



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

---

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

LICENCIATURA EN QUÍMICA EN ALIMENTOS

**“DESHIDRATACIÓN DE BERENJENA, BETABEL, CALABACITA Y  
ZANAHORIA PARA SU CONSUMO COMO BOTANA”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

PRESENTA:


**GABRIELA YAÑEZ FLANDEZ**

ASESORAS:

**DRA. JUDITH JAIMEZ ORDAZ**

**DRA. ELIZABETH CONTRERAS LÓPEZ**

El presente trabajo se realizó en el **Laboratorio de Alimentos II**, del **Área Académica de Química**, de la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**.



---

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

*A Dios:*

*Gracias por tu amor infinito, por darme la oportunidad de vivir, por darme los padres y hermanos más maravillosos del mundo, pero sobre todo gracias por ayudarme a cumplir una de mis más grandes metas y porque en los momentos más difíciles de mi vida nunca me has abandonado.*

*A mis padres*

*A mi mamá:*

*Por todo el amor que siempre nos has dado, por tenerme siempre presente en tus oraciones, por darme los mejores consejos y apapachos en los momentos más difíciles y tristes de mi vida, por ser una madre ejemplar y estar siempre a mi lado, por el apoyo en cada momento. Gracias por ser simplemente mi mamá, por ser la mejor de las amigas, te quiero mucho que Diosito te cuide siempre.*

*A mi papá:*

*Gracias por ayudarme a construir mis sueños, por escucharme, por tu entrega y sacrificio dedicado a tu familia, por confiar en mi, pero sobre todo gracias por existir y por ser mi papá, te quiero mucho que Dios te bendiga.*

*A mis hermanas y hermano*

*Maribel (la nena), Norma (mimita) y Francisco (paquito):*

*Gracias por ser los mejores hermanos, por el amor que siempre nos ha unido, por compartir la mejor de las infancias, por estar siempre juntos, por los momentos felices, pero sobre todo por ser los hermanos más maravillosos que siempre me han apoyado en todo momento, Los quiero mucho.*

## *A mis asesoras*

*Dra. Judith Jaimez Ordaz:*

*Gracias por la confianza que siempre me diste, no tengo palabras para agradecerte todo el apoyo brindado tanto para la elaboración de mi tesis como en lo personal, aunque sé que no fui la mejor de tus tesistas gracias por tu paciencia, gracias por los consejos que me diste en momentos de tristeza, los tendré siempre presentes, por permitirme conocer a tus seres más queridos y porque además de mi asesora me mostraste a una amiga de la cual aprendí muchas cosas, por el gran ser humano que eres, por tu amistad y la de tu familia, que espero que nunca se termine, sabes que cuentas conmigo, gracias por ayudarme a cumplir una de las metas más importantes de mi vida, que Dios te bendiga siempre a ti y a tu familia, sabes que los aprecio mucho.*

*Dra. Elizabeth Contreras López:*

*Gracias por todo su apoyo, por confiar en mi, por ser siempre tan alegre, por estar siempre dispuesta a ayudarme en todas las dudas que se me presentaron, gracias por los momentos que compartimos, por las charlas interesantes que siempre teníamos y por compartir sus palomitas con nosotros ja ja ja..., pero sobre todo mil gracias por ser mi asesora, que Dios la bendiga.*

## *A mis amigos*

*Paco, Sandy, Luis, Laura Adriana, Laura Andrea, Gris y Bertha:*

*Gracias a todos por brindarme su amistad, por los momentos que pasamos juntos, por todo el apoyo que siempre me dieron y por mantenerme al tanto de todo lo que pasaba en el laboratorio, gracias por ser mis amigos.*

*Le agradezco a la Dra. Alma Delia, por el apoyo brindado, gracias por su ayuda.*

*Le agradezco a todos y cada uno de mis sinodales por el tiempo dedicado a la revisión de mi tesis.*

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	2
2.1 Definición de hortaliza.....	2
2.2 Clasificación de las hortalizas.....	2
2.3 Valor nutritivo de las hortalizas.....	3
2.4 Producción de las hortalizas.....	4
2.4.1 Nivel mundial.....	4
2.4.2 Nivel nacional.....	6
2.4.3 Nivel regional.....	6
2.5 Consumo de hortalizas a nivel mundial.....	7
2.6 Métodos de conservación de hortalizas.....	8
2.6.1 Deshidratación.....	9
2.6.1.1 Definición.....	9
2.6.1.2 Tipos de deshidratación.....	10
2.6.1.2.1 Deshidratación al aire libre.....	10
2.6.1.2.2 Deshidratación por convección.....	10
2.6.1.2.3 Deshidratación por rocío.....	11
2.6.1.2.4 Deshidratación al vacío.....	11
2.6.1.2.5 Deshidratación por congelación.....	12
2.6.1.2.6 Deshidrocongelación.....	12
2.6.1.3 Influencia de la deshidratación sobre la composición Química del alimento.....	13
2.7 Descripción, clasificación botánica y composición química de las hortalizas estudiadas.....	14
2.7.1 Berenjena.....	14

2.7.1.1 Definición.....	14
2.7.1.2 Importancia y origen.....	15
2.7.1.3 Principales variedades de berenjena.....	15
2.7.1.4 Composición química de la berenjena.....	16
2.7.2 Betabel.....	17
2.7.2.1 Definición.....	17
2.7.2.2 Importancia y origen.....	17
2.7.2.3 Principales variedades de betabel.....	18
2.7.2.4 Composición química del betabel.....	18
2.7.3 Calabacita.....	19
2.7.3.1 Definición.....	19
2.7.3.2 Importancia y origen.....	20
2.7.3.3 Principales variedades de calabacita.....	20
2.7.3.4 Composición química de la calabacita.....	21
2.7.4 Zanahoria.....	22
2.7.4.1 Definición.....	22
2.7.4.2 Importancia y origen.....	22
2.7.4.3 Principales variedades de zanahoria.....	23
2.7.4.4 Composición química de la zanahoria .....	23
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Objetivo general.....	25
3.2 Objetivos específicos.....	25
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
4.1 Materia prima.....	27
4.2 Pruebas preliminares previas a la deshidratación de las muestras.....	27
4.2.1 Lavado de la materia prima.....	27
4.2.2 Tipo de corte y espesor.....	27
4.2.3 Solución de inmersión.....	27
4.2.4 Temperatura y tiempo de deshidratación.....	28

4.2.5 Condiciones de almacenamiento.....	29
4.3 Análisis proximal de las muestras de hortalizas deshidratadas	
4.3.1 Determinación de humedad.....	29
4.3.2 Determinación de cenizas.....	29
4.3.3 Determinación de grasa cruda.....	31
4.3.4 Determinación de fibra cruda.....	32
4.3.5 Determinación de proteína.....	33
4.3.6 Determinación de carbohidratos asimilables.....	35
4.4 Determinación de minerales.....	36
4.5 Determinación de la vida útil.....	37
4.5.1 Determinación de las isotermas de sorción.....	38
4.5.2 Determinación instrumental de textura.....	40
4.5.3 Pruebas sensoriales.....	41
4.5.3.1 Análisis sensorial de textura.....	41
4.5.3.2 Pruebas sensoriales de nivel de agrado.....	42
4.6 Análisis estadístico.....	43
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>44</b>
5.1 Selección de las muestras.....	44
5.2 Determinación de las condiciones óptimas de deshidratación.....	44
5.2.1 Espesor y tipo de corte.....	44
5.2.2 Solución de inmersión .....	45
5.2.3 Efecto de la temperatura y tiempo de deshidratación en las rodajas estudiadas .....	45
5.2.3.1 Deshidratación a 60°C.....	45
5.2.4.2 Deshidratación a 70°C.....	46
5.2.4.3 Deshidratación a 80°C.....	49
5.3 Análisis proximal de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.....	50

5.3.1 Humedad.....	50
5.3.2 Cenizas.....	51
5.3.3 Proteína.....	52
5.3.4 Grasa.....	53
5.3.5 Fibra.....	54
5.3.6 Carbohidratos.....	55
5.4 Análisis de minerales en las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.....	55
5.4.1 Macrominerales.....	56
5.4.2 Microminerales.....	58
5.4.3 Metales pesados.....	59
5.5.3.1 Cadmio, Níquel y Plomo.....	59
5.5 Determinación de la vida útil.....	60
5.5.1 Evaluación de la capacidad de sorción o ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria por modelos matemáticos.....	60
5.5.2 Evaluación de las isotermas de sorción por modelos de GAB	64
5.5.3 Análisis instrumental de textura.....	66
5.5.3.1 Berenjena.....	66
5.5.3.2 Betabel.....	67
5.5.3.3 Calabacita.....	68
5.5.3.4 Zanahoria.....	69
5.5.4 Pruebas sensoriales.....	70
5.5.4.1 Análisis sensorial de textura.....	70
5.5.4.2 Prueba de nivel de agrado.....	72
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>86</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Berenjena.....	14
Figura 2.	Betabel.....	17
Figura 3.	Calabacita.....	20
Figura 4.	Zanahoria.....	22
Figura 5.	Procedimiento para la deshidratación de las hortalizas.....	26
Figura 6.	Ficha de cata para evaluar la textura de las hortalizas deshidratadas.....	41
Figura 7.	Ficha de cata, prueba de nivel de agrado.....	42
Figura 8.	Ficha de cata, escala hedónica facial.....	43
Figura 9.	Rodajas deshidratadas de zanahoria.....	49
Figura 10.	Rodajas deshidratadas de betabel.....	49
Figura 11.	Rodajas deshidratadas de berenjena.....	49
Figura 12.	Rodajas deshidratadas de calabacita.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Principales países productores de hortalizas.....	5
Gráfica 2.	Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria con tratamiento en función del tiempo a 70°C.....	47
Gráfica 3.	Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria sin tratamiento en función del tiempo a 70°C.....	47
Gráfica 4.	Contenido de Mg, Ca, K y Na en rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.....	56
Gráfica 5.	Contenido de Fe, Zn y Cu en rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.....	58

Gráfica 6.	Comparación de ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de calabacita al 25% de HR.....	60
Gráfica 7.	Comparación de ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de berenjena y betabel 30% de HR.....	61
Gráfica 8.	Comparación de ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de zanahoria al 35% de HR.....	61
Gráfica 9.	Isotermas de sorción de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.....	64
Gráfica 10.	Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de berenjena durante un mes de almacenamiento, a)almacenamiento a temperatura ambiente, b) almacenamiento a 35°C.....	66
Gráfica 11.	Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de betabel durante un mes de almacenamiento, a)almacenamiento a temperatura ambiente, b) almacenamiento a 35°C.....	67
Gráfica 12.	Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de calabacita durante un mes de almacenamiento, a)almacenamiento a temperatura ambiente, b) almacenamiento a 35°C.....	68
Gráfica 13.	Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de zanahoria durante un mes de almacenamiento, a)almacenamiento a temperatura ambiente, b) almacenamiento a 35°C.....	69
Gráfica 14.	Porcentajes de nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de berenjena.....	72
Gráfica 15.	Porcentajes de nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de calabacita.....	73

Gráfica 16.	Porcentajes de nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de betabel.....	74
Gráfica 17.	Porcentajes de nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de zanahoria.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química de la berenjena.....	16
Tabla 2.	Composición química del betabel.....	19
Tabla 3.	Composición química de la calabacita.....	21
Tabla 4.	Composición química de la zanahoria.....	23
Tabla 5.	Estándares de referencia para micronutrientes.....	37
Tabla 6.	Estándares de referencia para metales pesados.....	37
Tabla 7.	Contenido de humedad en las rodajas deshidratadas.....	50
Tabla 8.	Contenido de cenizas en las rodajas deshidratadas.....	51
Tabla 9.	Contenido de proteína en las rodajas deshidratadas.....	52
Tabla 10.	Contenido de grasa en las rodajas deshidratadas.....	53
Tabla 11.	Contenido de fibra en las rodajas deshidratadas.....	54
Tabla 12.	Contenido de carbohidratos en las rodajas deshidratadas.....	55
Tabla 13.	Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%) según los modelos exponencial y Pilosof a 25% para cada hortaliza.....	62
Tabla 14.	Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%) según los modelos exponencial y Pilosof a 30% para cada hortaliza.....	62
Tabla 15.	Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%) según los modelos exponencial y Pilosof a 35% para cada hortaliza.....	63



## 1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud recomienda el consumo de 400 gramos, como mínimo, de frutas y hortalizas diarios por persona. Se estima que en todo el mundo, la gente solo consume entre el 20 y el 50% de este mínimo recomendado. Expertos de la FAO y la OMS atribuyen lo anterior a factores que incluyen desde un clima inadecuado para la horticultura, prácticas agrícolas deficientes y pérdidas post-cosecha, hasta la pobreza, costumbres culturales y el auge de la comida rápida.

México genera el 1% del total mundial de productos agrícolas. Sin embargo, el consumo de frutas y hortalizas es cada día más escaso, en el 2001 el promedio de consumo de verduras *per cápita* fue de 8.34 kg (SAGARPA, 2002).

En los últimos años, como resultado de una incorrecta alimentación y el incremento en el sedentarismo, se ha observado un aumento en la incidencia de enfermedades tales como sobrepeso, obesidad, diabetes, aterosclerosis, hipertensión, entre otras. Los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Olaiz, *et al.*, 2006), revelan que este tipo de padecimientos afectan con mayor frecuencia a poblaciones de edades más jóvenes (niños en edad escolar y adolescentes). En la mayoría de los casos dichos desórdenes están asociados al consumo excesivo de carbohidratos y grasas y a la disminución en la ingesta de vegetales. El consumo de frutas y hortalizas en cantidad suficiente y dentro de una alimentación equilibrada, ayuda a evitar enfermedades graves así como deficiencias importantes de micronutrientes y vitaminas. El objetivo de este proyecto comprendió la deshidratación de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria para la obtención de un producto tipo botana, nutritivo, con una vida útil razonable y atractivo para el consumidor, que represente una alternativa para ampliar y diversificar su consumo y disponibilidad en el mercado



## 1. ANTECEDENTES

### 2.1 Definición de hortaliza

Las hortalizas se definen como cualquier planta herbácea hortícola en sazón que se puede utilizar como alimento, ya sea en fresco o cocinada. El término hortaliza incluye a las verduras (en donde la parte comestible está constituida por sus órganos verdes hojas, tallos o inflorescencia) y a las legumbres verdes como las habas y los guisantes (Gomez, 1991).

### 2.2 Clasificación de las hortalizas

Existen diferentes métodos de clasificar a las hortalizas según el criterio de selección (Denisen, 1987).

- Por su parte comestible : raíces o tubérculos (zanahoria, nabo, betabel, rábano), bulbos o tallos (cebolla, puerro, ajo, cebollín), hortalizas de hojas y tallos verdes (acelgas, lechuga, espinacas, perejil, apio, col, brócoli, coles de bruselas), frutos, semillas o porciones de órganos (berenjena, pimiento, calabaza, tomate), flores (alcachofa, coliflor), tallos jóvenes (espárrago), legumbres frescas o verdes (guisantes, habas, judías verdes).
- Por la duración de su ciclo vital: anuales (berenjena, tomate, papa, chile, calabaza, chile), bianuales (zanahoria, betabel, cebolla, repollo, coliflor, rábano, col de bruselas), perennes o vivaces (chayote, berro, alcachofa, camote, yuca, espárrago, ajo).
- Por el medio de conservación: hortalizas frescas (se venden a granel o envasadas), congeladas (prácticamente tienen las mismas propiedades que frescas), hortalizas deshidratadas o desecadas (aquellas a las que se les ha eliminado el agua)



- Por su color: hortalizas de hoja verde (lechuga, repollo, berro, acelga y espinaca), hortalizas amarillas (zanahoria), hortalizas de otros colores. Contienen poco caroteno pero son ricas en vitamina C y en las vitaminas del complejo B (tomate).

### 2.3 Valor nutritivo de las hortalizas

La mayoría de las hortalizas contienen como mínimo un 60% de agua y generalmente, más del 80%. Su valor como fuente de macronutrientes (proteínas, grasas, carbohidratos) es limitado aunque existen excepciones importantes. Las leguminosas, por ejemplo, son ricas en almidón y en proteína, mientras que los tubérculos son ricos en almidón. El principal valor nutritivo de las hortalizas deriva de su contenido en micronutrientes (vitaminas y minerales), y de carbohidratos complejos difíciles de digerir (fibra), que tienen muy poco valor nutritivo aunque son importantes para la función intestinal (Vargas, 1984; INIA, 1985). Como ya se ha mencionado, las hortalizas son preciadas fuentes de vitaminas como por ejemplo: del grupo B (B1 ó tiamina, B2 ó riboflavina, B3 ó niacina, B6 ó piridoxina, B9 ó ácido fólico, B12 ó cobalamina), de vitamina C (ácido ascórbico) y de  $\beta$ -caroteno; asimismo aportan vitamina E y K. Estas vitaminas podrían jugar un papel preventivo frente a ciertos tipos de cáncer y, en el caso del  $\beta$ -caroteno, la actividad podría ser doble: por una parte la actividad vitamínica de su derivado, la vitamina A, y por otra parte la actividad antioxidante del mismo  $\beta$ -caroteno, que frenando la oxidación del  $\beta$ -tocoferol (vitamina E), permitiría proteger algunos procesos de oxidación de los ácidos grasos insaturados de las membranas. Los tratamientos industriales destruyen una parte de las vitaminas, pero no más que las preparaciones culinarias habituales, de forma que los productos transformados conservan un gran valor nutricional (Bourgeois, 2001).

La absorción de las sales minerales en los vegetales está influenciada por diferentes sustancias orgánicas: la del hierro está favorecida por la vitamina C, la



del calcio por la vitamina D, la de diversos minerales puede ser inhibida por ciertas fibras y por otros componentes de los vegetales, tales como fitatos y oxalatos.

El hierro se encuentra en cantidades elevadas en el brócoli, la lechuga y, especialmente en la espinaca; el cobre esta presente en todas las hojas verdes; y el calcio, elemento en que la mayoría de los alimentos, salvo la leche son pobres: se encuentra en buena proporción en espárragos, judías verdes, brócoli, apios, y en todas las hojas verdes de las hortalizas que se consumen en tal estado. Además, todas las hortalizas son ricas en citratos, malatos, tartratos, glicolatos, succinatos, y oxalatos de bases alcalinas y alcalinotérreas que suministran a las células de la sangre óxidos de potasio, de magnesio y de calcio (Mercado, 2006).

## **2.4 Producción de las hortalizas**

### **2.4.1 Nivel mundial**

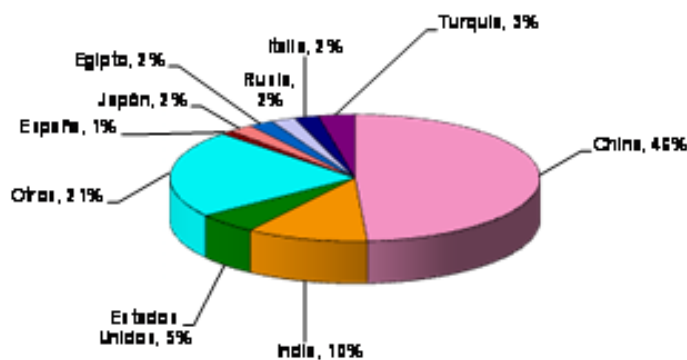
La producción mundial de hortalizas, según la FAO, alcanza aproximadamente 614 millones de toneladas al año. La tendencia de la producción a largo plazo es creciente, con un aumento aproximado de 3,2% al año. En los países desarrollados de América del Norte y Europa Occidental, en cambio, la tendencia del consumo está orientada más bien hacia una diversificación de las especies que hacia un aumento adicional en el volumen. El continente asiático es el mayor productor de hortalizas del mundo, ya que representa más del 60% del total de la producción. Además, es el que ha presentado un mayor aumento de la producción, con una tasa anual del 5,1%, que supera el promedio de crecimiento de la producción mundial. El país más destacado dentro de Asia es China, cuya producción corresponde a aproximadamente el 46% del total del continente, con 202 millones de toneladas, lo que convierte a este país en el principal productor mundial (gráfica 1). Le siguen India con 55, Estados Unidos con 32 y Turquía con 15 millones de toneladas. En América Latina, el principal productor es Brasil, con



5.7, le siguen Argentina con 2.9, Chile con 2.2, y Perú con 1.6. Cifras inferiores a las de los principales productores del mundo. En cuanto al comercio mundial de hortalizas, las importaciones totales son del orden de 31 millones de toneladas.

El principal importador es Alemania con 4.7. Le siguen Estados Unidos con 3.5, Reino Unido con 2.4, Japón con 2.3 y Francia con 2.2 millones de toneladas.

Otros países destacados en términos de sus importaciones de hortalizas son Canadá, Holanda y Rusia. Las exportaciones mundiales de hortalizas son del orden de 33 millones de toneladas. Los principales países exportadores son Italia y España, con 3.6 cada uno; Holanda, que exporta 3.3; Estados Unidos con 3.2; China con 2.8 y México con 2.5 millones de toneladas. En América Latina, Chile es el país que lidera las exportaciones, seguido por Argentina, Perú y Brasil (FAO, 2005).



**Gráfica 1. Principales países productores de hortalizas**  
Fuente: (DGEA, 1981)





### **2.4.2 Nivel nacional**

Las especies hortícolas son de gran importancia para la agricultura de México, puesto que de los veinte millones de hectáreas cultivadas, el 35% corresponde a hortalizas. La producción nacional hortícola es de 8.5 millones de toneladas. (Valadez, 2001). Los principales estados productores de hortalizas en el país en orden de importancia, por superficie sembrada o cultivada son: Puebla, Sinaloa, Guanajuato, Chihuahua, Jalisco, Baja California Norte, San Luis Potosí, Michoacán, Sonora, Nayarit y Tamaulipas.

En relación a toneladas producidas el orden es el siguiente: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Sonora, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Nayarit y Tamaulipas, aportando estos 10 estados el 43.3% de la producción hortícola nacional (SAGARPA, 2005). México es el sexto país exportador de hortalizas a nivel mundial, pero no existe una relación directa con el consumo de las mismas, en la actualidad el consumo hortícola es aún insuficiente a nivel nacional, presentando mayores limitaciones en el medio rural y en los estratos de menores ingresos. El país tiene las condiciones tradicionales, culturales, productivas y alimenticias para ser un importante consumidor de hortalizas (Valadez, 2001).

### **2.4.3 Nivel regional**

El 76% del valor de la producción agrícola de Hidalgo proviene de siete cultivos: maíz, alfalfa, cebada, frutas, agaves, jitomate y trigo, que ocupan el 72% de la superficie cultivada (SAGARPA, 2004).

Según la SAGARPA, en el año 2004, la producción obtenida de hortalizas en el estado de Hidalgo fue de 39 623 toneladas principalmente de calabacita, chile verde y tomate verde. En el 2005, la producción fue en aumento con 41 514 ton,



para el 2006 fue de 46 492 ton, respectivamente, y para finales del 2008 se obtuvo una producción de 37 467 ton.

El Estado tiene cuatro distritos de riego que cubren 61 987 Ha, en las que se cultiva alfalfa con rendimientos superiores al promedio nacional. Productos importantes son también el frijol y la avena forrajera. En las zonas de temporal, que abarcan una superficie de 328 548 Ha, el maíz es el principal cultivo. De acuerdo con lo estimado, el estado de Hidalgo se mantiene como principal proveedor de tomate verde debido a que su cosecha todavía se encuentra en la parte alta; además, se cuenta con envíos menores de Puebla, Michoacán y Guanajuato (SAGARPA, 2006).

## **2.5 Consumo de hortalizas a nivel mundial**

En lo que respecta al consumo, China es el mercado más grande del mundo, con 378 millones de toneladas consumidas por año, seguido por la India con 78, Estados Unidos con 39.6, Turquía con 23.4, Rusia con 15.2, Japón con 14.8, Egipto con 13.7, Irán 13.1 y Corea con 11.4 millones de toneladas, México con 6.7 y Argentina consume alrededor de 5.5 millones de toneladas.

Entre las dietas más sanas y balanceadas se encuentra la dieta mediterránea en la cual el consumo de hortalizas frescas se ha convertido en una seña de identidad, aunque al mismo tiempo la demanda de estos productos también está extendida a un gran número de países y, en consecuencia, parece claro que se trata de un conjunto de productos básicos dentro de la alimentación humana (White y Nancy, 1984). Las hortalizas frescas se conforman como la sexta partida en importancia, en términos de gasto, dentro de la alimentación española tras productos cárnicos, pescados, frutas frescas, derivados lácteos y pan. Las últimas cifras disponibles sobre el consumo alimentario en España (Valadez y De Alba, 1985) señalan que la demanda de hortalizas frescas superó en el año 2004 los 2.37 millones de toneladas. En la actualidad se dispone de casi todas las



hortalizas frescas durante cualquier época del año, lo que permite un consumo continuo de este tipo de alimentos y, por tanto, desterrar la visión de temporalidad que acompañaba a estos productos.

La internacionalización del sector es una de las causas que favorece esta continuidad del abastecimiento aunque, como elemento complementario, hay que apuntar las mejoras y avances logrados en las técnicas de conservación. Las hortalizas, además de su vertiente de consumo como productos frescos, también son demandadas por los individuos como alimentos transformados o conservados. El consumo de hortalizas frescas en los hogares supone el 82.44% del total de la cantidad demanda, mientras que la hostelería y las instituciones alcanzan participaciones en el consumo más reducidas (14.53% y 3.03%, respectivamente).

Los patrones de compra *varían* de acuerdo a los países teniendo en cuenta los niveles de ingresos, así consumidores de países en desarrollo cuyas dietas eran tradicionalmente altas en cereales ricos en carbohidratos, incrementaron el consumo de carnes de mayor valor, frutas y hortalizas. Los consumidores de países más ricos han ido modificando sus dietas hacia alimentos de mayor precio, aunque ello no significa mayor cantidad o calidad de nutrientes, sino a un mayor procesado de estos productos (Mercado, 2006)

## **2.6 Métodos de conservación de hortalizas**

En la industria alimentaria se llevan a cabo diversos métodos para la conservación de hortalizas, entre los que destacan: la deshidratación, salado, encurtido, pasteurización, congelación, salmuera, la utilización de conservantes, etc. Esto con el fin de alargar la vida de anaquel de los productos, así como para evitar grandes pérdidas económicas que afectarían gravemente a la industria de los alimentos (Ibarz, 2005).



## 2.6.1 Deshidratación

### 2.6.1.1 Definición

La deshidratación de alimentos se define como la operación unitaria mediante la cual se elimina la mayor parte del agua de los alimentos bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y velocidad del aire (Fellows, 1994)

Los equipos actualmente existentes buscan combinar estas variables en la forma más eficiente para lograr una rápida extracción del agua del alimento, existiendo una serie de sistemas que utilizan la exposición del producto a corrientes de aire forzado.

La preservación de alimentos a través de la remoción de agua, es una de las técnicas más antiguas que existen. Se menciona que las hortalizas y legumbres se secaron al sol en las épocas primitivas (Álvarez, 1997). Su eficiencia descansa sobre el hecho de que los microorganismos no pueden crecer ni provocar alteraciones en los alimentos cuya actividad de agua se ha reducido por debajo de 0.6 (Renteria et al., 2004).

En general, hortalizas con menos de 8% de humedad y frutas con menos de 18% de humedad residual no son sustratos favorables para el desarrollo de hongos, bacterias ni reacciones químicas o bioquímicas de importancia. Existen reacciones, como las de empardeamiento no enzimático, que pueden desarrollarse a velocidades reducidas, en ambientes con bajo nivel de agua, pero requieren de altas temperaturas ambientales. Otras reacciones son las de oxidación de las grasas, las cuales pueden llevarse a cabo a contenidos de agua muy reducidos, pero que son aceleradas por luz y temperatura. Así, el envasado y el ambiente en que se mantienen los productos deshidratados resultan de mucha importancia para la buena conservación de los mismos.



Los alimentos deshidratados poseen ciertas ventajas sobre los alimentos conservados por otros procedimientos, ya que son relativamente menos pesados y menos voluminosos, y al mismo tiempo no precisan ser conservados en ambientes refrigerados. Por consiguiente determinan ahorros considerables en energía y espacio para almacenamiento (Galindo, 1992).

### **2.6.1.2 Tipos de deshidratación**

Es importante elegir el método de deshidratación más adecuado para cada tipo de alimento, siendo los más frecuentes: la deshidratación al aire libre, deshidratación por rocío, por convección, al vacío, por congelación y por deshidrocongelación. También es vital conocer la velocidad a la que va a tener lugar el proceso, ya que la eliminación de humedad excesivamente rápida en las capas externas puede provocar un endurecimiento de la superficie, impidiendo que se produzca la correcta deshidratación del producto (Brennan, 1980)

#### **2.6.1.2.1 Deshidratación al aire libre**

Está limitada a las regiones templadas o cálidas donde el viento y la humedad del aire son adecuados. Generalmente se aplica a frutas y semillas, aunque también es frecuente para algunas hortalizas como los pimientos y tomates (Mercado, 2006).

#### **2.6.1.2.2 Deshidratación por convección**

En este proceso, el alimento se pone en contacto directo con una corriente de aire caliente. El calor se transfiere al producto principalmente por convección. Cuando el aire caliente entra en contacto con un alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación, con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor



El vapor de agua, que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el alimento, es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre aquel una zona de baja presión y creándose entre el aire y el alimento una gradiente de presión de vapor. Esta gradiente proporciona la “fuerza impulsora” que permite eliminar el agua. Este método de deshidratación es el tema central del presente trabajo de investigación además de que ofrece ventajas de innegable interés como son un considerable ahorro energético y la posibilidad de un mejor control del proceso respecto al secado natural (Desrosier, 1991).

#### **2.6.1.2.3 Deshidratación por rocío**

Los sistemas de deshidratación por rocío requieren la instalación de un ventilador de potencia apropiada, así como un sistema de calentamiento de aire, un atomizador, una cámara de desecación y los medios necesarios para retirar el producto seco. Mediante este método, el producto a deshidratar, presentado como fluido, se dispersa en forma de una pulverización atomizada en una contracorriente de aire seco y caliente, de modo que las pequeñas gotas son secadas, cayendo al fondo de la instalación. Presenta la ventaja de su gran rapidez (Mercado, 2006).

#### **2.6.1.2.4 Deshidratación al vacío**

En los secadores mediante vacío la transferencia de calor se realiza a través del uso de radiación y conducción y pueden funcionar por partidas o mediante banda continua con esclusas de vacío en la entrada y la salida (Mercado, 2006).



#### **2.6.1.2.5 Deshidratación por congelación**

Consiste en la eliminación de agua mediante evaporación directa desde el hielo, y esto se consigue manteniendo la temperatura y la presión por debajo de las condiciones del punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos).

Este método presenta las siguientes ventajas: se reduce al mínimo la alteración física de las hortalizas, mejora las características de reconstitución y reduce al mínimo las reacciones de oxidación y del tratamiento térmico. Cuando se realiza la deshidratación mediante congelación acelerada se puede acelerar la desecación colocando el material a deshidratar entre placas calientes (Mercado, 2006).

#### **2.6.1.2.6 Deshidrocongelación**

La deshidrocongelación es un método compuesto en el que, después de eliminar aproximadamente la mitad del contenido de agua mediante deshidratación, el material resultante se congela con rapidez.

Las ventajas de este sistema son las siguientes: reduce en gran medida el tiempo necesario para la deshidratación y rehidratación y reduce aproximadamente a la mitad el espacio requerido para el almacenamiento del producto congelado. Sin embargo, el aspecto final del producto, no es muy agradable para el consumidor (Mercado, 2006).



### **2.6.1.3 Influencia de la deshidratación sobre la composición química del alimento**

La deshidratación presenta ventajas sobre otros sistemas de preservación de alimentos por su larga vida útil y la disminución en costos de almacenamiento y transporte, retira el agua no ligada del producto sin alterar su composición, manteniendo sus características nutritivas, aumentando la vida media del mismo impidiendo que el producto se pudra y se tire en el campo.

Si la deshidratación de un alimento no se realiza adecuadamente, sus propiedades físicas y químicas sufren cambios, ya que la temperatura, la pérdida de humedad y la consecuente concentración de los solutos influyen sobre las proteínas, vitaminas, carbohidratos, grasas, enzimas y pigmentos.

Sin embargo, el grado de pérdida de los nutrientes depende de las condiciones de la deshidratación; las frutas y hortalizas desecadas conservan alrededor de un 3% de proteínas, 5 a 7% de glúcidos asimilables y 3 a 5% de fibras. Son, por tanto, alimentos ricos en energía y minerales, y si la deshidratación esta bien realizada, constituyen una excelente fuente de vitamina A y C. Las pérdidas de ácido ascórbico pueden variar entre el 10% y 50%, y las de la vitamina A entre el 10% y el 20%. Los pretratamientos con compuestos azufrados y ácido cítrico entre otros, permiten conservar algunas características del alimento como el color, la textura y capacidad de rehidratación, componentes nutritivos, etc (Sanjuán, 1998). Los vegetales secos presentan un contenido bajo en humedad, lo que hace que se conserve durante más tiempo y no haya que consumirlos recién recolectados.

Desde el punto de vista botánico, las hortalizas pertenecen a diversos grupos, por lo que exhiben una amplia variedad de estructuras vegetales. De aquí se deduce que el grupo de las hortalizas abarca muchos frutos (jitomate, calabaza, pepino, berenjena, chile, etc.).





A continuación se muestra la descripción, clasificación botánica y composición química de las hortalizas utilizadas en este trabajo, seleccionadas de acuerdo a su frecuencia de consumo, estructura y composición nutricional.

## 2.7 Descripción, clasificación botánica y composición química de las hortalizas estudiadas

### 2.7.1 Berenjena (*Solanum melongena*)

#### 2.7.1.1 Definición

La berenjena proviene de una planta herbácea, es una baya de forma esférica, periforme alargada o cilíndrica. Pertenece a la familia de las *Solanáceas*, conociéndola también con la sinonimia *Solanum insanum*. El color en su madurez es violeta, lo que se debe a las antocianinas que contiene (figura 1).

Algunas variedades tienen frutos blancos. La pulpa es de color crema y desmenuzable. Este fruto puede usarse en la preparación de conservas en salmuera y en aceite, en mezclas de hortalizas congeladas y como encurtido. La berenjena, en climas templados se cultiva mucho como anual. Crece despacio y le dañan las temperaturas inferiores a 10 °C. Es desconocida en bastantes países, no muy generalizada en otros. Se le aprecia sobre todo en China, India, Japón, países del área del Mediterráneo, Sur de Estados Unidos, Argentina, etcétera. Poco conocida en México, pero presente comercialmente desde la década de los treinta (Niebla, 2002).

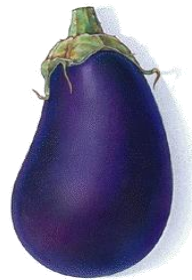


Figura 1. Berenjena (*Solanum melongena*)  
Fuente:



### 2.7.1.2 Importancia y origen

La India está considerada como país de origen de ésta planta en su forma silvestre (*Solanum insanum*). La introducción en Europa, posiblemente por los árabes en España, data del siglo XIII, extendiéndose posteriormente, en los siglos XV y XVI, a otros países Europeos, y desde éstos a América, en algunos de cuyos países es bastante apreciada (Bourgeois, 2001).

### 2.7.1.3 Principales variedades de berenjena

- Berenjena larga violeta: el color de la piel es violeta, con pulpa blanco-amarillenta, las semillas son blanquecinas.
- Berenjena larga rojiza: el color externo es de matiz rojizo.
- Berenjena aperada blanca: la forma suele ser aperada, su coloración marrón clara o amarillenta destaca sobre la albura de la pulpa. El epicarpio, liso, es de color blanco, bastante brillante.
- Berenjena aperada rojiza: tiene características parecidas a la de la anterior variedad, posee el epicarpio rojizo.
- Berenjena aperada violeta: similar a las anteriores, con epicarpio violeta oscuro.



#### 2.7.1.4 Composición química de la berenjena

En la tabla 1 se muestra la composición química de la berenjena, en base a 100 g de porción comestible.

**Tabla 1. Composición química de la berenjena**

Agua	93%
Hidratos de carbono	4.4%
Proteínas	1.20%
Fibra	2.8%
Lípidos	0.20%
Cenizas	0.71%
Na	8mg/100g
K	218mg/100g
Mg	23.20mg/100g
P	25mg/100g
Ca	11mg/100g
Fe	1mg/100g
Vitamina A	3mg/100g
Vitamina C	6mg/100g
Vitamina B1	0.04mg/100g
Vitamina B2	0.05mg/100g

Contiene una elevada cantidad de agua, mientras su porcentaje de hidratos de carbono, proteínas y grasas es muy bajo. Carece de fibra, excepto una pequeña cantidad en la piel y las semillas. El mineral mayoritario es el potasio, además de pequeñas cantidades de calcio, magnesio y fósforo. Respecto al contenido vitamínico destaca su pequeña cantidad de vitamina C, provitamina A y folatos.



## 2.7.2 Betabel (*Beta vulgaris* var. *conditiva*)

### 2.7.2.1 Definición

El betabel es una hortaliza de raíz, redonda, perteneciente a la familia de las *Quenopodiáceas* y al genero *Vulgaris*, es de color rojo intenso (figura 2). Inicialmente forma la raíz principal y constituye las reservas energéticas. Al betabel se le conoce también como remolacha, diferenciándose de la remolacha azucarera en que ésta última contiene de 15 a 20% de azúcar (Hernández, 2002).



Figura 2. Betabel (*Beta vulgaris* var. *conditiva*)  
Fuente: infoagro.com

### 2.7.2.2 Importancia y origen

Esta hortaliza carece de importancia en México debido a la poca superficie explotada y a la escasa demanda. Es una hortaliza originaria de Europa, del área del Mediterráneo, donde los griegos aprovechaban sus hojas como alimento. El betabel se introdujo en Alemania en el año de 1558, y en América en el año de 1806, en donde se seleccionaba para consumirla cocida. En México puede explotarse el betabel durante todo el año, aunque cabe aclarar que en los meses cálidos disminuye la calidad (coloración) de esta hortaliza. Por lo regular, las



épocas de siembra varían de acuerdo a la zona. El betabel es una planta bianual ya que requiere de dos estaciones para la obtención de flores y semillas.

Para florear requiere de un periodo de frío. El sistema de raíces es muy profundo y ramificado. Las hojas son de un color verde intenso y los pecíolos; es decir los tallos de las hojas son de color rojo o púrpura, se trata de un "tallo engrosado bulboso", y constituye un órgano de almacenamiento, principalmente de azúcares y almidones (Infojardin, 2006)

### **2.7.2.3 Principales variedades de betabel**

- Detroit: de raíz redondeada
- Rojo globo: de raíz globosa
- Rubidus: es color rojo por fuera y por dentro
- Globo: es de color rojo intenso
- Cilindro: de raíz alargada y se corta en rodajas
- Crosby: es de estructura semiaplanada

De acuerdo con su color las raíces se dividen en: rojas y amarillas. En la actualidad se cultivan únicamente las variedades de color rojo (Garza, 1998).

### **2.7.2.4 Composición química del betabel**

En la tabla 2, se muestra la composición química del betabel en base a 100g de porción comestible.



**Tabla 2. Composición química del betabel**

Agua	89%
	6.40% (fibra
Hidratos de carbono	3.1%)
Proteínas	1.30%
Lípidos	0.10%
K	392 mg/100 g
Na	73 mg/100g
P	41 mg/100g
Ca	23 mg/100g
Vitamina C	10 mg/100g

Fuente: CNPH, 1985.

Comparado con la acelga y la espinaca, el betabel contiene menor concentración de minerales y vitamina A; sin embargo, su contenido de proteína y carbohidratos es mucho más alto que el de aquellas dos plantas, ya que incluso puede llegar hasta un 30% en el caso de los carbohidratos.

Las hojas (cuello) de la remolacha son una fuente excelente de vitamina A y las raíces (remolachas) son una buena fuente de vitamina C (Garza, 1998).

### **2.7.3 Calabacita (*Cucúrbita pepo*, *Cucurbita máxima*)**

#### **2.7.3.1 Definición**

Esta hortaliza proviene de una planta herbácea, pertenece a la familia de las *Cucurbitáceas*, el fruto se consume todavía inmaduro y por lo general es de color verde claro (figura 3), aunque existen de color verde oscuro. Es una hortaliza de clima cálido, no tolera heladas.

La calabacita se consume en estado tierno y en México se le encuentra todo el año. Es baja en calorías y rica en vitaminas; de muy fácil digestión. Antitóxica, laxante y diurética. Contiene mucha agua y es muy combinable con otros



alimentos por su sabor tan suave. Las calabacitas deben estar frescas y lisas y no lucir amarillentas, porque esto indica que están amargas (FAO, 1985).



Figura 3. Calabacita (*Cucúrbita pepo*, *Cucurbita máxima*)  
Fuente: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

### 2.7.3.2 Importancia y origen

Con respecto a las cucurbitáceas, la calabacita ocupa el primer lugar por la superficie sembrada, así como su alta redituabilidad, fácil manejo y gran demanda de mano de obra.

La calabacita es considerada originaria de México y de América Central (Vavilov, 1951), de donde fue distribuida hacia América del Norte y del Sur. Sus orígenes se remontan al año 7000 a.c. (Bourgeois, 2001).

### 2.7.3.3 Principales variedades de calabacita

Existen calabazas de diferentes formas, colores y tamaños, estas características dependen de la especie y de la variedad que se explote.

