



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS: SELECCION DE MATERIALES DE ENVASADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ANILLOS DE MANZANA DESHIDRATADA.

TRABAJO DE SEMINARIO QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA EN ALIMENTOS PRESENTA: MARIA INES ROMERO RAMIREZ

ASESORA: M.C. MARIA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y embalaje de alimentos; Selección de materiales de envasado
para el almacenamiento de anillos de manzana deshidratada.

que presenta la pasante: María Inés Romero Ramírez.

con número de cuenta: 8516076-9 para obtener el título de:

Ingeniera en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 3 de Septiembre de 2001.

MODULO

PROFESOR

II

Dr. José Luis Arjona Román

II

MC. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza

III

IBQ: J. Jaime Flores Minutti

FIRMA

**GRACIAS: DIOS MIO
POR DARME LA FUERZA
Y LA TENACIDAD PARA LOGRAR
UNA META MÁS EN MI VIDA,
POR PERMITIRME SOÑAR
Y DARME LOS MEDIOS
PARA CONVERTIR
MIS SUEÑOS EN REALIDAD**

DEDICATORIA:

A MIS PADRES:

JOSE EULOGIO ROMERO GONZALES.

¡YO SOY TU SANGRE MI VIEJO!

GRACIAS PAPA: POR DEPOSITAR EN MI LA HERENCIA DEL CONOCIMIENTO Y DE SER ALGUIEN EN LA VIDA.

LEONILA RAMÍREZ ZAMBRANO.

GRACIAS MAMA: POR DARME LA VIDA Y EN ELLA TU CORAZON ENTERO.

A MIS HERMANOS:

ROY, ALEX, MIGUEL, JUAN, ALFONSO Y, VICTOR, (ESPOSAS E HIJOS), POR LA FAMILIA QUE JUNTOS FORMAMOS.

A MI HERMANO: JAVIER POR TU CONFIANZA Y TU APOYO SIEMPRE INCONDICIONAL, GRACIAS.

A MIS HERMANAS:

FANNY, SELMA, JOVIS, LULA Y SUSU: POR TODAS LAS PERIPECIAS QUE JUNTAS HEMOS VIVIDO Y POR QUE DIOS LES ENVIE LA FELICIDAD QUE MERECE.

A QUIEN HA SIDO Y SEGUIRA SIENDO MI SEGUNDA MAMA: MI HERMANA LUPIS, POR BRINDARME TODO EL AMOR QUE EN ELLA EXISTE Y MÁS.

A MIS SOBRINOS:

OSCAR, CESAR Y OSWALDO: POR QUE DIOS LES OTORQUE LA FORTALEZA DE ESTUDIAR Y PREPARARSE PARA ALCANZAR LOS SUEÑOS FORJADOS.

A MI BELLA:

EDITH YAREM: POR SER LA NIÑA QUE ERES, POR TU COMPANIA Y POR LA ALEGRÍA QUE TRAJISTE A LA FAMILIA, TE QUIERO MUCHO CHIQUITA.

A ROBERTO GONZALES MARTINEZ.

MI PROFESOR Y AMIGO: POR LAS VICITUDES QUE JUNTOS HEMOS VIVIDO.

CON CARÍO A:

A MARY CARMEN, JUAN Y A SUS HIJOS: POR SU APOYO, POR SU DISPOSICIÓN Y POR ENSEÑARME EL VALOR DE LA AMISTAD.

A SILVIA PRIEGO, LUIS Y LUIS GERARDO, POR QUE A PESAR DE LA DISTANCIA Y LOS AÑOS TRANSCURRIDOS NOS UNE EL LAZO MÁS NOBLE DE LA HISTORIA: LA AMISTAD.

A ALEX, RUTH, FELIPE, PEDRO, JUAN CARLOS, EVO, EDGAR, JESUS, PATY, TERE, MARCE, PEPE, SILVIA, JUDITH, ADOLFO, CARLOS, ALMA DELIA, GUILLE Y, GIL: POR LOS MOMENTOS INOLVIDABLES QUE VIVIMOS DURANTE LA CARRERA Y POR PERMANECER CUANDO YA TODOS SE HAN IDO.

A PRIMAVERA, MAGO, BENJAMIN, ALFREDO, LUPITA, HECTOR, CLAUS, CESAR Y VIANEY: POR QUE TRABAJANDO SE PUEDEN ENCONTRAR AMIGOS.

GRACIAS.

Puedo vivir con casi nada, pero no sin amor,

Contigo todo es, sin tí nada sería.

Gracias amor:

Por existir, por ser quien eres

Por creer en mi, por la ilusión

Por que ahora sé, que no me olvidaste.

María Inés Romero Ramírez.

**"NO ESTUDIO PARA SABER MÁS QUE LOS DEMÁS,
ESTUDIO PARA SER MENOS IGNORANTE"**

AGRADECIMIENTOS:

M. C. MARIA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA.
POR SU INFINITA PACIENCIA Y POR COMPARTIR INCONDICIONALMENTE
SUS CONOCIMIENTOS.

DR. JOSE LUIS ARJONA ROMAN.
POR SU ORIENTACIÓN Y CONFIANZA EN UNA EGRESADA MÁS.

IBQ. JOSE JAIME FLORES MINUTTI.
POR LAS OBSERVACIONES APORTADAS AL PRESENTE TRABAJO.

M. C. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS.
POR LA DISPONIBILIDAD QUE SE REQUIERE EN TODO MOMENTO.

A TODOS LOS PROFESORES Y PONENTES DEL SEMINARIO:

"ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS".

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN.

A TODOS LOS PROFESORES.

INDICE GENERAL

Índice general.....	1
Índice de cuadros y figuras.....	3
Introducción.....	4
Objetivos.....	6

CAPITULO I

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE ANILLOS DE MANZANA DESHIDRATADA

1.1.- Deshidratación y secado.....	8
1.2.- Procesos de secado.....	10
1.3.- Deshidratación de anillos de manzana.....	12
1.4.- Cambios físicos y químicos de anillos de manzana.....	15
1.4.1.- Aspectos fisicoquímicos del agua en las frutas.....	15
1.4.1.1.- Contenido de humedad.....	16
1.4.1.2.- Humedad relativa.....	18
1.4.1.3.- Actividad de agua.....	18
1.4.1.4.- Isotherma de adsorción.....	19
1.4.1.5.- Humedad de monocapa.....	22
1.4.2.- Formación de aroma.....	25
1.4.3.- Acción enzimática.....	26
1.4.4.- Degradación de pigmentos.....	27
1.4.5.- Reacciones de Maillard.....	27
1.4.6.- Composición química.....	28
1.5.- Efectos del proceso de deshidratación.....	30
1.5.1.- Efectos sobre el valor nutritivo.....	30
1.5.2.- Efectos sobre la textura.....	31
1.5.3.- Efectos sobre el aroma.....	33
1.5.4.- Efectos sobre el color.....	34

CAPITULO II METODOLOGÍA

2.1. Cuadro metodológico.....	36
2.2. Descripción del cuadro metodológico.....	37

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES DE ENVASADO

3.1.- Descripción de materiales de envase.....	40
3.2.- Envases poliméricos.....	41
3.3.- Envases laminados.....	52
3.4.- Envases de papel.....	53
3.5.- Envases de cartón.....	55

CAPITULO IV

SELECCIÓN DE MATERIALES DE ENVASE

4.1.- Interacción producto / envase.....	58
4.2.- Interacción producto/envase/medio ambiente.....	60
4.3.- Interacción medio ambiente / producto.....	63
4.4.- Compatibilidad producto / envase.....	64
4.5.- Determinación de la compatibilidad producto / envase.....	65
4.6.- Selección de materiales envase.....	69
4.7.- Almacenamiento de anillos manzanas deshidratada.....	76
Conclusiones.....	78
Bibliografía.....	80

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadros:

Cuadro 1	Composición de agua en frutas frescas y deshidratadas.....	9
Cuadro 2	Índice de reducción de frutas.....	14
Cuadro 3	Crecimiento microbiano.....	17
Cuadro 4	Composición de manzana en estado fresco.....	29
Cuadro 5	Composición de frutas secas por 100 gramos de producto.....	29
Cuadro 6	Propiedades de materiales plásticos.....	42
Cuadro 7	Propiedades de barrera de polipropileno PP.....	46
Cuadro 8	Clasificación de polietileno por densidades.....	48
Cuadro 9	Materiales laminados.....	53
Cuadro 10	Interacciones producto/envase/medio ambiente.....	68
Cuadro 11	Materiales seleccionados.....	71
Cuadro 12	Almacenamiento de frutas deshidratadas.....	76

Figuras:

Figura 1	Isotermas de adsorción y desorción de agua.....	20
Figura 2	Isoterma de adsorción de agua de diversos alimentos.....	21
Figura 3	Isoterma de sorción de humedad típica de un alimento.....	22
Figura 4	Fenómeno de migración.....	59
Figura 5	Fenómeno de permeación.....	62
Figura 6	Fenómeno de adsorción.....	64
Figura 7	Parámetros de evaluación.....	67
Figura 8	Estructura laminar PP/PVDC/PP.....	73
Figura 9	Estructura laminar PVDC/papel/PVDC.....	74
Figura 10	Estructura laminar MXDLT/LDPE/papel/PVDC.....	74

INTRODUCCIÓN

El propósito de desarrollar este trabajo, es contribuir al conocimiento interdisciplinario de la carrera de Ingeniería en Alimentos a través del análisis y reflexión en la selección de materiales empleados en el envasado de anillos de manzana deshidratada.

En la primera parte del documento se investigan las propiedades físicas y químicas de anillos de manzana deshidratadas, mismo que es aprovechado para la delimitación de la investigación documental y su relación con el envasado en materiales poliméricos.

En la segunda parte se revisan las características y propiedades de los materiales de envasado que existen actualmente en el mercado y se propone el uso de aquellos que cumplen los requisitos de almacenamiento de anillos de manzana deshidratada.

En el tercer capítulo se realizó un análisis de las posibles interacciones producto-envase presentes en anillos de manzana deshidratada y se indica la estimación del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente, se concluye que este puede prolongarse cuando se combina con refrigeración y/o congelación.

La economía mexicana tiene gran necesidad de obtener divisas vía exportación; los productos de alto valor, como las frutas deshidratadas, se

encuentran entre los bienes que nuestro país puede ofrecer, al mercado internacional.

El crecimiento de consumo nacional aplicado en la preparación de frutas y legumbres deshidratadas fue para el año de 1988: 26,704 Kg y para 1998, 402,794 Kg, que corresponden a los datos registrados en el Sistema de Cuentas Nacionales de México reportado por el Banco de Información Económica en el año 2001. (INEGI, 2001).

Ha sido tal la demanda de consumo de frutas deshidratadas que es necesario ofrecer nuevos envases diferentes de los comúnmente usados como las bolsas de nylon y las charolas de poliestireno. Sin embargo, aún se requiere desarrollar tecnología durante el envasado que permita competir en los mercados internacionales.

El diseño de envases y embalajes y la elección de los mismos, es un área que demanda capacitación al ritmo del desarrollo de los nuevos materiales y procesos, en donde se tome en cuenta también la protección y cuidado del medio ambiente, tal es el caso del uso de materiales reciclables y biodegradables como alternativa de envasado.

Por tal motivo el objetivo de la elaboración del presente documento es analizar los criterios de selección de envases poliméricos plásticos para el envasado de anillos de manzana deshidratada.

OBJETIVOS

GENERAL:

ANALIZAR LOS CRITERIOS DE SELECCION DE MATERIALES POLIMERICOS DE ENVASES PARA EL ALMACENAMIENTO DE ANILLOS DE MANZANAS DESHIDRATADAS.

PARTICULARES:

- 1.- ANALIZAR LOS PARAMETROS DE PROCESO Y CONDICIONES DE A_w FINAL QUE CONTRIBUYEN AL DETERIORO DE ANILLOS DE MANZANA DESHIDRATADA.**
- 2.- INVESTIGAR LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS DIFERENTES MATERIALES PARA EL ENVASADO DE ANILLOS DE MANZANA DESHIDRATADA.**
- 3.- DEFINIR LA COMPATIBILIDAD ENVASE – PRODUCTO Y DESCRIBIR LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE ANILLOS DE MANZANA DESHIDRATADA.**

CAPITULO I
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE ANILLOS DE
MANZANA DESHIDRATADA

1.1.- Deshidratación y secado

Deshidratación: Es un método de conservación que consiste en reducir el contenido de agua presente en un alimento, es una técnica basada en la exposición de productos a una corriente de aire caliente, con tiempo y temperatura controlada, en donde se lleva a cabo la pérdida de agua de la estructura molecular, (o bien del agua de cristalización), generando una excelente protección frente a las principales causas de alteración de los alimentos, almacenados a temperatura ambiente. (Chapman 1994).

Los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio con actividad de agua (A_w) menores a 0.6 logrando además reducir la actividad enzimática y, la mayor parte de las reacciones químicas, de aquí que este sea el mejor método de conservación para que se almacenen a temperatura ambiente, productos de baja actividad de agua, clasificados como alimentos de humedad intermedia. (Badui 1986, Brennan 1980).

