

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos



EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO
POR TRES DIFERENTES MÉTODOS Y EMPACADOS EN DOS DIFERENTES
ENVASES

POR:

GUADALUPE YADIRA LÓPEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO
POR TRES DIFERENTES MÉTODOS Y EMPACADOS EN DOS DIFERENTES
ENVASES

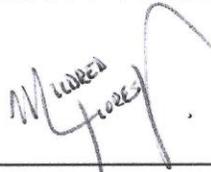
TESIS

Por:

GUADALUPE YADIRA LÓPEZ HERNÁNDEZ

ELABORADO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



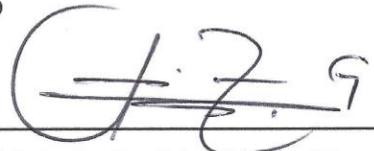
M.C Mildred Inna Marcela Flores Verástegui

Presidente del Jurado



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Sinodal



M.C Luis Rodríguez Gutiérrez

Sinodal



Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2014

DEDICATORIA

A mis padres

Jaqueline Hernández López y Edilberto Laurentino López Hernández

Al dedicarles el presente trabajo le agradezco a Dios por haberme regalado a los mejores padres como lo son ustedes. Mamá esto es para usted, resultado de la entrega que ha tenido siempre con sus hijos, en este caso conmigo, por los consejos, por esa amiga incondicional, pero sobre todo por la confianza que ha depositado en mí. Papá, al igual que mamá, siempre ha luchado para que a sus hijos no les falte nada, hoy aprovecho para decirles que su tarea de padres la han forjado satisfactoriamente, gracias.

Gracias padres por brindarme la oportunidad de lograr y por fin ver terminada mi sueño. Es por demás decirles que los amo con todo mi corazón y quiero decirles que si hoy soy lo que soy, es gracias a ustedes y claro resultado de tanto amor que siempre han depositados en cada uno de sus hijos.

A mis hermanos:

*Por supuesto también dedicado a ustedes hermanos: **Víctor Jesús** y **Edilberto Adrián**, porque siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, por su cariño y amor pero sobre todo se los dedico por el apoyo incondicional y sincero que siempre me han brindado.*

*Obvio, para ustedes también es dedicado mis niñas hermosas, **Alvi** y **Liliana**, por la confianza depositada en mí y por los ánimos que me daban para seguir con este sueño, solo me resta decirles que a nuestros padres como a ustedes, de todo mi ayer les ofrezco todo mi mañana.*

A mi hijo

Mateo Esau Zenteno López

Este presente trabajo es dedicado a ti, por el simple hecho de que llegaste en el mejor momento en mi vida, tú has sido motivo de inspiración y de fortaleza, de querer seguir adelante día a día, gracias hijo, te amo con todo mi ser.

A mi esposo

Esau Zenteno Castellanos

Este trabajo es también para ti como agradecimiento por brindarme tanto cariño, amor, respeto, por tus consejos, por tu comprensión pero sobre todo por la confianza que siempre has depositado en mí.

A mis abuelos

Quienes siempre me aconsejaban echarle muchas ganas y que siguiera adelante, y lo que más anhelaban era verme terminar mi carrera, hoy quiero dedicarles estos logros y decirles gracias por todo, los quiero mucho.

A mis amigos

*Hay amigos que solo quedan en un capítulo de nuestras vidas, pero otros que han estado en toda la historia como lo son ustedes **Magdis y Rafael G**, por lo que este presente es dedicado a ustedes.*

Se lo dedico también a todos aquellos que formaron parte de mi vida, por el simple hecho de haberme brindado su amistad por poco o mucho tiempo. Gracias.

En forma general es dedicado también a toda mi familia: tíos (as), primos (as) y sobrinos (as), de la familia Hernández López y de la familia López Hernández.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por el simple hecho de tener el privilegio de despertar cada mañana con bien, por haberme guiado y acompañado en el trayecto de mi carrera profesional, pero sobre todo por darles vida y salud a mis padres que gracias a eso hoy pueden ver estos resultados.

A mi asesora principal

M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui, por su apoyo incondicional, que gracias a eso se logró realizar satisfactoriamente este proyecto, por sus comentarios y sugerencias, pero sobre todo por la confianza depositada en mí.

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez, por el apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Ing. Luis Rodríguez Gutiérrez, por el tiempo y el apoyo que me brindó al trabajar con los datos estadísticos.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Mi ***Alma Terra Mater*** por haberme cobijado en cada una de sus aulas, pero sobre todo por brindarme la oportunidad de realizarme como profesionalista.

A ustedes queridos profesores que con su entrega y paciencia forjaron mi aprendizaje al compartir conmigo parte de sus conocimientos, muchas gracias.

Por último, pero no siendo menos importante agradezco también a la L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel y a la secretaria Zulema Piedra Aguirre por todo su apoyo incondicional.

RESUMEN

Debido a la importancia actual de los vegetales deshidratados y al auge que el producto como tal ha tenido, es que se lleva a cabo la realización de esta investigación.

Este proyecto se realizó para evaluar la vida de anaquel de los pimientos de color amarillo, naranja y rojo deshidratados en secado por gravimetría, en liofilizado y en aire forzado; empacados en dos diferentes envases, polietileno y celofán; manteniéndolos a temperatura ambiente con promedio de 24.9 °C y una humedad relativa de 63%, almacenados en anaqueles con ausencia de luz.

Se establecieron seis fechas de evaluación, considerando como tiempo cero (T_0) el mismo día en que se llevó a cabo el deshidratado, continuando así cada ocho días. Durante este tiempo se determinaron los siguientes parámetros: apariencia, peso, humedad, firmeza, color y pH, en la última evaluación se realizó un análisis microbiológico, para establecer el parámetro de inocuidad.

Como resultado de esta investigación se tiene que el método de deshidratación por aire forzado es el que mantiene al producto deshidratado con las mejores características en cuanto a: luminosidad, firmeza, y pH; respecto al tipo de envase, el polietileno tanto como el celofán son aptos para almacenar pimiento morrón deshidratado. El estado de maduración que mantuvo las características iniciales de secado en cuanto a luminosidad fue el pimiento amarillo. En cuanto al tiempo de almacenamiento a 24.9 °C y con 63% de humedad relativa en el que el producto se mantiene óptimo para su consumo es de 24 días ya que después de esta fecha se presentó crecimiento bacteriano.

Palabras clave: Pimiento morrón, deshidratado, vida útil, liofilizado, gravimetría, aire forzado, envasado.

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 PIMIENTO MORRÓN (<i>CAPSICUM ANNUM L.</i>)	6
2.1.1 Generalidades del pimiento morrón.....	6
2.1.2 Importancia	7
2.1.3 Descripción botánica	8
2.1.4 Clasificación taxonómica	9
2.1.5 Composición química y valor nutricional.....	9
2.2. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.....	10
2.2.1 Aplicación del frío para la conservación.....	11
2.2.2 Aplicación de calor como método de conservación.....	12
2.3 DESHIDRATACIÓN	14
2.3.1 Importancia de los alimentos deshidratados	16
2.3.2 Métodos de deshidratación.....	17
2.3.3 Ventajas de la deshidratación de alimentos	19
2.3.4 Factores que intervienen en el proceso de secado	19
2.3.4.1 Temperatura del aire.....	19
2.3.4.2 Humedad relativa del aire	20
2.3.4.3 Velocidad del aire	20
2.4 VIDA DE ANAQUEL	21
2.4.1 Vida de anaquel de los alimentos empacados	22
2.4.2 Importancia	23
2.5 ENVASES	25
2.5.1. Tipos de envases.....	25
CAPÍTULO III	28

3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	28
3.2 MATERIALES EMPLEADOS.....	28
3.3 EQUIPO.....	29
3.4 METODOLOGÍA	29
3.4.1 Preparación de las muestras	30
3.4.2 Deshidratación del pimiento morrón (<i>Capsicum annum L</i>).....	30
3.4.2.1 Deshidratación.....	31
3.4.3 Empacado.....	31
3.4.4 Almacenamiento	32
.....	32
3.4.5 Determinación de los parámetros de calidad del pimiento deshidratado	33
3.4.5.1 Color	33
.....	33
3.4.5.2 Peso	33
3.4.5.3 Firmeza	34
.....	34
3.4.5.4 Humedad	34
3.4.5.5 pH	35
3.4.5.6 Unidades formadoras de colonias microbianas	35
3.4.5.7 Fluctuación de peso	35
3.4.6 Análisis Estadístico	36
CAPÍTULO IV	37
4. RESULTADOS	37
4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PIMIENTO DESHIDRATADO EN ALMACENAMIENTO POR SEIS SEMANAS.....	37
4.1.1 Color	37
4.1.3 Firmeza	42
4.1.4 Humedad	45
4.1.5 pH	48
4.1.6 Unidades formadoras de colonias	50
4.1.7. Fluctuación de peso	51
CAPÍTULO V	53
5. CONCLUSIONES	53
CAPÍTULO VI	54
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPÍTULO VII	61
7. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL <i>CAPSICUM ANNUM L</i> (GERHARDT, 1975).....	9
TABLA 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL BASADA EN CADA 100 G.....	10
TABLA 3. MATERIALES UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	28
TABLA 4. EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO	29
TABLA 5. TABLA DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A CADA MÉTODO.	31
TABLA 6 VALORES MEDIOS DE LA LUMINOSIDAD L* DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RESPECTO AL MÉTODO DE SECADO.	38
TABLA 7 RESULTADO DE MEDIAS DE LA LUMINOSIDAD DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RESPECTO AL TIPO DE ENVASE.	39
TABLA 8 RESULTADOS DE PRUEBAS DE MEDIAS RESPECTO AL PESO DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RESPECTO AL TIPO DE ENVASE.	41
TABLA 9 RESULTADOS DE PRUEBAS DE MEDIAS RESPECTO AL PESO DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RELACIÓN AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.....	42
TABLA 10 RESULTADO DE MEDIAS RESPECTO A LA FIRMEZA DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO POR TRES DIFERENTES MÉTODOS.	43
TABLA 11 RESULTADO DE MEDIAS RESPECTO A LA FIRMEZA DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN CON EL TIPO DE ENVASE	45
TABLA 12 RESULTADOS DE PRUEBAS DE MEDIAS DE LA HUMEDAD DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO RESPECTO A LAS FECHAS DE EVALUACIÓN.....	46
TABLA 13 RESULTADOS DE PRUEBAS DE MEDIAS DE LA HUMEDAD DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO RESPECTO AL ESTADO DE MADURACIÓN.	48
TABLA 14 RESULTADO DE MEDIAS RESPECTO AL PH DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN AL ESTADO DE MADURACIÓN.....	49
TABLA 15 RESULTADO DE MEDIAS RESPECTO AL PH DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PIMIENTO MORRÓN <i>CAPSICUM ANNUM L.</i>	8
FIGURA 2. PREPARACIÓN DE MUESTRAS A DESHIDRATAR	30
FIGURA 3. SELLADORA MANUAL.....	32
FIGURA 4. ANAQUEL CON LAS CONDICIONES EN LAS QUE MANTUVIERON LAS MUESTRAS	32
FIGURA 5. DETERMINACIÓN DE COLOR.....	33
FIGURA 6. DETERMINACIÓN DE PESO	33
FIGURA 7. DETERMINACIÓN DE FIRMEZA	34
FIGURA 8. TERMOBALANZA (PRECISA XM 50), EMPLEADA PARA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.....	34
FIGURA 9. DETERMINACIÓN DE PH	35
FIGURA 10 ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO A LA LUMINOSIDAD L* DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN CON EL ESTADO DE MADURACIÓN.....	38
FIGURA 11. ANÁLISIS DE MEDIAS DE LA LUMINOSIDAD L* DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	39
FIGURA 12 ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO AL PESO DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN A LOS MÉTODOS DE SECADO.....	40
FIGURA 13 ANÁLISIS DE MEDIAS EN BASE AL PESO DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO EN RELACIÓN AL ESTADO DE MADURACIÓN.....	42
FIGURA 14 ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO A LA FIRMEZA EN RELACIÓN AL ESTADO DE MADURACIÓN DEL PIMIENTO DESHIDRATADO.	44
FIGURA 15 ANÁLISIS DE MEDIAS EN CUANTO A LAS FECHAS DE EVALUACIÓN EN RELACIÓN A LA FIMEZA DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO.....	44
FIGURA 16 ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO A HUMEDAD EN PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO POR TRES DIFERENTES MÉTODOS.....	46
FIGURA 17 ANÁLISIS DE MEDIAS DE LA HUMEDAD EN PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO RESPECTO AL TIPO DE ENVASE.	47
FIGURA 18 ANÁLISIS DE MEDIAS RESPECTO A PH EN PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO	48
FIGURA 19 ANÁLISIS DE MEDIAS DEL PH EN EL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO CON RESPECTO AL TIPO DE ENVASE.	49
FIGURA 20. PROMEDIOS DE DATOS RESPECTO A LAS UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS DEL PIMIENTO MORRÓN CON RESPECTO A CADA MÉTODO DE DESHIDRATACIÓN.....	51
FIGURA 21 COMPORTAMIENTO DE LA FLUCTUACIÓN DE PESO DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO RESPECTO A CADA UNO DE LOS MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN.	52

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables.

Entre las muchas variables que deben considerarse en la vida útil de un alimento están: la naturaleza del mismo, su composición, las materias primas usadas, el proceso a que fue sometido, el envase elegido para protegerlo, las condiciones de almacenamiento, distribución y la manipulación que tendrá en manos de los usuarios. Es bien conocido que estas condiciones pueden influenciar negativamente los atributos de calidad de los alimentos (Man y Jones, 1994).

La deshidratación es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de los alimentos, la cual nos ayuda a preservar la calidad de los mismos reduciendo la cantidad de agua, y así evitar el deterioro y el crecimiento microbiano durante el almacenamiento; para lo cual se pueden utilizar diferentes métodos de deshidratación. Una de las ventajas de utilizar esta técnica es que después de someterlo al proceso se añade un valor agregado a la materia prima.

Al utilizar un método de deshidratación, se logra alargar la vida útil del producto, logrando también encontrar el mismo como condimento para preparación de otros productos.

1.1 ANTECEDENTES

El mercado de hortalizas deshidratadas es importante para la mayoría de países del mundo. La deshidratación ofrece un medio de conservación de alimentos en una condición estable y segura, ya que reduce la actividad de agua y se extiende la vida útil mucho más allá de la de verduras frescas. Muchos métodos térmicos convencionales, incluyendo el flujo de aire, secado al vacío y liofilización, dan lugar a bajas velocidades de secado en el período de velocidad decreciente del mismo (Stojanovic y Silva, 2007).

Una de las hortalizas, el pimiento, es de gran importancia en México, por sus beneficios como lo son alto contenido de vitamina C y compuestos antioxidantes.

Aunque la deshidratación de frutos y vegetales ha sido investigada intensivamente (Yang *et al.*, 1987; Litvin *et al.*, 1998; Stojanovic y Silva, 2007; Taiwo *et al.*, 2007), pocos estudios han determinado el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del alimento (Prothon *et al.*, 2003).

Aplicar un método de conservación a los alimentos para aumentar su vida útil es fundamental, y cuando se ha aplicado el método más idóneo de acuerdo a las características de un alimento, garantizando que se mantenga en condiciones inocuas para el consumidor, es primordial prepararlo para su almacenamiento, distribución y venta, aumentando su vida de anaquel, ya sea por un plazo corto o largo, hasta que llegue al consumidor final, sin alterar sus características ya definidas (Rojas-Graü 2005).

Se denomina envase al contenedor que está en contacto directo con el producto y que casi siempre permanece en él hasta su consumo; su función es guardarlo, protegerlo, conservarlo e identificarlo. Por lo tanto, el envasado tiene un

papel muy importante en la comercialización de los alimentos. (Centro INTI-Envases y Embalajes., 2002).

Los principales materiales que se utilizan para la confección de envases se describen a continuación:

Vidrio: es un material a base de sílice (arena), carbonato sódico y caliza, el cual según su capacidad, aplicación y forma, se clasifican en botellas, frascos, potes y ampollas.

Metal: es un recipiente rígido para contener tanto productos líquidos como sólidos, y que además tiene la capacidad de ser cerrado herméticamente.

Papel y cartón: materiales a base de celulosa que ocupan un lugar privilegiado en los intentos por volver los materiales tradicionales reciclables a favor de la ecología entre los cuales están; cajas de cartón micro corrugado y corrugado, bolsas de papel simple o multipliegos.

Plástico: polímero actualmente utilizado y comercializado como envase, ya sea de tipo rígido (botellas, frascos, cajas, estuches) o flexible entre los que se encuentran el polietileno y el celofán. (Fantoni A., 1998,2003, Centro INTI-Envases y Embalajes., 2002).

En los últimos años, los envases de plástico han sido los más explotados y utilizados en la industria alimentaria, debido a que los avances tecnológicos han creado una inmensa variedad de polímeros, que se utilizan solos o en combinación con otros materiales para formar diversas estructuras, tanto rígidas, como semirrígidas, y flexibles, entre los más utilizados están el polietileno, utilizado en bolsas o películas flexibles para envasar arroz, frijol, frutas secas y nueces, entre otros; así como envases semirrígidos o rígidos (en forma de botellas) para envasar sal, vinagre, jugos, etcétera (A. G. Rees y J. Bettison., 1998).

Es en 1911 que puede considerarse el nacimiento de la industria de los envases flexibles. Simultáneamente en Francia y en Alemania se desarrolla el proceso de fabricación de una lámina de celulosa regenerada, el conocido celofán, que ha sido utilizado en una gran cantidad de industrias entre ellas la alimentaria; el celofán tiene el aspecto de una película fina, transparente, flexible y resistente, pero muy fácil de cortar. Este material se emplea para envasar vegetales deshidratados, café, leche en polvo, etcétera (Carbonell, J.V. *et. al.*, 1981).

El envase forja un papel importante en cuanto a un producto deshidratado, el cual es mantener al producto aislado de: oxígeno, luz y humedad, la cual está en relación con la temperatura, para asegurar su vida de anaquel.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Como bien se sabe un producto procesado mantiene un valor agregado al ser sometido a alguna transformación, en este caso el deshidratado es benéfico a las personas no solo porque de esta forma se alarga la vida del producto, sino porque también el consumidor lo puede adquirir en tiempos de escasez. Desde siempre el producto deshidratado ha existido en la vida del ser humano, el cual poco a poco ha aumentado la gama de variación en el sector alimentario.

Dentro de los vegetales deshidratados se encuentra el pimiento, el cual en una investigación reciente (Pedraza A.S. 2014) se demuestra que tiene un potencial contenido en antioxidantes y en vitamina C, en el que también se demostró que después de ser deshidratado no es afectado en cuanto a sus propiedades, es por eso que se propone trabajar con la vida útil de este producto, bajo condiciones de almacenamiento determinadas en envase de polietileno y celofán, esto también para lograr encontrarlo como especia, para la elaboración de otros productos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la vida de anaquel del pimiento morrón deshidratado por tres diferentes métodos, utilizando dos diferentes tipos de envases a temperatura ambiente.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la vida útil del pimiento deshidratado por tres diferentes métodos, aire forzado, liofilizado y convencional, empacado en dos diferentes tipos de envases, polietileno y celofán.

Determinar la fluctuación de peso con respecto al tiempo de almacenamiento, humedad, apariencia, firmeza, color y pH así como número de UFC en el producto deshidratado y envasado

Determinar el mejor método de secado y envase para el pimiento morrón.

1.4 HIPÓTESIS

La vida de anaquel del pimiento deshidratado por aire forzado, liofilizado y convencional, envasado en plástico y celofán, es diferente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Pimiento morrón (*Capsicum annum L.*)

2.1.1 Generalidades del pimiento morrón

El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de *Capsicum annum L.* se cultivan al menos otras cuatro especies. Fue llevado al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses (consumer.es; www.infoagro.com 2014).

Su introducción en ese continente supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum L.*), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente (www.infoagro.com 2014).

México es centro de origen, diversidad y domesticación del chile (*Capsicum spp*), con gran variabilidad genética aún no explorada. De acuerdo con el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI (1983), el género *Capsicum* cuenta con unas 22 especies silvestres y 5 especies domésticas (*Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum pubescens*, *Capsicum pendulum* y *Capsicum sirvensis*), que se cultivan y comercializan en México. De ellas, *Capsicum annum* es la especie de mayor importancia económica en México y en el mundo (Laborde y Pozo, 1984).

De acuerdo con el IV Informe del Gobierno Federal Mexicano (2006 – 2012) en el primer semestre de 2010 se realizaron exportaciones por un valor de nueve mil 457 millones de dólares (MDD). Las exportaciones agroalimentarias y

pesqueras en México presentan una tasa de crecimiento anual promedio de 10 %, con un valor comercial de 15 mil 500 MDD, 80 por ciento más que en los tres primeros años del sexenio anterior.

Entre los principales productos que se exportaron en el año 2010 destacan: la cerveza con 1,791 MDD; el jitomate con 1,211 MDD; el aguacate con 645 MDD; el tequila y mezcal con 627 MDD y el pimientó representó divisas por 563 MDD. Estos cinco productos representan el 30 por ciento del total de las exportaciones agroalimentarias de México (www.agrointernet.com 2014).

El pimientó conocido como chile morrón (*Capsicum annuum L.*) es uno de los principales chiles producidos en el país a campo abierto después del jalapeño y el serrano (Sagarpa 2008).

En México, se estima que el área para la producción de hortalizas protegidas en el año 2009, fue de alrededor de 6000 Ha de las cuales el 70% fueron destinadas para la producción de tomate, 15% para pimientó morrón y 10% para otras especies, convirtiéndose así, el pimientó morrón, en la segunda hortaliza más importante (Amhpac,2009).

2.1.2 Importancia

El género *Capsicum*, proviene del náhuatl “chilli”, su uso principal fue como saborizante, excitante del apetito. Hoy en día el chile sigue siendo un producto esencial en la gastronomía nacional, además de que se utiliza en otros campos como la medicina, en la industria de los cosméticos, en la fabricación de fármacos, ritos y ceremonias. El pimientó *Capsicum* ha sido cultivado en Centro y Sudamérica mucho antes de la llegada de Cristóbal Colón, específicamente en Perú y Bolivia (Vela, 2009), los chiles han formado parte de la dieta humana en América desde al menos el 7500 a. C.

2.1.3 Descripción botánica

El pimiento (*Capsicum annuum L.*) se cultiva como planta herbácea anual, aunque puede rebrotar y producir frutos en el segundo año de su siembra o plantación y es perenne en su estado silvestre. Con ciclo de cultivo anual presenta un porte variable entre los 50 cm (en determinadas variables de cultivo al aire libre) y más de 2 m en gran parte de los híbridos que se cultivan en invernadero (Villalobos, 1993).



Figura 1 Pimiento morrón *Capsicum annuum L.*

El fruto es una baya hueca, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando (Figura 1).

Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 centímetros. ([http:// www.fertiberia.com/informacion/cultivos/pimiento.html](http://www.fertiberia.com/informacion/cultivos/pimiento.html) 2014).

2.1.4 Clasificación taxonómica

En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de pimiento *Capsicum annum L.*

Tabla 1. Clasificación taxonómica del *Capsicum annum L* (Gerhardt, 1975).

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>C. annum</i>

2.1.5 Composición química y valor nutricional

El pimiento morrón al igual que otros vegetales, tienen un alto valor nutricional dado por su composición (Tabla 2), se le considera una buena fuente de vitaminas A, C, E y compuestos poli fenólicos, conocidos todos ellos como compuestos con propiedades antioxidantes (Sukrasno y Yeoman, 1993; Palevitch 1995).

Tabla 2. Composición nutricional basada en cada 100 g.

COMPUESTO	PIMIENTO MORRÓN
Agua	92.19 g
Calorías	27
Carbohidratos	6.43 g
Grasas	0.19 g
Proteínas	0.80 g
Fibra	2.0 g
Cenizas	0.3 g
Calcio	9 mg
Potasio	177 mg
Fosforo	19 mg
Hierro	0.46 mg
Vitamina A	5700 U.I.
Tiamina	0.066 mg
Riboflavina	0.030 mg
Niacina	0.509 mg
Ácido ascórbico	190 mg

Fuente :USDA http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl?pepper

2.2. Métodos de conservación

Los métodos de conservación de alimentos tienen como objetivo asegurar que los productos alimenticios mantengan su calidad durante un tiempo determinado; es decir, que su consumo no represente un riesgo para la salud, que conserve su valor nutritivo y sus características sensoriales (Vega A, 2006).

Un alimento fresco se descompone fácilmente debido a diferentes factores como la acción de mohos, levaduras, bacterias y enzimas. Al exponerse al aire libre y a temperaturas elevadas se acelera su proceso de descomposición cambiando su color, aspecto, olor y sabor. Cuando un alimento está en descomposición, es perjudicial para la salud.

