

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“GENERALIDADES, MÉTODOS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS DURANTE EL
ALMACENAMIENTO POSCOSECHA EN FRUTOS DE AGUACATE
MÍNIMAMENTE PROCESADO”**

Por:

IVAN MORALES REYES

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para obtener Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Noviembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"GENERALIDADES, MÉTODOS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO POSCOSECHA EN FRUTOS DE AGUACATE MÍNIMAMENTE PROCESADO"

Presentado por:

IVAN MORALES REYES

MONOGRAFIA

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido evaluado y aprobado por el siguiente comité:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Presidente

Q.F.B. Ma. Del Carmen Julia García

Sinodal

M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Sinodal

Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Noviembre de 2012

Agradecimientos.

Son tantas las personas a las que les debo más que un simple agradecimiento, por que formaron parte de mi formación académica pero, formaran siempre parte de mi vida

Ustedes estarán siempre en mi mente y en mi corazón.

Antes que nada quiero agradecerle al creador de todo lo que vemos, Dios, creador de todo este maravilloso mundo en el que vivimos. Gracias Dios por permitirme cumplir este sueño.

Quiero hacer un sincero agradecimiento a mi alma mater la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" porque es una universidad de prestigio nacional, formadora de grandes ingenieros y de granes seres humanos. Gracias Ama Mater por todas esas grandes experiencias vividas. Gracias a mi universidad conocí a muchos amigos y amigas y a excelentes personas que nombrare más adelante. Mi universidad fue testigo de que este sueño fuera tomando forma, fuera creciendo hasta lograr lo que ahora es, un sueño hecho realidad. Gracias por formarme profesionalmente y formarme como persona para afrontar lo que se me ponga en frente.

Mis agradecimientos especiales a la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara, por depositar su confianza en mí para la realización de esta monografía por ser mi maestra en el transcurso de mi carrera y compartirme sus conocimientos y experiencias y ser por ultimo mi asesora en la realización de mi monografía.

Quiero agradecer a la M.C. Xóchitl Rúelas Phacón por ser mi maestra a lo largo de mi carrera profesional, porque ella siempre compartió sus experiencias y siempre fue una gran persona en quien confiar tanto en problemas académicos como personales también quiero agradecerle por aceptar ser mi sinodal en la realización de esta monografía.

Agradezco también a la Q. F. B. Ma. Del Carmen Julia García por haber aceptado ser mi sinodal en la realización de esta monografía y por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de la carrera. Y por haberme ayudado en cualquier cosa que yo necesitara. Muchas gracias maestra.

Quiero agradecer a todos mis maestros del departamento de ciencia y tecnología de alimentos.

A la M.C. María Hernández. Maestra usted es una de las mejores maestras de la carrera por enseñarnos siempre con ejemplos de la vida. Preocupándose siempre por que sus alumnos salgan lo mejor preparados al mundo laboral.

Al Químico Oscar Noé Reboloso. Gracias por ser una persona en quien confiar y por llevarse bien siempre con todos sus alumnos.

Agradeceré también a la Doctora Ana Verónica Charles, Gracias doctora porque gracias a la rectitud y exigencia que usted inculco a sus alumnos, me preparo para afrontar la vida real por prepararme para lo que nos espera al salir al mundo laboral

Al ingeniero Carlos Ramos Veliz por abrirme los ojos para estar siempre atento y preparado para la vida. Por enseñarme que un papel no nos va a dar de comer, que uno como persona debe tener la ACTITUD para salir siempre adelante. Gracias maestro.

A grandes personas y amigos que conocí en Saltillo que si no me hubiera decidido a emprender este viaje, nunca los hubiera conocido. A ustedes grandes amigos.

Gracias a Marco Antonio Delgado. Gracias marcus por tui apoyo siempre incondicional. Porque en ti podía confiar porque siempre me ayudaste sin recibir nada a cambio porque simplemente esa es tu naturaleza, es una persona buena gracias marcus recuerda que siempre estarás en mi corazón por ser una gran persona.

Gracias también al Lic. Carlos A. Murillo. Padrino, gracias por apoyarme usted es una de las personas que se preocupo por mí que me enseñó en la vida real lo que mis maestros me decían en teoría gracias por la experiencia que usted me brindo, gracias por ser mi padrino, lo recordare siempre.

Quiero agradecer a todos mis compañeros y compañeras de la carrera por todas las experiencias vividas.

Agradeceré también especialmente a mis amigos de la carrera: Abdón Arriaga (donis), David Salas (deivid), Sergio Luis López (checo), Mario Adolfo Granados

(bofo), Leonardo Daniel Gonzales (chino), Ángel Valencia (loco). Todos juntos formamos los galácticos, grupo de elite al cual no cualquiera puede entrar. Iván Isai López, José Modesto Pastillo (risitas o el mode), Daniel Gonzales (joven), a Dolores Barranco, (lolis) y a Petra Luz Mediana (petra). Ustedes son mis grandes amigos, con ustedes compartí momentos inolvidables, ustedes fueron mi apoyo en las buenas y en las malas, con ustedes pase los mejores momentos de la carrera como los bailes las fiestas las reuniones y demás eventos donde la amistad fuese lo ms importante. Les deseo éxito a cada uno de ustedes échenle ganas mis mejores amigos siempre los llevaré en mis recuerdos y en mi corazón.

Deseo hacer un agradecimiento muy en especial a mi hermano, el Ing. Miguel Ángel Morales Reyes, no sé de qué manera agradecerte tu apoyo incondicional, porque es más fácil recorrer un camino cuando el sendero ya ha sido marcado, y tu hermano fuiste quien marco ese sendero fuiste quien siempre se preocupó por mí fuiste siempre mi confidente, mi apoyo y mi guía. Gracias por todo lo que me enseñaste, gracias por permitirme contarte mis alegrías y mis tristezas se que en ti siempre podre confiar. Muchas gracias hermano por que se que nuestra amistad es más que de palabras, es de sangre muchas gracias por tu apoyo indispensable para realizar ese sueño.

DEDICATORIAS

A mis padres Álvaro Morales Castro y Andrea Reyes Aguilar. Por darme la vida y por criarme en una familia ejemplar llena de amor y de buenos consejos

A mi padre.

Papa este triunfo te lo dedico a ti, porque a pesar de todo confiaste en mí y me supiste ayudar cuando más te necesite, tú me abriste los ojos y me enseñaste que este sueño si se podía realizar. Gracias a tu esfuerzo, y a que siempre te preocupaste por que tuviera lo necesario y más que eso, por preocuparte porque nunca me faltara nada, siento que te debo mucho y con lo único con lo que te puedo pagar es con un GRACIAS y con algo que tú siempre nos enseñaste, amor. Mama te amo

A mi madre.

Gracias mamá por nunca dejar de confiar en mí, mamá tu siempre fuiste mi apoyo en las malas, sin ti nada de esto se hubiera logrado, gracias por ser una madre ejemplar, gracias por enseñarme buenos modelos, gracias por todo el amor que me brindaste gracias mamá porque siempre pude contar con tu apoyo, gracias a ti aquí esta esto que tu quisiste, que fuera una persona preparada, este triunfo también es tuyo mamá, te amo

Padres, gracias por darme la herencia más valiosa que se puede desear, el estudio.

También quiero dedicar este triunfo a mi hermano Fredy Morales Reyes, que aunque desde lejos siempre me apoyaste, gracias por todos los momentos vividos.

A Brenda A. Morales Reyes mi hermana, se que siempre puedo confiar en ti, por los momentos que hemos pasado en familia y por tu apoyo incondicional.

A mi esposa Martha Mendoza Mendoza, Gracias infinitas por todo el amor que me has brindado, te dedico este triunfo que logré, gracias a tu apoyo incondicional, gracias a tus consejos y a tu paciencia y a tu gran esfuerzo y a sacrificio para que yo pudiera realizar este sueño, y par que lo nuestro saliera adelante, te estaré eternamente agradecido. Te dedico esto con todo mi amor, te amo.

A mi hija Hanny Astrid Morales Mendoza. Mi amor, tú fuiste el principal motor para que esto se llevara a cabo tú fuiste el motivo para que me despertara todos los días y me decidiera a echarle ganas. Mi princesa, te dedico este triunfo a ti que eres la inspiración en todo lo que hago.

A mis abuelos, a mis tíos, a mis primos y a mis amigos, gracias por su apoyo siempre.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Agradecimientos.....	III
Dedicatorias.....	VI
Índice general.....	VIII
Índice de figuras.....	XI
RESUMEN.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVO GENERAL.....	3
3 ANTECEDENTES.....	3
3.1 Generalidades del aguacate.....	3
3.1.1 Árbol.....	3
3.1.2 Fruto.....	4
3.1.3 Clima.....	4
3.1.4 Cultivo.....	4
3.1.5 Recolección.....	4
3.1.6 Usos.....	5
3.1.7 Razas de aguacate.....	5
3.1.7.1 Mexicana.....	5
3.1.7.2 Guatemalteca.....	5
3.1.7.3 Antillana.....	5
3.1.8 Clases de aguacate.....	5
3.1.8.1 Hass.....	6
3.1.8.2 Fuerte.....	6
3.1.8.3 Criollo.....	6
3.1.8.4 Bacon.....	7
3.1.8.5 Pinkerton.....	7
3.1.8.6 Gwen.....	8
3.1.8.7 Reed.....	8
3.1.9 Características del aguacate.....	8
3.1.9.1 Forma.....	9
3.1.9.2 Tamaño y Peso.....	9

3.1.9.3 Color.....	9
3.1.9.4 Sabor.....	9
3.2 Manejo poscosecha de aguacate.....	9
3.2.1 Calidad.....	10
3.2.1.1 Calidad comercial.....	10
3.2.2 aspectos fisiológicos poscosecha.....	11
3.2.2.1 Maduración.....	11
3.2.2.2 Ablandamiento.....	11
3.2.2.3 Respiración.....	12
3.2.2.4 Producción de etileno.....	12
3.2.3 Labores poscosecha.....	13
3.2.3.1 Selección.....	13
3.2.3.2 Clasificación.....	14
3.2.3.3 Empaque.....	14
3.2.3.4 Almacenamiento.....	15
3.2.3.4.1 Aspectos económicos de Almacenamiento.....	15
3.2.3.4.2 Características de calidad para el almacenamiento.....	16
3.2.3.4.3 Requisitos del sitio de almacenamiento.....	17
3.2.3.4.4 Condiciones óptimas de almacenamiento.....	17
3.2.3.4.5 Periodo de almacenamiento.....	18
3.2.3.4.6 Sistemas de almacenamiento.....	18
3.2.3.4.6.1 Métodos y Tecnologías de almacenamiento.....	18
3.2.3.4.6.1.1 Almacenamiento en frío.....	18
3.2.3.4.6.1.1.1 Pre-enfriado.....	20
3.2.3.4.6.1.1.1.1 Hidroenfriado.....	20
3.2.3.4.6.1.1.1.1.2 Enfriamiento por ráfaga o aire forzado.....	21
3.2.3.4.6.1.1.1.1.3 Enfriado con hielo.....	23
3.2.3.4.6.1.1.1.1.4 Enfriado evaporativo.....	23
3.2.3.4.6.1.1.1.1.5 Enfriado por vacío.....	24
3.2.3.4.6.1.1.2 Refrigeración.....	24
3.2.3.4.6.1.1.2.1 Efecto de la refrigeración.....	28
3.2.3.4.6.1.1.2.1.1 Respiración.....	28
3.2.3.4.6.1.1.2.1.2 Deshidratación.....	28
3.2.3.4.6.1.1.2.1.3 Pérdida de calidad y senescencia.....	29