Secado: Es el proceso de deshidratación que se aplica a diferentes alimentos que se requieren conservar en las operaciones industriales de secado se utiliza la transmisión de calor por convección, conducción, radiación o por una combinación de las tres, en donde la transmisión de calor debe proceder del exterior al interior.

Las frutas y algunos otros alimentos, cuya tasa de humedad es por término medio del 80% como se muestra en el cuadro 1, pueden secarse hasta reducir el peso inicial a una quinta parte y el volumen a la mitad lo que

determina una ganancia de volumen de almacenamiento con la ventaja de extender la vida útil de los productos deshidratados, como es el caso de anillos de manzana deshidratada.

Cuadro 1: Composición de agua en frutas frescas y deshidratadas

FRUTA	FRESCA	DESHIDRATADA
Albaricoque	86.00 %	13.00 %
Ciruela	85.00 %	17.00 %
Durazno	86.00 %	17.00 %
Manzana	84.00 %	18.00 %
Uva	81.00 %	13.00 %

Desrosier 1999, Arthey 1993

El cuadro 1 presenta valores de composición porcentual de contenido de agua en frutas frescas y el contenido de agua posterior a la deshidratación lo que indica una pérdida del 72 % de agua en la composición total.

Durante el proceso de secado se controla básicamente el tiempo de exposición al medio de calentamiento, la presión y la temperatura, cuando se realizan de manera adecuada se obtienen productos de excelente calidad, conservando la mayor parte de los componentes nutricionales así como las propiedades organolépticas. (Earle. 1969, Mathlouthi, 1985).

Secado natural: Es la deshidratación por la acción del sol sobre productos de geometría definida, distribuidos homogéneamente. Para que el secado se lleve acabo la humedad relativa del medio ambiente debe ser menor al contenido de humedad del producto.

Los principales inconvenientes del secado natural son el tiempo de exposición porque depende fundamentalmente de las condiciones ambientales y la mano de obra necesarias durante la preparación. El producto resultante presenta un contenido de humedad del 12 al 24%, no se puede controlar y no garantiza un producto homogéneo. (Arthey 1993, Ranken 1981).

1.2.- Procesos de secado

Los sistemas y procesos de secado se pueden clasificar en discontinuos y continuos, en el secado discontinuo o por lotes, los materiales se introducen en el equipo de secado y el proceso se verifica por períodos de tiempo. En el proceso continuo, los materiales se depositan sin interrupción al equipo de secado obteniendo material seco en régimen continuo.

En función de las condiciones físicas, los procesos de secado que se usan para la deshidratación de anillos de manzanas se conocen como secado directo y secado indirecto. (Perry 1982).

a).- Secado directo: El calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, el vapor de agua se elimina por medio del mismo aire. Los secadores directos se llaman también secadores por convección, en ellos el secado de anillos de manzana se lleva a cabo en secadores de circulación directa, en donde el material se mantiene en un tamiz de transporte continuo, mientras se hace circular aire caliente sobre el producto, también se lleva a cabo en secadores de túnel en donde el material

es colocado en carretillas que se desplazan a través de un túnel en contacto con aire caliente, durante el secado con aire caliente por contacto directo se obtienen productos con contenidos de humedad final de 2 al 10 %. (Ranken 1981)

b).- Secado indirecto: El calor se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención, el vapor de agua se separa independientemente del medio de calentamiento, la velocidad de secado depende del contacto que se establezca entre el material húmedo y las superficies calientes, los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto.

En el secado indirecto de anillos de manzana se emplea el método de secado al vacío, el cual se lleva a cabo por la reducción de la presión de vapor de agua presente en el producto, por lo que se da un cambio de fase a baja temperatura (deshidratación por efecto de sublimación) y por consiguiente el producto sufre menor daño interno en su estructura, lo cual permite tener un producto más estable pero más sensible a la humedad relativa ambiental y a las condiciones de almacenamiento.

En el proceso de secado al vacío, la eliminación del agua se verifica con mayor rapidez, a presiones bajas, el calor se aplica indirectamente por contacto en una pared metálica o por radiación, también se usan temperaturas bajas en condiciones de vacío en materiales que se decoloran o descomponen a temperaturas altas, como los anillos de manzana deshidratada, debido a su alta

sensibilidad, a la pérdida de sabor, color, aroma y componentes nutritivos. No siempre se aplica el vacío, el calentamiento también se efectúa por contacto con parrillas calentadas con vapor o agua caliente, sobre las cuales se coloca el material. (Perry 1982, Geankoplis 1995)

La deshidratación de la fruta fresca a vacío, en lugar del secado directo, determina una mejor retención de aroma y conserva la mayor parte de sus componentes nutricionales y propiedades sensoriales. El producto resultante tiene un contenido de humedad del 3 al 5% con las ventajas de presentar un peso mucho menor y un periodo de almacenamiento en los climas tropicales mucho más largo. (Cheftel 1983, Arthey 1993)

Los equipos que se emplean para el secado de anillos de manzana, se conocen como: deshidratadora de cinta, deshidratadora de armario a vacío y deshidratadora de bandejas al vacío.

c).- Secado artesanal: La deshidratación de anillos de manzana también se realiza artesanalmente en hornos de secado con temperatura controlada, con la desventaja de obtener un producto con humedades variables desde 8 hasta 18 % de humedad, sin garantizar la conservación de los componentes y propiedades sensoriales, básicamente sabor, color y aroma.

1.3.- Deshidratación de anillos de manzana.

El secado de anillos de manzana, se inicia con la recepción de frutos seleccionados, sometidos a un proceso de limpieza, continuando con el pelado,

descorazonado y, cortado en anillos de 6 mm de grosor, conforme se cortan se sumergen en una solución al 1% de ácido eritórico en agua por espacio de 2 horas, con objeto de disminuir las pérdidas de ácido ascórbico, retrasar el desarrollo del pardeamiento enzimático y de esta forma conservar el color en el producto final, transcurrido este tiempo los anillos de manzana se depositan en escurridores hasta eliminar la solución de escaldado, posteriormente se colocan de manera uniforme en charolas y se inicia el proceso de secado.

La deshidratación consiste en eliminar la mayoría del agua contenida en los anillos de manzana, la cantidad de agua que se debe eliminar depende de la materia prima, la humedad residual promedio que asegura una buena conservación, es del 18% para la mayoría de las frutas y del 12 al 18% para los anillos de manzana deshidratada. (Donald. 1989, Whiley 1992)

El ácido eritórico y su sal son productos GRAS (generalmente reconocido como seguro) según la corregida Sección 21 (32)(s) de la Federal Food Drug and Cosmetic Act. de EEUU, para productos deshidratados, 1994, actúan como fuertes agentes reductores absorben el oxígeno y de esta forma reducen el oxígeno molecular.

El rendimiento del proceso de secado se puede estimar utilizando el índice de reducción, este es el factor entre el cual se divide el peso inicial de la materia prima en estado fresco, para obtener el peso del producto final del producto deshidratado, expresado en Kg.

$$IR = \frac{P_i}{P_d}$$

Donde:

IR = Índice de reducción

P_i = Peso inicial del producto (Kg)

P_d = Peso del producto deshidratado (Kg)

Por ejemplo para obtener 10 kilogramos de anillos de manzanas deshidratada se necesitan 80 kilogramos de manzanas frescas en una relación de 8 a 1. Tal como se muestra en el cuadro 2, en donde se registran índices de reducción de frutas deshidratadas que comúnmente se encuentran en el mercado. (Hayes 1987, Parra. 1971).

Cuadro 2: Índice de reducción de frutas

FRUTA	INDICE DE REDUCCION
Albaricoque	5.0
Ciruela	3.0
Durazno	6.0
Manzana	8.0
Uva	3.0

Parra 1971

1.4.- Cambios físicos y químicos de anillos de manzana

La deshidratación ocasiona generalmente una pérdida de peso y frecuentemente de volumen, lo que es una ventaja para el almacenamiento y transporte; al mismo tiempo la posibilidad de utilizar los productos en un proceso posterior.

De lo anterior se deduce que los anillos de manzana deshidratada deben tratarse en todas las fases con suficiente cuidado y, para ello es necesario describir los cambios físicos y químicos del producto que se derivan del contenido de agua.

1.4.1.- Aspectos fisicoquímicos del agua en las frutas

El agua es el componente mayoritario de los alimentos contribuye en forma determinante a las características de textura, apariencia, sabor, etc. Igualmente es un factor importante en el deterioro de alimentos por el papel que desempeña en diferentes reacciones químicas y enzimáticas así como en el desarrollo microbiano. (Fennema 1985).

Desde la antigüedad se ha reconocido que los alimentos con mayor contenido de agua son los más perecederos de tal manera que el control del contenido de humedad de un alimento ha sido una herramienta para su conservación. Desde hace años se ha practicado: el secado, el salado, el azucarado e incluso la congelación a fin de controlar el contenido de agua ya sea removido, inmovilizándola en forma de hielo o ligada a otros compuestos, generando así la estabilidad química como biológica del alimento. (Labuza 1980)

Aunque el contenido de humedad en alimentos puede ser indicativo de susceptibilidad al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad.

El contenido de humedad es insuficiente para indicar la perecibilidad de un alimento al no tomar en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo.

Por tal motivo en los procesos de secado es importante considerar los cambios que se generan a partir del contenido de agua, la influencia de la humedad relativa, la relación que tiene con la actividad de agua, la forma grafica de representarla para su cuantificación, hasta la determinación del valor de humedad de monocapa, en donde se observa la mayor estabilidad para productos deshidratados.

1.4.1.1.- Contenido de humedad

El contenido de humedad de un alimento se define como la cantidad de agua presente en su estructura, en forma libre o ligada distribuida en forma heterogénea. El agua libre, es la porción de agua que no congela a -20° y se puede determinar mediante análisis térmico diferencial, o resonancia magnética nuclear. El agua libre es también la porción de agua que se volatiliza, se pierde fácilmente durante el calentamiento y es responsable de la actividad de agua.

La relación de concentraciones entre el agua ligada y el agua libre se incrementa en la medida en que el producto tenga mas agua, en los productos deshidratados como los anillos de manzana esta relación se reduce considerablemente por efecto del proceso lo que contribuye a obtener productos altamente estables en función de la actividad de agua.

El contenido de humedad de un alimento puede expresarse sobre la base del peso húmedo y la masa de agua por unidad de masa de producto húmedo, o sobre la base del peso seco de masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos secos.

Durante el proceso de deshidratación de anillos de manzana se observan pérdidas en el contenido de humedad hasta de un 80% lo que conduce a una pérdida de peso y volumen y conlleva a una ganancia de estabilidad por efecto de la concentración de los componentes.

El agua presente en las frutas deshidratadas no sólo contribuye a la textura y consistencia sino que sus interacciones con los demás componentes determinan el tipo de reacciones que pueden desarrollarse. Los principales microorganismos responsables del deterioro de las frutas deshidratadas son las levaduras osmofílicas y los mohos serofílicos como se muestra en el cuadro 3: en donde se observan los tipos de microorganismos y los intervalos de actividad de agua en la cual pueden desarrollarse. (Duckworth 1975; Muller 1989).

Cuadro 3: Crecimiento Microbiano

Microorganismo	Aw para Crecimiento
Bacterias halófilas	0.75 – 0.91
Hongos Xerófilos	0.85 – 0.80
Levaduras osmofílicas	0.60 – 0.80

Davenport 1979

1.4.1.2.- Humedad relativa.

La Humedad relativa o RH (relative humidity) se refiere a la relación entre la presión parcial del vapor de agua (P_w) a una temperatura dada (T_o) y la presión total del mismo en condiciones de saturación (P_{sat}) a la misma temperatura. Se expresa como un porcentaje y es numéricamente igual al porcentaje de humedad.

$$HR = \frac{P_w}{P_{sat}} \times 100 \quad \text{igual} \quad HR = \frac{D_w}{D_{sat}} \times 100$$

En donde:

P_w = Presión parcial del vapor de agua

P_{sat} = Presión total en condiciones de saturación.

D_w = Densidad del vapor de agua en condiciones normales

D_{sat} = Densidad del vapor de agua en condiciones de saturación

Las presiones P_w y P_{sat} se expresa generalmente en milibares. La humedad relativa es la forma más común de expresar el contenido de vapor de agua de una muestra de aire o gas, la humedad relativa es un factor importante durante el almacenamiento de productos deshidratados ya que determina el equilibrio entre el contenido de agua del producto y la humedad del ambiente que lo rodea.

1.4.1.3.- Actividad de agua (A_w)

En 1953 Scott, introduce el término de actividad de agua (A_w), explicando que es la relación entre la presión de vapor de un alimento y la del agua pura a la misma temperatura, lo que genera un equilibrio entre la

humedad relativa y la presión osmótica, también se define como humedad relativa en equilibrio. (Duckworh 1975, Rockland 1981).