- Calabaza criolla: de cáscara gris y pulpa naranja
- Angola: alargada y de cáscara verde, pulpa naranja
- Cayote: ovalado y de cáscara amarilla
- Anday: de cáscara verde con líneas pardas
- Zapallo turco: es pequeño, de cáscara verde y pulpa anaranjada



- Anko: es la popular calabacita o calabacín, es de pulpa naranja y cuello largo. La piel es naranja pálido
- Brasileño: de pulpa rojiza, largo y de cáscara verde, es excelente para sopas, frito, al horno o hervido

#### 2.7.3.4 Composición química de la calabacita

En la tabla 3 se muestra la composición química de la calabacita con base en 100 g de porción comestible.

**Tabla 3. Composición química de la calabacita**

Agua	96%
Hidratos de carbono	2.2% (fibra 0.5%)
Proteínas	0.60%
Lípidos	0.20%
Na	3 mg/100g
K	300 mg/100g
Ca	24 mg/100g
P	28 mg/100g
Vitamina A	90 mg/100g
Vitamina C	22 mg/100g
Ác. Fólico (Vit.B3)	13 microgramos/100g

Fuente: CNPH, 1985.

La calabacita contiene más proteína que las demás cucurbitáceas (sandía, melón y pepino). Comparando esta hortaliza con el pepino ya que se consume de la misma forma (fruto inmaduro), se tiene que la calabacita posee mayor contenido de vitaminas (B1, B2 y A); en cuanto a minerales y contenido de agua son similares.





## 2.7.4 Zanahoria (*Daucus carota* L.)

### 2.7.4.1 Definición

La zanahoria pertenece a la familia de las *Umbelíferas*, y a la especie *carota*, es la más conocida y la más importante de las hortalizas de raíz. Es una hortaliza rica en caroteno – precursor de la vitamina A.

Los carotenoides además de contribuir al típico color naranja de las zanahorias (figura 4), protegen de problemas de la visión y mantienen en buen estado los tejidos del organismo, especialmente la piel y bronquios. Posee una corona de muchas hojas compuestas que se levantan directamente de la parte superior de la raíz. Se propaga por medio de semillas.



Figura 4. Zanahoria (*Daucus carota* L.)  
Fuente: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

### 2.7.4.2 Importancia y origen

La importancia principal de ésta hortaliza estriba en la gran superficie sembrada y la demanda que tiene durante todo el año. La zanahoria es originaria de Asia Central. Fue introducida a Europa en el siglo XIII, arribando al Continente Americano a principios del año 1600 (Yamaguchi, 1993). La zanahoria es una planta bianual y alógama; la parte comestible es una raíz carnosa cuya coloración es generalmente amarilla, anaranjada o roja. Su longitud puede variar de 15 a 18 cm y su tallo es muy rudimentario.



### 2.7.4.3 Principales variedades de zanahoria

Las zanahorias forman un grupo muy amplio de variedades dependiendo de la forma, el color, y sus ciclos vegetativos. Éstas son algunas de sus variedades mas difundidas:

- Amsterdam: las raíces tienen una longitud de 13 cm. Se cultivan para manojos y también para congelados o conservas de zanahorias “baby”
- Autumn King: de un color naranja rojizo
- Berlicum: poseen una gran cantidad de caroteno y vitamina C. Tienen la raíz larga y gruesa
- Chantenay: raíz cónica y corta, de cuello ancho, de excelente sabor
- Globo: raíces diminuta, redonda y de sabor dulce
- Nantes: de forma cilíndrica, lisa y recta
- 

### 2.7.4.4 Composición química de la zanahoria

En la tabla 4 se muestra la composición química de la zanahoria con base en 100 g de porción comestible.

**Tabla 4. Composición química de la zanahoria**

Agua	88.20%
Proteínas	1.1 %
Carbohidratos	9.7%
Cenizas	1.1%
Grasa	0.1%
Fibra	1.2%
Ca	37.0 mg/100g
P	36.0 mg/100g
Fe	0.7 mg/100g
Na	47.0 mg/100g
K	341.0 mg/100g
Vitamina A	1300 mg/100g
Ácido ascórbico	0.8 mg/100g

Fuente: CNPH, 1985.



La zanahoria constituye una importante fuente de azúcares; principalmente sacarosa y azúcares sencillos como glucosa y fructosa, también contiene vitaminas (principalmente A, B y C); tiene un alto contenido de carotenos o provitamina A, siendo la única especie hortícola poseedora de ésta cantidad de pigmento. La fibras contenidas en las zanahorias son especialmente bien admitidas por el organismo y son menos agresivas que las de los cereales lo que implica que el consumo de zanahoria sea favorable en los casos de gastritis y de úlceras. La zanahoria contiene algunos aminoácidos (glutámico) y sustancias terpénicas y fenólicas que intervienen también en el sabor de las preparaciones de esta hortaliza (Bourgeois, 2001).

El incremento demográfico y el ritmo de vida actual, ha originado una creciente demanda por parte de los consumidores de alimentos saludables, prácticos y fáciles de utilizar como es el caso de los vegetales deshidratados, es por ello que en este trabajo se utilizó la deshidratación por convección para obtener un producto a base de hortalizas, nutritivo, listo para consumir como botana y sin incrementar significativamente su valor comercial.



## **2. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

- Deshidratar berenjena, betabel, calabacita y zanahoria mediante secado por convección para su consumo como botana.

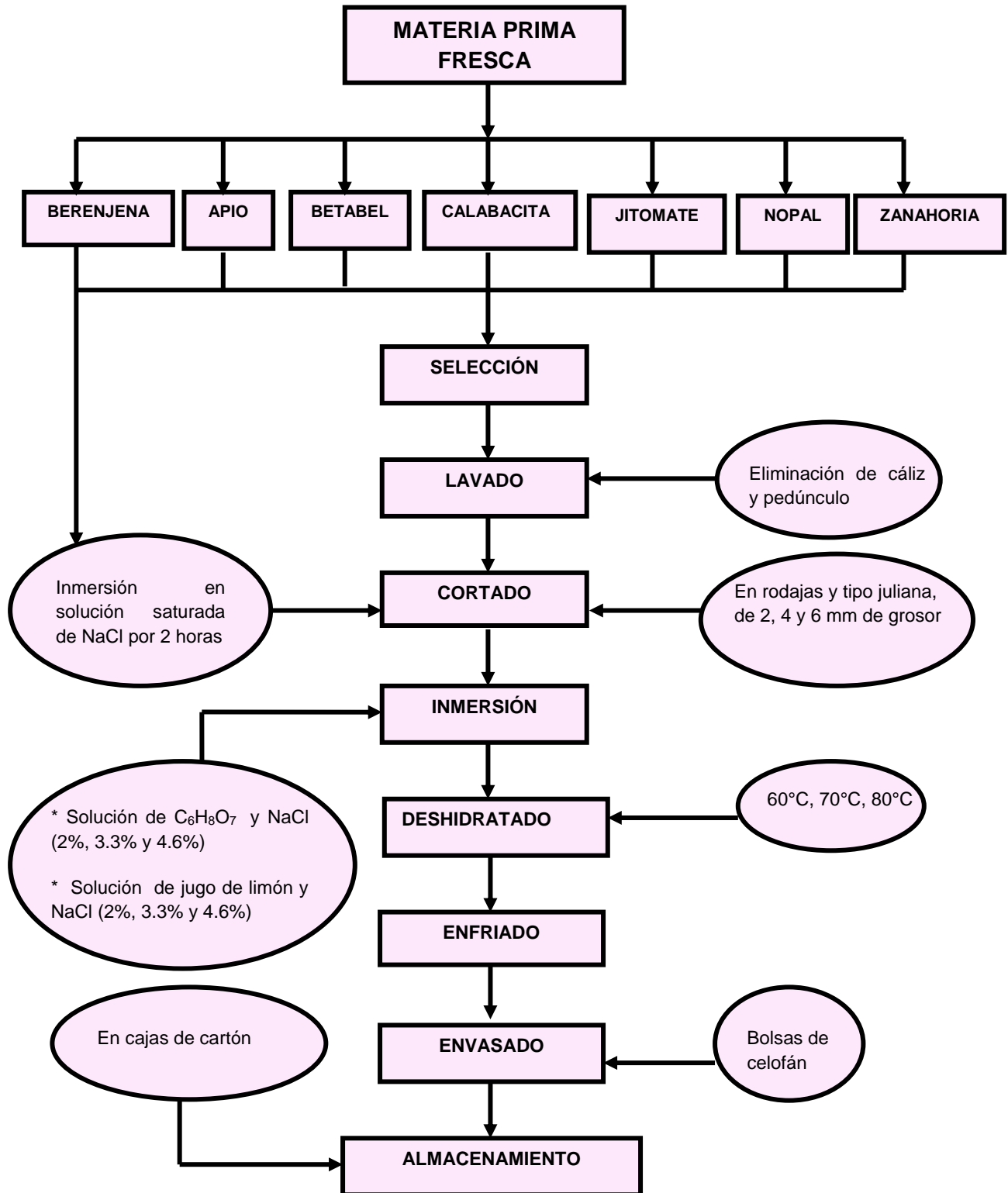
### **3.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar las hortalizas a deshidratar de acuerdo a sus características estructurales y a su contenido de humedad
- Establecer los parámetros óptimos para la deshidratación de las hortalizas seleccionadas
- Determinar la composición química y mineral del producto obtenido
- Conocer el agrado y la aceptación del producto por parte del consumidor a través de pruebas sensoriales
- Estimar la vida de anaquel del producto obtenido mediante isotermas de sorción así como pruebas instrumentales y sensoriales de textura



### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Figura 5. Procedimiento para la deshidratación de las hortalizas





#### **4.1 Materia prima**

La materia prima (apio, berenjena, betabel, calabacitas, jitomate, nopal y zanahoria) fue adquirida en la Central de Abastos de la ciudad de Pachuca Hidalgo, se eligieron productos frescos, sanos, firmes y de color característico.

La materia prima fue elegida debido al poco consumo de las hortalizas que existe en nuestro país principalmente en la población infantil.

#### **4.2 Pruebas preliminares previas a la deshidratación de las muestras**

##### **4.2.1 Lavado de la materia prima**

La materia prima se lavó con agua y jabón, se les eliminó el cáliz y pedúnculo, posteriormente fueron sumergidas en una solución de agua con 10 gotas de hipoclorito de sodio durante 30 minutos; el propósito de ésta inmersión es disminuir o eliminar la carga microbiana, ya que la materia prima estuvo en contacto con el suelo.

##### **4.2.2 Tipo de corte y espesor**

Para todas las hortalizas seleccionadas (apio, berenjena, betabel, calabacita, jitomate, nopal y zanahoria), se ensayaron dos tipos de corte: el corte juliana y el corte en rodajas con la ayuda de una rebanadora manual y tres tipos de espesores: 2, 4 y 6mm.

##### **4.2.3 Solución de inmersión**

Todas las muestras se sometieron a 2 diferentes tratamientos durante 30 minutos: el primer tratamiento consistió en una solución de ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) y cloruro de sodio (NaCl) a diferentes concentraciones: 2, 3.3 y 4.6%.



El segundo tratamiento consistió en la inmersión de las muestras en una solución de jugo de limón y cloruro de sodio al 2, 3.3 y 4.6%.

Previo a los tratamientos solo las muestras de berenjena fueron sumergidas en una solución saturada de NaCl durante dos horas para evitar el amargor y la oxidación.

El objetivo de la inmersión en estas soluciones fue resaltar el sabor y evitar la oxidación de las muestras bajo estudio. Posteriormente las muestras se escurrieron para evitar que se adhirieran unas a otras y se colocaron sobre papel encerado en charolas de aluminio.

#### **4.2.4 Temperatura y tiempos de deshidratación**

Para todas las muestras se ensayaron tres temperaturas de deshidratación: 60, 70 y 80°C, en un horno de recirculación de aire. Durante el secado las muestras se pesaron en una balanza por periodos de dos horas para observar la pérdida de humedad con respecto al tiempo y con el objetivo de conseguir una deshidratación homogénea y evitar que el producto se quemara. Esta operación se realizó con muestras sometidas a los dos tratamientos antes mencionados, tomando como referencia muestras sin ningún tratamiento, con estos datos se realizaron gráficas comparando la pérdida de peso de las muestras en función del tiempo.

El tiempo de deshidratación estipulado para las tres temperaturas fue aproximadamente en un rango de 20 horas para todas las muestras, tomando en cuenta que no todas las muestras requieren el mismo tiempo de deshidratación debido al contenido de humedad inicial que presentan. El objetivo de esto fue determinar el tiempo aproximado de deshidratación para cada una de las muestras estudiadas.



#### 4.2.5 Condiciones de almacenamiento

Los productos obtenidos se empacaron en bolsas de celofán, y estas fueron almacenadas en cajas de cartón evitando el contacto con la luz, esto con el objetivo de evitar la ganancia de humedad y cambios en las características sensoriales del producto.

#### 4.3 Análisis proximal de las muestras de hortalizas deshidratadas

Para la determinación de todos los análisis de las hortalizas deshidratadas, se uso una muestra previamente molida (en polvo) utilizando para ello una licuadora, cada determinación se realizó por triplicado.

##### 4.3.1 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó por diferencia de peso, siguiendo la técnica 925.10 de la AOAC (1990).

**Fundamento.** La humedad es el material que se volatiliza de las muestras bajo condiciones de temperatura de 60-65°C.

**Procedimiento.** Se colocaron las charolas de aluminio en una estufa de vacío a una temperatura de 60-65°C hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se pesaron 2 g de muestra, molida previamente en una licuadora, y se colocó en cada charola; las muestras se secaron hasta alcanzar un peso constante.

Cálculos: El porcentaje de humedad se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_o - P_f}{m} \times 100$$





Donde:

$P_o$  = Peso inicial de la charola con muestra

$P_f$  = Peso final de la charola con la muestra seca

$m$  = Peso de la muestra (g)

#### 4.3.2 Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó mediante el método 940.26 de la AOAC (1990).

**Fundamento.** Las cenizas son el residuo que se obtiene después de la incineración de una muestra, comprendiendo el material inorgánico de la misma.

**Procedimiento.** Se colocaron los crisoles en una mufla a una temperatura de 500-550°C hasta obtener un peso constante. En el crisol tarado se pesaron 2 g de muestra, se calcinó con ayuda de un mechero hasta eliminar todo el humo. Una vez calcinada la muestra, se colocaron los crisoles en la mufla a una temperatura de 500-550°C, hasta alcanzar un peso constante.

Cálculos. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

Donde:

$P_f$  = Peso del crisol con las cenizas (g)

$P_o$  = Peso del crisol a peso constante (g)

$m$  = Peso de la muestra (g)



### 4.3.3 Determinación de grasa cruda

La determinación de grasa se realizó mediante el método Soxhlet 920.29 de la AOAC (1990).

**Fundamento.** La cantidad de material extraído de una muestra mediante el reflujo con éter se denomina extracto etéreo o grasa cruda. Esta se constituye de grasa verdadera (fracción con alto poder calórico), ácidos grasos, ésteres, vitaminas liposolubles, aceites esenciales y carotenoides, principalmente.

**Procedimiento.** Previo a la determinación, los matraces balón se pusieron a peso constante a  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se pesaron de 3 a 5 g de muestra previamente seca y se colocaron en cartuchos de celulosa, se taparon con un trozo de algodón y se introdujeron en el compartimento de extracción. El matraz a peso constante se colocó sobre la parrilla de calentamiento y se le adicionó suficiente éter. Finalmente, se terminó de armar el dispositivo soxhlet cuidando que el flujo de agua saliera con una potencia constante manteniendo el refrigerante lo más frío posible. Después se calentó el contenido del matraz, regulando el reflujo constante de éter hasta el término del tiempo de extracción. El tiempo de la determinación varió entre 6 y 8 horas, según el contenido de grasa de la muestra. Una vez que terminó la extracción, el solvente se recuperó en el mismo equipo. Para una total eliminación del éter, el matraz se dejó en la estufa hasta obtener un peso constante.

Cálculos. El porcentaje de grasa se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$



Donde:

$P_f$  = Peso constante del matraz con el extracto etéreo (g)

$P_o$  = Peso constante del matraz antes de la determinación (g)

$m$  = Peso de la muestra (g)

#### 4.3.4 Determinación de fibra cruda

La determinación de fibra se llevó a cabo mediante la Norma Mexicana NMX-F-090-S-1978.

**Fundamento.** La determinación esta basada en la obtención del residuo indigerible por ácido y base fuertes de una muestra que ha sido desengrasada y digerida sucesivamente con  $H_2SO_4$  y  $NaOH$  al 1.25%.

**Procedimiento.** Se pesaron de 2 a 3 g de muestra desengrasada en un vaso de Berzelius junto con unas perlas de vidrio y unas gotas de antiespumante (HYCEL), se adicionaron 200 mL de  $H_2SO_4$  al 1.25 % en ebullición. Se colocó el vaso en el digestor, previamente caliente y se dejó en ebullición durante 30 min. Transcurrido éste tiempo, se retiró el vaso y el contenido se filtró en un embudo de plástico con la ayuda de tela de lino, el residuo se lavó con 500 mL de agua destilada caliente. El residuo lavado se transfirió al vaso de Berzelius, se le adicionaron 200 mL de  $NaOH$  al 1.25% en ebullición, unas gotas de antiespumante y perlas de ebullición, nuevamente se colocó en el digestor y se llevó a ebullición durante 30 minutos más. Al término de éste tiempo, el contenido del vaso se filtró al vacío como en el paso anterior, se lavó el residuo con 500 mL de agua destilada caliente y se adicionó al residuo 25 mL de alcohol etílico para eliminar la mayor cantidad de humedad. El residuo junto con el papel filtro se colocó en la estufa por 2 horas para su secado y se trasladó a un crisol a peso constante, posteriormente se



incineró en la parrilla de calentamiento hasta su máxima temperatura y se calcinó en la mufla a 550°C, hasta que su peso fuera constante.

Cálculos. La cantidad de fibra cruda en la muestra, se calculó como sigue:

$$\% \text{Fibra cruda} = \frac{(P_p + r - P_p) - (P_c + r - P_c)}{m} \times 100$$

Donde:

$P_p$  = Peso del papel a peso constante

$P_c + r$  = Peso del crisol + residuo calcinado

$P_p + r$  = Peso del papel mas el residuo

$P_c$  = Peso del crisol a peso constante

$m$  = Peso de la muestra (referido al peso de la muestra original) (g)

#### 4.3.5 Determinación de proteína

La determinación de proteína se realizó siguiendo el método de Kjeldahl, 930.29 de la AOAC (1990).

**Fundamento.** El método de Kjeldahl consta de una oxidación de la materia orgánica mediante la acción de  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  y  $H_2O_2$ , como resultado de esta oxidación se produce  $CO_2$ ,  $H_2O$  y  $N_2$  el cual se transforma en  $NH_4HSO_4$ . La reacción es catalizada por el Cu ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ). Para la liberación del  $NH_4$  de la sal que forma, se utiliza un álcali fuerte (NaOH al 60%), el  $NH_4$  es recibido en ácido bórico y mediante una titulación con HCl 0.001N se determina la cantidad que reaccionó con el ácido bórico formando el borato de amonio.



**Mezcla digestiva.** Se pesaron 3 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y se disolvieron en 20 mL de agua destilada, se adicionaron 50 mL de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrado y 430 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado resbalándolo por la pared. Se agitó esta mezcla durante 30 min.

**Ácido bórico con indicadores.** Se pesaron 10 g de ácido bórico y se disolvieron en agua destilada, a continuación se adicionaron 70 mL de indicador A (100 mg de fenolftaleína disueltos y aforados a 100 mL con alcohol etílico) y 20 mL de indicador B (33 mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 mL con alcohol etílico), se llevaron a un volumen final de 2 L con agua destilada. Se ajustó visualmente el ácido bórico hasta obtener una solución de color café rojizo.

## Procedimiento

**Digestión.** Se pesaron de 20-60 mg de muestra, se colocaron en un tubo de digestión, se agregaron 0.5 g de sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y se adicionaron 3 mL de mezcla digestiva. Se colocaron los tubos en el digestor a una temperatura de  $370^\circ\text{C}$ , transcurridos 15 minutos se retiraron los tubos y se dejaron enfriar, se adicionaron 1.5 mL de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) al 30% y fueron colocados nuevamente en el digestor a la temperatura antes mencionada por 30 minutos. Una vez que las muestras tenían un color transparente y sin restos de material orgánico se consideró que la digestión estaba completa.

**Destilación.** Se llevó a cabo en un destilador automático, la muestra digerida se colocó en el tubo de destilación limpio (lavado con agua destilada), se introdujo en un matraz erlenmeyer con 50 mL de ácido bórico, como recipiente de la destilación. El destilador automático se programó para adicionar al contenido del tubo 50 mL de sosa al 50% con un tiempo de destilación de 6 minutos al 60% de potencia de vapor.



