de un organismo dado (Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>). Graficando el  $\log(N/N_0)$  contra el tiempo se obtiene una línea recta cuya pendiente es  $1/D$  (Lewis y Heppell, 2000).

El valor D se relaciona con el parámetro k por medio de la siguiente ecuación:

$$D = \frac{2.303}{k} \quad (7)$$

sustituyendo (7) en (6) se obtiene:

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{D} \quad (8)$$

despejando de la ecuación anterior el tiempo:

$$t = D \left[ -\log \frac{N}{N_0} \right] \quad (9)$$

### 3.2.2.3 Dependencia de la temperatura y valor z

El valor z es el intervalo necesario de temperatura para atravesar un ciclo logarítmico en la curva de destrucción térmica. Este valor se obtiene del recíproco de la pendiente de la gráfica del logaritmo de los valores D contra las temperaturas a las que fueron obtenidos.

La ecuación de Arrhenius se emplea para relacionar la dependencia de la temperatura en la cinética enzimática (Somogyi *et al.* 1996<sup>a</sup>):

$$k = k_o \exp^{(-Ea/RT)} \quad (10)$$

donde:

k = constante

Ea = energía de activación

T = temperatura absoluta

R = constante de los gases

### 3.2.2.4 Penetración de calor

La penetración de calor durante el proceso térmico puede ser por conducción o convección, aunque también pueden ocurrir ambos mecanismos combinados, dependiendo de la naturaleza del producto y su consistencia. La transmisión de calor por conducción se

lleva a cabo cuando el calor pasa a través de las moléculas en forma ordenada y sin flujo visible de materia y éste se presenta en alimentos sólidos o con alta viscosidad. En cambio en la convección, la transmisión de calor se da por el desplazamiento de materia, es decir, es un flujo de calor macroscópico donde la porción caliente del alimento se vuelve menos denso y sube provocando la circulación de la masa dentro de la lata, como sucede con los líquidos.

La penetración de calor por el mecanismo de conducción es lenta y el producto que se encuentra junto a las paredes se calienta primero y sufre la acción degradante del calor si no se procesa en condiciones adecuadas y selectivas (Rodrigo *et al.* 1980<sup>a</sup>). En cambio la transmisión de calor en la convección es mucho más rápida, por lo que la degradación que sufre el alimento es mucho menor. Además de la consistencia y naturaleza del alimento, es importante considerar la geometría y tipo de material del envase, el grosor de las paredes y la temperatura inicial del alimento, ya que afectan la velocidad de transferencia de calor.

### **3.2.2.5 Curvas de penetración de calor**

Es necesario contar con una historia de temperatura del producto y de las características de termorresistencia del parámetro evaluado ( $z$  y  $F_0$ ) en el establecimiento de un esquema del tratamiento térmico. El registro de las temperaturas durante el procesamiento térmico permite la elaboración de las curvas de penetración de calor en el producto. La historia de temperatura del producto durante el proceso depende de ciertos factores (Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>):

- a) el proceso de calentamiento

- b) el medio de calentamiento
- c) las condiciones de calentamiento
- d) el tipo de producto y
- e) el tipo de empaque

Existen dos tipos de métodos para el cálculo de procesos: método general, basado en datos de tiempo-temperatura durante el procesamiento térmico que se usan para obtener los efectos de letalidad y el método fórmula, el cual emplea los datos de penetración de calor obtenidos de datos experimentales de tiempo-temperatura (Somogyi *et al*, 1996<sup>a</sup>).

#### **3.2.2.6 Método general: cálculo de procesos de pasterización**

Consiste en un procedimiento gráfico de integración de los efectos letales de varias combinaciones tiempo-temperatura en el alimento enlatado durante su proceso térmico. Este método fue descrito por Bigelow *et al.* (1920<sup>b</sup>) y es empleado para determinar el valor de la esterilización de un proceso. El método gráfico es aplicable cuando se conocen las condiciones de tiempo necesario para alcanzar la temperatura de retorta, los datos tiempo-temperatura de penetración de calor y la temperatura del agua de enfriamiento. Este método no aplica con exactitud en procesos donde la temperatura y/o la temperatura inicial del producto es diferente de las que se obtuvieron los factores térmicos originales del proceso.