Desde tiempo atrás se han buscado procesos para conservar los alimentos en buen estado para poder disponer de ellos en cualquier temporada del año, sobre todo en épocas de escasez, la desecación ha sido desde tiempos muy antiguos una de las mejores formas de aprovechar y conservar los alimentos (Bello Gutiérrez, 1988; Desrosier W., Norman, 1981).

2.2.1 Aplicación del frío para la conservación

Método basado en el difícil desarrollo que encuentra la mayoría de los microorganismos a temperaturas por debajo de los 0°C. En ocasiones, las bacterias no mueren, pero si se paraliza su crecimiento (Desrosier W., Norman, 1981).

- Refrigeración

La refrigeración es un método y técnica de conservación que permite mantener a los productos en niveles bajos de temperatura y de proliferación de bacterias, es importante recordar que la humedad genera mayores condiciones de crecimiento de hongos, así como de otros microorganismos, por ello es necesario el estricto control de la temperatura.

La conservación por refrigeración se realiza a temperaturas próximas a 0°C, generalmente entre 2 y 5°C en frigoríficos industriales, y entre 8 y 12°C en frigoríficos domésticos (Bello Gutiérrez, 1988).

- Congelación

La congelación es una conservación a largo plazo, que se realiza mediante la conversión de agua en cristales de hielo y su almacenamiento a temperaturas de -18°C o menos (-20°C a -22°C), para limitar que los microorganismos se desarrollen y afecten a los alimentos (Desrosier W., Norman, 1981).

2.2.2 Aplicación de calor como método de conservación

Este tipo de conservación requiere que el alimento sea sometido a altas temperaturas, lo que elimina la flora bacteriana y detiene la acción enzimática. Los procesos tecnológicos utilizados para tratar los alimentos por calor se han desarrollado y perfeccionado, sobre todo, durante el siglo XX. Entre ellos podemos destacar los siguientes (Desrosier W., Norman, 1981; Bosquez Molina, 1999).

- Pasteurización

La pasteurización es un proceso tecnológico que se lleva a cabo mediante el uso de calor. Es un tratamiento térmico suave, aspecto que lo diferencia de la esterilización, mucho más intenso. Su principal objetivo es la eliminación de patógenos en los alimentos para alargar su vida útil. La pasteurización emplea temperaturas bajas pero que aseguran la eliminación de patógenos, aunque algunos puedan resistirlas. El valor nutricional de los alimentos y sus características organolépticas no se ven tan alteradas.

La temperatura de pasteurización es inferior a los 100°C ya que temperaturas más elevadas afectan de manera irreversible a las características fisicoquímicas del producto. En el caso de alimentos líquidos, la temperatura tendría que situarse sobre los 72°C y 85°C durante 20 segundos y en los alimentos envasados entre los 62°C y los 68°C durante periodos más largos de tiempo (30 minutos). Con la aplicación de esta técnica se puede aumentar la vida útil de los alimentos varios días, como es el caso de la leche, hasta varios meses,

como es el caso de los alimentos envasados o embotellados (Bello Gutiérrez, José, 2005).

- Esterilización.

Con ella se obtiene una eliminación total microbiológica, introduciendo el alimento en un autoclave en donde las temperaturas alcanzadas son altas para garantizar la inocuidad del producto (121 ° C por 15 minutos, a una atmosfera de presión). Es precisamente la manera de prolongar la vida útil de la mayor parte de las conservas enlatadas (Francisco, L 2007).

- Escaldado

Es un tratamiento térmico suave que somete al producto, durante un tiempo más o menos largo, a una temperatura inferior a 100°C. Se aplica antes del procesado para destruir la actividad enzimática de frutas y verduras (Bosquez Molina, 1999).

- Cocción

Método empleado de forma doméstica, para destruir los microorganismos sensibles a las altas temperaturas, a la vez que permite que sobrevivan otras formas termo-resistentes.

Lo más difícil es lograr la cocción de las partes internas de los alimentos y conseguir que el procedimiento sea letal para los agentes patógenos. Ello depende del espesor del alimento que está siendo cocido, la temperatura del aceite o del agua y la duración del proceso. Los métodos de cocción más frecuentemente usados son: horneado, asado, fritura en aceite, y hornos de microondas.

- Radiación

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, similar a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes (cuyas unidades son el kilogray, kGy) durante un tiempo determinado (Pérez, C. F., 2005).

Se utilizan tres fuentes de energía ionizante, tal como se describe en la Norma General Codex para Alimentos Irradiados (CODEX STAN 106-1983, Rev.1-2003): rayos gamma de los elementos cobalto 60 o cesio 137 (^{60}Co o ^{137}Cs); rayos X generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 5 MeV, y electrones generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 10 MeV.

2.3 Deshidratación

La conservación de los alimentos por deshidratación es uno de los métodos más antiguos, se considera una de las operaciones unitarias más utilizadas y ha sido el mejor sistema de conservación; tuvo su origen en los campos de cultivo cuando se dejaban deshidratar de forma natural las cosechas antes de su recolección o mientras permanecían en las cercanías de la zona de cultivo.

La deshidratación o desecación consiste en eliminar la mayor cantidad posible de agua o humedad del alimento seleccionado bajo una serie de condiciones controladas como temperatura, humedad, velocidad y circulación del aire. (Brennan, 1980; Sharma, 2003; Vázquez, C 2007).

La cantidad de agua en un alimento define sus propiedades reológicas, sensoriales y susceptibilidad a las alteraciones por reacciones.

El contenido de humedad en un alimento se refiere a toda el agua que éste tiene. La humedad de un alimento es retenida en dos formas, como agua libre o

agua ligada. El agua ligada ejerce una presión de vapor de equilibrio menor que la del agua libre a la misma temperatura. La humedad en forma de agua libre podría ser retenida por los capilares finos, o adsorbida dentro de una célula o paredes fibrosas o por combinación física/química con el sólido (Barbosa-Cánovas G.V 2000).

El agua es el elemento básico para la vida humana, pero también para la vida microbiana, por lo que, al retirarla, ayuda a darle una vida útil y más prolongada al alimento. (Vázquez, C 2007; Sharma, 2003;). La reducción del peso y volumen en el secado también reduce los costos de transporte y almacenamiento (Brennan, 1980; Sharma, 2003). El desecado provoca que el alimento se reduzca en tamaño debido a que ha perdido gran parte de su volumen (agua), y como resultado se obtiene un alimento de consistencia más liviana y pequeña, de un buen sabor y olor, muy resistente y de fácil transportación, con un riesgo mínimo de descomposición o crecimiento microbiano.

La deshidratación a través de la historia es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para la conservación de los alimentos. Ya en la era paleolítica, hace unos 400.000 años, se secaban al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, aprendiendo mediante ensayos y errores, para conseguir una posibilidad de subsistencia en épocas de escasez de alimentos, no solo necesarios sino que también nutritivos (Barbosa 2000).

Esta técnica de conservación trata de preservar la calidad de los alimentos bajando la actividad de agua (a_w) mediante la disminución del contenido de humedad, evitando así el deterioro y contaminación microbiológica de los mismos durante el almacenamiento. Para ello se pueden utilizar varios métodos de deshidratación o combinación de los mismos, tales como secado solar, aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, entre otros. (Vega A 2006). No obstante, para obtener alimentos deshidratados de buena calidad es imprescindible estudiar en detalle los fenómenos de

transferencia de materia y energía involucrados en el proceso, como los cambios producidos a nivel estructural (porosidad, firmeza, encogimiento, densidad) y las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en el momento del proceso (oxidación, enzimáticas, no enzimáticas, desnaturalización).

2.3.1 Importancia de los alimentos deshidratados

Desde el punto de vista comercial una importante ventaja de utilizar la técnica de secado, es que al convertir un alimento fresco en uno procesado (deshidratado) se añade valor agregado a la materia prima utilizada. Además se reducen los costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto en fresco (Toledo 1994).

Hoy en día, muchos alimentos deshidratados sirven de base para el desarrollo y formulación de nuevos productos, ya que éstos al ser fuentes de proteínas, vitaminas, minerales, fibra dietética y antioxidantes, son considerados como componentes o ingredientes de alimentos funcionales, debido a su fácil incorporación en productos lácteos (leches, postres, yogurt, helados), galletas, pasteles, sopas instantáneas y en platos preparados (Vega A 2006).

Las frutas y hortalizas juegan un papel muy importante para el hombre ya que contienen vitaminas, minerales, antioxidantes, fibra y carbohidratos esenciales para su alimentación. Sin embargo no se encuentran disponibles durante todo el año, ni en todas las regiones. Por lo que se han buscado métodos que permitan conservar sus nutrientes, así como sus propiedades, para poder tenerlos disponibles permanentemente. (Sharma, 2003).

El pimiento es uno de los productos hortofrutícolas que mejor es secado mediante aire caliente, por presentar una razonable resistencia a las alteraciones por el calor, dentro de ciertos límites de temperatura (Zapata *et al.*, 1992), este

método de secado sigue siendo el más utilizado en la industria del pimiento seco (Nuez *et al.*, 1996).

2.3.2 Métodos de deshidratación

Desecar es cuando el agua abandona una superficie húmeda (desorción) e hidratar es mojar una superficie más seca (adsorción). Al desecar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de evaporación de la humedad y, también, actúa como gas portador para eliminar el vapor de agua que se forma en la vecindad de la superficie de evaporación (Brennan, 1980).

a) Natural

Consiste en colocar los alimentos en recipientes o charolas con amplia superficie de evaporación bajo los rayos del sol. Esta técnica requiere condiciones climatológicas óptimas, por lo que sólo puede llevarse a cabo en regiones muy favorecidas por el clima, ya que es necesario un gran espacio al aire libre y se puede ver afectada por elementos como el polvo, la lluvia y plagas (Vázquez, C 2007).

b) Gravimetría

Es considerado el método más simple y consta de un pequeño recinto en forma paralela de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar (Ibidem,2001).

c) Aire forzado

El deshidratado con aire caliente forzado es el método más común para secar alimentos (Doymaz, 2007); el aire es el responsable de remover el agua

libre que se encuentra sobre la superficie de los productos (Schiffmann, 1995). El secado mediante éste método depende de la velocidad y temperatura del aire empleado (Mulet *et al.*, 1999).

Al incrementar la temperatura del aire forzado de 55 a 70°C, el tiempo de deshidratación se reduce de 35.5 a 24 horas. La disminución de la velocidad del aire caliente (60°C) de 1.5 a 0.13 m/s, incrementa el tiempo de deshidratado de 28 a 65 h (Tsamo *et al.*, 2006; Doymaz 2007).

El flujo de aire caliente puede ser a contracorriente o en paralelo. Generalmente la deshidratación con aire caliente a contracorriente es más eficiente que la que se logra con el flujo de aire en paralelo. Debido a que la transferencia de calor es más eficiente al existir un contacto más estrecho debido al movimiento en sentidos opuestos (Unadi *et al.*, 2002).

Por lo general en éste método de deshidratación se utilizan altas temperaturas, que generan desventajas como: cambios en el sabor, color, contenido de nutrientes y componentes aromáticos, entre otros (Maskan, 2001).

Esto explica que se reserve para los productos con sustancias sensibles a las altas temperaturas, como las proteínas y las enzimas (Viteri, P 2009).

d) Liofilización

La liofilización es un proceso de conservación para productos perecederos por deshidratación al vacío y a bajas temperaturas. La alimentación liofilizada incorpora las vitaminas y minerales necesarios para compensar las pérdidas originadas por el esfuerzo prolongado, ejerciendo una función regeneradora y protectora del organismo (Terroni, E, 1997).

El proceso de liofilización involucra varias etapas: 1. Congelación (y acondicionamiento en algunos casos) a bajas temperaturas 2. Secado por sublimación del hielo (o del solvente) del producto congelado, generalmente a muy baja presión 3. Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas (Terroni, E 1997).

2.3.3 Ventajas de la deshidratación de alimentos

El eliminar el agua de los tejidos impide el crecimiento de las bacterias, mohos y levaduras que no pueden vivir en un medio seco. Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo y de su sabor original, si el proceso se realiza en forma adecuada (Gacés, G., 2010).

- Pueden conservar gran porcentaje de su sabor, color, consistencia y aspecto durante largo tiempo.
- Se pueden volver a rehidratar para su consumo.
- Su tamaño es más pequeño y son de menor peso que en su estado natural.
- Son de fácil transportación y almacenamiento.
- Hacen mucho más costoso el transporte y reducen espacios en los almacenes.
- Tiempo prolongado de conservación.
- Se pueden encontrar en cualquier temporada.