**Titulación.** El contenido del matraz de recolección se tituló con HCl 0.01 M hasta el punto de equivalencia.

Cálculos. El porcentaje de proteína se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{(P-B) \times N \times \text{meq} \times 100}{m}$$

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ N} \times F$$

Donde:

P = Volumen gastado en la titulación de la muestra

B = Volumen gastado en la titulación del blanco

N = Normalidad del HCl

meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión (6.25)

#### 4.3.6 Determinación de carbohidratos asimilables

Los carbohidratos fueron calculados por diferencia con la siguiente fórmula:

$$\% \text{CHOS asimilables} = 100 - (\% \text{fibra} + \% \text{grasa} + \% \text{proteína} + \% \text{cenizas})$$



#### 4.4 Determinación de minerales

**Fundamento.** La muestra es digerida por el ácido nítrico con la ayuda de presión y temperatura del horno de microondas, el cual destruye todo material orgánico existente, dejando solo el material inorgánico (minerales).

**Procedimiento.** Para la digestión se pesaron de 0.2-0.5 g de muestra previamente seca y se colocaron en los vasos de teflón adicionándoles 10mL de HNO<sub>3</sub> concentrado. En cada corrida se introdujo por lo menos un vaso con la misma cantidad de ácido y sin muestra, a fin de tener una cantidad considerable de blancos para el cálculo del límite de detección del método, cada muestra se realizó por triplicado. Una vez preparados los vasos en el carrusel, se procedió a la digestión, la cual se llevó a cabo en un equipo de microondas, que cuenta con un sistema de digestión abierta STAR plus, mediante el método Tillanc.pgm. Las condiciones que marca el programa son 1200 W de potencia, 200°C en 7 minutos y 170 psi durante 20 minutos, se procede a un enfriamiento durante 5 minutos. Al cabo del proceso el carrusel se retiró siguiendo las instrucciones de despresurización del microondas.

El producto de la digestión, frío, se filtró con papel Whatman No. 42 con ayuda de embudos de plástico, el filtrado se aforó a 100 mL con ácido nítrico al 3% y se vertió a un recipiente de plástico con tapa. La solución final se mantuvo en refrigeración hasta que se sometió al análisis espectrofotométrico.

La lectura de los minerales se realizó en el ICP (espectrofotómetro de emisión en plasma). Se prepararon estándares de referencia para todos los elementos analizados en las concentraciones mostradas en las tablas 5 y 6.

**Tabla 5. Estándares de referencia para micronutrientes**

Elemento	(mg/L <sup>-1</sup> )				
Mg	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Ca	1	2	3	4	5
K	1	2	3	4	5
Na	0.4	0.8	1.2	1.6	2
Fe	2	4	6	8	10
Zn	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Cu	2	4	6	8	10

**Tabla 6. Estándares de referencia para metales pesados**

Elemento	(mg/L <sup>-1</sup> )				
Cd	2	4	6	8	10
Pb	10	20	30	40	50
Ni	10	20	30	40	50

#### 4.5 Determinación de la vida útil

Se realizó la determinación de isotermas de sorción para determinar la estabilidad de cada uno de los productos finales midiendo con esto la capacidad y velocidad de adsorción por medio de modelos matemáticos propuestos en la literatura (Román *et al.*, 2002., Pilosof *et al.*, 1996).

Las muestras deshidratadas se empacaron en bolsas aluminizadas que fueron cerradas con una selladora al alto vacío. La mitad de las muestras empacadas se





almacenaron a una temperatura de 35°C y la otra mitad a temperatura ambiente. Durante un mes se estudiaron los cambios en la textura mediante pruebas instrumentales y sensoriales.

#### 4.5.1 Determinación de las isotermas de sorción

Para la determinación de las isotermas de sorción, se utilizó un método estático en recipientes cerrados (matraz kitazato) con soluciones diluidas de ácido sulfúrico, debido a que es el método gravimétrico que se utiliza con mayor frecuencia para medir las propiedades de sorción (Tubert, 1986; Labuza, 1981; Cadden, 1988; Boente *et al.*, 1996). Este método está basado en la determinación de la  $a_w$  (actividad de agua) del sistema cuando se alcanza el equilibrio entre el contenido de agua del alimento y el de una solución, ya sea de sales saturadas o de ácido sulfúrico a diferentes actividades de agua conocidas.

Las muestras trituradas (en trozos pequeños) y previamente pesadas (aproximadamente 1g) se colocaron en saquitos de papel previamente pesados. Estos se sometieron a diferentes concentraciones de ácido sulfúrico dentro del recipiente cerrado; esta operación se realizó por triplicado y las concentraciones de ácido sulfúrico utilizadas fueron: 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% y 55%. Los recipientes se colocaron en una estufa a una temperatura de 35°C, las muestras se pesaron cada 3 días en una balanza analítica (se pesó rápidamente para evitar la pérdida o ganancia de humedad en las muestras), esto se realizó por un periodo de tiempo de 15 días aproximadamente hasta que las muestras llegaran a un peso constante. Las soluciones de ácido sulfúrico se titularon con hidróxido de sodio 0.5 N. Con estos resultados se construyeron gráficos de sorción de humedad en el tiempo. Se determinó a partir de estos, el tiempo al cual cada hortaliza alcanza su saturación o equilibrio de saturación de humedad. Con estos datos se construyeron las correspondientes isotermas de sorción, se ajustaron los datos experimentales con algunos de los modelos



matemáticos propuestos por Román *et al.* (2002) y se compararon con el modelo Pilosof *et al.*, (1996); se evaluó además, su correlación con el modelo de GAB (modelo matemático que describe los fenómenos termodinámicos del agua en los alimentos) (Bell *et al.*, 2000).

El modelo exponencial (Román *et al* 2002) está expresado por:

$$M(t) = M_o \left( 1 - e^{-t/T_o} \right)$$

Donde:

$M(t)$  = Cambio de masa en la muestra (g de H<sub>2</sub>O/100g de materia húmeda)

$t$  = Tiempo en días

$M_o$  = Capacidad de adsorción de agua en el equilibrio (%H<sub>2</sub>O)

$T_o$  = Tiempo (en días) necesario para que la muestra adsorba el agua según su capacidad en el equilibrio (por ejemplo  $T_o=t$  cuando  $M(t)=M_o/2$ )

El modelo Pilosof (1996) está expresado por:

$$q(t) = \frac{Q * t}{B + t}$$

Donde:

$q(t)$  = Cambio de masa en la muestra (g de H<sub>2</sub>O/100g de materia húmeda)

$t$  = Tiempo en días

$Q$  = Capacidad de adsorción de agua en el equilibrio (%H<sub>2</sub>O)



B = Tiempo (en días) necesario para que la muestra adsorba el agua según su capacidad en el equilibrio (por ejemplo B = t cuando  $q(t) = Q/2$ )

El modelo de GAB está expresado por:

$$m = \frac{C_1 k m_o a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C_1 k a_w)}$$

Donde:

C = constante de Guggenheim

k = constante correctiva que describe las propiedades de adsorción de agua más allá de la monocapa

$m$  = ganancia de agua en el equilibrio (g/100g la materia seca)

$m_o$  = es la ganancia del agua en la monocapa (g/100g la materia seca).

Los 3 parámetros ( $m_o$ , C y k) caracterizan las interacciones del agua con los macroconstituyentes del alimento

#### 4.5.2 Determinación instrumental de textura

Se determinó la fuerza de ruptura de las rodajas deshidratadas, utilizando un texturómetro con una sonda de fractura Ball probe, crisp fracture HDP/CFS IP/0.25s tomando en cuenta los siguientes parámetros: fuerza máxima de fractura, tiempo de fractura, distancia y el área de fractura.

De cada una de las muestras se analizaron tres réplicas, 2 veces por semana durante un mes.



### 4.5.3 Pruebas sensoriales

#### 4.5.3.1 Análisis sensorial de textura

Para el análisis sensorial de textura de las hortalizas deshidratadas se utilizó un panel de 5 jueces semientrenados. Se analizaron 2 muestras de cada una de las hortalizas almacenadas durante 4 semanas. Las muestras se evaluaron por medio de una ficha de cata (figura 6), en la cual se les indicó que compararan únicamente el nivel de crujido del producto desarrollado comparado con un producto comercial (papas sabritas) sin tomar en cuenta el sabor. De igual manera se les solicitó que dentro de los comentarios calificaran el producto desarrollado en cuanto al nivel de agrado en la misma ficha.

Figura 6. Ficha de cata para evaluar la textura de las hortalizas deshidratadas

Fecha: _____				
Nombre: _____				
Producto: _____				
Pruebe la siguiente muestra e indique en la recta el nivel de crujido que presenta, considerando que el nivel máximo es la muestra comercial:				
<p>NIVEL DE CRUJIDO</p> <p>1 2 3 4 5 mínimo máxímo muestra comercial</p>				
¿Cómo considera el nivel de crujido evaluado?				
<input type="radio"/> Demasiado crujiente	<input type="radio"/> ligeramente crujiente	<input type="radio"/> ni crujiente ni blanda	<input type="radio"/> ligeramente blanda	<input type="radio"/> demasiado blanda
Comentarios: _____				
_____				
_____				
GRACIAS				



#### 4.5.3.2 Pruebas sensoriales de nivel de agrado

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo en la escuela primaria Magisterio Digno ubicada en la colonia el Magisterio y en la escuela secundaria Jaime Sabine ubicada en la colonia Cipreses en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Se empleó un panel no entrenado compuesto por 30 estudiantes en edades comprendidas entre 6 a 15 años de edad. Se evaluó el nivel de agrado global del producto, utilizando una escala hedónica verbal de 5 puntos (en la escuela secundaria) y una escala hedónica facial “escala de caritas” (en la escuela primaria); en donde se les pedía que indicaran qué tanto les agradaba el producto (figura 7 y 8).

**Figura 7. Ficha de cata, prueba de nivel de agrado**

Producto: _____	Fecha: _____			
Indique qué tanto le gusta o disgusta el producto que se le presenta, según la siguiente escala:				
<input type="radio"/> Me gusta Mucho	<input type="radio"/> me gusta	<input type="radio"/> ni me gusta ni me disgusta	<input type="radio"/> me disgusta	<input type="radio"/> me disgusta mucho
Comentarios: _____				
_____				
_____				
_____				
Muchas gracias				



**Figura 8. Ficha de cata, escala hedónica facial**



#### **4.6 Análisis Estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa estadístico STATGRAPHICS plus versión 5.1, los análisis estadísticos realizados fueron los siguientes:

El procedimiento ANOVA de un factor genera un análisis de la varianza de un factor para una variable dependiente cuantitativa respecto a una única variable de factor (la variable independiente). Además, el análisis de varianza determina si existen diferencias entre las medias. La prueba de Tukey determina cual es la muestra que es diferente al resto.



## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **5.1 Selección de las muestras**

Después de las pruebas preliminares de deshidratación por convección, las rodajas deshidratadas se sometieron a pruebas sensoriales con jueces no entrenados. Los resultados de dichas pruebas indicaron que las muestras de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria presentaron un color, apariencia, textura y sabor agradables. En contraste, el apio, jitomate y nopal presentaron una apariencia y un color que no era el adecuado debido a su elevado contenido de humedad y al tipo de estructura que poseen (Castillo, 2003) por lo que no se consideraron aptas para ser deshidratadas por este método.

### **5.2 Determinación de las condiciones óptimas de deshidratación**

#### **5.2.1 Espesor y tipo de corte**

Para la zanahoria y el betabel se obtuvieron los mejores resultados con el espesor de 2 mm, sin embargo, para la calabacita y la berenjena este fue de 4 mm; en estas condiciones se obtuvieron las mejores características de secado en comparación con el espesor de 6 mm, lo anterior debido a que piezas pequeñas o capas más delgadas favorecen la pérdida de agua ya que la distancia que el calor tiene que recorrer hasta el centro del alimento así como la distancia que la humedad en el centro del alimento tiene que recorrer para llegar a la superficie y escaparse se reducen, acelerando de esta manera la transmisión de calor y la transferencia de masa (Potter, 1995; Fito, 2001).

El corte en rodajas proporcionó los mejores resultados para todas las muestras analizadas, debido a que la deshidratación fue homogénea, además de que se obtuvieron muestras más crujientes y con una apariencia agradable, contrario a lo



anterior, el corte juliana no proporcionó las características sensoriales adecuadas por lo que fue descartado.

### **5.2.2 Solución de inmersión**

Los mejores resultados se obtuvieron con la solución que contenía ácido cítrico al 4.6% y cloruro de sodio al 4.6%, ya que el color de todas las muestras se observó más brillante y el sabor fue más intenso en comparación con las otras soluciones de inmersión ensayadas.

### **5.2.3 Efecto de la temperatura y tiempo de deshidratación en las rodajas estudiadas**

#### **5.2.3.1 Deshidratación a 60°C**

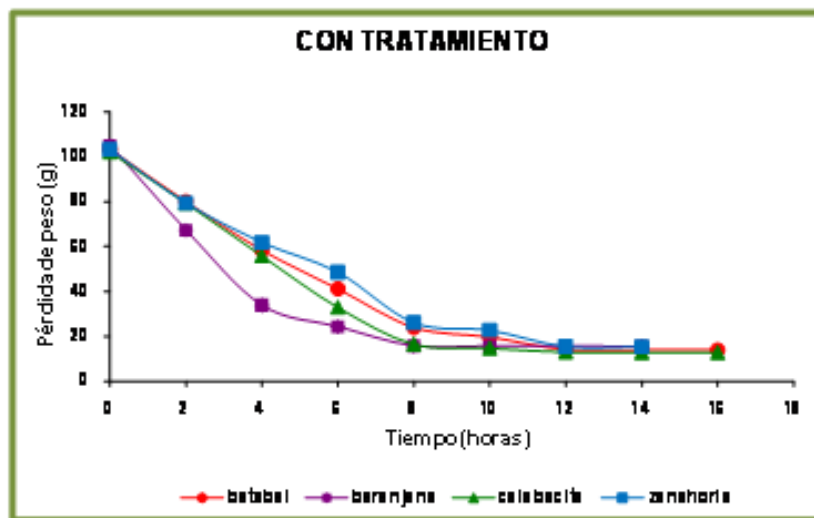
El tiempo de deshidratación para las rodajas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria a 60°C fue de 16 a 20 horas (ver anexo I). En las primeras cuatro horas de tratamiento, las rodajas se mostraban blandas; señal de que el núcleo del producto se calentó y la humedad interior empezó a evaporarse disminuyendo el diámetro de las mismas, esto último debido a la contracción o encogimiento de las hortalizas por su contenido de humedad inicial alto. Este cambio es el más común y ocurre en las primeras etapas de la deshidratación (Barbosa y Vega, 2000). Bajo esta temperatura de ensayo se observó un ligero oscurecimiento en la parte central de las rodajas, así como una consistencia chiclosa y un sabor desagradable en todas las muestras analizadas. Esto último podría deberse a la oxidación de la materia grasa y albuminoides contenidos en los tejidos de las hortalizas (Chirife, 1987).



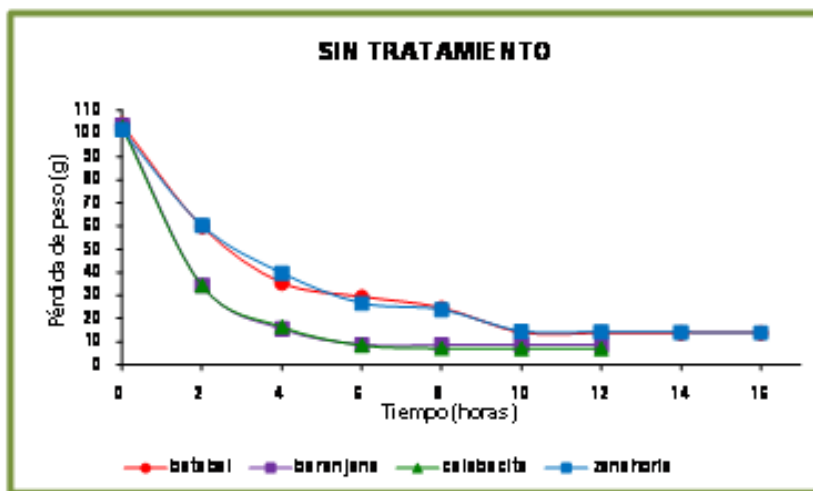


### 5.2.3.2 Deshidratación a 70°C

En la gráfica 2, se presenta la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación de las rodajas a 70°C después de su inmersión en la solución de ácido cítrico y NaCl (muestras con tratamiento). Las muestras sin tratamiento (gráfica 3), perdieron humedad en tiempos más cortos; como se puede observar, el comportamiento de la pérdida de humedad para la calabacita y la berenjena fue similar ya que se deshidrataron más rápido que las muestras de betabel y zanahoria. Esto concuerda con lo reportado en la literatura, en donde se comprobó que las zanahorias tratadas con sal poseen una capacidad de retención de agua mayor que las no tratadas, pues la adición de sal provoca un descenso de la difusividad del agua en el producto, lo que explica la mayor extensión del secado de la zanahoria y el betabel salados (Carbonell, 1984). Por otra parte, la forma y tamaño de las partículas de los productos afectan la superficie de evaporación del agua, al recorrido de ésta en su difusión a través del producto y a la resistencia del lecho al flujo de aire (Mallet, 1994).



Gráfica 2: Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria con tratamiento, en función del tiempo a 70°C.



Gráfica 3: Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria sin tratamiento, en función del tiempo a 70°C.



Ambas gráficas indican que la mayor pérdida de peso se obtuvo en las primeras 6 y 8 horas del proceso, lo cual concuerda con lo expuesto por Barbosa y Vega (2000), quienes afirman que la mayor pérdida de agua por parte de un alimento en el proceso de secado ocurre entre las primeras 6 y 7 horas.

Los mejores resultados se observaron en las muestras con tratamiento, ya que no presentaron pérdidas de color en comparación con las muestras sin tratamiento, esto puede ser atribuido al ácido cítrico ya que evitó en gran parte la pérdida de ésta característica (Platt *et al.*, 1991). Así mismo, se puede observar que el mejor tiempo de deshidratación para la calabacita y la berenjena fue de 8 a 10 horas, mientras que para la zanahoria y el betabel fue de 12 a 14 horas. El tiempo de deshidratación para la mayoría de los alimentos varía de 2 a 18 horas, dependiendo de los factores de procesado, la temperatura y el tipo de producto a deshidratar, entre otros (Barbosa y Vega, 2000).

A esta temperatura, se obtuvieron los mejores resultados ya que el tiempo de deshidratación de las muestras se redujo entre 8 y 14 horas (gráfica 2 y 3), lo que representa un ahorro de energía en el proceso, además de presentar una textura crujiente, un sabor agradable y de conservar un color similar al original (figuras 9, 10, 11 y 12). Estos resultados concuerdan con lo reportado en la literatura para manzanas (Álvarez, 1986), pimientos (Vega *et al.*, 1987), tomates (Ronceros *et al.*, 2008) y zanahorias deshidratados a 70°C bajo diferentes métodos donde además, esta temperatura permitió una mayor retención de vitamina C y carotenos en pimientos y zanahorias, respectivamente (Hemati, 1992).



Figura 9. Rodajas deshidratadas de zanahoria



Figura 10. Rodajas deshidratadas de betabel



Figura 11. Rodajas deshidratadas de berenjena



Figura 12. Rodajas deshidratadas de calabacita

### 5.2.3.3 Deshidratación a 80°C

A esta temperatura, el tiempo de deshidratación de las rodajas en estudio fue menor comparado con la temperatura de 70°C (ver anexo II), sin embargo, las muestras presentaron una apariencia muy desagradable debido al oscurecimiento presentado. Lo anterior se debió a que las altas temperaturas favorecen la oxidación de los compuestos fenólicos que se encuentran en las células de los



vegetales, que en presencia de oxígeno se oxidan fácilmente a quinonas por la acción de enzimas como las polifenoloxidasas y las peroxidases, las quinonas a su vez se oxidan sin intervención de enzimas particulares y se polimerizan dando compuestos pardos que son los responsables del oscurecimiento de las hortalizas (Bleecker y Shaller, 1996).

### 5.3 Análisis proximal de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria

#### 5.3.1 Humedad

En la tabla 7 se muestran los porcentajes de humedad obtenidos para las muestras bajo estudio.

**Tabla 7. Contenido de humedad en las rodajas deshidratadas analizadas**

HUMEDAD (%)		
HORTALIZA	MEDIA	SD
Berenjena	6.11 <sup>c</sup>	0.091
Betabel	4.79 <sup>a</sup>	0.307
Calabacita	6.78 <sup>d</sup>	0.179
Zanahoria	5.22 <sup>b</sup>	0.215

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa, SD: desviación estándar. P= 5% de intervalo de confianza.