### 3.2.2.7 Método de la fórmula

Es un método matemático para evaluar la letalidad de los tratamientos térmicos desarrollado por Ball (1923). Se pueden obtener los datos de penetración de calor y los factores como ventaja sobre el método anterior y así se pueden aplicar a procesos semejantes del mismo producto, incluso bajo condiciones diferentes de procesamiento.

Además, este método considera el tiempo de subida a la temperatura deseada (CUT). Se puede considerar que el 40% del tiempo total del CUT es el que tiene efecto letal.

### 3.2.2.8 Letalidad

La letalidad es el tiempo equivalente de calentamiento a un minuto a la temperatura de referencia, 180°F para pasteurización y 250°F para esterilización. La letalidad puede ser calculada a través de la siguiente ecuación:

$$L = 10^{\left(\frac{T - T_{ref}}{z}\right)} \quad (11)$$

donde:

L = letalidad

T = cualquier temperatura letal

T<sub>ref</sub> = temperatura a la cual se obtiene una letalidad de 1 minuto para el parámetro de calidad evaluado empleado como referencia

z = los grados de temperatura requeridos para atravesar un ciclo logarítmico en la curva de destrucción térmica.

En el método general, el tiempo está representado por las abscisas y el valor de letalidad en las ordenadas, cada uno correspondiente a sus tiempos. El área bajo la curva se expresa en unidades de letalidad. Para calcular el tiempo de proceso necesario para una unidad de letalidad, la parte de enfriamiento de cualquier curva de letalidad se desplaza de derecha a izquierda hasta obtener un área equivalente a uno. Una vez que la curva ha sido ajustada, el tiempo necesario para lograr la esterilización se considera como el tiempo representado por la intersección de la curva de enfriamiento y el eje x es un procedimiento de prueba y error (Stumbo, 1973).

Los tiempos de calentamiento a otras temperaturas (F<sub>T</sub>) se pueden convertir a minutos equivalentes (F<sub>o</sub>) a la temperatura de referencia a través de la siguiente expresión:

$$F_o = F_T 10^{(T - T_o)/z} \quad (12)$$

Esta ecuación se conoce como la primera ley de destrucción térmica de microorganismos, factores de calidad o de inactivación enzimática (Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>).

### 3.2.2.9 Efecto del tratamiento térmico en enzimas

Las enzimas presentes en los alimentos son capaces de degradar el color, aroma, textura y sabor entre otros atributos produciendo el deterioro de éstos. Sin embargo la resistencia de las enzimas al calor varía dependiendo de las características de la fruta como tipo, pH y contenido de sólidos solubles (Somogyi, *et al.*, 1996<sup>a</sup>)

Se puede predecir los cambios de calidad durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos por medio del conocimiento de las cinéticas de inactivación de las enzimas importantes. Se necesitan dos parámetros para caracterizar la estabilidad térmica de una enzima, la velocidad de inactivación a una temperatura específica expresada, como valor D, y conocer la variabilidad en la velocidad a diferentes temperaturas, como energías de activación o valor z (Anthon *et al.*, 2002<sup>b</sup>).

En general, los tratamientos HTST tienen ventajas sobre otros tratamientos de pasteurización. Sin embargo, si el alimento contiene además de microorganismos enzimas causantes del deterioro, los tratamientos aplicados no pueden ser suficientes para inactivar las enzimas causantes del deterioro debido a las diferentes respuestas al calor.

La velocidad de destrucción enzimática es mayor a temperaturas bajas que la de los microorganismos, en cambio a temperaturas altas se invierten los términos destruyéndose más rápido los microorganismos que las enzimas. Para un determinado producto, hay siempre una temperatura de referencia en la que se igualan las velocidades de destrucción (Harris y Karmas, 1975).

### **3.2.2.10 Efecto del tratamiento térmico en la degradación de atributos sensoriales**

Los principales efectos ocurridos durante el tratamiento térmico son los cambios físicos y químicos. Los cambios más importantes son los cambios en textura, sabor y olor, color y en el contenido nutricional. De acuerdo con Lewis y Heppell (2000) estos cambios debidos a tratamientos de pasterización son cambios en sabor debidos a desarrollo de sabor a cocido y con consecuencia de desarrollo de sabores/olores oxidados, cambios texturales, tales como sedimentación, espesamiento o gelación, cambios en el contenido de nutrimentos, debido a la pérdida de vitaminas y minerales y cambios en color.

Debido a los tratamientos térmicos a que son sometidos los alimentos se modifica por el efecto de la cocción el sabor y el aroma. Existen varios alimentos ácidos, como por ejemplo las frutas, que requieren de poca cocción, debido a que interesa conservar al máximo su aroma y sabor naturales. La cocción inadecuada ocasiona efectos indeseables sobre el sabor, olor y otros factores de calidad. Estos pueden ser debidos a:

- a) Oscurecimiento debido a reacciones de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores a consecuencia de los cuales pueden producirse importantes alteraciones en el sabor y olor de las frutas sometidas a tratamientos de pasterización.
- b) Caramelización causada por el efecto del calor sobre los azúcares y otros compuestos que además de producir coloraciones oscuras, alteran el sabor y aroma.
- c) Oxidación y polimerización del ácido ascórbico causando desarrollo de aromas y sabores impropios del alimento.
- d) Polimerización de aldehídos que producen compuestos oscuros y sabores extraños.

### 3.3 PECTINESTERASA

#### 3.3.1 Generalidades

La pectinmetilesterasa (PE), es una enzima que cataliza la desesterificación del ácido galacturónico en pectinas, liberando metanol; es decir hidroliza los ésteres metílicos de la pectina. Ataca a la cadena de pectina desde el extremo reductor a partir de grupos carboxilo libres y procede linealmente a través de la molécula dejando bloques sucesivos de residuos de ácido galacturónico con grupo carboxilos libres. Esto provoca la liberación de metanol incrementado la firmeza del tejido (Alzamora *et al.*, 2000; Somogyi *et al.*, 1996<sup>a</sup>).

La pectinesterasa se encuentra principalmente en las frutas y provoca junto a la poligalacturonasa que las pectinas se degraden y que la fruta adquiera una textura más adecuada para ser consumida. Esto debido a que producen mayor número de grupos carboxilos libres que pueden interaccionar con iones divalentes como el calcio para establecer estructuras tridimensionales rígidas que aumenta la dureza de la fruta que la contienen. Sin embargo, una actividad excesiva puede provocar el ablandamiento de los tejidos causando la pérdida de la textura y propicia las condiciones para el ataque microbiano, así como también aumenta la concentración del ácido galacturónico. Ciertos jugos, como los cítricos, presentan viscosidad y turbidez debido a las pectinas que se encuentran en suspensión. La actividad de la pectinesterasa produce la hidrólisis, desesterificación y desestabilización de coloides, causando su precipitación y pérdida de sus propiedades. Es por esto que durante la manufactura de jugos es importante la

inactivación enzimática mediante tratamientos térmicos, considerando el pH, concentración o grados Brix de éstos (Badui, 1999).

La enzima pectinesterasa es causante de la pérdida de nube en jugos y la gelación en concentrados de frutas. La presencia de la nube es importante en la apariencia y la retención de ciertos componentes relacionados con el sabor de los productos que están asociados con la nube (Sadler et al., 1992).

### **3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL**

#### **3.4.1 Generalidades**

La evaluación sensorial es una rama de la ciencia de los alimentos que emplea juicios humanos para determinar las características sensoriales de los alimentos (O'Mahony, 2000). La evaluación sensorial son una serie de técnicas que miden de forma precisa la respuesta humana producida por un alimento o producto, y que además, minimiza la posible sugestión por efecto de una marca u otra información que influya en la percepción del consumidor. Por lo tanto es una ciencia cuantitativa en la cual se obtienen datos numéricos par establecer relaciones legítimas y específicas entre las características de un producto y la percepción humana, en la que se busca aislar las propiedades sensoriales del alimento y proporcionar información útil (Lawless y Heymann, 1999).

O'Mahony (2000) menciona que la evaluación sensorial en la industria de alimentos se emplea para correlacionar propiedades sensoriales con propiedades químicas y/o físicas

donde se identifican las sustancias químicas que imparten sabores y olores característicos, manipular las propiedades físicas para obtener alguna mejora en textura, palatabilidad, formulación de sabores artificiales, etc.

Existe una interrelación entre los estímulos físicos y químicos producidos por el alimento y el consumidor durante su consumo. Cuando el alimento es evaluado por los jueces se produce una relación estímulo-organismo-respuesta, en donde el alimento genera un estímulo y la respuesta es la interacción provocada en el juez, el cual a través de una escala o número describe la naturaleza del sabor del producto evaluado. La respuesta se puede ver afectada por varios factores como la forma en que se presenta la muestra, el ambiente, el propio juez, el cual debe ser imparcial en su respuesta (Macrea *et al.*, 1993).

Es de gran importancia utilizar la evaluación sensorial adecuada para obtener las respuestas deseadas correctamente. Por lo tanto, existen diferentes tipos de evaluaciones sensoriales (Lawless y Heymann, 1999):

- a) Pruebas discriminatorias, que son empleadas para determinar si existe alguna diferencia entre los productos, en ocasiones se emplea pruebas de selección forzada y un panel de jueces entrenados.
- b) Pruebas descriptivas usadas para conocer características sensoriales específicas entre diferentes productos, requiere de un panel de jueces entrenados o altamente entrenados.
- c) Pruebas afectivas empleadas para conocer que tanto gusta un producto o la preferencia de un producto sobre otro. Es una prueba hedónica que requiere de un grupo de personas representativas de una población.

### 3.4.2 Índice R

Es una prueba para estudios en relación a la memoria y reconocimiento para distinguir pequeñas diferencias entre estímulos confundibles. En esta prueba se obtiene la probabilidad de distinguir correctamente entre dos estímulos. Es decir, es la probabilidad de discriminar un estímulo específico presente contra otro similar y fácilmente confundible en una prueba de comparación pareada. A mayor probabilidad de distinguir, mejor es la discriminación, y por consiguiente mayor es la diferencia entre los dos estímulos para el juez.

Durante la prueba el juez únicamente califica la muestra como “diferente de” o “igual a” de una muestra de referencia, y establece qué tan seguro está de realizar su juicio. Con esta información se obtienen medidas numéricas del grado de diferencia.

En el índice R se pueden emplear dos productos diferentes, “N” que representa el producto regular y “S” que representa el producto nuevo, reformulado o modificado, que corresponderían a ruido y señal respectivamente, cuyo propósito es el de determinar el grado de diferencia entre “S” y “N”. Debido a que esta prueba resulta sencilla, libre de criterio y el juez no tiene que realizar un estimado numérico para determinar las pequeñas diferencias resulta ventajosa. Aunque al reducir el número de muestras para realizar el análisis se puede hacer una estimación inexacta ya que el error de estimación llega a anegar el estímulo a medir.

En este tipo de pruebas el juez debe de encontrarse familiarizado con los productos a evaluar. En el caso de trabajar con productos nuevos es necesario que éste reciba un entrenamiento para que se familiarice con las muestras. El índice R puede ser empleado para clasificar la presencia o ausencia de un estímulo y para calcular pruebas de preferencia que involucren un posicionamiento del estímulo, siempre cuando exista una dimensión del mismo. Las pruebas que se emplean en estos casos son intensidad del estímulo, prueba pareada de preferencia y ranqueo hedónico (O'Mahony, 1992).