En su forma matemática la A_w de agua se expresa con la siguiente ecuación:

$$A_w = P/P_0 = \text{HRE} (\%)/100$$

Donde:

P = Presión del vapor del agua del alimento a Temperatura constante

P_0 = Presión de vapor del agua pura a Temperatura constante

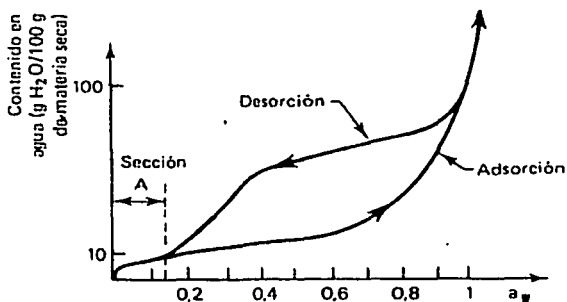
HRE (%) = Humedad relativa en equilibrio expresado en porcentaje.

La actividad de agua, junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos deshidratados. La actividad de agua es una propiedad intrínseca y se relaciona con el contenido de humedad por medio de las curvas o isotermas de adsorción y desorción y no se debe confundir con el contenido de agua ya que no es una relación lineal.

1.4.1.4. - Isotherma de adsorción

Una isoterma de adsorción (o de desorción), es una curva que indica, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la cantidad de agua retenida por un alimento en función de la humedad relativa de la atmósfera que le rodea y de manera inversa, la presión parcial de vapor ejercida por el agua del alimento, en función del contenido de agua en el mismo.

La figura 1 representa una isoterma de adsorción y desorción, en donde cada punto de la ordenada indica en gramos por cien gramos de producto seco, el contenido de agua del alimento; la abcisa correspondiente da, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la actividad de agua en el alimento, equitativamente humedad relativa encima del alimento.



Fennema P. 1993

Figura 1: Isotermas de adsorción y desorción de agua.

La utilidad del conocimiento y el uso de las isotermas de absorción radica en que permiten calcular el número de sitios activos o la superficie efectiva de un producto y es de interés particular la absorción de sustancias volátiles o compuestos aromáticos, oxígeno, vapor de agua y nitrógeno.

Las isotermas prevén la actividad de agua de mezclas de diversos ingredientes, más o menos húmedos, permiten también prever la influencia de

las variaciones de humedad relativa ambiente, sobre el contenido de agua de un producto expuesto, indicando así la higroscopicidad del producto.

Las frutas deshidratadas contienen actividades de agua que comprende un intervalo de 0.6 a 0.80. Como se observa en la figura 2, en donde se grafican las isoterma de alimentos que han sido sometidos a procesos de deshidratación y se registran datos correspondientes como resultado del comportamiento de los diversos constituyentes en relación al contenido de agua.

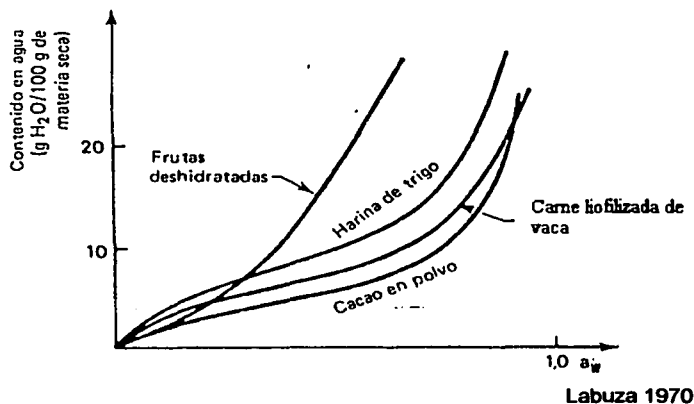


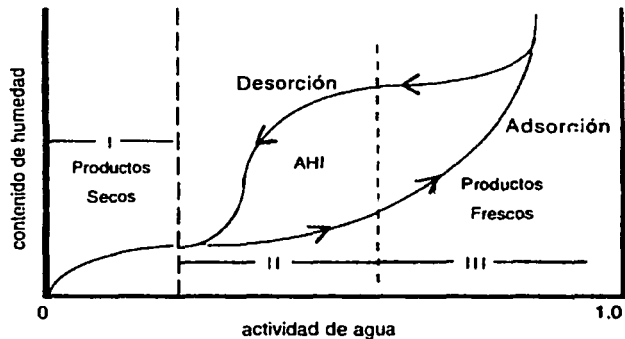
Figura 2: Isoterma de adsorción de agua de diversos alimentos.

1.4.1.5.- Humedad de monocapa

Para efectos didácticos la humedad de monocapa se esquematiza en la figura 3, en donde se observan tres zonas según el valor de la actividad de

agua. Cada una de estas zonas se ha asociado con una interacción diferente del agua con los componentes no acuosos.

También se puede observar el fenómeno de histéresis que se produce en la determinación de la isoterma de un producto y que provoca relaciones diferentes entre el contenido de humedad y la A_w en adsorción o en desorción.



Labuza 1980

Figura 3: Isoterma de sorción de humedad de típica de un alimento.

Zona I: La zona I de la isoterma abarca un intervalo de A_w entre 0 y 0.25 aproximadamente representa agua fuertemente unida a sitios polares siendo la misma difícil de eliminar durante el secado y no se congela a -40°C . Esta agua no actúa como solvente y está en una cantidad pequeña como para considerar que tenga un efecto plastificante en el sólido de hecho se comporta como sólido.

El límite entre la zona I y la zona II se ha asociado al contenido de humedad de "monocapa" del alimento y representa la fracción de agua que interactuaría directamente con la superficie de grupos polares. (Fennema 1993).

La Zona I, Representa la capa monomolecular BET, el agua contenida en esta zona es aún más difícil de eliminar en los procesos de secado comercial. En algunos casos se puede reducir parcialmente en los procesos de oxidación, pero no es recomendable por que se requiere de mayor energía y puede dañarse el alimento. Su presencia ejerce un efecto protector contra las reacciones de oxidación de lípidos por que actúa como barrera del oxígeno. (Rockland 1981, Duckworth 1975)

Zona II.- El agua se localiza en diferentes capas más estructuradas y en microcapilares, es más difícil de eliminar. Al eliminarla se obtienen actividades acuosas de 0.3 aproximadamente. La zona II de la isoterma corresponde aproximadamente a niveles de A_w entre 0.25 y 0.80, el agua en esta zona formaría capas adicionales alrededor de los grupos polares y se le ha llamado "agua de multicapa". Esta agua tiene propiedades diferentes a la del agua pura. El agua de la zona I y la zona II combinada constituyen alrededor del 5% del agua total en un alimento de alta humedad.

Zona III: La zona III corresponde a valores de A_w mayores a aproximadamente 0.80. Frecuentemente a la proporción de agua en la parte superior de esta zona, se le conoce como "agua libre" y tiene propiedades muy similares a las del agua de una solución diluida o bien del agua pura se puede

congelar, sirve como solvente y es suficientemente abundante como para permitir reacciones químicas deteriorativas o el crecimiento microbiano.

Esta agua llega a constituir más del 95% del agua total en un alimento de alta humedad. Es importante resaltar que los límites para cada una de las zonas son aproximados incluso puede haber intercambio de agua entre diferentes zonas.

Labuza y col., 1970, demostraron que la máxima estabilidad durante el almacenamiento de los alimentos deshidratados se obtiene a una humedad relativa correspondiente poco más o menos a la capa monomolecular. A causa de la adsorción del agua, la capa de agua se opone a la difusión del oxígeno y de los lípidos, porque el agua compite con el oxígeno, para ocupar los sitios de adsorción.

En 1986 Bourne realizó experimentos para evaluar la fuerza de compresión partiendo de cubos de manzana fresca de 10 mm, reduciendo gradualmente la A_w de 0.75, 0.65, 0.44, 0.33 y 0.23, los resultados obtenidos fueron muy similares al mostrar: alta deformación, alta cohesividad, y con actitud de recuperar su forma inicial. En cubos de manzana con A_w de 0.23 a 0.14 se observó una alta gomosidad, en actividades de agua de 0.14 a 0.12 hasta 0.01, se aprecia una alta fracturabilidad lo que indica un producto totalmente seco. El agua monomolecular de anillos de manzana deshidratada fue calculado en 0.23 en donde se aprecia una textura suave y flexible similar a la piel humana, cabe mencionar que debido al contenido de azúcares son

claramente higroscópicas, por encima de cierta humedad relativa. A temperatura ambiente se considera segura para la conservación una actividad de agua a 0.60. (Duckword 1975, Muller 1989)

1.4.2.- Formación de aroma

El aroma de una fruta en particular se debe a una mezcla compleja de constituyentes volátiles. Los aromas son difíciles de analizar debido a que los componentes son insaturados y altamente inestables, estos incluyen ésteres, aldeídos, alcoholes, cetosas y terpenos. La cantidad de cualquier constituyente es generalmente pequeña, por medio de cromatografía de gases junto con otras técnicas analíticas, han sido aislados e identificados los constituyentes en el aroma de una serie de frutas.

La evaluación sensorial de estos compuestos ha sido utilizado para identificar a aquellos que contribuyen con un olor general de fruta y aquellos que contribuyen al carácter específico del aroma. Por ejemplo en manzanas frescas se ha identificado el 2-trans hexanol, responsable del aroma característico de manzanas, el cual se emplea para evaluar la permeabilidad y la difusividad en polímeros plásticos. (Delassus, P., Tou, C., and Eabinet, D. Transport of apple Aromas in Polymer Films in: Joseph H. Hotcniciss, Food and packagin interacciones, American Chemical Society. 10 – 26, 1988).

El aroma característico de las frutas deshidratadas, especialmente de los anillos de manzana deshidratada se desarrolla a partir de los aceites esenciales y de la reacción de los carbohidratos durante el secado que se conserva o se

transforma en función de las condiciones de proceso y es un factor de calidad del producto final y de las condiciones de envasado.

El contenido de ácidos grasos de la mayor parte de frutas es bajo en especial en anillos de manzana deshidratada, pero también se desarrolla sabor a rancio y otros olores desagradables, debido a la presencia de aceites esenciales que son los componentes responsables del sabor y aroma característico.

Estos compuestos se forman como consecuencia de la oxidación de los ácidos grasos insaturados, que dan lugar a hidroperóxidos que posteriormente al sufrir polimerizaciones, deshidrataciones y oxidaciones se transforman en aldehídos, cetonas y ácidos. (Badui, 1986)

Para proteger a los alimentos deshidratados contra la oxidación se utiliza también la enzima "glucosa-oxidasa", la cual se coloca sobre la fruta deshidratada previamente al envasado, el producto se almacena en un envase permeable al oxígeno, pero no al vapor de agua, que contiene a su vez glucosa oxidasa cumpliendo la función completa de conservación. Como consecuencia de la reacción enzima-sustrato, se consume el oxígeno del espacio de cabeza, durante el almacenamiento evitando la oxidación del producto.

1.4.3.- Acción enzimática

Las reacciones enzimáticas se llevan a cabo prácticamente a cualquier nivel de actividad de agua; sin embargo son característicos en valores

superiores a 0.3. Las enzimas que causan las reacciones enzimáticas pueden ser enzimas propias del producto o enzimas extrañas, por ejemplo las que provienen o se generan a partir de microorganismos.

Las reacciones enzimáticas de oscurecimiento del color en fruta son provocadas por peroxidadas y fenoloxidasas. La reacción de las enzimas durante la deshidratación pueden disminuirse o evitarse por el acondicionamiento de escaldado al que se expone el producto, antes del proceso de deshidratación.

1.4.4.- Degradación de pigmentos

La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del oscurecimiento durante el almacenamiento de manzanas deshidratadas. Esto puede evitarse mejorando los sistemas de escaldado, tratando la fruta con ácido ascórbico y eritorbato de sodio.

Sin embargo la degradación de pigmentos de debe a factores externos, como puede ser la exposición a la luz, ambientes secos o la combinación con medios poco compatibles responsables también, en mayor parte, de las modificaciones de textura, sabor y formación de aroma que se generan durante el almacenamiento de las frutas deshidratadas.

1.4.5. - Reacciones de Maillard

Las reacciones no enzimáticas de oscurecimiento que también se llaman reacciones de Maillard se lleva a cabo entre un grupo aldehído a cetona

proveniente de los azúcares reductores presentes en las manzanas, este tipo de reacción sucede frecuentemente cuando los alimentos se someten a temperaturas altas como es el secado, o cuando se almacenan por períodos muy largos y va acompañado de la reducción del valor nutritivo y la producción de sabores amargos, ocurren prácticamente a cualquier nivel de actividad del agua, sin embargo tiene un máximo muy acentuado en los valores medios de 0.6 a 0.8. La característica de la reacción, es una decoloración del tono café del producto, que se relaciona con la presencia del sabor amargo por lo tanto se recomienda conservar los productos deshidratados a niveles de actividad del agua inferior al intervalo crítico de 0.7. (Duckworth 1975, Mathlouthi 1985, Rockland 1981).

1.4.6.- Composición Química

En los cuadros 4 y 5 se muestra la composición química aproximada de manzanas frescas y frutas deshidratadas, donde se puede observar que los componentes de mayor proporción son los carbohidratos principalmente glúcidos solubles en agua, continuando con el contenido de agua, la relación del contenido de proteínas y grasas (aceites esenciales) es muy similar, lo que determina un producto estable a las reacciones de oxidación por contenido de ácidos grasos.

Como desventaja se considera el contenido de carbohidratos que determina una posible ganancia de humedad por permeación al vapor de agua

del medio ambiente o una desecación del producto cuando es expuesto en condiciones de humedad mínima o ambientes totalmente secos.

Cuadro 4. - Composición de manzana en estado fresco.

Componente	Contenido %
Material comestible sin piel, sin cáscara	0.77
Agua	84.3
Azúcares	11.8
Almidón	0.1
Fibra dietética	2.0
Nitrógeno total	0.04
Cáscara	3.7 gramos

Potter 1999

Cuadro 5. - Composición de frutas secas por 100 gramos de producto.

Producto	Agua	Proteínas	Carbohidratos	Grasa	Cenizas.
Manzanas	23	1.4	73.2	1.0	1.4
Chabacanos	24	5.2	66.9	0.4	3.5
Higos	24	4.0	68.4	1.2	2.4
Ciruelas	24	2.3	71.0	0.6	2.1
Pasas de uva	24	2.3	71.2	0.5	2.0

Parra 1971

Los cambios que se presentan en la composición química se resume en la concentración de los componentes por la pérdida de agua. Los anillos de manzana deshidratada se clasifican como alimentos de humedad intermedia con A_w en un mínimo de 0.6, y en productos con 12 % de humedad la A_w disminuye hasta 0.4 por lo que se establece que son productos que se pueden almacenar a temperatura ambiente para mantener una vida de anaquel adecuada debido a su contenido de agua del 12 al 25% suficientemente bajo para inhibir el desarrollo microbiológico. (Badui, 1993)

1.5.- Efectos del proceso de deshidratación

Durante el proceso de deshidratación los anillos de manzana sufren cambios y de esto depende la vida útil del producto y su calidad final y en combinación con un envase adecuado se puede prolongar considerablemente el tiempo de almacenamiento.

Se explica a continuación los cambios que se producen durante el proceso de deshidratación, sus efectos y la forma de controlarlos para que el producto final conserve sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

1.5.1.- Efectos sobre el valor nutritivo

Durante el secado ocurren principalmente pérdidas de vitaminas. El grado de destrucción de las vitaminas depende del acondicionamiento anterior y de las condiciones aplicadas del proceso de deshidratación.

En 1981 Kirk reportó un trabajo adicional sobre degradación de vitaminas y Aw en los alimentos deshidratados: algunos resultados fueron realizados sobre un sistema modelo conteniendo almidón de maíz, proteína aislada de soya, azúcar y sal, se detectó que la velocidad de reacción de las vitaminas: A, B₁, B₂ y C aumenta cuando aumenta la Aw de 0.25 a 0.65. Las vitaminas del complejo B son más estables que la vitamina C a diferentes valores de Aw en diferentes periodos de secado.

Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación de frutas son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de

deshidratación, se han observado que las pérdidas de vitamina C durante la preparación de hojuelas de manzana son del 8 %, durante el corte en rodajas 62%, durante el escaldado 10 % y 5 % durante la reducción a puré cuando se deshidrata por un sistema de rodillos.

1.5.2.- Efectos sobre la textura

La principal causa de pérdida de la calidad de los anillos de manzana deshidratada reside en las modificaciones que éstos provocan en su textura. Cuando el secado inicial es muy rápido el vapor de agua puede eliminarse de la superficie del producto más rápido que el que se desplaza del centro del producto hacia la superficie, estas condiciones originan una fuerte contracción de la capa superficial, que opone resistencia al posterior paso del vapor.

En el caso de las frutas la formación de esta corteza se debe a la concentración de carbohidratos durante la deshidratación. El tipo de pretratamiento y la intensidad con la que se aplica, influyen en la pérdida de textura que la origina: la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa generadas por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al producto un aspecto arrugado y correoso (Duckworth 1975, Parra 1971)

Bourne y col., (1986) han realizado estudios de compresión con actividades de agua desde 0.99 hasta 0.01, se encontró que la reducción de

humedad ocasiona principalmente la pérdida de turgencia y la ganancia de una alta cohesividad. En niveles de A_w de 0.14 a 0.01 ya se observa una alta fracturabilidad, lo que indica un producto totalmente seco debido a su consistencia crujiente. (Duckworth 1975, Rockland 1981).

La temperatura y la velocidad de deshidratación ejercen un efecto determinante sobre la textura de los anillos de manzana. Por lo general, las velocidades de deshidratación rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, que velocidades de deshidratación más lentas y temperaturas más bajas. A medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del producto y tienden a agruparse, el mecanismo que rige este proceso y la velocidad de transferencia del agua son características de cada soluto y dependen del tipo de producto (troceado, tamaño, tipo de pretratamiento) y, de las condiciones del proceso de deshidratación. (Donald 1989, Fellows 1989)

Las temperaturas elevadas (en especial durante la deshidratación de frutas) provocan complejos cambios físicos y químicos en la superficie que conducen a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno denominado acortezamiento, reduce la velocidad de deshidratación y genera un producto que es seco en la superficie y húmedo en su interior. Este efecto puede minimizarse controlando los parámetros de la deshidratación para evitar que se produzca un gradiente excesivamente elevado entre el contenido del agua de la superficie y el contenido de agua del interior.

1.5.3.- Efectos sobre el aroma.

El calor durante el secado provoca la pérdida de algunos componentes volátiles, la intensidad con la que esta pérdida se produce depende, de la temperatura y de la concentración de sólidos en las frutas, así como de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua.

Aquellas sustancias volátiles de difusividad y volatilidad relativamente elevada son las que antes se pierden y son pocos los componentes volátiles que se pierden en fases posteriores. Un adecuado control de las condiciones de deshidratación en las primeras fases del proceso, permite reducir al mínimo estas pérdidas. (Hotchiciss 1988).

Una segunda causa importante de las pérdidas de aroma debidas a la deshidratación la constituye la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen, por la presencia de oxígeno como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el producto final y de la temperatura de almacenamiento. Los cambios en el aroma de los alimentos debidos a oxidaciones o a hidrólisis enzimática se evitan en la fruta mediante la utilización de ácido ascórbico, ácido cítrico o ácido eritórbico, (eritorbato de sodio).

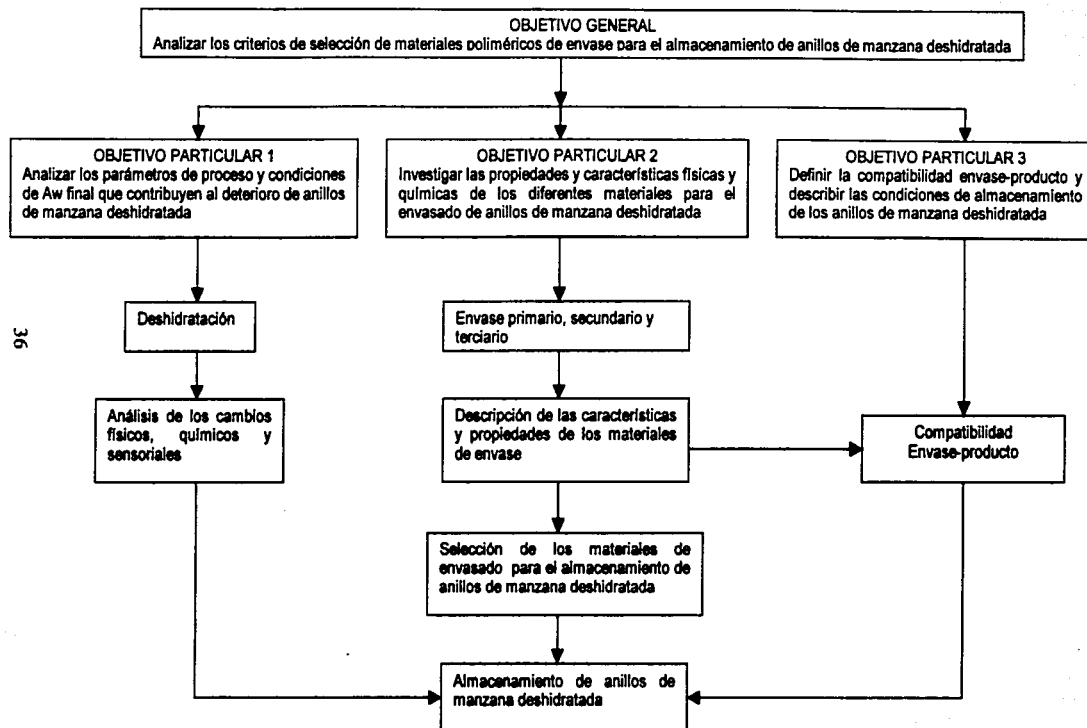
El ácido eritórbico es el D isómero del ácido L-ascórbico pero no tiene actividad como vitamina C. La mayor parte de las investigaciones sugieren que el ácido L-ascórbico y el ácido eritórbico tienen aproximadamente las mismas propiedades antioxidantes por ello el ácido L-ascórbico puede usarse solamente cuando se necesite adicionar vitamina C. Esta combinación se usa en productos al por menor para prevenir la rancidez oxidativa y la decoloración de manzanas deshidratadas. (Mathlouthi 1985, Wiley 1992)

1.5.4.- Efectos sobre color

La deshidratación cambia las características de la superficie del producto y por tanto su color. Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila, están producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayor son las pérdidas en estos pigmentos.

CAPITULO II
METODOLOGÍA

CUADRO METODOLOGICO



2.2.- Descripción del Cuadro Metodológico.

El cuadro metodológico se estructura en bloques para describir el seguimiento de la investigación de los factores relacionados para cumplir el objetivo general: que consiste en la selección de materiales de envase para el almacenamiento de anillos de manzanas deshidratadas, el desarrollo metodológico se planteo en cumplimiento de tres objetivos

En el objetivo particular 1: Se realiza la investigación documental para analizar las propiedades físicas y químicas del producto en función del tipo de proceso de deshidratación se describe también el secado natural y secado en horno convencional, se determina que independientemente del tipo de proceso la función principal del secado es la conservación de los anillos de manzana considerando los cambios y efectos que son los determinantes de la vida útil y de calidad final

En el objetivo particular 2: Se emplea el método analítico – sintético para describir el uso de los diferentes materiales que actualmente se emplean o que se pueden emplear en el almacenamiento de anillos de manzana deshidratada como envase primario, se concluye con la selección de los mismos en función de las propiedades físicas y químicas del producto como resultado del proceso al que es sometido.

Los anillos de manzana deshidratada se envasan en materiales convencionales: nylon, polietileno lineal de alta o baja densidad, poliestireno y polipropileno, así como papel celofán y diferentes aplicaciones de polímeros que pueden estar en contacto directo con alimentos (envase primario) y que actualmente se emplea como envase secundario cartón corrugado.

En el objetivo particular 3: Se define la compatibilidad producto-envase y se describen las condiciones de almacenamiento de anillos de manzana deshidratada, el producto dada las condiciones de proceso se conserva en forma adecuada a temperatura ambiente, se prolonga la vida útil cuando se emplean envases que son impermeables al vapor de agua y poco permeables a la difusividad de aroma.

CAPITULO III
DESCRIPCION DE MATERIALES DE ENVASADO

3.1.- Descripción de materiales de envase

El presente capítulo tiene como objetivo describir los materiales que existen en el mercado, sus propiedades y características para el almacenamiento de anillos de manzana deshidratada, así como los materiales que son empleados como envases secundarios y para ello se definen los siguientes conceptos.

Envase primario: Cualquier recipiente o envoltura en el cual está contenido el producto para su venta al consumidor y que se entrega como parte del producto. Se refiere a cualquier recipiente, bolsa, caja o contenedor adecuado que esta en contacto directo con el producto para proteger y conservar las características físicas, químicas y sensoriales, con la función de presentar una imagen agradable y atractiva al consumidor, inspirando confianza en la calidad del producto. (Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994)

Envase secundario: Cualquier recipiente o envoltura en el que se encuentran contenidos dos o más variedades iguales de productos envasados, destinados para su venta al consumidor en dicha presentación, también se utiliza para denominar a los elementos de protección que evitan daños al producto y al envase primario durante el manejo y distribución. (Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994)

Envase terciario: Material que envuelve, contiene y protege los productos, para efecto de su almacenamiento y transporte. Tiene como función

la agrupación de envases secundarios, con el fin de acondicionar la carga para su manejo, almacenamiento y distribución de unidades de carga, es usado temporalmente para facilitar el manejo y evitar que se dañe durante estas operaciones. Las unidades de carga suelen ser empleadas, por lo general mayor a una tonelada y son manipuladas a través de montacargas durante el manejo. (Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994)

3.2.- Envases poliméricos

El uso de los materiales poliméricos en el envasado de manzanas deshidratadas se limita en la actualidad a bolsas de nylon o polietileno de alta y baja densidad para el manejo y distribución a granel, para el manejo al detalle se emplean charolas de poliestireno envueltas con películas adheribles, embalados en cajas de cartón corrugado, sin que a la fecha exista una reglamentación definida.

En el cuadro 6, se agrupa información básica para la selección de envases plásticos en el cual se incluyen datos de: permeabilidad a gases, se muestran los valores típicos de barrera al O₂, al CO₂, al vapor de agua (WVTR) y la referencia de la resistencia a las grasas; a continuación se describen en forma particular, en función de las propiedades que cada uno posee según su proceso de fabricación.