El ANOVA realizado indicó que el porcentaje de humedad difiere significativamente en todas las muestras analizadas. Las rodajas con mayor porcentaje de humedad fueron las de calabacita (6.78%) y berenjena (6.11%), mientras que las rodajas de zanahoria y betabel presentaron el menor porcentaje (5.22 y 4.79%, respectivamente). Esto era de esperarse ya que la berenjena y la



calabacita en estado fresco, poseen un contenido de humedad elevado (93% y 96%) en comparación con la zanahoria (88%) y el betabel (89%).

Las verduras deshidratadas no deben presentar un contenido en agua superior al 7% y para las frutas debe ser menor al 10% (Castillo, 2003). Todas las muestras estudiadas presentaron porcentajes de humedad por debajo de éste valor por lo que serían menos propensas a descomposición.

### 5.3.2 Cenizas

El contenido de cenizas de las rodajas deshidratadas bajo estudio se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8. Contenido de cenizas en las rodajas deshidratadas analizadas**

CENIZAS (%)		
HORTALIZA	MEDIA	SD
Berenjena	11.26 <sup>b</sup>	0.350
Betabel	6.05 <sup>a</sup>	0.024
Calabacita	13.63 <sup>d</sup>	0.055
Zanahoria	12.41 <sup>c</sup>	0.025

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa,  
SD: desviación estándar. P= 5% de intervalo de confianza

El ANOVA correspondiente indicó que los valores de cenizas de las rodajas deshidratadas difieren significativamente entre sí. El mayor contenido de cenizas lo presentó la calabacita (13.63%); mientras que el betabel presentó el contenido más bajo (6.05%).

Los reportes del contenido de cenizas en vegetales deshidratados son escasos, sin embargo, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado en la literatura



para 20 diferentes variedades de zanahoria (10.71-20.97%) (Plants for a future: database search results, [www.plantsforafuture.org.uk](http://www.plantsforafuture.org.uk)) sin embargo, en el caso de la berenjena, el contenido de cenizas fue superior al obtenido por Flick *et al.*, (1978) para tres variedades de berenjena (4.6 a 8.6%) al igual que la calabacita cuyo contenido reportado de cenizas es de 7.4% (Plants for a future: database search results, [www.plantsforafuture.org.uk](http://www.plantsforafuture.org.uk)). Con respecto al betabel, se encontraron valores similares a los determinados por Koper *et al.* (1996) en seis variedades distintas de remolacha azucarera (alrededor del 6% de cenizas).

### 5.3.3 Proteína

El porcentaje de proteína de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Contenido de proteína en las rodajas deshidratadas analizadas**

PROTEÍNA (%)		
HORTALIZA	MEDIA	SD
Berenjena	3.76 <sup>c</sup>	0.038
Betabel	3.87 <sup>c</sup>	0.058
Calabacita	1.45 <sup>b</sup>	0.103
Zanahoria	0.10 <sup>a</sup>	0.126

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa, SD: desviación estándar. P= 5% de intervalo de confianza

Los resultados obtenidos concuerdan con lo esperado ya que la mayoría de las hortalizas presentan un bajo contenido de proteína, entre 1 y 3% (Ireland *et al.*, 1998), con excepción de algunos vegetales de la familia de las leguminosas y crucíferas que contienen de 3 a 5% (Wills y col., 1998; Riobío y Marín, 2002).



El ANOVA realizado a los resultados indicó que el contenido de proteína difiere significativamente para todas las muestras analizadas a excepción de las muestras de berenjena y betabel que pueden considerarse semejantes (3.76 y 3.87%); estas muestras presentaron el mayor contenido de proteína.

### 5.3.4 Grasa

El contenido de grasa determinado en las rodajas deshidratadas fue bajo (tabla 10), lo cual resulta lógico puesto que los lípidos representan menos del 1% del peso fresco en la mayoría de las frutas y hortalizas (Ireland, 1998; Wills y col. 1998).

**Tabla 10. Contenido de grasa en las rodajas deshidratadas analizadas**

GRASA (%)		
HORTALIZA	MEDIA	SD
Berenjena	0.34 <sup>b</sup>	0.001
Betabel	0.16 <sup>a</sup>	0.004
Calabacita	0.50 <sup>c</sup>	0.0002
Zanahoria	0.11 <sup>a</sup>	0.007

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa, SD: desviación estándar. P= 5% de intervalo de confianza

El ANOVA correspondiente mostró diferencias significativas en el contenido de grasa de las muestras. La prueba de Tukey indicó la existencia de un par de medias estadísticamente semejantes en el caso de las rodajas de betabel (0.16%) y de zanahoria (0.11%), siendo éstas las del menor contenido de grasa; el mayor contenido lo presentó la calabacita (0.50%).





### 5.3.5 Fibra

En la tabla 11 se presentan los valores medios del contenido de fibra obtenidas en las rodajas de hortalizas analizadas.

**Tabla 11. Contenido de fibra en las rodajas deshidratadas analizadas**

FIBRA (%)		
HORTALIZA	MEDIA	SD
Berenjena	4.38 <sup>b</sup>	0.0006
Betabel	7.02 <sup>d</sup>	0.075
Calabacita	3.74 <sup>a</sup>	0.040
Zanahoria	5.03 <sup>c</sup>	0.002

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa,  
SD: desviación estándar. P= 5% de intervalo de confianza

El análisis estadístico realizado (ANOVA y la prueba de Tukey) indicó que existe diferencia significativa en el contenido de fibra de todas las rodajas deshidratadas. Las muestras de betabel presentaron el porcentaje más alto (7.02%). Las rodajas de zanahoria presentaron un contenido de 5.03%, este valor concuerda con lo reportado por Bourgeois (2002) quien encontró un porcentaje de fibra de 5.9% en zanahoria deshidratada.

La calabacita y berenjena presentaron los contenidos más bajos en comparación con el betabel y la zanahoria, debido principalmente al tipo de estructura que poseen, sin embargo estos valores concuerdan con lo reportado en la literatura donde se establece que las hortalizas presentan un contenido de fibra de 2-10% dependiendo del tipo (Castillo *et al.*, 2003).



### 5.3.6 Carbohidratos

En la tabla 12 se presenta el contenido de carbohidratos (calculados por diferencia) obtenidos en las rodajas deshidratadas en estudio.

**Tabla 12. Contenido de carbohidratos en las rodajas deshidratadas analizadas**

CARBOHIDRATOS (%)	
HORTALIZA	%
Berenjena	80.26
Betabel	82.9
Calabacita	80.68
Zanahoria	82.35

Las rodajas que presentaron el mayor contenido de carbohidratos fueron las de betabel y zanahoria puesto que estas hortalizas son de las más ricas en hidratos de carbono complejos (almidón), aunque también poseen hidratos de carbono sencillos pero en cantidades mínimas (Herman, 1989).

La composición química de los vegetales esta fuertemente relacionada a la especie y variedad de que se trate así como a factores como el clima, ubicación geográfica y características del suelo de cultivo (Wills, *et. al.*, 1998).

### 5.4 Análisis de minerales en las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria

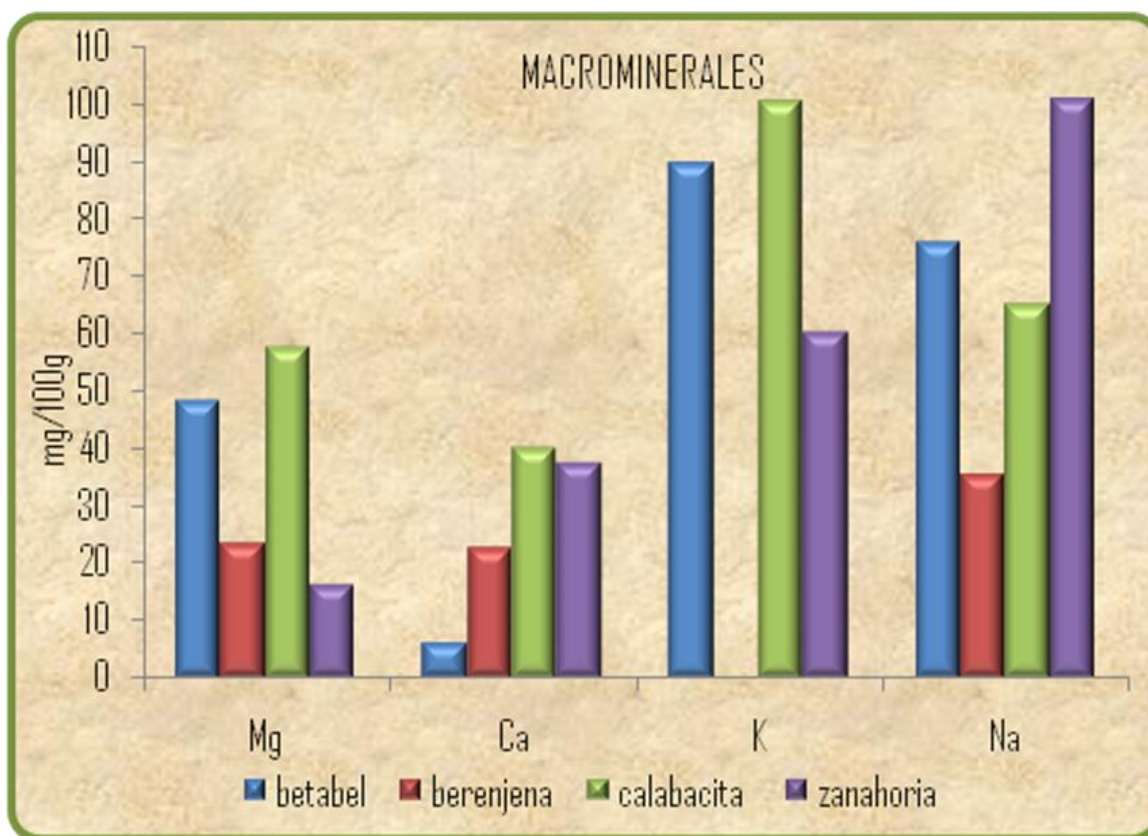
Las hortalizas aportan numerosos iones minerales necesarios para el mantenimiento de la salud, de igual manera pueden contener una serie de metales pesados, que en exceso pueden ser tóxicos para el organismo.



### 5.4.1 Macrominerales

En la gráfica 4 se muestra el contenido de macrominerales en las rodajas deshidratadas bajo estudio.

**Gráfica 4. Contenido de Mg, Ca, K y Na en rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria**



El K y el Na fueron los elementos mayoritarios cuantificados en las rodajas deshidratadas bajo estudio. El K es el mineral más importante, cuantitativamente hablando, ya que su contenido puede superar los 200 mg/100g de fruta u hortaliza (Wills y col., 1998). Sin embargo, los contenidos de este mineral en las rodajas deshidratadas de todas las muestras, fueron inferiores a este valor.



En estudios enfocados a la importancia del consumo de vitaminas y minerales en los alimentos, realizados por Gaviria (2004), se establece que la ingesta diaria recomendada de Na debe ser entre 1.1-3.3mg/100g para una población sana. Los valores obtenidos para todas las hortalizas en estudio fueron superiores al establecido, esto era de esperarse, debido al pretratamiento al que fueron sometidas las muestras antes del deshidratado.

Para el caso del Mg y Ca, las rodajas de calabacita presentaron los contenidos más altos, esto puede deberse a que este mineral se encuentra en cantidades apreciables en las semillas de los vegetales (Tisdale *et al.*, 1991). Los valores de Mg encontrados en la zanahoria y berenjena concuerdan con los resultados reportados por Pacheco (2001) para sopas deshidratadas a base de verduras (16.2 a 23.5 mg/100g).

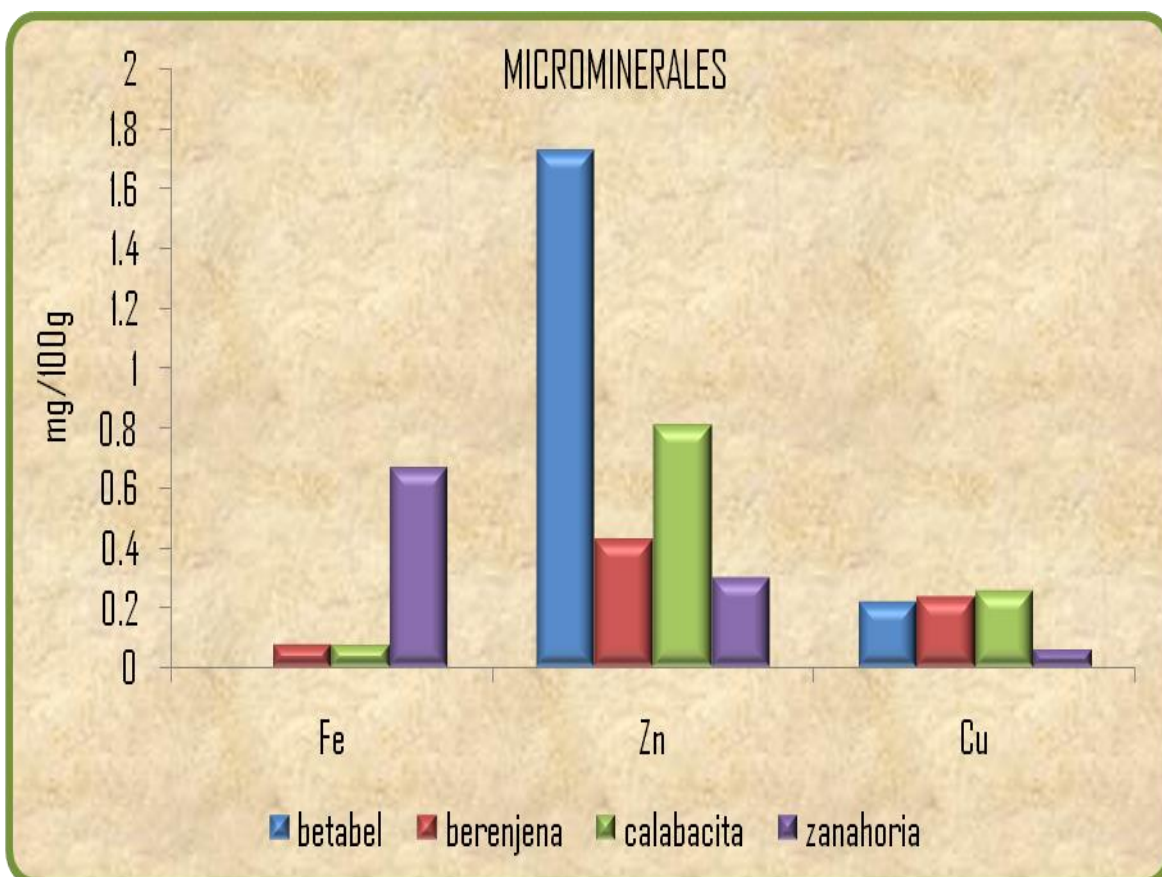
De los macrominerales analizados, el Ca fue el elemento determinado en menores concentraciones en las rodajas deshidratadas bajo estudio. Los valores de Ca cuantificados en todas las muestras concuerdan con lo reportado en la literatura para las hortalizas (2-40 mg/100g) (Muñoz, 2002).



### 5.4.2 Microminerales

La gráfica 5 muestra el contenido de Fe, Zn y Cu determinado en las muestras analizadas.

**Gráfica 5. Contenido de Fe, Zn y Cu en rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria.**





El Zn fue el micromineral más abundante, principalmente en el betabel (1.73mg/100g), se encontró en menor cantidad en las muestras de zanahoria (0.3mg/100g), esto último concuerda con lo reportado por Muñoz (2002) para la mayoría de las hortalizas (0.5mg/100g), mientras que el contenido de este micromineral determinado en el betabel fue superior al valor establecido en la literatura.

En cuanto al Fe, la mayor concentración la presentó la zanahoria (0.67mg/100g) mientras que el betabel presentó el contenido más bajo (0.008mg/100g). Estos resultados concuerdan con lo reportado en la literatura para las hortalizas (1mg/100g) (Muñoz, 2002).

El contenido de Cu fue similar en las rodajas deshidratadas de betabel, berenjena y calabacita. El menor contenido fue encontrado en las muestras de zanahoria (0.06mg/100g). Los resultados obtenidos en las rodajas deshidratadas de todas las muestras concuerdan con el valor reportado por Muñoz, (2002) en donde se establece que el contenido de este mineral en la mayoría de las hortalizas es menor a 0.5mg/100g.

### **5.4.3 Metales pesados**

#### **5.4.3.1 Cadmio, Niquel y Plomo**

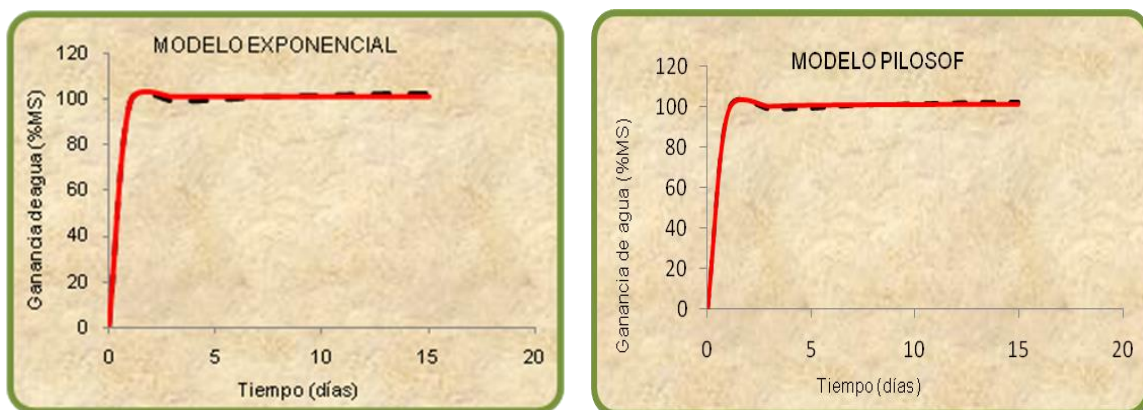
No se detectó la presencia de Cd, Ni y Pb en ninguna de las muestras analizadas, a los límites de detección establecidos para el equipo.



## 5.5 Determinación de la vida útil

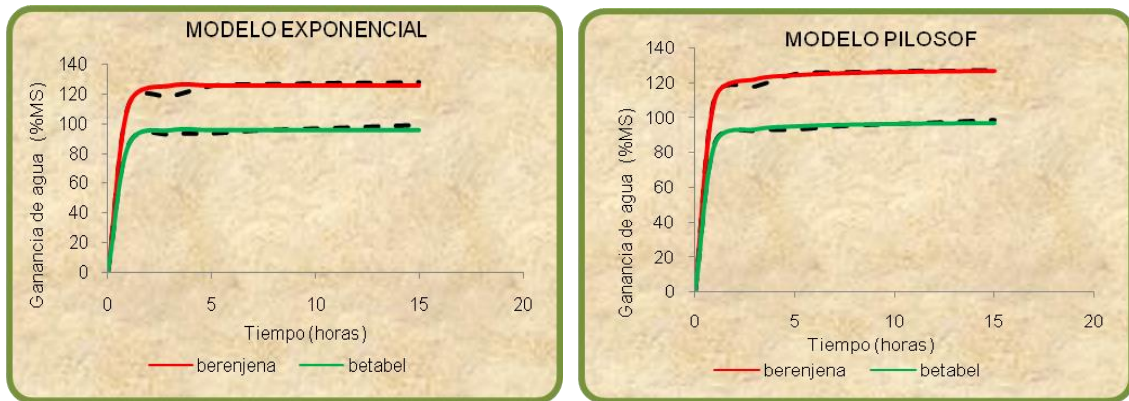
### 5.5.1 Evaluación de la capacidad de sorción o ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria, por modelos matemáticos

Utilizando el modelo exponencial propuesto por Román *et al.*, (2002) y su comparación con el modelo Pilosof *et al.*, (1996), se muestran los resultados de la ganancia de agua para las rodajas deshidratadas de calabacita al 25% (gráfica 6), berenjena y betabel al 30% (gráfica 7) y zanahoria al 35% de HR (humedad relativa) (gráfica 8), en donde se observa que los resultados obtenidos mediante los modelos se ajustan muy bien a los datos experimentales. Se utilizaron 10 condiciones de HR (ver anexo III) para cada una de las muestras bajo estudio, el resto de las HR utilizadas en las muestras presentaron un comportamiento similar. En las tablas 13, 14 y 15 se aprecian los valores de los parámetros para el modelo exponencial y Pilosof determinados donde la velocidad de adsorción (VI) se calculó a partir de los valores del porcentaje de adsorción de agua en función del tiempo al equilibrio y  $R^2$  es el coeficiente de correlación de la regresión, se observa que en ambos modelos se obtuvieron excelentes coeficientes de correlación (superiores a 0.9).

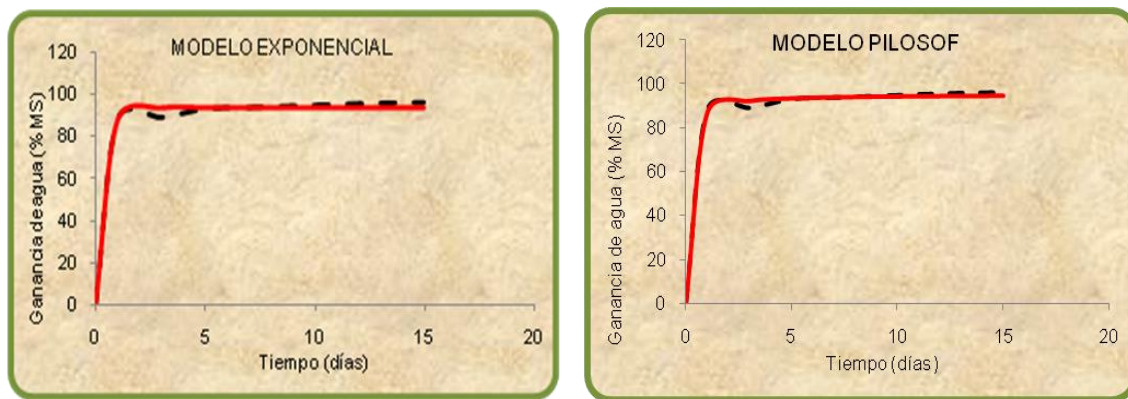


Gráfica 6. Comparación de la ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de calabacita al 25% de HR. Datos experimentales (línea punteada), modelos exponencial y Pilosof (línea continua).





Gráfica 7. Comparación de la ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de berenjena y betabel al 30% de HR. Datos experimentales (línea punteada), modelos exponencial y Pilosof (línea continua).



Gráfica 8. Comparación de la ganancia de agua de las rodajas deshidratadas de zanahoria al 35% de HR. Datos experimentales (línea punteada), modelos exponencial y Pilosof (línea continua).

A humedades relativas de 25%, se observó que la mayor capacidad de adsorción de agua la experimentó la berenjena (tabla 13), aunque la calabacita desarrolló la mayor velocidad de adsorción para alcanzar el equilibrio con el medio en menos tiempo. El betabel mostró la menor capacidad y velocidad de adsorción de agua en comparación con el resto de las muestras. Esto se debe al alto contenido de azúcares encontrados en el betabel (Miranda, 2004).





**Tabla 13. Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%), según los modelos exponencial y Pilosof a 25% HR para cada hortaliza estudiada**

HR 25%								
MODELO EXPONENCIAL					MODELO PILOSOF			
PRODUCTO	T <sub>o</sub>	M <sub>o</sub>	VI	R <sup>2</sup>	B	Q	VI	R <sup>2</sup>
Berenjena	0.6546	122	187	0.952	0.4182	130	311	0.977
Betabel	0.6549	99	151	0.985	0.3490	104	297	0.995
Calabacita	0.2699	101	374	0.999	0.0385	102	2640	0.999
Zanahoria	0.3055	105	342	0.997	0.0622	106	1698	0.998

T<sub>o</sub> y B= tiempo (en días) necesario para que la muestras adsorba el agua, M<sub>o</sub> y Q= capacidad de adsorción de agua en el equilibrio (%H<sub>2</sub>O), VI= velocidad de adsorción, R<sup>2</sup>= coeficiente de correlación

A humedades relativas del 30%, la berenjena mostró la mayor capacidad de adsorción de agua (tabla 14) desarrollando también la mayor velocidad de adsorción para alcanzar el equilibrio, seguida de la calabacita que a pesar de que presentó una velocidad y capacidad de adsorción menor que la berenjena alcanzó el equilibrio en menos tiempo. La zanahoria se comportó de forma similar a la berenjena en cuanto a la capacidad de adsorción. El betabel, a pesar de que presentó una mayor capacidad de adsorción en comparación con la calabacita presentó la menor velocidad de adsorción con respecto a todas las muestras.

**Tabla 14. Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%), según los modelos exponencial y Pilosof a 30% HR para cada hortaliza estudiada**

HR 30%								
MODELO EXPONENCIAL					MODELO PILOSOF			
PRODUCTO	T <sub>o</sub>	M <sub>o</sub>	VI	R <sup>2</sup>	B	Q	VI	R <sup>2</sup>
Berenjena	0.4411	125	284	0.995	0.1509	128	849	0.999
Betabel	0.4389	96	218	0.996	0.1465	98	667	0.999
Calabacita	0.3339	90	270	0.991	0.0854	92	1073	0.994
Zanahoria	0.4096	102	248	0.994	0.1332	104	778	0.997

T<sub>o</sub> y B= tiempo (en días) necesario para que la muestras adsorba el agua, M<sub>o</sub> y Q= capacidad de adsorción de agua en el equilibrio (%H<sub>2</sub>O), VI= velocidad de adsorción, R<sup>2</sup>= coeficiente de correlación



A una HR del 35% las muestras de betabel presentaron la menor velocidad y capacidad de adsorción (tabla 15) mientras que la berenjena presentó la mayor capacidad de adsorción seguida de la zanahoria, siendo ésta última la que presentó la mayor velocidad de adsorción, alcanzando el equilibrio en menos tiempo con respecto a las otras muestras.

**Tabla 15. Valores medios comparativos de agua adsorbida por masa seca (%), según los modelos exponencial y Pilosof a 35% HR para cada hortaliza estudiada**

HR 35%								
MODELO EXPONENCIAL					MODELO PILOSOF			
PRODUCTO	T <sub>o</sub>	M <sub>o</sub>	VI	R <sup>2</sup>	B	Q	VI	R <sup>2</sup>
Berenjena	0.9720	100	103	0.917	0.7276	110	151	0.96
Betabel	0.8086	75	93	0.813	0.8023	84	105	0.874
Calabacita	0.5118	80	157	0.945	0.2855	84	295	0.963
Zanahoria	0.3625	94	258	0.995	0.0988	95	963	0.998

T<sub>o</sub> y B= tiempo (en días) necesario para que la muestras adsorba el agua, M<sub>o</sub> y Q= capacidad de adsorción de agua en el equilibrio (%H<sub>2</sub>O), VI= velocidad de adsorción, R<sup>2</sup>= coeficiente de correlación

A todas las HR ensayadas, las muestras de betabel presentaron la menor velocidad de adsorción en comparación con las demás muestras. Esto puede estar asociado con la composición química de las rodajas de betabel ya que en esta hortaliza se encontraron los mayores contenidos de carbohidratos, y se sabe que los productos ricos en estos azúcares simples no presentan altas velocidades de adsorción de agua a valores bajos de a<sub>w</sub>, aunque puedan presentar alta capacidad de adsorción, es decir lo hacen más lentamente, esto coincide con lo reportado por algunos autores para otros alimentos ricos en azúcares que han manifestado un comportamiento similar (Labuza, 1984; Herman, 1989).

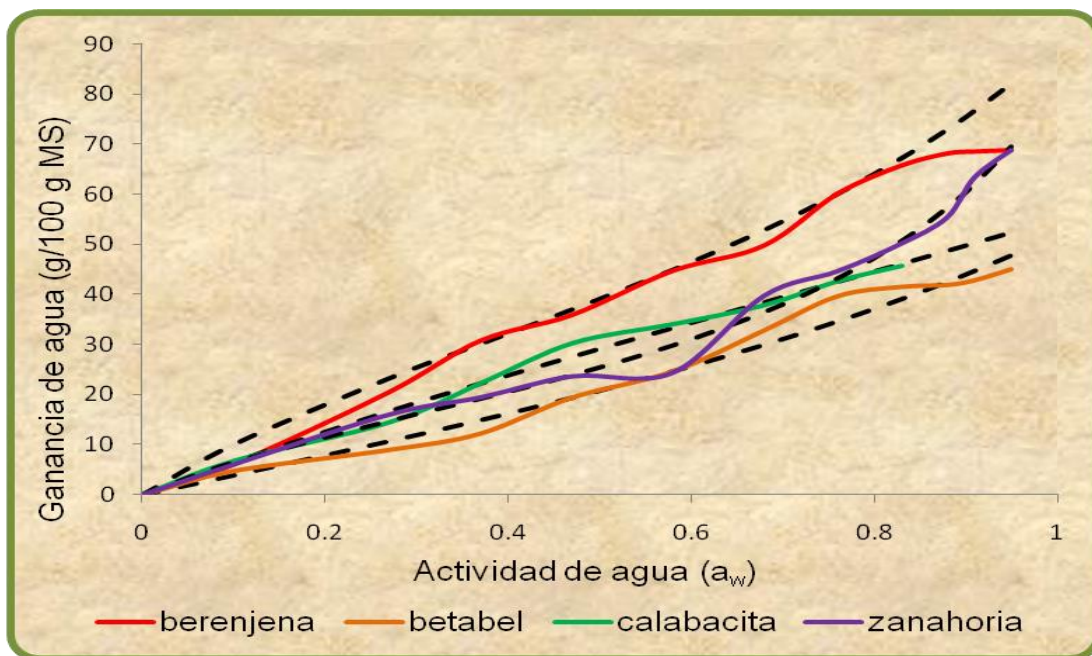


### 5.5.2 Evaluación de las isothermas de adsorción por modelos de GAB

Los datos experimentales ajustados al modelo de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), se muestran en la gráfica 9, donde se presentan tanto los datos experimentales como las curvas del ajuste del modelo, en las que podemos observar la correlación entre los puntos experimentales y el modelo de GAB para las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria, respectivamente.

Como se observa en dicha gráfica, las isothermas de sorción se caracterizan por una curva sigmoïdal clásica que puede ser descrita en termino de los diferentes niveles de adsorción (tres tipos) (Riganakos, 1989).

Las isothermas de sorción brindan información útil para la optimización del proceso de secado, la selección del material de empaquetamiento, la predicción de la vida útil del producto y de la evolución en el contenido de humedad durante el almacenamiento (Gal, 1987).



Gráfica 9. Isothermas de sorción de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria (línea continua). Línea punteada: datos experimentales



En la gráfica 9, se observan de forma comparativa las isotermas de equilibrio de las muestras estudiadas, en donde la berenjena y la calabacita adsorben mas humedad en comparación con la zanahoria y el betabel. Esto puede atribuirse a que el contenido inicial de humedad de la berenjena y la calabacita fueron elevados, en comparación con la zanahoria y el betabel, y por lo tanto se tiende a un equilibrio de las muestras con el medio que las rodea. Otro factor puede ser el alto contenido de azúcares en las muestras de betabel y zanahoria (Miranda, 2004).

De acuerdo a lo anterior, las muestras de betabel y zanahoria presentarían una mayor estabilidad en comparación con las muestras de berenjena y de calabacita, pueden tener una vida útil más prolongada ya que la ganancia de agua fue más lenta, esto puede estar asociado a que en éstas muestras la estructura es más rígida y hay menos sitios disponibles entre las moléculas para la adsorción de agua generando por consecuencia una débil hidratación (Van der Berg, 1981).

Por otro lado en todas las muestras se observa que a valores superiores de  $a_w$  hay un incremento en la pendiente de las isotermas de sorción, esto se debe a que la adsorción de agua esta ligada a los fenómenos de condensación a nivel de poro, de fisuras y de los capilares de las partículas que entran en un hinchamiento parcial y desenmascarando nuevos sitios polares. Esto se traduce en una fuerte adsorción de agua y un incremento en la pendiente de las isotermas de sorción, por lo tanto el agua le proporcionará a las biomoléculas una mayor movilidad (Labuza, 1984; Herman, 1989).

Las isotermas de sorción se relacionan con la predicción de la vida útil de las rodajas estudiadas, debido a que la  $a_w$  fue un factor determinante en la estabilidad de las rodajas con respecto a sus propiedades físicas, ya que entre mayor sea la ganancia de humedad como en el caso de las muestras de berenjena, la velocidad de las reacciones de deterioro serán mas rápidas comparadas con las muestras



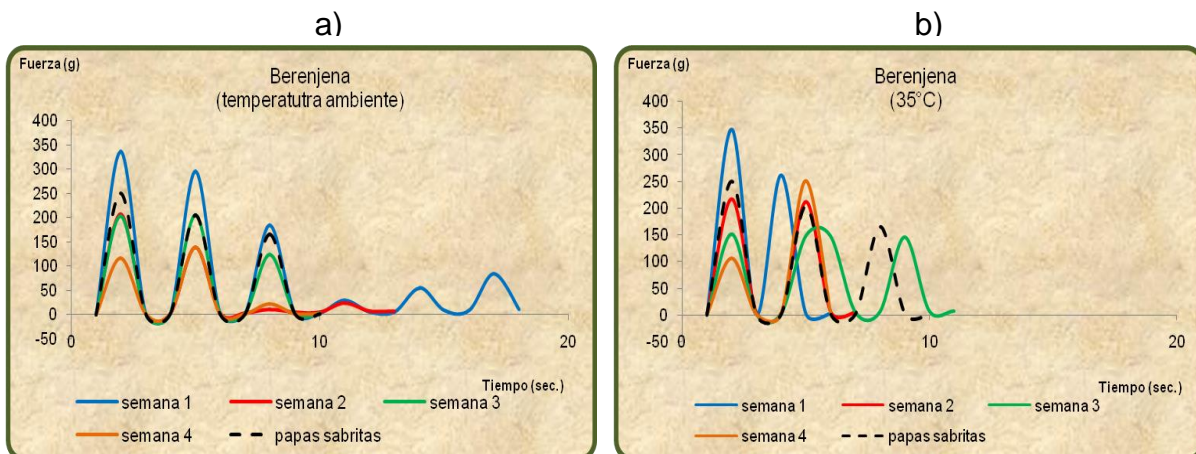
de betabel que adsorbió menos humedad, y por consecuencia en la berenjena habrá una mayor disminución en los atributos texturales y sensoriales.

### 5.5.3 Análisis instrumental de textura

#### 5.5.3.1 Berenjena

Las muestras de berenjena eran más duras que la muestra comercial en la primera semana de almacenamiento a ambas temperaturas (gráfica 10a-b).

Para la segunda y tercer semana, se observó que las rodajas tenían una dureza similar a la de la muestra comercial, en donde la fuerza máxima se obtuvo al aplicar 206.87 g para la berenjena y 250.01 g para la muestra comercial en el almacenamiento a temperatura ambiente (gráfica 10a), sin embargo para la cuarta semana de almacenamiento a ambas temperaturas, la dureza disminuyó considerablemente debido a la ganancia de humedad que provocó que las rodajas se volvieran blandas.



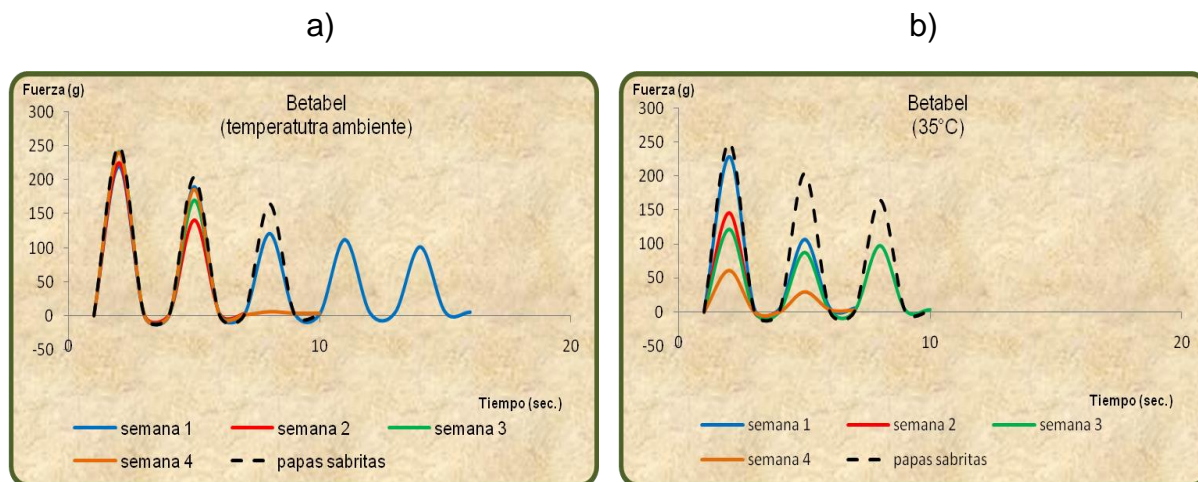
Gráfica 10. Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de berenjena durante un mes de almacenamiento ; a) almacenamiento a temperatura ambiente; b) almacenamiento a 35°C.



### 5.5.3.2 Betabel

Durante las cuatro semanas de almacenamiento a temperatura ambiente (gráfica 11a), la dureza de las rodajas de betabel (240.105g) fue similar a la de la muestra comercial (250.01 g).

En cuanto al almacenamiento a 35°C, las muestras de betabel ganaron humedad a partir de la segunda semana, ya que eran más blandas que la muestra comercial. Esto indica que las rodajas deshidratadas de betabel mejoraron su textura durante el almacenamiento a temperatura ambiente.



Gráfica 11. Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de betabel durante un mes de almacenamiento ; a) almacenamiento a temperatura ambiente; b) almacenamiento a 35°C.

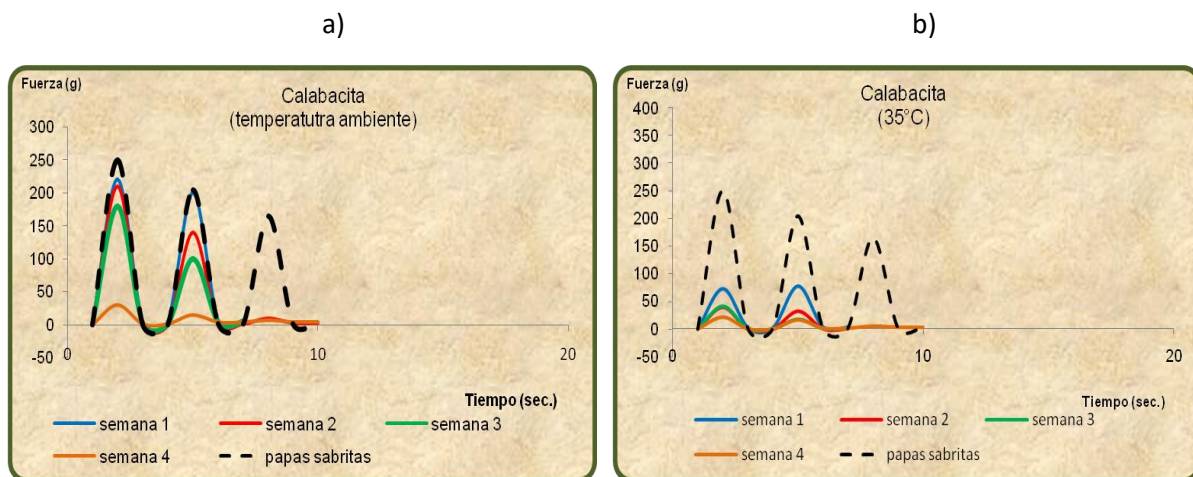




### 5.5.3.3 Calabacita

En la gráfica 12a, se observa que los mejores resultados de las muestras de calabacita se obtuvieron entre la segunda y la tercera semana de almacenamiento a temperatura ambiente ya que en este periodo las rodajas presentaron una textura similar a la de la muestra comercial. En la cuarta semana de almacenamiento se observó una disminución de la dureza en las rodajas.

Para el caso del almacenamiento a 35°C, la fuerza aplicada en las rodajas de calabacita (73.1 g) fue tres veces menor a la fuerza aplicada en la muestra comercial (gráfica 12b). Por lo tanto, las rodajas presentaron una considerable pérdida de textura durante todo el periodo de almacenamiento.



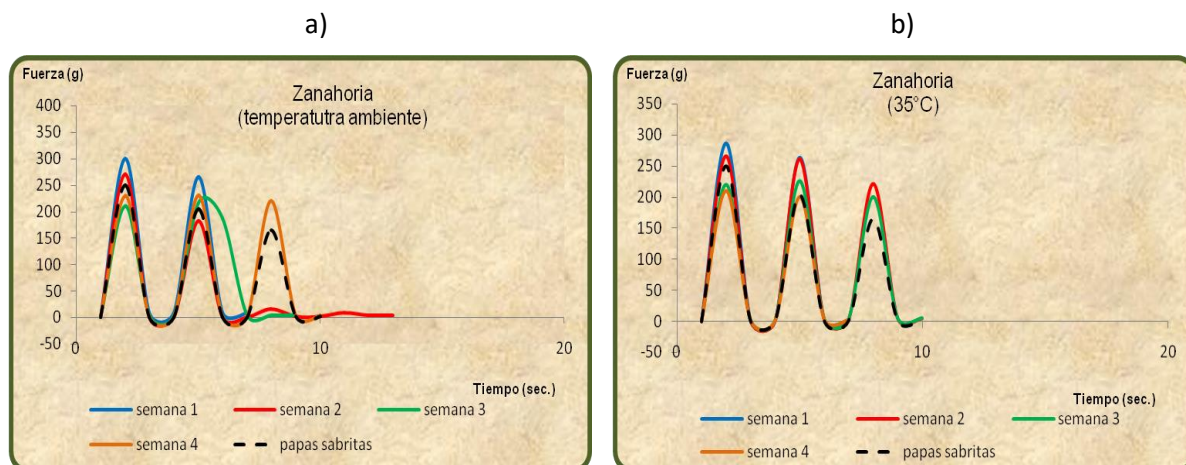
Gráfica 12. Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de calabacita durante un mes de almacenamiento; a) almacenamiento a temperatura ambiente; b) almacenamiento a 35°C.



### 5.5.3.4 Zanahoria

En la gráfica 13a-b, se puede observar que las rodajas deshidratadas de zanahoria eran más duras que la muestra comercial en la primera semana de almacenamiento a ambas temperaturas.

Sin embargo, de la segunda a la cuarta semana de almacenamiento a ambas temperaturas, la textura de las muestras de zanahoria fue similar a la de la muestra comercial (250.01 g), ya que la fuerza de fractura aplicada para las muestras de zanahoria fue de 265.45 g a 225.70 g. Por lo tanto, se puede decir que después de este periodo, las muestras mejoraron su textura a ambas temperaturas de almacenamiento.



**Gráfica 13. Análisis de perfil de textura de las rodajas deshidratadas de zanahoria durante un mes de almacenamiento; a) almacenamiento a temperatura ambiente; b) almacenamiento a 35°C.**





Se observa que a medida que disminuye el contenido de agua de las muestras durante el almacenamiento se produce un incremento de los valores texturales. Esta relación es la que cabría esperar teniendo en cuenta que al estar las muestras menos hidratadas, el contenido en sólidos irá aumentando, con lo que habrá que ejercer mayor fuerza para producir la compresión de las mismas (Sapru y Labuza, 1996). Por lo tanto, las muestras serían más duras, esto no es benéfico para el producto ya que durante el periodo de almacenamiento pueden ocurrir cambios en los atributos sensoriales y la ganancia o pérdida de humedad.

#### **5.5.4 Pruebas sensoriales**

##### **5.5.4.1 Análisis sensorial de textura**

Al finalizar la segunda y tercer semana a temperatura ambiente y a 35°C, las rodajas de berenjena presentaron un nivel de crujido similar al de la muestra comercial, sin embargo los comentarios de los jueces indicaron que el nivel de crujido fue mejor en las muestras almacenadas a temperatura ambiente. En la cuarta semana se observó una disminución considerable de la crujibilidad de las muestras analizadas a ambas temperaturas de almacenamiento ya que el panel las consideró “demasiado blandas”.

En el caso del betabel, después de la primera semana de almacenamiento a temperatura ambiente los jueces consideraron que las rodajas estaban más crujientes que las almacenadas a 35°C. Entre la segunda y la cuarta semana de almacenamiento a temperatura ambiente, la textura de las muestras mejoró ya que los jueces las calificaron con el mismo nivel de crujido que a la muestra comercial.



Con respecto a la calabacita, después de la primer semana de almacenamiento a ambas temperaturas, las rodajas presentaron un bajo nivel de crujido pues los jueces no las percibieron “ni crujientes, ni blandas”. Después de la segunda y tercer semana de almacenamiento, las muestras presentaron un nivel de crujido similar al de la muestra comercial, sin embargo, los comentarios de los jueces indicaron que aunque la textura era agradable, el sabor era atípico (asociado a plástico) lo cual podría atribuirse a la permeabilidad del empaque.

En las muestras de zanahoria, los mejores resultados se alcanzaron en el transcurso de la tercera a la cuarta semana de almacenamiento a ambas temperaturas, ya que en este periodo, el nivel de crujido fue igual que el de la muestra comercial.

La calabacita fue la única muestra que presentó cambios indeseables en el sabor, lo que podría deberse a la pérdida de componentes volátiles. Cuando la calidad del producto se ve afectada de manera negativa durante su almacenamiento se considera no apto para el consumo y se dice que ha alcanzado el final de su vida útil (Singh, 1994).

Los resultados obtenidos durante la primera semana de almacenamiento parecen indicar un secado excesivo de todas las hortalizas estudiadas, lo cual no es deseable en el producto final ya que de ser empacadas, comercializadas y consumidas en este periodo su textura sería inadecuada.

La vida útil de las rodajas deshidratadas, estimada mediante pruebas instrumentales y sensoriales durante el almacenamiento a temperatura ambiente no superó los 30 días, ya que después de este periodo la calidad sensorial del producto, en especial la textura, se vio afectada.



#### 5.5.4.2 Prueba de nivel de agrado (grado de satisfacción)

El nivel de agrado o desagrado que las rodajas deshidratadas producían al consumidor se evaluó con un panel de consumidores potenciales conformado por 60 estudiantes de nivel primaria y secundaria de edades comprendidas entre los 6 y los 15 años. El 62% eran mujeres y el 38% eran hombres (anexo IV).

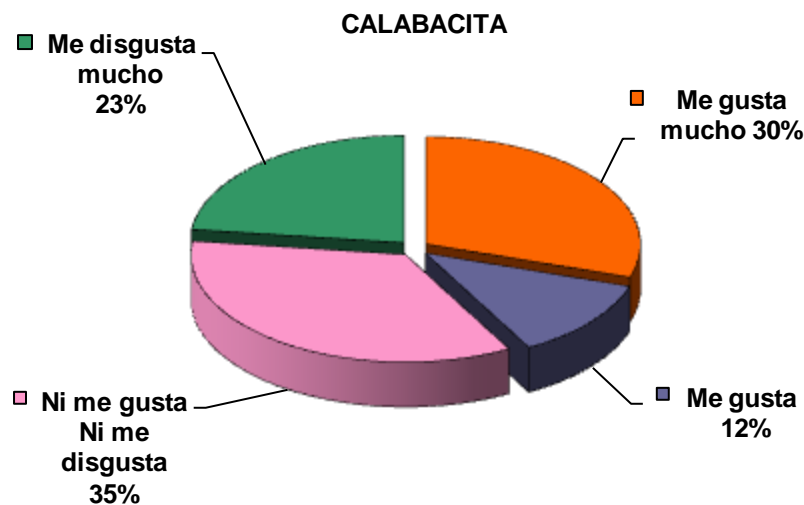
Con respecto a las rodajas deshidratadas de berenjena, el 62% de los encuestados mostró agrado por el producto (gráfica 14) aunque sólo el 37% indicó que les gustó mucho. Sus comentarios señalaron que el producto les pareció novedoso, sin embargo, el 20% de los encuestados mostró desagrado hacia el mismo, lo que podría atribuirse al desconocimiento de esta hortaliza pues sus comentarios indicaron que nunca habían escuchado mencionarla. Al 18% de los consumidores el producto les pareció indiferente indicando que ni les gustaba ni les disgustaba, algunos de los comentarios de este grupo fue que no estaban familiarizados con este tipo de sabor.



Gráfica 14. Porcentajes del nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de berenjena.

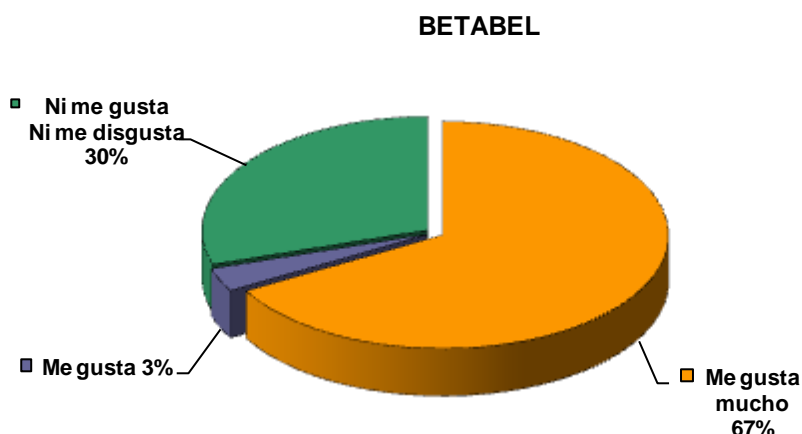


Con respecto a las rodajas deshidratadas de calabacita, el nivel de agrado producido al consumidor fue menor comparado con las rodajas de berenjena, pues a menos del 50% de las personas encuestadas les gustó el producto (gráfica 15). El 35% de los jueces mostró indiferencia al manifestar que las rodajas ni les gustaban ni les disgustaban y el 23% expresó que les disgustó mucho; en este caso, la mayoría de los comentarios fueron que a pesar de que la calabacita es una de las hortalizas más conocidas en nuestro país, el sabor no les agrada, y que en forma de rodajas deshidratadas el sabor seguía siendo desagradable.



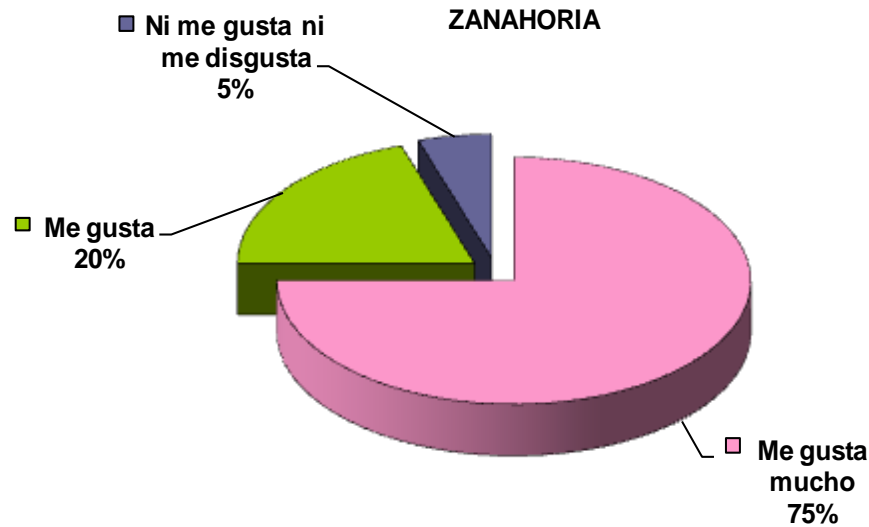
**Gráfica 15. Porcentajes del nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de calabacita.**

En el caso de las rodajas deshidratadas de betabel, el nivel de agrado producido al consumidor fue alto ya que gustaron al 70% de la población encuestada, de ésta, el 67% expresó que el producto le gustó mucho (gráfico 16), sus comentarios señalaron que les resultó más agradable consumir esta hortaliza en forma de botana que cocida o cruda. Sin embargo, el 30% señaló que el producto les pareció indiferente debido a que no acostumbran consumirlo.



**Gráfica 16. Porcentajes del nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de betabel.**

Las rodajas deshidratadas de zanahoria produjeron el mayor nivel de agrado ya que el 75% de los encuestados indicó que el producto les gustó mucho (gráfica 17). Sus comentarios afirman que es una de las hortalizas que más consumen, pero siempre en forma de sopa o ensaladas, y que en forma de rodajas deshidratadas les parece mucho mejor ya que el sabor es más agradable aunque algunos consumidores también manifestaron que un sabor menos ácido sería más agradable. El 20% indicó que el producto les gustó y el 5% de los encuestados mostró indiferencia hacia el producto manifestando que ni les gustaba ni les disgustaba debido a que el sabor de las muestras era entre ácido y dulce.



**Gráfica 17. Porcentajes del nivel de agrado de las rodajas deshidratadas de zanahoria.**

A la par de las pruebas de nivel de agrado, estudiantes de la Licenciatura en Administración de la UAEH, con área de énfasis en Mercadotecnia realizaron un estudio de mercado para conocer la aceptabilidad e intención de compra de las rodajas deshidratadas de betabel y zanahoria puesto que estas hortalizas fueron las que más gustaron al consumidor. La encuesta aplicada y los resultados de dicho estudio se muestran en el anexo V donde se observa que estos productos tienen posibilidades reales de posicionarse en el mercado para su venta, al menos para el segmento de la población seleccionada, debido a la alta aceptación mostrada por dichos consumidores.



## 6. CONCLUSIONES

El apio, nopal y jitomate no presentaron una estructura y contenido de humedad adecuados para su deshidratación por convección.

Para todas las hortalizas bajo estudio, la temperatura óptima de secado fue de 70°C ya que las rodajas deshidratadas bajo estas condiciones presentaron un color, sabor y textura adecuados en un menor tiempo de procesado.

La solución de inmersión de ácido cítrico y NaCl influyó significativamente en el tiempo de secado y en el contenido de Na de las rodajas deshidratadas.

Las rodajas deshidratadas de zanahoria y betabel tuvieron mayor aceptación que las de calabacita y berenjena por parte de los consumidores.

El Na y el K fueron los minerales predominantes en todas las muestras estudiadas.

El tiempo de vida útil estimado de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria no sobrepasan los 30 días a temperatura ambiente, lo que podría deberse a la utilización de un empaque con una permeabilidad inadecuada.

Se ha desarrollado un producto deshidratado a base de hortalizas, nutritivo, listo para consumir como botana, del agrado del consumidor y con posibilidades de comercialización a un precio accesible.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. **Adragna-Bourgeois, O. y Bourgeois, C. M.** (2002). Valor nutricional de las hortalizas. Acribia: España. pp. 47-52.
2. **Álvarez, M.** (1997). Elaboración de láminas de tuna (*Opuntia ficus indica*) con incorporación de pulpa de membrillo (*Cydonia oblonga Mill*). Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
3. **Álvarez, P. I. and Legues P.** (1986). A semi-theoretical model for the drying of Thomson seedless grapes. *Drying Technology*, 4:1-17.
4. **AOAC.** (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Helrich K (editor), AOAC: Arlington. 15<sup>th</sup> Edition, Vol. I & II; pp. 17-18, 40-62, 69-83, 1012.
5. **Barbosa, C. G. V y Vega M. H.** (2000). *Deshidratación de Alimentos*. 1ra Edición. Acribia: España; p. 297.
6. **Bell, L. N. and Labuza, T. P.** (2000). *Moisture Sorption*. Practical aspects of isotherm measurement and use. 2nd Edition. Acribia: España; p. 62.
7. **Bleecker, A. B. and Schaller, G. E.** (1996). *The mechanism of ethylene perception*. *Plant Physiol.*; 111: 653-660
8. **Boente, G.; González, H. H. L.; Martínez, E.; Pollio M. L. and Resnik, S. L.** (1996). Sorption Isotherms of Corn-Study of Mathematical Models. *J. Food Eng.*; 29:115-128.
9. **Bourgeois, C. M.** (2001). Tecnología de hortalizas. Acribia: España; p. 4.
10. **Brenan, J. G.** (1980). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. 2da edición. Acribia: España



11. **Cadden, A. M.** (1988). Moisture Sorption Characteristics of Several Food Fibers. *J. Food Sci.*; 53:1150-1155.
12. **Camacho, L.** (1983). Deshidratación de zanahorias por aire y liofilización a diferentes condiciones de procesos. *Alimentos*; 8:15-21
13. **Carbonell, J. V.; Madarro, A.; Piñaga, F. y Peña, J. L.** (1984). Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. IV. Cinética de adsorción y desorción de agua en zanahorias. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.*; 24(1).
14. **Castillo, M. D., Martínez, E. J., González, H. H. L., Pacin, A. M. y Resnik, S. L.** (2003). Study of mathematical models applied to sorption isotherms of Argentinean black beans varieties. *J. Food Eng.*; 60:343-348.
15. **Chaidez, Q. C.** (2000). Efectos del agua contaminada. Inocuidad de frutas y hortalizas frescas. [En línea]. Disponible en: [www.cultivodehortalizas.com.ar](http://www.cultivodehortalizas.com.ar) [Consulta: 12 de abril del 2008].
16. **Chirife, J.** (1987). Predicción de la actividad de agua en alimentos. En: conservación de Alimentos de alta humedad por métodos combinados basados en la reducción de la actividad de agua. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED-D, México.
17. **CNPH.** (1985). Confederación Nacional de Productores de Hortalizas. Épocas de Cosecha de las Principales Hortalizas y Frutas de la República Mexicana, por estadios, regiones y variedades. En: Directorios de la Comercialización de las Hortalizas y Frutas Mexicanas. 3ª. Edición. Culiacán, Sin. México.
18. **Denisen, E. L.** (1987). Fundamentos de Horticultura. Noriega: México; p. 48.
19. **Desrosier, N. W.** (1991). *Conservación de alimentos*. Continental: España

- 20. DGEA.** (1981). Dirección General de Estudios Agrícolas. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.. SARH. México.
- 21. FAO.** (1985). II Mesa redonda de la red latinoamericana de agroindustria de frutas tropicales. Federación de Cafeteros de Colombia y oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe. Santiago, Chile; p. 325.
- 22. FAO.** (2005). Producción Mundial de Hortalizas. Disponible en: <http://www.fao.org> [Consulta: 4 de Noviembre del 2007].
- 23. Fellows, P.** (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos*. Principios y prácticas. Acribia: España.
- 24. Fito, M. P., Andres, G. A. M., Banat, B., Alborts, A. M.** (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia: pp. 7-87.
- 25. Flick, J. G.; Florence, S. Jr.; Louis, H. B.; Aung, L. R.; Ory and Allen, J. A.** (1978). Chemical Composition and Biochemical Properties of Mirlitons (*Sechium edule*) and Purple, Green, and White Eggplants (*Solanum melongena*). *J. Agric .Food Chem.*; 26:5.
- 26. Gal, S.** (1987). The need for, and practical applications of sorption data. In R. Jowit, F. Escher, B. Hallstrom, H. Mefert, W. Sples, and G. Vos (Eds) physical properties of foods-2. Elsevier: London: Elsevier; pp.13-25.
- 27. Galindo, J.** (1992). Ensayo de secado por Atomización de clara de huevo. Tesis. Universidad Nacional Agraria la molina. México.
- 28. Garza, D. M.** (1998). Prueba de adaptación y rendimiento de 7 variedades de betabel (*Beta vulgaris*) en la región de General Escobedo Nuevo León.

29. Monterrey. Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Nuevo León.
30. **Gaviria, O. A.** (2004). Vitaminas y minerales: vida plena. Disponible en: [http://omvidaplana.es/vitaminas\\_minerales.htm](http://omvidaplana.es/vitaminas_minerales.htm). [Consulta: 12 de Noviembre del 2008].
31. **Gómez, C.** (1991). Pigmentos Antociánicos: su papel en la caracterización y bioactividad de las bayas. Alternativas de procesamiento industrial para berries. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas*; 51:17-26.
32. **Hemati, M.** (1992). Continuous and intermittent drying of maize in a flotation fluidized bed. *Fluidization VII*.
33. **Herman, L. E.** (1989). Modelación Matemática de las Isotermas de Sorción en Piña. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Veracruz.
34. **Hernández, D. V.** (2002). Betabel. Disponible en: <http://comidakraff.com/main.aspx?s=yfamilia&m=sp/content/familia/sabores>. [Consulta: 4 de abril del 2007].
35. **Ibarz, A. C.** (2005). *Operaciones unitarias en la tecnología de alimentos*. Folleto UNAM.
36. **Infojardin.** (2006). Importancia y origen del betabel. Disponible en: <http://www.infojardin.com> [Consulta: 21 de octubre del 2006].
37. **INIA.** (1985). Hortalizas. Recomendaciones Técnicas Desplegable. SARH. México.
38. **Ireland-Ripert, J.; Bermon, D. A. and Ducauze, C.J.;** (1998). Analytical aspects and evaluation of metal contamination of plants grown on soils having received residual sludges. Proceedings of Euro-Food Chem V, Versailles, France, September. pp. 27-29, 263-267.

- 39. Koper, R.; Wójcik, S.; Kornas, C. B.; Bojarska, V.** (1996). Effect of the laser exposure of sedes on the yield and chemical composition of sugar beet roots. *Int. Agriphysics*; 10:103-108.
- 40. Labuza, T. P.** (1984). Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. American Association of Cereal Chemists; St. Paul, Minnesota.
- 41. Labuza, T. and Katz, E. E.** (1981). Effect of Water Activity on the Sensory Crispness and Mechanical Deformation of Snacks Food Products. *J. Food Sci.*; 46:403-409.
- 42. Mallet, C.** (1994). *Tecnología de los alimentos congelados*. Acribia: España; p. 276-302.
- 43. Mercado, S. E.** (2006). El procesado mínimo de frutas y hortalizas en México. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- 44. Miranda, G. A.** (2004). Influencia de la temperatura, el envase y la atmósfera en la conservación de uvas, pasas y de albaricoques deshidratados. Tesis Doctoral. Valencia, España.
- 45. Muñoz, C. M.** (2002). Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de valor nutritivo. Mcgraw-Hill Interamericana: España.
- 46. Niebla, A.** (2002). Análisis de la producción y comercialización de berenjena en México caso específico Sinaloa. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 47. NMX-F-090-S-1978.** Determinación de fibra cruda en alimentos. DOF. México.

48. **Olaiz, F. G.; Rivera, D. J.; Shamah, L. T.; Rojas, R.; Villalpando, H. S.; Hernandez, A. M.; Sepulveda, A. J.** (2006). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
49. **Pacheco, E. D.** (2001). Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro del almidón. *Acta Científica Venezolana*; 52: 278-282.
50. **Perry, R. H. and Chilton C. H.** (1973). Chemical Engineers' Handbook. International Student Edition. McGraw-Hill:USA, Fifth Edition.
51. **Pilosof, A. M. R.; Elizalde, B. G.; and Bartholomai, G. B.** (1996). Isotherms of sorption. *J. Food. Sci.*; 30:1. p 61-407.
52. **Plants for a future: database search results**, (n.d.) Disponible en: [www.plantsforafuture.org.uk](http://www.plantsforafuture.org.uk) [Consulta: 2 de Julio 2009].
53. **Platt, D., Ron-Shalem, N. and Levi, A.** (1991). *Food Chemistry*. Chapman & Hall: USA. pp 1-39.
54. **Potter, N. N.** (1995). *Food Science. 5ta edición*. Champan & Hall: USA.
55. **Ranceros, A. B.; Leiva, J.; Burgos, C. y Pardo, L.** (2008). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del tomate deshidratado. *Alimentos e industria alimentaria. Información Tecnológica*-Vol 19; 5:3-10.
56. **Renteria, N., Víctor, E. y Rodríguez, S.** (2004). *Conservación de alimentos por desecación. Microbiología de los alimentos*. Acribia: España.
57. **Riganakos K.A.; Demertzis P.G.; y Kontominas M.G.** (1989). Study of wáter sorption behaviour of pectins using a computerised elution gas chromatographic technique. *J. Cereal Sci.* p. 261.

58. **Riobió P. y Marín M.** (2002). Hortalizas: Vitaminas y Minerales. Fundación Jiménez Díaz Madrid. *Corazón y salud* No. 22.
59. **Román, G. A. D.** (2002). Propriétés d'hydratation des farines de blé: approches dynamiques et à l'équilibre. These pour obtenir le grade de Docteur de l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier; pp. 56-68.
60. **SAGARPA.** (2002). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación Hidalgo, [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) [Consulta: 12 de Marzo del 2008].
61. **SAGARPA.** (2004). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación Hidalgo, [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) [Consulta: 09 de noviembre del 2008].
62. **SAGARPA.** (2005). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación Hidalgo, [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) [Consulta: 12 de Marzo del 2008].
63. **SAGARPA.** (2006). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación Hidalgo, [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) [Consulta: 09 de noviembre del 2008].
64. **Sanjuán, N.** (1998). Influencia de las condiciones de proceso y almacenamiento en la calidad del brócoli deshidratado. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
65. **Sapru, V. and Labuza T.** (1996). Moisture transfer simulation in packaged cereal-fruit systems. *J. Food Eng.*; 27:45-61.

66. **Singh, R.P.** (1994). Scientific principles of shelf life evaluation. *In Shelf life evaluation of foods*, ed. C.M.D. Man and A.A. Jones. Blackie Academic & Professional: London; pp 3-26.
67. **Tubert, A. H. and Iglesias, H. A.** (1986). Water Sorption Isotherms and Prediction of Moisture Gain during Storage of Packaged Cereal Crackers. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*; 19:365-368.
68. **Valadez, L. A.** (2001). La producción de hortalizas en México. Buenavista saltillo, Coahuila; a 31 de octubre 2001. Folleto UNAM.
69. **Valadez, L.A. y De Alba, P. M. A.** (1985). Informe De investigación. Programa de Hortalizas. Depto de Fitotecnia. ITESM- Campus Querétaro. México.
70. **Van der Berg, C. and Bruin, S.** (1981). Water activity in Food Systems. Theoretical aspects in water activity: Influence on food quality. L. B. Rockland & G. F. Stewarts. Academic Press: New York.
71. **Vargas, W.** (1984). Fundamentos de Ciencia Alimentaria. El agua en los alimentos, Investigación interdisciplinaria y la docencia, Bogota, Colombia, pp. 65-193
72. **Vavilov, N. I.** (1951). Origin, Variation, immunity and Breeding of Cultivated Plants. Roland Press New York, U.S.A. pp. 90-99.
73. **Vega, A.; Andrés, A. y Fito, P.** (1987). Isotermas de adsorción y desorción de pimiento (*Capsicum Annuum L.*) var. Lamuyo, Alimentaria.
74. **White, P.L and Nancy, S.** (1984). Nutritional Qualities of Fresh Fruits and Vegetable. Departament of Food and Nutrition, American Medical Association. Futura Publishing Co. U.S.A

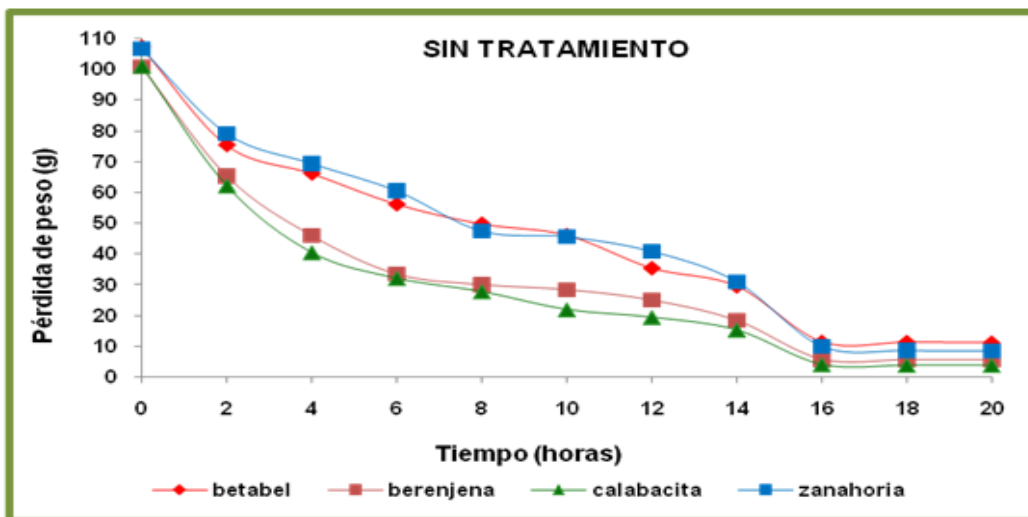
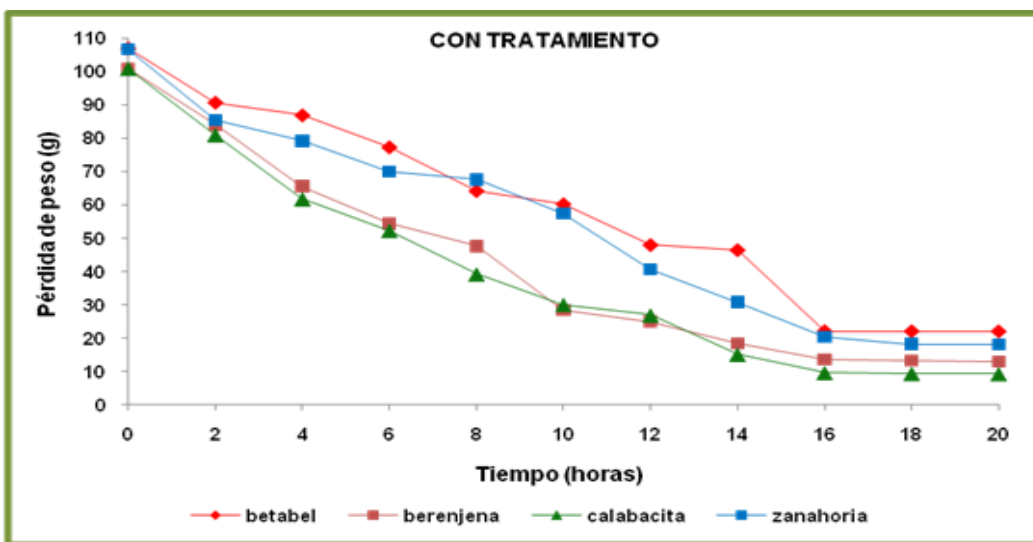
- 75. Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D. y Joyce, D. (1998).** *Introducción a la Fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. 2da edición. Acríbia: España.
- 76. Yamaguchi, N. y Watada, A.E. (1993).** Pigment changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *J. Food Sci.*; 58, (3), 616-618, 637.



### 8. ANEXOS

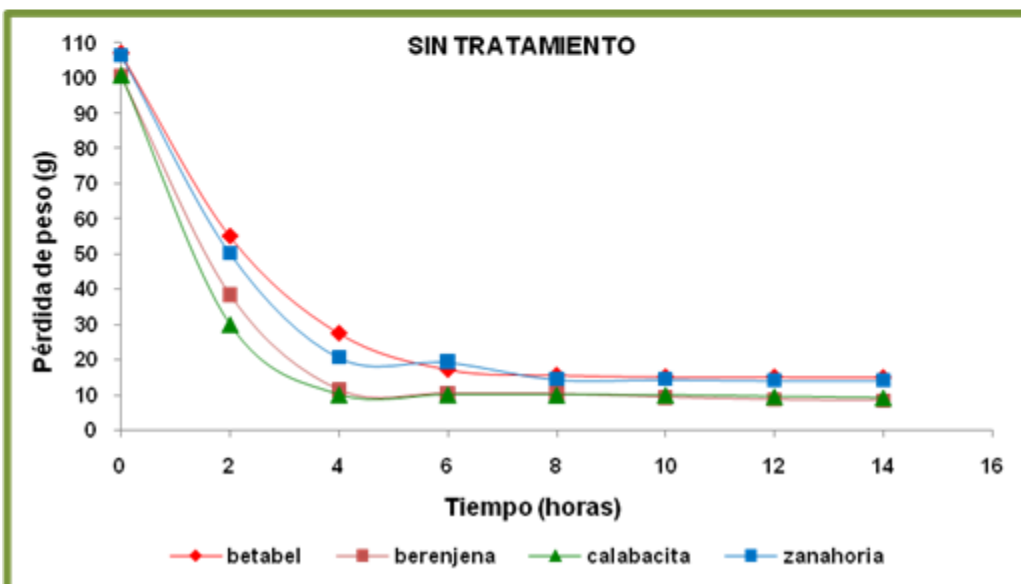
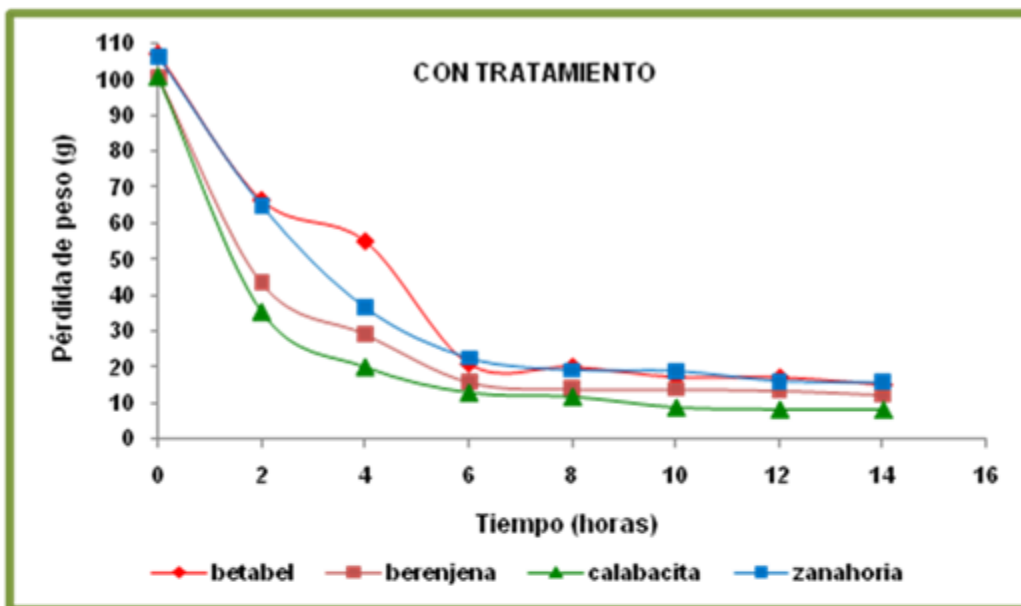
#### ANEXO I

Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria, con tratamiento y sin tratamiento, en función del tiempo a 60°C



**ANEXO II**

Pérdida de peso de las rodajas deshidratadas de berenjena, betabel, calabacita y zanahoria, con tratamiento, en función del tiempo a 80°C.



**ANEXO III**

Soluciones diluidas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, utilizadas para la determinación de las isothermas de sorción experimentales (Perry, 1973).

<b>%H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> g</b>	<b>H<sub>2</sub>O g</b>	<b>a<sub>w</sub> a la temperatura de 35°C</b>
10.00	25.9	222.41	0.95
15.00	38.86	211.14	0.91
20.00	51.81	198.19	0.88
25.00	64.76	185.24	0.829
30.00	77.72	172.28	0.7563
35.00	90.67	159.33	0.6781
40.00	103.62	146.38	0.5761
45.00	114.44	135.3	0.4671
50.00	129.53	120.15	0.3651
55.00	139.9	110.1	0.2655

**ANEXO IV**

Puntuaciones otorgadas por los jueces a las cuatro muestras analizadas según el nivel de agrado

<b>RODAJAS DESHIDRATADAS</b>	<b>ESCALA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>N° DE JUICIOS</b>	<b>PUNTUACIÓN ACUMULADA</b>
Berenjena	Me gusta mucho	+2	22	44
	Me gusta	+1	10	10
	Ni me gusta, Ni me disgusta	0	11	0
	Me disgusta	-1	0	0
	Me disgusta mucho	-2	17	-34
			<b>Puntuación total=</b>	<b>20</b>
Betabel	Me gusta mucho	+2	40	80
	Me gusta	+1	2	2
	Ni me gusta, Ni me disgusta	0	18	0
	Me disgusta	-1	0	0
	Me disgusta mucho	-2	0	0
			<b>Puntuación total=</b>	<b>82</b>
Calabacita	Me gusta mucho	+2	18	36
	Me gusta	+1	7	7
	Ni me gusta, Ni me disgusta	0	21	0
	Me disgusta	-1	0	0
	Me disgusta mucho	-2	14	-28
			<b>Puntuación total=</b>	<b>15</b>
Zanahoria	Me gusta mucho	+2	45	90
	Me gusta	+1	12	12
	Ni me gusta, Ni me disgusta	0	3	0
	Me disgusta	-1	0	0
	Me disgusta mucho	-2	0	0
			<b>Puntuación total=</b>	<b>114</b>

**ANEXO V****Encuesta y resultados del estudio de mercado**

Con el objetivo de conocer el grado de aceptación de un nuevo producto de hortalizas deshidratadas, los estudiantes de la Licenciatura en Administración de la UAEH, con área de énfasis en Mercadotecnia, solicitamos su colaboración para contestar las siguientes preguntas.

La información que nos proporcione será utilizada para determinar la viabilidad del proyecto, anteriormente mencionado, para introducirse en el mercado.

**INDICACIONES:** Por favor, subraye la respuesta que más se asemeje a su opinión.

**1. ¿Qué opinión le merece el nombre de VERDU-LIX?**

Muy interesante    Interesante    Neutro    Poco interesante    Nada interesante

**2. ¿Con que tipo de producto relaciona el nombre de VERDU-LIX?**

Botanas    Alimentos naturales    Dulces    Otro (por favor especifique \_\_\_\_\_)

**3. ¿Le agradaría consumir botanas con mayor valor nutricional?**

Si (pase a la pregunta siguiente)

No (pase a pregunta 5)    ¿Por qué? \_\_\_\_\_

**4. ¿Cuál es el motivo por el cual consumiría productos más saludables?**

Cuidar su salud    Mantener su cuerpo en buena forma    Querer consumir algo diferente

**5. ¿Cuál es su opinión respecto a los productos más saludables?**

Tienen mal sabor    Son caros    Poco accesibles    Son buenos

**6. ¿Compraría botanas elaboradas con base en hortalizas deshidratadas como la zanahoria y betabel?**

Si    No

**7. ¿Estaría dispuesto a pagar \$ 7.00 por un producto de 50 grs. de zanahoria o betabel deshidratado?**

Si    No

**8. ¿Dónde le gustaría adquirir el producto de VERDU-LIX, que ofrece zanahoria y betabel deshidratado?**

Tiendas especializadas    Tiendas departamentales    Tiendita    Cafeterías

Otro (por favor especifique \_\_\_\_\_)

**9. ¿Qué tipo de botanas o “snacks” consume generalmente?**

Papas fritas    Barras    Galletas    Chocolates    Frutas

**10. ¿Qué es lo que más le gusta de consumir botanas o “snacks”?**

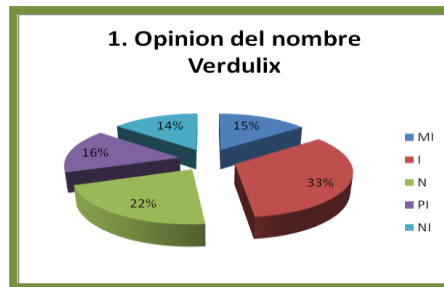
Sabor    Ligero    Practicidad    Satisface un antojo    Lo compro en cualquier lugar

¿Podría decirnos su edad? \_\_\_\_\_    ¿Cuál es su ocupación? \_\_\_\_\_

**LA ENCUESTA HA TERMINADO. MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**1. ¿Qué opinión le merece el nombre del VERDU-LIX?**

Muy interesante      Interesante      Neutro      Poco interesante      Nada interesante

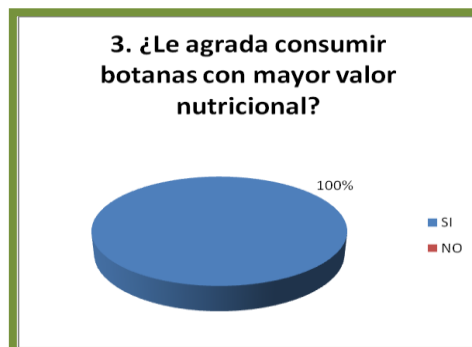


**2. ¿Con que tipo de producto relaciona el nombre de VERDU-LIX?**

Botanas      Alimentos naturales      Dulces      Otro



**3. ¿Le agrada consumir botanas con mayor valor nutricional?**



**4. ¿Cuál es el motivo por el cual consumiría productos más saludables?**

Cuidar su salud    Mantener su cuerpo en buena forma    Consumir algo diferente



**5. ¿Cuál es su opinión respecto a los productos más saludables?**

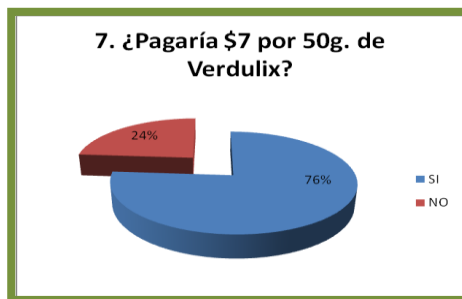
Son buenos    Poco accesibles    Son caros    Tienen mal sabor



**6. ¿Compraría botanas elaboradas con base en hortalizas deshidratadas como la zanahoria y betabel?**



7. ¿Estaría dispuesto a pagar \$ 7.00 por un producto de 50 grs. de zanahoria o betabel deshidratado?



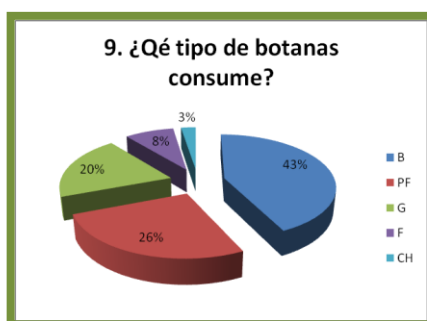
8. ¿Dónde le gustaría adquirir el producto de VERDU-LIX, que ofrece zanahoria y betabel deshidratado?

Tiendita      Tiendas departamentales      Cafeterías      Tiendas especializadas  
Otro



9. ¿Qué tipo de botanas o “snacks” consume generalmente?

Barras      Papas fritas      Galletas      Frutas      Chocolates





**10. ¿Qué es lo que más le gusta de consumir botanas o “snacks”?**

Practicidad    Son ligeras    Sabor    Satisface un antojo    Lo compro en cualquier lugar

