



POSTCOSECHA Y TRANSFORMACIÓN DE AGUACATE: AGROINDUSTRIA RURAL INNOVADORA

**Sandoval Aldana Angélica
Forero Longas Freddy
García Lozano Jairo**

**Centro de Investigación Natima
Espinal - Tolima
2010**



Sandoval Aldana A.; Forero Longas F; Garcia Lozano J. Postcosecha y Transformación de Aguacate. Corpica Colombia 2010. 105 p.

Palabras clave: AGUACATE, POSTCOSECHA, TRANSFORMACION, PULPA, GUACAMOLE, ACEITE.



Publicación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, financiada por ASOHOFrucol, el Fondo Nacional de Fomento Hortifrútica, FNFH y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR.

© Corporación Colombiana Agropecuaria –CORPOICA–
Centro de Investigación Nataima
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpica.org.co
www.corpica.org.co

ISBN:

Código único interno:

Código de agenda:

Primera edición:

Tiraje:

Fotografías:

Angélica Sandoval Aldana

Freddy Forero Longas

APROALVARADO

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

2010



Tabla de Contenido

I. EL AGUACATE	9
A. GENERALIDADES	9
II. MANEJO POSTCOSECHA	15
A. GENERALIDADES	16
B. ÍNDICES DE MADUREZ.....	18
1. Determinación de Materia Seca.....	20
C. COSECHA.....	22
D. TRANSPORTE AL CENTRO DE ACOPIO	26
E. PREPARACIÓN DEL AGUACATE.....	27
1. Recepción e inspección.....	28
2. Selección	28
3. Lavado y desinfección.....	29
4. Tratamientos con fungicidas.....	30
5. Empaque	31
F. ENFRIAMIENTO Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	33
G. TRANSPORTE AL MERCADO META	35
H. EXHIBICIÓN EN EL PUNTO DE VENTA.....	35
III. CALIDAD, ESTÁNDARES Y CONTROL DE CALIDAD	37
A. INDICES DE CALIDAD.....	38
B. ESTÁNDARES DE CALIDAD	40
C. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN	41
D. CONTROL DE CALIDAD DEL FRUTO	44
E. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.....	46
IV. PROCESAMIENTO EN MITADES DE AGUACATE	49
A. GENERALIDADES	50
B. OPERACIONES DE TRANSFORMACION	52
D. PROTOTIPO EMPAQUE – MITADES.....	56
E. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO.....	56
F. MATERIALES DE AGUACATE PARA PRODUCCIÓN DE MITADES....	57



V. AGROINDUSTRIA PULPA DE AGUACATE	59
A. GENERALIDADES	60
B. DESARROLLO DE PRODUCTOS: GUACAMOLE.....	63
C. OPERACIONES DE TRANSFORMACION	67
D. PROTOTIPO DE EMPAQUE.....	70
PROTOTIPO EMPAQUE 1 – PULPA.....	71
PROTOTIPO EMPAQUE 2 – PULPA.....	71
71	
PROTOTIPO EMPAQUE – GUACAMOLE.....	72
72	
E. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO.....	72
F. MATERIALES DE AGUACATE PARA PROCESAMIENTO DE PULPAS Y GUACAMOLE	73
VI. EXTRACCION DE ACEITE	75
A. GENERALIDADES	76
B. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONTENIDO DE ACEITE	77
C. METODOS UTILIZADOS PARA LA EXTRACCION DE ACEITE	78
D. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y NUTRICIONALES.....	81
E. OPERACIONES DE TRANSFORMACION	83
PROTOTIPO EMPAQUE – ACEITE	85
F. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO.....	85
VII. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA	88
A. OPERACIONES DE SANITIZACION DE LA PLANTA.....	88
a. Limpieza y desinfección de la planta procesadora, equipos y utensilios ..	88
b. Sustancias utilizadas para la limpieza y desinfección.....	89
c. Hábitos de higiene en personal.....	90
d. Control de materia prima: operaciones previas a la transformación	90
e. Control producto terminado: empaque y almacenamiento.....	92



Agradecimientos

Los autores quieren expresar sus agradecimiento ala Asociación Hortifrutícola de Colombia – ASOHOFRUCOL, administradora del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola –FNFH y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por la financiación de esta publicación, así como del proyecto del cual es resultado “Potencial de transformación agroindustrial de cultivares criollos de aguacate de clima calido y medio del departamento del Tolima”

Equipo de trabajo

Maggy Estefany Gonzalez, Ing. Agroindustrial, Universidad del Tolima
Andres Felipe Rocha, Ingeniero Agroindustrial, Universidad del Tolima
Angela Johana Avila, Ingeniero Agroindustrial, Universidad del Tolima
Ana Gladys Barreto, auxiliar técnico Corpoica
Felipe Vera, Auxiliar técnico Corpoica



PRESENTACIÓN

En Colombia se han ido incrementando constantemente las áreas sembradas de aguacate, por lo que se requiere ofrecer al agricultor una salida a su producto diferente a la venta del mercado en fresco, adicionalmente este fruto se encuentra en la apuesta exportadora y el plan frutícola nacional, por lo anterior el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Asociación Hortifrutícola de Colombia – ASOHOFRUCOL, administradora del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola –FNFH en la convocatoria de Ciencia y Tecnología del año 2006, financiaron el proyecto “Potencial de transformación agroindustrial de los cultivares criollos de aguacate de clima cálido y medio del departamento del Tolima”, en la línea estratégica de investigación en procesos de transformación agroindustriales y/o artesanales.

La presente publicación es el resultado de dicha investigación, aquí se presentan los protocolos obtenidos para procesar y conservar productos de mayor valor agregado a partir de la transformación como son las mitades, pulpa, guacamole y aceite de aguacate; todos productos innovadores en el mercado interno pero que a nivel internacional tienen un alto reconocimiento por lo que son una oportunidad para el desarrollo de la agroindustria rural en Colombia.

La publicación incluye un capítulo dedicado al manejo postcosecha del aguacate, pues es en esta etapa donde se presentan más del 40% de las pérdidas del producto, debido a las inadecuadas labores cosecha y postcosecha del fruto. Es indispensable para el desarrollo de agricultura con fines de exportación y de transformación, contar con prácticas culturales acordes con las exigencias de calidad del mercado actual.

Lorenzo Peláez Suárez
Director del C.I. Nataima



INTRODUCCION

La agroindustria rural incluye las opciones de microempresas, pequeñas y medianas unidades productivas e inclusive grandes complejos agroindustriales, manejados a través de formas asociativas diversas; así como las actividades artesanales de carácter familiar o no asalariada. Su objetivo es contribuir al aumento de los ingresos del pequeño y mediano agricultor como un medio para alcanzar su bienestar.

Colombia es un país hortofrutícola por excelencia, pero uno de sus principales problemas es la falta de una producción que garantice la continuidad, volumen y calidad de la materia prima, especialmente de frutas y verduras. Sin embargo algunas frutas tales como el aguacate, presentan una alta trayectoria productiva y grandes áreas cultivadas en el departamento del Tolima, por lo que se les debe generar posibilidades de transformación tanto a pequeña como a mediana escala.

Con base en lo anterior, esta publicación toma la agroindustria, como un criterio para fortalecer la economía rural, buscando que las producciones agrarias puedan transformarse de formas alternativas y fortalecer la demanda interna, mediante un mejoramiento en el sistema de procesamiento, comercialización y consumo, e indirectamente ayudar al establecimiento de microempresas innovadoras, en las propias comunidades o por medio de la creación de centros de acopio o procesamiento, todo esto soportado en una base tecnológica fuerte y adecuada a las necesidades de cada producto desarrollado.

Los mayores problemas que enfrenta la producción agroindustrial en el Tolima, entre otros son: falta de tecnologías apropiada, subaprovechamiento de materias primas, nulo valor agregado, falta de propuestas coherentes en el triángulo “ Productor - Producto – Consumidor”, en este sentido solamente existen débiles esfuerzos en el binomio “Productor – Producto”; que no ha permitido una agroindustria competitiva frente



a ciertas regiones internas de nuestro país y mucho menos contra productos importados de otros países donde los niveles de innovación son mucho más consistentes.

Siendo concordantes con lo expuesto, el alcance general que se busca es el de impulsar la agroindustria, hacia la producción de bienes de consumo nuevos, innovadores y de alta calidad, con una visión prospectiva que pueda llagar a una articulación de los productores organizados, con los canales mayoritarios de comercialización interna e internacionalmente.

La aplicación de los resultados obtenidos deberá tener un impacto sobre la calidad de vida de la población de la región, ya que generará el desarrollo básico para la diversificación e incremento de la producción frutícola, lo que significará la creación de empleo, desarrollo de una infraestructura agroindustrial innovadora, aumento de la competitividad y en el mediano plazo, generación de divisas para el país, ya que el desarrollo de la microempresa agroindustrial ofrece una buena alternativa para el desarrollo socio-económico de la población rural.

La implementación de prácticas postcosecha efectivas y con tecnologías adecuadas, acompañadas con el desarrollo de productos agroindustriales a partir de los frutos de aguacate, puede contribuir a que los productores se asocien como empresas y de esta forma lograr una mayor capacidad de negociación en donde puedan adquirir los insumos requeridos a menor costo. De la misma manera, se avanza en la integración al mercado, al poder lograr convenios de venta favorables en donde puedan ofertar volumen y calidad, apropiándose de un mayor valor agregado, además se lograra una identidad del aguacate o producto procesado mediante el desarrollo de una marca, destacando las cualidades y la confianza que el consumidor puede encontrar.



I. EL AGUACATE

A. GENERALIDADES

El aguacate es un árbol nativo de América Tropical Continental, ubicado taxonómicamente en el orden Ranales, familia Lauraceae, género *Persea*, especie Americana, cuyo nombre botánico es *Persea americana Mill* y del que se tiene referencias hace 8000 y 10000 años. Desde hace siglos ha sido empleado como alimento por el hombre, incluso anterior a la época precolombina. Leal y María Gracia (1986), asignan nombres botánicos específicos para cada raza o grupo ecológico, citando a Britton (1929).

Samson (1991), reconoce que un hecho trascendente en la historia de este cultivo es la elaboración por Popenoe (1920), de su conocida clave para la diferenciación de las razas o grupos ecológicos dentro de la especie *Persea americana Mill*, que aunque cuestionada, es hasta hoy aceptada. El término raza ecológica, también tiene otras sinonimias como grupos raciales, subespecies, grupos ecológicos, tipos raciales y tipos ecológicos. La clave ideada por Popenoe, agrupa a todas las formas dentro de la especie como sigue:

- Mexicana Race (Raza o tipo mexicano).
- Guatemalan Race (Raza o tipo guatemalteco).
- West Indies Race (Raza o tipo antillano).

Girard (1986) considera que los aguacates del tipo antillano deberían ser llamados 'tipo o grupo Sudamericano', puesto que esta raza fue introducida, al igual que las otras dos, desde el continente a las Antillas, y que los aguacateros antillanos según él, tuvieron un origen probable al norte de Sudamérica en las mesetas bajas de Colombia. Esta opinión no concuerda en lo que respecta al origen de esta raza con la emitida por Rhodes (1971), Williams (1977), Scora (1990) entre otros, quienes estiman su origen en las zonas costeras bajas de México.



En el contexto actual ha cambiado la apreciación sobre el cultivo del aguacate en Colombia, pues es una fruta con gran aceptación por la población y una de las más balanceadas y completas desde el punto de vista nutricional, la misma dinámica se presenta a nivel internacional lo que ha permitido que este frutal se incluya en la apuesta exportadora y el plan frutícola nacional (PFN), en el cual se plantea la siembra de 1500 Ha principalmente en aguacate Hass en los municipios de Líbano, Fresno, Murillo y Casablanca (Asohofrucol – MADR, 2006).

Uno de los aspectos fundamentales para el éxito de un cultivo comercial de aguacate, es la selección adecuada de las variedades a sembrar, con ello se consigue:

- a. Garantizar continuidad en la producción y alargamiento de los periodos de cosecha.
- b. Manejar adecuadamente su comercialización al ofrecer suministro más estable.
- c. Obtener mayores volúmenes de cosecha y por consiguiente mayor rentabilidad.
- d. Garantizar mejor desarrollo del cultivo y de calidad de la fruta.

La importancia del aguacate para nuestro país además de económica es cultural y ambiental ya que puede desarrollarse en diversos microclimas en donde es posible encontrar material vegetal de excelente calidad organoléptica y con características agronómicas interesantes. Sin embargo posterior a la caracterización y selección del material se requiere generar dinámicas de propagación con el fin de crear viveros con árboles certificados y de calidad predeterminada.

El aguacate (*Persea americana Mill*), 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. A su vez, su consumo evita el riesgo de desarrollar arteriosclerosis, siendo beneficioso para controlar el asma y la artritis reumatoide.

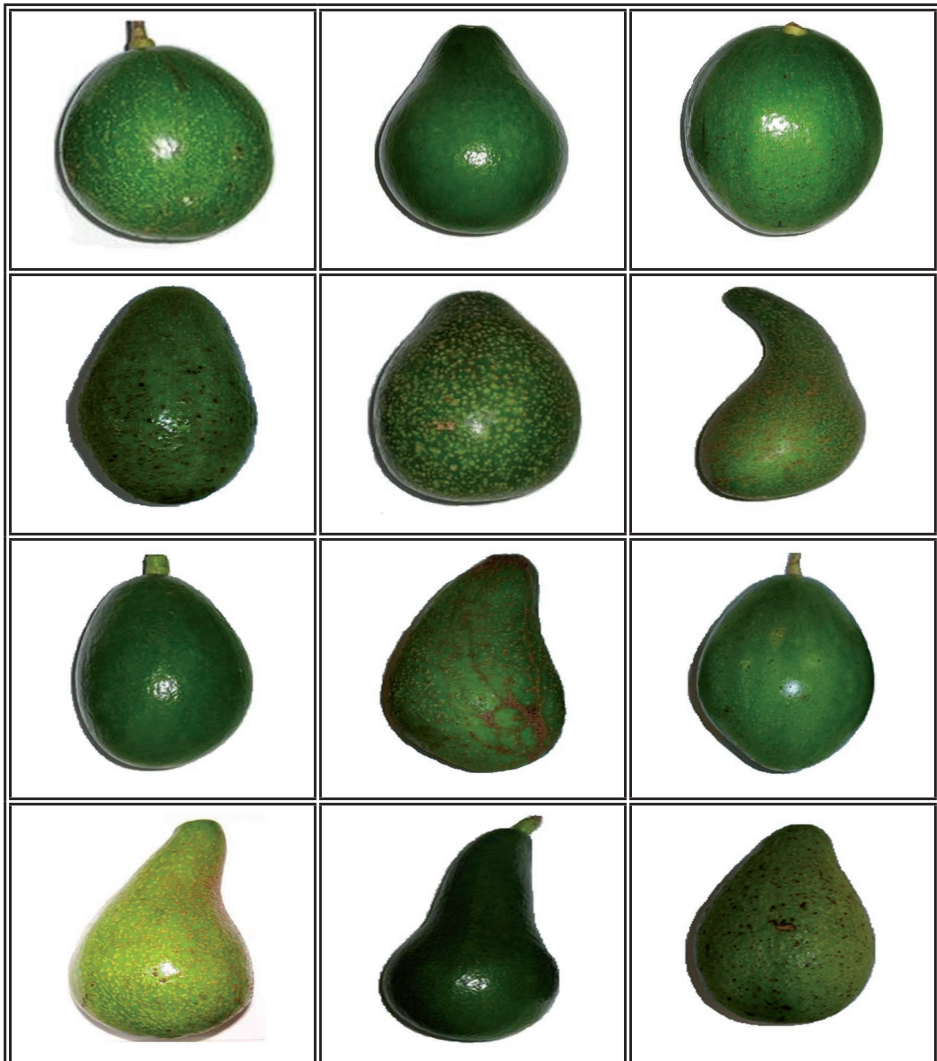


Figura 1. *Diversidad morfológica en frutos de aguacate.*



El aguacate, presenta una variada posibilidad de usos como productos industrializados, señalándose entre otros los siguientes: pulpas como base para productos para untar, tanto frescas, refrigeradas o congeladas, mitades o cubos congelados, aceite para culinaria y la industria cosmética. Dentro de las alternativas nombradas, la pulpa de aguacate congelada ha presentado un mayor volumen de producción.

El mercado mundial del aguacate crece constantemente, en las proyecciones de la FAO para el año 2010, se estima que la producción de aguacate alcanzará los 3.1 millones de toneladas, América Latina y el Caribe seguirán siendo la principal región productora de aguacate del mundo, su participación porcentual en la producción mundial total disminuirá y pasará de 73% al 65% para 2010. Se vislumbra que México seguirá siendo el mayor país productor con 356,000 toneladas anuales, correspondiente a cerca del 40% de la producción mundial total.

Las importaciones mundiales de aguacates llegarán a las 712,000 toneladas, creciendo casi en un 8% para 2010. Aunque los mercados de países desarrollados representan el 86% de la importación, se prevé que los Estados Unidos sean los mayores importadores de aguacate del mundo para 2010, con el 29% del total de las importaciones mundiales. El crecimiento de la producción de aguacate en los Estados Unidos (2%) no será suficiente para satisfacer la demanda prevista. Para ese mismo año, las importaciones deberían alcanzar las 205.000 toneladas, lo que supone una tasa de crecimiento del 11% anual.

Existe la opinión de que la industria aguacatera es muy pequeña sin embargo presenta grandes oportunidades de desarrollo sobre todo con la diversificación de mercados y presentación final del producto, es decir no limitarse únicamente a la venta de producto en fresco, si no también enfocar esfuerzos a la comercialización de productos procesados. Con amplias oportunidades de participación en los mercados internacionales, tanto en fresco como procesado en guacamole, puré, aceite comestible o cosmético.



NOTA HISTORICA

(Fuente: *Californian Avocado Comisión*)

EL ÁRBOL HASS MADRE (1926-2002)

En 2002, la raíz del árbol originario de la variedad Hass pereció a la edad de 76 años. Sus hijos son responsables por el 95% de los aguacates cultivados en California, y corresponde a una de las industrias más importantes del estado. Todavía a pesar de las especulaciones en sentido contrario, nadie conoce que variedad de semilla produjo el árbol Madre Hass original.



Figura 2. *Arbol Hass madre*

A finales de los años 20, el señor Rudolph Hass, un cartero, compró el árbol semilla a Rideout de Whittier, y lo plantó en su nuevo huerto, él planeaba plantar otras variedades en él pero cuando los plantones no dieron fruto repetidamente pensó en cortar el árbol. Afortunadamente los hijos de Hass le convencieron de lo contrario, ellos preferían el sabor de la fruta al que tenía el llamado “Fuerte”, el cual era la variedad predominante en la industria estándar de aquellos días. Ya que la calidad era alta y el árbol dio un buen fruto, Hass nombró a la variedad con su apellido y le sacó una patente en 1935.

La patente expiró en 1952, el mismo año en que Rudolph Hass murió, pero para entonces este aguacate negro que llevaba su nombre estaba ganando popularidad rápidamente sobre el Fuerte, los consumidores prefirieron su rico sabor, mientras que los mercados lo favorecían por su durabilidad y más larga vida en los anaqueles. Hoy en día el Hass es cerca del 80 por ciento de todos los aguacates que se comen en el todo el mundo y genera más de 1 billón de ganancias anuales solo en los Estados Unidos.



Figura 3. *Cultivo de aguacate variedad Hass (Intercalado con Platano) municipio de Fresno*

DATOS CURIOSOS

Arqueólogos en Perú han reportado haber encontrado semillas de aguacate ENTERRADOS CON MOMIAS del año 750 DC.

- Los aztecas usaban el aguacate como estimulante sexual.
- California produce el 95% del aguacate que se produce en los EE.UU.
- El condado de San Diego es la “Capital del aguacate en EE. UU.”, ya que produce el 60% de los aguacates de California.
- El valle de los Ángeles es el mercado de aguacate más grande de EE.UU, en el se cosecha TODO EL AÑO, debido a los microclimas que existen a lo largo de la costa californiana.
- En California se cultivan 7 variedades de aguacate. La variedad Hass, la más popular, hace 85% del volumen.



II. MANEJO POSTCOSECHA





A. GENERALIDADES

Antes de abordar el tema de postcosecha, así como el análisis los factores que en ello convergen, es necesario mencionar que cualquier actividad que se realice en el huerto antes y durante el desarrollo del fruto, influirá de alguna manera en este periodo. Sin embargo, la etapa que generalmente se considera de importancia y que tiene serias repercusiones en la producción empieza desde que se corta el fruto de aguacate, ya que desde ese momento y hasta su presentación en el mercado al consumidor transcurre un lapso de tiempo considerable; durante el cual el fruto puede sufrir diferentes tipos de daños mecánicos y fisiológicos que lo hacen susceptible al ataque de diferentes agentes fitopatológicos, dentro de los que se encuentran *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sphaceloma persea*, *Alternaria sp.*, *Fusarium spp.*, *Diplodia spp.*, *Pestalotiopsis sp.*, *Phomopsis sp.* entre otros, lo que incide en la disminución de la calidad y por consiguiente en el precio del producto causando pérdidas que van desde un 10% hasta un 100% de la fruta que se envía a los mercados internacionales distantes.



Figura 4. Daños en precosecha causados por el “Barrenador del fruto” (*Stenomacrus catenifer*)

El manejo del aguacate durante y después de la cosecha debe ser cuidadoso para garantizar al consumidor la calidad e inocuidad de la fruta que ellos requieren, los operarios que laboran en el campo y en la planta empacadora deben conocer bien el producto, sus atributos de calidad y los principales defectos, así como la tolerancia de los mismos para que no sean considerados factores de rechazo.



Los procesos de cosecha y acondicionamiento del aguacate deben tomar en cuenta los requerimientos de los clientes y consumidores finales en el mercado meta, así como el tiempo desde el corte del fruto hasta la exhibición en los puntos de venta y los cambios esperados durante el transporte, tales como cambios en la textura y color propios de la maduración y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos y a daños físicos en la fruta.



Figura 5. *Frutos sobremaduros caídos del árbol, su calidad es generalmente baja.*

Es básico recordar que el aguacate es un fruto CLIMATERICO, es decir después de cosechado el fruto continúa los procesos de maduración (incremento de azúcares, reducción de acidez, cambio de color, etc); en segundo lugar, es muy susceptible al daño por frío, lo que significa que durante el almacenamiento el fruto puede sufrir una descomposición fisiológica, sin embargo se pueden realizar manejos que mitigan éstos daños.

Después de que el fruto se ha cosechado, al ser un tejido vivo respira, es decir, consume oxígeno y produce dióxido de carbono (CO_2). Por lo tanto, el fruto madura después de la cosecha, en una primera etapa hay una tasa respiratoria muy baja produciéndose poco CO_2 , a medida que madura, tiene un gran aumento de la respiración. Al mismo tiempo, el fruto produce una fitohormona denominada etileno su tasa de producción posterior a la cosecha y mientras madura el fruto, sigue el mismo patrón que la respiración.



Se debe enfatizar a los productores que el fruto es una entidad viva por lo cual responde al manejo que se le dé, si la fruta está expuesta a temperaturas muy bajas, se puede inhibir la maduración completamente, cuando se expone a etileno, aumentará la susceptibilidad al daño por frío. Al comercializar fruta inmadura o que apenas alcanza el mínimo de madurez, se debe tener más cuidado al manipularla comparada con aquella que se cosecha con madurez óptima.

B. ÍNDICES DE MADUREZ

El aguacate no alcanza su madurez de consumo en el árbol, debido a que este produce un inhibidor de la maduración que pasa al fruto por el pedúnculo, la determinación del momento de corte es un factor clave para garantizar que la fruta madurará adecuadamente, optimizar la calidad y minimizar las pérdidas. La maduración puede ocurrir naturalmente durante el almacenamiento o puede inducirse utilizando de 10 a 100 ppm de etileno a 21 °C.

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios indicadores con el fin de definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno del mesocarpio o pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre de la fruta y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto.



Figura 6. Corte del fruto de acuerdo al inicio de la floración, varía según el cultivar.



En Colombia los principales criterios de cosecha son el cambio de color en la cáscara, de verde claro a verde oscuro y la desaparición del brillo, que ha mostrado bastante imprecisión por ser una medición subjetiva que depende de la experiencia del cosechador. Estos criterios de corte no siempre se ajustan a los criterios de selección utilizados en el centro de acopio, lo cual se traduce en altos porcentajes de rechazo, principalmente por fruta inmadura, que luego presenta problemas ya que no alcanza la madurez óptima para consumo, la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa, el sabor y firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.



Figura 7. Muestreo rápido de fruto en campo para verificar maduración homogénea.

El contenido de grasa es un criterio de madurez confiable pero es difícil de determinar; sin embargo, existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y el de materia seca en el aguacate, este último se determina por un método simple, económico y rápido con un horno para deshidratar. Lo anterior ha permitido que en California y en la mayoría de las áreas productoras de aguacate de otros países, se utilice el contenido de materia seca como índice de madurez para definir el momento de cosecha, el cual debe alcanzar de 19 a 25%, dependiendo del cultivar.

En la tabla 1 se presentan los parámetros mínimos de calidad para variedades de aguacate, en donde se evidencia el contenido de materia seca y aceite



Tabla 1. Parámetros mínimos de calidad, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

VARIEDAD	PULPA (%)	ACEITE (%)	MATERIA SECA (%)	DUREZA (kgf. cm ⁻²)
Hass	55.7	25.5	39.5	2.4
Fuerte	70.6	10	21.1	2.2
Booth 8	69.2	6.4	15.8	3.2
Trinidad	62.9	10.8	23.9	2.4
Lorena	69.2	3.3	15.9	3.7
Trapp	68.4	3.8	14.9	4.8
Choquette	77.2	4.6	14.8	2.7
Santana	68.6	3.9	12	4.1

Fuente: Rojas et al., 2004

Desde el punto de vista práctico, la determinación del porcentaje de grasa es difícil de realizar, requiere la extracción y determinación del contenido de grasa lo cual demora días en laboratorios especializados y tiene un costo elevado por muestra. Por su parte, la determinación del contenido de materia seca es bastante más simple, económico y su implementación en una planta empacadora de aguacate es relativamente sencilla como se explica a continuación.

1. Determinación de Materia Seca

Los resultados de contenido de materia seca se obtienen en unas pocas horas, por lo que se pueden utilizar para determinar si un lote de la plantación está listo para cosechar, así como para realizar análisis a los frutos cosechados en caso de duda sobre el grado de madurez. El equipo requerido incluye un horno de microondas, una balanza analítica, un desecador y cápsulas (tipo platos petri o similar) para colocar las muestras. El método consiste en cortar aproximadamente 100 g de pulpa en rebanadas muy delgadas (cortadas con un pelador de papas y colocarlas en el horno de microondas a secar hasta peso constante, proceso que tarda entre 5 y 15 minutos.



Protocolo para determinación de materia seca

1. Seleccionar cuidadosamente los aguacates, recogiendo los de las partes sombreadas del árbol y de árboles en diferentes partes del cultivo, la fruta no debe estar blanda para poder ejecutar la prueba, se debe marcar la muestra para evitar confusiones, no mezclar variedades, transportar cuidadosamente y efectuar el análisis lo más pronto posible.
2. La fruta se parte inicialmente en mitades, y luego cada mitad en 4 partes, usando el pelador de papas o un cuchillo, quitar la piel a la pulpa, retire todos los rastros de la semilla.
3. Pese el plato vacío y apúntelo este será el PESO DE TARA (P_1)
4. Coloque el plato vacío sobre la balanza y adicione la muestra de aguacate (tajadas) aproximadamente 100 gramos, NO necesariamente debe ser este peso exacto, apunte el peso del plato mas la muestra, este será el PESO HÚMEDO (P_2)
5. Coloque el plato o porta muestra con los trozos de aguacate dentro del horno microondas
6. Dado que los hornos microondas varían, es fundamental comenzar a baja potencia y gradualmente aumentarla para evitar que se quemé la muestra. Se sugiere que para iniciar usar el de 40% de potencia durante 15 minutos.
7. Retirar la muestra del microondas y pesar.
8. Después de pesar, introducir la muestra de nuevo al horno de microondas durante 3 minutos a 40% de potencia.
9. Retirar la muestra del microondas y pesar.



10. Este proceso se repite a intervalos de un minuto más hasta que no se observe más pérdida de peso (después de varias repeticiones puede determinar el correcto ajuste de la potencia y el tiempo aproximado con el fin de asegurar no quemar la muestra).
11. Después de que no se observen cambios significativos de peso, retirar la muestra del horno y pesar, este será el PESO SECO (P₃)

Cálculos

$$\frac{\text{Peso seco (P3)} - \text{Peso tara (P1)}}{\text{Peso húmedo (P2)} - \text{Peso tara (P1)}} \times 100 = \text{contenido de materia seca (\%)}$$

El uso combinado de dos indicadores para determinar el momento de cosecha del aguacate como la opacidad de la cáscara y contenido de materia seca, resulta conveniente y de aplicación muy práctica, el primer indicador facilita la cosecha en el campo, por otra parte con el segundo se comprueba la madurez fisiológica del fruto, sus resultados sirven para mantener una buena comunicación con el productor y hacer los ajustes que se requieran en los casos en que el contenido de materia seca sea más bajo del requerido (fruta inmadura).

C. COSECHA

La cosecha del aguacate se realiza en forma manual, con un cuchillo o tijera, los cortes deben hacerse de manera que se deje un pedúnculo de 0.5 cm de largo, pues si este se elimina o se deja muy corto, se acelera la maduración, el deterioro es más rápido y la fruta es más susceptible a la entrada de patógenos.

La fruta se coloca en bolsas de tela que luego son vaciadas en cajas plásticas o bien se colocan directamente sobre una superficie limpia. La fruta en las partes altas del árbol se cosecha utilizando varas a las que se adaptan cuchillas o tijeras accionadas desde el otro extremo y bolsas



para recibir el producto cosechado, cuando los árboles son muy altos puede ser necesario el uso de una escalera para facilitar las labores de cosecha. Una práctica que debe evitarse es lanzar el aguacate cosechado desde las partes altas del árbol, por el riesgo de daños físicos que esto representa, especialmente si se llega a golpear contra el suelo. Algunos productores utilizan tubos de tela (sacos abiertos por ambos lados) para amortiguar la caída de la fruta desde lo alto de la escalera, esta práctica facilita la labor, pero se debe vigilar el efecto sobre la calidad y la incidencia de daños físicos sobre la fruta.

Los mejores cortes se logran utilizando tijeras bien afiladas para garantizar un menor daño físico, sin embargo, se debe tener cuidado de no rozar con la cuchilla la cáscara del aguacate, para evitar hendiduras que podrían ser un factor de rechazo y disminuir vida comercial al producto. La cosecha debe realizarse en las horas más frescas del día, iniciando cerca de las 6:00 am, cuando la luminosidad permite valorar bien la madurez de la fruta. El aguacate cosechado se debe colocar dentro de cajas plásticas limpias llenas hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, de esta forma se previenen daños por compresión al estibar las cajas durante el transporte.



Figura 8. Frutos de aguacate Lorena (Izq.) y Santana (Der.) listos para ser cosechados.



El uso de sacos (costales) para transportar la fruta desde el campo al sitio de empaque no se recomienda (figura 9), porque permite que el aguacate sufra golpes, magulladuras, rozaduras y daños por compresión, debido a que la carga de otros sacos estibados llega directamente a los frutos, adicionalmente favorece la fricción entre los frutos y el incremento de la temperatura del producto. Aún para pequeños productores, la recomendación es que se utilicen cajas plásticas limpias para el producto cosechado.



Figura 9. *Prácticas postcosecha no adecuadas, daño en frutos por compresión*

Otra práctica que debe evitarse es el transporte a granel de la fruta cosechada (Figura 10), en el cajón de un vehículo de carga, práctica que realizan algunos productores por facilidad en el manejo de la fruta y porque brinda la posibilidad de llevar mayor cantidad, sin embargo bajo estas condiciones la fruta sufre mayores daños por compresión, roces y golpes, resultado del mal estado de las carreteras y a movimientos del vehículo debidos a curvas y pendientes.



Figura 10. *Inadecuado transporte a granel del fruto recolectado en campo*



Estos daños pueden resultar poco visibles por la firmeza del aguacate en el momento de la cosecha, pero el deterioro del producto se acelera y los daños se manifiestan cuando el producto alcanza la madurez de consumo, como oscurecimiento de la pulpa, maduración y ablandamiento no homogéneo, mayor susceptibilidad al deterioro y por lo tanto menor vida útil del producto.

Los implementos de cosecha deben estar limpios y desinfectados para evitar la contaminación de la fruta y del árbol. La desinfección de las herramientas de cosecha puede hacerse con alcohol (70%) o con cloro (5 ml/l de agua), lavando muy bien después con agua limpia, porque el cloro tiende a oxidar. Todas las herramientas, u otros utensilios que se pongan en contacto con la planta y el suelo, pueden transmitir agentes patógenos, por lo que como medida de prevención se deben sumergir en la solución desinfectante por unos pocos minutos. Las herramientas se pueden almacenar después de aplicarles una cubierta protectora de aceite, o lavarlas y secarlas antes de almacenarlas, para prevenir la corrosión.

Se requiere de una selección previa de la fruta en el campo (Figura 11), separando aquella que no cumpla con los requerimientos establecidos, con lo que se logra bajar los costos de transporte y aumentar la eficiencia de la planta empacadora, pues solamente ingresará producto con los atributos de calidad requeridos, esta operación puede hacerse mientras se empaca la fruta (al sacarla de las bolsas de cosecha), evitando colocar fruta directamente en el suelo.

También permite al productor de-



Figura 11. Selección en campo de la fruta



cidir y tomar acciones sobre el uso que se le dará al producto que no califica (otros mercados, descartarlo cerca de la plantación, alimento animal u otro), con lo cual se evita que el producto de rechazo se deje en la plantación. Generalmente los productores seleccionan el producto en el campo y mencionan que eliminan la fruta con daños por insectos, fruta con lesiones de roña de severas a muy severas y fruta con deformaciones, muy pequeña o con síntomas de enfermedades. El tiempo de espera de la fruta en el campo, para ser transportadas debe ser corto, la fruta debe colocarse bajo la sombra o en un lugar fresco y limpio, lo cual también reduce el riesgo de contaminación.

D. TRANSPORTE AL CENTRO DE ACOPIO

El traslado de la fruta al centro de acopio debe ser cuidadoso en los aspectos que se detallan seguidamente:

Condiciones del medio de transporte: Debe estar limpio y en buenas condiciones en su sistema de amortiguación. Preferiblemente no usar vehículos que han sido utilizados para transporte de animales, abono orgánico o productos químicos.

Acomodo y manipulación del producto:

- Uso de cajas limpias, desinfectadas y en buen estado.
- Evitar golpes al cargar y descargar las cajas con la fruta, nunca se deben tirar ni lanzar.
- Vigilar que el llenado de las cajas sea el correcto, de modo que no se presione la fruta al estibar las cajas en el medio de transporte.
- Realizar un buen estibado de las cajas, conservando la alineación de modo que coincidan las esquinas y los lados conforme se acomodan unas cajas sobre otras.
- Cubrir la carga con toldos claros para evitar las quemaduras de sol y lluvia, pero dejar espacio para circulación del aire, de modo que la



fruta pueda refrescarse durante el transporte.

Higiene del transportista y ayudantes: Deben tener buenas prácticas de higiene quienes manipulen las cajas con los frutos.

Conductor: Debe ser cuidadoso durante el transporte y evitar movimientos bruscos, especialmente por caminos en mal estado, con curvas y pendientes, esto reducirá los riesgos de daño físico en las frutas. Si al llegar al centro de acopio o planta empacadora hay tiempos de espera, mantener el medio de transporte bajo la sombra para evitar el calentamiento de la fruta.



Figura 12. Transporte del fruto al centro de acopio

E. PREPARACIÓN DEL AGUACATE

En el centro de acopio o planta empacadora el producto se acondiciona para el mercado fresco, las operaciones que allí se realizan contribuyen a mantener la calidad del producto, extender su vida útil y garantizar al consumidor productos inocuos. Es importante capacitar al personal de la planta y a los agricultores sobre los cambios en el aguacate durante la maduración, las enfermedades más comunes, daños mecánicos y cómo se manifiestan cuando la fruta alcanza la madurez comestible, los cambios de color, daños por insectos y otros, así como las medidas preventivas para minimizar su aparición.

La preparación del aguacate para el mercado fresco también debe tomar en cuenta los requerimientos del mercado meta, las características y condiciones en la cadena de distribución y comercialización (tiempos, temperaturas, tipo de vehículos, etc.) a las que el producto estará sometido desde



la planta empacadora hasta los puntos de venta y sus exhibidores.

1. Recepción e inspección

La calidad del aguacate no mejora después de la cosecha, pero puede conservarse mediante el manejo cuidadoso en el campo, durante las operaciones en la planta empacadora y la cadena de comercialización. Las especificaciones de calidad exigidas por la planta de empaque o procesado deben ser conocidas por todos los productores y se debe dar seguimiento a las labores de campo y manejo de la fruta por medio de visitas y control de los registros que lleven sobre las prácticas de campo.



Figura 13. *Recepción, inspección y pesado de la fruta*

El recibo de la fruta debe ser ágil, para evitar las esperas en el medio de transporte bajo el sol o la lluvia, que deterioran la calidad. La operación de recepción tiene algunos trámites, como el registro de la cantidad de producto que se entrega, la procedencia de los productos, la identificación del lote, documento de recibo para el productor, entre otros; algunos aspectos técnicos se incluyen dentro del término inspección como la vigilancia de la calidad de las frutas que se reciben, la cual debe ajustarse a los criterios de cosecha, la acomodación del producto para evitar la contaminación cruzada y permitir su identificación en todo momento, así como la revisión del medio de transporte y los empaques.

2. Selección

Después de la inspección, el producto debe seleccionarse para eliminar



aquellos frutos con daño físico y/o por insectos, cicatrices, malformaciones, frutos inmaduros o sobremaduros, entretos; según las especificaciones de calidad que tenga el mercado al que se dirige la fruta. Esta etapa complementa la selección realizada en el campo, pero no la sustituye, pues se hace con el fin de asegurar que el producto que ingresa tenga las características de calidad requeridas, y para evitar que producto en mal estado contamine el agua de lavado y los equipos en la planta de empaque.

3. Lavado y desinfección

La función del lavado y la desinfección de la fruta es remover la suciedad y los microorganismos patógenos de la superficie del aguacate. El lavado es superficial y con el se reduce la carga microbiológica que trae la fruta desde el campo. Esta operación es muy importante para preservar la calidad de la fruta (extender la vida útil) y minimizar el riesgo de transmitir enfermedades a los consumidores.

Los aguacates crecen distanciados del suelo, con lo cual el riesgo de contaminación microbiológica es menor comparado con otros productos que crecen cerca de la tierra (fresas, por ejemplo); sin embargo, las plantaciones están expuestas al ambiente, hay otros vectores de contaminación como los operarios de campo, los materiales de empaque, medios de transporte y otros.



Figura 14. Lavado y Desinfección de los aguacates



Para esta operación se utiliza principalmente agua clorada (100 a 150 ppm), utilizando hipoclorito de sodio o de calcio, en un tratamiento por inmersión que tarda de 2 a 3 minutos. Las soluciones de cloro tiene la característica que su efectividad depende de la concentración de cloro, la temperatura y especialmente el pH de la solución, que debe estar entre 6,0 y 7,0, niveles a los cuales se encuentra la mayor actividad del cloro como agente desinfectante. Algunas recomendaciones para que este tratamiento sea efectivo a lo largo del día son las siguientes:

Utilizar agua de buena calidad, para lo cual debe controlarse su calidad microbiológica y química (análisis periódicos), tanto para el caso en que se utilice agua de tubería como de pozo u otra fuente.

Controlar la concentración del cloro y el pH del agua de lavado a lo largo del día.

Realizar cambios de agua cuantas veces se requiera según la cantidad y suciedad de producto lavado.

Utilizar empaques de campo (cajas plásticas) limpias y desinfectadas con frecuencia y evitar colocar el producto directamente sobre el suelo.

Es conveniente que el lavado se haga utilizando cajas limpias, para lo cual se puede hacer un trasvase cuidadoso de la fruta en la planta empaadora, a la vez que se selecciona.

Es importante tomar en cuenta las recomendaciones anteriores para evitar que las pilas de lavado y desinfección se conviertan en un foco de contaminación para la fruta fresca que se lava.

4. Tratamientos con fungicidas

Las enfermedades más comunes durante la postcosecha del aguacate son antracnosis y la pudrición del pedúnculo, el control de estas y otras enfermedades inicia en el campo, con las prácticas cosecha y postcosecha de la fruta. Adicionalmente a las medidas preventivas, la fruta debe someterse a un tratamiento con fungicida para curar infecciones latentes y prevenir el desarrollo de otras.



La implementación de un tratamiento con fungicida por inmersión es muy fácil de realizar con el producto empacado en cajas plásticas con suficientes drenajes, con tiempos de inmersión de un minuto, posteriormente es importante remover la humedad superficial después del tratamiento, lo cual puede hacerse mediante rodillos con espuma en procesos continuos, con el uso de ventiladores sobre el producto, o bien dejándola escurrir por un tiempo prudencial.

5. Empaque

Las principales funciones de los empaques son contener y proteger al producto hasta el mercado meta, además facilita el manejo y comercialización, con peso y calidad uniformes en cada empaque. El empaque debe proporcionar suficiente resistencia mecánica para soportar el estibe de las cajas y no trasladar el esfuerzo a la fruta empacada, permitir un enfriamiento rápido y evitar la acumulación de gases indeseables como el etileno para evitar que se acelere la maduración.



Figura 15. *Aguate empacado en canastilla plástica*

Las dimensiones del empaque generalmente las impone el comprador, están dadas por aspectos de comercialización que el mercado ha definido con una determinada cantidad de producto por caja, tamaños definidos, color y otros atributos. El diseño y materiales puede o no, ser



especificado por el comprador, en ocasiones, para los mercados locales la selección del empaque depende en gran medida de los precios y disponibilidad de los empaques.

Para seleccionar el empaque adecuado se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Requerimientos del mercado: dimensiones y especificaciones especiales (reutilizable, reciclable, etc.)

- Cantidad de producto por empaque en peso, número de frutas por empaque, etc.



- Resistencia mecánica, el empaque es el que debe resistir los esfuerzos a lo largo del transporte, almacenamiento y comercialización de la fruta, bajo condiciones de enfriamiento y alta humedad relativa (90-95%).

Figura 16. *Instalaciones para enfriamiento de los frutos de aguacate*

- La ventilación debe permitir la circulación del aire frío a través de las cajas para enfriar el aguacate y evitar la acumulación de gases indeseables dentro de los empaques. Por ejemplo, es preferible el uso de ventilaciones alargadas (cerca del 5% del área del empaque para cajas de cartón corrugado), ubicadas dejando al menos 5 cm de distancia de las aristas verticales de las cajas, para disminuir el efecto en la reducción de la resistencia mecánica.

- Disponibilidad de espacio para el almacenamiento. Cuando se utilizan empaques plásticos, uno de los mayores problemas es el espacio



que requieren para el almacenamiento, pues por lo general no se pueden almacenar uno dentro del otro. En ese sentido los empaques de cartón permiten el almacenamiento de una gran cantidad de cajas en poco espacio, las cuales se van armando conforme se necesiten.

- Costo y disponibilidad en el mercado. El empaque generalmente representa un alto porcentaje del costo del producto empacado (20 a 30%) para la mayor parte de los productos agrícolas frescos, lo cual obliga a una selección cuidadosa del empaque y sus materiales. Esto ha llevado a los empacadores a comprar empaques plásticos de segunda mano, sin embargo, la reutilización de empaques requiere que estos sean lavados y desinfectados antes de ser usados, y que se almacenen en un lugar limpio y libre de plagas.

F. ENFRIAMIENTO Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL

La temperatura óptima de almacenamiento contribuye a conservar la calidad de la fruta y extender su vida comercial. La fruta con madurez de consumo, que ya ha perdido firmeza y cuyos atributos sensoriales de aroma y sabor se han desarrollado puede almacenarse a mayor temperatura (12 a 14 °C), con altos niveles de humedad relativa (90-95%). Cuando la fruta tiene madurez de consumo es mucho más sensible a los daños mecánicos, por lo que el transporte y distribución deben ser muy cuidadosos y es por esto que se prefiere comercializar fruta que no haya alcanzado su madurez de consumo.

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.

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.

Tabla 2. *Condiciones de almacenamiento bajo atmósfera controlada para diferentes variedades de aguacate*

VARIEDAD	%O₂	%CO₂	Temp. (°C)
Hass	2-10	4-10	7
Booth 8, Fuchs	2	10	7.5
Edranol,	2	10	8
Fuerte	2	10	5.5
Lula	2	10	4-7
Anaheim	6	10	7
Waldin, Fuchs	2	10	7
Criollos	2	10	12-14

Fuente: *Yahia, 2003*

La operación de las cámaras refrigeradas incluye un buen control de la temperatura y la humedad relativa, higiene y sanitización de la estructura, acomodo de la fruta dentro del cuarto frío, manejo de inventarios (primeros productos que ingresan deben ser los primeros que se despachan), mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración y humidistato (regulador de humedad relativa), minimizar el tiempo en que la puerta del cuarto frío permanece abierta y el del personal que trabaja dentro de las cámaras. Se deben llevar registros de las operaciones de limpieza y los controles de temperatura y humedad relativa. El aguacate también puede enfriarse con agua (hidroenfriamiento), pero es importante que una vez que el producto se enfríe, se seque y se mantenga en un cuarto frío.



G. TRANSPORTE AL MERCADO META

Es recomendable el uso de camiones refrigerados, pues las fluctuaciones de temperatura provocan la condensación de agua sobre la cáscara de la fruta y esto favorece el deterioro patológico del aguacate y le resta vida comercial. Si las distancias son cortas, pueden utilizarse camiones con aislamiento térmico para conservar la temperatura del producto. El manejo de la temperatura durante el transporte debe ser más cuidadoso cuando se transporta aguacate con madurez de consumo, porque el producto es más sensible a los daños físicos y el efecto del incremento en la temperatura sobre el deterioro del producto es mayor.

H. EXHIBICIÓN EN EL PUNTO DE VENTA

El punto de venta es el lugar donde el producto se exhibe al consumidor y este decide su compra. Es un lugar donde el producto se expone a la manipulación de los consumidores, que con frecuencia lo toman en sus manos y presionan para determinar si ha alcanzado su madurez de consumo que se manifiesta como pérdida de firmeza. Para minimizar el efecto de la manipulación por parte de los consumidores, se puede limitar la cantidad de producto, acomodarlo en capas de forma ordenada y en un lugar de accesible pero en el que no sea tan fácil tocar todas las frutas, lo anterior porque el consumidor tiende a presionar varias frutas, para posteriormente escoger la(s) que se quiere llevar a casa.



Figura 17. Fruta en exhibición para venta



La exhibición a 5 a 13 °C ayuda a conservar por un mayor tiempo la calidad del aguacate, aunque con frecuencia esta fruta se presenta bajo condiciones ambientales en los puntos de venta. El efecto de la exhibición a mayores temperaturas no es tan crítico en el punto de venta como en las etapas anteriores, porque los tiempos de rotación son del orden de 1 a 2 días, y el incremento en la temperatura favorece la maduración del fruto para su consumo. Sin embargo, si la exhibición en los puntos de venta es más prolongada, se corre el riesgo de aguacates sobremaduros o con deterioro patológico que pierden su valor comercial.



III. CALIDAD, ESTÁNDARES Y CONTROL DE CALIDAD





A. INDICES DE CALIDAD

En general el término calidad se puede definir como el conjunto de cualidades de un producto que ofrece al consumidor entera satisfacción por el precio que está dispuesto a pagar. La percepción de la calidad depende entonces de los gustos y preferencias de los consumidores y varía para los diferentes actores de la cadena de comercialización, que actúan como clientes intermedios, por lo que las características que el producto debe cumplir puede variar significativamente para un mismo producto; aunque todos los que intervienen en el proceso deben tener en consideración las demandas del consumidor final.

Para el productor: La percepción de la calidad para un agricultor incluye aspectos en campo como rendimiento, resistencia a las enfermedades, tiempo entre la siembra y la cosecha, insumos agrícolas que debe emplear, precios del mercado y los atributos del producto que exige su cliente (forma, tamaño, apariencia y otros). Requiere colocar sus productos con buenos precios en una época de cosecha específica.



Figura 18. Calidad homogénea en frutos de aguacate

Para el intermediario y el transportista: Para estos integrantes de la cadena de comercialización, la calidad involucra las características de apariencia que le piden sus compradores; además, el producto debe ser resistente, y mantener sus atributos durante el transporte, de modo que las



pérdidas por daños sean mínimas desde que compran el producto hasta que lo venden.

Para el vendedor al detal: Este eslabón de la cadena es el que se acerca más al consumidor final; a él le corresponde exhibir y vender el producto. Desde su punto de vista, el producto debe tener una excelente apariencia, estar firme y con buenos atributos de calidad internos (sabor, textura, grado de madurez adecuado) de manera que el consumidor lo compre y se cree fidelidad.

Además requiere que mantenga su calidad durante los días en exhibición y unos cuantos más, de manera que las pérdidas en los puntos de venta sean mínimos y la satisfacción del cliente sea máxima. Para este extremo de la cadena de comercialización es importante mantener una calidad consistente y uniforme a través del tiempo y que el abastecimiento sea regular, de manera que siempre puedan ofrecer a sus clientes productos similares a lo largo del año.

Para el consumidor: Un aguacate de buena calidad, puede ser un aguacate firme (o con firmeza de consumo), fresco, sin golpes, y sin daños por enfermedades o insectos. El precio de los productos es un factor importante en la percepción de la calidad a lo largo de la cadena de comercialización, depende de muchos factores como oferta y demanda, condiciones climáticas, atributos de calidad, entre otros.

Algunos mercados buscan minimizar los precios aunque deban sacrificar algunos atributos de calidad, mientras que otros mercados son muy exigentes con las características del producto así como la seguridad que ellos ofrecen a través de programas de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, que minimicen el riesgo de contaminación de los productos y de transmitir enfermedades a los consumidores.



B. ESTÁNDARES DE CALIDAD

Las normas de calidad para productos agrícolas frescos se establecen como apoyo a la comercialización de los mismos, de manera que el comprador y el vendedor hablen en los mismos términos. Cuando estas se utilizan, el comprador se asegura que va a recibir productos con una calidad mínima establecida (tamaño, color, forma, tolerancia de presencia de algunos defectos, etc.) por el precio pactado; de manera que puede aceptar o rechazar el producto al recibirlo.

Por su parte, al vendedor también le es útil utilizar las normas, porque esto le permite negociar mejor sus productos, y hasta lograr precios preferenciales diferenciados por calidad y se asegura que si se ajusta a tales normas va a evitar rechazos en las entregas o castigos en los precios. Las normas de calidad para aguacate, incluyen como atributos de calidad el color verde, la frescura, la sanidad, ausencia o tolerancia de defectos como daños mecánicos, manchas, daños por insectos y otros, así como los rangos de peso o calibre.



Figura 19. Fruto de aguacate de calidad estándar para comercialización en fresco



Las cadenas de supermercados han contribuido con el establecimiento de normas de calidad propias y a la vez han apoyado al productor para que implemente los cambios necesarios en sus fincas con el fin de minimizar los riesgos de contaminación de las frutas en su etapa de producción y manejo postcosecha. Con ello, aseguran una calidad uniforme para los clientes y pueden identificar con relativa facilidad el origen de problemas que se pueden presentar con algunos productos, pues sus programas permiten identificar la procedencia y tratamientos a los que ha sido sometido durante su etapa de producción y comercialización.

C. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los programas de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, programas de selección de proveedores, manejo de plaguicidas, procedimientos de limpieza y desinfección, y otros son necesarios para poder llevar al consumidor productos de buena calidad y seguros (inocuos). Todos estos programas incluyen una serie de registros que permiten identificar el origen del producto en todo momento y las prácticas que se le realizaron en el campo y en el centro de acopio, para protección del consumidor, de los productores y empacadores. Los registros de estos programas son un respaldo del buen manejo de sus plantaciones y productos. Las normas de calidad para el aguacate generalmente incluyen la presencia o no de las siguientes características:

Daños de insectos



Figura 20. Fruto de aguacate atacado por insectos



Daños de enfermedades



Figura 21. Fruto de aguacate con daño microbiológico

Libres de pudriciones en la pulpa

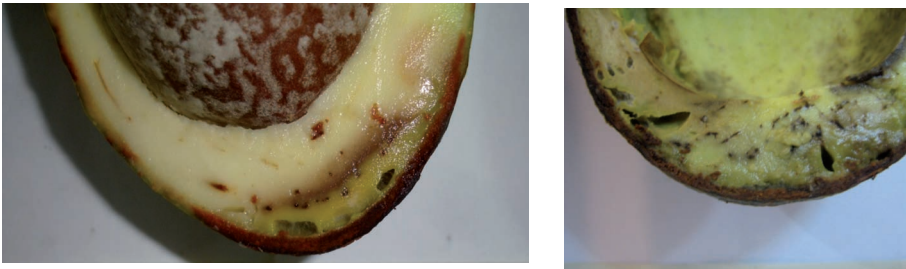


Figura 22. Fruta con pudrición en la pulpa

Fibras oxidadas (color café)

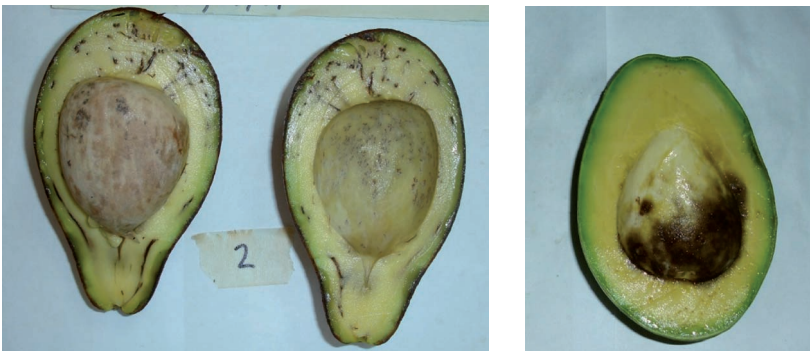


Figura 23. Fruta oxidada



Rajaduras o quebraduras



Figura 24. Fruta con quebradura

Residuos de químicos



Figura 25. Fruta con residuo químico



D. CONTROL DE CALIDAD DEL FRUTO

En Colombia los controles de calidad están reglamentados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, bajo las normas NTC 1248-2, NTC 1248-3 (Icontec, 1996), NTC 5209 (Icontec, 2003), que establecen las definiciones, condiciones de cosecha y almacenamiento, requisitos mínimos de calidad, madurez, clasificación, disposiciones referentes al calibre, tolerancias y presentación para las variedades Booth 8, Choquette, Fuerte, Hass, Lorena, Trapp, Trinidad y Santana. Una relación de los parámetros de calidad se muestra en las tablas 1 y 3.



Figura 26. Muestras de aguacate para control de calidad.

Los programas de calidad tienden a ser del tipo preventivo y no correctivo, de manera que se busca prevenir problemas en lugar de esperar que estos ocurran para tomar acciones correctivas. Los programas incluyen atributos de calidad deseables de los productos y adicionalmente aspectos de inocuidad, calidad en los procesos en el campo, la planta empacadora y puntos de venta.

Desde esa perspectiva resalta la importancia de la participación del productor en todo programa de calidad, pues además de los atributos que el considera importante en la calidad de los productos frescos que tiene, debe tomar en cuenta otros que exigen sus compradores y los distintos actores de la cadena de comercialización.



Tabla 3. Características físicas promedio, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

VARIEDAD	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	RELACIÓN (L/D)	FORMA	PESO (g)	CÁSCARA (mm)
Hass	88,6	66,4	1,3	Ovoide	197,0	1,45
Fuerte	119,5	76,2	1,6	Piriforme	334,1	0,84
Booth 8	106,8	84,9	1,3	Ovoide	387,4	1,41
Trinidad	99,4	90,1	1,1	Esférico	410,2	0,72
Lorena	128,9	94,5	1,5	Piriforme	457,6	0,85
Trapp	137,4	94,5	1,5	Piriforme	552,2	1,11
Choquette	130,5	99,2	1,3	Ovoide	662,4	1,53
Santana	159,7	97,1	1,6	Piriforme	683,4	1,41

Fuente: Rojas et al., 2004

El agricultor debe conocer más sobre el destino de su producto a la vez que debe comprender mejor cómo las prácticas que realiza favorecen o perjudican los atributos de calidad y la inocuidad de su producto, los cambios que sufre el producto desde que sale de su finca hasta que llega al consumidor y cuales son las prácticas y registros que debe llevar en sus fincas, etc. Esto le permitirá ingresar y permanecer en mercados más competitivos que aseguren la compra de sus productos, le permitirá manejarlos mejor y constituirse como un proveedor confiable en la calidad de los productos que ofrece, a la vez le permitirá disminuir las pérdidas y rechazo de sus productos, hacer un mejor uso de los recursos con que cuenta (mano de obra, agroquímicos, equipos).

En el caso de materiales de aguacate criollo se deben escoger de acuerdo a las mejores características fisicoquímicas y de proceso, tales como rendimiento en pulpa, contenido de materia seca y contenido de aceite. Lo anterior se explica en que el rendimiento en planta, el cual es primordial para el desarrollo de un agronegocio viene determinado principalmente por las características de los materiales y nos determina la productividad y la calidad del producto, así mismo el contenido de aceite define la cremosidad característica de la pulpa de aguacate y de gran aceptación por el consumidor.



En la tabla 4 se resumen los parámetros de calidad recomendados para la selección de los mejores materiales de aguacate, el contenido de pulpa refleja que frutas sobresalientes deben poseer un rendimiento mayor al 70 %, lo que garantiza un excelente rendimiento en planta y por lo tanto un mayor beneficio económico. Otro de los parámetros, es el contenido de materia seca, el cual en el área de agroindustria es fundamental en productos como la pulpa y guacamole, pues la textura de estos productos es proporcionada por este parámetro, el límite mínimo es de 20 %; descártantose muchos aguacates de origen antillano debido a que tradicionalmente presentan una textura acuosa.

Tabla 4. *Parámetros para selección de materiales de aguacate criollo para fines agroindustriales*

Parámetro De Selección	Valor
Rendimiento de pulpa	>70%
Contenido de materia seca	>20%
Contenido de aceite (b.h)	>8%

De forma similar se establece un valor mínimo del 8 % de rendimiento para aceite, el cual a pesar de ser bastante exigente, pretende lograr una clasificación lo mas rigurosa posible de los materiales a procesar. En la tabla 5 se presenta la selección de materiales criollos de excelente calidad, realizada en municipios del Tolima de acuerdo a los estándares anteriormente expuestos para agroindustria.

E. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

El producto terminado debe ser analizado teniendo en cuenta que las características microbiológicas de productos procesados están normalizadas, se aceptan ciertos niveles de presencia (unidades formadoras de colonia UFC) de algunos microorganismos (MO) que comúnmente pueden desarrollarse en este tipo de alimento. Las determinaciones más usuales son la de mesófilos, coliformes, esporas de *clostridium* sulfito reductor, hongos y levaduras. El nivel de estos MO permitidos en las mitades y/o pulpas dependerá del tipo de proceso de conservación, los niveles de



recuentos de microorganismos aceptados por la norma colombiana se observan en la tabla 6.

Tabla 5. Características Físicoquímicas de los materiales criollos de aguacate seleccionados en el departamento del Tolima

MUNICIPIO	PARÁMETRO					
	Peso (g)	Rendimiento (% pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)	pH	Acidez
Alvarado	577	75-14-11	26.30	11.10	6.44	0.09
	400	69 - 22 -9	31.62	8	6.16	0.06
Chaparral	495	67 - 21 -12	25	14.43	6.10	0.06
	633	76 - 17 -7	23	10	6.25	0.05
Fresno	546	60 - 21 -19	21	8.45	6.33	0.08
	518	73 - 20 -7	29.31	8.69	6.44	0.19
Mariquita	577	77 - 10 -13	30.77	6.43	6.15	0.11
	434	68 - 20 -12	23.97	8.5	6.40	0.05
Rovira	335	54 - 30 -26	39	11.72	6.11	0.17
	450	68 - 20 -12	32.81	9.88	6.17	0.06

Tabla 6. Recuento máximo de microorganismos en productos alimenticios

	Buena *	Aceptable
Mesófilos UFC/g	20.000	50.000
Coliformes totales UFC/g	<9	9
Coliformes fecales UFC/g	<3	<3
Esporas clostridium		
sulfito reductor UFC/g	<10	<10
Hongos/levaduras UFC/g	1.000	3.000

* Índice máximo permisible para identificar el nivel de calidad





IV. PROCESAMIENTO EN MITADES DE AGUACATE





A. GENERALIDADES

El aguacate es un fruto muy apreciado, debido a su alto poder nutritivo, constantemente se han estudiado algunos métodos de conservación sin embargo en el país no se comercializa en forma procesada, por presentar un rápido oscurecimiento enzimático. Las dificultades que se presentan al tratar de elaborar productos de aguacate son las siguientes: oscurecimiento enzimático de fenoles, oxidación de lípidos, crecimiento microbiano y desarrollo de sabor y aroma desagradable durante los tratamientos térmicos.

Los aguacates destinados para la conservación en forma de mitades deben ser muy bajos en el contenido de fibra, debido a que este material da una presentación poco atractiva al consumidor, la fruta debe ser de tamaño medio, para lograr mejor distribución en el envase, el estado de madurez es fundamental, requiriéndose una buena firmeza, que facilite la operación de almacenaje y empaque.

Sin embargo la inmersión de los trozos en una solución de ácido ascórbico y cítrico, tiene un efecto directo sobre la proliferación de hongos y levaduras, al disminuir el pH de la superficie del aguacate. Por otra parte a mayores concentraciones de ácido ascórbico, el nivel de oxidación se reduce, sin embargo este ácido no es un inhibidor de la enzima polifenoloxidasasa (PPO) responsable del pardeamiento en los productos procesados. Al transformar el aguacate en mitades o trozos se evidencia una marcada influencia de la temperatura en los tiempos de vida útil de los trozos de aguacate como se observa en la tabla 7 y 8, donde se presentan los tiempos de vida útil (días) para materiales criollos y cuatro variedades mejoradas de aguacate conservadas a diferentes temperaturas. Al almacenar a menor temperatura la calidad del producto se mantiene por mayor tiempo.

En temperaturas cercanas a 0°C, los trozos de aguacate pueden durar aproximadamente un mes, el cual es un tiempo prudencial para ofrecer el producto en mercados de alta rotación.



Tabla 7. *Tiempos de vida útil (días) para materiales de aguacate empacados en bandeja con recubrimiento plástico.*

VARIEDAD	TEMPERATURA (°C)				
	26	15	-1.5	-18	-29
Criollos	3	6	38	53	70
Hass	3	7	38	71	79
Santana	2	6	30	35	54
Fuerte	1	6	28	40	46
Booth 8	1	6	29	42	51

Así mismo el uso de empaque al vacío logra aumentar la duración de las mitades de aguacate en 86 días, este tiempo superior a 3 meses (a -1.5 °C) garantiza la posibilidad de mercadeo del producto por largo tiempo, ofreciendo un producto inocuo para el consumidor, sin utilizar condiciones extremas de congelación.

Una característica muy importante para el procesamiento de aguacate en mitades es el estado de madurez en el cual se encuentra la fruta, debido a que la fuerza de presión negativa del vacío, hace que el empaque se adhiera a la fruta con tanta fuerza que puede deformarla y por lo tanto perder atractivo en el consumidor, por tal razón se recomienda utilizar aguacates con una consistencia todavía dura, pero que a la vez estén maduros fisiológicamente.

Tabla 8. *Tiempos de vida útil (días) para materiales de aguacate en empaque al vacío.*

VARIEDAD	TEMPERATURA (°C)				
	26	15	-1.5	-18	-29
Criollos	7	23	139	208	219
Hass	9	25	146	226	247
Santana	5	15	125	178	192
Fuerte	3	13	113	156	177
Booth 8	3	14	122	161	185



B. OPERACIONES DE TRANSFORMACION

En el diagrama a continuación se presenta las etapas para procesamiento del aguacate en trozos o mitades

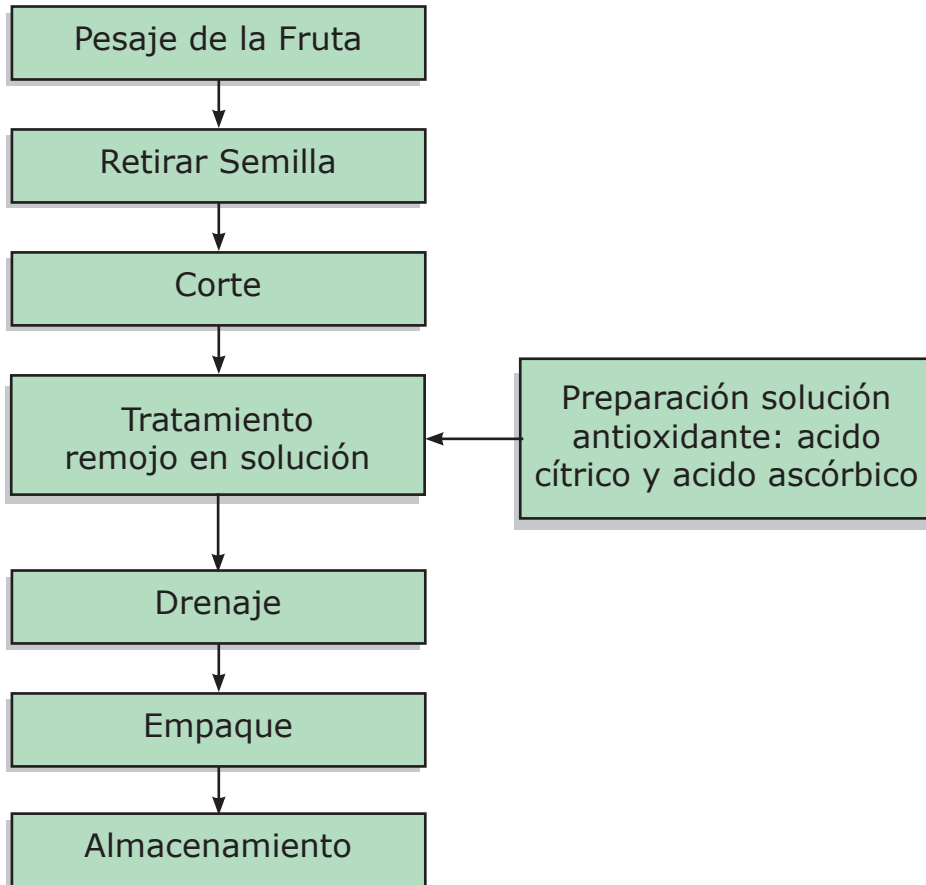


Figura 27. Diagrama de flujo para procesamiento de aguacate en mitades

Pesaje: Esta etapa inicial es indispensable con el fin de determinar el rendimiento real del proceso, dependiendo de la escala del proceso así debe ser la balanza que se utilice.

Corte: Para la elaboración de este producto se requiere de aguacates maduros fisiológicamente, es decir aun firmes, esto con el fin de facilitar



el proceso y que resistan el empaque al vacío, buscando efectuar cortes limpios y sin defectos, se pueden obtener las mitades o tajadas. No retirar la cáscara, debido a que es el soporte de la pulpa.



Figura 28. *Acondicionamiento de la fruta en mitades*

Preparación soluciones: Estas se deben preparar con agua potable, con lo cual se evita la contaminación por microorganismos como bacterias u hongos. Por cada kg de aguacate se deben utilizar 2 l de agua, en la cual se disuelven 7 g de ácido ascórbico y 50 g de ácido cítrico, no es recomendable utilizar grandes cantidades de aguacate en un solo ciclo, ya que la manipulación se dificulta y el mismo peso de la fruta la aplasta. El recipiente donde se efectúa la mezcla de las mitades y la solución, preferiblemente debe ser de poca profundidad, el tiempo de contacto es de 10 minutos.



Figura 29. *Inmersión de la fruta en solución antioxidante*

Drenado: Esta etapa del proceso es de especial importancia, se debe procurar dejar escurrir lo mejor posible la fruta, siendo recomendable colocarla sobre un soporte tipo “Parrilla” donde la solución pueda caer en un recipiente adecuado, esta solución recolectada no debe ser usada de nuevo, porque sus niveles de contaminación ya son elevados. El tiempo para esta operación debe ser alrededor de 5 minutos, también se puede recurrir al uso de un ventilador que acelere el secado. El lugar donde se efectúa el drenado debe estar aislado de corrientes de aire o fuentes de contaminación, para evitar que contaminantes caigan sobre la fruta.

Empacado: Según el mercado destino se debe decidir cuan será el tipo de empaque de las mitades, si las bandejas de icopor, recubiertas con película plástica Vinilpel® o la bolsa para empacado al vacío, en el primer caso, la bandeja se recomienda si el consumo de la fruta se va a efectuar antes de 30 días y si el centro de consumo se encuentra a corta distancia, la bolsa al vacío permite extender el uso del producto hasta 70 días.

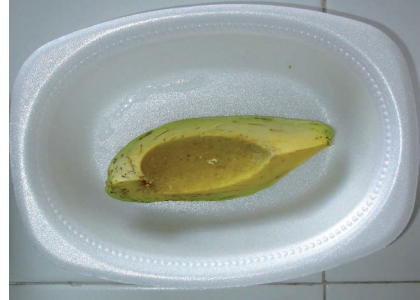
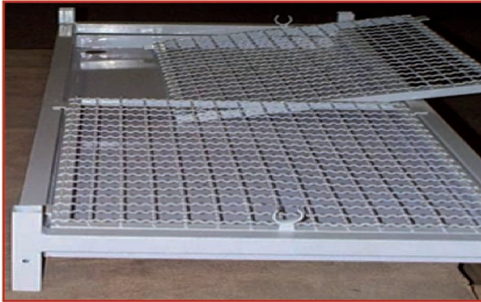


Figura 30. *Drenaje de la solución antioxidante*



Figura 31. *Empaque de frutos de aguacate en trozos y mitades*

Enfriamiento y almacenamiento: Según el tipo de empaque escogido, el apilado del producto terminado debe ser cuidadoso, a fin de no deformar las mitades, lo cual va en gran detrimento de la presentación final, las temperaturas no deben ser superiores a los $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, en ningún momento del almacenaje o distribución, para poder alcanzar tiempos de conservación superiores a 84 días.



D. PROTOTIPO EMPAQUE – MITADES



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	500 g - 1000g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca Comercial	Contenido
Fabricante	Fecha Vencimiento
Ciudad – Departamento - País	Lote Fabricación
Pagina internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	

El empaque al vacío es el sugerido con el fin de garantizar tiempos de vida útil adecuados para el transporte del producto y una vida en anaquel que permita su comercialización por tiempo superiores a 3 meses.

E. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO

Para un procesamiento a pequeña escala se requiere herramientas básicas como son cuchillos y recipientes plásticos desinfectados para la recolección de productos y subproductos del procesamiento. El inicio del proceso piloto de transformación de mitades de aguacate en términos de equipos, requiere una baja inversión, puesto que en el mercado se consi-



guen empacadoras tamaño familiar por un costo aproximado de doscientos mil pesos (\$200.000).

Para escalar el proceso se requiere una mayor inversión, las operaciones de pelado y retiro de la semilla deben realizarse manualmente pues los equipos industriales pueden dañar los trozos, el costo en equipos iría asociado a la compra de un procesador de vegetales que garantiza tamaños homogéneos en los trozos, el cual en el mercado actual tiene un costo aproximado de ocho millones (\$ 8.000.000), así como una empacadora a vacío tamaño industrial, la de menor tamaño presenta un costo de doce millones (\$ 12.000.000).

F. MATERIALES DE AGUACATE PARA PRODUCCIÓN DE MITADES

En la tabla 9 se presentan algunas características generales de aguacates que por sus características fisicoquímicas presentan una oportunidad para ser procesados en mitades; de la colecta realizada en municipios del departamento del Tolima.

Tabla 9. Materiales de aguacate para procesamiento en mitades

MUNICIPIO	NOMBRE	PARÁMETRO			
		Peso (g)	Rendimiento (% , pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)
Chaparral	CRIOLLO	495	62 - 21 - 12	25	14.43
Alvarado	CRIOLLO	577	75 - 14 - 11	26.30	11.10
Fresno	CRIOLLO	518	73 - 20 - 7	29.31	8.69
	HASS	233	65 - 20 - 15	38.51	21.36
Mariquita	CRIOLLO	434	68 - 20 - 12	23.97	8.5
Rovira	CRIOLLO	335	54 - 30 - 26	39	11.72





V. AGROINDUSTRIA PULPA DE AGUACATE





A. GENERALIDADES

El método de conservación que presenta los mejores resultados es la pulpa de aguacate congelada, la cual se puede utilizar como base de productos tipo salsa, para rodajas de papas y galletas saladas entre otras. Algunas pulpas que se comercializan en la actualidad, presentan un elevado nivel de aditivos estabilizantes como son: gomas, alginatos, polifosfatos y otros que reducen el desarrollo microbiano, como son el sorbato y benzoato de sodio o potasio. En conjunto estos aditivos pueden alcanzar niveles superiores al 20%, lo que reduce el porcentaje de aguacate en la mezcla, bajando la calidad del producto final. Sin embargo, esto va en contra de la preferencia del consumidor por productos naturales o con baja adición de aditivos.



Figura 32. Pulpa de aguacate homogenizada

Sin embargo se pueden agregar una mezcla de conservantes como ácido cítrico, ácido ascórbico y vitamina E (α – tocoferol), que en combinación con tratamientos de temperatura demuestran alta eficiencia para el control de la oxidación de la pulpa y los cambios organolépticos y fisicoquímicos del producto durante la conservación.

El color de la pulpa, se mantiene en general inalterable durante todo el almacenamiento de las variedades criollas y mejoradas mientras permanecen congeladas. Este comportamiento se explica por que el almacenamiento a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, reduce notablemente la velocidad



de las reacciones químicas y se paralizan casi completamente las reacciones metabólicas celulares, lo cual indica que se puede inhibir la acción de la polifenoloxidasas (PPO) y la transformación de taninos del aguacate, que se visualizan como cambios en la coloración del producto.

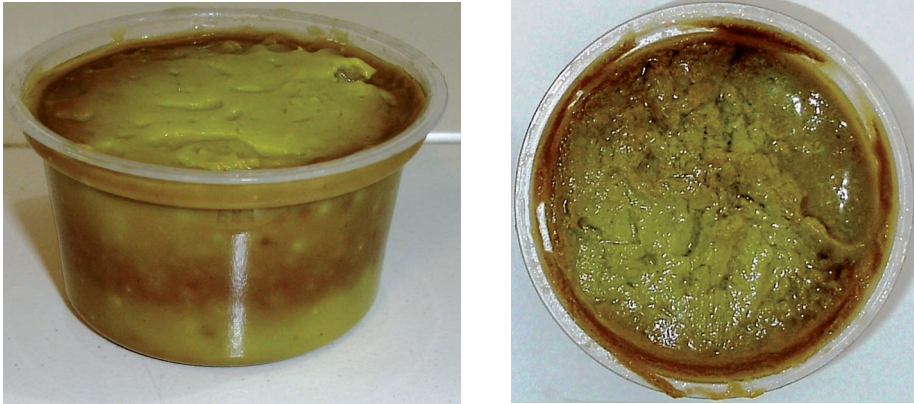


Figura 33. Oxidación de pulpa de aguacate durante almacenamiento

Las pulpas almacenadas a temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ conservan durante más tiempo sus características iniciales, sin embargo su calidad comienza a decrecer después de tres meses en almacenamiento, otro de los inconvenientes es la significativa pérdida de textura que ocurre después de la descongelación debido a la destrucción celular, el cual se manifiesta por una pérdida de consistencia y la presencia de una fase líquida, la cual varía según la naturaleza de los tejidos congelados. Así, las variedades de aguacate cuyas paredes celulares sean menos gruesas y estén formadas de pequeñas células, resisten mejor la acción combinada de congelar y descongelar, que aquellos tejidos formados por largas y finas paredes.

En el proceso de industrialización del aguacate por congelación, el pardeamiento enzimático causado por la PPO es el principal problema de calidad, ya que el aguacate es un sustrato muy susceptible. La enzima altera la apariencia e induce cambios en el aroma y sabor. Por esto, la congelación de frutos sensibles a pardeamiento necesita un tratamiento preliminar, el cual puede ser la inactivación de la enzima mediante un



tratamiento térmico (escaldado); sin embargo este método produce en el aguacate la liberación de algunos compuestos aromáticos y sabores desagradables debido a procesos de enranciamiento del aceite presente.

Otra forma de inactivar la enzima es por medio de agentes antioxidantes como el ácido ascórbico y el ácido cítrico, lo cual es posible debido a que el pH de actividad óptima de la PPO se sitúa entre 6.0 - 6.5, por lo que con pH cercanos o menores a 3.0, su actividad se reduce. Para procesos de congelamiento se requiere de envases suficientemente herméticos con el fin de prevenir la transferencia de agua con el entorno.

En la pulpa congelada, el agua está fuertemente retenida en forma de cristales de hielo y por lo tanto no se encuentra disponible para los microorganismos, además limita la acción de las enzimas. La rancidez es un problema común en casi todas las investigaciones acerca de la conservación de pulpa de aguacate debido a la dificultad en la eliminación total del oxígeno dentro del envase.

Tabla 10. *Tiempos de conservación (días) de pulpas bajo atmósfera normal*

VARIEDAD	TEMPERATURA (°C)				
	26	15	-1.5	-18	-29
Criollos	4	16	22	132	125
Hass	4	11	21	132	127
Santana	2	11	19	130	125
Fuerte	3	9	17	130	126
Booth 8	2	9	19	130	125

Para lograr óptimos resultados es necesario considerar que la congelación sólo se puede utilizar en la medida que existan instalaciones adecuadas para el proceso, en virtud de que el producto se debe mantener sin interrupción a una temperatura de almacenamiento de -18°C, hasta el momento del consumo. En la tabla 10 se presentan los tiempos de vida útil promedio (días) para pulpa de aguacate adicionada con ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.02% p/p) y Vitamina E (0.022% p/p), almacenada bajo atmósfera normal.



El uso del vacío y la formulación de aditivos potencia el efecto conservante en todas las variedades, además presenta un efecto crioprotector a temperaturas de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ como se observa en la tabla 11, donde se resume el tiempo de conservación de pulpa adicionada con la mezcla de antioxidantes que presentó la mayor vida útil (ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.04% p/p) y Vitamina E (0.044% p/p), almacenada bajo atmósfera normal).

Tabla 11. *Tiempos de conservación (días) en pulpas bajo empaque al vacío*

VARIEDAD	TEMPERATURA (°C)				
	26	15	-1.5	-18	-29
Criollos	16	24	139	208	250
Hass	15	25	139	208	256
Santana	10	24	130	205	246
Fuerte	8	18	127	203	235
Booth 8	8	18	129	203	235

B. DESARROLLO DE PRODUCTOS: GUACAMOLE

En el diseño y desarrollo de productos y procesos agroalimentarios, es frecuente acudir a las herramientas estadísticas de diseño para la valoración y optimización de mezclas de varios componentes e ingredientes, que nos permitan generar productos novedos con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores. Para la formulación del guacamole por lo tanto se estudio el efecto de la adición de mezcla de especies (material en polvo como ají, cebolla, ajo, sal) y utilizando como respuesta la aceptación sensorial general, la cual es función de las proporciones de especias utilizadas. Las formulaciones de guacamole desarrolladas se presentaron posteriormente a una evaluación sensorial con el fin de determinar el grado de aceptación, prueba realizada por jueces no entrenados pero consumidores habituales del producto, con el fin de medir la verdadera aceptación del producto.



La evaluación sensorial es el análisis que se realiza a los productos a través de los sentidos, los cuales perciben, integran e interpretan las características organolépticas del producto. En este caso se trabaja con un panel de consumidores, los cuales utilizan métodos subjetivos para realizar su evaluación, es decir que la decisión se basa en sus gustos e inclinaciones. En estas pruebas se utilizan pruebas de grado de satisfacción, o escalas hedónicas, las cuales contemplan los dos grados extremos de aceptación desde me gusta mucho, hasta me disgusta mucho. Las pruebas de aceptación como se denominan son utilizadas principalmente con el fin de identificar la respuesta que tiene el consumidor (preferencia y/o aceptación) hacia un producto específico.



Figura 34. Prueba sensorial realizada en el municipio de Alvarado,

Durante el desarrollo de un producto se deben ejecutar diferentes pruebas de aceptación para evaluar el producto en general y de esta forma permitir que los posibles consumidores entren en contacto con el. La formulación de la pregunta correspondiente permite identificar el grado de aceptación hacia que tanto gusta el producto, o que tan aceptable es para el consumidor.

La formulación del guacamole se basó en la pulpa procesada con el mejor tratamiento que incluía la adición de antioxidantes y conservantes, adicionándose las especias en diferentes proporciones. Para cada análisis sensorial se realiza una ficha que incluye la descripción del objetivo de la prueba a realizar, así como se especifica las condiciones de la muestra y como se van a presentar a los consumidores; de la misma forma se realiza un análisis de los consumidores diferenciando el rango de edad, el sexo y la frecuencia de uso del producto para identificar afinidad con la prueba (cuadro 1).



Cuadro 1. *Ficha para análisis sensorial pruebas de aceptación mezclas de guacamole*

1. Selección de Producto

- a. Objetivo de la prueba: Determinar la aceptación general para muestras de guacamole con diferente concentración de especias (ají, ajo, cebolla)
- b. Selección de la muestra
- c. Variables: variación en la cantidad de ajo, ají, cebolla. La concentración de sal se mantiene constante igual al 1% (p/p)
- d. Productos: Selección entre diferentes mezclas de guacamole de acuerdo al diseño experimental, máxima adición de ajo y cebolla el 1%, el ají máxima adición 0.1%.
- e. Razón: Aceptación de los consumidores varía de acuerdo a apreciaciones y gustos.

2. Información de la muestra

- a. Condición de la muestra: pulpa de aguacate procesada con antioxidantes y adicionada con sal, ajo, ají y cebolla.
- b. Cantidad: Se preparan de cada muestra 100 g para repartir entre los consumidores
- c. Temperatura: la muestra se mantiene a 15°C

3. Presentación de la muestra

- a. Cantidad : a cada evaluador se presentan 8 g de guacamole en copas desechables de 25 cm³
- b. Codificación. Cada muestra esta codificada con tres dígitos los cuales se anotan en los recipientes plásticos para identificación
- c. Tamaño de la muestra: A cada evaluador se presentan 3 diferentes muestras
- d. Presentación: En bandejas plásticas se acomodan las 3 muestras, el respectivo formato de evaluación, un lápiz, galletas sodas y un vaso de agua
- e. Orden de las muestras: De acuerdo al orden establecido en el formato de evaluación. La evaluación la realizan 8 panelistas por muestra

4. Sujetos

- a. Rango de edad: 20% entre 20 – 30 años, 80% entre 30 – 55 años
- b. Sexo: 50% hombre, 50% mujeres
- c. Uso del producto: el guacamole es el acompañante típico para asados, verduras y empanadas
- d. Frecuencia de consumo del producto: 6 o mas guacamoles en el año



Posterior al almacenamiento durante tres meses en condiciones de congelación (-18°C) se realizó un nuevo análisis sensorial, con el fin de evaluar el cambio en las características más importantes para el consumidor como son el color, sabor y textura respecto al producto en fresco; durante este período se presentan ligeros cambios que afectan el grado de aceptación. Por ejemplo, el color se torna pálido, los sabores se acentúan y se separan las fases debido al proceso de congelación – descongelación disminuyendo la aceptación del producto.

En el desarrollo final de la formulación de guacamole se realizaron pruebas de aceptación con 40 agricultores, quienes prefirieron la mezcla sin adición de aji, lo que puede explicarse en que la cocina Colombiana no utiliza este ingrediente en tanta proporción como pasa con cocinas extranjeras como la Mexicana o la Hindu. Respecto a los otros parámetros evaluados como color, textura y olor, todos los jueces estuvieron de acuerdo en que el producto era similar al natural.

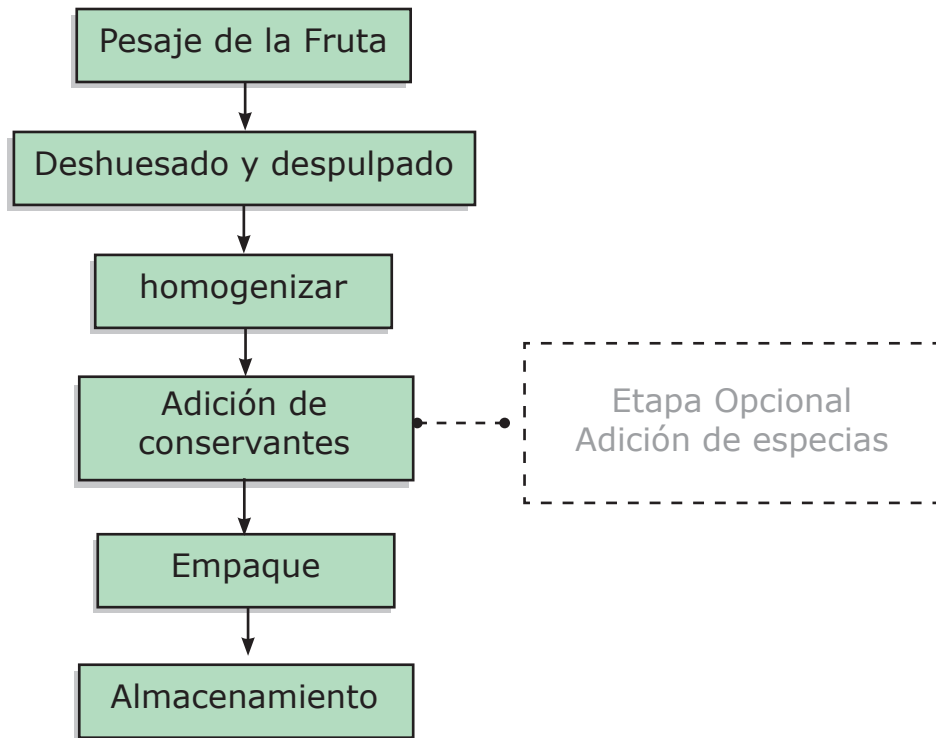


Figura 35. Diagrama de flujo para procesamiento de pulpas y/o guacamole



C. OPERACIONES DE TRANSFORMACION

Corte: Por eficiencia los operarios se colocan en grupos que se encargan unos de cortar la fruta y otros de separar la pulpa-semilla.



Figura 36. Preparación de los aguacates

Pelado: El pelado es una operación que permite una mejor presentación del producto, al mismo tiempo que favorece la calidad sensorial al eliminar material de textura más firme y áspera al consumo, se pueden usar dos métodos.

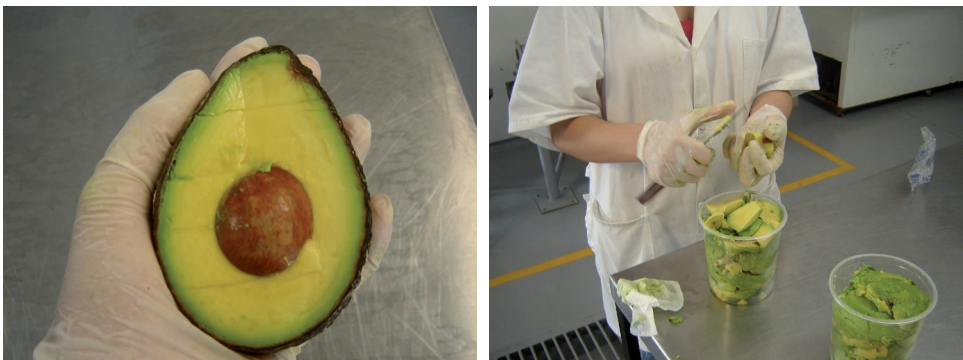


Figura 37. Separación y corte de fruto para producción de pulpa y/o guacamole



Homogenizado: La pulpa de aguacate libre de todo elemento extraño, es colocada en un mezclador tipo batidora con el fin de disminuir el tamaño de los trozos dando una mejor apariencia a la pulpa, evitando una rápida separación de los componentes presentes en la pulpa, de esta forma se genera una textura más fina. Esta operación al igual que el corte y pelado debe efectuarse en el menor tiempo posible, debido a que la pulpa sometida a homogenización sufre una alta aireación, lo cual puede deteriorarla al aumentar la acción de las enzimas presentes, las cuales causan una oxidación acelerada.



Figura 38. Homogenización de pulpa de aguacate y/o guacamole

El tipo de mezclador a utilizar en lo posible no debe estar provisto de cuchillas fijas (tipo licuadora), debido a que estas causan una mayor destrucción, lo que reduce el tiempo de vida útil del producto. Se puede trabajar con procesadores móviles que facilitan el mezclado homogéneo, puesto que en esta etapa también se deben adicionar los productos que buscan aumentar la estabilidad y duración de la pulpa de aguacate, en primera instancia se debe agregar el ácido cítrico grado alimentario (2,5 g ac cítrico/kg pulpa), con lo cual se reduce el pH, factor que limitará el crecimiento de microorganismos, posteriormente se adiciona ácido ascórbico (400 mg x kg pulpa) y Vitamina E (440 mg/kg pulpa).



El tiempo de mezclado recomendado es de 5 minutos para el caso de variedades con pulpas altamente viscosas como la Hass, Booth 8, Santana y Criollos. Para variedades tales como Lorena, Papelillo y Choquette, con 3 minutos se alcanza la consistencia adecuada, si se usan cuchillas estos tiempos deben ser reducidos en aproximadamente 1.5 minutos. La velocidad de mezclado estará en función del equipo utilizado, debiéndose realizar pruebas a fin de estimar este parámetro.

Si se desea producir guacamole es en esta etapa donde se agregan las diferentes especias una formulación básica incluye la adición de sal (1% p/p), ajo (1% p/p) y cebolla (0.5% p/p), proporciones en peso, si el producto permanecerá en condiciones de congelación se adiciona monoestearato de glicerilo en proporción de 0.75% (p/p). El guacamole se envasa en tarrinas plásticas o en empaques al vacío lo que prolonga el tiempo de vida útil, preferiblemente en tamaños personales máximo de 200 g.

Envasado: Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente, esto se logra mediante su empaqueo con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas. En busca de darle vistosidad, economía y funcionalidad a los empaques, se recomienda el uso de bolsas en alto calibre, que permitan el sellado al vacío. La pulpa se debe disponer en la bolsa de tal forma que no se presenten espacios vacíos los cuales se convierten en puntos de inicio para el deterioro, la bolsa se colocara sobre una balanza que permita especificar el peso deseado, para darle funcionalidad a este tipo de producto se recomienda emplear empaques con capacidades de 250 g, 500 g y 1 kg, con lo cual se cubre la gama de tamaños personales, familiares y empresariales.

Almacenamiento: El producto terminado se almacena en ambiente refrigerado o de congelación, para el primer caso se sugiere una temperatura máxima de entre 2 – 4 °C, con lo cual se obtiene una vida útil de 15 días, a temperaturas de congelación entre – 10 y – 5 °C, la vida útil se garantiza por 4 meses mínimo, estos tiempos de conservación deberán ser tenidos muy en cuenta, para efectuar la venta del producto.



Figura 39. *Empaque de pulpa de aguacate y/o guacamole*

Etiquetado: Cada una de las bolsas deberá estar marcada bien sea en forma de membrete o como una etiqueta, esta información deberá contener como mínimo los siguientes datos: Fabricante, Variedad, Fecha fabricación, Fecha vencimiento, Ingredientes, Peso.



Figura 40. *Producto terminado y almacenamiento*

D. PROTOTIPO DE EMPAQUE

Para las pulpas se presentan dos posibles tipos de empaque en presentación de atmósfera normal y empaque al vacío. El prototipo de empaque 1, es un recipiente plástico con tapa, el prototipo 2 es bolsa PET.



PROTOTIPO EMPAQUE 1 – PULPA



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cilíndrica
Material	Tarrina
Capacidad	250 - 500 g
Atmósfera	Normal
Etiqueta	Impresa
Cierre	Tapa Plástica

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca Comercial	Contenido
Fabricante	Fecha Vencimiento
Ciudad - Departamento - País	Lote Fabricación
Página internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	

PROTOTIPO EMPAQUE 2 – PULPA



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 - 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado



PROTOTIPO EMPAQUE – GUACAMOLE



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

E. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO

El inicio del proceso piloto de transformación de pulpa de aguacate en términos de equipos, requiere una baja inversión, puesto que en el mercado se consiguen ayudantes de cocina que funcionan como homogenizadores por un costo aproximado de ochenta mil pesos (\$80.000). Así mismo se requiere de una empacadora tamaño familiar por un costo que oscila entre los doscientos mil pesos (\$200.000), el empaque viene en rollos de 30 m, el tamaño del empaque para pulpas en presentación de 500 g es aproximadamente de 20 cm de longitud por 15 cm de ancho.

En el proceso escalado se requiere una mayor inversión, el pelado se realiza manualmente pero pueden utilizarse despulpadoras para retirar la semilla, las cuales inician el proceso de transformación de la pulpa estas presentan un costo aproximado de quince millones de pesos (\$15.000.000), posteriormente se realiza la homogenización en esta etapa se adicionan los conservantes por lo que se debe garantizar un excelente mezclado sin dañar la consistencia cremosa de la pulpa la cual es muy apetecida por los consumidores, un homogenizador en el mercado puede tener un costo aproximado de dieciocho millones de pesos (\$18.000.000), finalmente se requiere el empaque a vacío, esta empacadora puede costar doce millones de pesos (\$ 12.000.000).

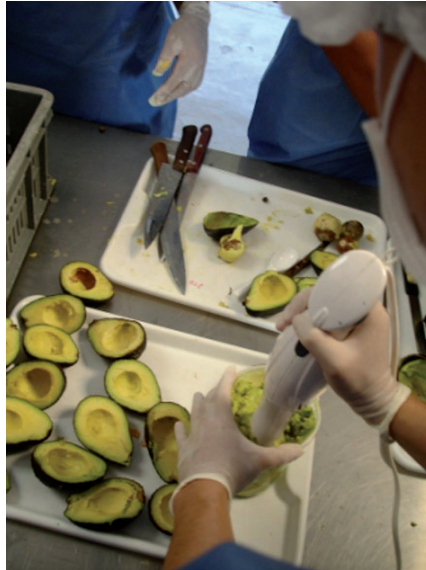


Figura 41. *Procesamiento a escala de pulpa aguacate y/o guacamole*

Tabla 12. *Equipos para procesamiento de pulpas de aguacate*

Escala piloto (50 kg de fruta o menos)	Escala industrial (500 kg o más de fruta)
Homogenizador (ayudante de cocina)	Despulpadora industrial
Empacadora a vacío tamaño familiar	Homogenizador
	Empacadora a vacío industrial

F. MATERIALES DE AGUACATE PARA PROCESAMIENTO DE PULPAS Y GUACAMOLE

Para estos productos se requiere el uso de aguacates con un alto contenido de materia seca, este parámetro permite obtener pulpas con una consistencia “cremosa” lo cual es muy apreciado en la percepción del consumidor, un nivel medio de aceite previene un rápido deterioro de las pasta por autoxidación de los lípidos, el rendimiento en pulpa partiendo del fruto fresco, no debe ser inferior al 65 %, el contenido de fibra no es



tan crítico como en las mitades, pero se prefieren cultivares con un nivel medio, el color de la pulpa es más llamativa cuando se encuentra en la gama del verde.

Tabla 13. *Materiales de aguacate para procesamiento en pulpa*

MUNICIPIO	NOMBRE	PARÁMETRO			
		Peso (g)	Rendimiento (% , pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)
Alvarado	CRIOLLO	577	75-14-11	26.30	11.10
	CRIOLLO	400	69 – 22 -9	31.62	8
Chaparral	CRIOLLO	495	67 - 21 -12	25	14.43
	CRIOLLO	633	76 – 17 -7	23	10
Fresno	CRIOLLO	546	60 – 21 -19	21	8.45
	HASS	518	73 – 20 -7	29.31	8.69
Mariquita	CRIOLLO	577	77 – 10 -13	30.77	6.43
	SEMIL 40	434	68 – 20 -12	23.97	8.5
Rovira	SANTANA	335	54 – 30 -26	39	11.72
	CRIOLLO	450	68 – 20 -12	32.81	9.88



VI. EXTRACCION DE ACEITE





A. GENERALIDADES

El contenido de aceite de una variedad de aguacate en particular puede cambiar considerablemente según la zona agroclimática donde se cultive, debido a que algunas condiciones ambientales facilitan la acumulación de compuestos grasos. Se deben cosechar los frutos en su estado de madurez óptimo para permitir el máximo rendimiento en la extracción, considerando al mismo tiempo los posibles riesgos debido a presencia de plagas y enfermedades.



Figura 42. Extracción soxhlet

No se recomienda para el proceso de extracción mezclar frutos sobremaduros con el grueso de la cosecha, ya que estos favorecen la oxidación del aceite final. Para la selección del material vegetal a procesar se debe considerar la composición química, pues el rendimiento está determinado del contenido de aceite presente. En el mundo, así como en los resultados obtenidos de la investigación de Corpoica la variedad Hass presentó una mayor superioridad, sin embargo algunos materiales criollos deben ser estudiados pues su composición presenta fortalezas que deben ser estudiadas.

El aguacate, dependiendo de la variedad y madurez alcanza en la pulpa niveles de hasta 25% de aceite, con valores promedios de 15-19%, lo que permite lograr rendimientos de alrededor de 10% de la fruta fresca, la composición del aceite crudo de aguacate contiene alrededor de un 80 - 85% de ácidos grasos insaturados así como un importante nivel de materia insaponificable. Debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, se ha comparado la calidad nutricional del aceite de aguacate y de oliva a nivel cualitativo y cuantitativo, existiendo numerosos nume-



rosos estudios sobre los beneficios del consumo de ambos aceites. Se conoce que ayuda a reducir las lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo), también ayuda a reducir el contenido de triglicéridos en la sangre y por lo tanto disminuye el riesgo de desarrollar arteriosclerosis.

Constantemente se han estudiado una serie de métodos para la extracción del aceite de frutos de aguacate, donde el objetivo primordial siempre ha sido el obtener el mayor rendimiento sin dañar su calidad, la extracción por solvente puede dar los mejores resultados, sin embargo los residuos químicos pueden ser un riesgo para la salud del consumidor, de la misma forma las temperaturas aplicadas durante el proceso de recuperación pueden destruir algunos de los nutrientes presentes en el aceite.

B. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONTENIDO DE ACEITE

El cultivar

Existe un gran número de variedades de aguacate disponibles, pero solo aquellos cultivares con el contenido mas alto pueden ser considerados para la extracción de aceite. Análisis de contenido de aceite indican que variedades como la Hass presentan un contenido de aceite entre 25-30%. Como el aceite de aguacate se encuentra contenido principalmente en la pulpa o porción comestible, es importante seleccionar los cultivares que presenten un alto porcentaje de pulpa así como semillas pequeñas y mínimo contenido de cáscara.

La investigación realizada por Corpoica, reporto seis materiales que cumplen las anteriores condiciones, como se observa en la tabla 14 son los frutos de aguacate variedad Hass los que cumplen el mayor contenido de aceite. En este punto es importante resaltar el material criollo encontrado en el municipio de Alvarado el cual se caracterizó por presentar un rendimiento superior en pulpa y en contenido de aceite, sin embargo los frutos recolectados corresponden a un unico árbol, del cual se deben iniciar procesos de propagación. El mayor contenido de pulpa es de cultivar Hass, por lo que es el mas recomendable para la extracción comercial de aceite.



Madurez

Durante la maduración el contenido de aceite de la fruta gradualmente se incrementa y el contenido de agua disminuye. Por lo tanto se ha encontrado una correlación muy estrecha entre el contenido de aceite y de agua en el aguacate, por lo que existe una práctica común de cosechar los frutos cuando alcanzan como mínimo un ocho por ciento de contenido de aceite, posteriormente la fruta continua con su ciclo de maduración.

Tabla 14. Materiales de aguacate para procesamiento en aceite

MUNICIPIO	NOMBRE	PARÁMETRO			
		Peso (g)	Rendimiento (% pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)
Alvarado	CRIOLLO	413	68 - 21 - 11	17.43	23.59
Chaparral	CRIOLLO	495	67 - 21 - 12	25	14.43
Fresno	HASS	213	65 - 20 - 15	39	21.29
	HASS	233	65 - 20 - 15	38.51	21.36
Mariquita	SEMIL 40	705	82 - 10 - 8	29.36	15.09
Rovira	SEMIL 40	541	73 - 19 - 8	26.64	12.23
	TRINIDAD	450	68 - 20 - 12	32.81	9.88

C. METODOS UTILIZADOS PARA LA EXTRACCION DE ACEITE

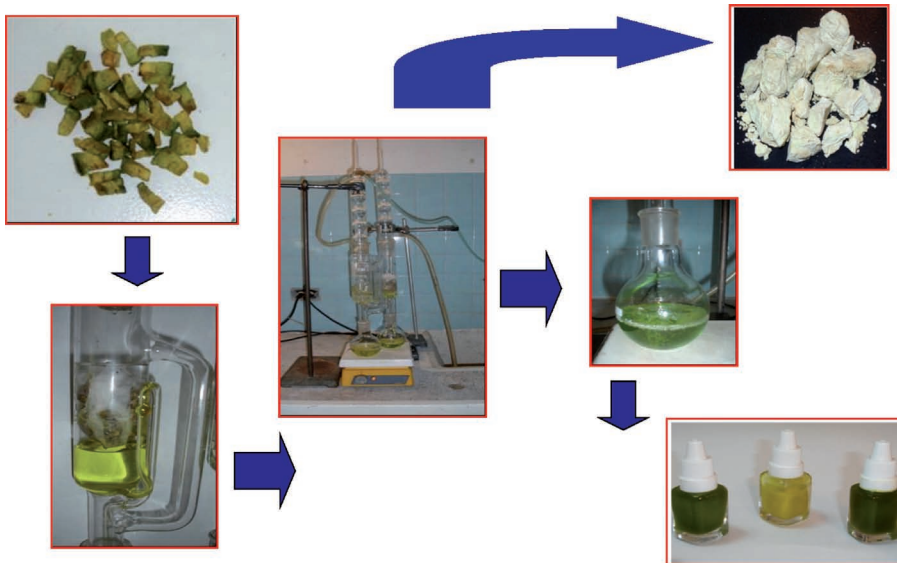


Figura 43. Extracción soxhelt



La extracción de aceite de aguacate se ha realizado desde hace muchas décadas, sin embargo el uso predominante es para la industria cosmética, debido principalmente a la alta estabilidad del aceite y su mayor contenido en vitamina E; para esta industria la extracción química (con solvente) o de alta temperatura es aceptable.

Este método está basado en la extracción con éter de petróleo en un extractor Soxhlet, de material seco, como se muestra en la figura 43, el uso de solventes para la extracción a escala comercial ha sido cuestionado debido a la contaminación ambiental que causa y adicionalmente la remoción residuos químicos del aceite no es del 100% con lo cual se afecta la calidad final del mismo. A pesar de las desventajas antes mencionadas, este método es el mejor para la recuperación total del aceite contenido en la pulpa del aguacate, por eso se utilizan sus resultados como patrón de referencia para la comparación entre procedimientos de extracción.

Recientemente se han venido desarrollando industrias de extracción de aceite con fines alimenticios trabajando dos técnicas: el prensado y la centrifugación en frío. Históricamente la extracción por presión es el procedimiento más antiguo y utilizado para obtener diferentes tipos de aceite como el de oliva. El equipo que se requiere son prensas hidráulicas a las cuales ingresa una pasta previamente preparada en capas finas sobre discos de material filtrante denominados capachos. Para la extracción de aceite utilizando esta técnica se requiere que la pasta presente un alto contenido de humedad así como la presencia de un alto porcentaje de materias sólidas incompresibles (hueso), condiciones que facilitan el drenaje de las fases líquidas a través de la torta.

La extracción mecánica de centrifugación tiene como fin separar el aceite del resto de la fruta aprovechando las diferencias en el peso específico de las diversas fases a separar, por efecto de la velocidad, y mediante la adición de agua, el aceite se separa en una corriente diferente. La fuerza centrífuga hace que la torta se acumule en la parte interna del cilindro, por lo que en operaciones por lotes se hace necesario detener el proceso



para retirarla. Una vez finalizado el proceso, se guarda el aceite en tanques de acero inoxidable y en un ambiente inerte para asegurar su calidad. En el procesamiento por centrifugación se han realizado diversos estudios variando condiciones de proceso como temperatura, adición de sal, velocidad de centrifugación (revoluciones por minutos, rpm).

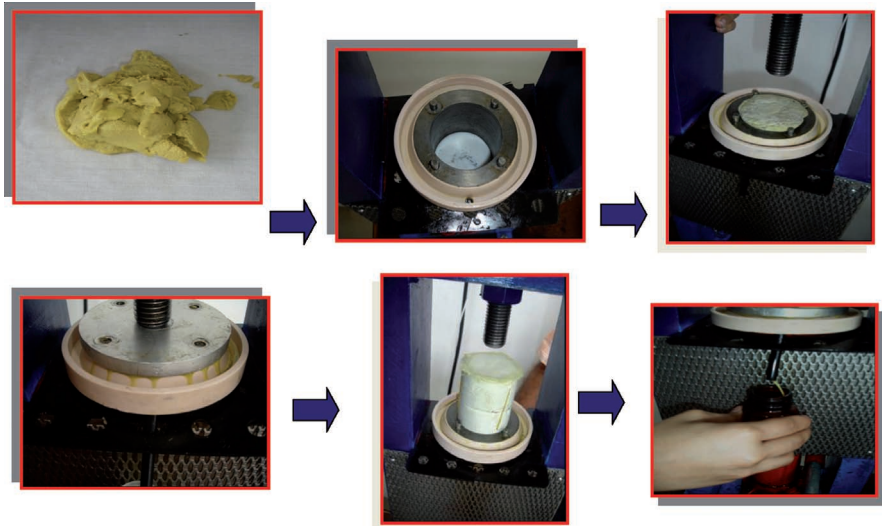


Figura 44. *Extracción de aceite de aguacate por prensado*

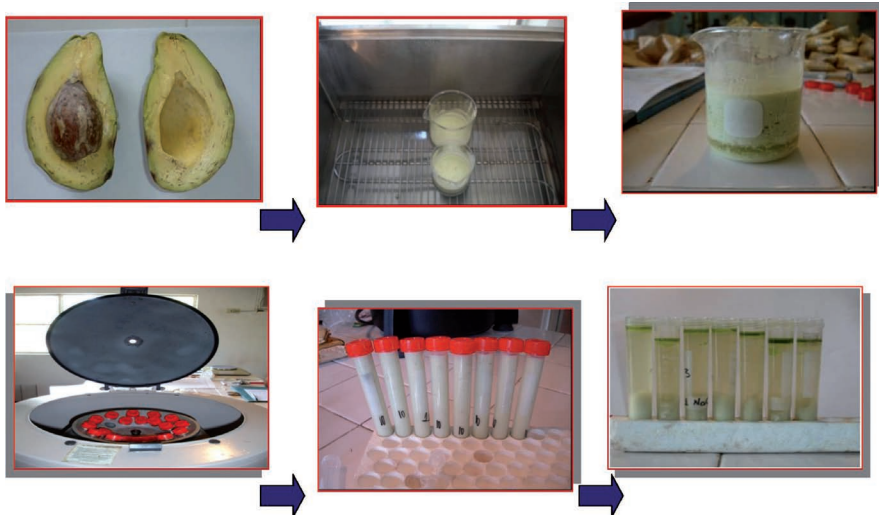


Figura 45. *Extracción de aceite de aguacate por centrifugación*



Para la extracción de aceite se debe considerar la aplicación de enzimas que permiten una mayor rendimiento de extracción, sin alterar las propiedades intrínsecas, actualmente en Chile y otros países se ha optimizado el rendimiento de los procesos mecánicos para extracción de aceite, utilizando enzimas con actividades pectolíticas, hemicelulíticas y/o celulíticas, las cuales se utilizan principalmente en la maceración de frutos, extracción de aceites esenciales y comestibles, gracias a su habilidad de romper la estructura de la pared celular y facilitando la liberación de aceite. El papel de las enzimas es muy específico, comercialmente existen diversas casas matrices que las fabrican y especifican las condiciones de uso, siendo muy importante el tiempo y la temperatura de incubación, la concentración de la enzima y el pH. Los resultados del estudio realizado por Corpopica confirman que la aplicación de enzimas incrementan el rendimiento en la extracción de aceite.

D. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES

El aceite de aguacate es uno de los más delicados en cuanto a su vida de anaquel, debido a su composición tan particular (alto contenido de vitamina E) que lo hace susceptible a degradación por factores como la luz, temperatura entre otros. El color en el aceite es principalmente derivado del contenido de clorofilas, lo cual lo hace atractivo para comidas gourmet y productos cosméticos, al dar a estos derivados una apariencia más natural.

El aceite de aguacate es reconocido por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, por lo que ha llegado a superar en calidad al aceite de oliva y es la razón de su actual demanda a nivel mundial tanto para el sector culinario como el cosmético. En mayor proporción en orden decreciente se presentan los ácidos oleico, linoleico y linolenico, los cuales corresponden al primer grupo presentado en la tabla 15, se deben resaltar los materiales criollos de Chaparral(70,09%), Fresno (69,84%)y Mariquita (64,98%) por su alto contenido de ácidos insaturados, por lo anterior estos materiales de aguacate deben ser estudiados ya que ofrecen un mayor valor agregado al consumidor.



En promedio los valores encontrados en el estudio de Corpoica para contenido de ácidos grasos insaturados se encuentran dentro de las referencias de otros estudios en aceite de aguacate.

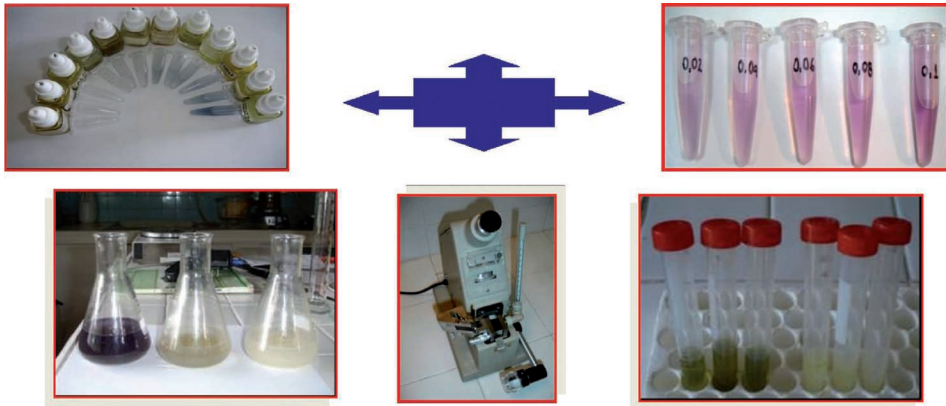


Figura 46. Control de calidad en aceites de aguacate.

Tabla 15. Composición de ácidos grasos de aceite extraído de materiales de aguacate seleccionados

MUNICIPIO	NOMBRE	Acidos oleico-linoleico linolenico	Acidos elaidico estearico	Acido laurico	Acido palmitoleico	Acido palmitico	Acido miristico	Acido araquidonico
Chaparral	CRIOLLO	70,09%	1,60%	0,05%	0,10%	0,03%	27,87%	0,23%
	CRIOLLO	65,09%	1,83%	0,07%	0,36%	0,00%	32,44%	0,21%
Fresno	CRIOLLO	69,84%	2,08%	0,04%	0,08%	0,04%	27,68%	0,20%
	LORENA	69,09%	1,91%	0,06%	0,12%	0,06%	28,36%	0,40%
	HASS	68,11%	1,36%	0,06%	0,11%	0,03%	29,93%	0,22%
	HASS	65,56%	1,37%	0,12%	0,51%	0,04%	30,41%	0,24%
	HASS	65,01%	1,53%	0,05%	0,08%	0,03%	33,02%	0,25%
	FUERTE	73,76%	1,89%	0,06%	0,11%	0,03%	23,96%	0,17%
Mariquita	CRIOLLO	64,98%	2,40%	0,03%	0,08%	0,03%	32,20%	0,22%



E. OPERACIONES DE TRANSFORMACION

En la figura 47 se presenta el diagrama requerido para la obtención de aceite de pulpa de aguacate utilizando centrifugación con pretratamiento enzimático, de esta forma se garantiza rendimientos de extracción superiores al 90%, sin la adición de enzimas el rendimiento disminuye hasta el 60%, para el procesamiento se parte de la pulpa homogenizada.

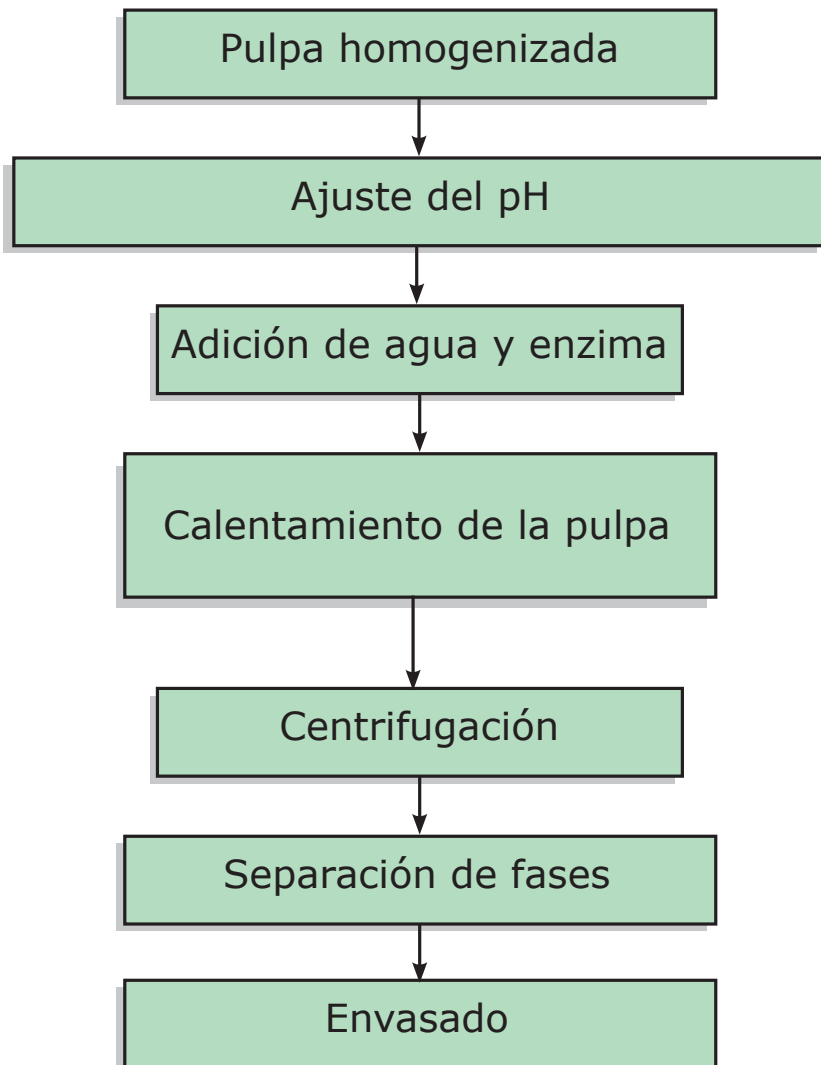


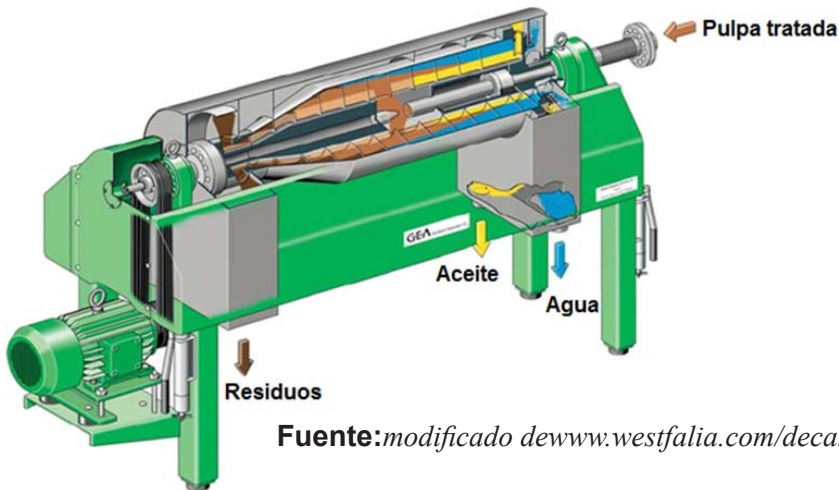
Figura 47. Diagrama de flujo para obtención de aceite



Dilución con agua: se realiza la dilución con el fin de facilitar la separación de las fases de la pulpa durante el proceso de centrifugación.

Tratamiento enzimático: para que la enzima adicionada actúe con mayor efectividad se requiere ajustar el pH hasta un valor de 5.0. Posteriormente se adiciona la enzima y se deja actuar incubando a una temperatura de entre 30 y 50 °C. Lo anterior garantiza un alto rendimiento.

Centrifugación: Las centrifugas utilizadas en la extracción de enzima son equipos horizontales también conocidos como “Decanter”, en donde se separan dos fases una oleo-acuosa y los residuos o torta del proceso. La separación se realiza a altas velocidades. Posteriormente se requiere una segunda centrifugación con el fin de separar el agua del aceite, esta segunda separación se realiza en centrifugas verticales.



Fuente: modificado de www.westfalia.com/decanters

Figura 48. Clarificador horizontal para obtención de aceite por centrifugación

Envasado: El empaque del aceite de aguacate debe realizarse en frascos de vidrio color oscuros para garantizar conservar la calidad del producto por mas tiempo, debido a que su alto contenido de vitamina E lo hace muy susceptible a oxidación, lo que provoca sabores rancios y cambios notorios en color.



PROTOTIPO EMPAQUE – ACEITE



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Cristal violeta
Capacidad	250 ml y 500 ml
Alto etiqueta	138 mm
Ancho etiqueta	33 mm
Cierre	Rosca

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca Comercial	Contenido
Fabricante	Fecha Vencimiento
Ciudad – Departamento - País	Lote Fabricación
Pagina internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	

F. EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESAMIENTO

El montaje de una línea de proceso para extracción de aceite de aguacate exige la compra de equipos especializados debido a que los procesos requieren mayor precisión para lograr la correcta separación de la fase oleosa presente en la pulpa de aguacate. En la figura 49 se presenta en forma general el montaje de una planta para extracción de aceite, la cual tiene un costo aproximado de setecientos millones de pesos (\$700.000.000)

El proceso requiere que la fruta entre pelada y con un tornillo sin fin se retira la semilla posteriormente pasa a un homogenizador, en un nuevo tanque se adiciona agua y se ajusta el pH.

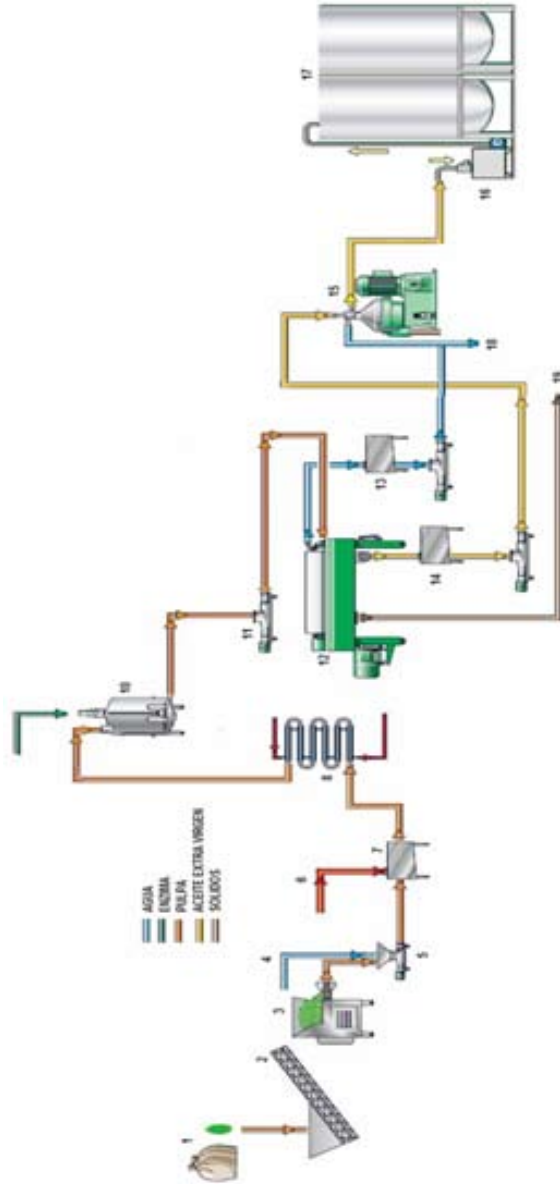


Figura 49. Mapa de proceso para extracción de aceite aguacate



En este mismo tanque se realiza el tratamiento enzimático con un calentamiento durante 2 h, Esta nueva mezcla se lleva a la centrifuga horizontal y la fase oleocuosa resultante se transporta a otro separador y posteriormente se almacena en tanques de acero inoxidable para su envasado final. Las líneas de proceso correspondiente al proceso graficado se enumeran a continuación:

1. Fruto sin cáscara
2. Tornillo sin fin
3. Homogenizador
4. Adición de agua
6. Ajuste de pH
8. Intercambiador de calor
9. Enzima
10. Tanque de mezcla
11. Bomba
- 12 Centrifuga horizontal (decanter)
15. Clarificador
- 5, 16. Bomba
- 7,13,14,17. Tanques de acero inoxidable
18. Residuo Clarificado
19. Corriente de residuos sólidos (torta)

Se puede plantear trabajar con equipos prototipos para procesos a menor escala, en este caso se requiere la despulpadora y el homogenizador de la línea de proceso de pulpas. El equipo principal es una centrifuga horizontal la cual puede costar alrededor de ochenta millones de pesos (\$80.000.000), finalmente una envasadora de líquidos la cual tiene un precio de treinta y cinco millones (\$35.000.000).

Al trabajar un proceso continuo se requiere la inversión en dos bombas de desplazamiento positivo para el transporte de los líquidos las cuales pueden costar en total aproximadamente quince millones de pesos (\$15.000.000).



VII. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) incluyen todos los métodos y procedimientos de la planta procesadora que contribuyan a minimizar los riesgos de contaminación del producto fresco mientras se prepara para el mercado. Incluyen aspectos relacionados con la infraestructura y sus alrededores, equipos, operaciones sanitarias dentro y fuera de la planta, control de la materia prima y operaciones de empaque, control de plagas, higiene del personal, registros y otros.

A. OPERACIONES DE SANITIZACION DE LA PLANTA

a. Limpieza y desinfección de la planta procesadora, equipos y utensilios

La planta procesadora tiene que mantenerse limpia para eliminar toda fuente de contaminación. Todas las superficies que vayan a estar en contacto con el aguacate deben mantenerse limpias, secas y desinfectadas, si necesitan mojarse para limpiarlas y desinfectarlas, es necesario secarlas antes de usarlas. Las superficies y equipos que no entran en contacto con los alimentos también tienen que limpiarse periódicamente según se establezca en los procedimientos.



Figura 50. Operaciones de sanitización

Es necesario establecer un plan de limpieza de la planta por escrito y registrar todas las actividades de limpieza que se hagan (hora, labor, quien la hizo, etc.), que incluya todas las superficies que puedan estar en contacto en la fruta, utensilios y equipos de planta (balanzas, mesas, cajas, etc.). En ese plan se incluye la descripción de la actividad, los procedimientos y la frecuencia en que deben hacerse.



Desinfección de equipos y utensilios. Todos los equipos, empaques y utensilios que entran en contacto directo con el aguacate deben limpiarse, desinfectarse con frecuencia. Es importante remover cualquier síntoma de corrosión, vigilar que no existan fugas de aceite. Las mesas, balanzas y otros equipos deben someterse a un programa de mantenimiento, limpieza y desinfección para minimizar los riesgos de contaminación.

b. Sustancias utilizadas para la limpieza y desinfección

La limpieza incluye el uso de métodos físicos como el fregado y métodos químicos como el uso de detergentes, ácidos o álcalis para eliminar la suciedad, polvo y otros residuos sobre los equipos y otras superficies. Todos los equipos, utensilios y superficies que entran en contacto con la fruta durante la producción deben limpiarse, así como las instalaciones, un buen agente limpiador debe disolverse rápidamente en agua, no ser corrosivo sobre las superficies metálicas, tener una buena acción humectante, buenas propiedades de dispersión y enjuagado, acción germicida, bajo costo y no ser tóxico.

Para las superficies de acero inoxidable se recomienda el uso de limpiadores alcalinos o ácidos no abrasivos, para otros metales (cobre, aluminio, superficies galvanizadas), sustancias moderadamente alcalinas con inhibidores de corrosión, para la madera detergentes tensoactivos y para los suelos de concreto limpiadores alcalinos.

Los detergentes y desinfectantes usados para la limpieza y desinfección tienen que ser permitidos para alimentos. Es necesario identificarlos y almacenarlos separadamente de la materia prima, empaques y producto terminado para que no contaminen los alimentos. El proceso de desinfección debe ser eficaz para destruir o reducir sustancialmente la cantidad de microorganismos no deseados de las superficies, sin afectar la calidad del producto ni la seguridad para el consumidor.

Los desinfectantes más usados son el cloro (hipoclorito de sodio o de calcio), yodo y el amonio cuaternario. Cuando se usa cloro, se debe controlar la temperatura, el pH y realizar cambios frecuentes del agua de lavado. Los compuestos de yodo se usan para desinfectar equipos y superficies.



Las soluciones de amonio cuaternario son más estables a temperatura ambiente, son solubles en agua, no son corrosivos como el cloro ni irritan la piel. