



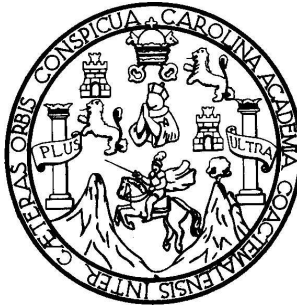
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE  
ZANAHORIA DESHIDRATADA CON Y SIN PRETRATAMIENTO OSMÓTICO.**

**Edna Elizabeth González Díaz**  
Asesorado por: Inga Sandra Montenegro Amaya

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE  
ZANAHORIA DESHIDRATADA CON Y SIN PRETRATAMIENTO OSMÓTICO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDNA ELÍZABETH GONZÁLEZ DÍAZ**

ASESORADO POR: INGA. SANDRA MONTENEGRO AMAYA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, JULIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alva Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	BR. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	BR. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Edgar Adolfo Reynoso Enríquez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE ZANAHORIA DESHIDRATADA CON Y SIN PRETRATAMIENTO OSMÓTICO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha julio de 2006.

Edna Elizabeth González Díaz

## **AGRADECIMIENTOS A**

- Dios** por permitirme culminar mis estudios universitarios, acompañándome y fortaleciéndome en todo momento.
- Asesora** Inga. Sandra Montenegro Amaya, por su apoyo y dedicación a este trabajo.
- Amiga** Maricruz Montenegro, por su amistad y apoyo durante mi carrera universitaria.

## **ACTO QUE DEDICO A**

- Mis padres** por apoyarme para alcanzar mis sueños, por la confianza depositada en mí, pero sobre todo por su amor incondicional
- Mis hermanos** por su cariño
- Mi hijo** por inspirarme para ser mejor cada día
- Mi esposo** por su apoyo y comprensión

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	III
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	V
<b>GLOSARIO</b>	VII
<b>HIPÓTESIS</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1. ANTECEDENTES</b>	1
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	3
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	5
3.1 Reseña sobre la zanahoria	5
3.2 Deshidratación o secado	7
3.3 Equipos para realizar el proceso de secado	9
3.3.1 Secador de bandejas	9
3.3.2 Secadores indirectos de vacío	9
3.3.3 Secadores continuos de túnel	9
3.3.4 Secadores rotativos	12
3.3.5 Secador de tambor	12
3.3.6 Secador por aspersion	12
3.3.7 Secador de lecho fluidizado	12

3.4 Efecto de la deshidratación en las propiedades organolépticas de la zanahoria.	13
3.4.1 Textura	13
3.4.2 Color	14
3.4.3 Valor nutritivo	15
3.5 Rehidratación	16
3.6 Pretratamiento osmótico	16
3.7 Evaluación sensorial	17
<b>4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b>	
4.1 Material y equipo	19
4.2 Metodología experimental	20
<b>5. RESULTADOS</b>	23
<b>6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	31
<b>CONCLUSIONES</b>	39
<b>RECOMENDACIONES</b>	41
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	43
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	45
<b>APÉNDICE</b>	47



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama deshidratación sin pretratamientos	20
2.	Diagrama deshidratación con pretratamientos	21
3.	Fotografía cubos con pretratamiento	26
4.	Gráfica, cubos sin pretratamiento	33
5.	Gráfica, cubos con pretratamiento 30° Brix	34
6.	Gráfica, cubos con pretratamiento 40° Brix	35
7.	Gráfica, cubos con pretratamiento 50° Brix	36
8.	Hoja de Evaluación	49
9.	Escala Karlsruhe	51

### TABLAS

I	Cubos de zanahoria sin pretratamiento	27
II	Cubos de zanahoria con pretratamiento 30° Brix	27
III	Cubos de zanahoria con pretratamiento 40° Brix	27
IV	Cubos de zanahoria con pretratamiento 50° Brix	28
V	Composición de la zanahoria	53



## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>SÍMBOLO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>pH</b>	Potencial de hidrogeno
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>mm</b>	Milímetros
<b>gr.</b>	Gramos
<b>lb.</b>	Libras



## GLOSARIO

<b>Osmosis</b>	Proceso en que el agua se traslada, a través de una membrana semipermeable, desde una región de alta concentración hasta una región de concentración más baja.
<b>Pruebas hedónicas</b>	Se entiende por prueba afectiva aquella en la que el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no.
<b>Carotenos</b>	Pigmento amarillo anaranjado que se encuentra en ciertas células vegetales, y da su color a algunos vegetales. Como la zanahoria.
<b>Pro vitaminas</b>	Sustancias que pueden convertirse en vitaminas dentro de nuestro organismo.

<b>Escaldado</b>	Tratamiento térmico que inactiva las enzimas, evitando la decoloración, el reblandecimiento y, la aparición de malos olores y sabores durante el almacenamiento posterior.
<b>Friables</b>	Que se desmenuza fácilmente, característica que se atribuye a los suelos.
<b>Enzimas</b>	También denominados fermentos, son sustancias capaces de acelerar las reacciones bioquímicas del organismo.
<b>Propiedades Organolépticas</b>	Propiedades organolépticas de un alimento son aquellas que podemos percibir con nuestros sentidos.

## **HIPÓTESIS**

Las propiedades organolépticas de los cubos de zanahoria gozaran de mayor aceptación en el panel sensorial, utilizando un pretratamiento osmótico en el proceso de deshidratación, que aquellos cubos que han sido deshidratados directamente en un túnel de secado en contracorriente sin pretratamiento osmótico.





## RESUMEN

En el presente trabajo se deshidrataron cubos de zanahoria en un túnel de secado en contracorriente. Los primeros cubos se deshidrataron directamente sin ser sometidos a ningún tratamiento previo a ser deshidratados, los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada por el panel encuestado, a estos cubos de zanahoria, no fueron aceptables para las propiedades evaluadas, textura, color olor y sabor.

En el caso de los cubos sometidos a pretratamiento se realizaron 3 corridas con diferentes concentraciones de solución osmótica siendo estas 30, 40, 50° Brix, luego fueron deshidratados en un túnel de secado en contracorriente.

Los cubos que obtuvieron mayor aceptación del panel sensorial fueron los sometidos a la solución de 30° Brix.

Estos cubos fueron sometidos a 3 tratamientos, siendo el primero uno de textura utilizando fosfato tricálcico, luego se realizó un escaldado con agua a 95°C y posteriormente fueron sometidos a la solución osmótica de 30° Brix, la cual estaba compuesta de cloruro de sodio, ácido cítrico y sacarosa.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar cual de los dos procesos de deshidratación, con y sin pretratamiento osmótico, minimiza los cambios en las propiedades (olor, color, sabor, textura) de los cubos de zanahoria y tiene mayor aceptación en el panel sensorial.

### **Específicos**

1. Evaluar en base a las 3 diferentes concentraciones de la solución osmótica utilizada, cual minimiza los daños en las propiedades organolépticas en los cubos de zanahoria.
2. Evaluar el procedimiento que da los mejores resultados determinando los rangos de las diferentes variables que se involucran en el pretratamiento de textura, blanqueo y pretratamiento osmótico.



## INTRODUCCIÓN

La zanahoria es apreciada en la alimentación por sus propiedades organolépticas (textura, sabor, color, olor) y por su valor nutritivo, especialmente por su alto contenido de beta caroteno que se convierte en vitamina A, en el cuerpo humano.

La vitamina A es necesaria para el crecimiento y desarrollo de los huesos, para el funcionamiento de los tejidos. Tiene acción esencial en los procesos inmunológicos, previniendo infecciones respiratorias, y es un eficaz antioxidante. También beneficia al sistema óptico.

La deshidratación constituye una etapa fundamental en el procesamiento, almacenamiento y conservación de la zanahoria, pero altera, en cierto grado, tanto las características organolépticas como el valor nutritivo de la misma.