1) Aluminio: es un excelente material que cumple con las características ideales de conservación de cualquier tipo de material, por su

alta resistencia a la transmisión de gases, pero su uso se restringe en manzanas deshidratadas, debido a su costo elevado, y por el efecto que puede causar la acumulación de humedad en el interior del envase, si este no se usa recubierto, así como bajo desarrollo tecnológico para frutas deshidratadas, lo que elevaría aún mas el costo.

Cuadro 6: Propiedades de materiales de envases plásticos.

No	MATERIAL	PERMEABILIDAD			DENSIDAD g/cm ³	RESISTENCIA A GRASAS
		O ₂ cm ³ /m ² día bar	CO ₂ cm ³ /m ² día bar	WVTR g/m ² día		
1	Aluminio	0.00	0.00	0.00	2.700	total
2	PVDC	0.10	0.25	0.09	1.700	buena
3	Celofán K	0.60	n. d.	0.45	1.440	total
4	Celofán	2.00	n. d.	0.50	1.440	total
5	Polipropileno metallizado	3.00	n. d.	0.10	0.910	buena
6	Polipropileno orientado	150	550	0.30	0.910	buena
7	Polipropileno no orientado	250	n. d.	0.50	0.900	buena
8	Poliétileno alta densidad	185	580	0.30	0.950	buena
9	Poliétileno media densidad	250	1000	0.70	0.936	buena
10	Poliétileno baja densidad	500	2500	1.00	0.910	varia
11	Poliétileno lineal baja densidad	500	n. d.	1.20	0.910	buena

Envase y Embalaje Año 2, No. 1, enero 2001 (n. d. = no disponible)

2) **Cloruro de Polivinilideno PVDC:** Se produce en dos grados específicos: homopolímero y copolímero. El homopolímero tiene pocos usos prácticos pero es responsable del fenómeno de barrera a los gases y participa como ingrediente principal en todos los copolímeros.

Los copolímeros pueden ser diseñados para tener adhesión específica a diferentes sustratos como: papel, películas plásticas y superficies metálicas,

no se debe combinar con plastificantes porque se debilita la barrera, se comercializa como saranex. En forma de látex se utiliza como recubrimiento para incrementar la condición de barrera al vapor de agua y a los gases sobre los envases de: polietileno tereftalato (PET), cloruro de polivinilo (PVC) y polipropileno (PP), se utilizan frecuentemente como termosellantes también proporciona una alta resistencia a las grasas, a la abrasión y a la retardancia a la flama, además proporciona una gran resistencia a los solventes.

Los polvos de PVDC elaborados con solventes se aplican como recubrimientos sobre papel, cartón, películas plásticas y celofán obteniendo de esta manera una gama de materiales para la fabricación de envases plásticos con alta impermeabilidad al vapor de agua y a los gases para el envasado de alimentos deshidratados.

3) Celofán K: Presenta baja transmisión del vapor de agua, y baja difusividad del O_2 , con respecto a la velocidad de transmisión del CO_2 , no se tienen datos pero en el entendido de que los anillos de manzana deshidratada no producen CO_2 se puede emplear este material en la elaboración de envases para el almacenamiento de los mismos, incluso de alimentos deshidratados como: cereales, nueces, granos, etc.

4) Celofán: El celofán es una película transparente u opaca, y puede ser incoloro o pigmentada, comúnmente se conoce como celulosa regenerada. Se emplea revestido con PVDC, es un material resistente a la temperatura, rígido con buena barrera a la permeabilidad al O_2 como material nativo es altamente higroscópico pero revestido con PVDC posee excelente

barrera a la transmisión del vapor de agua similar a la del Celofán K, ofrece una resistencia total a las grasas, como desventaja se puede citar su alto costo y su baja maquinabilidad a la impresión y rigidez.

5) Polipropileno metalizado PPM: El polipropileno nativo es el termoplástico de más baja densidad. Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química, es un material de alta memoria (al doblarse tiende a recobrar su forma original), se produce en grados básicos homopolímero y copolímero.

El homopolímero posee una alta resistencia a los ácidos y bases, tiene resistencia a la tensión y una alta elongación. El copolímero también presenta resistencia al impacto a bajas temperaturas, es más flexible que el homopolímero, pero es menos resistente a la temperatura y a productos químicos.

En envases rígidos presenta una apariencia translúcida. En película es un material altamente transparente, de alta resistencia a la punción y baja resistencia al rasgado, presenta una pobre barrera a los gases y a la humedad se emplea en la fabricación de charolas termoencogibles, películas estirables para estibado y es ampliamente usado como película/film para el envasado de cereales. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio) se potencian sus propiedades de barrera y termosellado. Se emplea como materia prima básica en la fabricación de polipropileno metalizado.

El polipropileno metalizado tiene excelentes propiedades eléctricas, inercia química y resistencia a la humedad, ofrece una excelente barrera la velocidad de transmisión del vapor de agua, no se tienen datos disponibles con respecto de la permeabilidad de CO₂, su uso es recomendable porque el producto es deshidratado, tiene una velocidad de transmisión de O₂ de 3.00 cm³/m² día bar, menor que la velocidad del polietileno de baja densidad o el polietileno lineal de baja densidad 185 y 500 cm³/m² día bar, respectivamente. (Rodríguez, 2001)

6) Polipropileno orientado (PP): Es un polímero termoplástico con gravedad específica 0.90 g/cm³, se obtiene por polimerización del propileno. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado. Ofrece buena barrera de transmisión del vapor de agua es muy durable, posee poca barrera al O₂, presenta alta propagación al rasgado, se comercializa revestido con PVDC, acrílico, película metalizada y film, para frutas secas, snacks, y golosinas. Es inerte al contenido y resistente a la temperatura, (hasta 135°C). Posee buena barrera a los aromas, es impermeable, irrompible, liviano, con alta resistencia química no imparte gusto ni olor, lo que significa que puede estar en contacto directo con alimentos.

Las películas de polipropileno orientado estables al calor, sellables o no sellables al calor, son utilizadas como envases. Las películas no sellables por calor son generalmente combinadas con celofán, recubierta con sarán, estas películas encuentran una amplia aplicación en el envasado de papas fritas y

productos deshidratados de forma general. En el cuadro 7 se registran los coeficientes de permeabilidad y su comportamiento a diferentes temperaturas para una película transparente con un espesor de 1.576 mm. (Plastivida, 1999)

Cuadro 7: Propiedades de barrera de Polipropileno ***

GAS	TEMPERATURA °C			
	25	30	40	50
Vapor de agua (g/cm ³ día)	2.1	3.2	7.4	19.0
Nitrógeno (cm ³ /m ² día bar)	430	600	1280	2800
Aire (cm ³ /m ² día bar)	799	960	1820	3600
Oxígeno (cm ³ /m ² día bar)	1900	2500	5100	9200
CO ₂ (cm ³ /m ² día bar)	6100	8400	14800	27300

Enciclopedia del plástico IMPI, México D. F., 1997

7) Polipropileno no orientado: La película de polipropileno no orientado se produce en dos formas: homopolímero y copolímero cada uno disponible en diferentes niveles de deslizamiento. La combinación de grado y niveles de deslizamiento hace que estas películas sean útiles en una amplia variedad de aplicaciones.

La película de homopolímero es más frágil a bajas temperaturas y tiene un intervalo limitado de sellado al calor con relación a la película de copolímero, el polipropileno no orientado se utiliza en la envoltura de dulces macizos; envasado de algunos vegetales y en aplicaciones industriales, se usa como capa laminar en la composición de latas y bolsas flexibles.

En general, las películas de polipropileno son flexibles y muy transparentes haciendo que este material haya experimentado en los últimos años un crecimiento considerable. Encuentra particular aplicación en productos que requieren aislamiento del oxígeno y del vapor de agua, como es el caso de los alimentos deshidratados, carnes, café y productos lácteos.

Los polietilenos son clasificados por la American Society and Material (ASTM), por su densidad como: polietileno alta densidad, polietileno lineal baja densidad y, polietileno baja densidad, tal como se muestra en el cuadro 8, en donde se relaciona el nombre, abreviatura e intervalo de densidad. Los distintos polietilenos poseen una gran inercia química difieren en sus propiedades físicas como consecuencia del grado de cristalinidad que confiere la distinta densidad.

La rigidez, dureza y resistencia a la tensión de los polietilenos, se incrementa con la densidad, el polietileno alta densidad presenta mejores propiedades mecánicas que el polietileno baja densidad y el polietileno lineal baja densidad, también presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión, tiene un punto de fusión entre 120° y 163 °C, mayor al del polietileno de baja densidad. (IMP! 1997)

Las películas de polietileno son fácilmente termosellables lo que unido a su inercia química, buenas propiedades mecánicas, térmicas, y bajo precio, lo hace particularmente útil como material para el envasado de alimentos.

El polietileno de baja densidad y alta densidad, pertenece al grupo de los polímeros de las Poliolefinas, las cuales provienen de hidrocarburos simples, compuestos por átomos de carbono e hidrógeno y con dobles enlaces C – C. (etileno, propileno e isobutileno). (Enciclopedia del plástico, 1997)

Cuadro 8: Clasificación de polietileno por densidades

ALTA DENSIDAD DE 0.941 – 0.965 g/cm³	
PEAB	Polietileno Alta Densidad
BAJA DENSIDAD DE: 0.910 – 0.940 g/cm³	
PEBD	Polietileno Baja Densidad
PELBD	Polietileno Lineal Baja Densidad

Enciclopedia del plástico. IMPI, México D. F., 1997

Aproximadamente el 50% del polietileno producido se destina a la fabricación de películas y laminados por sus propiedades: baja densidad, flexibilidad, alta resistencia al rasgado y resistencia a la humedad.

8) Polietileno de alta densidad (PEAD ó HDPE): Tiene una densidad en el rango de 0.941 – 0.965 g/cm³, la alta densidad hace que disminuya su resistencia al impacto, sobre todo a bajas temperaturas y en películas disminuye la elongación y transparencia, presenta mayor rigidez, dureza, mejor resistencia a todos los productos químicos, mejor resistencia a la temperatura barrera al vapor de agua y puede estar en contacto con alimentos. La velocidad de transmisión del vapor de agua es extremadamente baja (0.09, cuadro 6), lo que lo hace útil para productos sensibles a la humedad, tiene una elevada resistencia a la grasa y a los aceites vegetales.

En piezas sólidas es un material rígido y translucido, con poco brillo y de muy poca barrera a los gases, en película es un material fácilmente rasgable y rígido. El HDPE se utiliza cuando el producto envasado requiere de cierto aislamiento del vapor de agua y los gases atmosféricos como las frutas deshidratadas, galletas y cereales. El polímero es permeable a la mayoría de los gases y algunos vapores por lo tanto se emplea coextruido para materiales de envoltura utilizado en alimentos deshidratados.

9) Polietileno media densidad: Es el plástico más barato y de mayor consumo, de mayor procesabilidad mecánica, se emplea para la fabricación de bolsas flexibles y botellas o envases semirrígidos, con buena propiedad al sellado, es resistente a la humedad, posee muy baja absorción de humedad, se emplea también en laminaciones (para aportar propiedad de sellado a otros materiales que carecen de ella). Como desventaja podemos citar: pobre barrera al oxígeno por la presencia de microporos en las paredes del envase que lo hacen permeable a gases.

10) Polietileno baja densidad (PEBD o LDPE): El polietileno baja densidad es el más utilizado de todos los polímeros debido a su costo moderado y versatilidad con que se convierte en envase eficiente y económico por todos los procesos termoplásticos. Tiene una densidad en el intervalo de $0.910-0.925 \text{ g/cm}^3$, es un material flexible, de bajo peso, con buena resistencia a los productos químicos, no se rompe al impacto, puede estar en contacto directo con alimentos y no permite el paso de vapor de agua a través de él.

Quando en el proceso de elaboración se combinan con peróxidos orgánicos se mejoran las propiedades de aislamiento y resistencia a la intemperie, al adicionar agentes espumantes se obtienen propiedades de aislamiento térmico y amortiguamiento.

Las propiedades mecánicas del polietileno de baja densidad, dependen del grado de polimerización y la configuración molecular, es decir, cuanto más elevado sea el peso molecular mejores serán las propiedades. En este sentido, los productos fabricados con PEBD mantienen buenas propiedades hasta los 60° C, por su temperatura de ablandamiento (80 a 100° C). (Plastivida, 1999)

En película se presenta con buena transparencia y alta resistencia a la elongación, es inerte al contenido, con buena barrera a la humedad y, muy pobre barrera a gases. Es el material más económico que se encuentra en el mercado, es comúnmente utilizado para la fabricación de bolsas de plástico, frascos para bebidas infantiles, tapas con sellos de garantía y en película como elemento de sello en estructuras flexibles, así como películas termoencogibles usadas en charolas, tiene aplicación dentro del sector de envase y empaque, destacando su utilización en la fabricación de envase industrial, laminaciones, películas para forros, películas encogibles, recubrimientos, sacos y costales.

La película de LDPE se utiliza para el envasado de pan, leche descremada, con el propósito de evitar una pérdida rápida de humedad y mantener el producto en condiciones higiénicas, en estos casos no se utiliza

como envase único, se emplea conjuntamente con cartón debidamente recubierto por una película de celulosa regenerada impermeable a la humedad.

11) Polietileno lineal baja densidad (PELBD o LLDPE): El polietileno lineal de baja densidad es un copolímero y por esta razón sus propiedades físicas con alteradas por la longitud del comonómero, como el polímero presenta moléculas que son esencialmente lineales, las formas cristalinas son más compactas y esto ocasiona que se obtenga una película menos transparente a diferencia de un polietileno de baja densidad. (Rodríguez, 1999)

Con respecto a las propiedades mecánicas que distinguen al polietileno lineal baja densidad de los polietilenos alta densidad y polietilenos baja densidad son: mayor resistencia a la tracción, al rasgado y la perforación o punción, mejor resistencia al impacto a temperaturas muy baja (hasta -95°C) y en películas posee excelente elongación, por lo que se pueden obtener calibres más bajos con polietileno baja densidad.

Es un material de naturaleza no polar, atóxico y puede estar en contacto con alimentos, se uso en el sector de envase y embalaje principalmente como película encogible, película estirable, bolsas grandes de uso pesado, y lámina, en coextrusiones con poliamida se emplea para el empaçado al vacío de carnes y quesos donde se requiere baja permeabilidad a gases. (Falcón, 1989)

3.3.- Envases laminados.

Una laminación es la unión de dos o más sustratos por medio de adhesión, generalmente adhesivos base solvente, dispersión base agua y resinas termoplásticas, en cualquiera de estos sistemas de adhesivos, el solvente o el agua sirven como diluyentes o vehículos del adhesivo, un material laminado brinda protección a la luz, a las bacterias, protección a la pérdida de aroma y sabor, resistencia al vapor de agua, al paso de los gases, a grasas y aceites, a productos químicos y pueden resistir cambios de temperatura.

En el cuadro 9, se muestra un listado de los materiales comúnmente usados en la fabricación de materiales laminados, sus propiedades y características que son información básica en la elección y selección de materiales para el envasado de productos deshidratados.

Actualmente el uso de materiales laminados esta limitado a porciones individuales (botanas básicamente) y generalmente empleado para venta en porciones individuales, agrupa las condiciones excelentes de conservación cuando es empleado en combinación con inyección de nitrógeno y/o modificación de la atmósfera. (Alvarado 1994)

Como ventaja se puede citar, su excelente barrera a la permeabilidad, del vapor de agua, a la reducción de los fenómenos de migración, transmisión de compuestos volátiles, radiaciones y luz.

Cuadro 9: Materiales laminados.

No	Material	Propiedades
1	Poliétileno: HPD, LLDPE, LDPE	Buena barrera a la humedad
2	Poliétileno	Resistente a la alta temperatura después de orientado
3	Polipropileno	Muy buena barrera a la humedad. Baja densidad / alto rendimiento
4	Tereftalato (PET)	Buena barrera al WVTR
5	Papel	Buena impresión, bajo costo
6	Aluminio	Excelente barrera WVTR, Frágil a la punción, empleado en laminaciones
7	Películas metalizadas	Polipropileno: Buena barrera WVTR Poliéster: Buena barrera WVTR Nylon: Buena barrera WVTR Buena resistencia
8	EVA	Material adhesivo suave
9	EVOH	Resina para barrera al oxígeno Sensible a la humedad Barrera pobre a la humedad
10	PVDC (Saran)	Buena barrera al oxígeno y a la humedad
11	Poliamida (PA)	Barrera al oxígeno / termoformable

IMPI, Enciclopedia del plástico 1998

3.4.- Envases de papel

El papel es un conglomerado de fibras de celulosa dispuestas irregularmente, pero fuertemente adheridas entre sí, en una superficie plana. Se comercializa en forma de hoja con un peso base de 160 g/cm³. Se fabrican bolsas con grados de rigidez aceptables y estables al manejo, cuando se combinan con películas unidas por resinas se crean barreras excelentes al vapor de agua, y gases.

Para la conservación y manejo de manzanas deshidrata su uso en nulo, ocasionalmente se emplea en venta directa al detalle y no es adecuado para el almacenamiento por periodos prolongados. Las aplicaciones convencionales que pueden ser usadas en el mercado es a través de la fabricación de combinaciones con otros materiales como en el caso del papel glassinne, papel asfaltado o papel parafinado. (Bureau 1997)

Papel asfaltado: La fabricación consiste en la unión de dos o más capas de papel unidas con una capa intermedia de asfalto para obtener mayor resistencia al paso del agua y al vapor de agua, y evitar la migración de sabor, aroma o la mezcla con otros gases, en la elaboración del papel asfaltado se emplean combinaciones de distintos polietilenos como revestimiento en la caras internas para la elaboración de bolsas que son usadas en el envasado de alimentos para evitar el contacto directo con el papel.

Papel parafinado o encerado: Es un papel impregnado con parafina o cera microcristalina para lograr mejor resistencia al paso del aire y del agua, se emplea para el almacenamiento de productos que requieren mantener un grado de humedad constante.

Papel glassinne: Es un papel translucido, denso con superficie plana, tiene un alto grado de resistencia al paso de las grasas y aceites. Puede hacerse opaco adicionando pigmentos, también puede encerarse, laquearse y

laminarse con otros materiales, hasta desarrollar propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases de forma similar al polietileno.

Son ampliamente utilizados como materiales de barrera o como sellos de garantía. En anillos de manzana deshidratada se emplea en forma de bolsa para envoltura o material de protección entre el producto y el envase primario, cuando son envasados en canastas de mimbre, envases PET o cartón corrugado simple. También es altamente usado como envase primario en dulces cristalizados, dulces confitados, chocolates y frituras.

Papel encerado: Brinda buena protección a los líquidos y vapores. Se utilizan para el envasado de alimentos especialmente cereales secos y repostería, de igual manera se emplea para varios tipos de envasado industrial en especias molidas en presentaciones hasta de 25 Kg. La mayor aplicación se observa en alimentos con contenidos altos de grasa, principalmente mantequilla, quesos, cremas y en algunos casos para el envasado de carnes deshidratada y pescado. (Rodríguez 1997)

3.5.- Envases de cartón

El cartón es una variante del papel, se compone de varias capas de éste, las cuales superpuestas y combinadas le dan rigidez característica, se considera papel hasta 65 g/m^2 , mayor de 65 g/m^2 se considera como cartón. El

cartón en el ámbito comercial es una hoja constituida por material celulósico con masa superior a 240 g/m^2 .

El cartón corrugado es la estructura constituida por una o varias hojas de papel ondulado (mediun) adheridas a una o varias hojas de papel de cartón plano (liner), es uno de los materiales más usados para el envasado secundario, ya que cumple con las siguientes funciones:

- Protección del producto de los daños ocasionados durante su transporte y manejo.
- Almacena de la mejor manera el producto hasta que es vendido
- Anuncia, promueve e identifica al producto desde su origen hasta que llega al consumidor.
- Es económico y biodegradable.

El cartón corrugado es ampliamente usado como envase secundario de manzanas deshidratadas, la mayor parte de la fruta que actualmente se expende en el mercado nacional se comercializa en cajas de cartón corrugado de 10 y 25 kg, mismo que le sirve como contenedor para almacenamiento por tiempos estimados hasta de un año a temperatura ambiente, cuando la bolsa de polipropileno de alta densidad que lo protege como envase primario permanece totalmente cerrada. (Alvarado 1994)

CAPITULO IV
SELECCIÓN DE MATERIALES DE ENVASE

4.1.- Interacción producto / envase

Se define como migración de los componentes del envase al producto en donde cada tipo de material presenta diferentes elementos que migran o pueden migrar al producto, en los envases plásticos o películas se pueden encontrar: monómeros residuales, antioxidantes, lubricantes, adhesivos, tintas barnices, catalizadores, agentes antiestáticos, modificadores de viscosidad, emulsificantes y solventes.

Estas migraciones suelen impartir olor y sabor a los anillos de manzana y en otros casos ponen en riesgo la salud del consumidor, cuando el efecto de barrera interna no es capaz de aislar de las paredes que forma el recubrimiento con el resto del material elaborado y se contamina en forma interna.

La migración en envases plásticos se encuentra reglamentada, de igual forma que los compuestos derivados del papel y son más problemáticos cuando se parte de papel reciclado, que pueden desencadenar contaminaciones por contacto, los componentes contaminantes de papel pueden ser: adhesivos, tintas y barnices, el uso de papel en el envasado de anillo de manzana deshidratada está limitado al empleo de cartón corrugado como material de embalaje, este contacto se trata de evitar usando una bolsa de polietileno entre el producto y el papel o cartón. (Sasian 1998)

En la figura 4 se muestra el fenómeno de migración a través de la barrera que crea un envase polimérico, la flecha representa la entrada de vapor de agua, o la combinación de gases, que pueden desencadenar reacciones que conducen al deterioro del producto envasado.

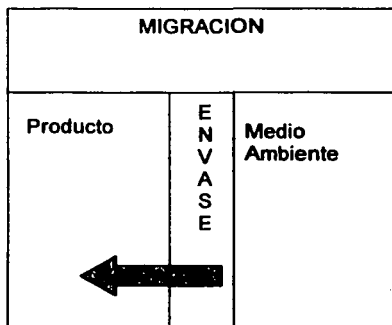


Figura 4: Fenómeno de migración.

Las migraciones de estructuras plásticas, se deben a los procesos de polimerización durante la formación de envases o películas en donde son usados diferentes compuestos que pueden migrar hacia el producto como: monómeros residuales, antioxidantes, lubricantes, adhesivos, tintas, barnices, catalizadores, contaminantes diversos. (Rodríguez, 2001)

Este tipo de migraciones suelen impartir olor y sabor desagradables a los anillos de manzana deshidratada, reducen la vida útil del producto, incluso pueden llegar al deterioro total, de igual manera pueden poner en riesgo la salud del consumidor cuando se generan contaminaciones excesivas.

4.2.- Interacción: producto / envase / medio ambiente

La permeabilidad se considera como la transferencia de materia existente a través de la pared que constituye el material de envase cuando no aporta la barrera necesaria por lo que se dan intercambios del medio ambiente hacia los anillos de manzana deshidratada y viceversa, cuando el material de envase permite el paso de elementos del medio ambiente y afectan al producto o cuando algunos componentes del producto pueden pasar y perderse a través del envase, afectando en ambos casos la vida útil de la fruta deshidratada tendiendo en ambos casos a degradarse.

Cuando los anillos de manzana pierden componentes por la pobre barrera que brinda el envase se observa la reducción de humedad y aroma. La pérdida de humedad reseca los anillos de manzana deshidratada, disminuyendo sus características de suavidad, frescura, la pérdida de aroma contribuye también a la pérdida de calidad, por lo que es conveniente elegir materiales de envase que tengan una barrera que impida el paso de la humedad y aroma como son las películas plásticas a base de Poliolefinas, generalmente de bajo costo con alta barrera a la humedad. (Tarango, 2001)

La permeación de aroma de anillos de manzana deshidratada no ha sido estudiada en forma particular, por tal motivo para su control es conveniente realizar pruebas con diversos materiales que podrían ser desde un papel glassinne hasta películas de barrera, los materiales que ofrecen una excelente

barrera a los gases no necesariamente pueden ser una buena barrera a los aromas, debido a que las moléculas aromáticas tienen un comportamiento muy diferente a las moléculas simples como O_2 , N_2 y CO_2 .

Cuando la permeación se efectúa del exterior al interior se tiene el efecto contrario, se observa una ganancia de humedad lo que modifica la actividad de agua y como consecuencia el desarrollo microbiológico, así mismo se pueden tener mezclas con olores extraños o diferentes a otras frutas lo que a consecuencia afecta la calidad y la vida útil.

En la medición del fenómeno de permeabilidad se puede utilizar cierto número de leyes clásicas y obtener, mediante cálculo, una aproximación teórica que permita delimitar los parámetros y las características exigibles de los polímeros a utilizar como envases durante el almacenamiento.

En su expresión matemática, la permeabilidad se define como la transmisión de un agente que penetra a través de una barrera que ofrece un material de envasado.

El proceso de permeabilidad en los materiales de envasado polimérico se lleva a cabo mediante difusión activa en donde las moléculas del agente que penetra (O_2 , CO_2 y vapor de agua), se disuelven en la matriz de la película, difundiendo a través de ella como respuesta a un gradiente de concentración.

(Kester y Fennema, Capítulo 4 en Wiley Ph., Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas, Acribia 1992)

El coeficiente de permeabilidad (P) de las películas poliméricas, según Crank 1975, para los gases es:

$$P = \frac{Jx}{A(P_1 - P_2)}$$

Donde:

J = Velocidad del gas que fluye a través de la película (en estado uniforme)

A = Área de la superficie permeable

x = Espesor de la película polimérica

P₁ = Presión parcial del gas en el lado 1 de la película

P₂ = Presión parcial del gas en el lado 2 de la película

P₁ > P₂

La figura 5: esquematiza la permeabilidad de: vapor de agua y olores extraños del exterior al interior en anillos de manzana deshidratada en envase de polietileno, así mismo se observa la permeabilidad de los componentes volátiles del interior al exterior.

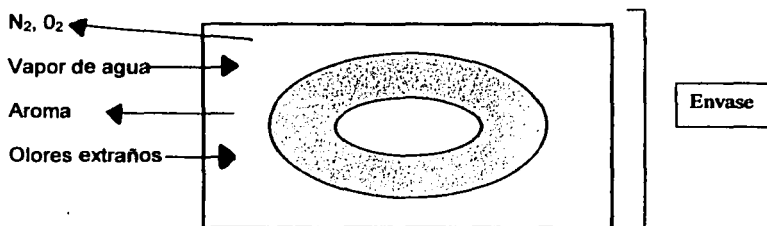


Figura 5: Fenómeno de permeación en anillos de manzana deshidratada

Este fenómeno se presenta cuando los anillos de manzana son almacenados en ambientes menores a 1 atmósfera de presión y mayor al 60% de humedad relativa en materiales poliméricos que no cumplen con el efecto de barrera que se necesita, en el cual el producto tiende a equilibrarse con las condiciones ambientales de su entorno

4.3.- Interacción medio ambiente / producto: adsorción

Este fenómeno puede presentarse como resultado de la interacción entre el material de envase y la fruta deshidratada contenida, la cual afecta la composición fisicoquímica del envase, estas reacciones suceden cuando el envase es atacado por la composición misma de los anillos de manzana, por lo que el envase es alterado o degradado, perdiendo de esta manera sus propiedades de barrera, apariencia e incluso de contención o adsorción de sustancias volátiles responsables del aroma que se transfieren al envase y que por difusividad se trasmite al medio ambiente ocasionando la inminente pérdida de la calidad del producto y por consiguiente la reducción de la vida útil.

La figura 6: esquematiza el fenómeno de adsorción, cuando las manzanas deshidratadas se encuentran en ambientes adversos para el sistema de envasado diseñado, si el material polimérico no ofrece la barrera necesaria; el producto tiende a perder humedad y por consiguiente genera reacciones indeseables en los materiales de envase. (Bureau 1987, Fennema 1993)

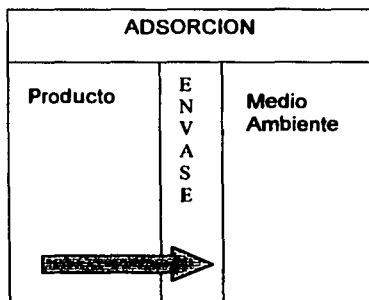


Figura 6: Fenómeno de Adsorción

4.4.- Compatibilidad producto-envase

Los envases y embalajes proporcionan una protección a los productos que va desde una protección mecánica contra, golpes, resistencia a la estiba, hasta una protección que conserve los aspectos funcionales y sensoriales de los anillos de manzana deshidratada.

Sin embargo en ocasiones éstos pueden ser alterados por el mismo envase o por una falta de protección del mismo, considerando que son varios los elementos que pueden interactuar entre sí iniciando con la misma fruta, dado su forma, estructura, tamaño y condiciones de tratamiento, tienden a juntarse, doblarse y mantenerse pegadas al envase. Actualmente se identifican cinco puntos de interacción en los productos envasados:

1. Del producto con la atmósfera del envase
2. De la atmósfera interior del envase al medio ambiente
3. Del medio ambiente al producto a través del envase y viceversa
4. Del producto al envase
5. Del envase al producto.

4.5- Determinación de la compatibilidad producto / envase

La forma de determinar la compatibilidad de anillos de manzana deshidratada y el envase se apoya en la evaluación de vida de anaquel, compatibilidad y estabilidad del conjunto fruta deshidratada y envase.

A) Vida de anaquel: Consiste en la determinación del período de tiempo en el cual los anillos de manzana deshidratada conservan sus características de: consistencia, textura, aroma, sabor, color, por ciento de humedad, por ciento de carbohidratos y por ciento de vitaminas y minerales, como se muestran en la figura 7, bajo las condiciones de envasado, transporte, almacenamiento en bodegas, exhibición, venta y consumo.

B) Compatibilidad y estabilidad del conjunto anillos de manzana y envase: Consiste en la evaluación del período de tiempo durante el almacenamiento, transporte, y exhibición, de posibles alteraciones causadas a los anillos de manzana deshidratada, para la realización de este estudio se toman muestras representativas del producto en el envase a evaluar y luego

son sometidas a condiciones de almacenamiento o transporte para un análisis subsiguiente. A intervalos específicos, los anillos de manzana son muestreados y evaluados, generalmente en comparación contra un producto testigo, el cual es reservado bajo condiciones controladas que mantienen su calidad original.

Estos estudios son efectuados en diferentes regiones climáticas o a nivel laboratorio, en donde es posible controlar variables que resultan particularmente interesantes para la elección de materiales de envasado como son: iluminación, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y composición atmosférica, factores que son considerados durante la selección de los materiales y el diseño del envase.

Como se observa la figura 7, muestra los atributos que pueden ser evaluados como parámetros de calidad para el almacenamiento y conservación de anillos de manzana deshidratada en la cual, la textura, la consistencia, la apariencia, el sabor, el color y el aroma determinan la vida de útil como propiedades sensoriales que, aunadas a la composición nutricional contribuyen a mantener la calidad de los mismos. (Cervera 1998, Fennema1993)

El fundamento de estos estudios de compatibilidad es la medición del deterioro de los anillos de manzana dado por diversos cambios físicos, químicos y sensoriales, entendiéndose por éstas todas aquellas percibidas a través de los sentidos humanos.

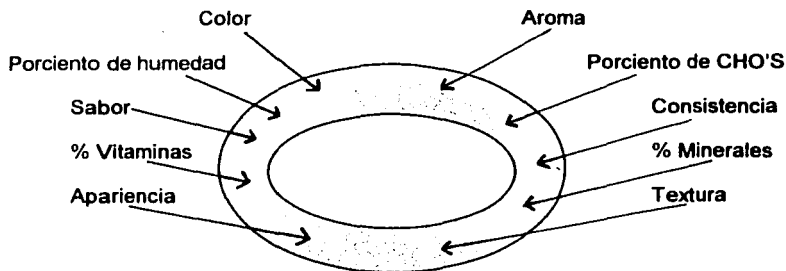


Figura 7: Parámetros de evaluación de anillos de manzana deshidratada

Los anillos de manzana estas conformados por un conjunto completo de estas características que determinan la calidad final, incluyendo las propiedades nutricias, (porcentaje de carbohidratos, porcentaje de humedad, aporte de vitaminas y minerales) y sensoriales básicas en un alimento.

En el cuadro 10, se describen los cambios que ocurren en conjunto, durante el envasado de los anillos de manzana deshidratada, la interacción del medio ambiente y la función del empaque como medio de barrera y elemento de conservación, así mismo se muestran las posibles interacciones de los anillos cuando se envasan en materiales que no cumplen con los requisitos de barrera:

a).- El primer efecto que se observa en los anillos de manzana deshidratada es el reblandecimiento de los tejidos y la susceptibilidad al

ataque microbiano debido a la ganancia de humedad; cuando aumenta la velocidad de transmisión del vapor de agua y cuando el producto es envasado en materiales altamente permeables.

Cuadro 10.- Interacciones: Producto / envase / medio ambiente.

Anillos de Manzana deshidratada	Envase	Ambiente
Reblandecimiento de los tejidos Susceptibilidad al ataque microbiano	↑ Velocidad de transmisión de vapor de agua a)	Ganancia de humedad
Desarrollo de oscurecimiento enzimático	↑ Velocidad de transmisión de oxígeno b)	Ingreso de O ₂
Cambios de sabor y olor	Permeación de olores c)	Pérdida de aroma y sabor

Seminario de Envase y Embalaje: FES-C, UNAM. 2001.

b).- El segundo efecto conduce al desarrollo del oscurecimiento enzimático debido al ingreso de O₂ por que se observa un aumento en la velocidad de transmisión de oxígeno.

c).- Finalmente si el envase no cumple con el efecto de barrera, se observa la permeación de olor, en el producto se generan cambios de sabor y olor y como consecuencia se lleva acabo la pérdida de aroma. (Seminario de envase y embalaje 2001)

4.6.- Selección de materiales de envase

El mercado ofrece diversos productos que son empleados en el almacenamiento de manzanas deshidratadas como envases primarios se usan: bolsas de polipropileno, polietileno, nylon, acetato de celulosa, charolas de poliestireno envueltas con polietileno de baja densidad, bolsas de papel glassinne y en algunos casos, envases laminados.

El avance tecnológico permite hoy en día el uso de envases plásticos que se caracterizan por su versatilidad y diseño en diferentes grados de transparencia, variedad en su consistencia, en sus colores, en su tamaño y textura, en su tipo y grado de barrera, en sus propiedades y en sus procesos ofreciendo una gran alternativa para encontrar soluciones concretas a problemas específicos como el almacenamiento de manzanas deshidratadas, en función del sistema de envasado, métodos de conservación y ambientes especiales. (Salazar 1998)

La selección del envase adecuado implica el conocimiento de la relación existente entre el producto acondicionado y el material de envase, en esta relación influye: el concepto tecnológico, los hábitos de consumo y las condiciones reales de comportamiento del producto que tiene un cierto número de características medibles relacionadas con las propiedades físicas, químicas y sensoriales, para cada una de ellas se determina el valor límite a partir del cual el producto será considerado como aceptable, el concepto de duración reviste una importancia particular que se sitúa en dos

niveles: el del tiempo de contacto producto / envase que afecta la migración, y el del tiempo de contacto / atmósfera exterior, que afecta a la permeabilidad. Por tal motivo es necesario considerar los factores que dependen del producto y los factores dependientes del material de envasado. (Karathanos, 1999)

a) Factores dependientes del producto:

Migración de vapor de agua del interior al exterior

Captación de humedad del exterior al interior,

Pérdida de componentes volátiles

Captación de oxígeno

Protección a la luz

Protección al ataque de microorganismos

b) Factores dependientes del material de envasado:

Permeabilidad de los materiales de envase al vapor de agua

Barrera a la adsorción de olores extraños

Humedad relativa en torno al envase

Resistencia al manejo.

Por lo mismo en la selección de materiales de envases para el almacenamiento de anillos de manzana deshidratada, se buscan materiales que cumplan con propiedades de transmisión de vapor de agua (WVTR) que tienda a cero, difusividad de O₂ con tendencia a cero y baja transmisión de CO₂.

Con la delimitación de los factores dependientes del producto, los factores dependientes de los materiales de envase, y el análisis de la

compatibilidad producto-envase, se determina que los materiales que cumplen con los requisitos de envasado se enlistan en el cuadro 11, en donde se conjuntan aspectos de funcionalidad, ventaja, desventaja y costo.

Cuadro 11.- Materiales seleccionados para el envasado

#	Materiales Plásticos	Ventaja	Desventaja	Costo
1	Polietileno en sus diferentes densidades	Excelente barrera a la humedad	En conjunto con envase secundario	Económico
2	Polipropileno, orientado, no orientado y metalizado	Muy buena barrera a la humedad	En conjunto con envase secundario	Económico
3	Celofán K Celofán	Buena Barrera a la humedad	Altamente higroscópico	Barato
4	Tereftalato	Buena barrera a la migración de humedad y gases	Sin desarrollo tecnológico para frutas deshidratadas	Económico
Materiales laminados				
5	Películas metalizadas	Buena barrera a la humedad	Sin aplicación en frutas deshidratadas	Alto costo
6	Papel	Versátil	Usar laminado o coextruido	Económico
7	Papel glassine	Buena barrera a los aromas	En conjunto con envase secundario	Económico
8	Papel encerado	Barrera a la humedad	En conjunto con envase secundario	Económico
Resinas o aditivos				
10	PVDC	Excelente barrera a la humedad y aroma	Usar laminado	Alto costo
11	EVOH	Excelente barrera al O ₂	Usar coextruido	Alto costo

Envase y Embalaje año 2 No.1 Enero 2001, Enciclopedia del plástico, IMPI, 1998

El PET (Polietilen tereftalato), es un material que tiene una buena barrera a los gases y humedad, gran resistencia al rasgado, altamente transparente y brillante, no se fractura. En la industria de alimentos es utilizado para envasar bebidas gaseosas, aceites, agua mineral, frasco varios, envases al vacío, bolsas, laminados de barrera que lo hace idóneo para el envasado de productos deshidratados.

El EVOH, es una resina con alta barrera al oxígeno sensible a la humedad, por lo que presenta una débil barrera al agua. Este material sólo se utiliza coextruido en capas externas de Poliolefinas (LDPE) que funciona como barrera a la humedad, manteniendo de esta forma la barrera a los gases del EVOH, se emplea en película para el envasado de frituras, cereales y alimentos deshidratadas.

Los materiales que pueden ser empleados en contacto directo con la fruta deshidratada son los elaborados a partir de polietileno de alta o media densidad, así como el polipropileno orientado o sin orientar con objeto de evitar la interacción de la atmósfera del producto con el envase bajo el criterio de barrera al fenómeno de adsorción.

Dado que las frutas deshidratadas son altamente higroscópicas precisan una protección a la entrada de humedad, a la captación de oxígeno y a la pérdida de componentes volátiles los materiales de envasado deben ser impermeables a los gases.

De acuerdo con los factores analizados dependientes del producto y los factores analizados dependientes de los materiales de envasado se resumen 4 propuestas para el uso de envases laminados:

1.- Envase compuesto con polietileno/PVDC/polietileno/papel:

Estos materiales son usados porque son compatibles y proporcionan una alta barrera a la humedad, alta barrera a los compuestos volátiles, protección a luz y rigidez sin necesidad de usar un envase secundario.

El envase estaría conformado por cuatro capas; la primer capa de polietileno estaría en contacto directo con la fruta deshidratada, el PVDC aumenta la barrera a los gases y humedad, el polietileno permite la adhesión con el papel el cual a su vez protege de la luz, otorga rigidez y facilita la impresión. La figura 8, esquematiza la conformación laminar que representa estos materiales de envase.

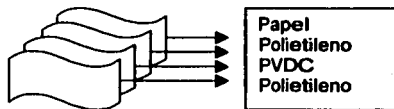


Figura 8: Estructura laminar PP/PVDC/PP para envasado de anillos de manzana deshidratada

2.- Envase compuesto por: MXXT/A/PVDC/papel/PVDC

En este material de envase se incluye la película de celulosa recubierta de PVDC (MXXT/A) en la que la película de celulosa es recubierta con PVDC por ambas caras. La figura 9, esquematiza la conformación de estos materiales de envase. El MXXT/A es una mezcla comercial de polímero con propiedades similares al polietileno y es la primer capa que se encuentra en contacto con la fruta deshidratada. El PVDC interno actúa como barrera al paso de vapor de

agua y protege la volatilidad del aroma, el PVDC exterior cumple la función de barrera a la captación de humedad del medio ambiente específicamente en humedades relativas altas en climas tropicales, la capa de papel otorga rigidez y facilita el manejo y distribución.

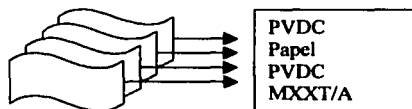


Figura 9: Estructura laminar PVDC/papel/PVDC para envasado de anillos de manzana deshidratada

3.- Envase laminado compuesto por: MXDT/LDPE/papel/PVDC

En la fabricación de este material de envase la película de celulosa se adhiere con MXDT/polietileno de baja densidad (con la película de celulosa recubierta con PVDC por un lado), la conformación de estos materiales de envase se esquematiza en la figura 10.

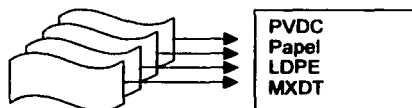


Figura 10: Estructura laminar MXDT/LDPE/papel/PVDC para envasado de anillos de manzana deshidratada

El MXDT unido al polietileno baja densidad permite desarrollar una excelente barrera a la humedad, a los componentes volátiles y puede estar en contacto directo con la fruta deshidratada, el papel, al igual que el caso anterior

otorga rigidez y en combinación con el PVDC, permite mantener el producto aislado del medio ambiente.

4.- Envase metalizado: papel/lamina de aluminio/polietileno

La tendencia hacia la oferta de frutas deshidratadas de máxima calidad impone una protección superior a la necesaria, dicha protección se alcanza mediante el uso de laminados metálicos, como los que actualmente se usan en alimentos deshidratados altamente higroscópicos cuyo contenido de humedad es del 2%, en donde se emplean bolsas conformadas por: papel/lamina de aluminio/polietileno y que puede ser una alternativa de uso.

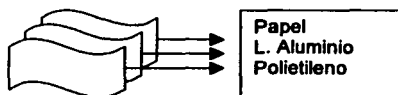


Figura 10: Estructura laminar papel/L. aluminio/polietileno para envasado de anillos de manzana deshidratada

El polietileno es la primer capa en contacto con la fruta deshidratada, la capa de aluminio ofrece una excelente barrera a los factores del ambiente incluyendo luz y radiaciones, este tipo de materiales son usados para venta al detalle y aun no esta generalizado en frutas deshidratadas.

Dado que los anillos deshidratados de manzana requieren de protección física durante el manejo para evitar la compactación se puede usar un sistema de bolsa en caja de cartón, un sistema de cartón recubierto, un envase con almohadilla, un recipiente de metal rígido o un envase plástico rígido, en donde

se pueden contener mezclas de frutas deshidratadas en bolsas de polietileno de alta densidad y las alternativas propuestas como envase primario y cajas de cartón corrugado como envase secundario.

4.7.- Almacenamiento de anillos de manzanas deshidratadas

Las frutas deshidratadas son productos que se pueden clasificar como semiperecederos, para su almacenamiento se recomienda que se realice en lugar fresco y ventilado, preferentemente a 7°C, con la menor cantidad de CO₂ y con una humedad relativa de 50 a 60%, bajo estas condiciones se evitan riesgos de decoloración, azucaramiento, y ataque de microorganismos. No se debe almacenar en lugares donde existan olores fuertes, insectos ni elementos contaminantes.

En el cuadro 12 se tabula la relación del tiempo de almacenamiento en función de la temperatura en donde se observa que el mayor tiempo de duración de las frutas deshidratadas ocurre cuando son almacenadas a 0°C, a temperatura ambiente se estima una vida de anaquel de 6 meses, cuando son envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad y bolsas de polipropileno empleando como embalaje cajas de cartón corrugado.

Considerando que 0°C corresponde a una temperatura de congelación la factibilidad de almacenar el producto bajo estas condiciones incrementa el costo final del mismo, los períodos de almacenamiento más largos se registran

prácticamente en temperaturas de refrigeración a 7 y 12 °C, en la práctica se ha observado que en temperaturas de 15 a 20 °C y de 20 a 25 °C se almacenan productos deshidratados en condiciones aceptables, los cambios más críticos se relacionan con color, sabor y consistencia. (Parra 1971, Tenunou 1999)

Cuadro 12: Almacenamiento en función de la Temperatura.

Producto	Temperatura	Tiempo
Anillos de manzana deshidratada	0 ° C	36 meses
	7 ° C	30 meses
	12 ° C	24 meses
	25 ° C	6 meses
	35 ° C	3 meses

Parra 1971

CONCLUSIONES

La deshidratación es el procedimiento más empleado para la conservación de alimentos porque la alteración microbiológica es controlada básicamente al reducir el contenido de agua.

Estudios realizados en 1986 por Bourne y col., demostraron que la mayor estabilidad, en función del contenido de agua, ha sido calculada en niveles de capa monomolecular de 0.24 en A_w de 0.40, en donde se observó que el producto conserva la mayor parte de las propiedades organolépticas.

Los factores dependientes del producto a considerar para la selección de materiales de envasado se relacionan con la migración y captación de vapor de agua, la pérdida de componentes volátiles, captación de oxígeno, protección a la luz y ataque de microorganismos.

Los factores dependientes del material de envasado, se relacionan a su vez, con la permeabilidad del vapor de agua, barrera a la adsorción de olores extraños, humedad relativa en torno al envase y resistencia al manejo.

Los envases poliméricos mayormente usados se elaboran a partir de polietileno de alta o baja densidad y las alternativas de uso se encuentran en los materiales coextruidos a partir de PVDC, y laminados con mezclas específicas como: MXDT y, MXXT/A, estos dos últimos pueden estar en

contacto directo con los anillos de manzana, así mismo en laminaciones en donde se sustituye la película de PVDC con una delgada capa de aluminio.

Los materiales como papel y cartón encuentran aplicación principalmente como envase secundario o terciario y son los que hasta la fecha se emplean aún en productos importados de Chile, Venezuela, Estados Unidos y Arabia. De igual manera, materiales, como plástico rígido, cajas de poliestireno, cajas de madera continúan siendo usadas con resultados aceptables.

El almacenamiento a temperatura ambiente sigue siendo la empleada hoy en día, pues debido al costo del producto, emplear sistemas de almacenamiento en temperaturas de refrigeración y/o congelación, incrementaría aún mas el costo y, además dada la actividad de agua de los anillos de manzana deshidratada no se considera necesario.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Aguilera J. M. y Col. (1997). "Temas en tecnología de alimentos". Volumen 1 CYTED, Instituto Politécnico Nacional. México D. F.
- 2) Arthey D y Dennis C. (1993) "Procesado de Hortalizas". Acribia. España.
- 3) Alvarado D. M. (1994). "Introducción al estudio del ENVASE Y EMBALAJE diseño gráfico y otras disciplinas". Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F.
- 4) Anónimo. (1987). "Polímetros plásticos". Curso JETHRO. México D. F.
- 5) Angel G. F y Col. Equivalent thermophysical properties and surface heat transfer coefficient of fruit layers in trays during cooling. Journal of food Eng. 40 (1999) 7 – 13
- 6) Badui D. S. (1986) "Química de los alimentos". Universidad Nacional de México. México D. F.
- 7) Brennan. (1980). "Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos". Acribia. España.
- 8) Bureau G. y Multon J. L. (1997). "Embalaje de los alimentos de gran consumo". Acribia. España.
- 9) Cervera Fantoni A. L. (1998), "Envase y Embalaje". ESIC. Madrid.
- 10) Chapman y Hall. (1994). "Food Packaging and preservation". Blackie Academic and Professional. Estados Unidos.
- 11) Cheffel and Cheffel. (1983). "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos". Acribia. España.
- 12) Desrosier W. N. (1999). "Elementos de Tecnología de los alimentos". Compañía Editorial Continental.
- 13) Diccionario Enciclopédico Salvat Universal (1980), tomo 7.
- 14) Donald L.D. (1989). "Processed apple products". Cornell University, Geneva, New York.
- 15) Duckworth. (1975). "Water Relations of foods". Academy Press INC. New York.

- 16) Earle R. L. (1969). "Unit Operations in Food Processing". Pergamon Press. New York.
- 17) Envase y embalaje Año 2, No. 1 Enero 2001
- 18) Fellows P. (1989) "Tecnología del procesado de los alimentos". Acribia. España.
- 19) Fennema O. R. (1993) "Química de los alimentos". Acribia. España.
- 20) Guía de orientación de La Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994 Información Comercial - Disposiciones Generales para Productos, Diario Oficial de la Federación, Enero de 1996)
- 21) Gordón L. R. (1985) "Food Packaging". Marcel Decker. INC. New York.
- 22) Gocho H. Effect of acetyl content on the sorption isotherm of water by cellulose acetate: comparison with the thermal analysis results. Journal of food Eng. 41 (2000) 83 – 86.
- 23) Hotchiciss J. H. (1988) "Food and Packaging Interaction". American Chemical Society. Whashintong.
- 24) Instituto Mexicano del Plástico Industrial. S. C.(1997) "Enciclopedia del Plástico". México D. F.
- 25) Karathanos Vaios T. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. Journal of food Eng. 39 (1999). 337 – 344
- 26) Krokida M.K. Viscoelastic Behavior of dehydrated products during rehydration. Journal of food Eng. 40 (1999) 269-277
- 27) M. Mathlouthi. (1985). "Food Packaging and Preservation". Elsevier applied Science Publishers. London and New York.
- 28) Medina. M. C. (1984). "Envases plásticos en Alimentos". Tesis: Universidad Nacional Autónoma de México.
- 29) Muller H. G y Tobin G. (1989) "Nutrición y Ciencia de los Alimentos". Acribia. España.
- 30) Paine, F. A. and Paine, H. Y. (1983). "Handbook of Food Packaging". Leonard Hill. Blackie. London.
- 31) Parra L. G. (1971). "La conservación de alimentos". Alhambra. México D. F.

- 32) Rockland B. L. (1981). "Water Activity Influences on Food Quality". Academy Press INC. California USA.
- 33) Rodríguez. J. A. (1997). "Ingeniería y diseño de envases y embalajes". Memorias de diplomado Tomo III. México D. F.
- 34) Sasián R. M. (1998). "Manual de Ingeniería en envase y embalaje". CECSA, México D. F.
- 35) Salazar T. A. Envases más que apariencia. Tecnología de Alimentos. 33 (10), 1998.
- 36) Teounou E. y Fitzpatrick J.J. Effect of relative humidity and temperature on Food powder flowability. Journal of food Eng. 42 (1999) 109 – 116
- 37) Troller. J. A. and Christian, J. H. B. (1978). " Water Activity and Food". Academy Press. London.
- 38) Valderrama, M. C. (1996). "Análisis térmico del calentamiento por microondas aplicado a productos alimenticios empacados". Tesis: Universidad Nacional Autónoma de México.
- 39) Vidales G. A. D (1995). "El mundo del envase". Manual para el diseño y producción de envases y embalajes. Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F.
- 40) Wiley Ph. D. (1992). "Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas". Acribia, España.

DIRECCIONES VIA INTERNET.

- a).- <http://www.elsevier.com>
- b).- <http://www.emprendedor.com>
- c).- <http://www.ift.com>
- d).- <http://empaqueteprof.com>
- e).- <http://travelto/packaging>
- g).- <http://zonavegetal.com>
- h).- <http://frutexa.com>
- i).- <http://excite.com>
- j).- <http://google.com>