2.3.4 Factores que intervienen en el proceso de secado

2.3.4.1 Temperatura del aire

La temperatura desempeña un papel importante en los procesos de secado. Conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. La elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en

consideración la especie que se vaya a someter al proceso. (Andritsos *et al.*, 2003).

2.3.4.2 Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, este valor se expresa como porcentaje (%). A medida que aumenta la temperatura del aire, también aumenta su capacidad de absorción de humedad; cuando la temperatura disminuye sucede lo contrario.

La temperatura de secado está estrechamente relacionada con la humedad relativa del aire, ya que influye en la calidad organoléptica del producto final. Cuando la temperatura del aire de secado es alta y su humedad relativa es baja, existe el riesgo de que la humedad de la superficie del alimento se elimine más rápido de lo que el agua puede difundirse del interior húmedo a la superficie del alimento. Al evitar esto, se inhibe la formación de costras (Andritsos *et al.*, 2003).

2.3.4.3 Velocidad del aire

La velocidad del aire dentro del secador tiene como funciones principales, en primer lugar, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el alimento facilitando su evaporación. En segundo lugar, ayuda a transportar la humedad saliente del material.

La velocidad de secado aumenta a medida que incrementa la velocidad de aire que fluye sobre el alimento (Foust, 1997). A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado.

La capa límite que existe entre el material a secar y el aire, juega un papel importante. Cuanto menor sea el espesor de la capa límite, más rápida será la remoción de humedad. Por otra parte, el flujo de aire es importante, uno turbulento es mucho más eficaz que uno laminar (Vega-Mercado H., 2000).

2.4 Vida de anaquel

La vida de anaquel se define como el periodo de tiempo en el que un alimento puede ser mantenido bajo condiciones prácticas o recomendadas de almacenamiento y aun así mantener su frescura o calidad aceptable (Departamento de Ciencia de Alimentos de la Universidad de Cornell 2006).

Es el periodo de tiempo durante el cual se espera que un producto mantenga determinado nivel de calidad bajo condiciones de almacenamiento específicas. (Sheftel, 1986; citado por Lau, 1992).

La vida útil de un producto depende de factores ambientales, de la humedad, de la temperatura de exposición, del proceso térmico al que se somete y de la calidad de las materias primas, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que evitan su venta tales como: cambios de sabor, color, textura o pérdida de nutrientes (Potter, 1978; Kuntz 1991).

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, primero deben identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad del mismo, considerando la composición del alimento y el proceso al que es sometido y se procede a establecer las reacciones más críticas en la calidad (Casp, 1999; Rondon, Pacheco y Ortega, 2004).

Para predecir la vida útil de un producto es necesario en primer lugar identificar y/o seleccionar la variable cuyo cambio es el que primero identifica el consumidor meta como una baja en la calidad del producto (Brody, 2003).

La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil. (Singh, 1998).

Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad del agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones.

Es importante recalcar que la vida útil no es función del tiempo en sí, sino de las condiciones de almacenamiento del producto y los límites de calidad establecidos tanto por el consumidor como por las normas que rigen propiamente los alimentos. (Labuza, 1982).

Se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante utilización de modelos matemáticos (útil para evaluación de crecimiento y muerte microbiana), pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil) y pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad) en donde el deterioro es acelerado y posteriormente estos valores son utilizados para realizar predicciones bajo condiciones menos severas. (Charm, 2007).

2.4.1 Vida de anaquel de los alimentos empacados

La vida en anaquel de los alimentos empacados está regulada por las propiedades de los alimentos, así como por las propiedades de barrera del envase al oxígeno, la luz, la humedad y el bióxido de carbono. Para determinar la conducta de los productos, a éstos se les debe almacenar en condiciones conocidas por un período de tiempo para de esta manera, poder medir sus

propiedades. La pérdida o ganancia de humedad es uno de los factores más importantes que controla la vida en anaquel de los alimentos. (Álvarez, 2006).

Los cambios en el contenido de humedad dependen de la velocidad de transmisión de vapor del agua del envase. Para controlar el contenido de humedad del alimento dentro de un envase, deben seleccionarse la permeabilidad al vapor del agua del material de empaque, el área superficial y el espesor de éste, considerando el almacenamiento que se requiere o la vida en anaquel. (Urgilés, 2006).

El término vida útil o vida de anaquel de un alimento empacado se refiere al período de tiempo durante el cual, bajo condiciones de almacenamiento previamente establecidas, un alimento mantiene sus características sensoriales y nutricionales aceptables para el consumidor (Anzueto, C.R. 2002, Marín, Z.R. 1999).

Es importante diferenciar este término de otro similar conocido como fecha de caducidad, éste se define como la fecha límite en que se considera que un producto pre envasado, almacenado en las condiciones sugeridas por el fabricante, presenta las características sanitarias que debe reunir para su consumo. Después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.

El término vida de anaquel es un período de tiempo, mientras que fecha de caducidad es un día específico; es decir, la vida de anaquel de un producto en general determinará la fecha de caducidad de una muestra específica de ese producto (Clark, D.S 2006).

2.4.2 Importancia

El conocer la vida de anaquel de un alimento o producto alimenticio es de suma importancia tanto para el fabricante como para el consumidor. Al fabricante,

le permite garantizar la satisfacción del consumidor respecto a su producto, si el mismo es consumido antes de la fecha que indica el final de su vida de anaquel. Al consumidor, la vida de anaquel le garantiza un nivel aceptable en la calidad del producto ya sea en el momento de su compra o de su consumo. Además, le indica el momento a partir del cual el producto puede presentar un deterioro de su calidad (Alvarez, J.C. 2002).

La vida de anaquel de un producto depende de su formulación, de la naturaleza química de sus componentes, del tipo de procesamiento, del tipo de envasado y de las condiciones de almacenamiento. Es importante tomar en cuenta que, a pesar de que estos factores son determinantes, su influencia dependerá de que tan perecedero es el producto, actualmente se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten extender la vida de anaquel hasta aproximadamente 90 días (Alvarez, J.C. 2002. E).

El agua es el más abundante e individual constituyente por peso en la mayoría de los alimentos. Es un importante componente aún en aquellos alimentos en los cuales la proporción de agua ha sido reducida durante su procesamiento, en razón de cambiar las propiedades o ayudar a su preservación. De acuerdo a la proporción de agua contenida se los clasifica en las siguientes categorías: alimentos secos, alimentos de humedad intermedia y alimentos húmedos. (Fennema, 2000).

La cantidad del agua en un alimento no es suficiente para conocer la estabilidad de los mismos ya que existen alimentos que contienen gran cantidad de agua y no se alteran mientras otros que con menos cantidad sí. Por esta razón surge el concepto de actividad de agua que permite determinar la mayor o menor disponibilidad del agua en los diversos alimentos para que se produzcan las diferentes reacciones de degradación en los mismos.

La actividad del agua es un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos, donde se la define como la relación entre la presión de vapor de agua del alimento y la presión de vapor de agua líquida pura a la misma temperatura. (Singh, 1998).

De la actividad de agua (A_w) dependen las propiedades reológicas y de textura de los mismos, es responsable de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres principales causas del deterioro de un producto. (Badui, 1999).

2.5 Envases

Los envases deben cumplir una misión fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento en que es colocado en él, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento en que es abierto por el consumidor (Cruz, H. 2006).

En la industria alimentaria los empaques llevan a cabo dos funciones: primera, proteger la vida de anaquel de los alimentos hasta un grado predeterminado; y segunda, atraer la atención de los consumidores. (Driscoll y Paterson 1998).

2.5.1. Tipos de envases

Los envases juegan un papel fundamental en la industria alimentaria ya que realizan importantes funciones como la de “contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, y desde el fabricante hasta el usuario o el consumidor” (Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo). Entre estas funciones destaca la acción protectora, ya que contribuyen al retraso del deterioro, aumentan la vida útil y mantienen la calidad y seguridad de los alimentos envasados. Los envases protegen a los

alimentos y bebidas de una serie de agentes externos procedentes del ambiente como son el calor, la luz, humedad, oxígeno, presión, enzimas, olores indeseables, microorganismos, insectos, suciedad y partículas de polvo o emisiones de gases, entre otros (Restuccia *et.al., cols.*, 2010) que suponen un deterioro de su calidad o seguridad.

Por otra parte, desde un punto de vista comercial los envases se emplean para identificar un producto determinado, y también para proporcionar información importante como, por ejemplo, el peso, ingredientes o valor nutricional (Restuccia *et.al., cols.*, 2010). Los materiales más utilizados para el envasado de alimentos y bebidas son los plásticos sintéticos, que se clasifican en la actualidad en siete categorías. Estos polímeros sintéticos se emplean por las múltiples ventajas que presentan como ser químicamente inertes, ligeros, resistentes, cómodos e higiénicos, y por su versatilidad de forma y tamaño. (García - Díaz y Macías - Matos, 2008).

Sin embargo, al ser compuestos sintéticos, no biodegradables y derivados del petróleo, su utilización supone serios problemas ecológicos debidos principalmente a la contaminación medioambiental que causan, tanto por su fabricación e incineración como por su aporte en la generación y acumulación de residuos. Por otro lado, estos polímeros sintéticos pueden vehicular sustancias tóxicas o no deseables como monómeros, plastificantes, antioxidantes sintéticos y/o aditivos, presentes en su propia composición y que pueden migrar al alimento que envuelven (Nerín de la Puerta, 2009).

El polietileno es un envase flexible y transparente que tiene como funciones: proteger al producto del oxígeno y humedad, preservar el aroma del mismo, darle estabilidad, resistencia a los agentes, químicos y atmosféricos, resistencia a la radiación, a la tracción, estiramiento y desgarramiento; brinda facilidad para abrirse y cerrarse, es susceptible de reciclarse; involucra bajo costo en su transportación y permite un almacenamiento higiénico (Vidales, 2000).

Los empaques flexibles son una variedad diferente de materiales incluyendo películas plásticas, papel, celofán, hojas de aluminio y películas metalizadas utilizadas en combinación o en forma laminada para formar bolsas flexibles de una capacidad deseable (Fellows, 1988).

El celofán, es una película regenerada de celulosa que se obtiene por un proceso viscoso. La celulosa de éter aniónico y la carboximetilcelulosa (CMC), se solubilizan en agua siendo compatibles con otro tipo de biomoléculas, mejorando las propiedades mecánicas y de barrera en las películas elaboradas. La CMC es una película capaz de absorber el aceite recogido en los alimentos sometidos a proceso de fritura profunda (García et al., 2004). Películas elaboradas de bagazo de yuca, CMC y residuos de papel Kraft han mostrado una alta resistencia, importante propiedad para la fabricación de panales de huevo, empaques para frutas y verduras (Matsui et al., 2004).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio experimental

El proyecto se llevó a cabo en los laboratorios de Bioprocesos y de Procesamiento del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos así como en el laboratorio de Fisiología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

3.2 Materiales empleados

En cuanto a material biológico se trabajó con pimiento morrón *Capsicum annum* L, variedad roja, amarilla y naranja adquirida en Saltillo, Coahuila.

En la Tabla 3 se puede apreciar el enlistado de materiales empleados para la realización del proyecto.

Materiales
Picador de plástico
Cuchillo
Mallas de plástico
Pipetas
Charolas
Contenedores de plástico
Bolsas PET y celofán
Vaso de precipitado
Mortero

Tabla 3. Materiales utilizados para la realización del proyecto

3.3 Equipo

En la Tabla 4 se muestra la lista de equipos utilizados para realizar la parte experimental del trabajo.

Equipos	Modelo	Marca
Horno convencional	AF Modelo 40	Quincy
Liofilizador	Freezone	Labconco
Horno de aire forzado	DKN602C	Yamato
Selladora manual		
Balanza analítica		
Termobalanza	XM 50	Precisa
Bascula triple brazo (granataria)		
Colorímetro	CR-400),	KONICA MINOLTA
Potenciómetro	pH 213	HANNA
Penetrómetro	FHT 200	EXTECH
Termómetros		
Medidores de humedad relativa		

Tabla 4. Equipos utilizados en el proyecto

3.4 Metodología

Para el desarrollo del trabajo se probaron tres métodos de deshidratado combinado con dos tipos de envases, en tres variedades de pimiento, con seis fechas de observación y cuatro repeticiones, las condiciones de almacenamiento fueron a una temperatura ambiente con promedio de 24.9 °C y una humedad relativa de 63%.

Para la preparación de muestras se realizó lo siguiente, primero la deshidratación del pimiento, posteriormente se envasó y finalmente se almacenó en ausencia de luz. Se realizaron evaluaciones de características cada ocho días las cuales se describen a continuación.

3.4.1 Preparación de las muestras

3.4.2 Deshidratación del pimiento morrón (*Capsicum annum* L)

Al llevar a cabo esta parte experimental del trabajo, fue necesario considerar las características del pimiento a deshidratar, para ésto se seleccionaron pimientos sanos de color rojo, amarillo y naranja, los cuales se sometieron a un proceso de limpieza (lavado y desinfección) y posteriormente fueron disminuidos en su tamaño de partícula utilizando un cuchillo de acero inoxidable, para obtener cubos de aproximadamente 1 cm antes de su proceso de secado. (Figura 2)



Figura 2. Preparación de muestras a deshidratar

3.4.2.1 Deshidratación

Luego de obtener los cubos de los tres colores de pimientos se colocaron en mallas, las cuales se acomodaron en ambos hornos tanto de convección por gravedad a 60°C por seis horas, así como en el de aire forzado a 60°C por cuatro horas y media.

En cambio para llevar a cabo el proceso de liofilizado, los cubos se colocaron en recipientes de plástico y posteriormente fueron llevados al ultracongelador en donde se mantuvo por 24 horas, pasado este tiempo se colocaron en el liofilizador, al obtener el producto deshidratado se envasó y se almacenó.

3.4.3 Empacado

Después de ser deshidratados los cubos de pimiento es sus tres variedades, se empacaron en bolsas de polietileno y celofán, generando los tratamientos a evaluar en cada una de las cuatro repeticiones como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla de tratamientos de acuerdo a cada método.

COLOR	AMARILLO		NARANJA		ROJO	
MÉTODO						
GRAVIMETRÍA (Quincy)	paM1R0P	paM1R0C	pnM1R0P	pnM1R0C	prM1R0P	rM1R0C
AIRE FORZADO (Yamato)	paM1R0P	paM1R0C	pnM1R0P	pnM1R0C	prM1R0P	prM1R0C
LIOFILIZADO (Labconco)	paM1R0P	paM1R0C	pnM1R0P	pnM1R0C	prM1R0P	prM1R0C

Una vez empacados, fueron aislados del medio ambiente utilizando una selladora manual, como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Selladora manual

3.4.4 Almacenamiento

Durante seis semanas se mantuvieron en anaqueles con ausencia de luz como se puede apreciar en la Figura 4 para su evaluación.



Figura 4. Anaquel con las condiciones en las que mantuvieron las muestras

3.4.5 Determinación de los parámetros de calidad del pimiento deshidratado

3.4.5.1 Color

En la Figura 5 se puede observar cómo se realizó esta determinación, en la cual se utilizó un colorímetro (KONICA MINOLTA CR-400), que se colocó sobre la muestra a evaluar para obtener y registrar los datos de L^* , a^* , b^* .



Figura 5. Determinación de color

3.4.5.2 Peso

Para realizar esta evaluación se utilizó en una balanza Precisa XM 50 (Figura 6), la muestra a evaluar se colocó sobre el platillo y se registró la lectura del peso.



Figura 6. Determinación de peso

3.4.5.3 Firmeza

Se determinó utilizando un penetrómetro (EXTECH FHT 200), con una puntilla de 3 mm de diámetro, (Figura 7).



Figura 7. Determinación de firmeza

3.4.5.4 Humedad

La determinación de humedad se realizó con una termo balanza (Precisa XM 50), se tomaron 0.100 g de la muestra los cuales se colocaron en el platillo, se cerró la cubierta del equipo para iniciar la determinación en un tiempo de 1.8 min a 100°C, posteriormente se tomó la lectura en pantalla, como se puede apreciar en la Figura 8, para después calcular el contenido de humedad en la muestra en porcentaje.



Figura 8. Termobalanza (Precisa XM 50), empleada para determinación de la humedad

3.4.5.5 pH

Esta evaluación se realizó con la ayuda de un potenciómetro HANNA pH 213 (Figura 9), el total de la muestra se maceró en pequeños morteros con 30 ml de agua destilada, se vertió en vasos de precipitado, se introdujo el electrodo, y se registró el dato que se mostró en pantalla.



Figura 9. Determinación de pH

3.4.5.6 Unidades formadoras de colonias microbianas

Este análisis microbiológico se realizó en la última fecha de las evaluaciones con el fin de evaluar el parámetro de inocuidad del producto.

3.4.5.7 Fluctuación de peso

Se realizó con una termo balanza (Precisa XM 50), la muestra etiquetada como PP se pesó con todo y empaque en cada una de las fechas de evaluación para así verificar la ganancia o pérdida de peso a lo largo de todo el periodo de almacenamiento.

3.4.6 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa computacional SAS versión 9.0 (2002).

Se trabajó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial: método, envase, color y fecha, con los siguientes niveles $3 \times 2 \times 3 \times 6$ para las variables de peso, humedad, firmeza, color y pH con cuatro repeticiones.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación que se realizó cada ocho días en las muestras mantenidas a temperatura ambiente, con promedio de 24.9 °C y una humedad relativa de 63%, para determinar el periodo de vida útil se muestran a continuación:

4.1 Parámetros de calidad del pimiento deshidratado en almacenamiento por seis semanas

4.1.1 Color

El Sistema de medición CIE 1976 (L^* a^* b^*) también conocido como CIELAB, expresa la luminosidad, L^* (claro u oscuro); así como a^* y b^* que indican la saturación del color.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias, en cuanto a la luminosidad (Anexo 1), se puede apreciar que hay diferencias significativas entre método de secado, estado de maduración del pimiento, y el tiempo de almacenamiento, mientras que con respecto al tipo de envase no existe diferencia significativa entre y otro.

En la Tabla 6 se puede observar que la deshidratación por liofilizado presenta una luminosidad mayor con respecto a los productos deshidratados por los otros dos métodos.

Tabla 6 Valores medios de la luminosidad (L*) del pimiento morrón deshidratado con respecto al método de secado.

Método de secado	Luminosidad L*
Liofilizado	58.0453 a
Convencional	46.8181 b
Aire forzado	46.0307 b

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias estadísticamente significativas.

En relación con el estado de maduración, los resultados reflejan que hay diferencia significativa entre cada uno de los tres, como se puede observar en la Figura 10, ésto se presenta debido a la degradación de la clorofila y a la síntesis de otros pigmentos, por decir el pimiento rojo cuenta con más alfa, beta y gamma caroteno que los otros estados de maduración de pimientos (Mercado-Silva *et al.*, 1998), por lo que su brillo es menor, comparado con el pimiento amarillo.

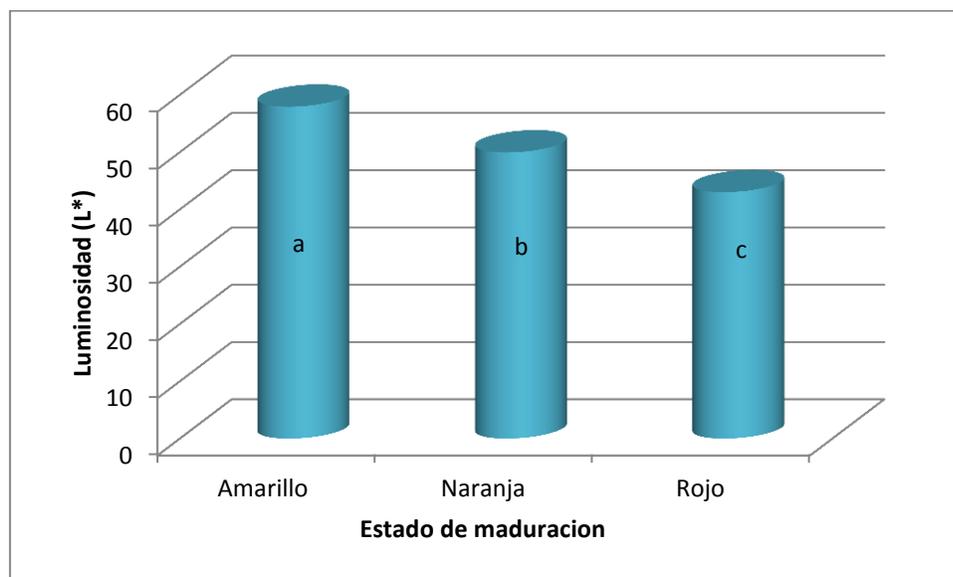


Figura 10 Análisis de medias respecto a la luminosidad (L*) del pimiento morrón deshidratado en relación con el estado de maduración.

Los resultados anteriormente presentados concuerdan con los resultados obtenidos por Pedraza (2014), quien también obtuvo como resultado una diferencia estadísticamente significativa entre amarillo y rojo, resultados similares a los obtenidos en este trabajo.

En la figura 11 se puede apreciar el comportamiento de la luminosidad con respecto al tiempo de almacenamiento, observando que la luminosidad fue disminuyendo con el paso del tiempo.

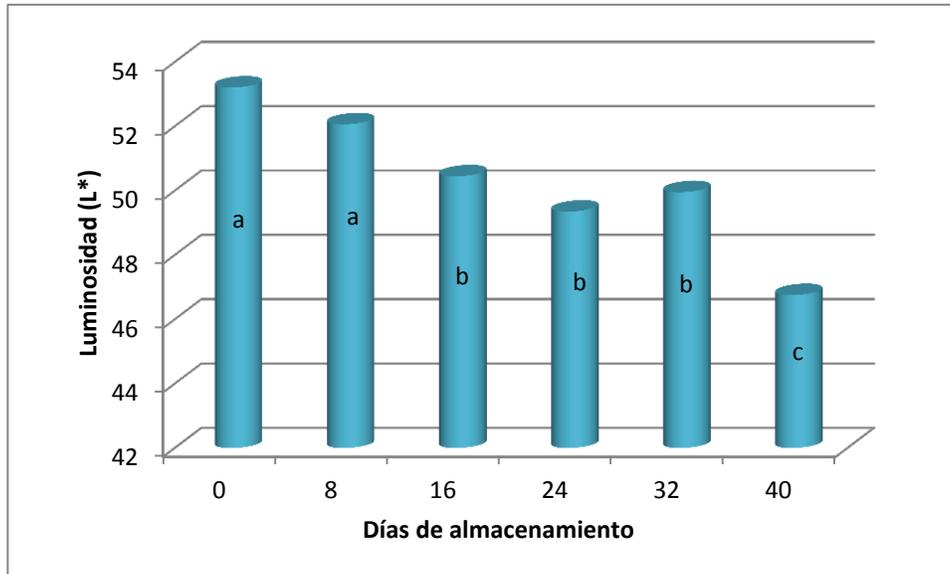


Figura 11. Análisis de medias de la luminosidad (L*) del pimiento morrón deshidratado con respecto al tiempo de almacenamiento

En la siguiente tabla se puede apreciar que no hay diferencia significativa entre el efecto de los dos diferentes envases respecto a la luminosidad en los pimientos deshidratados (Tabla 7).

Tabla 7 Resultado de medias de la luminosidad del pimiento morrón deshidratado con respecto al tipo de envase.

Tipo de envase	Luminosidad (L*)
Celofán	50.4384 a
Plástico	50.1576 a

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias estadísticamente significativas

4.1.2 Peso

De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 2) se observa que existe diferencia estadística entre tratamientos para esta característica en relación al método de secado empleado, al tipo de envase, así como en relación al estado de maduración del pimiento. Sin embargo el peso del pimiento morrón no presenta diferencia estadística significativa en relación al tiempo de almacenamiento.

En la Figura 12 se pueden observar los valores medios de peso en relación al método de secado, donde se muestra que el pimiento deshidratado por liofilización presenta menor peso comparado con el del aire forzado, lo cual es debido a que el primer método elimina mayor parte de la humedad mediante sublimación del hielo del producto congelado (Terroni, E 1997).

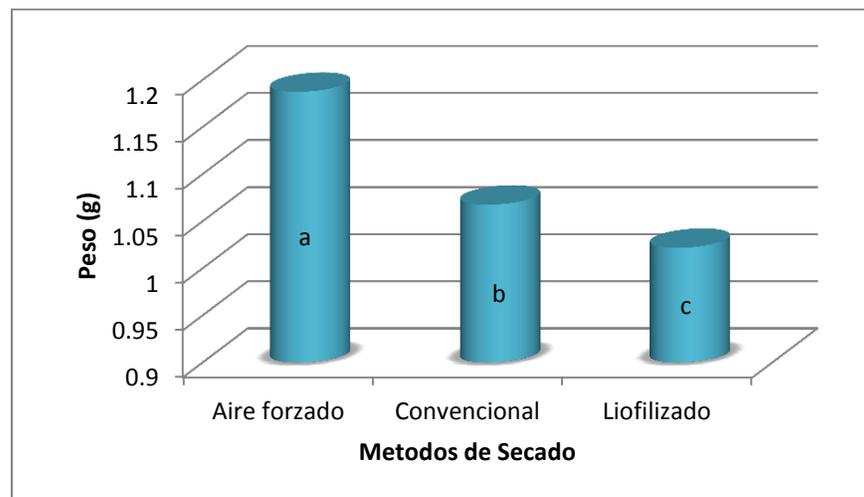


Figura 12 Análisis de medias respecto al peso del pimiento morrón deshidratado en relación a los métodos de secado.

En contraste, el pimiento deshidratado en horno por aire forzado presenta un mayor peso, debido a que el secado mediante este método depende de la velocidad y temperatura del aire empleado (Mulet *et al.*, 1999).

Con respecto a los resultados anteriores, García *et al.*, (2013) quien evaluó piña deshidratada por osmosis y por flujo de aire caliente, encontró que la

deshidratación por osmosis muestra un peso inferior al del flujo de aire caliente, lo que concuerda con los resultados del presente trabajo, en donde el producto deshidratado mediante aire forzado presenta pesos mayores que los productos deshidratados por otros métodos.

En cuanto al efecto generado por el tipo de envase, de acuerdo a la prueba de Tukey (Tabla 8), se puede establecer una diferencia significativa entre el peso del pimiento deshidratado en bolsa de celofán y de polietileno, obteniéndose en la primera un menor peso, lo que puede ser debido a la baja permeabilidad que presenta el material (Matsui *et al.*, 2004; García *et al.*, 2004).

Tabla 8 Resultados de pruebas de medias respecto al peso del pimiento morrón deshidratado con respecto al tipo de envase.

Tipo de envase	Peso
Plástico a	1.43637
Celofán b	0.748356

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Respecto al estado de maduración del pimiento morrón se observa en la Figura 13 que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el estado de maduración intermedio naranja, con respecto a los otros dos, mientras que entre ellos estadísticamente no hay diferencia.

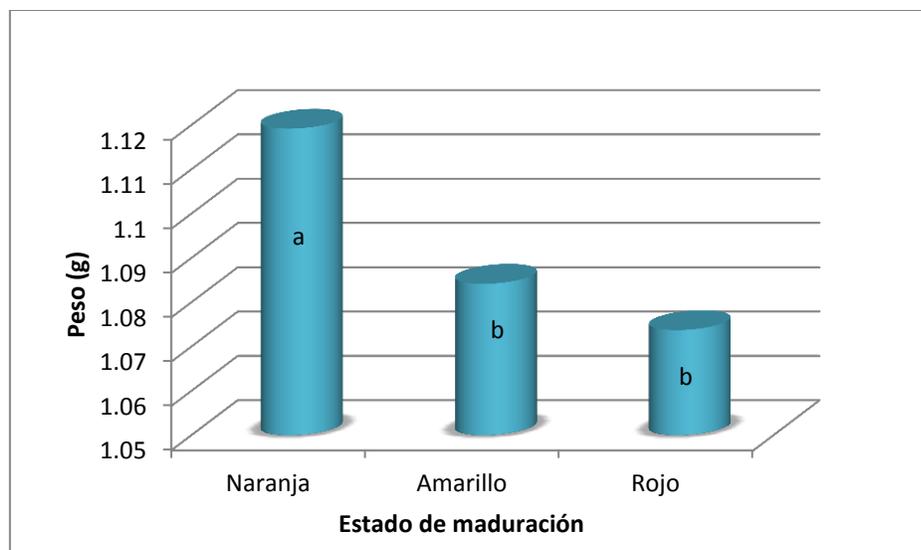


Figura 13 Análisis de medias en base al peso del pimiento morrón deshidratado en relación al estado de maduración.

En la Tabla 9 se puede apreciar que no existe diferencia estadísticamente significativa durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 9 Resultados de pruebas de medias respecto al peso del pimiento morrón deshidratado con relación al tiempo de almacenamiento.

Días de almacenamiento	Peso
0	1.08662 a
8	1.09269 a
16	1.09563 a
24	1.09676 a
32	1.09029 a
40	1.09218 a

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

4.1.3 Firmeza

Como se puede observar en el análisis de varianza en relación a la firmeza (Anexo 3) existe una diferencia significativa respecto a los métodos de deshidratación a los que fueron sometidos los pimientos, al estado de maduración y a los periodos de tiempo en que estuvieron en almacenamiento, mientras que

con respecto al tipo de envase no existen diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto al análisis de medias y en relación con el método de deshidratación los resultados muestran que con el aire forzado se presenta mayor firmeza en los pimientos (Tabla 10).

Tabla 10 Resultado de medias respecto a la firmeza del pimiento morrón deshidratado por tres diferentes métodos.

Método de secado	(Kg/cm ²)
Aire forzado	33.8522 a
Convencional	27.5201 b
Liofilizado	20.859 c

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Los resultados anteriormente presentados tiene relación con los obtenidos por Muñiz *et al.*, (2011), quienes trabajaron con trozos de papaya deshidratados osmóticamente, así también como también con los de García *et al.*, (2013), quienes realizaron una comparación de deshidratado de piña con los métodos de osmosis y flujo de aire caliente, obteniendo como resultado una mayor firmeza con el método de aire caliente.

En relación al estado de maduración y la firmeza, se presenta un incremento conforme el pimiento es más inmaduro, tomando en cuenta que estadísticamente no hay diferencia entre el pimiento naranja y el rojo, mientras que el amarillo (inmaduro) es diferente a estos dos (Figura 14).

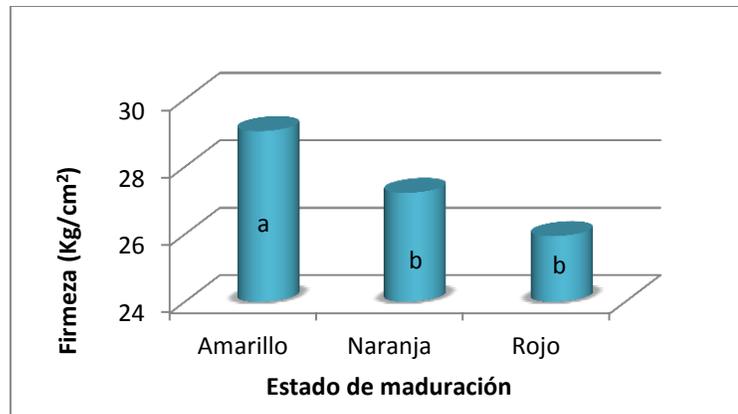


Figura 14 Análisis de medias respecto a la firmeza en relación al estado de maduración del pimiento deshidratado.

En la Figura 15 se muestra el comportamiento de la firmeza durante el almacenamiento, bajo las condiciones de temperatura de 24.9 C y con una humedad relativa de 63%.

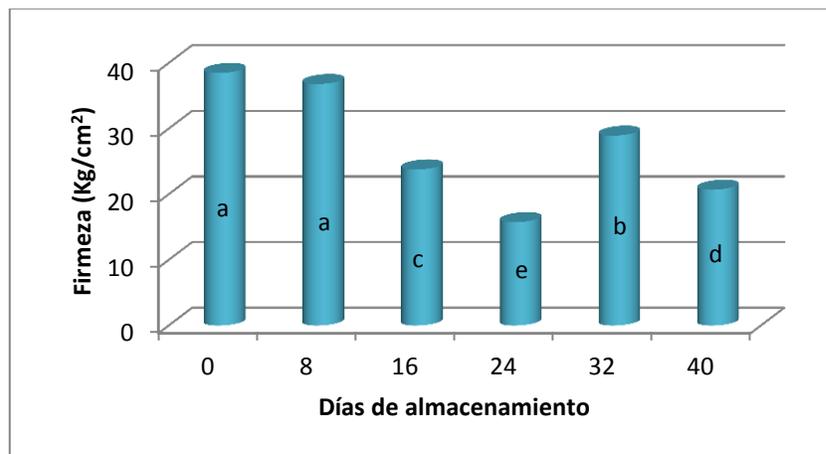


Figura 15 Análisis de medias en cuanto a las fechas de evaluación en relación a la firmeza del pimiento morrón deshidratado.

En los resultados anteriormente presentados se observa que la firmeza fue disminuyendo con el paso del tiempo, mientras que Muñiz *et al.*, (2011), quienes evaluaron trozos de papaya deshidratados osmóticamente, obtuvieron como resultado un incremento en la firmeza durante el almacenamiento que fue de 90 días. La diferencia de resultados puede deberse a que los métodos de deshidratado son totalmente diferentes, y los productos fueron sometidos a

diferentes temperaturas, influyendo también las condiciones de almacenamiento que se brindó al producto.

Como se puede observar en la Tabla 11 el peso del pimiento morrón deshidratado no presentó diferencia estadísticamente significativa con respecto al tipo de envase.

Tabla 11 Resultado de medias respecto a la firmeza del pimiento morrón deshidratado en relación con el tipo de envase

Tipo de envase	(Kg/cm²)
Plástico a	27.4954
Celofán a	27.3255

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

4.1.4 Humedad

El análisis de humedad en el pimiento morrón deshidratado presenta diferencias significativas con respecto al factor de método de secado al igual que en los periodos de tiempo en que se almacenaron las muestras (Anexo 4). Sin embargo no presenta diferencia significativa en cuanto al tipo de envase ni al estado de maduración.

De acuerdo al análisis de medias en relación al método de secado se puede observar (Figura 16), que no existe diferencia estadísticamente significativa entre convencional y aire forzado, lo cual es bueno, ya que el agua es el elemento básico para la vida microbiana, por lo que, al retirarla, ayuda a darle una vida útil más prolongada al alimento. (Vázquez, C 2007; Sharma, 2003;).

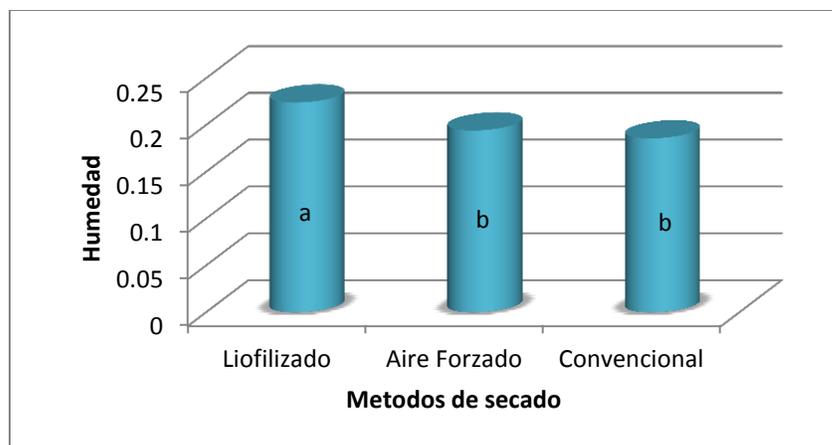


Figura 16 Análisis de medias respecto a humedad en pimiento morrón deshidratado por tres diferentes métodos

El aire de secado se calienta y atraviesa por convección natural o forzada al alimento para arrastrar la humedad, pero relacionado con el tiempo de almacenamiento, el contenido de humedad en el producto depende mucho de la temperatura en la que se encontraban las muestras (24.9 °C).

En la Tabla 12, se muestra la prueba de medias en cuanto al tiempo de almacenamiento en relación con la humedad del pimiento deshidratado y almacenado por seis semanas.

Tabla 12 Resultados de pruebas de medias de la humedad del pimiento morrón deshidratado respecto a las fechas de evaluación.

Días de almacenamiento	Humedad
0	0.221559 b
8	0.223957 b
16	0.227634 b
24	0.229578 b
32	0.0553318 c
40	0.239994 a

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Como se puede observar, existe una diferencia significativa en cuanto a la humedad del producto deshidratado la cual se mantuvo estable del primer día que fue almacenado hasta el día 24, después de esta fecha hubo una variación.

Dichos resultados son diferentes a los de Ronceros, B *et al.*, (2008) quienes estudiaron el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del tomate deshidratado y obtuvo como resultado una humedad alta después de los 90 días de almacenamiento. Mientras que Tania Oro *et al.*, (2008) que evaluaron la calidad de nueces Pecán durante el almacenamiento acondicionadas en diferentes envases, encontraron que el contenido de humedad no sufrió cambios significativos, de manera similar a lo obtenido en el presente trabajo.

En relación con el tipo de envase se demuestra que no existe diferencias estadísticamente significativas entre el plástico y el celofán lo cual nos demuestra que en cuanto a esta variable la humedad permanece intacta de cuando fue envasada hasta después de seis semanas (Figura 17).

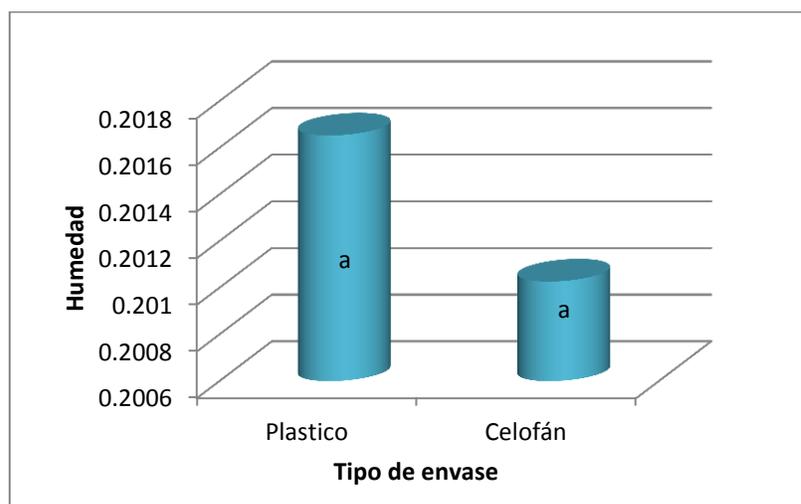


Figura 17 Análisis de medias de la humedad en pimiento morrón deshidratado respecto al tipo de envase.

En la Tabla 13 se puede apreciar que para la variable humedad, no existe diferencia significativa en relación con el estado de maduración del pimiento morrón deshidratado.

Tabla 13 Resultados de pruebas de medias de la humedad del pimiento morrón deshidratado respecto al estado de maduración.

Estado de maduración	Humedad
Amarillo	0.203655 a
Rojo	0.201402 a
Naranja	0.198962 a

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

4.1.5 pH

Respecto a los resultados obtenidos en cuanto al análisis de varianza (Anexo 5), se puede observar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre el método de secado y el estado de maduración del pimiento, mientras que en el tipo de envase y tiempo de almacenamiento no existe diferencia significativa.

En la Figura 18 es demostrado el comportamiento entre un método y otro, donde el producto obtenido mediante aire forzado presenta un pH alto en comparación con el generado por el método de liofilizado y secado convencional, mientras que en estos últimos no existe diferencia estadística alguna.

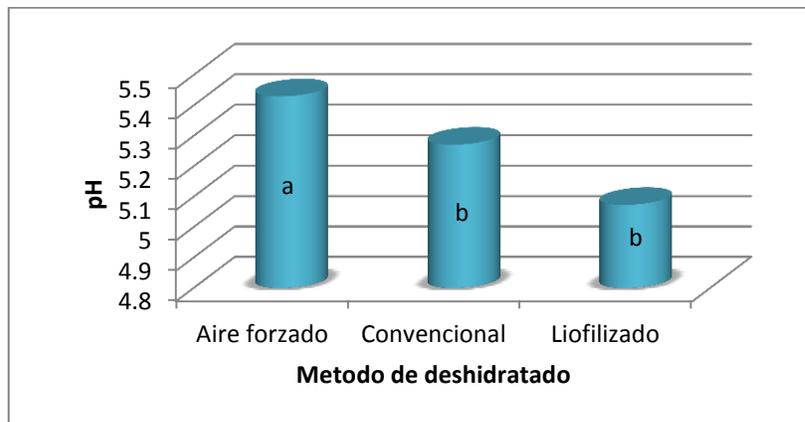


Figura 18 Análisis de medias respecto a pH en pimiento morrón deshidratado por diferentes métodos de secado

En la tabla 14 se observa el comportamiento del pH con respecto al estado de maduración del pimiento, donde el pimiento amarillo presenta mayor pH a

diferencia de los otros dos debido a que es más inmaduro (R.M. Ortega Anta *et al.*, 2006).

Tabla 14 Resultado de medias respecto al pH del pimiento morrón deshidratado en relación al estado de maduración

Estado de maduración del pimiento	pH
Amarillo	5.45681 a
Rojo	5.2316 b
Naranja	5.08583 c

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Con respecto al tipo de envase en relación al pH en la Figura 19 se puede demostrar que no existe diferencia significativa entre ambos.

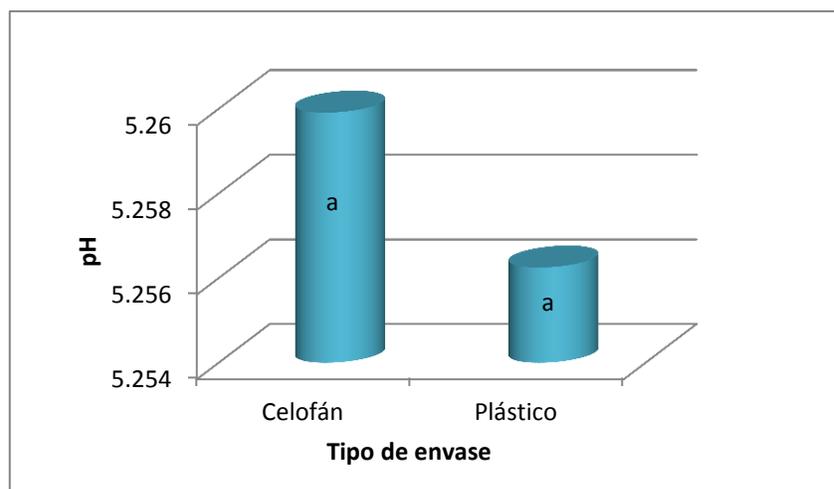


Figura 19 Análisis de medias del pH en el pimiento morrón deshidratado con respecto al tipo de envase.

El pH no presenta diferencia estadísticamente significativa en relación al tiempo de almacenamiento, como se puede apreciar en la Tabla 15.

Tabla 15 Resultado de medias respecto al pH del pimiento morrón deshidratado en relación al tiempo de almacenamiento.

Días de almacenamiento	Humedad
0	5.24292 a
8	5.29208 a
16	5.32417 a
24	5.2558 a
32	5.22819 a
40	5.20528 a

Los datos que aparecen con diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Los resultados antes presentados demuestran una estabilidad respecto al pH, mientras que Arboleda *et al.*, (2003) quienes trabajaron con la vida de anaquel del tomate de árbol osmodeshidratado empacado en atmosferas modificadas almacenados durante 80 días, obtuvieron en sus resultados un aumento de pH en relación al tiempo de almacenamiento; esta diferencia se puede deber al tipo de método de deshidratación y al tipo de envase empleado.

4.1.6 Unidades formadoras de colonias

Respecto a este tema los resultados se obtuvieron después de 24 y 48 horas de haber sido sembrados, fueron contados manualmente donde en la Figura 20 se demuestra que no hubo presencia de hongos, mientras que en bacterias hubo presencia de un número reducido de UFC.

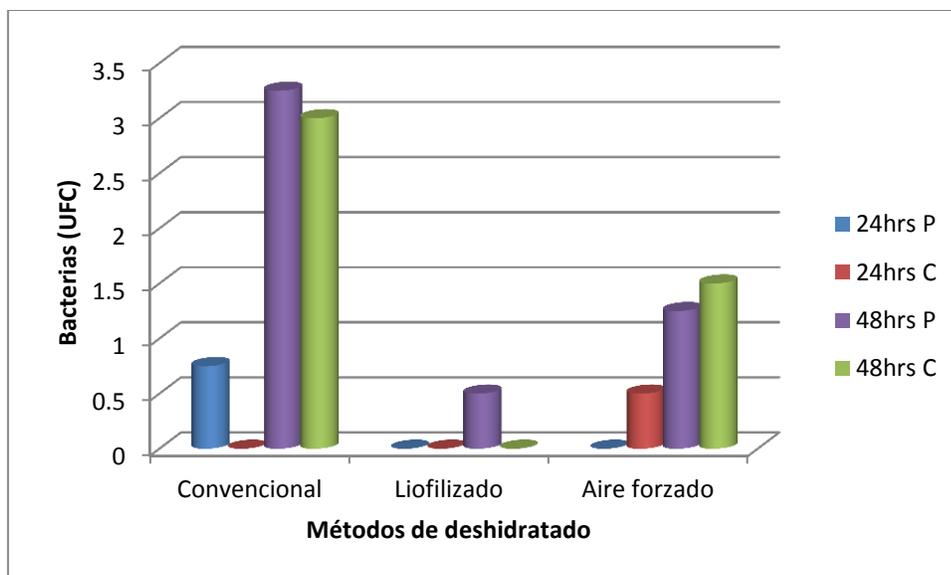


Figura 20. Valores medios de cuatro repeticiones para UFC de bacterias en el pimiento morrón deshidratado con respecto a cada método de deshidratación.

En cuanto a las unidades formadoras de colonias respecto a hongos no presentó crecimiento, mientras que en cuanto la presencia bacteriana a las 24 y a las 48hrs de incubación se observa crecimiento; el método de deshidratado con menor crecimiento fue el liofilizado, debido a que por medio de este tipo de deshidratado se elimina la mayor parte del agua contenida en el producto, lo que dificulta el desarrollo microbiano (Vázquez, C 2007; Sharma, 2003).

4.1.7. Fluctuación de peso

En la Figura 21 y en el Anexo 6 se puede observar el comportamiento de la fluctuación de peso respecto a cada uno de los métodos de deshidratado.

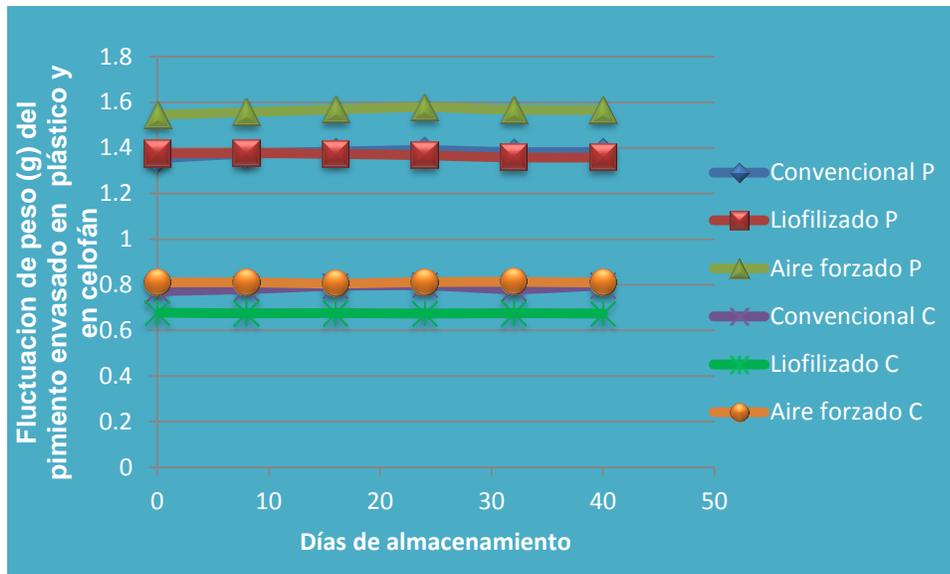


Figura 21 Valores medios de cuatro repeticiones respecto a la fluctuación de peso del pimiento morrón deshidratado por tres diferentes métodos.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 21 se puede observar que el peso de las muestras a lo largo del periodo de almacenamiento se mantuvo constante, con ligeras fluctuaciones.

Respecto a los resultados anteriores se refleja un cambio de peso mínimo en cada uno de los productos deshidratados por diferentes métodos y almacenados ya sea en plástico o celofán, al igual que el comportamiento encontrado por Muñiz *et al.*, (2011) en trozos de papaya deshidratado osmóticamente; mientras que García *et al.*, (2013) quienes trabajaron con trozos de piña deshidratada por ósmosis y por flujo de aire caliente, compararon los resultados de pérdida de peso en ambos métodos obteniendo como resultado una menor disminución de peso en la piña deshidratada por medio de aire caliente, lo cual tiene relación con los resultados presentados de este proyecto, donde el método de aire forzado es donde se presenta menor fluctuación de peso comparado con los otros dos métodos de deshidratación.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente.

Con respecto a la vida de anaquel se demostró que el tiempo de almacenamiento apto para el consumo del presente producto es hasta los 24 días por lo que pasado este tiempo el producto sentó un valor de L* menor (más oscuro) y con mayor humedad, lo que permitió que hubiera presencia de crecimiento microbiano.

En relación a los métodos de deshidratado tanto el método de aire forzado como el de liofilizado mantienen al producto en buen estado hasta los 24 días de almacenamiento con respecto a las características evaluadas de luminosidad, firmeza, humedad y pH, dado que después de dicha fecha se presentaron cambios en el producto generó presencia de microorganismos.

En cuanto al envase se refiere no se presentó diferencia estadísticamente significativa entre el polietileno y el celofán, por lo que ambos envases son aptos para el empaque del pimiento morrón deshidratado.

El estado de maduración que mantuvo las características iniciales del producto deshidratado en relación a la luminosidad, firmeza y pH fue el pimiento amarillo, es decir el más inmaduro, debido a sus condiciones fisiológicas,

CAPÍTULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. G. Rees y J. Bettison, Procesado térmico y envasado de los alimentos, Acribia, 1994.

Alvarez, J.C. 2002. Estudios de vida de anaquel en el laboratorio de control de calidad. *Industria y Alimentos*. (GT). 5(17):28-31.

Álvarez, V. (2006) Efecto de las condiciones de almacenamiento en el tiempo de vida útil de productos de consumo masivos de baja humedad empacados en películas plásticas. Tesis de grado (Ingeniero de alimentos). Escuela superior Politécnica del litoral. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil – Ecuador.

Andritsos, N., P. Damalapakis, Kolios N. Use of geothermal energy for tomato drying. *GHC Bulletin*, 9-13, 2003.

Anzueto, C.R. 2002. Métodos de determinación de vida útil de alimentos procesados. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 5(17):12-20.

Barbosa-Cánovas G.V. Vega-Mercado H. *Deshidratación de Alimentos*. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España), 2000.

Bello Gutiérrez José, *Calidad de vida, alimentos y salud humana*, Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid, 2005.

Bello Gutiérrez, José, *Ciencia y tecnología culinaria*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1988

Bosquez Molina, Elsa y Colina Irezabal, María Luisa, Fundamentos y aplicaciones del procesamiento térmico de frutas y hortalizas, UAM, México, 1999.

Brenna, G.J.; Butters, J.R.; Cowell, N.D. y Lilly A.E. (1980). Las operaciones en la ingeniería de los Alimentos. Zaragoza: Acribia.

Brody, A.L. (2003) Predicting Packaged Food Shelf Life. Food Technology.

Clark, D.S. Los gases como conservadores. In Ecología Microbiana de los Alimentos. Zaragoza, Acribia. v.1 pp. 178-198.

Cornell University, Food Science Department, 2006. The Preliminary Incubation Count for raw milk. Dairy Science Facts. Estados Unidos de América. 4p.

Cruz, H. (2006). Envases Resellables: tendencia en auge. Mundo Alimentario Ameer.

Charm, S.E. (2007) Food engineering applied to accommodate food regulations, quality and testing. Alimentos ciencia e ingeniería.

Desrosier W., Norman, Conservación de alimentos,CECSA, México, 1981.

Doymaz I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. Journal of Food Engineering. 78(4):1291-1297.

Doymaz, I. Air-drying characteristics of tomatoes. J. Food Eng., 78, 1291-1297, 2007.

Fellows, P. 1988. Food processing technology: Principles and practice. Editorial Ellis Horwood. Chichester, Inglaterra. Pp. 429-431.

Foust, A. Principios de operaciones unitarias. Editorial CECSA., 1997.

Fuente : Usda http://www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/nut_search.pl?pepper

García, M.; Pinotti, A.; Martino, M. y Zaritzky, N. 2004. Characterization of composite hydrocolloid films. *Carbohydrate Polymer* 56:339-345.

García-Díaz, G. y Macías-Matos, C. (2008). Temas de Higiene de los alimentos. In A. Caballero (Ed.), *Peligros toxicológicos de los envases plásticos*. (Vol. Capítulo 11, pp. 154). Ciencias médicas La Habana (Cuba).

Gerhardt Ulrich Dr. 1975. *Espicias y condimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza España. pp. 52-55.

Gorny JR (2001) *Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry*. 4th edition. International Fresh-cut Produce Association. Arlington: 216 pp.

<http://amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/JALISCO/PREchile.pdf> Schiffman R.F. (1995). Microwave and dielectric drying, In: *Handbook of Industrial Drying*, 2nd Edition. Vol.1. Dekker, New York.

<http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pimiento/intro.php>

<http://www.fertiberia.com/informacion/cultivos/pimiento.html>.

Infoagro, 2011. <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm> (25/01/12).

Introducción al secado de alimentos por aire caliente (Ibidem,2001).B

R.M. Ortega Anta, B.Basabe Tuero y A.M López Sobaler 2006 MASSON,S.A Travesera de Gracia – Barcelona (España). *Frutas, hortalizas y verduras* Pag 10-15.

Kerkhofs, N.S., Lister, C.E., Savage, G.P. Change in colour and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. *Plant Foods Human Nutr.*,60, 117-121, 2005.

Laborde, J. A. Y O. Pozo 1984. *Compodónico. Presente y pasado del chile en México.* Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. P.115

Labuza, T. P. (1982) *Shelf-life dating of foods.* Connecticut, Food & Nutrition LAU, M. (1992) *Determinación de vida en anaquel mediante pruebas aceleradas en margarina vegetal.* Tesis universidad agraria la molina Lima.PITA, M. M. (2006) *Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Componentes nutricionales del grano de maíz.* Argentina. Pp 44-50.

Lewicki, P.P., Michaluk, E. Drying of tomato pretreated with calcium. *Drying Tech.*, 22, 1813-1827, 2004.

Man, C.M.D., Jones, A.A. (eds.). 1994. *Shelf life evaluation of foods.* Londres: Blackie Academic & Professional

Marín, Z.R. 1999. *Higiene y conservación de los alimentos.* In *Elementos de Nutrición Humana.* Costa Rica, EUNED. Vol.v. pp. 27-31.

Martin-Belloso O, Rojas-Graü MA (2005) *Factores que afectan la calidad.* En *nuevas tecnologías de conservacion de productos vegetales frescos cortados.*

Gonzales-Aguilar GA, Gardea AA, Cuamea-Navarro F(eds) *Ciad AC.* Hermosillo. 558 pp.

Matsui, K.; Larotonda, F.; Paes, S.; Luiz, D.; Pires, A. y Laurindo, J. 2004. Cassava bagasse-Kraft paper composites: analysis of influence of impregnation with starch acetate on tensile strength and water absorption properties. *Carbohydrate Polymer* 55: 237-243

Mulet A., Sanjuán N., Bon J., and Simal S. (1999). Drying model for highly porous hemispherical bodies. *European Food Research Technology*. 210:80-83.

Norma General del Codex para Alimentos Irradiados (Codex stan 106-1983, Nuez F., Gil R., y Costa J. (1996). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Olivas, G. I. I. y Barbosa -Cánovas, G. (2009). *Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables*. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. In K. C. Huber & M. E. Embuscado (Eds.), (pp. 211-244): Springer New York.

Palevitch, D. y Craker, L. E. (1995). Nutritional and medicinal importance of red pepper (*Capsicum* ssp.). *J. Herbs Spices Med. Plants* 3:55-83.

Palevitch, D. y Craker, L. E. 1995. Nutritional and medicinal importance of red pepper (*Capsicum* spp.). *J. Herbs Spices Med. Plants* 3:55-83.

Pavlath, A. E. y Orts, W. (2009) *Edible Films and Coatings: Why, What, and How* *Edible Films and Coatings for Food Applications*. In K. C. Huber & M. E. Embuscado (Eds.), (pp. 1-23): Springer New York.

Pérez, C. F., *Irradiación de alimentos en España*, Unidad Técnica de Protección Radiológica, 2005, pp. 1-23 Press, INC.

Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., Picci, N. (2010). *New EU regulation aspects and global market of active and intelligent*

packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11), 1425-1435. doi:10.1016/j.foodcont.2010.04.028. Rev.1- 2003).

Rojas-Graü, M. A., Raybaudi -Massilia, R. M., Soliva -Fortuny, R. C., Avena-Bustillos, R. J., McHugh, T. H. y Martín -Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (2), 254-264. S.A. Zaragoza España.

Sagarpa.2008. Plan rector nacional sistema producto chile. Consultado en mayo de 2010.

Sharma, S., Mulvaney, S., Rivzi, S. *Ingeniería en Alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. Limusa Wiley, 2003

Singh, R. (1998) *Introducción a la Ingeniería de los Alimentos*, Ed. Acribia.

Sukrasno, N. y Yeoman, M.M. (1993). Phenylpropanoid metabolism during growth and development of *Capsicum frutescens* fruit. *Phytochemistry*. 32: 839 – 844.

TERRONI, E. *Manual básico de liofilización*. Medellín Colombia. Editorial office. 1997 .Pp. 15-17.

Toledo R.T. *Dehydration. Fundamentals of Food Process Engineering*. 2nd Edition. Editorial Chapman & Hall, New York · London, 1994, p 456-506.

Tsamo C.V.P., Bilame A.F., Ndjouenkeu R. (2006). Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Food Properties*. 9(4):877-888.

Urgilés, O. M. (2006). Estudio del efecto de las condiciones de envasado y empacado en el tiempo de vida útil de bocaditos de maíz estrusados almacenados

a temperatura ambiente. Tesis de grado (Ingeniero de alimentos). Escuela superior Politécnica del litoral. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil – Ecuador.

Vázquez, C. Técnicas culinarias de secado. Madrid-España. Editorial Americano. P. 59

Vega A. Lemus R. Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*), Rev Información Tecnol 2006; 27(3): 23-31.

Vela E. 2009. “Los chiles de México”. Revista Arqueología Mexicana. México. 1(1) 35

Villalobos, S.R.I. 1993. “Potencial de la micorriza, vesiculo - arbuscular en la producción de chile (*Capsicum annum* L.) y cebolla (*Allium cepa*L.)”. Tesis de maestría Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México

Viteri, P. Parámetros en liofilización. Guayaquil-Ecuador. Editorial ESPOL. 2009. Pp. 17-51.

www.inti.gob.ar/atp/pdf/cuadernilloEnvasesyEmbalajes.pdf (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

Zapata M., Bañon S., y Cabrera P. (1992). El pimiento para pimentón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable color.

Fuente	DF	Cuadro de la media	F-Valor	PR>F
MÉTODO	2	6078.92313	209.13	<0.0001
TIPO DE ENVASE	1	3.11933	0.11	0.3728
COLOR DE PIMIENTO	2	704.88488	12.12	<0.0001
FECHA	5	29330.30207	201.8	<0.0001

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable peso (g).

Fuente	DF	Cuadro de la media	F-Valor	PR>F
MÉTODO	2	1.0534	259.29	<0.0001
TIPO DE ENVASE	1	51.1232	12583.2	<0.0001
COLOR DE PIMIENTO	2	0.0816	20.1	<0.0001
FECHA	5	0.0009	0.24	0.9451

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable firmeza.

Fuente	DF	Cuadro de la media	F-Valor	PR>F
MÉTODO	2	6078.92313	209.13	<0.0001
TIPO DE ENVASE	1	3.11933	0.11	0.7434
COLOR DE PIMIENTO	2	704.88488	12.12	<0.0001
FECHA	5	29330.30207	201.8	<0.0001

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable humedad.

Fuente	DF	Cuadro de la media	F-Valor	PR>F
MÉTODO	2	0.05845334	51.07	<0.0001
TIPO DE ENVASE	1	0.00004235	0.04	0.8476
COLOR DE PIMIENTO	2	0.00079336	0.69	0.5007
FECHA	5	0.37120343	24.31	<0.0001

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable pH.

Fuente	DF	Cuadro de la media	F-Valor	PR>F
MÉTODO	2	4.59615995	65.09	<0.0001
TIPO DE ENVASE	1	0.00144468	0.02	0.8864
COLOR DE PIMIENTO	2	5.03007106	71.23	<0.0001
FECHA	5	0.13593412	1.92	0.0898

Anexo 6. Fluctuación de peso en relación a los tres diferentes métodos de deshidratación.