Este trabajo es un estudio comparativo de los efectos que se causan sobre las propiedades organolépticas de los cubos de zanahoria, deshidratados directamente en un túnel de secado en contracorriente versus cubos de zanahoria sometidos a un pretratamiento osmótico y siendo posteriormente deshidratados en un túnel de secado en contracorriente.

Para realizar este estudio se utilizó zanahoria variedad emperador cortada en cubos, los cuales fueron deshidratados directamente en un túnel de secado en contra corriente, paralelamente se trabajaron cubos de la misma variedad y dimensiones sometidos a un pretratamiento osmótico para posteriormente ser deshidratados en el túnel de secado en contra corriente.

El producto obtenido en cada uno de los procesos de deshidratación fue sometido a un análisis sensorial por medio de pruebas hedónicas utilizando el método de KARLSRUHE.

Los procesos de deshidratado y los análisis sensoriales se realizaron con el equipo y en las instalaciones de Productos El Abuelo, ubicado en Santa Catarina Pinula.

En este estudio se determinó un método que permite aportar un valor agregado a la zanahoria emperador a nivel nacional, minimizando los efectos en sus propiedades organolépticas (textura, sabor, olor y color) después de sufrir una deshidratación, en un túnel de secado en contracorriente.

## 1. ANTECEDENTES

Una alternativa para que el hombre pueda aprovechar más y mejor los alimentos que se producen en épocas de cosecha es la conservación mediante la disminución del contenido de agua (deshidratación).

La investigación tecnológica busca la aplicación de técnicas más eficientes de deshidratación, bajo condiciones controladas que permitan obtener productos de alta calidad nutricional, que sean muy similares en color, aroma y sabor a los alimentos frescos, los cuales pueden ser aprovechados por las industrias alimenticias para la elaboración de alimentos instantáneos.

La revista agro ciencia en el año 2003 publicó un estudio sobre la deshidratación centrífuga en productos agrícolas, para el cual se utilizó la zanahoria. Esta fue sometida a dos procesos de deshidratación, uno por medio de un secador de bandejas y el otro un prototipo térmico centrífugo. En este estudio se determinó que la fuerza centrífuga utilizada como un coadyuvante en la deshidratación de zanahoria disminuyó los tiempos de secado. (Ref.1)

En el año 2000 la Universidad de Campiñas en Brasil presentó un estudio en el cual se analiza la retención de los carotenos pro vitamina A durante el proceso de secado en el primer caso donde se seco la zanahoria al sol, un medio barato y accesible para preservar los alimentos en países en desarrollo, ocurrieron pérdidas considerables de pro vitamina A.

Cuando se considero un secador solar y proteger el vegetal de la luz directa, esto minimizo la destrucción de la pro vitaminas.

Pero la más importante conclusión de este estudio fue que el proceso de escaldado puede reducir el contenido de carotenos en forma inicial pero prevendrá pérdidas posteriores y mayores durante el procesamiento y almacenamiento. (Ref.2)

En 1989 se realizó un estudio sobre los efectos de los procesos de escaldado y de secado en la concentración de beta carotenos y la calidad de la harina de zanahoria. Es importante mencionar que en dicho estudio se llegó a la conclusión que los procesos de escaldado con vapor y con agua reciclada no tuvieron ningún efecto sobre la concentración de beta carotenos y la intensidad del color naranja de la zanahoria. (Ref. 3)



## 2. JUSTIFICACIÓN

Con la apertura de nuevos mercados internacionales, también se abren nuevas oportunidades para el sector agroindustrial guatemalteco. Sin embargo el reto que afrontará este sector, obliga a los profesionales y empresarios a desarrollar procesos que den como resultado nuevos productos de calidad generando a su vez nuevas fuentes de empleo.

El cultivo de hortalizas en Guatemala es una fuente de trabajo para un porcentaje significativo de la población. El máximo aprovechamiento de estos cultivos generará mayor demanda y a su vez la oportunidad de mejorar los ingresos de quienes se dedican a esta actividad.

Industrialmente, la zanahoria es utilizada en la preparación de semi elaborados, deshidratados o congelados, especialmente sopas o compuestos similares además, la zanahoria deshidratada y pulverizada se utiliza para la coloración natural de muchos productos y como ingrediente principal en la formulación de complementos nutritivos.

Todos los procesos industriales de deshidratación, alteran en cierto grado el color, olor, sabor y textura de la zanahoria. Además del agua eliminan cierta cantidad de sus productos volátiles. Pueden hidrolizarse los hidratos de carbono y desnaturalizarse las proteínas, produciendo pérdidas del contenido de ciertas vitaminas.

Por ello, se realizó un estudio comparativo de las propiedades organolépticas de cubos de zanahoria deshidratada directamente en un túnel de secado en contracorriente versus deshidratación osmótica como pretratamiento.

Al minimizar los efectos de la deshidratación en las propiedades organolépticas y prolongar su vida útil, la zanahoria variedad Emperador tiene un valor agregado.

Estos cubos de zanahoria pueden ser comercializados a nivel nacional, como ingredientes para sopas, ensaladas y “snacks”.

## **3. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Reseña sobre la zanahoria**

La zanahoria nombre científico es *Daucus carota* L. clasificada como una umbelíferae de ciclo bienal en la vegetación espontánea, se presenta con una gama muy rica de variedades entre las cuales se puede distinguir tipos con raíz corta, otros con raíz semi larga y larga “sin corazón” es decir, sin la presencia de partes fibrosas o lechosas, las mejores. Algunas de las variedades más conocidas de este vegetal son: Chantenay Royal, Super Chantenay, Emperador, Chantenay Red Cored, Wronter danwer.

La zanahoria necesita terrenos bastantes friables ya que la presencia de arcilla o mezclas muy compactas, dan lugar a el crecimiento de raíces irregulares y a menudo bifurcadas, comercialmente de baja calidad.

La zanahoria es la raíz más cultivada del planeta, que parece ser de origen oriental, llegó a Europa y Egipto hace milenios, actualmente se cultiva en todas las áreas de clima templado, sembrada en cada estación con ciclo productivo de aproximadamente 100-120 días. En Guatemala los departamentos de mayor producción son Chimaltenango, Quetzaltenango, Sololá, San Marcos y Huehuetenango.

La presencia de azúcares, sales minerales y partes fibrosas a menudo importantes en este vegetal, su parte sólida es frecuentemente superior al 20 %.

Su calidad naturalmente está unida al color debido a los carotenos presentes y a la ausencia de partes leñosas que exaltan el sabor y justifica la utilización sea como ingrediente fresco o transformado.

Los carotenos se encuentran de forma natural en muchas verduras y frutas. Específicamente el beta caroteno se encuentra en las frutas y verduras naranja oscuro como la zanahoria.

La diferencia entre una zanahoria naranja oscuro y una pálida se debe a su contenido en caroteno. Los alfa y beta carotenos son precursores de la vitamina A y actúan como nutrientes antioxidantes eliminando los radicales libres y protegiendo al ADN de su acción mutágena, contribuyendo, por tanto, a frenar el envejecimiento celular.

Son los únicos carotenos que se transforman en cantidades apreciables de vitamina A en el cuerpo humano. Se almacena en el hígado y también en el tejido graso de la piel (palmas de las manos y pies principalmente).

Sin embargo, el organismo solo convierte estos carotenos en vitamina A conforme los va necesitando. Los alfa y beta carotenos (vitamina A) son importantes para el sistema inmune y proporcionan resistencia a la infección.

También son necesarios para el desarrollo y mantenimiento de un tejido epitelial saludable y de las membranas mucosas, como revestimiento de los pulmones, los bronquios y otros tejidos respiratorios. El tejido epitelial forma una barrera frente a las bacterias y sustancias extrañas y ayuda directamente a la prevención de infecciones y enfermedades.

Las propiedades organolépticas de la zanahoria son: textura la cual puede ser determinada con probadores manuales los cuales determinan la fuerza de la penetración usando probadores tales como el presionómetro Magness-Taylor.