3.2.3.4.6.1.1.2.1.4 Podredumbres.....	29
3.2.3.4.6.1.2 Conservación en atmósferas controladas.....	29
3.2.3.4.6.1.2.1 Características de las cámaras.....	31
3.2.3.4.6.1.2.2 Modalidades de modificación.....	31
3.2.3.4.6.1.2.2.1 Tipos de atmósferas.....	32
3.2.3.4.6.1.2.2.2 Efecto del empobrecimiento de oxígeno.....	33
3.2.3.4.6.1.2.2.2.1 Favorable.....	33
3.2.3.4.6.1.2.2.2.2 Desfavorable.....	33
3.2.3.4.6.1.2.2.3 Efecto del enriquecimiento de dióxido de carbono.....	34
3.2.3.4.6.1.2.2.3.1 Favorable.....	34
3.2.3.4.6.1.2.2.3.2 Desfavorable.....	34
3.2.3.4.6.1.2.3 Recomendaciones en AC para aguacate.....	35
3.2.3.4.6.1.3 Altas presiones Hidrostáticas.....	35
3.2.3.4.6.1.3.1 Antecedentes históricos.....	35
3.2.3.4.6.1.3.2 La tecnología de Altas Presiones (AP).....	36
3.2.3.4.6.1.3.3 Descripción general de un Sistema de Alta Presión.....	38
3.2.3.4.6.1.3.3.1 Recipiente de presurización y cierre.....	38
3.2.3.4.6.1.3.3.2 Sistemas de generación de presión.....	38
3.2.3.4.6.1.3.3.3 Sistemas de regulación de temperatura.....	39
3.2.3.4.6.1.3 Conservación de alimentos por tratamiento térmico.	40
3.2.3.4.6.1.4 Ceras.....	41
3.2.3.4.6.1.5 1-Metilciclopropeno.....	42
4 Conclusiones.....	43
5 Bibliografía.....	44

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Aguacate Hass.....	6
Figura 2. Aguacate Fuerte.....	6
Figura 3. Aguacate Criollo.....	7
Figura 4. Aguacate Bacon.....	7
Figura 5. Aguacate Pinkerton	7
Figura 6. Aguacate Gwen.....	8
Figura 7. Aguacate Reed.....	8
Figura 8. Etapas de maduración aguacate.....	11
Figura 9. Selección de frutos de aguacate.....	13
Figura 10. Clasificación frutos de aguacate.....	14
Figura 11. Empaque de frutos de aguacate.....	14
Figura 12. Cámara de almacenamiento.....	15
Figura 13. Sistema de almacenamiento en frío.....	19
Figura 14. Maquina de hidrogenfriado.....	21
Figura 15. Cámara de enfriamiento por aire forzado.....	22
Figura 16. Enfriamiento evaporativo.....	23
Figura 17. Cámara de enfriamiento por vacío.....	24
Figura 18. Almacenamiento refrigerado.....	25
Figura 19. Cámara frigorífica.....	31

RESUMEN

El aguacate es un fruto de gran importancia comercial a nivel mundial. Por lo cual requiere de un buen proceso poscosecha ya que de él depende el que el consumidor final obtenga productos frescos y de buena calidad, también esto es de gran beneficio para el productor porque de esta manera puede disminuir las pérdidas poscosecha que se presentan por la falta de conocimiento de los procedimientos que se tienen que seguir para poder brindar un producto de calidad.

La calidad inicial de la fruta cosechada no puede ser mejorada aplicando tecnologías durante el período poscosecha; no obstante, es posible conservar dicha calidad por largos períodos de tiempo, utilizando sistemas modernos de conservación y transformación, Las tecnologías de manejo poscosecha utilizadas se basan en el estudio de los factores relacionados con el deterioro del producto, su comportamiento fisiológico, las técnicas de almacenamiento y las estrategias para retardar su envejecimiento.

En general, el almacenamiento de los productos agrícolas se hace con el propósito de conservar los excesos de producción, regular la oferta, normalizar los precios disminuir la incidencia y severidad de algunos factores relacionados con el deterioro del fruto como son la respiración, la sensibilidad a bajas temperaturas y el ataque de patógenos entre otros. Las características que en términos de calidad deben reunir una fruta son calidad comercial, calidad sensorial, calidad higiénica y calidad nutricional.

Palabras clave: aguacate, poscosecha, almacenamiento, tecnologías, calidad.

1. INTRODUCCIÓN

El importante progreso en el incremento de la producción de aguacate a nivel mundial, ha significado en los últimos años un crecimiento en el comercio internacional, para satisfacer las demandas de consumo en regiones donde el aguacate no puede ser cultivado o donde el volumen de producción es insuficiente para la demanda del mercado interno (Ochoa, 2009).

El alto valor nutritivo del aguacate, así como sus propiedades dietéticas lo convierten en uno de los frutos más atractivo para los consumidores en todo el mundo, lo que incide en una sobre demanda mundial y en un incremento de la superficie destinada a su cultivo (Ochoa, 2009).

El comercio internacional de aguacate, requiere la producción de frutos de alta calidad, así como de un sistema de almacenamiento eficiente que permita retardar la maduración para que las características de calidad que le dan precio en el mercado se preserven hasta llegar al consumidor final. El fruto de aguacate presenta una gran actividad metabólica y una marcada sensibilidad al daño por frío, que hace particularmente complejo el establecimiento de un sistema de almacenamiento totalmente eficiente (Ochoa, 2009).

Actualmente el entorno económico mundial, favorece el intercambio de productos alimenticios entre los países, con una tendencia hacia los alimentos lo menos adicionados químicamente para su producción y conservación. Es por eso que surge la necesidad de presentar nuevas alternativas de procesamiento de alimentos, que incluyan en lo posible, sólo procesos físicos para su conservación (Ortiz *et al*, 2003).

Las tendencias actuales de los consumidores indican su preferencia por alimentos de fácil preparación, de calidad, seguros, y naturales, que estén poco procesados pero a la vez tengan una mayor vida útil. Las tecnologías de conservación de alimentos tienen como reto, obtener productos más duraderos sacrificando al mínimo sus características nutricionales y sensoriales iniciales (Del Valle, 2003).

Los productos hortofrutícolas hoy en día presentan grandes problemas, uno de ellos son las pérdidas por el rápido deterioro de los mismos debido a su proceso normal de maduración. El aguacate, tiene un alto valor comercial para quienes buscan continuamente desarrollar tecnologías en la industria alimentaria que permitan alargar su vida útil (Sandoval, *et al*, 2010).

El aguacate es una fruta muy apreciada en el mercado mundial por su consistencia suave similar a la de la mantequilla, su exquisito sabor, su alto valor nutritivo y por sus amplias posibilidades de uso no solo en la culinaria sino en procesos industriales. Se estima que contiene un fuerte componente vitamínico (A, C y E), además de extraordinarias propiedades para eliminar el colesterol, por contener lipoproteínas de baja densidad (Sandoval, *et al*, 2010).

Los frutos no maduran en el árbol, sino que lo hacen una vez han sido recolectados, momento en el que tiene lugar una intensa actividad respiratoria (desprenden etileno), por lo que su almacenamiento por períodos largos es difícil. Dicha actividad respiratoria difiere según la variedad y el grado de madurez, las condiciones ambientales y de almacenamiento (consumer eroski, 2012).

Los frutos de aguacate se cosechan en un estado firme cuando han alcanzado un contenido de materia seca suficiente para que puedan madurar de manera normal. Una vez removido del árbol, el fruto de aguacate inicia su proceso de maduración experimentando diversos cambios fisiológicos, expresados en pérdida de agua, de firmeza y cambios en el color hasta alcanzar en pocos días su estado óptimo de consumo. El momento en que el fruto alcanza este estado de consumo, así como el nivel en la calidad de maduración y la preservación de sus atributos depende del manejo poscosecha (Ochoa, 2009).

Las técnicas de almacenamiento que se utilizan después de la cosecha y una vez que las frutas han sido empacadas para su comercialización en fresco, tienen el propósito de conservar la calidad de las mismas, teniendo en cuenta las condiciones ambientales adecuadas que permitan reducir la velocidad de los procesos vitales de estos productos, y disponer de ellos por períodos más prolongados que los normales, además ofrecer productos frescos a mercados distantes y reducir pérdidas durante su comercialización (Guerra, 1996).

2. OBJETIVO GENERAL

La presente monografía tiene como objetivo presentar una síntesis de la información consultada de investigaciones realizadas recientemente sobre el estudio y desarrollo de métodos y tecnologías poscosecha aplicadas en el cultivo del aguacate haciendo especial énfasis en su aplicación y efecto durante el almacenamiento del fruto.

3. ANTECEDENTES

3.1 Generalidades aguacate

Es un árbol originario de Mesoamérica, su origen tuvo lugar en la parte centro de México y en algunas partes altas de Guatemala, donde ya se cultivaba con anterioridad a la llegada de los españoles (Sandoval, *et al*, 2010). El nombre del aguacate proviene del náhuatl (Ahuacatl), palabra que significa “testículos del árbol”. Su nombre científico es *Persea Americana* y proviene de la familia *laurácea* (SAGARPA, 2011).

Ubicado taxonómicamente en el orden Ranales, familia Lauráceas, género *Persea*, especie *Americana*, cuyo nombre botánico es *Persea americana Mill* y del que se tiene referencias hace 8000 y 10000 años. Mucho antes de la llegada de los españoles a América, el aguacate ya formaba parte de la dieta de los aztecas y otros pueblos americanos (Sandoval, *et al*, 2010).

3.1.1 Árbol

Regularmente, el árbol de aguacate puede alcanzar una altura de hasta 20 metros, sin embargo, cuando se cultiva no se deja crecer más de 5 metros, para facilitar las prácticas de control fitosanitario, cosecha, poda y fertilización foliar. Es de tronco grueso y con hojas alargadas que terminan en punta en la parte alta del tronco. Tiene varias ramificaciones, que generan un follaje denso. El aguacate es considerado un producto perenne debido a que se cultiva durante todo el año (SAGARPA, 2011).

3.1.2 Fruto

El fruto es una drupa en forma de pera, de color verde claro a verde oscuro y de violeta a negro, cáscara rugosa con una pulpa verde amarillenta y un hueso central muy grande. Existen aproximadamente unas 400 variedades, por lo que podemos encontrar frutos de formas y pesos diferentes, que pueden llegar a pesar de 150 a 350 g (SAGARPA, 2011).

