

870127

14,  
2g

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES OPTIMAS DE  
DESHIDRATACION DE FRESAS COMO  
METODO DE CONSERVACION**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

**PRESENTA**

**GUADALUPE GIL GUARDADO**

**ASESOR: ING. ENRIQUE MACEDO VELASCO**

**GUADALAJARA, JALISCO, 1987**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# INDICE

CAPITULO I	PAG.
INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO II	
GENERALIDADES . . . . .	2
2.1) Actividad de Agua . . . . .	3
2.2) Distribución del agua contenida en los Alimentos . . . . .	4
2.3) Contenido de humedad . . . . .	6
2.4) Descripción botánica de la fresa . . . . .	6
2.5) Composición bromatológica de la fresa . . . . .	7
2.6) Tipos de cambios químicos . . . . .	9
2.7) Deshidratación . . . . .	9
2.8) Microbiología de los alimentos deshidratados . . . . .	13
CAPITULO III	
DISEÑO DEL SECADOR . . . . .	15
METODOLOGIA EXPERIMENTAL . . . . .	15
CAPITULO IV	
RESULTADOS . . . . .	28
CAPITULO V	
CONCLUSIONES . . . . .	31
CAPITULO VI	
BIBLIOGRAFIA . . . . .	33

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

## C A P I T U L O I

### INTRODUCCION.

La fresa es una fruta de cultivo cíclico, y en la forma en que se está cultivando, la producción se ve reducida al mínimo durante la época de lluvias en todo el país. Junio, julio, agosto, septiembre y octubre son los meses más lluviosos y durante este tiempo la fresa alcanza costos muy elevados, excediéndose hasta 4 ó 5 veces más de su precio normal.

El fenómeno de la escasez no solamente se produce en el tiempo de lluvias, sino que también la demanda de la fresa cada vez es mayor en la Industria Alimentaria para su uso comercial, ya sea procesada como mermelada, bebidas o conservándola por medio de congelación o en este caso como fresas deshidratadas.

Los recursos tecnológicos posibles en la deshidratación se deberán tener, para que de esta manera se puedan utilizar las fresas en épocas de no producción y escasez por las circunstancias ya mencionadas. También se analizarán las diferentes alternativas y factores que intervienen en la deshidratación de las fresas.

El método de conservación de fresas utilizado actualmente es la congelación como método tecnológico, por estas razones se consideró que la deshidratación podría usarse como otra alternativa para conservación de las fresas.

Se considera que con la deshidratación existe deterioro en cuanto a su aspecto físico, pero es posible conservar su sabor si el proceso de deshidratación se realiza bajo ciertas condiciones controladas.

La deshidratación como método de conservación se ensayó con el propósito fundamental de que pueda llegar a utilizarse teniendo como base los datos obtenidos de las pruebas realizadas, y subsecuentemente mediante trabajos de experimentación a nivel de pruebas piloto como un recurso para que pueda ser utilizado por el propio productor de fresas para que tenga mayores alternativas de comercialización, que le aseguren a su vez la continuidad en el mercado.

En la congelación de las fresas se pierde su estructura física lo que se refleja en un textura pobre cuando se descongela pues libera el agua contenida en las células de los tejidos, lo cual hace que la fruta pierda su consistencia y el tejido se vuelva flojo, pero primordialmente la fresa conserva su sabor que es muy importante para cualquier proceso de conservación.

G E N E R A L I D A D E S

## CAPITULO II

## GENERALIDADES.

El método de conservación por secado es uno de los más antiguos que conoce el hombre.

Ya antes del nacimiento de Cristo se sometía la fruta al proceso de secado para su conservación en vasijas.

Se cree que el descubrimiento del secado de fruta se debió a un accidente hace miles de años, cuando el hombre notó que al evaporarse el agua de la fruta se concentraban los azúcares naturales evitando de este modo, la aparición de organismos perjudiciales y el deterioro de la misma.

No cabe duda de que esta técnica comenzó debido a un exceso en las cosechas de fruta, no absorbible por las necesidades inmediatas; en estos casos la fruta sobrante se ponía al sol y se guardaba para los meses de invierno. Mediante este sistema de conservación era posible disponer de muchas frutas durante todo el año.

La fruta seca es especialmente nutritiva porque al secarse, los elementos nutritivos que contiene se concentran al máximo. Siendo los elementos importantes algunas proteínas, carbohidratos en cantidades considerables, varias vitaminas esenciales, sales minerales y fibra.

Las frutas forman un grupo variable de alimentos y una fuente muy importante de vitaminas para la alimentación humana.

La mayoría de las frutas se pueden comer en estado fresco, de manera que para poder aprovechar estos productos a largo plazo es necesario transformarlos empleando diferentes métodos de conservación. Estos métodos consisten en cambiar la materia prima, de manera que los organismos putrefactores y las reacciones químicas, enzimáticas no puedan desarrollarse, por lo que en su conservación por desecación hay que eliminar la humedad o fijarla por medio de ciertos solutos.

La humedad se puede eliminar de los alimentos por varios métodos, uno de ellos son los alimentos deshidratados artificialmente por medio del calor producido bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

La destrucción de los microorganismos por el calor se debe a la coagulación de sus proteínas y especialmente a la inactivación de las enzimas necesarias para su metabolismo.

### 2.1) ACTIVIDAD DE AGUA.

Se define como actividad de agua al grado de interacción del agua con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetos. Este factor se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$a_a = \frac{P}{P_o} = \frac{\% HR}{100}$$

donde

- a = actividad de agua.
- P = presión de vapor del agua del alimento a temperatura T
- Po = presión de vapor del agua pura a temperatura T
- %HR = humedad relativa de equilibrio del alimento a la cual no se gana ni se pierde agua.

Todos los alimentos incluyendo los deshidratados contienen cierta cantidad de agua. en consecuencia es de suma importancia conocer las propiedades físicas y químicas del agua contenida.

En la producción de alimentos deshidratados es necesario considerar la influencia del agua para obtener un producto con buena aceptación, igualmente durante la rehidratación de los alimentos, se requiere conocer la forma en que el agua se comporta para evitar daños que reduzcan su calidad. El agua es un factor determinante en la inhibición o propagación de la diferentes reacciones químicas, enzimáticas o microbiológicas que pueden aumentar o reducir el valor nutritivo y la calidad de los alimentos.

Las proteínas, los carbohidratos y los lípidos contribuyen a la formación de complejos hidratados de alto peso molecular dentro de estos tejidos y cuya caracterización y cuantificación en un alimento es demasiado difícil de efectuar, por lo cual hablar del contenido de humedad de un alimento, se refiere a toda el agua global.

El agua no solo contribuye a las propiedades reológicas y de textura de un alimento a través de su estado físico, sino que sus interacciones con los diferentes componentes también determinan el tipo de reacciones químicas que se pueden suscitar en el alimento. El deterioro de las grasas a través de su oxidación se produce en alimentos deshidratados con una actividad de agua muy baja, y a medida que aumenta, se inducen las reacciones enzimáticas hidrolíticas y las de oscurecimiento no enzimático.

En la industria se reduce la actividad de agua de los alimentos a través del uso de varios aditivos que ayudan a evitar

Los efectos que sufran los diferentes productos durante su manipulación, procesamiento y almacenamiento. Debido a las propiedades coligativas, la adición de solutos no volátiles que se usan (sales, azúcares) actúan no solo como saborizantes, sino también como reductores de la actividad de agua mínimos para el crecimiento microbiano.

## 2.2) DISTRIBUCIÓN DEL AGUA CONTENIDA EN LOS ALIMENTOS.

El agua presente en los alimentos no se encuentra en estado puro sino que puede estar en forma de solución de sólidos, del gel, en emulsión o ligada de diversos modos a los constituyentes sólidos.

Al referirnos al contenido de humedad de los alimentos, implicamos que está constituido por materia seca y cierta cantidad de agua.

Existen cuatro tipos de agua asociados a los alimentos vegetales: agua capilar, agua en solución, agua adsorbida y agua de composición.

2.2.a) Agua capilar: es la que se encuentra retenida en la red de los espacios capilares extracelulares de los tejidos de los alimentos. El agua retenida en los capilares tiene una presión de vapor más baja que la del agua libre; la disminución de la presión de vapor depende de las fuerzas de atracción capilar.

2.2.b) Agua de solución: en la mayoría de los alimentos existen factores constitutivos solubles en agua, tales factores forman una solución en el alimento, que tiene una presión de vapor más baja que la del agua libre.

2.2.c) Agua adsorbida: la adsorción consiste en la acumulación de capas de moléculas de vapor de agua, retenidas en la superficie por fuerzas electrostáticas, hasta formar una capa monomolecular. El agua adsorbida está retenida por fuerzas químicas o agrupamientos químicos que presenta la superficie de proteínas o polímeros de carbohidratos por lo que todos los agrupamientos están ligados a una molécula de agua.

2.2.d) Agua de composición: es el agua que está combinada, en una unión química con los constituyentes de los alimentos, las proteínas presentes en los alimentos contienen gran parte de esta agua de composición, que si se elimina sufre cambios irreversibles en sus propiedades.

En la gráfica No 1 se ilustra la velocidad relativa de reacción bioquímica con los diferentes valores de actividad de agua, por lo que a mayor coeficiente de actividad de agua existe mayor actividad biológica (actividad bacteriológica, enzimática y oxidativa).

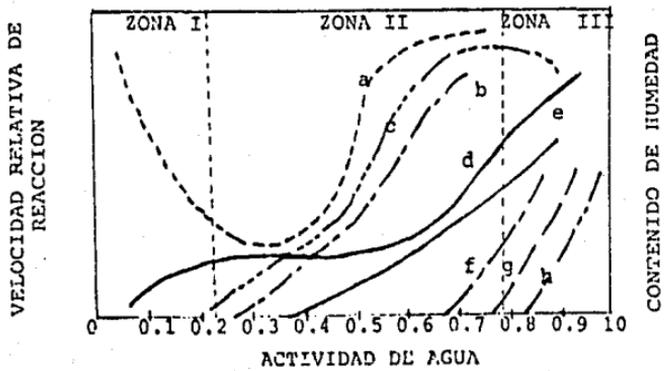
El agua puede distribuirse en las diferentes zonas de los alimentos, siendo el agua de la zona III el agua libre que se

encuentra en macropilares y forma parte de las soluciones que disuelven los azúcares y sustancias de bajo peso molecular que contienen los alimentos. Este tipo de agua es el primero en eliminarse durante todos los tratamientos térmicos de deshidratación a los que se sujetan los alimentos.

La zona III es la más abundante en la mayoría de los alimentos y está disponible para las diferentes reacciones químicas y para el crecimiento de los microorganismos. En la zona II el agua se encuentra distribuida en diferentes capas más estructuradas, y es más difícil eliminarla que la de la zona III, se puede observar que las reacciones químicas se reducen considerablemente cuando el alimento tiene una cantidad de agua que está dentro de la zona II y además evita el crecimiento microbiano. Los productos deshidratados pierden este tipo de agua y alcanzan una mayor estabilidad con valores de humedad de 7-8 %.

El agua de la zona I representa la capa monomolecular y es la más difícil de eliminar en los procesos térmicos de secado, en algunos casos se pueda reducir parcialmente durante la deshidratación. Las reacciones de oxidación de lípidos se efectúan más fácilmente en esta zona, y por lo tanto en la industria de los deshidratados es muy importante obtener productos con un mínimo contenido de humedad, para evitar reacciones propias de los alimentos.

GRAFICA No 1



Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua a 20° C. a) Oxidación de lípidos; b) Reacciones hidrolíticas; c) Oscurecimiento no enzimático; d) Isotherma del contenido de humedad; e) Actividad enzimática; f) Crecimiento de bacterias; g) Crecimiento de levaduras; h) Crecimiento de hongos.

## 2.3) CONTENIDO DE HUMEDAD.

El contenido de humedad en un alimento puede expresarse sobre la base del peso húmedo, siendo también masa de agua por unidad de masa del producto húmedo, o sobre la base del peso seco, siendo expresado de otra manera masa de agua por unidad de masa de los componentes sólidos desecados.

2.3.1) Contenido de humedad en equilibrio: cuando un producto orgánico se mantiene en contacto con aire y humedad constantes, hasta que se alcance el equilibrio, el producto adquiere un contenido de humedad definido. Este contenido de humedad se denomina contenido de humedad en equilibrio del producto bajo condiciones especificadas. Es posible medir el contenido de humedad en equilibrio bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad y de esta forma construir curvas que relacionan el contenido de humedad del producto y la humedad de la atmósfera a la que se encuentra en equilibrio a diferentes temperaturas.

2.3.2) Humedad libre: es aquella que excede del contenido de humedad en equilibrio en unas condiciones dadas de temperatura y humedad.

## 2.4) DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA FRESA.

Las fresas pertenecen a la familia de las Rosáceas, subfamilia de las Fasicideas y el género *Fragaria*.

Existe cierto número de especies y variedades, destacándose entre ellas: *Fragaria vesca*, *Fragaria alpina*, *Fragaria virginiana*, *Fragaria deltoniana*, *Fragaria moschata*, etc.

La planta de fresa alcanza alturas de 25 cm aproximadamente, por lo general se reproducen con estolones es decir vegetativamente. Pueden durar de 2 a 3 años en reproducción dependiendo del sistema de cultivo, variedad, clima y fertilización.

Una planta puede dar anualmente de 300 a 400 g de fresas, cosechándose en su punto óptimo de madurez dando un fruto de buen sabor, color, olor y consistencia siendo factores que caracterizan sus propiedades organolépticas.

Son de tallos rastreros, estoloníferos que se extienden en todas direcciones a nuevas plantas que florecen y dan frutos.

Las hojas son trifoliadas, de folíolos anchos forma aborronada y dentadas, onduladas en sus bordes, de color verde oscuro en el haz, ligeramente vellosas por el envés.

Las flores son hermafroditas, con pétalos blancos,

pedunculares dispuestas en corimbo al extremo de un escapo que sobresale a la altura de las hojas.

## 2.5) COMPOSICION BROMATOLOGICA DE LA FRESA.

Bromatológicamente la fresa está formada por siete constituyentes importantes: agua, carbohidratos, proteínas, grasa, minerales, vitaminas y fibra.

Para todos los fines de cálculos, en este trabajo, se empleó la composición bromatológica ponderada, que se expresa a continuación, se obtuvo experimentalmente la Materia Seca (MS)\* y se considera como la suma de todos los valores bromatológicos a excepción del agua.

CUADRO No 1

COMPONENTES	(1)	(2)	(3)			
	(g)	(g)	(g)			
Carbohidratos	5.3	6.2	8.4	6.63	54.88	4.81
Proteínas	0.8	0.6	1.0	0.80	6.62	0.58
Grasa	0.2	tr.	0.5	0.35	2.90	0.25
Minerales	2.0	1.9	2.6	2.17	17.96	1.57
Fibra	1.7	2.2	2.5	2.13	17.63	1.54
Materia Seca	<u>10.0%</u>	<u>10.9%</u>	<u>15.0%</u>	<u>12.08</u>	<u>100.0%</u>	<u>*8.76%</u>
Humedad	90.0%	89.1%	85.0%	87.92		91.24%

Nota: En 100 g de producto.

(1) Pistono Paschieri, J.; Desecación de los productos vegetales; Editorial Reverté; Barcelona, España.

(2) Hawthorn John ; Fundamento de la ciencia de los Alimentos.

(3) Juscafresa Baudilio; Como cultivar fresas, fresones y tomates; 3a Edición; Editorial Aedos; Barcelona, España.

### 2.5.1) Agua.

Por medio de este líquido se llevan a cabo las diferentes reacciones bioquímicas, las funciones biológicas se basan fundamentalmente en su capacidad para transportar diferentes sustancias a través del organismo y de disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal.

### 2.5.2) Carbohidratos.

La importancia funcional de los carbohidratos es que proporcionan una fuente de respiración en las plantas y animales.

Los carbohidratos más sencillos son los monosacáridos, pueden estar enlazados entre sí y formar sustancias que contienen dos o más moléculas de monosacáridos como el almidón y la pectina. Los azúcares contenidos en la fresa son levulosa, sacarosa y glucosa.

#### 2.5.3) Proteínas.

Son polímeros complejos contruidos a partir de unidades químicas llamadas aminoácidos. Existen aminoácidos llamados esenciales para la nutrición del hombre, por ser éste incapaz de sintetizarlos, dependiendo de éstos el valor nutritivo de las proteínas.

Los principales aminoácidos que se encuentran en la fresa son: leucina, lisina, treonina, valina, fenilalanina.

#### 2.5.4) Grasas.

Las grasas contenidas en los alimentos son mezclas de compuestas a las que se conocen como triglicéridos, que contienen una molécula de glicerol enlazada a tres moléculas de ácidos carboxílicos. Los aceites y grasa naturales varían de acuerdo a la especie y la cantidad y ácidos grasos dando origen a diferencias entre las propiedades físicas y químicas de las grasas. Las grasas de la fresa están formadas por los ácidos linoleico, linoléico y oleico.

#### 2.5.5) Minerales.

Son elementos inorgánicos existentes en los alimentos. La fresa representa una fuente rica de minerales especialmente el calcio y hierro.

Los ácidos orgánicos están compuestos principalmente del cítrico, tartárico, salicílico, málico y péctico.

#### 2.5.6) Vitaminas.

Son sustancias que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y son indispensables porque el organismo no las sintetiza en cantidades suficientes por lo que tiene que ingerirlas a excepción de la vitamina D, K y Biotina. Su carencia produce enfermedades en el hombre. La fresa contiene principalmente Ácido Ascórbico o Vitamina C, Niacina o Ácido del ácido Nicotínico, Fibroflavina o Vitamina B2 y Tiamina o Vitamina B1.

#### 2.5.7) Fibra.

Es el residuo orgánico que queda una vez desengrasada la fruta y sometida a hidrólisis ácida y alcalina, consta esencialmente de celulosa.

## 2.6) TIPOS DE CAMBIOS QUIMICOS.

Los alimentos frescos están sujetos a cambios químicos debido a la acción de las enzimas de los tejidos y a la acción microbiana.

### 2.6.1.) Cambios inducidos por enzimas.

Cuando la descomposición enzimática de los alimentos con contenido de humedad bajo ocurre, se ha demostrado que la lipoxidasa, una enzima que cataliza la oxidación de grasas, y diversas fenoloxidases, que producen el oscurecimiento enzimático de determinados productos de frutas, poseen también actividad en alimentos secos. La actividad de la fenoloxidasa en frutas secas da por resultado cierto grado de oscurecimiento del color de las frutas durante el almacenamiento.

### 2.6.2) Oscurecimiento no enzimático.

Se emplea para definir una serie de reacciones que ocurren durante el calentamiento de alimentos, o durante un almacenamiento de larga duración en el que la proteína o aminoácidos se combina con azúcares reductores, el producto final es un complejo insoluble, de color pardo oscuro. La expresión "No enzimático" se emplea para distinguir este tipo de oscurecimiento del que se produce en las células vegetales dañadas como resultado de la oxidación enzimática de determinados constituyentes de la célula dando como producto final un compuesto insoluble de color pardo.

## 2.7) DESHIDRATACION.

La deshidratación de alimentos se refiere a la operación unitaria en la que se elimina casi toda el agua presente en los alimentos, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas.

La deshidratación determina una reducción del peso, y del volumen del alimento, e incrementa la vida útil de los productos desecados en comparación con los alimentos frescos.

### 2.7.1) CLASIFICACION DE LOS METODOS DE CONSERVACION POR DESECACION.

#### DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE.

El alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente con una humedad relativa controlada sobre los alimentos a desecar.

##### 2.7.1.a) Secador de dos plantas.

Consiste básicamente en un edificio de dos plantas. Instalándose en la planta baja un horno o quemador en la cual el aire caliente y los productos de combustión ascienden por convección natural o forzada, y penetra a través del piso

En el interior, los productos de combustión proceden por difusión natural o forzada, y penetra al través del piso perforado de la segunda planta sobre la que se asperce el alimento que se le a deshidratar.

#### 2.7.1.b) Secador de cabina.

Es una cabina aislada interiormente, provista de un ventilador que hace circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de lamina y es dirigida horizontalmente entre bandejas con el alimento, se dispone de reguladores para controlar la velocidad del aire fresco y la cantidad deseada de recirculación.

#### 2.7.1.c) Secador de túnel.

Consiste en un túnel que puede tener hasta 24 m de longitud con una sección transversal rectangular o cuadrada. El alimento húmedo se extiende en capas uniformes sobre bandejas o mallas metálicas. Las bandejas se apilan en carretillas dejando espacios entre las bandejas para que pase el aire, moviéndose éste mediante ventiladores que lo hacen pasar a través de calentadores, y fluye horizontalmente entre las bandejas.

#### 2.7.1.d) Secador de transportador.

El principio de este secador es similar al de túnel de deshidratación pero es conducido el alimento húmedo a través de una cinta transportadora que sustituye a las carretillas.

#### 2.7.1.e) Secador de tolva.

Este secador consiste en una caja con un falso fondo o base de malla metálica. Un ventilador hace pasar el aire sobre un calentador y el aire caliente asciende a través del alimento a velocidad relativamente baja, no mayor de 0.5 m/s.

#### 2.7.1.f) Secador de lecho fluidizado.

El aire caliente es forzado a través de un lecho de sólidos de forma tal que los sólidos quedan suspendidos en el aire caliente que lo transporta a través del sistema de desecación.

#### 2.7.1.g) Secador neumático.

El alimento húmedo se mantiene en suspensión en una corriente de aire caliente que lo transporta

#### 2.7.1.h) Secador rotatorio.

El producto húmedo se hace girar en una cámara cilíndrica por la que pasa aire caliente mientras que el producto se mantiene en agitación. La superficie interior de la cámara se halla provista de alatas batidoras que remueven el alimento al girar la cámara, haciendo que el producto caiga a través de la corriente de aire

caliente que pasa por el cilindro.

#### 2.7.1.1) Secador atomizador.

El aliento se introduce en una cámara de desecación en forma de fina lluvia entrando en contacto con una corriente de aire caliente, lo que permite una desecación rápida obteniendo un polvo seco.

### DESHIDRATACION POR CONTACTO CON UNA SUPERFICIE CALIENTE.

El agua de un producto puede eliminarse poniendo el producto húmedo en contacto con una superficie caliente, aportando calor al producto principalmente por conducción.

#### 2.7.1.1) Secador de tambor o de película.

Consta de uno o más cilindros metálicos huecos que giran sobre ejes horizontales y son calentados internamente con vapor o agua como medio de calentamiento. Al girar el tambor, el líquido se deseca y el producto desecado se desprende de la superficie del tambor mediante una cuchilla raspadora.

#### 2.7.1.2) Secador a vacío de placas.

Consiste en una cámara hermética de vacío, con una o más puertas de acceso y una salida para los vapores y gases. El interior de la cámara está provisto de placas huecas horizontales y paralelas por las que circula el medio de calentamiento.

#### 2.7.1.3) Secador a vacío de cinta sinfín.

Consta de una cinta transportadora continua de acero inoxidable montada sobre un tambor de calentamiento y otro de enfriamiento situado en el interior de una cámara de vacío.

### DESHIDRATACION POR APLICACION DE ENERGIA DE UNA FUENTE RADIANTE.

#### 2.7.1.A) Calentamiento radiante.

Es aquel que por medio de aire caliente o por contacto directo aporta calor sensible y calor latente en una desecación.

#### 2.7.1.B) Secador infrarrojo continuo.

El producto es transportado sobre una cinta continua o soporte vibratorio bajo fuentes de radiación infrarroja durante el tiempo necesario.

#### 2.7.1.C) Calentamiento con microondas, dieléctrico.

Este tipo de calentamiento resulta especialmente para eliminar grandes masas de agua. Los sistemas de microondas son

más potentes debido a la disipación del calor en los alimentos y al mayor potencial energético de los generadores.

### LIOFILIZACION.

Método de desecación en el cual el producto se deseca congelándolo primero y sublimando después el hielo desde el estado congelado. La desecación tiene lugar en tres fases: inicialmente, mediante la congelación, se separa el agua de los componentes hidratados mediante la formación de cristales de hielo, a continuación al sublimar los cristales, se elimina el agua del producto, cuando se ha eliminado todo el hielo, los sólidos tendrán una pequeña cantidad de agua absorbida en el interior de la estructura de sus componentes, esta agua residual puede eliminarse por evaporación en el liofilizador elevando la temperatura del producto.

#### 2.7.2) ALTERACIONES DURANTE LA DESHIDRATACION.

##### 2.7.2.a) Movimiento de solutos.

El agua líquida fluye hacia la superficie durante la desecación conteniendo diversos productos disueltos. El movimiento de algunos compuestos solubles resulta impedido por las paredes celulares que actúan como membrana semipermeable. La migración de sólidos contribuye a la retracción del producto debido a la presión interna del elemento. También se puede presentar la migración de sólidos solubles hacia el interior del producto, cuando la superficie se deseca y se establece un gradiente de concentración entre la superficie y el centro húmedo.

##### 2.7.2.b) Retracción.

Durante la desecación se produce cierto grado de retracción del producto. Durante las primeras fases de la desecación la retracción está dada por la cantidad de humedad eliminada, ya al final del proceso, la retracción cada vez es menor.

Si la velocidad inicial de desecación es elevada, las capas externas del producto se hacen rígidas, al continuar la desecación, los tejidos se rompen internamente dando una estructura más abierta y posee buenas características para la rehidratación; si las velocidades iniciales de desecación son bajas el producto se retrae más y tiene mayor densidad.

##### 2.7.2.c) Endurecimiento superficial.

Se ha observado que durante la desecación en algunas frutas frecuentemente se forma en la superficie una película impermeable, dura. Esta determina normalmente una reducción de la velocidad de desecación.

El mecanismo de endurecimiento superficial es probable que esté dado por diferentes factores entre los que pueden ser la

migración de sólidos solubles a la superficie y las elevadas temperaturas que se alcanzan en la superficie hacia el final de la desecación que inducen cambios físicos y químicos en la superficie.

### 2.3) MICROBIOLOGIA DE LOS ALIMENTOS DESHIDRATADOS.

Las frutas al recolectarse, presentan gérmenes del suelo y agua, así como su flora superficial natural, y las partes alteradas contienen los organismos responsables de la descomposición. El crecimiento de algunos microorganismos puede iniciarse antes de que los alimentos lleguen a la planta, según las condiciones ambientales. El crecimiento microbiano puede continuar hasta que son tratados los alimentos, ciertos tratamientos previos reducen el número de microorganismos.

La selección y clasificación de frutas puede influir en la cantidad y tipo de microorganismos presentes. La eliminación de frutas alteradas o de la parte estropeada reduce el número de microorganismos a desecar.

El lavado de frutas arrastra la tierra y otras sustancias adheridas, sirve para eliminar microorganismos, aunque existe la posibilidad de incrementar el conteo microbiano total si el agua empleada es de mala calidad; la humedad de la superficie de los alimentos favorece el crecimiento bacteriano.

El cortado generalmente no aumenta el contenido microbiano, salvo cuando los instrumentos empleados no están suficientemente limpios y desinfectados.

El sulfurado de las frutas también reduce el número de microorganismos, ya que sirve para inhibir el crecimiento en el producto ya desecado.

La aplicación de calor durante la desecación reduce el número total de microorganismos, reducción que varía con la clase y la cantidad de gérmenes presentes y con el método de desecación utilizado. La desecación generalmente destruye todas las levaduras y la mayoría de las bacterias, pero las esporas bacterianas o fúngicas suelen sobrevivir, lo mismo que las formas vegetativas de algunas bacterias termorresistentes.

Si la desecación y condiciones de almacenamiento son adecuadas, los microorganismos no se desarrollan en el alimento desecado. Heath, ha señalado que las bacterias no crecen cuando la humedad es inferior al 13 %; las levaduras necesitan 20 % o más y los mohos de 10 a 16 %.

Durante el almacenamiento hay una reducción lenta del número de microorganismos, el principio bastante rápida y después bastante lento. Son muy resistentes a la desecación las esporas bacterianas, hongos, algunos micrococcos, micobacterias. El número de microorganismos presentes en la mayoría de las frutas secas varía desde muy pocas a una gran población microbiana.

## FRUTA SECA.

## Conservación.

La descomposición se combate limitando el contenido de humedad de la fruta, para que dé una actividad acuosa inferior a 0.7. La presencia de bichido de azúfre en muchas clases de frutas desecadas puede limitar el crecimiento de algunas especies de hongos.

## Organismos causantes de descomposición.

*Saccharomyces* spp. *Hansenula* spp. *Debaryomyces* spp. *Fichia* spp. *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. *Mucor* spp. *Rhizopus* spp.

## Efectos.

Las levaduras osmófilas que a bajas actividades acuosas crecen en soluciones azucaradas concentradas, están a veces asociadas a fruta que se ha azucarado, y producen fermentación. Se ha encontrado que la fruta seca en la que están desarrollándose levaduras es muy susceptible a la infestación por ácaros. Estas y muchas otras especies de mohos puede aparecer en fruta seca y fresca. *Mucor* y *Rhizopus* están asociados a fruta muy húmeda, los crecimiento abundantes de moho dan como resultado atorrónamiento.

M E T O D O L O G I A  
E X P E R I M E N T A L

## CAPITULO III

## DISEÑO DEL SECADOR.

Dentro de la clasificación de los métodos de conservación por desecación se encuentra la deshidratación con aire caliente en el cual el alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente, incluyéndose aquí el secador de cabina, el cual está provisto de características similares al del secador que se utilizó para la realización de la parte experimental. A continuación se hace una descripción del secador utilizado. La sección del horno donde se va a colocar la fruta para su deshidratado es una caja rectangular cuyas dimensiones son 1,2 m de largo, 0,7 m de ancho y 0,3 m de altura. Tiene una puerta lateral cuyas paredes están construidas por una parte exterior forrada por una hoja de triplay y la parte interna por láminas galvanizadas y entre ellas tiene una aislante de fibra de vidrio. Esta sección está comunicada en la parte inferior a otra que contiene un ventilador de corriente alterna que dá un flujo de velocidad de 2,4 m/s y una resistencia de 1000 watts, y una compuerta que guía el flujo del aire caliente que proviene de la sección superior a que recircule nuevamente o salga del horno si es necesario.

El ventilador, la resistencia y la compuerta tienen una función específica dentro del horno:

1) Ventilador.- La finalidad de colocar un ventilador es para provocar convección forzada, ya que el estudio se basa en este tipo de deshidratado.

2) Resistencia eléctrica.- Se utiliza como fuente de energía dentro del horno que nos proporciona calor para aumentar la temperatura del aire y debido a este aumento el aire al pasar por la fruta que tiene menor temperatura, se calienta y se efectúa el proceso de evaporación.

3) Compuerta.- Se utiliza para orientar el flujo del aire caliente hacia la zona de deshidratado, o en su defecto para inducir el aire saturado de humedad hacia afuera de la cámara de deshidratado.

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

Para la realización de este trabajo se efectuaron una serie de pruebas experimentales a nivel laboratorio así como también a nivel piloto para determinar los valores de las condiciones óptimas de proceso de secado de las fresas.

Los parámetros experimentales que se manejaron fueron: materia prima, porcentaje de humedad, temperatura de tratamiento y tiempos de secado.

Las operaciones realizadas para la preparación de las muestras fueron las siguientes:

1) Selección de la fresa.- Se hizo una minuciosa selección por tamaño, procurando que estuvieran en buen estado, con uniformidad en su color, deshechándose las fresas con algún defecto.

2) Lavado.- Se llevó a cabo para eliminar las impurezas utilizándose agua potable.

3) Despatoado.- Se eliminan los pedúnculos ya que no se utilizan en el proceso de secado.

4) Rebanado.- Se rebanaron las fresas en un tamaño uniforme de aproximadamente de 8 a 9 mm de espesor, para tener una mayor superficie de exposición y un mejor secado ya que se elimina más rápidamente la humedad, se acomodan en las charolas con mallas y se introducen al horno.

5) Secado.- En esta etapa se tuvieron varios parámetros de control que fueron importantes para el proceso: temperatura de secado, velocidad del aire, humedad de la fruta y tiempo de exposición, los cuales se registraron en las tablas correspondientes.

6) Envasado.- Se dejaron secar las fresas y se introdujeron en bolsas de polietileno selladas herméticamente.

7) Almacén.- Se almacenaron durante 60 días y se observaron las alteraciones que pudieran presentarse.

PRUEBA No. 1

#### " DETERMINACION DE LA MATERIA SECA "

Como puede observarse en el cuadro No. 1 se tomaron tres muestras de 5.07, 6.87 y 7.59 g respectivamente; se sometieron a secado a una temperatura constante de 100° C cada hora se registraron los pesos en cada una de las muestras hasta que se obtuvo peso constante, dejándose una hora más para rectificar. Para obtener un valor representativo se promediaron los valores que se obtuvieron con anterioridad, el resultado fue 8.76 % de Materia Seca (MS), porcentaje que fue utilizado para todos los cálculos posteriores durante el desarrollo de la metodología experimental.

El dato de la Materia Seca es importante conocerlo previamente para poder calcular la humedad real ya sea sobre base seca o base húmeda en cualquier etapa de la deshidratación, es decir el único dato que se puede determinar fácilmente en cualquier etapa es el peso de la fresa o muestra y si se le resta a este dato la materia seca, nos dará la humedad en gramos o en porcentaje, en forma exacta.

## " DETERMINACION DE LA MATERIA SECA "

Temperatura = 100°C

TIEMPO TRANSCURRIDO	LECTURAS DEL PESO DE LAS MUESTRAS		
(min.)	( g )		
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
0	5.0673	6.8739	7.5868
60	2.2668	2.8174	3.1247
120	1.3922	1.7351	1.9178
180	0.9713	1.2486	1.3740
240	0.5138	0.7249	0.8452
300	0.4626	0.5763	0.7213
330	0.4626	0.5763	0.6702
360	0.4626	0.5763	0.6702

FORMULA :

MS= Materia Seca

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Pf}}{\text{Pi}} \times 100$$

Pf= Peso final de la muestra

Pi= Peso inicial de la "

$$\% \text{ MS de } M_1 = \frac{0.4626}{5.0673} \times 100 = 9.12 \%$$

$$\% \text{ MS de } M_2 = \frac{0.5763}{6.8739} \times 100 = 8.38 \%$$

$$\% \text{ MS de } M_3 = \frac{0.6702}{7.5868} \times 100 = 8.83 \%$$

$$\text{PROMEDIO } \% \text{ de MS} = \frac{9.12 + 8.38 + 8.83}{3}$$

$$\text{MS} = 8.76 \%$$

PRUEBA No. 2

" DETERMINACION DEL RANGO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO "

Se tomaron 12 muestras de 100 g cada una para analizar el comportamiento de secado a diferentes rangos de temperatura y así poder determinar el porcentaje óptimo de temperatura que se utilizaría posteriormente para las pruebas a nivel piloto.

Se reportan en el cuadro No. 2 los promedios del análisis sensorial para los grupos de muestras que fueron: 4 muestras M1, 4 muestras M2 y 4 muestras M3.

Como podrá observarse en el cuadro No. 2 el grupo de muestras M1 obtuvo mejor calificación en cuanto al sabor. Sin embargo no se apreció una diferencia significativa con el grupo M2, siendo el grupo M3 el que presentó diferencia significativas en cuanto a que el sabor bueno desapareció antes de 60 minutos mientras que en las anteriores muestras persistió hasta 120 minutos en M1 y 90 minutos en M2.

Puede notarse que en grupo M2 a los 90 minutos tenía una calificación buena en cuanto al sabor con 47.04 % de humedad mientras que el grupo M1 a los 90 minutos obtuvo 54.71 % de humedad. Por esta razón se escogió como rango óptimo el grupo M2 que tuvo un tratamiento con variaciones de 50-55 °C durante el tiempo de secado.

A una relativa alta temperatura como niveles de 65-70 °C hay mas velocidad de evaporación y se produce una contracción de las partes exteriores de la fresa, sellándose prácticamente el exterior y no permitiendo el flujo de humedad del interior.

Además se comprobó que a un rango de 65-70 °C ya no se conservan los principios aromáticos de los aceites volátiles y que son los que definen el sabor y olor. Por otra parte a menores temperaturas ( 40-45 °C ) el proceso de secado sería muy lento por lo cual se determinó que el rango de temperatura óptimo de secado fuera de 50-55 °C.

Enseguida se procedió a hacer una observación más detallada de la pérdida de humedad en relación al tiempo de secado a un rango de 50-55 °C, con objeto de llegar a obtener una curva estándar de pérdida de humedad en este rango.

PRUEBA No. 3

" VARIACION DE LA PERDIDA DE HUMEDAD EN RELACION AL TIEMPO DE SECADO EN UN RANGO DE 50-55 °C "

Como puede observarse en el cuadro No. 3 se utilizaron cuatro muestras ( M4, M5, M6, M7 ) con diferentes pesos iniciales según se indica en dicho cuadro, se analizó la disminución del

" DETERMINACION DEL RANGO DE TEMPERATURA  
PARA EL SECADO "

MUESTRA	RANGO DE TEMPERATURA	TIEMPO	HUMEDAD	SABOR				COLOR		TEXTURA	
				B	R	M	R	RO	CO	S	R
	( °C )	( min. )	( % )								
M <sub>1</sub>	40 - 45	0	91.24								
		30	77.72	x		x				x	
		60	64.36	x		x				x	
		90	54.71	x			x				x
		120	46.03	x			x				x
		150	39.69		x		x				x
		180	31.24		x		x				x
		210	22.76		x		x				x
M <sub>2</sub>	50 - 55	0	91.24								
		30	69.86	x		x				x	
		60	54.13	x			x				x
		90	43.04	x			x				x
		120	33.91		x		x				x
		150	25.32		x		x				x
M <sub>3</sub>	65 - 70	0	91.24								
		30	66.89	x		x				x	
		60	51.32		x		x				x
		90	35.80		x		x				x
		120	26.13			x		x			x

SABOR

B= Bueno  
R= Regular  
M= Málo

COLOR

R= Rojo  
RO= Rojo Oscuro  
CO= Cafe Oscuro

TEXTURA

S= Suave  
R= Regular  
D= Dura

contenido de humedad de acuerdo al tiempo transcurrido durante el proceso.

El agua capilar que se encuentra en la fresa es la más fácil de eliminar, ya que como puede observarse si hacemos una comparación en los primeros 60 minutos para cada muestra, éstas pierden un promedio de 36-40 % de humedad original mientras que en la segunda hora pierde de 15 a 20 % de humedad; es decir, conforme pasa el tiempo de secado pierde menos humedad por unidad de tiempo transcurrido, por lo cual en el proceso de secado es muy importante el agua contenida, siendo el agua capilar la primera en eliminarse, porque no necesita mucha velocidad por parte del aire caliente que actúa como transportador del vapor de agua. Conforme avanza la exposición al aire, el agua interna llena los espacios celulares de las tejidas exteriores porque la presión va disminuyendo y continúan evaporándose por la relativa alta temperatura que tienen estas capas.

Después de la evaporación de gran parte del agua capilar probablemente empieza a evaporarse parcialmente el agua de solución. Estos dos tipos de agua son los que podemos suponer se evaporan en un proceso comercial de secado ya que el agua absorbida y el agua de composición no pueden ser eliminadas en un proceso normal de secado como el aquí expuesto. La parte del agua de solución que se evapora es la que ocasiona que los azúcares, sales minerales, ácidos orgánicos, se concentren en el sabor.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el cuadro No. 3 se procedió a trazar una curva estandar tomando los promedios de pérdida de humedad y el tiempo.

Esta curva estandar se ilustra en la gráfica No. 1, para la elaboración de esta gráfica se tomaron los datos consignados en el cuadro No. 3A en donde se obtuvieron los promedios tanto del peso de las muestras como del porcentaje de humedad, y en la última columna se señaló la humedad acumulada a diferentes tiempos de secado.

Una vez obtenida esta gráfica se repitió la prueba de secado con 9 muestras ( M8 a M16 ) las cuales se tomaron cada 30 minutos y se sometieron a un análisis sensorial, llevándose a cabo la prueba No. 4.

#### PRUEBA No. 4

#### " ANÁLISIS SENSORIAL COMPARATIVO DE MUESTRAS SECADAS A DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN "

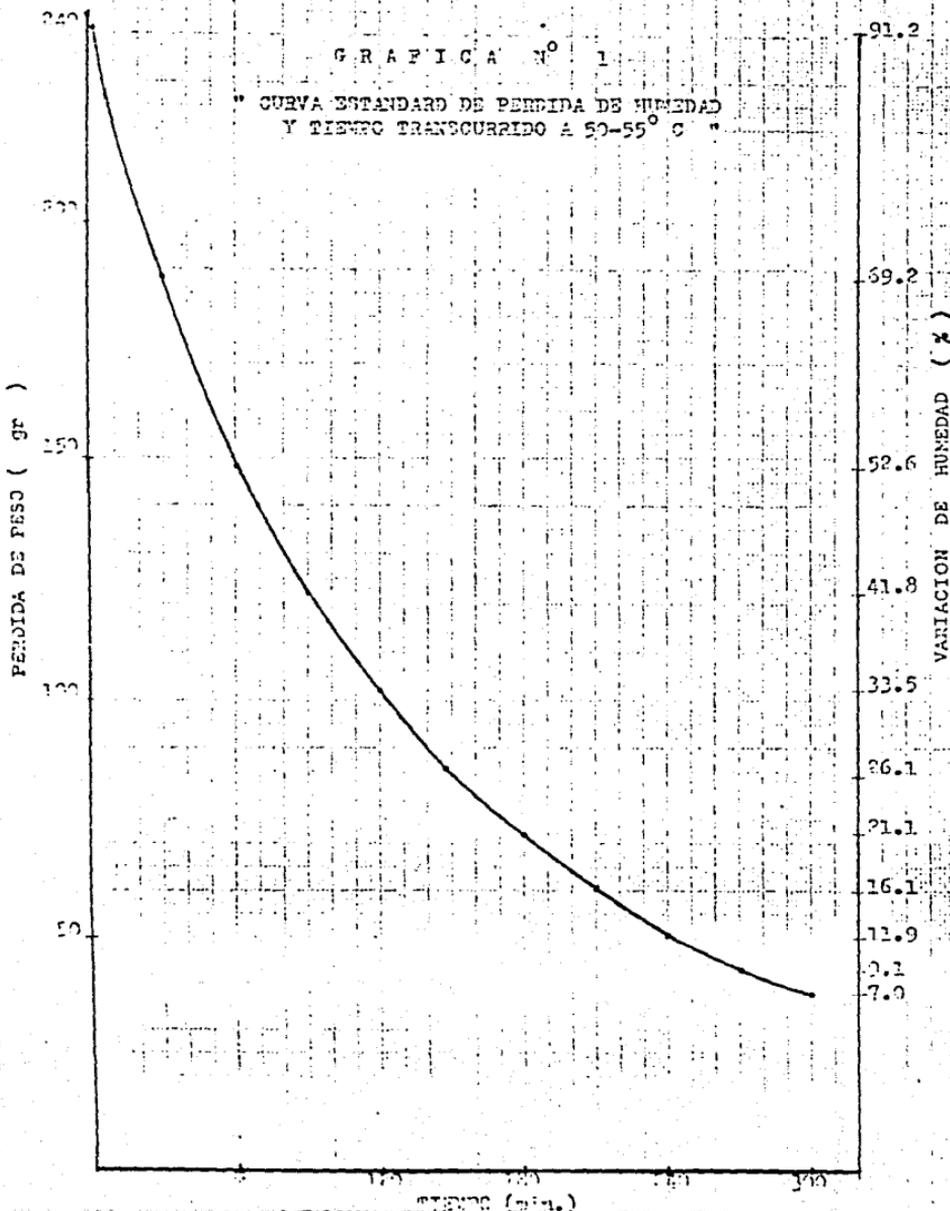
Como puede observarse en el cuadro No. 4 se conservó el color hasta los 90 minutos de exposición y puede observarse que el sabor permaneció identificable hasta los 150 minutos. Las muestras fueron de 250 g cada una. Los resultados se muestran en la gráfica No. 2.

" VARIACION DE LA PERDIDA DE HUMEDAD EN  
RELACION AL TIEMPO DE SECADO A 50-55<sup>o</sup> C "

MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA	TIEMPO TRANSCURRIDO	HUMEDAD		MATERIA SECA	
	(g)		(min.)	(g)	(%)	(g)
M <sub>4</sub>	228.3	0	208.3	91.24	20.0	8.76
	192.7	20	172.7	75.64	"	"
	160.5	40	140.5	61.54	"	"
	138.2	60	118.2	51.77	"	"
	122.3	80	102.3	44.80	"	"
	111.9	100	91.9	40.25	"	"
	102.4	120	82.4	36.09	"	"
	M <sub>5</sub>	239.7	0	218.7	91.24	21.0
185.5		30	164.5	68.62	"	"
142.1		60	121.1	50.52	"	"
114.8		90	93.8	39.13	"	"
96.2		120	75.2	31.37	"	"
83.9		150	67.9	24.24	"	"
67.4		180	46.4	19.35	"	"
M <sub>6</sub>		247.7	0	226.0	91.24	21.7
	181.4	30	159.7	64.45	"	"
	148.7	60	127.0	51.29	"	"
	118.5	90	96.8	39.07	"	"
	97.6	120	75.9	30.64	"	"
	82.1	150	60.4	24.38	"	"
	68.8	180	47.1	19.00	"	"
	60.4	210	38.7	15.64	"	"
	53.2	240	31.5	12.73	"	"
M <sub>7</sub>	251.9	0	229.8	91.24	22.1	8.76
	154.6	60	132.5	52.60	"	"
	109.0	120	86.9	34.49	"	"
	75.7	180	53.6	21.28	"	"
	49.9	240	27.8	11.03	"	"
	38.4	300	16.3	6.51	"	"
	32.7	360	10.6	4.26	"	"

GRAFICA N° 1

CURVA ESTANDAR DE PERDIDA DE HUMEDAD  
Y TIEMPO TRANSCURRIDO A 50-55° C



Se pensó entonces en tres secuencias fundamentales:

A) Si se continuaban las mismas condiciones de secado finalmente se lee en una zona de deterioro, por lo que había que cambiar las condiciones de secado (véase gráfica No. 2).

B) Se pensó y se hizo una prueba secando el producto y a los 90 minutos dejarlo enfriar y que la humedad interna se estabilizara y volvería a meter al horno.

Esta prueba se realizó y el resultado fue que de cualquier manera se deterioró es decir, se comportó igual que la secuencia A cuyos resultados se omiten por resultar negativos.

C) Se pensó entonces en una forma de detener el deterioro subsiguiente era permitiéndole a la fresa procesada absorber azúcar, sumergiéndola en una solución de sacarosa cuya presión osmótica es mayor que la de las soluciones naturales de la fresa de tal manera que al absorber azúcar, se conservara el color, se acentuara el sabor y se evitara la resequeidad y consecuentemente un cambio significativo en la textura.

De acuerdo al valor límite de 40.8 % de humedad en el cual todavía conservaba las propiedades organolépticas, se pensó que era muy importante conservar dichas propiedades utilizando azúcar como agente conservador, por lo que habría que mantener las características y evitar el deterioro subsiguiente utilizando una solución de sacarosa que le confiere sabor dulce a la fruta sin alterar su origen natural ya que un inhibidor químico proporciona sabor indeseable.

La sacarosa es un azúcar no reductor ya que no tiene ningún carbono libre reactivo, por lo que no reacciona y puede utilizarse sin riesgo de oxidación y evita oscurecimiento en la fruta, a la vez que el azúcar actúa como conservador ya que aumenta la presión osmótica y reduce la actividad de agua evitando así el desarrollo de microorganismos, a la vez, el azúcar causa deshidratación al absorber agua trayendo como consecuencia la inhibición de microorganismos surgiendo de esta manera un efecto inhibitorio indirectamente.

Para corroborar lo anterior se realizó la prueba No. 5 consistente en secar a 90 minutos de exposición a 50-55°C y sumergir durante diferentes tiempos de exposición en una solución de azúcar y poder dilucidar así si esta hipótesis era correcta.

" PROMEDIO DE LA PERDIDA DE HUMEDAD Y  
COMPARACION DE LA PERDIDA ACUMULADA "

TIEMPO DE SECADO	PESO DE LA MUESTRA	% DE HUMEDAD		PERDIDA DE HUMEDAD ACUMULADA
(min.)	(g)	(%)	(g)	(%)
0	241	91.2	219.9	0
30	188	69.2	166.8	22.0
60	148	52.6	126.7	38.6
90	122	41.8	100.7	49.4
120	102	33.5	80.7	57.7
150	84	26.1	62.9	65.1
180	72	21.1	50.8	70.1
210	60	16.1	38.8	75.1
240	50	11.9	28.6	79.3
270	43	9.1	21.9	82.1
300	38	7.0	16.8	84.2

NOTA: Datos correspondientes a la Grafica N° 1

" ANALISIS SENSORIAL COMPARATIVO DE MUESTRAS  
SECADAS A DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICION "

Temperatura = 50-55°C

MUESTRA	TIEMPO TRANSCURRIDO  (min.)	HUMEDAD  (%)	SABOR COLOR TEXTURA								
			B	R	M	R	RO	CO	S	R	D
M <sub>8</sub>	30	72.1	x			x			x		
M <sub>9</sub>	60	55.3	x			x			x		
M <sub>10</sub>	90	40.8	x			x			x		
M <sub>11</sub>	120	34.9	x				x	x			
M <sub>12</sub>	150	28.4	x				x	x			
M <sub>13</sub>	180	22.8		x			x			x	
M <sub>14</sub>	210	17.9		x			x			x	
M <sub>15</sub>	240	12.5			x			x			x

SABOR

B= Bueno  
R= Regular  
  
M= Malo

COLOR

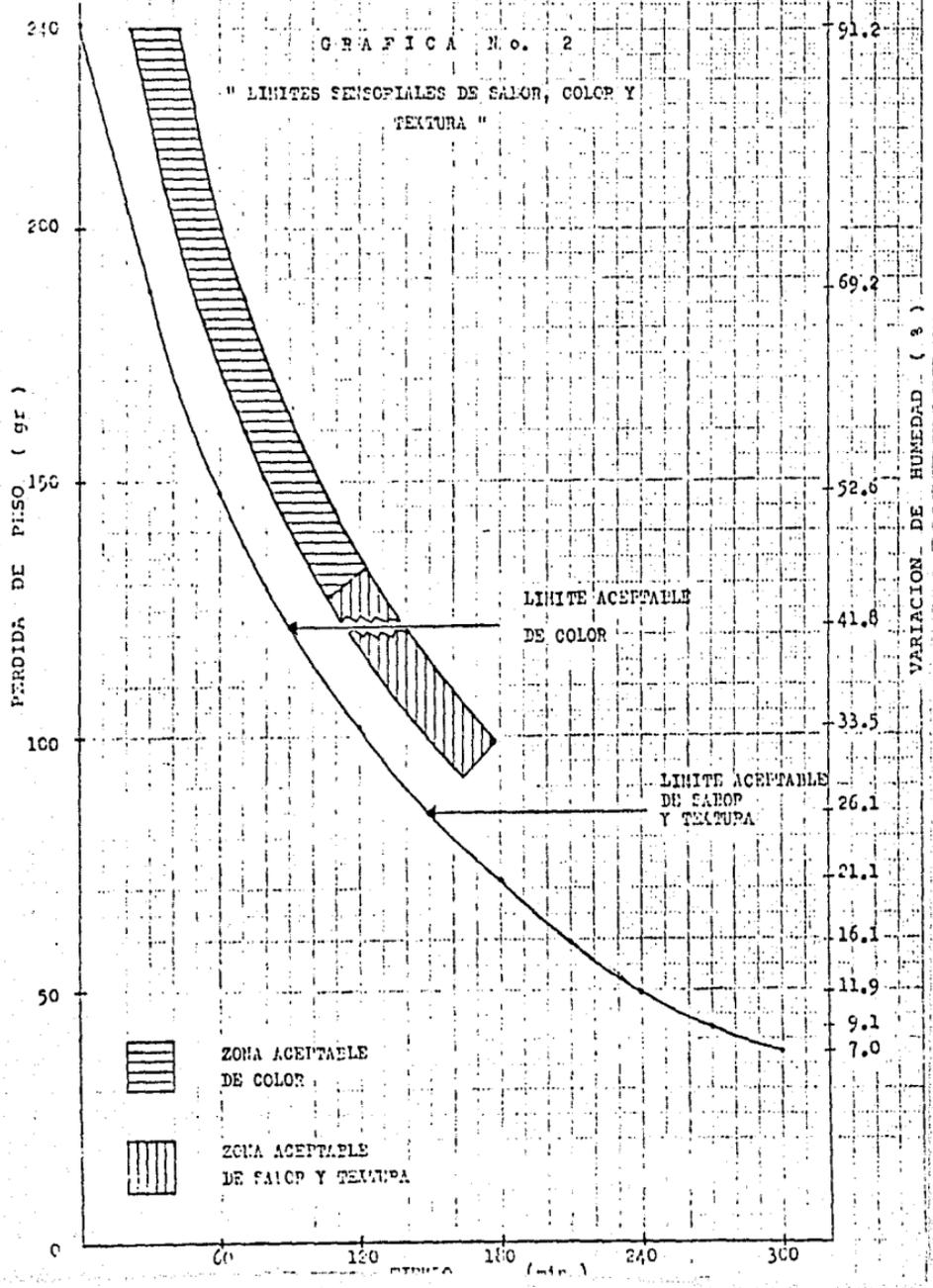
R= Rojo  
RO=Rojo  
Oscuro  
CO= Cafe  
Oscuro

TEXTURA

S= Suave  
R= Regular  
  
D= Dura

GRAFICA No. 2

" LIMITES SENSORIALES DE SABOR, COLOR Y TEXTURA "



## PRUEBA No. 5

## " ANÁLISIS SENSORIAL COMPARATIVO DE MUESTRAS FRESECADAS A 90 MINUTOS DE TRATAMIENTO Y 40 % DE HUMEDAD Y SOMETIDAS A DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSIÓN EN SOLUCIÓN DE SACAROSA "

Se tomaron cuatro muestras y un testigo ( M16 a M19 ) de aproximadamente 100 g cada una y se sometieron a las mismas condiciones de secado 50-55°C. Se secaron en la estufa a los 90 minutos, se pesaron y se obtuvo un promedio de humedad de 40 %. Inseguida se sumergieron en una solución de sacarosa al 30 %, esta concentración se escogió al azar bajo el supuesto de que una concentración así ejerce presión osmótica suficiente, pero se hizo variar el tiempo de inmersión en cada una de las muestras con objeto de establecer las diferencias que pudieran presentarse en sus propiedades organolépticas.

Como puede observarse en el cuadro No. 5 la muestra M16 se sumergió 10 minutos, M17 20 minutos, etc., y el testigo ( M20 ) cero minutos es decir no tuvo ninguna inmersión únicamente se secó durante 90 minutos de la estufa y se volvió a meter con las demás muestras después de ese tiempo transcurrido.

Los resultados del análisis sensorial pueden observarse en el cuadro No. 5 en donde es notable que las muestras con 30 y 40 minutos de exposición fueron las que mejor retenían sabor, color y textura asimismo pueden observarse las diferencias con respecto al testigo. llevándose a cabo esta evaluación con 25 personas y reportando el promedio de esta evaluación.

La solución de azúcar al 30 % confiere una relativa alta presión osmótica en comparación a la presión del agua contenida todavía en la fresa. Durante la inmersión la solución de azúcar penetra osmóticamente y desaloja un volumen similar de agua celular. Esto se puede corroborar porque el peso de la muestra antes de sumergir en la solución de sacarosa fue igual que al sacarla de la solución.

## PRUEBA No. 6

## " DETERMINACION DE LA HUMEDAD FINAL OPTIMA CON TRATAMIENTO DE AZUCAR "

Esta prueba es repetición del tratamiento con azúcar a diferentes niveles de humedad para determinar el porcentaje de humedad final. Se tomaron tres muestras ( M21, M22 y M23 ) de 1 kg cada una y se siguió el mismo procedimiento de la prueba No. 5 variando solamente el porcentaje de humedad final con objeto de comparar sensorialmente el % óptimo para definir este parámetro y completar así las condiciones totales de secado.

Como podrá observarse en el cuadro No. 6, el límite máximo de humedad final en donde todavía las muestras conservan buena calificación de sabor, color y textura es de 16.0 % de humedad

" ANALISIS SENSORIAL COMPARATIVO DE MUESTRAS PRESECADAS A 90 MIN. DE TRATAMIENTO Y 40 % DE HUMEDAD Y SOMETIDAS A DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSION EN SOLUCION DE SACAROSA "

MUESTRA	TIEMPO DE INMERSION (min.)	SABOR			COLOR			TEXTURA			EMPARDAMIENTO		
		B	R	M R	RO	CO	S	R	D	N	L	D	
M <sub>16</sub>	10			x		x		x				x	
M <sub>17</sub>	20		x		x			x				x	
M <sub>18</sub>	30	x			x			x				x	
M <sub>19</sub>	40	x			x			x				x	
M <sub>20</sub>	0			x		x		x				x	

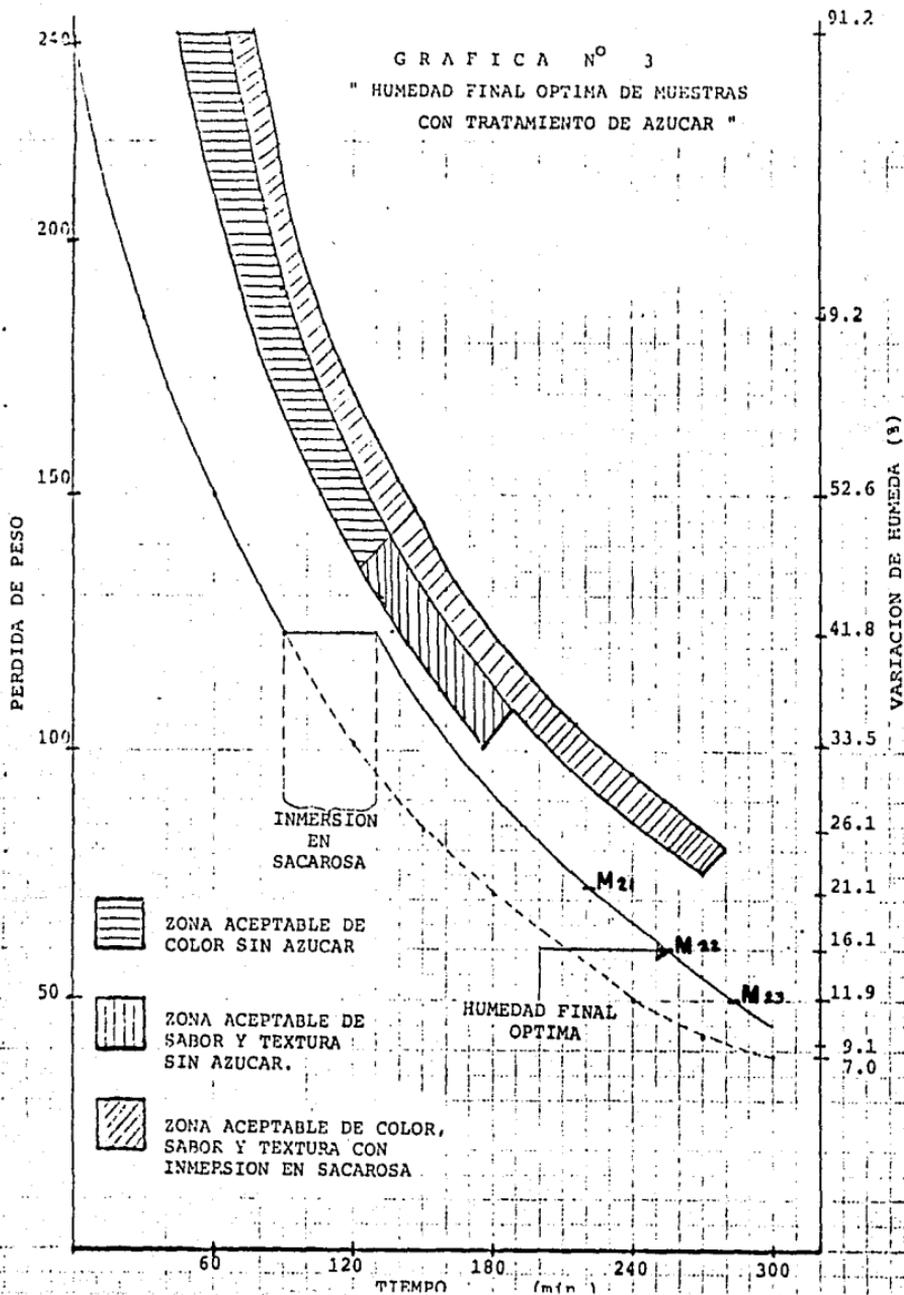
C U A D R O N° 6

" DETERMINACION DE LA HUMEDAD FINAL OPTIMA CON TRATAMIENTO DE AZUCAR "

MUESTRA	TIEMPO DE INMERSION	HUMEDAD FINAL	SABOR			COLOR			TEXTURA			
			B	R	M	R	RO	CO	S	R	D	
M <sub>21</sub>	40 min.	21 %	x					x		x		
M <sub>22</sub>	40 min.	16 %	x					x		x		
M <sub>23</sub>	40 min.	11 %			x			x		x		

HUMEDAD FINAL = 16.0 %

GRAFICA N° 3  
 " HUMEDAD FINAL OPTIMA DE MUESTRAS  
 CON TRATAMIENTO DE AZUCAR "



tomando este dato como el óptimo.

En la gráfica No. 3 se puede apreciar comparativamente la nueva curva de variación de pérdida de humedad, elaborada con datos del cuadro No. 6, contra la curva estándar elaborada en la prueba No. 3.

Se puede observar en esta gráfica que la zona aceptable de color, sabor y textura es más amplia cuando se usó el tratamiento con sacarosa, donde el punto máximo aceptable, es el correspondiente a 16.0 % de humedad, esto en 252 minutos.

En las pruebas anteriores sin sacarosa la zona aceptable de color llegaba hasta 90 minutos, y la del sabor y textura hasta 150 minutos.

#### " PRUEBA PILOTO PARA COMPROBAR LAS CONDICIONES DE TRATAMIENTO "

Se realizó una prueba piloto final para comprobar si los resultados obtenidos a través del desarrollo del proceso, eran reproducibles para una cantidad de 20 Kg de fresa fresca, de acuerdo con los parámetros establecidos a nivel laboratorio.

Las fresas se presecaron inicialmente hasta un 40 % de humedad, posteriormente se sumergieron en una solución al 10 % de sacarosa durante 40 minutos, a continuación se prosiguió con el proceso de secado hasta llegar a 4.95 kg de fresa deshidratada con 16.0 % de humedad, los resultados de las muestras fueron satisfactorias.

El peso total de la fresa deshidratada se dividió en tres porciones iguales, de la cual la primera parte se dejó almacenada durante 30 días en bolsas de polietileno cerradas herméticamente para ver si presentaba alguna alteración de color, apariencia y formación de moho, observándose de esta manera una buena conservación; la segunda parte se destinó para la elaboración de mermeladas obteniendo resultados satisfactorios del análisis sensorial que se realizó; con la tercera porción se prepararon con adición de azúcar, agua, diferentes concentraciones de fresa y estabilizantes, elaborando bebidas de sabor para determinar la posibilidad de utilizar este producto en la industria elaboradora de jugos y refrescos. Los resultados fueron aceptables en cuanto al color, apariencia y que la fresa deshidratada al principio de su vida y en proceso de elaboración con la adición de agua hasta obtener un jugo, a partir de este se hicieron las diluciones correspondientes.

R E S U L T A D O S

## CAPITULO IV

## RESULTADOS.

Las variables que influyen en la deshidratación de la fresa y que se analizaron, fueron las siguientes:

A) Temperatura optima de tratamiento.

B) El contenido final de humedad de acuerdo a pruebas sensoriales para evaluar color, sabor y textura.

C) Tiempo de secado.

Como podrá observarse se manejaron cada una de las variables en forma individual.

## Prueba No. 1

Consistió en obtener el extracto o materia seca para poder cuantificar los contenidos de humedad reales, tanto en base húmeda como en base seca, habiéndose encontrado que el promedio de la materia seca fue de 5.75 % del peso de las muestras. El valor obtenido fue importante porque en base a este se obtuvieron cada uno de los resultados en los cuales se implicaba el contenido de humedad en forma neta.

## Prueba No. 2

Consistió en hacer un análisis de los rangos de temperatura para determinar el óptimo, en el cual se conserva en condiciones aceptables de sabor, color, de textura, determinándose en 50-55°C a que a mayores temperaturas (65-70°C) se pierden los aceites volátiles que son de gran importancia en este trabajo, ya que se trata de conservar sabor, color y textura. A temperaturas menores (40-45°C) se presenta un secado lento.

## Prueba No. 3

Se observó la pérdida de humedad que presenta la fresa dando así como resultado la elaboración de la curva estándar para hacer una relación entre la pérdida del contenido de humedad, tiempo de secado, se ilustra gráficamente este fenómeno del contenido de humedad en relación al tiempo de secado en la gráfica No. 1.

## Prueba No. 4

Se llevó a cabo un análisis sensorial de las muestras con diferentes contenidos de humedad por lo que se procedió a determinar las características en el límite de los cambios en el comportamiento de las muestras de fresa, estandarizada.

Como podrá observarse en el cuadro No. 4 el sabor se conservó bueno hasta 28.4 % de humedad, no así con el color que se deterioró en cierto grado probablemente por empardamiento enzimático a nivel de 40.8 % de humedad. Es decir se deterioró primero el color y posteriormente el sabor y textura se siguieron deteriorando hasta los límites señalados. De acuerdo con el valor límite de 40.8 % de humedad en el cual todavía se conservaban las propiedades presentadas se pensó que era importante conservar dichas propiedades. Para este efecto se utilizó una inmersión en solución de sacarosa al 30 % de las muestras, después de un período de presecado al 40 % de humedad ( 90 minutos de presecado inicial ) la solución de sacarosa tiene presión osmótica mayor que las soluciones naturales de la fresa de tal manera que al absorber azúcar se pensó en la posibilidad de retardar las reacciones enzimáticas y de oxidación de tal manera que se conservara el color, se acentuara el sabor y se evitara la resqueadura o cualquier cambio significativo en la textura. Para corroborar lo anterior se realizó la prueba No. 5 consistente en presecar a 90 minutos de exposición a 50-55°C y sumergir las muestras durante diferentes tiempos de exposición en una solución de azúcar y poder dilucidar así si esta hipótesis es correcta.

#### Prueba No. 5

En esta prueba se emplearon diferentes tiempos de inmersión en una solución de sacarosa al 30 % con la finalidad de establecer las diferencias que se presentarían en sabor, color y textura.

Las muestras con mejores resultados fueron con el tratamiento de 40 minutos de inmersión en la solución de sacarosa presentándose en el cuadro No. 5 el promedio del análisis sensorial.

#### Prueba No. 6

Esta prueba consistió en determinar la humedad final, después del tratamiento con azúcar para determinar así el último de los parámetros para la determinación básica del proceso.

Para este propósito se analizaron sensorialmente diferentes muestras con diferentes humedades finales, en este caso se compararon humedades de 11, 16, 21 % de humedad.

Sensorialmente se determinó que el nivel de 16.0 % de humedad neta resultó ser el mejor, equivalente a 24.76 % de humedad sobre base húmeda ( 16.0 % de humedad neta + 8.76 % de materia seca ) equivalente asimismo a 54.7 % de humedad sobre base seca ( 8.76 % / 16.0 % = 0.547 ).

Finalmente cabe señalar que la humedad relativa del medio ambiente para todas las pruebas señaladas se registró con pocas variaciones ya que fueron entre 75 y 90 % de humedad relativa.

## PRUEBA PILOTO PARA COMPROBAR LAS CONDICIONES DE TRATAMIENTO.

Se llevó a cabo para comprobar los resultados obtenidos para cada una de las pruebas mencionadas anteriormente, se utilizó básicamente esta prueba, para corroborar las condiciones que se encontraron para los parámetros determinados.

Se realizó una muestra de 20 Kg de fresa las cuales se sometieron al proceso de desecado bajo las condiciones ya establecidas. Las fresas deshidratadas llegaron a un peso de 4.95 Kg de los cuales contenía 16.0 % de humedad observándose buenas cualidades de sabor, color y apariencia por lo que se destinaron 7 porciones en las que fue dividida la muestra la cual una parte se envasó en bolsas de polietileno cerradas herméticamente; la segunda parte fue para elaborar mermeladas con buenos resultados ; por último se prepararon batidos que a su vez fueron aceptables los análisis sensoriales realizados.

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

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES.

1) Las condiciones óptimas de secado que se determinaron para el proceso de deshidratación de fresa fueron las siguientes:

La muestra se somete a un presecado de 40.0 % de humedad en un tiempo aproximado de 90 minutos, sumergiéndose posteriormente en una solución de sacarosa al 10 % durante 40 minutos, a continuación, se deja escurrir el exceso de la solución a la que fue sumergida, posteriormente se finaliza el proceso de secado hasta que se obtiene un contenido de humedad de 14.0 % en un rango de temperatura de 50-55°C.

Por los resultados obtenidos se determinó un proceso de deshidratación en etapas en el cual la fresa deshidratada si se conserva durante 70 días de almacenamiento sin desarrollo de microorganismos, sus propiedades de sabor y color se comprobaron con la elaboración de mermeladas y bebidas.

2) El agua libre es la que se evapora más fácilmente por lo que en el proceso de deshidratado esta es liberada durante la primera etapa. A medida que el proceso avanza, la eliminación del agua se vuelve más difícil lo que hace que el tiempo de secado aumente.

3) El horno deshidratador usado durante el proceso consta de dos termómetros siendo uno de bulbo seco y el otro de bulbo húmedo que nos permite saber la temperatura del proceso y consta además de una compuerta que nos sirve para eliminar el aire saturado de humedad que es conducido por un ventilador a través del horno. Consta también de una resistencia eléctrica la cual se utiliza para aumentar la temperatura del aire de entrada que está circulando a través del conducto.

4) La posibilidad de uso de inhibidoras químicas se descartó porque al utilizar la solución de sacarosa se evita la reacción de oscurecimiento de la fresa a la vez que resalta el sabor dulce de la fruta, siendo de esta manera una forma natural de conservar las propiedades físicas y químicas del producto deshidratado, sin necesidad de uso de inhibidoras químicas ya que confieren sabores indeseables.

5) El presente trabajo se puede continuar desarrollando en lo que respecta al uso de inhibidoras o utilizando otro tipo de secadores siguiendo la rutina realizada durante la metodología e experimental para observar las variables que presenta y hacer una comparación entre cada una de ellas.

6) La obtención de fresas deshidratadas ofrece una alternativa para ser consumida en las regiones donde resulta difícil su recolección.

El uso comercial de la fresa puede ser posible de diversas formas ya que deshidratada pierde su apariencia natural pero no sucede así con sus propiedades químicas y organolépticas de sabor y color.

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

## CAPITULO VI

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Esqui Dargal Salvador; Química de los Alimentos; 1a. Edición; Editorial Alhambra-Universidad; México; 1981.
- 2) Eraverman, J.B.S.; Introducción a la Bioquímica de los Alimentos; 2da. Edición; Editorial El Manual Moderno; México; 1980.
- 3) Brennan, J.G., Butter, J.F.; Las operaciones de la ingeniería de los alimentos; 2da. Edición; Editorial Acribia; España; 1980.
- 4) Dart, Robert; Frutas secas; 1era. Edición; Editorial EDAF; España; 1984.
- 5) Frazier, W.C.; Microbiología de los alimentos; 2da. Edición; Editorial Acribia; España; 1976.
- 6) Jamieson Michael, Jobber Peter; Manejo de los Alimentos; 1a. Edición; Editorial Fax-México; México; 1975.
- 7) Manuales para Educación Agropecuaria; Elaboración de Frutas y hortalizas; Area: Industrias Rurales; 1a. Edición; México; 1981.
- 8) Manuales para educación agropecuaria; Area: Producción Vegetal; 1a. Edición; México; 1982.
- 9) Fantástico, B.; Fisiología de la postrecolección, Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales; 2a. Edición; Editorial CECSA; México; 1984.
- 10) Fearson, D.; Técnicas de Laboratorio para Análisis de Alimentos; Editorial Acribia; España; 1976.
- 11) Pistono Raschieri, J.; Desecación de los Productos Vegetales; Editorial Reverté; Barcelona, España.
- 12) Schneider, G.W.; Cultivo de Arboles Frutales; 18ava. Edición; Editorial CECSA; México; 1985.