Color y sabor pueden ser determinados por paneles sensoriales, esta evaluación sensorial es realizada por un panel de personas que detectan y describen diferencias entre las muestras. Estas pruebas son difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone.

### **3.2 Deshidratación o secado**

En general la deshidratación o secado se refiere a la eliminación de cantidad de agua relativa ( $a_w$ ) del material en proceso. El agua casi siempre es eliminada en forma de vapor con aire bajo condiciones de temperatura controladas.

El secado de materiales biológicos (alimentos), se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10 % en peso. Los alimentos deshidratados pueden almacenarse durante periodos largos.

Los métodos y procesos de secado pueden clasificarse de diferentes maneras.

Por lotes: cuando el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un periodo de tiempo.

Continuos: donde el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo.

También podemos clasificarlos según las condiciones físicas usadas para aplicar calor y extraer el vapor de agua:

Adición de calor por contacto directo: con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire. Consiste en aplicar una capa delgada del producto líquido o en forma de papilla sobre una superficie caliente, donde permanece por un lapso muy corto, para luego ser separado de la superficie por medio de un sistema estacionario de cuchillas que raspan el alimento.

El producto final es una lámina muy delgada y quebradiza, que se tritura un poco para formar hojuelas.

Normalmente, la superficie caliente es un tambor o cilindro hueco que es calentado por dentro con vapor y que gira lentamente. No es costoso pues los consumos energéticos son menores, pero no siempre es el más adecuado por la demanda económica de la instalación. Su uso se limita a los productos menos sensibles al calor.

Secado al vacío: la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto por una pared metálica o por radiación. Se obtienen excelentes resultados pero a un costo muy alto.

Secado por congelación (liofilización): es un proceso en el cual el agua en estado sólido o sea congelada, se sublima (paso directo de hielo a vapor) en una cámara cerrada que permite mantener el alimento a presiones bajas, de manera que no ocurre la transferencia de líquido a través del producto. Involucra dos etapas.

Los materiales biológicos tratados por este método tienen la ventaja de ser fácilmente reconstruidos y presentar muy buen sabor al rehidratarse.

### **3.3 Equipos para realizar el proceso de secado**

3.3.1 Secador de bandejas: o secador de anaqueles, de gabinete o compartimiento, el material que puede ser un sólido en forma de pasta o terrones, el cual se distribuye uniformemente sobre la bandeja de metálica. Las bandejas son expuestas al aire calentado con vapor por medio de un ventilador que lo recircula sobre la superficie de las bandejas.

3.3.2 Secadores indirectos de vacío: estos secadores se usan para secar materiales costosos o sensibles a la temperatura o bien que se oxidan fácilmente.

3.3.3 Secadores continuos de túnel: son compartimientos con bandejas o carretillas operando en serie dentro del túnel. El material a secar es colocado en estas bandejas que se mueven continuamente por un túnel con gases calientes pasando sobre la superficie de cada bandeja.

Una de las principales características de construcción en que se diferencian los secadores de túnel tiene que ver con la dirección del flujo de aire en relación con el movimiento de las bandejas.

El flujo de aire caliente puede ser a contracorriente (dirección opuesta al flujo del material) y su importancia radica en que el aire, cuando esta al máximo de calor y sequedad, se pone en contacto con el producto ya casi seco, en tanto que, que para el secado inicial del producto en las bandejas que van entrando al túnel, se emplea aire que se ha enfriado y se ha cargado de humedad al pasar por el túnel. De este modo, los cambios en la temperatura y humedad del producto en la etapa inicial del secado son menos bruscos, y hay menos probabilidad de que tengan lugar el endurecimiento de la cubierta o el encogimiento de la superficie, dejando el centro húmedo. Además, se puede lograr de este modo una humedad final más baja porque el producto más seco se pone en contacto con el aire mas seco. En contraste con este tipo de secador, hay túneles en que las bandejas y el aire a su máximo de calor y sequedad entran juntos y se mueven en la misma dirección. En este caso el secado rápido inicial y el secado final pueden causar el endurecimiento de la cubierta y grietas y porosidad en el interior, cuando por fin se secan los centros, lo que es a veces deseable en determinados productos.

En general el túnel de flujo en contracorriente usa menos calor y da un producto mas seco que el túnel de flujo paralelo.

Las bandejas pueden ser de madera o de metal, para que el aire pueda pasar por debajo de las bandejas el fondo de estas tiene un mesh abierto.

Cuando una bandeja cargada de producto seco sale del túnel, deja lugar para que entre otro cargado de producto húmedo por el extremo opuesto. De esta manera, la operación se hace semi continua.

Como ya se ha mencionado en este tipo de secador el material se seca por el paso de un flujo de aire caliente.



La capacidad del aire para eliminar el agua del material depende de su temperatura y del agua que contiene, que se expresa comúnmente como humedad relativa (HR). La relación existente entre la temperatura y la humedad del aire se pueden calcular por lo que se llaman diagramas psicométricos. La temperatura del aire del flujo se mide a través de dos tipos de sensores. El bulbo seco que es un termómetro y el bulbo húmedo es un termómetro rodeado de una tela húmeda por estar sobre un receptáculo que incluye agua y mide la temperatura de esa agua. La evaporación de esta agua enfría este bulbo húmedo y su temperatura deberá ser menor que la del bulbo seco. Conociendo estas dos temperaturas puede hallarse en un diagrama psicométrico su humedad relativa.

Cuando el aire caliente entra en contacto con el material húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación, con lo que el agua que contienen pasa a estado de vapor. El vapor de agua que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el material, es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre aquel una zona de baja presión y creándose entre el aire y el material un gradiente de presión de vapor.

Este gradiente proporciona la fuerza impulsadora que permite eliminar el agua. El agua escapa de la superficie del material por los siguientes mecanismos.

Difusión: la difusión de la humedad líquida se verifica cuando existe una diferencia de concentración entre el interior del sólido y la superficie. Este método de transporte de humedad es el que casi siempre se presenta en sólidos no porosos.

En el secado de muchos materiales alimenticios, el movimiento del agua durante el periodo de velocidad decreciente se verifica por difusión.

Capilaridad: cuando se están secando sólidos granulares y porosos como arcillas, arena, tierra, pigmentos para pinturas y minerales, la humedad libre o combinada se desplaza a través de capilares y espacios vacíos de los sólidos por acción capilar, y no por difusión. Este mecanismo, en el cual interviene la tensión superficial, es similar al desplazamiento del combustible en la mecha de un quinqué portátil.

3.3.4 Secadores rotativos: es un cilindro hueco que gira sobre su eje, con una inclinación hacia la salida. El calentamiento se lleva a cabo por contacto directo con gases calientes con flujo a contracorriente.

3.3.5 Secador de tambor: es un tambor de metal calentado, y que en el exterior se evapora la capa delgada de un líquido o una suspensión hasta lograr secarla. El sólido seco final se raspa del tambor que gira lentamente. Este equipo es adecuado para secar suspensiones o pastas de sólidos finos.

3.3.6 Secador por aspersión: un líquido o suspensión se pulveriza o se rocía con una corriente de gas caliente para obtener una lluvia de gotas finas. El agua se vaporiza de dichas gotas con rapidez, obteniéndose partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas.

El flujo de gas y de líquido de la cámara de pulverización puede ser a contracorriente, con corriente en paralelo o una combinación de ambas.

3.3.7 Secador de lecho fluidizado: Es un tipo de secador por transporte neumático.

Se sopla aire hacia arriba y a través de las partículas de alimento con la fuerza exacta requerida para mantenerlas suspendidas y moviéndose suavemente. El aire caliente se introduce a través de una placa porosa que sostiene el lecho lleno de gránulos.

El aire húmedo se escapa por la parte superior. El proceso es continuo y el tiempo de permanencia de las partículas en el secador puede ser regulado por el ajuste de la profundidad del lecho y por otros medios.

Este tipo de secado se puede utilizar para deshidratar granos y otros alimentos en forma de partículas.