3.1.3 Clima

Este fruto es sensible al frío y a la humedad, por lo que su establecimiento por lo regular es en regiones libres de heladas y de vientos calurosos y secos. La temperatura y la lluvia son los dos factores de mayor incidencia en el desarrollo de este cultivo, en cuanto a precipitación, se considera que 1,200 mm anuales bien distribuidos son suficientes. Las sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, estimulando un bajo rendimiento. La precipitación excesiva durante la floración y fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto. El viento produce daño, rotura de ramas y caída del fruto; cuando el viento es muy seco durante la floración, se reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos lo que provoca que el rendimiento disminuya (Financiera rural, 2009).

3.1.4 Cultivo

La distancia de siembra entre las plantas está determinado en función de factores como: variedad de aguacate, tipo de suelo, topografía y condiciones meteorológicas. En general, los árboles son plantados con una distancia entre ellos que va desde los 7 metros hasta los 12 metros de distancia entre sí. De esta manera se obtiene en una hectárea destinada a la plantación del aguacate, de 115 a 180 árboles (SAGARPA, 2011).

3.1.5 Recolección:

En arboles injertados, la primera cosecha de la fruta se realiza al quinto año de vida del árbol, obteniendo por lo regular alrededor de 50 frutos en ese

ciclo. Durante los siguientes años, alcanza 150 frutos en el sexto año (ciclo), 300 frutos al séptimo, llegando a 800 en el ciclo del octavo año (SAGARPA, 2011).

3.1.6 Usos

Principalmente en la alimentación debido a que contiene proteínas, vitaminas y minerales. De su grasa puede extraerse aceites utilizados en la industria cosmética y farmacéutica (Financiera rural, 2009).

3.1.7 Razas de aguacate

Bernal 2008, menciona que generalmente, se identifican tres razas de aguacate: mexicana, guatemalteca y antillana.

3.1.7.1 La raza Mexicana

Tiene como principal característica ser muy resistente al frío, así como también su alto contenido de aceite. El tamaño del fruto es variable con tendencia a pequeño.

3.1.7.2 La raza Guatemalteca

Posee un fruto de tamaño pequeño y forma redonda, cuya característica principal es su cáscara gruesa.

3.1.7.3 La raza Antillana

Se adapta a clima tropical y es más tolerante a la salinidad, tiene un lapso de flor a fruto bastante corto y el tamaño de su fruto es mayor que las otras razas.

3.1.8 Clases de aguacate

De acuerdo a SAGARPA 2011. Existen las siguientes clases de aguacate:

3.1.8.1 Hass

Es el más popular en el mercado internacional, cuando está maduro, su cascara adquiere un tono oscuro, casi negro. Su piel pasa de verde oscuro a verde purpurino. Tiene un gran sabor a nuez y avellana, con textura suave-cremosa y una semilla de pequeña a mediana. Disponible durante todo el año. El aguacate Hass proviene del injerto, mezcla de diferentes variedades de aguacate, desarrollado por Rudolph Hass.

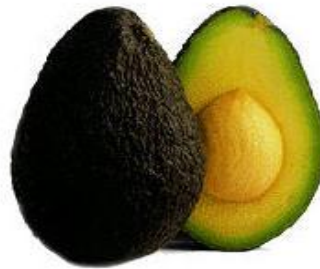


Figura 1. Aguacate Hass

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.2 Fuerte

Surge de los injertos hechos en California a partir del aguacate de Atlixco, para obtener un producto más resistente a las heladas estadounidenses, más carnoso y susceptible de ser transportado para su distribución. Su cáscara es gruesa, comparada con otras especies y no se oscurece con la maduración. Su piel es ligeramente áspera, con muchos pequeños puntos amarillos. Lo podemos encontrar desde finales de otoño hasta primavera. Tienen la forma de una pera, de gran sabor y pulpa cremosa.



Figura 2. Aguacate Fuerte

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.3 Criollo

Se caracteriza por tener una cáscara muy delgada y suave, que se aferra a la masa, además, un hueso muy grande. El color de su cáscara es oscura y su pulpa al madurar adopta un color amarillo-limón. Tiene entre sus principales

características ser resistente al frío. Algunos lo degustan con todo y su piel por su sabor aromatizante.



Figura 3. Aguacate Criollo

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.4 Bacón

Fruta disponible durante otoño hasta primavera. El fruto es de forma ovalada, pulpa amarilla verdosa que tiene un gran sabor con textura suave. Es fácil de pelar y contiene un hueso mediano a grande. Al madurar, la piel de este fruto toma un color más oscuro.



Figura 4. Aguacate Bacón

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.5 Pinkerton

Tiene cosecha temprana, redondo, con cuello en forma de pera, de tamaño medio. Se trata de una fruta de apariencia larga, pulpa cremosa con excelente sabor. Tiene una cáscara más gruesa que las diferentes clases de aguacate, además es muy fácil de pelar. Lo encontramos de invierno hasta primavera.



Figura 5. Aguacate Pinkerton

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.6 Gwen

Lo encontramos desde principios de primavera hasta finales de verano. Es una fruta redonda, la piel es delgada y granulada de color verde. El sabor de la pulpa es suave y cremoso.



Figura 6. Aguacate Gwen

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.8.2 Reed

Disponible en verano e inicios de otoño. Su piel permanece gruesa y verde, tienen buen sabor, presenta una suave presión cuando está madura. Es fácil de pelar y contiene una semilla mediana.



Figura 7. Aguacate Reed

(Fuente: SAGARPA, 2011)

3.1.9 Características del aguacate

De acuerdo a consumer eroski, 2012, el aguacate tiene las siguientes características:

3.1.9.1 Forma:

Con forma de pera, en su interior contiene una única semilla redondeada de color claro y 2-4 centímetros de longitud (salvo la variedad dátil), que aparece recubierta de una delgada capa leñosa de color marrón.

3.1.9.2 Tamaño y peso

Aunque existen variedades que pesan unos 100 gramos y otras que pueden alcanzar los 2 kilogramos, los que más se comercializan suelen medir 10-13 centímetros, con un peso de 150-350 gramos.

3.1.9.3 Color

La corteza, gruesa y dura, con rugosidades, presenta una coloración verde que varía en intensidad en función de la variedad. La pulpa es cremosa, aceitosa, de color verde crema o pálido a blanco amarillento, muy similar a la mantequilla.

3.1.9.4 Sabor

El sabor de la pulpa recuerda al de la nuez y la avellana.

3.2 Manejo poscosecha aguacate

La poscosecha se define como la etapa del proceso productivo que incluye todas las actividades que deben ser implementadas para ofrecer una fruta de excelente calidad, desde el momento de la recolección hasta que llega al consumidor final (Londoño, 2008).

La calidad inicial de la fruta cosechada no puede ser mejorada aplicando tecnologías durante el período poscosecha; no obstante, es posible conservar dicha calidad por largos períodos de tiempo, utilizando sistemas modernos de conservación y transformación (Londoño, 2008).

Las tecnologías de manejo poscosecha utilizadas se basan en el estudio de los factores relacionados con el deterioro del producto, su comportamiento fisiológico, las técnicas de almacenamiento y las estrategias para retardar su envejecimiento (Londoño, 2008).

Las frutas, por ser organismos vivos, después de cosechadas son susceptibles a una serie de daños de tipo físico y microbiológico. Lo anterior, asociado a la poca tecnología de manejo poscosecha existente en el país, ocasiona desde la recolección hasta el consumo, pérdidas cercanas al 35% (Londoño, 2008).

3.2.1 Calidad

La calidad de una fruta es el producto de una combinación de características, atributos y propiedades que le otorgan valor como alimento para el hombre, La calidad también se puede definir como el conjunto de cualidades que determinan que cierto producto sea del gusto de un consumidor o de un grupo al cual se desea satisfacer con dicho producto (Londoño, 2008).

Las características que en términos de calidad debe reunir una fruta son calidad comercial, calidad sensorial (organoléptica), calidad higiénica y de protección de la salud y calidad nutricional (Londoño, 2008).

3.2.1.1 Calidad comercial

La calidad comercial comprende básicamente los aspectos de presentación externa, tales como apariencia general en términos de color, tamaño, forma, presencia de daños, raspaduras, variedad, entre otros (Londoño, 2008).

Otros aspectos como la limpieza del producto, relacionados con la no presencia de materiales extraños como residuos de hojas, tierra; la sanidad en cuanto a ausencia de plagas y enfermedades; la homogeneidad de una unidad de muestreo, son criterios muy importantes cuando se trata de calidad comercial (Londoño, 2008).

3.2.2 Aspectos fisiológicos poscosecha que influyen en la calidad de las frutas

3.2.2.1 Maduración

El proceso de maduración del aguacate está marcado por una variedad de cambios bioquímicos que incluyen incrementos en la producción de etileno y en la respiración, ablandamiento y desarrollo de componentes de sabor. A diferencia de la mayoría de frutales, el aguacate no alcanza la madurez de consumo en el árbol, sino después de que se cosecha (Ochoa, 2009).

Este fenómeno parece estar explicado por la presencia de una sustancia que actúa como regulador de la maduración y que se tras loca desde el pedúnculo una vez que se independiza el fruto del árbol (Ochoa, 2009).

El progresivo reblandecimiento del fruto y el desarrollo de un sabor aceptable, son indicadores de la madurez. Antes de que esto ocurra, se observan ligeros cambios en la consistencia del fruto debidos a la pérdida de agua. Una vez que se alcanza la madurez fisiológica, la tasa de reblandecimiento poscosecha se torna progresivamente menor conforme se acerca a la madurez de consumo (Ochoa, 2009).



Figura 8. Etapas de maduración aguacate

(Fuente: Productores de aguacate, 2012)

3.2.2.2 Ablandamiento

El ablandamiento del fruto es el principal aspecto del proceso de maduración y se considera como una consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular. El proceso de ablandamiento ocurre

a nivel celular y requiere de un sistema de membranas intacto, que permita la síntesis de enzimas líticas de ácidos grasos, de polisacáridos de almacén y de polisacáridos que componen la pared celular vegetal (Ochoa, 2009).

3.2.2.3 Respiración

El aguacate es un fruto climatérico, con un incremento en la tasa de respiración de cuatro veces en el clímax, que precede al ablandamiento y a la maduración de consumo y es requisito para estos procesos. El principal sustrato para la respiración lo constituyen azúcares provenientes del almidón degradado por las enzimas α - y β -amilasa, aunque también se degradan ácidos grasos por β -oxidación (Ochoa, 2009).

Esta claramente establecido que el etileno dispara y regula el proceso de maduración del fruto de aguacate. El etileno es un producto natural del metabolismo y los frutos de aguacate responden a la acción tanto del etileno endógeno como del etileno exógeno. En determinado estado del proceso, el etileno se liga a su receptor en la célula, un complejo proteínico-enzimático y desencadena una serie de eventos que culminan con la maduración o senescencia del fruto (Ochoa, 2009).

3.2.2.4 Producción de etileno

Por su carácter climatérico, el aguacate presenta una elevada tasa de producción de etileno al inicio del proceso de maduración que se asocia con una pronta madurez del fruto, la que puede ser alcanzada de 5 a 7 días después de su cosecha. Niveles altos de etileno en frutos de aguacate durante el almacenamiento en frío o en el tránsito a mercados internacionales pueden disparar una reacción en cadena, causando una maduración prematura de toda la carga, ocasionando severos deterioros de la calidad, predisponiendo a los frutos a desordenes fisiológicos y a la presencia de patógenos poscosecha (Ochoa, 2009).