### **3.4 Efecto de la deshidratación sobre las propiedades organolépticas de la zanahoria**

#### **3.4.1 Textura**

La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho de el tipo de pretratamiento que se le da al alimento (solución de agua y fosfato tricalcico), el tipo de intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado.

En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación.

Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua mas lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme, característica de la materia prima original.

La variación en la textura depende también de las condiciones del desecador, por ejemplo, si se usan velocidades de deshidratación rápidas y temperaturas elevadas los cambios serán mas pronunciados que con flujos y temperaturas mas bajas. A medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento. Si las temperaturas son elevadas la evaporación del agua hace que la concentración de solutos en la superficie aumente lo que conduce a la formación de una capa superficial dura e impenetrable.

Este fenómeno se llama acortezamiento o encoframiento y reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento seco en su superficie pero húmedo en su interior.

### 3.4.2 Color

La deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas.

Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante el almacenamiento.

Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando el vegetal con ácido ascórbico u otros compuestos.

### 3.4.3 Valor nutritivo

La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuesto aromáticos.

Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas alcanzan su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimentan concentración alguna.

Los metales pesados, sin embargo, actúan como catalizadores de reacciones de oxidación de nutrientes insaturados, están disueltos en la fase acuosa del alimento. A medida que el agua se elimina, su reactividad aumenta y las reacciones de oxidación (de lípidos esenciales también) se aceleran.

La composición de la zanahoria cruda se describe en la tabla V que se encuentra en los anexos.

### **3.5 Rehidratación**

La rehidratación de productos deshidratados es dificultosa y muchas veces insatisfactoria, este proceso no es sencillo pues algunos de los cambios sufridos en la deshidratación son irreversibles. Las estructuras previamente compactadas no pueden regresar a su configuración original.

Al efectuarse la rehidratación los solutos en los tejidos absorben el agua contribuyendo a la recuperación de la presión que las células turgentes ejercen una sobre otra del material.

Los cambios irreversibles en los componentes coloidales de los tejidos vegetales ocurren si el material es expuesto por un periodo largo a altas temperaturas.

Se debe tomar en cuenta que la elasticidad de las paredes de las células y su capacidad de hinchamiento, son muy importantes para una buena rehidratación, las cuales son reducidas en procesos donde se aplica calor.

### **3.6 Pretratamiento osmótico**

Para definir la osmosis, es preciso definir antes la difusión. Esta última es el acto por el cual, dos cuerpos en contacto, se van mezclando lentamente por sí mismos. Este fenómeno es debido a la energía cinética que tienen las moléculas, por la cual se hallan en continuo movimiento.

Osmosis es el fenómeno de difusión de líquidos o gases, a través de una membrana permeable para alguno de ellos.

El uso de este tipo de pretratamientos utilizando el fenómeno de osmosis tiene como objetivo mejorar las características de los vegetales expuestos a deshidratación.

### **3.7 Evaluación sensorial**

Esta disciplina científica es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos, y que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, gusto, tacto y oído. Y esta constituida por dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico.

El hombre como todo ser vivo, capta su entorno físico a través de sus sentidos, es decir por impresiones que los órganos sensoriales reciben de su entorno, los cuales registran y comparan con impresiones previas, la vista es la facultad de distinguir el color, la forma y posición relativa de los cuerpos, siendo el color el atributo o propiedad sensorial mas importante en la evaluación de los alimentos. El olfato percibe las propiedades del olor y aroma de las sustancias.

El gusto es el sentido por el cual se pueden percibir las propiedades del sabor básico y sabores especiales. El tacto percibe sensaciones de contacto frío, calor. Mediante el sentido del oído se puede oír y percibir los sonidos.

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los panelistas entrenados, semientrenados o escogidos al azar perciben y califican, caracterizando y/o midiendo, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico.

Para el desarrollo de productos nuevos es primordial la aplicación de la evaluación sensorial esto permitirá la obtención de información sobre los atributos sensoriales y de relativa aceptabilidad de productos experimentales, con lo que se podrá establecer los criterios mas adecuados para una comercialización exitosa.



## 4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 Material y equipo

#### A: Materia prima

- Zanahorias de la variedad Emperador

#### B: Reactivos químicos

- Acido cítrico
- Sacarosa
- Cloruro de sodio
- Fosfato tricalcico
- Bisulfito de Sodio

#### C: Equipo de proceso

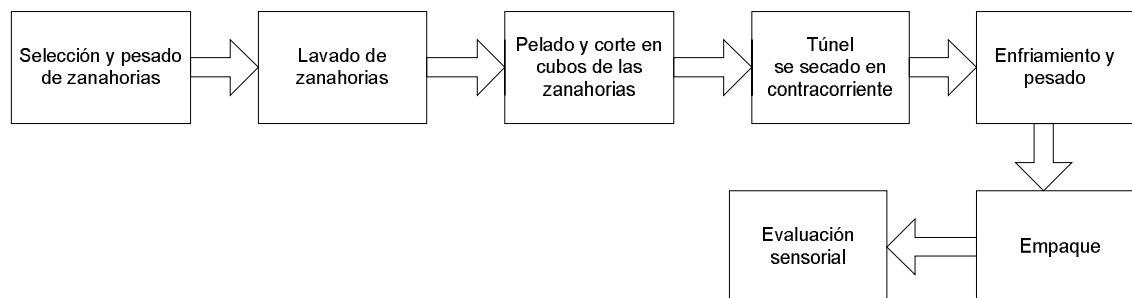
- Unidad de secado propiedad de productos El Abuelo, tipo túnel con carros que tienen bandejas, el flujo de aire es contracorriente y se utilizara una alimentación semi continua.

#### D: Materiales utilizados

- Cuchillos de acero inoxidable
- Balanza
- Celofán, polietileno de alta y baja densidad

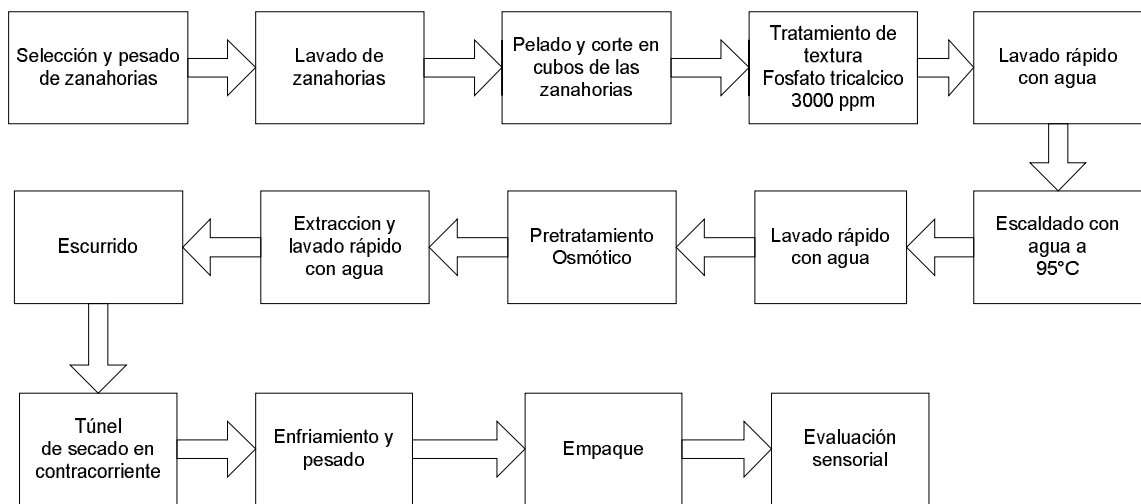
## Figura 1. Diagrama deshidratación sin pretratamiento

En el primer experimento no se utiliza ningún tratamiento y se someten los cubos de zanahoria directamente al secado en el túnel de secado en contracorriente.



## Figura 2. Diagrama deshidratación con pretratamiento

El diagrama a continuación describe el proceso utilizado para los cubos de zanahoria que fueron sometidos a pretratamientos previo a ser deshidratados.



Se utilizaron 50 lb. de zanahoria variedad emperador en cada corrida, las cuales son sometidas a los siguientes pasos.

- Selección determinar que la variedad corresponda a emperador, libre de daños físicos, libre de daños mecánicos, libre de residuos de fumigación, libre de daños de insectos
- Pesado
- Lavado con la finalidad de remover materias extrañas
- Pelado eliminando uniformemente la cáscara sin dañar la pulpa
- Corte en cubos de 5x5x5 mm con cuchillos de acero inoxidable

- Inmersión en solución de fosfato tricalcico cuya concentración podría variar en un rango de 2000 a 5000 ppm dependiendo del estado físico de la zanahoria madurez y textura
- Lavado rápido por aspersion para eliminar residuos de las solución utilizada
- Determinar condiciones de blanqueo, temperatura y tiempo de residencia
- Blanqueo
- Lavado rápido por aspersion con agua fría
- Determinar condiciones de pH, concentración de bisulfito y las concentraciones de la solución osmótica, tiempo y temperatura de inmersión
- Inmersión de los cubos de zanahoria a la solución osmótica determinada
- Extracción de los cubos de zanahoria y lavado rápido con agua fría
- Escurrido
- Proceso de secado en el túnel de secado en contracorriente
- Enfriamiento del producto deshidratado y pesado
- Empaque realizando pruebas con bolsas de celofán, polietileno de alta y baja densidad
- Evaluación sensorial

## 5. RESULTADOS

- Selección se utilizaron aquellas zanahorias que correspondían a la variedad emperador, que estaban libre de daños físicos, fisiológicos y mecánicos.
- Pesado esto se realizó para poder determinar costos con un peso bruto de 50 lb. y 15 lb. de desecho colas punta y cáscara.
- Lavado con la finalidad de remover materias extrañas.
- Pelado eliminando uniformemente la cáscara sin dañar la pulpa esta operación se realizo manualmente pero a nivel industrial podría utilizarse alguna dilución de soda cáustica con tensoactivo y por aspersion.
- Corte en cubos de 5x5x5 mm con cuchillos de acero inoxidable realizado manualmente.
- Como se utilizaron zanahorias libre de daños mecánicos, físicos y fisiológicos se llevaron a cabo 4 pruebas con diferentes concentraciones de fosfato tricalcico 2000, 3000, 4000 y 5000 ppm y 8 pruebas con distintos tiempos de reposo variando cada un de ellos 15 minutos llegando a 2 horas. Determinando que la mejor concentración fue de 3000 ppm y el mejor tiempo de reposo de una hora.
- Se realiza el tratamiento de textura con fosfato tricalcico con una concentración de 3000 ppm por una hora.
- Lavado rápido por aspersion para eliminar residuos de las solución utilizada.
- Determinar condiciones ideales de blanqueo para la zanahoria que va ser tratada osmoticamente es de suma importancia para evitar daños estructurales en los cubos.

- Se realizaron diversas pruebas con diferentes tiempos y temperaturas observándose cuando las condiciones no son las ideales posterior al secado se da un encogimiento de los cubos.
- Se utilizaron 10 tiempos diferentes desde medio minuto hasta 5 minutos, y una temperatura de 80 a 100 °C variando 5 grados en cada prueba.
- Llegando a determinar que la condiciones óptimas para el blanqueo de la zanahoria utilizada son medio minuto a 95°C, entonces se procede a someter a los cubos de zanahoria a estas condiciones.
- Lavado rápido con agua fría.
- La concentración de la solución en la cual se sumergen los cubos de zanahoria es la base sobre la cual se sustenta el principio del deshidratado osmótico o recordando a Charley Helen que señala que la membrana vacuolar y protoplásmica de las células vegetales son semipermeables y osmoticamente activas lo que facilita que al existir la diferencia de concentración entre la solución y el interior de los cubos de zanahoria debido a la presión osmótica se de la transferencia de masa de mayor a menor concentración. Y la eliminación de agua del interior de los cubos.
- El diseño experimental estaba conformado por 3 concentraciones diferentes por triplicado cada una de ellas para darle validez estadística a los resultados obtenidos siendo estas 30, 40, 50 ° Brix. Se determinó la relación entre solución y producto 1:4; realizando 4 pruebas distintas en duplicado variando el volumen de solución osmótica. El tiempo de reposo de manera continua en la solución osmótica también se determinó realizando tiempos de 5, 10 y 15 horas, encontrando que el tiempo de inmersión en la solución osmótica que dio mejor rendimiento y más bajo costo fue de 8 horas.

El pH de la solución osmótica en el rango de 2.8 y 3.2 inhibe el crecimiento bacteriano y se obtiene mejor sabor en el producto final.

Y se usa en combinación con bisulfito de sodio para evitar el pardeamiento no enzimático y contaminación, para así obtener un producto inocuo.

- Inmersión de los cubos de zanahoria a la solución osmótica determinada durante 8 horas.
- Extracción de los cubos de zanahoria y lavado rápido con agua fría.
- Escurrido y lavado rápido con agua.
- Preparación de bandejas aplicación de antiadherente a las bandejas para evitar daños a la zanahoria posterior al secado. Colocar el material.
- Proceso de secado en el túnel de secado por convección en contracorriente en un rango de temperatura del aire que oscila entre 70 75 °C siendo su fuente de calor un quemador de gas propano. El aire es impulsado por una turbina de 10,500 rpm.
- Enfriamiento del producto deshidratado y pesado.
- De las pruebas realizadas con distintos materiales para empaque de los cubos de zanahoria se determinó que el polietileno de alta densidad es el mejor para empacar este producto.

En los cubos de zanahoria sin pretratamiento se observaron los siguientes aspectos: encogimiento, pérdida de color y dureza de textura.

Las muestras con pretratamiento no se deformaron en la superficie de los cubos y presentaban un mejor aspecto en su forma, un mejor color según puede observarse en la figura 3 que se muestra a continuación.

**Figura 3. Cubos de zanahoria con pretratamiento**



- Se realizó el análisis sensorial evaluando los atributos textura, sabor, color y olor de los cubos de zanahoria sin pretratamiento y con pretratamiento a través de un panel no entrenado de 30 personas. Quienes calificaron 3 categorías:

CALIDAD 1: características típicas, es la calidad deseada en un producto

CALIDAD 2: en esta calidad hay un deterioro tolerable, donde se puede modificar alguna característica para mejorar el producto

CALIDAD 3: aquí se da un deterioro intolerable y con estas características no se acepta un producto



**Tabla I. Cubos de zanahoria sin pretratamiento**

Atributo	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Textura	0%	18%	82%
Color	3%	19%	78%
Sabor	0	12%	88%
Olor	8%	23%	69%

**Tabla II. Cubos de zanahoria con pretratamiento concentración 30° Brix**

Atributo	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Textura	92%	8%	0%
Color	79%	11%	10%
Sabor	83%	10%	7%
Olor	78%	19%	3%

**Tabla III. Cubos de zanahoria con pretratamiento concentración 40°Brix**

Atributo	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Textura	60%	33%	7%
Color	40%	50%	10%
Sabor	63%	27%	10%
Olor	27%	67%	7%

**Tabla IV. Cubos de zanahoria con pretratamiento  
concentración 50°Brix**

Atributo	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Textura	27%	57%	17%
Color	47%	33%	20%
Sabor	28%	45%	27%
Olor	63%	33%	4%

A continuación se determinaron los costos de la elaboración de cubos de zanahoria tipo snack los cuales fueron elaborados en una planta piloto.

Para el productor se ha considerado un margen de ganancia bruta 25% y el 35% de ganancia al detallista.

Costo materia prima	Q 12.86 / lb.
Costo pretratamiento	Q 1.59 / lb.
Costo proceso	Q 10.67/ lb.
Mano de obra	Q 1.41 / lb.
Empaque	Q 1.00 / lb.
Costo total:	Q 27.53 / lb.
Costo por porción de 35 gr.	Q 2.12
Precio al consumidor final porción de 35 gr.	Q 3.50

El costo de llevar este estudio a nivel industrial en el cual se determinaron condiciones del procedimiento de fabricación y un análisis sensorial tiene un valor de Q 35,000.



## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el procedimiento realizado para deshidratar cubos de zanahoria se utilizaron 3 pretratamientos, antes de someter a los cubos de zanahoria al túnel de secado. Para los cuales se determinaron las condiciones para estos pretratamientos que mejores resultados dieran en cuanto al aspecto del producto.

El primer tratamiento es el de textura para el cual se utilizó fosfato tricalcico esto garantiza una mejor textura pues al proteger las paredes celulares de los cubos evita pérdidas de los jugos internos del vegetal. Se determinó que la concentración de 3000 ppm durante una hora de residencia, nos dan los mejores resultados, tiempos menores dan como resultado una textura blanda y a tiempos mayores la textura se torna muy dura lo que impide la actividad osmótica de las paredes celulares. Las zanahorias que se utilizaron tenían un grado de madurez fisiológica aceptable y estaban libres de daños físicos, y mecánicos.

El segundo tratamiento, el escaldado, se determinó que las mejores condiciones para este tratamiento son agua a una temperatura de 95°C por un tiempo de medio minuto, pues si los cubos eran expuestos durante más tiempo y a mayores temperaturas su textura cambiaba drásticamente ablandándose y presentando un color de menor intensidad haciéndolos poco atractivo.

Por último, se procedió al tratamiento osmótico para el cual se determinó la relación volumen de solución osmótica, volumen de producto, esta relación es importante pues los cubos de zanahoria deben quedar sumergidos totalmente, la relación obtenida fue e 4 de solución osmótica a 1 de producto.

Se determinó que 8 horas son las necesarias para que los cubos de zanahoria reposen en la solución osmótica, si se dejaban más tiempo no se observaron cambios significativos en los cubos.

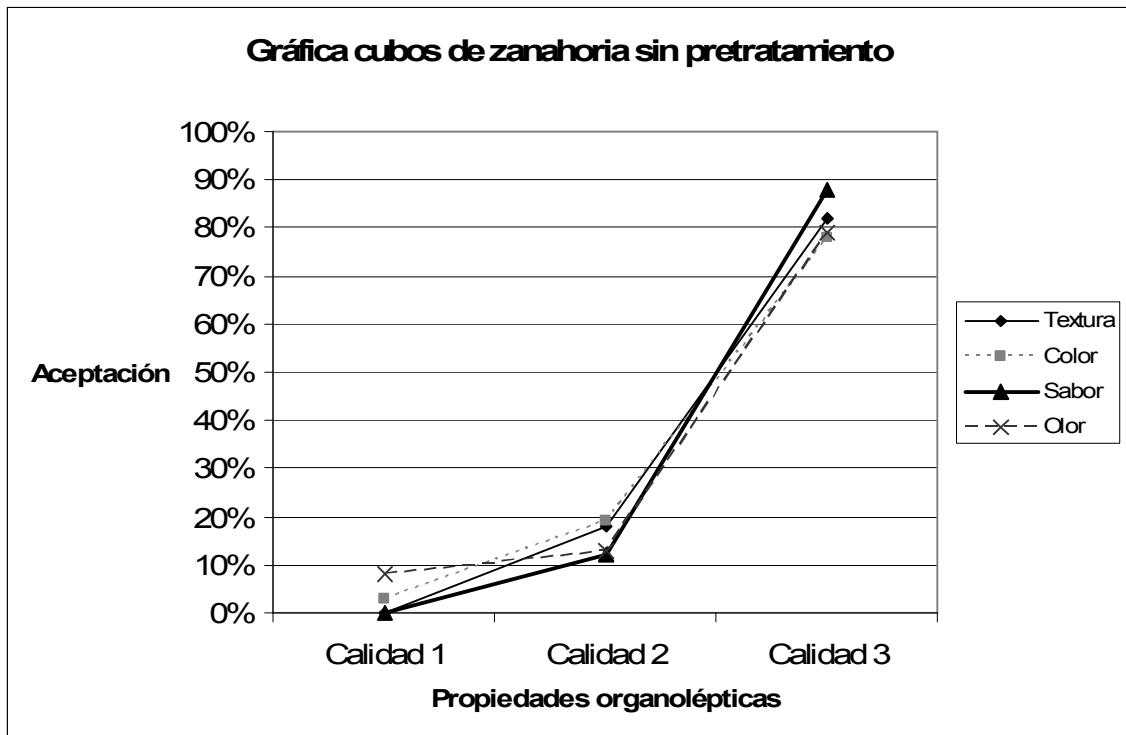
El pH se mantuvo en un rango de 2.8-3.2 para asegurar la inhibición de crecimiento bacteriano, también se utilizó bisulfito de sodio el cual evita el pardeamiento no enzimático del vegetal.

Se obtuvieron las tres concentraciones de solución osmótica a utilizar de 30, 40 y 50° Brix en las cuales fueron inmersos los cubos de zanahoria a las condiciones anteriormente determinadas.

Después de que los cubos fueron sometidos a los pretratamientos fueron deshidratados en el túnel de secado en contracorriente y los cubos obtenidos fueron evaluados por el panel sensorial, quienes calificaron su textura, sabor, color y olor mediante una escala que va desde 9 que significa excelente hasta 1 que indica muy mala. Ver figura 8, los datos recopilados se expresan porcentualmente en las tablas I, II, III y IV de la sección de resultados.

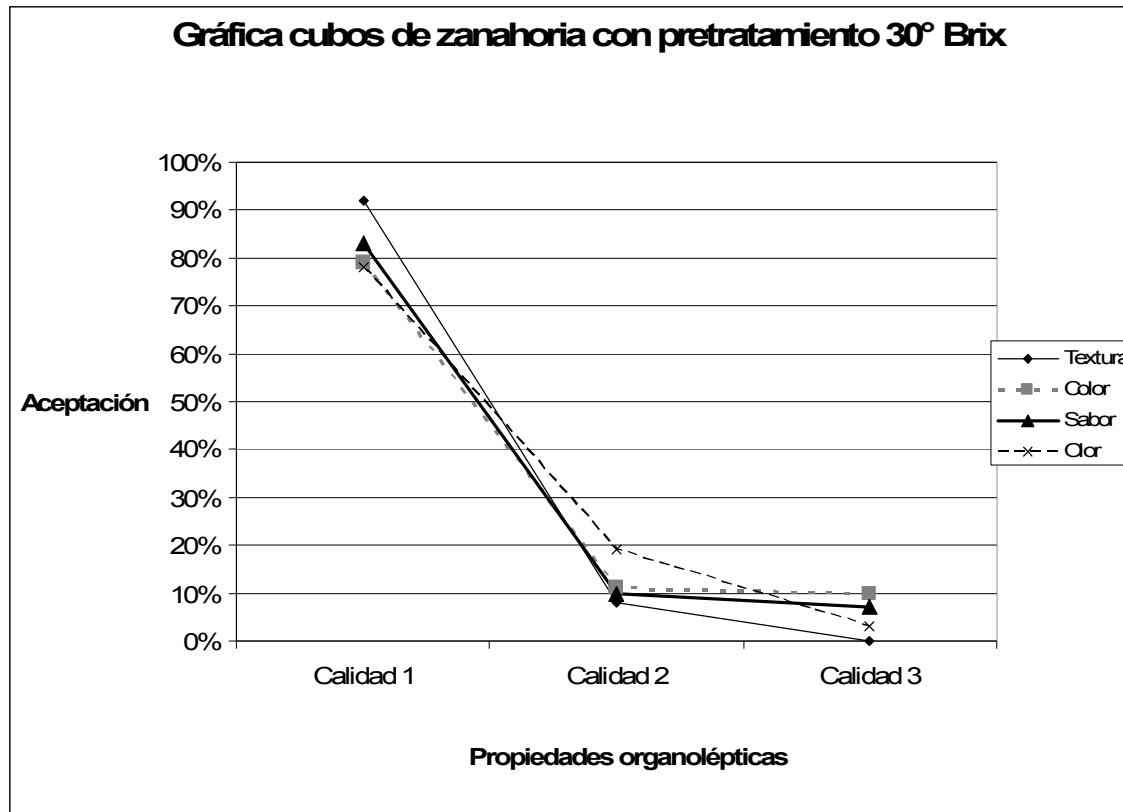
Y cuyos datos se expresan gráficamente a continuación.

**Figura 4. Resultados cubos de zanahoria sin pretratamiento**



En la gráfica para los cubos de zanahoria que fueron expuestos a deshidratación directa sin ningún tratamiento se observa que más del 78% de los panelistas calificaron con calidad 3 a las cuatro propiedades organolépticas evaluadas, esto nos indica que su textura está claramente alterada y es desagradable, que el sabor, es atípico y muy extraño. El olor en esta calidad indica que es extraño y artificial y un color atípico y poco atractivo, por lo que se observó un deterioro indeseable en sus propiedades organolépticas.

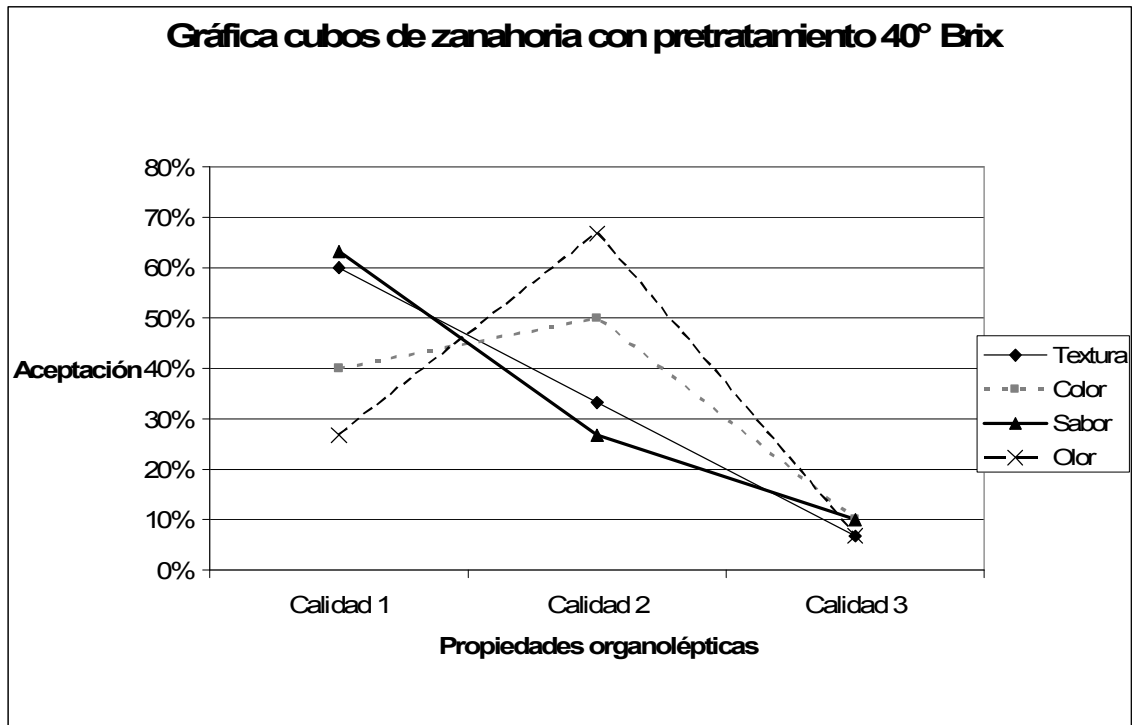
**Figura 5. Resultados cubos de zanahoria con pretratamiento**



Para los cubos de zanahoria expuestos a los pretratamientos y utilizando una solución osmótica de 30° Brix, se observa que la textura, sabor, color y olor tuvieron su máxima calificación en calidad 1 esto se traduce a una textura buena agradable (fácil de morder), un sabor natural y equilibrado, el color es agradable y homogéneo. Y un olor tenue y poco intenso. Algunos panelistas comentaron que a estas muestras no se les percibía ningún olor más sin embargo el producto en sí les agradaba y no les afectaba la falta de olor del mismo.

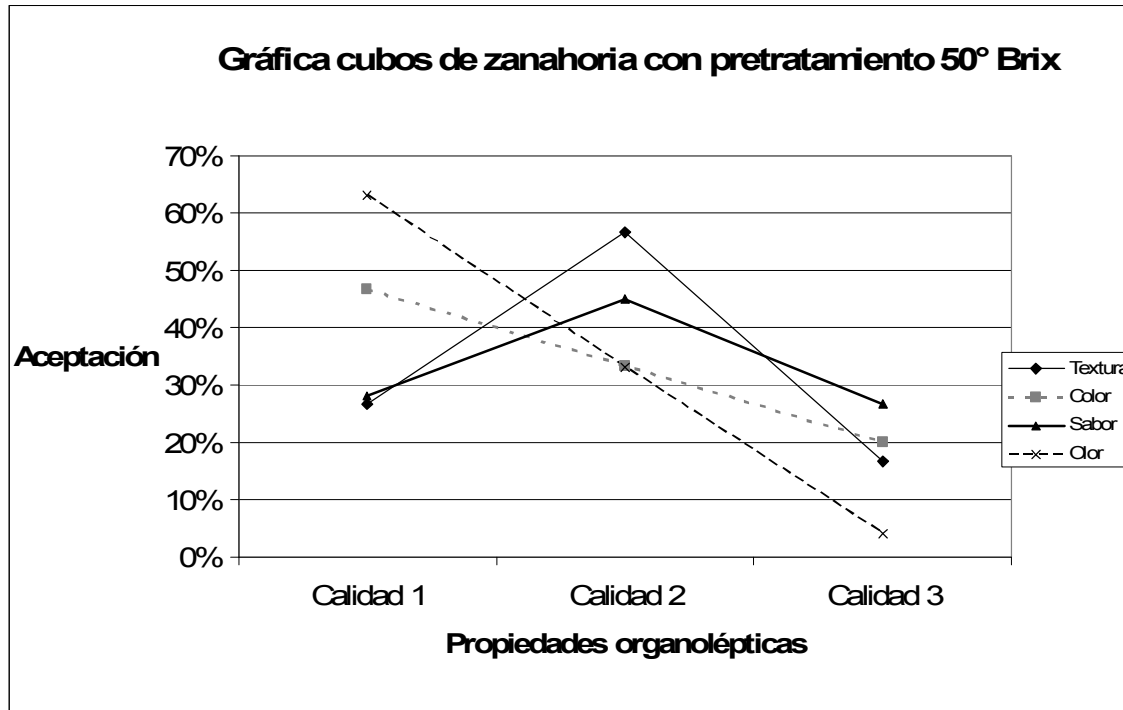


**Figura 6. Resultados cubos con pretratamiento**



En la esta gráfica se observan los resultados para los cubos de zanahoria donde se utilizó una solución osmótica de 40° Brix, la textura y sabor tienen una buena aceptación, pues obtuvieron más del 60% en calidad 1. Que denotan una textura agradable y fácil de morder un sabor natural y equilibrado, pero el olor y color obtuvieron más del 50 % en calidad 2, que para el olor nos indica poca intensidad y un poco alterado, y el color poco atractivo y desuniforme. Esta calidad 2 denota un deterioro tolerable pero no deseada en un producto.

**Figura 7. Resultados cubos de zanahoria con pretratamiento**



Los resultados de los cubos de zanahoria sometidos a una solución osmótica de 50° Brix, pueden observarse en la gráfica anterior, donde 57% de los panelistas opina que la textura está en el rango de calidad 2.

Es decir que la textura sufrió un deterioro tolerable, estos cubos presentaron dificultad para morder por su chiclosidad, el 45% calificó de calidad 2, al sabor un poco alterado y artificial no característico de la zanahoria.

El color resultó con un 47% en calidad 1 y el olor con un 63% en calidad 1, se traduce a que son agradables y naturales.

Con estos resultados, podemos decir que el pretratamiento ayudó a que el efecto de la deshidratación en los cubos de zanahoria, no deteriorara en su totalidad las propiedades organolépticas de los cubos de zanahoria.

En el caso de los cubos de zanahoria deshidratados sin pretratamiento sus propiedades fueron evidentemente alteradas en el proceso de deshidratación, debido al daño intracelular que sufren los cubos de zanahoria.

Los cubos de zanahoria utilizando solución osmótica de 30° Brix, obtuvieron la mayor aceptación en su textura, sabor, color y olor es por ello que sobre estos se determinaron los costos.

Para los cubos de zanahoria utilizando 40 y 50° Brix de solución osmótica, estos presentaron dos de sus propiedades organolépticas con una valoración de calidad 2, que indica cierta alteración en las mismas. Esta alteración se debe a que para el caso de estos cubos de zanahoria la concentración sacarosa se fue incrementando cambiando el sabor de los mismos a muy dulce, y la textura volviéndose chiclosa.

Se determinó que el costo de producir cubos de zanahoria deshidratada es de Q 27.53 / lb. La presentación de este producto puede ser de 35 gr. para comercializarla tipo snack con un precio sugerido de Q 3.50 la porción, teniendo un margen de 35% para el detallista y un 25 % de margen para el productor. Este producto es atractivo pues productos similares de frutos y verduras se encuentran en el mercado por un precio mayor del 65% sobre el precio estipulado al consumidor de los cubos de zanahoria.

También se determinó que el mejor material para empacar los cubos de zanahoria es el polietileno de alta densidad, ya que los protege de la humedad del ambiente, evitando así que el producto se descomponga.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con las encuestas realizadas, el pretratamiento osmótico disminuye los efectos negativos de la deshidratación en las propiedades de los cubos de zanahoria en comparación con los expuestos a deshidratación directa en un túnel de secado a contracorriente.
2. Los cubos que tuvieron mayor aceptación fueron los expuestos a la solución osmótica de 30 ° Brix.
3. El proceso para la fabricación de cubos de zanahoria con propiedades organolépticas aceptables para el consumidor consiste, en seleccionar las zanahorias libres de daños físicos y mecánicos, pesarlas, lavarlas y pelarlas, cortarlas en cubos de 5x5x5 mm y luego realizar el tratamiento de textura con una solución de fosfato tricalcico y agua con una concentración de 3000 ppm durante 1 hora, luego lavar rápidamente con agua, después sumergirlos en agua a 95° C por medio minuto, posteriormente realizar un lavado rápido y sumergirlos en una solución osmótica de 30 °Brix a una temperatura de 22°C por 8 horas y manteniendo un PH de 2.8-3.2.  
Realizar un lavado rápido con agua para eliminar residuos de la solución y luego deshidratar en un túnel de secado a contra corriente con una temperatura del aire que oscila entre 70 – 75 ° C.

Utilizando una fuente de calor es un quemador de gas propano con controles de temperatura. Después se deja que el producto enfríe a temperatura ambiente se pesa y se empaca en bolsas de polietileno de alta densidad.

## RECOMENDACIONES

1. Al sector agroindustrial de Guatemala promover estudios sobre la deshidratación con pretratamiento, en otras verduras que se cultivan ya en Guatemala, para desarrollar productos nuevos que puedan ser exportados.
2. Realizar estudios de mercado para aprovechar este tipo de productos que dan a la zanahoria un valor agregado.
3. Realizar estudios sobre cuantas veces se puede reutilizar la solución osmótica utilizada en el tratamiento osmótico de los cubos de zanahoria.
4. Estudiar un método eficiente a nivel industrial para el pelado de la zanahoria.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Revista Agrociencia. (Chile, 2003), pp. 2-6
  
- 2) Delia B. Rodríguez Amaya. La retención de los carotenoides pro vitamina A en los alimentos procesados y almacenados. (Brasil, 2000), pp. 39-49
  
- 3) Jaime Domingo Carranza González. Efectos de los procesos de escaldado y de secado en la concentración de beta carotenos y la cantidad de la harina de zanahoria. (Guatemala, 1989).pp. 15-67. Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala



## BIBLIOGRAFÍA

1. Charley Helen. Tecnología de alimentos. Octava reimpresión, México: Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. 1999.
2. Copley Michael, Van Arsdel Wallace B. Products and Technology. Westport, Connecticut: The Avi publishing company, Inc. 1964.
3. Desrosier Norman W. The technology of food preservation. 2 da edición, Westport, Connecticut: The Avi publishing company, Inc. 1959.
4. Arthey D., Dennis C. Procesando hortalizas. Zaragoza, España: Acribia S.A. 1992
5. Geankoplis Christie J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. 2 da. edición, México: Editorial Continental, 1995.
6. Potter Norman N. La ciencia de los alimentos. 1 era edición, México: Edutex, S.A. 1973.
7. Hart F. L., Fisher H. J. Análisis moderno de los alimentos. 1 era reimpresión, Zaragoza, España: ACRIBIA, 1984.
8. Fito Pedro, Rodríguez Ortega Enrique, Canovas Babosa Gustavo. Food engineering 2000. E.E.U.U. International Thomson Publishing, 1996.



## **APÉNDICE**



**Figura 8. Hoja de Evaluación**

HOJA DE EVALUACION

Fecha:   
 Hora:   
 Sexo:

A continuación se le darán 4 muestras de cubos de zanahoria, sirvase calificar sus atributos de acuerdo a lo que considera se apega más a la realidad; marcando con una X la casilla correspondiente a cada atributo de cada muestra.

Muestra

Característica o atributo	Excelente 9	Muy buena 8	Buena 7	Satisfactoria 6	Regular 5	Suficiente 4	Defectuosa 3	Mala 2	Muy mala 1
Textura									
Color									
Sabor									
Olor									

Observaciones:

---



---



---



---





Figura 9. Escala Karlsruhe

TABLA DE VALORACION POR ESCALA DE KARLSRUHE

Característica o atributo	Características típicas		Calidad grado 1		Deterioro tolerable		Calidad grado 2		Deterioro intolerable		Calidad grado 3	
	Excelente	Muy buena	Buena	Satisfactoria	Regular	Suficiente	Defectuosa	Mala	Muy mala			
<b>Color</b>	Homogeneo	Agradable	Típico	Desuniforme	Poco atractivo	No atractivo	Alterado	Desagradable	Muy desagradable			
	Muy agradable	Natural		algo pálido	Desuniforme	Muy pálido	Atípico					
<b>Olor</b>	Natural	Agradable	Algo tenue	Poco intenso	No característico	Alterado	Artificial	Markado olor extraño	Repugnante			
<b>Sabor</b>	Característico	Característico	Característico	Ligeramente plano	Artificial	Poco alterado	Totamente atípico	Muy extraño	Repulivo			
	Natural	Equilibrado	No tan intenso	No equilibrado	Sabor residual	Poco agradable	Alterado	Alterado	Alterado			
<b>Textura</b>	Excepcional	Agradable	Buena	Aceptable	Aun aceptable	Poco alterada	Claramente alterada	Desagradable	Inaceptable			



## Tabla V. Composición de la zanahoria

(100 gramos de ración comestible, cruda)

Referencia bibliografía 1

Agua	88.2%
Valor energético	42 cal
Proteínas	1.1 g
Grasas	0.2 g
Fibra	1.0 g
Calcio	37 mg
Fósforo	36 mg
Hierro	0.7 U. I.
Vitamina A	11,000 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	0.6 mg
Acido ascórbico	8 mg