3.2.3 Labores poscosecha

3.2.3.1 Selección

Los frutos recolectados se seleccionan para separar aquellos que no presentan las condiciones apropiadas para su comercialización; se descartan para el mercado los frutos que presentan daños mecánicos, deshidratación, ausencia de pedúnculo, manchas causadas por agentes biológicos y defectos físicos y fisiológicos (Londoño, 2008).

El sitio destinado para la selección debe tener buena ventilación, estar protegido de los rayos solares y alejado de fuentes de contaminación como agroquímicos, abonos y fertilizantes o animales, entre otros. Una vez se efectúa la selección del producto, se procede a su clasificación, con el fin de unificar la calidad, de acuerdo con una o varias características, como color, tamaño, peso y sanidad. Los frutos destinados a la comercialización deben tener como mínimo las siguientes características (Londoño, 2008):

- Estar sanos.
- Tener el tamaño, el peso y la forma promedio de la variedad.
- Estar exentos de materiales extraños visibles como tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños.
- Presentar el pedúnculo completo.
- No presentar deformaciones, hundimientos y/o arrugamientos



Figura 9. Selección de frutos de aguacate

(Fuente: Vitalosagro, 2012)

3.2.3.2 Clasificación

La clasificación conduce a conformar categorías o clases comerciales del producto. Se puede hacer manual o mecánica, pero generalmente se combinan ambos métodos (Londoño, 2008).



Figura 10. Clasificación frutos de aguacate

(Fuente: Productores de aguacate 2012)

3.2.3.3 Empaque

El empaque es un sistema coordinado mediante el cual los productos son acomodados dentro de un conjunto de empaque, para su traslado del sitio de producción al sitio de consumo, sin que sufran daños, garantizando el establecimiento del vínculo comercial permanente entre el productor y el consumidor (Londoño, 2008).

Aunque la calidad final de los frutos de aguacate depende en gran medida del empaque, esta operación no mejora la calidad del producto; por lo tanto, se deben empaquetar solo los frutos de la mejor calidad limpios, secos, seleccionados y clasificados, pues la inclusión de productos dañados puede impedir su venta y convertirse en fuente de contaminación para el producto sano (Londoño, 2008).



Figura 11. Empaque de frutos de aguacate

(Fuente: The México report, 2012)

3.2.3.4 Almacenamiento

Las técnicas de almacenamiento que se utilizan después de la cosecha y una vez que las frutas han sido empacadas para su comercialización en fresco, tienen el propósito de conservar la calidad de las mismas, teniendo en cuenta las condiciones ambientales adecuadas que permitan reducir la velocidad de los procesos vitales de estos productos, y disponer de ellos por períodos más prolongados que los normales, además ofrecer productos frescos a mercados distantes y reducir pérdidas durante su comercialización (Guerra, 1996).

Existen diferentes formas de almacenamiento, cuya elección dependerá de su costo y aplicabilidad. Sin embargo, antes de pensar en el almacenamiento de productos frescos, existen otros factores que deben tomarse en consideración. La vida máxima de almacenamiento de un producto cosechado depende del historial de su producción, calidad y de la madurez en el momento de la cosecha.



Figura 12. Cámara de Almacenamiento

(Fuente: Agrouls, 2012)

3.2.3.4.1 Aspectos económicos del almacenamiento

El almacenamiento hace subir el costo del producto y mientras más sofisticado sea, mayor será el costo adicional. Normalmente, no vale la pena almacenar un producto fresco si el incremento de precio que se obtiene después del almacenamiento no es mayor que los costos del mismo, más una ganancia en la operación.

A veces, puede resultar aceptable no ganar en la razón costo/retorno si ello significa que a la larga el volumen de producto vendido es mayor o si las instalaciones de almacenamiento se usan con mayor eficiencia. En ciertos procesos de mercadeo, el pro-enfriamiento y/o almacenamiento del producto es un requerimiento habitual y se asume que su costo es una parte aceptada de la estrategia de producción y mercadeo (Londoño, 2008).

Cuando el almacenamiento se realiza con éxito, el aumento de precio del producto puede predecirse usando la información de temporadas anteriores, aunque es muy difícil que esta información retrospectiva sea exacta. Los costos del almacenamiento son difíciles de evaluar con precisión, para lo cual deberá tomarse en cuenta:

- **LOS COSTOS OPERACIONALES:** Costo de mano de obra, utilidades y costos administrativos.
- **LOS COSTOS FIJOS:** Incluyen los costos de financiamiento y construcción de la bodega amortizados en un periodo razonable, los gastos de arriendo y los costos generales.
- **EL FINANCIAMIENTO:** El costo de financiamiento de la cosecha mientras está almacenada, ya sea por parte de quien ha almacenado el producto u otras entidades financieras. En cualquier caso, cada día de almacenamiento significa agregar un costo al producto, distinto de los costos directos de almacenamiento (FAO, 2012).

3.2.3.4.2 Características de la calidad para el almacenamiento

Los aguacates deben poseer un pedúnculo cortado atrás y desinfectado. Los aguacates deben estar libres de cualquier signo de daño causado por hongos e insectos, de heridas abiertas y de efectos causados por la exposición excesiva a la luz directa del sol. Los aguacates deben estar enteros, limpios y firmes. No deben tener ni daños fisiológicos ni daño mecánico (magulladuras, golpes, cortes, etc. (ICONTEC, 1996).

3.2.3.4.3 Requisitos del sitio de almacenamiento

Requisitos mínimos que debe tener el lugar de almacenamiento

- Reunir unas condiciones higiénicas óptimas.
- Tener adecuada ventilación y luz.
- Contar con las facilidades para el acceso y retiro del producto.
- Ser un sitio de fácil limpieza.
- No debe permitir el acceso de roedores, aves o plagas.
- Disponer de los equipos necesarios para verificar la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire.
- El almacenamiento bajo refrigeración se debe realizar con enfriamiento previo de la fruta, el cual se debe hacer durante las primeras 8 h después de la cosecha.
- En el enfriamiento previo la pulpa debe enfriarse a una temperatura entre 18°C a 15°C la humedad relativa debe de mantenerse alrededor de 90%.
- La temperatura de almacenamiento de los aguacates se puede definir teniendo en cuenta la variedad de la fruta, el área de producción, las condiciones fisiológicas, el grado de madurez y el periodo durante el que se desea almacenar.
- Es fundamental tener un buen control de temperatura para evitar el daño del aguacate.
- El periodo de conservación de los aguacate depende de la variedad de las condiciones fitosanitarias, época de la cosecha, la temperatura de almacenamiento y del cuidado de la manipulación.
- La humedad relativa durante el almacenamiento se debe mantener entre 85% y 90%.
- Procurar una buena ventilación, con aire fresco, para evitar la acumulación de gases.

3.2.3.4.4 Condiciones óptimas de almacenamiento de los aguacates

- Almacenamiento previo maduración 13°C a 15°C con una humedad relativa de 85 % a 90 %

- Almacenamiento post-maduración 8°C a 10°C con una humedad relativa de 85 % a 90 %

3.2.3.4.5 Período de almacenamiento

El periodo de almacenamiento del aguacate depende de la variedad y de su grado de madurez al comienzo del mismo. Este varía entre 1 a 3 semanas a partir del momento de la cosecha.

3.2.3.4.6 Sistemas de almacenamiento

El propósito de los sistemas de almacenamiento es dar al producto condiciones ideales para que se mantenga en el mejor estado de calidad por el mayor periodo de tiempo posible. La vida de anaquel puede ser incrementada mediante tratamientos como control poscosecha de enfermedades, regulación de atmósferas, tratamientos químicos, aplicación de ceras, refrigeración. La refrigeración es la que mejores resultados ha mostrado en el almacenamiento de frutos y vegetales, los demás métodos solo son eficientes cuando se combinan con refrigeración (Ochoa, 2009).

El periodo comprendido entre la cosecha de la fruta y su introducción en un recinto refrigerado ventilado (cuarto de enfriamiento previo, bodega del barco, contenedor de carga, entre otros) debe ser, si es posible, menor de 24 h y no deberá exceder las 48 h. Los aguacates se deben de almacenar en empaques que permitan la libre circulación de aire y que proteja eficientemente el fruto contra golpes y rozamientos que puedan resultar de los impactos durante el manejo. En general, se debe empacar por capas de fruta del mismo tamaño, en empaque adecuado (ICONTEC, 1996).

3.2.3.4.6.1 Métodos y tecnologías de almacenamiento

3.2.3.4.6.1.1 Almacenamiento en frío

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación

de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener sus cualidades organolépticas, nutritivas, etc.; durante un período de tiempo, que dependerá de la especie y variedad de que se trate (Umaña, 2007).

La aplicación del frío, protege la calidad de los alimentos a un coste muy competitivo. En los mercados en donde ya es utilizada esta tecnología, observa crecimiento constante y se generaliza a cada vez más mercados como países cuando éstos encuentran las ventajas que ofrece este mecanismo de conservación (Umaña, 2007).

Mucho son los beneficios que esta técnica ofrece que se busca armonizar el entorno con la infraestructura necesaria para su aplicación. Esto hace necesaria la adquisición de equipos de congelamiento, almacenes frigoríficos, transportes frigoríficos, equipamientos y otros con el objetivo de que ayuden a garantizar estabilidad en la temperatura de los productos y no romper la cadena de frío que garantice la preservación de la calidad (Umaña, 2007).

En la tecnología disponible para conservación de alimentos por frío, se ha confirmado que bajas temperatura como refrigeración son para comercialización a corto y mediano plazo; y la congelación es para comercialización a largo plazo. La técnica en sí al igual que los mercados, se desarrolla notablemente extendiéndose a cada vez más productos, haciendo a éstos más atractivos para el consumidor (Umaña 2007).



Figura 13. Sistema de almacenamiento en frío

(Fuente: Agrouls, 2012)

3.2.3.4.6.1.1.1 Pre-enfriamiento

Desde hace muchos años el producto ha sido enfriado al ser almacenado simplemente en el cuarto frío. Este método es generalmente suficiente para almacenar producto a una temperatura baja, pero sólo funciona adecuadamente una vez que el fruto se ha enfriado, pero no elimina el calor de campo a una velocidad suficientemente rápida para mantener la calidad de los productos agrícolas, que se caracterizan por ser altamente perecederos.

El pre-enfriado es el retiro rápido del calor de campo de frutas y vegetales recientemente cosechados antes de enviar a almacenaje o a procesar. El pronto pre-enfriado, inhibe o retarda el crecimiento de los microorganismos que causan decaimiento, reduce actividad enzimática Y respiratoria y reduce la pérdida de humedad. Así, el pre-enfriado apropiado reduce desperdicios, retarda pérdida de frescura y de calidad pre-cosecha (Becker y Fricke, 2002).

3.2.3.4.6.1.1.1.1 El hidrogenfriado

Puede realizarse por inmersión o por aspersion o lluvia de agua fría. En este último caso, es necesario que se realice en capas finas, para lograr una temperatura uniforme. No todos los productos se adaptan a este método ya que deben tolerar el mojado, el cloro y no estar sujetos a la infiltración del agua dentro del fruto (FAO, 2012).

El agua es normalmente recirculada por lo que es muy importante la adición de cloro (150-200 ppm) para evitar la acumulación de patógenos y su dispersión a otros tejidos vegetales sanos. El proceso de pre-enfriado con agua es rápido porque el agua fría fluye alrededor de los productos bajando rápidamente la temperatura de la superficie igual a la del agua. Así, la resistencia al traspaso térmico en la superficie del producto es insignificante (FAO, 2012).



Figura 14. Maquina de hidrogenfriado

(Fuente: Agrouls 2012)

3.2.3.4.6.1.1.1.2 Enfriamiento por ráfaga o aire forzado (Blastfreezing)

Algunos tipos de producto, deben enfriarse lo más rápidamente posible después de cosechados para conservar la calidad de la fruta fresca y una demora de algunas horas puede ser suficiente para reducir la calidad del fruto apreciablemente (FAO 1989).

En tales casos, el enfriamiento en cuartos no ayuda de una forma eficiente para impedir daños serios a los productos. Para conservar la calidad, el producto fresco debe enfriarse de un modo seguro, llevándolo a su temperatura de almacenamiento óptima tan rápido como sea práctica y económicamente posible.

El enfriamiento con aire forzado es mucho más rápido que el cuarto frío y está siendo cada vez más usado para enfriar productos rápidamente (Umaña, 2007).

Ofrece estas ventajas:

1. Disminuye el tiempo que el producto permanece a temperaturas elevadas, logrando reducir el deterioro del mismo;
2. Brinda períodos más cortos de enfriamiento y hace más eficiente el uso de las instalaciones;

3. Puede enfriar el producto efectivamente en una variedad de recipientes o empaques cerrados sin mojarlo o someterlo a manipulación excesiva;
4. Es más eficiente que los cuartos, desde el punto de vista de gasto de energía, cuando deben enfriarse volúmenes grandes de producto;
5. Una instalación con un cuarto de enfriamiento que brinde la capacidad adecuada, puede convertirse en una instalación de enfriamiento por aire forzado, con una inversión relativamente pequeña en ventiladores.

Los congeladores de ráfaga utilizan el aire como el medio de transferencia térmica y dependen del contacto entre el producto y el aire.

El enfriamiento con aire forzado es realizado exponiendo los paquetes del producto en un cuarto de enfriamiento a una corriente de aire con una mayor presión sobre un lado que sobre el otro. Esta diferencia de presión produce una fuerza que empuja el aire fresco por entre los paquetes y circula por la superficie del producto, removiendo así el calor del producto (Umaña, 2007).

Depende, entonces de la temperatura, de la cantidad de la masa de aire y el tipo de producto que será enfriado; así, el enfriamiento con aire forzado puede enfriar de 4 a 10 veces más rápido que un cuarto frío (Umaña, 2007).



Figura 15. Cámara de enfriamiento por aire forzado

(Fuente: Agrouls, 2012)

3.2.3.4.6.1.1.3 Enfriamiento Con hielo

Probablemente uno de los sistemas más antiguos para disminuir la temperatura decampo. La forma más frecuente es una cobertura de hielo antes de cerrar el envase. A medida que se va derritiendo, el agua va enfriando a las capas inferiores. También se pueden intercalar capas de hielo y producto. Una modificación es el agua-hielo (40 por ciento agua + 60 por ciento hielo + 0,1 por ciento sal), la que es inyectada dentro del envase formando con el producto un gran bloque (FAO, 2012).

La principal desventaja de este sistema es que está limitado a aquellas frutas y hortalizas que toleran el contacto con el hielo además de incrementar el costo por el aumento de peso y la necesidad de usar envases sobredimensionados. Adicionalmente, a medida que se derrite, el agua moja depósitos, contenedores y locales de venta (FAO, 2012).

3.2.3.4.6.1.1.4 Enfriamiento evaporativo

Es uno de los métodos más simples de preenfriado y consiste en forzar la circulación de aire seco a través del producto que es mantenido húmedo. La evaporación del agua superficial extrae el calor del producto. Este método tiene muy bajos requerimientos energéticos pero la capacidad de enfriado está limitada por la capacidad del aire para obtener humedad, por lo tanto, este método es útil solamente en áreas de muy baja humedad relativa del ambiente.

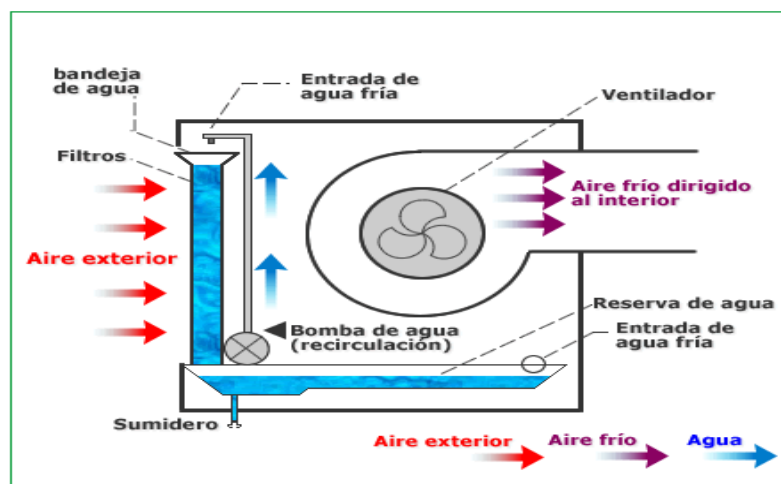


Figura 16. Enfriamiento evaporativo (Fuente: Caurium, 2012)

3.2.3.4.6.1.1.5 Enfriamiento por vacío

Es el más rápido de todos los sistemas de enfriamiento y basado en el mismo principio que el anterior, esto es, la captura de calor por un líquido que se evapora a muy baja presión. El agua se evapora a 100 °C a una presión normal de 760 mm Hg, pero a 1 °C si la presión es reducida a 5 mm Hg El producto es colocado en contenedores sellados en donde se realiza el vacío. Bajo estas condiciones se produce una pérdida de 1 por ciento de peso fresco por cada 5 °C de reducción de la temperatura.

En los sistemas más modernos, esta pérdida de peso fresco es controlada mediante aspersores internos que se ponen en funcionamiento en respuesta a la disminución de la presión. Al igual que el anterior, son sistemas ideales para hortalizas de hoja en general, por la gran superficie evaporante en relación con el volumen (FAO, 2012).



Figura 17. Cámara de enfriamiento por vacío (Fuente: FAO, 2012)

3.2.3.4.6.1.1.2 Refrigeración

Se estima que las tecnologías de refrigeración y congelamiento de alimentos son muy eficaces por ser tecnología limpia y por preservar significativamente la calidad sensorial y nutricional de los alimentos, además de poderse realizar con costes asumibles comercialmente.

El objetivo de refrigerar los productos alimenticios es mantener la calidad y prolongar el tiempo de durabilidad antes de la venta, manteniendo la temperatura del producto en un punto donde el deterioro metabólico y microbiológico sea mínimo. Mantener la temperatura deseada o ideal es un factor crucial para proteger los alimentos perecederos de la pérdida de calidad durante su almacenamiento y distribución (USDA, 1995).

También, se debe de agregar que los consumidores cada vez son más susceptibles en aspectos de contaminación. Por tal razón los procesos que incluyen tratamientos químicos experimentan bajo crecimiento ante el auge de los tratamientos físicos que se ven muy beneficiados, no sería extraño que en futuro cercano sea más exigible el uso de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente (Umaña, 2007).

La refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. De manera general, la refrigeración se enmarca entre -1°C y 8°C . De esta forma se consigue que el valor nutricional y las características organolépticas casi no se diferencien de las de los productos al inicio de su almacenaje. Es por esta razón que los productos frescos refrigerados son considerados por los consumidores como alimentos saludables (Umaña, 2007).

La refrigeración evita el crecimiento de los microorganismos termófilos que crecen a una temperatura arriba 45°C como *Bacillus* y *Clostridium* además de algunas algas y hongos y de muchos mesófilos que crecen en temperaturas de entre -5 a -7°C como bacterias (Umaña, 2007).

La conservación refrigerada bajo condiciones optimas permite reducir las pérdidas cuantitativas y cuantitativas debidas a desordenes fisiológicos y podredumbres, retrasar la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumir en fresco o industrial (Artes, 1987).



Figura 18. Almacenamiento refrigerado (Fuente: Agrouls, 2012)

Las temperaturas óptimas recomendadas por la Universidad de California para el almacenamiento son:

- 5-13°C (41-55°F) para aguacates verde-maduros, dependiendo del cultivar.
- 2-4°C (36-40°F) para aguacates maduros. Con una humedad relativa óptima de 90-95%.
- 3-7 °C (37-45°F) para Fuerte y Hass, para una vida de anaquel aproximada de 4 a 8 semanas.
- 4 °C (40°F) para Lula y Booth, para una vida de anaquel 4 a 8 semanas.

De acuerdo a la empacadora avoperla; Para evitar una rápida maduración el aguacate no se debe almacenar con mangos, fresas, bananos, tomates o cualquier otra fruta que cambie de color rápidamente. Cada especie tiene un rango de temperatura y humedad relativa óptimo para su conservación y en muchos casos, las distintas variedades poseen distintos requerimientos.

En almacenamientos refrigerados prolongados siempre es conveniente almacenar solamente una misma especie para poder optimizar los requerimientos de temperatura y humedad relativa específicos de la variedad considerada. Las incompatibilidades de temperaturas, humedad relativa, sensibilidad al frío y al etileno, la absorción o emisión de olores contaminantes y otras, determinan que el uso del mismo espacio refrigerado para almacenar distintas especies sólo sea posible por períodos cortos (hasta 7 días, dependiendo de las especies) o bajo condiciones de transporte. Especies muy incompatibles no deberían estar juntas más de 1 o 2 días dentro de un mismo ambiente.

El enfriamiento del aguacate puede hacerse en cuartos fríos, el producto empacado se coloca en forma ordenada dentro de los cuartos refrigerados y se deja enfriar hasta su temperatura óptima de almacenamiento. El acomodo del producto es importante para facilitar la circulación del aire a través (por dentro) y alrededor de las cajas durante el enfriamiento en cuarto frío, o con aire forzado (Sandoval *et al*, 2010).

La capacidad de refrigeración y operación de los cuartos fríos son aspectos muy importantes para asegurar el enfriamiento de la fruta. Los equipos de refrigeración deben diseñarse para que puedan absorber en un tiempo predeterminado la carga térmica (calor) del producto y los materiales de empaque, la estructura, personas trabajando, cambios de aire y otros.

Para ello es importante que durante el diseño se conozcan las condiciones ambientales del lugar donde se ubicará el cuarto frío, la cantidad de producto que almacenará, la temperatura con que la fruta viene de campo, el tiempo que permanecerá dentro de las cámaras y el tiempo en que debe enfriarse el producto (Sandoval *et al*,2010).

Una bodega refrigerada es una construcción relativamente hermética, aislada térmicamente del exterior y con un equipo de refrigeración capaz de extraer el calor generado por el producto para dispersarlo en el exterior. Debido al ritmo metabólico intenso de muchas frutas y hortalizas, el equipo debe tener una gran capacidad refrigerante para eliminar el calor respiratorio.

Es necesario, además, que pueda controlarse precisamente la temperatura y la humedad relativa en el interior de la bodega. Las dimensiones dependen del volumen máximo a ser almacenado además del espacio suficiente para la manipulación mecánica y aquel necesario para que el aire frío llegue uniformemente a toda la masa almacenada.

Por esta razón, no es inusual que solamente 75-80 por ciento de la superficie pueda ser ocupada. La altura de la cámara es función del producto y la forma en que va a ser dispuesto: unos 3 metros de altura son suficientes si va a ser estibado en forma manual, pero se requieren más de 6 metros si se almacena en tarimas (pallets) o bins (FAO 2003).

Concreto, metal, madera u otros materiales se pueden usar para su construcción. Todas las paredes exteriores deben estar aisladas térmicamente, incluyendo piso y techo. El espesor y tipo de material aislante es función de la superficie expuesta, del producto a ser almacenado y de la diferencia de temperaturas deseada entre los ambientes externo e interno (FAO 2003).

El sistema de refrigeración mecánica posee esencialmente dos componentes: el evaporador, dentro de la bodega y el condensador en el exterior conectados por un circuito cerrado de tuberías de cobre. Ambos elementos son normalmente serpentinas metálicas de alta conductividad térmica con aletas y un forzador para facilitar el intercambio térmico (FAO 2003).

3.2.3.4.6.1.1.2.1 Efecto de la refrigeración

La conservación de los frutos a bajas temperaturas influye en diferentes procesos biológicos como son:

3.2.3.4.6.1.1.2.1.1 Respiración

La respiración es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por las bajas temperaturas, que logran disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. La velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10°C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996).

3.2.3.4.6.1.1.2.1.2 Deshidratación

Las pérdidas de peso en los frutos se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significa una disminución de la calidad y aceptabilidad, estas pérdidas suelen ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, al 7% en la conservación frigorífica durante tres meses y posterior comercialización (Jiménez, *et al.* 1983).

Las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración y por tanto una elevada pérdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de la calidad, tanto por la aparición de arrugas en la corteza como por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996).

3.2.3.4.6.1.1.2.1.3 Pérdida de la calidad y senescencia

En la poscosecha, los frutos evolucionan hacia la senescencia con pérdidas de calidad, ablandamiento, pérdida de acidez, vitamina C y características organolépticas (sabor y comestibilidad). La velocidad de reacción de los procesos metabólicos, que llevan a la pérdida de calidad se duplica por cada 10°C de aumento de la temperatura y en el tramos de 0 a 10°C puede llegar incluso a sextuplicarse (Martínez *et al*, 1997).

3.2.3.4.6.1.1.2.1.4 Podredumbres

La aplicación del frío disminuye los riesgos de aparición y desarrollo de ciertos agentes causantes de alteraciones como bacterias, hongos y levaduras. Aunque es importante señalar que puede disminuir la acción de los microorganismos, pero no inhibe la germinación de esporas de los patógenos que contaminan a las frutas.

Para reducir la incidencia de alteraciones patológicas durante el almacenamiento frigorífico se deben tomar una serie de medidas higiénicas y profilácticas que van desde evitar el máximo de heridas y golpes en la recolección y transporte al almacén, pasando por una periódica limpieza y desinfección de las cajas de campo, línea de manipulación, almacén y cámaras frigoríficas y se completan con un tratamiento fungicida aplicado a la propia fruta (Tuset, 1999).

3.2.3.4.6.1.2 Conservación en atmósferas controladas.

La utilización de cámaras frigoríficas para el almacenamiento de frutas ha sido un primer paso para su conservación durante un periodo de tiempo prologado. Algunas variedades de frutos no pueden ser conservados de modo satisfactorio, o durante suficiente tiempo. Desde finales del siglo XVII algunos investigadores observaron que frutos conservados con bajos niveles de oxígeno presentaban un metabolismo reducido.

La respiración de los productos vegetales puede reducirse por la refrigeración y a la vez con la disminución de oxígeno del ambiente. Eliminando el

oxígeno de la atmósfera, la respiración se reduce pero no hasta el punto de ser posible almacenar frutas durante un tiempo ilimitado.

De acuerdo a forofrio.com, la atmósfera controlada es una técnica frigorífica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire).

Se entiende como atmósfera controlada (AC) la conservación de productos hortofrutícolas, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno (O_2) y enriquecida en dióxido carbónico (CO_2). En este caso, la composición del aire se ajusta de forma precisa a los requerimientos del producto envasado, manteniéndose constante durante todo el proceso.

Esta técnica asociada al frío, acentúa el efecto de la refrigeración sobre la actividad vital de los tejidos, evitando ciertos problemas fisiológicos y disminuir las pérdidas por podredumbres. La acción de la atmósfera sobre la respiración del fruto es mucho más importante que la acción de las bajas temperaturas.

Esta atmósfera controlada ralentiza las reacciones bioquímicas provocando una mayor lentitud en la respiración, retrasando la maduración, estando el fruto en condiciones latentes, con la posibilidad de una reactivación vegetativa una vez puesto el fruto en aire atmosférico normal.

Los ensayos han demostrado que, en una atmósfera exenta de oxígeno, las frutas sufren daños fisiológicos e inician un proceso de fermentación. Para la mayoría de las variedades es necesario como mínimo, un contenido de oxígeno del 1 al 3% (Trejo, 2012).

El principio de atmósfera controlada (AC) consiste en la modificación de la relación cuantitativa de los componentes del aire en un ambiente refrigerado y estanco. AC significa la eliminación o adición de gases respecto al aire cuya composición normal es:

78.08 % N_2 + 20.95 % O_2 + 0.03 % CO_2 + 0.94 % gases nobles

Obteniendo como resultado una composición de la atmósfera alrededor del producto diferente de ésta (Trejo, 2012).



Figura 19. Cámara frigorífica (Fuente: cuartos fríos, 2012)

3.2.3.4.6.1.2.1 Características de las cámaras

Las cámaras para AC atmósfera controlada exigen un recinto totalmente hermético a diferencia de las cámaras frigoríficas convencionales, esto es con el fin de mantener las mezclas gaseosas en proporción constante. En caso de existir o encontrarse una fuga, la buscada reducción de oxígeno no llega nunca o solamente después de un largo período. Una reducción retardada de oxígeno perjudica gravemente el proceso de conservación; además si la cámara no es hermética, hay dificultad para reducir con rapidez el O₂ y de mantener las adecuadas proporciones de O₂ / CO₂. Por otra parte el funcionamiento es siempre más económico con una buena hermeticidad (Ochoa, 2009).

3.2.3.4.6.1.2.2 Modalidades de modificación

De acuerdo a Trejo, 2012. Las modalidades de modificación de la composición de la atmósfera son muy variadas según el objetivo que se pretende alcanzar:

- Adecuar el tratamiento a las necesidades fisiológicas del fruto.
- Mejorar la calidad en la conservación.

- Prolongar la conservación.
- Favorecer el transporte.
- Acelerar la maduración.
- Lograr efectos fungicidas o insecticidas.

En consecuencia pueden generarse muy distintas composiciones de atmósferas entre las que se pueden citar los siguientes tipos de mezclas:

- De N₂ y O₂ enriquecidas o no con CO₂
- De N₂ y muy poco oxígeno (para productos sensibles al CO₂ y tolerantes a bajas concentraciones de O₂)
- De aire y CO₂ (para productos tolerantes a CO₂ en los que se busca el efecto en la fisiología)
- De aire y etileno (muy utilizadas para acelerar la maduración o la desverdización de algunos frutos)

3.2.3.4.6.1.2.2.1 Tipos de atmosferas

En relación con la mezcla utilizada, podemos establecer al menos cinco tipos diferentes de atmósferas (la diferencia hasta 100% es de N₂):

- TIPOI: Atmósferas con elevadas concentraciones en O₂ y en CO₂, tales que la suma sea 21% (ej.13 % O₂ y 8 % CO₂). Se lograban con simple aireación de los locales y están completamente en des uso.
- TIPOII: Atmósferas con elevadas concentraciones de O₂ y bajas de CO₂ (ej.10-12 % de O₂ y de 0-5 % de CO₂). Son las atmósferas más utilizadas para la conservación de naranja, mandarinas, toronjas y limones.
- TIPOIII: Atmósferas con concentraciones moderadamente elevadas de O₂ y muy elevadas de CO₂ (ej.5-10 % de O₂ y 12-20 % CO₂). Son las idóneas para la conservación de frutos muy tolerantes al CO₂, como las cerezas o los frutos blandos (fresa, frambuesa, mora, zarzamora y grosella).

- TIPOIV: Atmósferas con bajas o muy bajas concentraciones de oxígeno y de CO₂ (Ej. 1-3 % O₂ Y 3-5 % CO₂). Está muy bien adaptada para la conservación de manzanas, peras, kiwis, melocotón, así como diversas hortalizas como col blanca, col de Bruselas, cebolla y tomate.
- TIPOV: atmósferas con bajas o muy bajas concentraciones de O₂ y de CO₂ (ej.1-3 % de O₂ y 0-1 % CO₂). Se utilizan para algunas variedades de manzanas y peras sensibles al CO₂, así como para diversas hortalizas también sensibles como: papa, lechuga y pepino.

3.2.3.4.6.1.2.2.2 Efecto del empobrecimiento en oxígeno de la atmósfera de conservación de frutas

3.2.3.4.6.1.2.2.2.1 Favorable

- Frena la actividad respiratoria y con ella la velocidad de deterioro del órgano vegetal.
- Disminuye el calor de desprendido en la respiración.
- Frena los procesos de la maduración y senescencia, frenando los cambios fisiológicos y bioquímicos
- Reduce la sensibilidad de los productos a la acción del etileno y el consecuente retraso de la senescencia.
- Frena el metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, pectinas, vitaminas.

3.2.3.4.6.1.2.2.2.2 Desfavorable

- (Por debajo del límite inferior tolerable)
- Maduración anormal
- Fermentación propia con alteración de sabor y aroma, debido a la acumulación de etanol y acetaldehído particularmente importantes cuando la O₂] son inferiores al punto de extinción de la fermentación y se produce respiración anaeróbica.

- Sensibilización de tejidos a las alteraciones fisiológicas ocasionadas por el frío y elevadas proporciones de dióxido de carbono, con la aparición de pardeamiento y necrosis.
- Pardeamiento interno

3.2.3.4.6.1.2.2.3 Efecto del enriquecimiento en dióxido de carbono de la atmósfera de conservación de frutas

3.2.3.4.6.1.2.2.3.1 Favorable

- Frena la actividad respiratoria.
- Retrasa la aparición de climaterio.
- Frenado de la transpiración.
- Disminución del calor desprendido en la respiración.
- Aumento del tiempo de conservación.
- Disminución e incluso inhibición de la síntesis de etileno.
- Frenado de los procesos de maduración:
- Ligero frenado de la degradación de clorofila.
- Frena el metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, pectinas, vitaminas.
- Mantenimiento de la textura.
- Disminución de desórdenes fisiológicos (escaldadura y pardeamientos de senescencia) y de ciertas alteraciones fúngicas (*Gloesporium* spp).

3.2.3.4.6.1.2.2.3.2 Desfavorable

- Maduración anormal.
- Sensibilización de tejidos a las alteraciones fisiológicas ocasionadas por el frío y elevadas proporciones de dióxido de carbono, con la aparición de pardeamiento y necrosis.
- Pardeamiento interno.
- Corazón pardo.
- Pardeamiento superficiales.
- Formación de cavernas internas.
- Formación de depresiones (picado) en la epidermis.

- Necrosis de los tejidos.
- Aparición de alteraciones fúngicas de herida sobre tejidos dañados

3.2.3.4.6.1.2.3 Recomendaciones en atmosferas controladas para la conservación de aguacate.

De acuerdo al portal en línea, infoagro.gob.mx, la AC optima para el aguacate es de: 2.2% O₂ y 3-10% CO₂, ya que esta concentración retarda el ablandamiento y los cambios de color de la piel y disminuye las tasas de respiración y de producción de etileno.

El aguacate Hass verde-maduro puede conservarse a 5-7°C (41-45°F) en 2% O₂ y 3-5% CO₂ por 9 semanas, y entonces madurarse en aire a 20°C para alcanzar buena calidad.

Se recomienda la eliminación del etileno de los almacenes de AC. Las concentraciones >10% CO₂ pueden incrementar el pardeamiento de la piel y pulpa y la generación de sabores desagradables, especialmente cuando el O₂ se encuentra en concentraciones <1%.

3.2.3.4.6.1.3 Altas presiones Hidrostáticas

3.2.3.4.6.1.3.1 Antecedentes históricos

El estudio de los efectos de las altas presiones en el área de los alimentos se establece desde el siglo XIX. Su utilidad en la conservación de alimentos fue señalada por el equipo de Bert H. Hite a partir de los estudios iniciados en el año 1899 sobre los efectos de las altas presiones en la conservación de leche, algunos productos cárnicos, zumos de frutas, frutas y verduras.

Durante mucho tiempo, los problemas técnicos derivados de la manipulación a tan elevadas presiones supusieron un freno para el desarrollo de esta técnica, pero gracias a los avances en la utilización de la técnica de altas presiones en la industria cerámica y metalúrgica realizados durante los años setenta y ochenta se abrió la posibilidad de tratar alimentos por este método a escala industrial.

3.2.3.4.6.1.3.2 La tecnología de altas presiones (ap)

El procesado por altas presiones es una tecnología alternativa a tratamientos tradicionales, que permite desarrollar y comercializar productos alimenticios innovadores. Esta tecnología va ganando peso en diversos sectores de aplicación, siendo España uno de los países del mundo que apuesta más fuerte por el procesado de alimentos por altas presiones (Alimentatec, 2012).

El tratamiento de conservación por altas presiones, es un proceso no térmico que consiste en someter al alimento a una elevada presión transmitida por el agua (de entre 400 - 900 MPa o 4.000 – 9.000 bares), durante un tiempo de forma uniforme en el alimento. Debido a que el medio utilizado para la transmisión de la presión es el agua, el tratamiento también se denomina altas presiones hidrostática (HPP). Siempre que los envases sean estancos y de materiales flexibles, los alimentos pueden tratarse ya envasados. Los productos sometidos a altas presiones, deben conservarse en refrigeración, ya que el proceso no parece ser tan eficaz para la destrucción de esporas o la inactivación de enzimas (Alimentatec, 2012).

Por el contrario, sí que resulta eficaz en la inactivación de células vegetativas. La resistencia a las altas presiones varía mucho de unos microorganismos a otros, siendo en general las bacterias gram positivas más resistentes a las gram negativas. *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* son particularmente resistentes a este tratamiento. Las esporas ofrecen gran resistencia, requiriéndose presiones por encima de los 10.000 bar. Con este tratamiento se pueden obtener productos de óptima calidad microbiológica sin modificar apenas el aroma, sabor y el valor nutritivo del alimento. Se trata por tanto de una tecnología interesante para el desarrollo de nuevos productos (Gómez, 2011).

La presión aplicada se transmite de manera isostática (uniforme) y casi instantánea a todos los puntos del alimento, independientemente de su composición, tamaño y forma (Ley de Pascal). Ello evita la deformación del producto, a pesar de estar sometido a tan altas presiones, y hace que éste sea muy homogéneo y no presente zonas sobre tratadas, ya que no se produce un gradiente de presión (Gómez, 2011).

Una vez presurizado, no es necesario aportar más energía para mantener el sistema a esta presión, ya que no se producen pérdidas. La alta presión hidrostática es uno de los métodos de conservación alternativo más viables desde el punto de vista comercial. Debido a que las AP se utilizan para mejorarla calidad microbiológica y las características físico químicas y sensoriales, se deben seleccionar las condiciones de tratamiento más adecuadas, en función del objetivo prioritario (Gómez, 2011).

Las investigaciones realizadas han demostrado que la mayoría de aplicaciones comerciales de la AP que interesan en la industria alimentaria se pueden conseguir por presiones en el rango 400-600 MPa, a temperaturas de entre 5 y 90 °C y tiempos del orden de los 10-30 min. La técnica de altas presiones se puede aplicar directamente a alimentos líquidos o sobre cualquier producto envasado en recipientes flexibles o ligeramente semirrígidos y sumergido en el fluido de presurización (baja compresibilidad) (Gómez, 2011).

Esta tecnología, inactiva los microorganismos patógenos presentes y que representan una barrera sanitaria para las pulpas de aguacate como es el caso de *Listeria M.*, la *E. coli* y la *Salmonella* Beneficio. Obtener un producto de alta calidad sensorial y nutricional, inocuo, sin conservadores sintéticos lo cual le permite gran competitividad en el mercado de las pulpas.

En resumen. La acción de pasteurización u desactivación de enzimas de presiones entre 6000 y 10000 Bares se debe a que a estas presiones, las proteínas pierden su estructura cuaternaria, esto permite que se desactiven microorganismos y enzimas que son responsables del deterioro de alimentos y bebidas. Se obtiene de productos que pueden manejarse hasta 3 meses a temperaturas de refrigeración (4 a 5°C) problema que resuelve bajo este proceso, la temperatura no se eleva más allá de 40°C por lo que permite conservar nutrientes y sabores casi intactos respecto al producto fresco a diferencia de los productos conservados por congelación y/o aditivos (Rodríguez, 2012).

3.2.3.4.6.1.3.3 Descripción general de un sistema de alta presión.

De acuerdo a Capellas, 1998. Un sistema de alta presión consta esencialmente de un recipiente donde se realiza el tratamiento de presurización. De un sistema de generación de presión. De un sistema de regulación de temperatura y del medio transmisor de presión.

3.2.3.4.6.1.3.3.1 Recipiente de presurización y cierre.

Se trata de un recipiente forjado cilíndrico y monolítico cuyo grosor de pared tiene determinado por la presión de trabajo máxima, el diámetro y el número de ciclos para los que ha sido diseñado. Estos cilindros trabajan a presiones máximas de 400-600 MPa. En el caso que sean necesarias presiones más elevadas se utilizan recintos multicapa, cuya complejidad de fabricación, y por tanto, su coste, son mayores.

Los sistemas de cierre se diseñan dependiendo de la aplicación: en el caso de aplicaciones con alimentos se utilizan los sistemas interrumpidos con rosca, de apertura y cierre rápidos, ideales cuando interesa aumentar la productividad del equipo, mientras que los sistemas de cierre continuo, más lentos y económicos, se utilizan en aplicaciones donde los tiempos de apertura y cierre son de poca importancia comparados con la duración total del ciclo.

Otra alternativa la presenta el cierre por tambor, que se coloca sobre el recinto antes de iniciarse el tratamiento. Este tipo de cierre requiere más espacio y es más lento y caro que los cierres de rosca y sólo se utiliza cuando no pueden alcanzarse los diámetros apropiados con los cierres de rosca.

3.2.3.4.6.1.3.3.2 Sistemas de generación de presión.

Sistemas indirectos. En los sistemas indirectos el recinto de presurización se llena con un medio transmisor de presión que puede ser aceite o agua mezclada con una pequeña cantidad de aceite lubricante. El aire del recinto se expulsa mediante una bomba de baja presión en combinación con una válvula automática de purga. Una bomba de alta presión impulsa el fluido transmisor de

ésta desde un depósito hacia el interior del recipiente de presurización hasta alcanzar la presión deseada.

Los sistemas indirectos pueden ser discontinuos o semicontinuos. En los sistemas discontinuos el alimento se encuentra envasado en un contenedor flexible y hermético, sin aire, sumergido en el medio transmisor de presión. En los sistemas semicontinuos, en que los alimentos fluidos se procesan a granel, el medio transmisor de presión impulsa un pistón que se mueve a lo largo del recinto y que a su vez comprime el producto que deseamos presurizar. Este tratamiento debe ir seguido es de un envasado aséptico.

Sistemas directos. En los sistemas directos el intensificador de presión se halla en el mismo recinto de presurización. Se trata de una bomba de baja presión que impulsa un pistón por su extremo de mayor diámetro. La presión aumenta debido a la diferencia de diámetro entre las dos secciones del pistón, según el principio hidráulico, lo que provoca la alta presión deseada en el extremo de menor diámetro.

El método permite una compresión muy rápida pero está restringido en la práctica a equipos de laboratorio o piloto de pequeño diámetro, debido a la sensibilidad al desgaste que presenta el cierre dinámico de alta presión entre el pistón y la superficie interna del cilindro.

3.2.3.4.6.1.3.3.3 Sistemas de regulación de temperatura.

La compresión del agua conduce a un aumento de temperatura (2-3°C por cada 100 MPa) que depende de la temperatura inicial del agua y de la velocidad de compresión. Este cambio es reversible al realizarse la descompresión ya que causa un descenso en la temperatura del mismo orden de magnitud. Como hemos visto antes, existen aplicaciones de la alta presión que requieren temperaturas distintas a la ambiente, por lo que es necesario incorporar a los equipos sistemas de regulación de la misma.

3.2.3.4.6.1.3.4 Conservación de alimentos por tratamiento térmico.

Los procesos térmicos hasta ahora no han tenido mucha aplicación ya que el aguacate experimenta, como consecuencia de la acción del calor, cambios irreversibles en las características sensoriales (Ortiz *et al.* 2003).

El alto contenido de grasa en la pulpa lo hace susceptible a una pérdida de color y olor ante estos tratamientos, aunado a la generación de sabores amargos y a la degradación de la clorofila hacia colores parduscos. El tratamiento térmico inhibe el oscurecimiento de la pulpa de aguacate *Hass*, pero que este no debe ser muy severo ya que induce el sabor amargo y la decoloración, recomienda pasteurizar a 75 °C por corto tiempo (no se especifica cuanto tiempo).

Ortiz *et al.*, 2003. Señala que los aditivos tales como ácidos orgánicos, que bajan el pH de la pulpa a menos de 6, reducen la calidad de las grasas y favorecen la decoloración sobre todo si se aplica un calentamiento al producto.

A pesar que se ha comentado que la temperatura tiene un efecto negativo en las propiedades sensoriales de la pasta de aguacate, se sugiere entonces, el empleo de un método térmico con características especiales sobre la pasta de aguacate, que no afecte considerablemente las características de calidad de la pasta, ofreciendo barrera contra los microorganismos y el oscurecimiento enzimático (Ortiz *et al.* 2003).

Las condiciones sugeridas para llevar a cabo un tratamiento térmico sobre la pasta de aguacate son el emplear condiciones de alta temperatura corto tiempo y/o baja temperatura largo tiempo, empleando un intercambiador de calor de superficie raspada. Es importante estudiar el efecto del tratamiento térmico en parámetros de calidad tan importantes como la inactivación de las enzimas causantes del oscurecimiento, el color del producto al final del proceso, su estabilidad química y microbiológica así como la formación de olores y sabores desagradables (Ortiz *et al.*, 2003).

3.2.3.4.6.1.4 Ceras

La aplicación de cera modifica la atmosfera interna del tejido del fruto, disminuyendo el nivel de oxígeno e incrementando la concentración de dióxido de carbono, lo que retarda la maduración. No se han visto efectos negativos asociados a la aplicación de ceras, sin embargo el aumento en vida de anaquel es mínimo. Mientras que la alteración de la atmósfera normal que rodea el fruto puede tener efectos positivos durante el almacenamiento, proporciones incorrectas de oxígeno y dióxido de carbono pueden dar como resultado desordenes fisiológicos.

Se desconocen muchos de los factores que inciden en la aparición de desordenes fisiológicos y la influencia relativa de los factores conocidos no es muy clara. La estructura, función y estabilidad de las membranas bajo estrés, en combinación con las condiciones de temperatura de almacenamiento, oxígeno, dióxido de carbono y etileno a que se exponen los frutos, juegan un papel determinante en la conservación del fruto de aguacate (Ochoa, 2009).



Figura 20. Equipo de encerado (Fuente: Avoperla, 2012)

3.2.3.4.6.1.4 1-Metilciclopropeno

El 1-metilciclopropeno (1-MCP) es un compuesto volátil que ha demostrado ser un fuerte inhibidor de la acción del etileno, que se posiciona en los sitios receptivos del etileno en los tejidos del fruto y controla sus respuestas retardando la maduración y mejorando la calidad poscosecha de una amplia variedad de frutos tropicales (Ozuna *et al*, 2009).

Se ha reportado que el 1-MCP retarda la maduración, cambios en firmeza, color de epidermis, producción de etileno y tasa respiratoria en frutos de aguacate de las variedades Antillanas y 'Hass'. En aguacates 'Fuerte' y 'Hass' almacenados durante 4 semanas a 5°C, el 1-MCP reduce la decoloración del mesocarpio y la actividad de la polifenoloxidasa, en tanto que frutos tratados con etileno muestran inducción de la actividad de esta enzima (Ozuna *et al*, 2009).

La llegada del 1-MCP como herramienta comercial, representa un gran potencial para ayudar a la industria a mantener la calidad del fruto. La dificultad actual para implantar comercialmente el uso de esta tecnología indica que aún falta mucho por aprender antes de que pueda ser utilizada con éxito; sin embargo, no debe ser desestimado el gran avance que representa en el tratamiento poscosecha del aguacate (Ozuna *et al*, 2009).

4. Conclusiones

Existen diversas tecnologías aplicadas en la conservación poscosecha y cada una de ellas tiene beneficios en su aplicación al aguacate, aunque también tienen algunos perjuicios, la forma de obtener el mejor beneficio de cada una de ellas es adecuándola a las características requeridas del fruto.

Es importante destacar que la máxima calidad del fruto es obtenido en el campo con todos los cuidados pre cosecha que el agricultor tenga en los arboles antes, durante y después del desarrollo del fruto, ya que las diversas actividades poscosecha nos van a permitir disminuir la velocidad del deterioro de dichos frutos pero no van a mejorar la calidad obtenida en el campo.

Queda demostrado entonces que los cuidados poscosecha nos ayudan a tener una mejor calidad comercial, mejor vida de anaquel y menores pérdidas económicas por lo que es importante para el agricultor y comerciante poner especial atención en toda actividad poscosecha que pueda deteriorar el fruto con la finalidad de disminuir su efecto en el mayor grado posible para mantener una fruta de mejor calidad.

Bibliografía

Agrouls “Post-Cosecha de Palta” [En línea]. Consultado el día 23 de julio de 2012. Disponible en:

http://www.agrouls.cl/index.php?vista=no&pag=modulos/mod_postcosecha&c_id_padre=5&c_id=1410

Artés, F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la Región de Murcia. II Edición. Ed. CEBAS-CSIC. 150 p.

Avoperla “empaque” [En línea]. Consultado el día 07 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.avoperla.com.mx/empaque.html>

Becker, B.R. Fricke, B.A. (2002). Transpiration and respiration of fruits and vegetables In New Developments in Refrigeration for Food Safety and Quality, pp. 110-121. International Institute of Refrigeration, Paris, and American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Cáceres., I. Mulkay, T., Rodríguez J., Paumier, A. (2012). Conservación de productos hortofrutícolas, Instituto de investigaciones en fruticultura tropical [En línea]. Consultado el 15 de julio del 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5012/cuf0127s.pdf>

Capellas Puig Marta. “aplicación de la alta presión hidrostática en mató”. Memoria de doctorado. Unidad de tecnología de los alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona, España 1998

Caurium “Curso de instalaciones térmicas” [En línea]. Consultado el día 02 de agosto de 2012. Disponible en: http://www.caurium.com/clientes/rite2008/mod_002/unid_007a_000.html

Consumer erozki. (2012). “Frutas: aguacate”. [En línea]. Consultado el 09 de junio de 2012 disponible en: <http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/aguacate/intro.php>

Cuartos fríos “cuartos fríos” [En línea]. Consultado el día 07 de septiembre de 2012. Disponible en <http://cuartosfrios.com.co/venta-cuartos-frios-colombia.html>

Del Valle, E. M. (2003). Preservación de frutas y hortalizas, mediante métodos artesanales. [En línea]. Consultado el 09 de junio de 2012 Disponible en: <http://www.ocetif.org/buenaspracticass.html>

FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas, oficina regional de la para América latina y el Caribe Santiago, Chile.

FAO. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas Del campo al mercado boletín de servicios agrícolas de la FAO 151 INTA E.E.A. Balcarce, Argentina

FAO “Almacenamiento” [En línea]. Consultado el día 04 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s06.htm>

FINANCIERA RURAL. (2009). Monografía Aguacate. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial.

Gómez g. m. (2012). Tecnología de altas presiones hidrostáticas [en línea] consultado el 14 julio de 2012 disponible en <http://es.scribd.com/doc/76457970/Tecnologia-de-Altas-Presiones-Hidrostaticas>

Guerra, F. 1996. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. p:242-257.

ICONTEC. (1996). NTC 1248-3. Frutas frescas. Aguacate: almacenamiento y transporte. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación,

Jiménez, M., Martínez, J. M. y Cuquerella, J. 1983. Plastic individual sear-packaging of Spanish fruit. XV. International Congress of Refrigeration. Commission C 2. 460-466.

Londoño, M. (2008). *Manejo poscosecha*. Tecnología para el Cultivo del Aguacate. Manual Técnico 5 Centro de Investigación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia

Martínez, J.M., Cuquerella, J., Del Río, M.A. y Navarro, P. (1997). Estudios de tratamientos cuarentenarios mediante bajas temperaturas en frutos cítricos. CYTED. Proyecto XI. 10, p:15-23. La Habana (Cuba).

INFOAGRO. (2012). Tecnología del envasado en atmósferas modificadas parte 1 [En línea] consultado el 16 junio de 2012, DISPONIBLE EN: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/envasado1.htm

INFOAGRO. (2012). Tecnología del envasado en atmósferas modificadas parte 2 [En línea] consultado el 16 junio de 2012, DISPONIBLE EN: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/envasado2.htm

Ochoa, S. (2009). *Calidad y manejo poscosecha del fruto de aguacate*. simposio: Poscosecha e industrialización, artículo, *III congreso latinoamericano de aguacate*, Medellín, Colombia. Noviembre.

Ortiz, a., mora, r., Santiago, t., Dorantes, l. (2003). *Obtención de una pasta de aguacate mediante tratamiento térmico*. Actas v congreso mundial del aguacate. 19 -24 Octubre, Granada - Málaga, España pp. 761-768

Ozuna, J. A. Zamora, L. G., Salazar, S., Goenaga, R. (2009). Efecto del 1-metilciclopropeno (1-mcp) sobre el proceso de maduración de frutos de aguacate 'hass' INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla III Congreso Latinoamericano del Aguacate Medellín, Colombia. Noviembre de 2009

Productores de aguacate “Maduración” [En línea]. Consultado el día 16 de julio de 2012. Disponible en: http://www.productoresdeaguacate.com/historia.php#calibre_maduracion

Rodríguez, I. M. (2012). “Tecnologías para productos agropecuarios de mayor valor agregado” centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco a.c. unidad sureste [en línea] consultado el 16 junio de 2012, disponible en: http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/4_i_tecnolog_as_para_productos_agropecuarios.pdf

Ryall, A.L. Lipton, W.J. (1979). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables*. AVI Publishing, Westport, CT.

SAGARPA. (2011). *Monografía de cultivos; aguacate*. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios.

Sandoval, A., Forero, F., García, J. (2010). Postcosecha y Transformación de Aguacate. Corpica Colombia. 105 p

The México report “Avocado Smoothie Anyone? Reporting from the Avocado Farms of Michoacán” [En línea]. Consultado el día 18 de julio de 2012. Disponible en: <http://themexicoreport.com/2010/05/08/avocadofarmsofmexico/>

TREJO, M. A. (2012). Atmosferas controladas: una técnica complementaria de la refrigeración. [En línea] consultado el 10 junio de 2012 disponible en <http://www.slideshare.net/postcosecha/atmosferas-controladas>

Tuset, J. (1999). Perspectiva del control de las podredumbres en la post-cosecha de cítricos. Levante Agrícola. Especial de post-cosecha. p. 272 -280

Umaña, E. (2007) *Conservación de alimentos por frío*. Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria “FIAGRO” y la Fundación para el Desarrollo Económico y Social “FUSADES PROINNOVA”

USDA, (1995). Métodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos Durante el Transporte por Camiones. Manual de Agricultura No. 669 Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Mercadeo Agrícola. División de Transporte y Mercadeo Septiembre

Vitalosagro “productos” [En línea]. Consultado el día 18 de julio de 2012. Disponible en: <http://vitalosagro.com.mx/galeria.html>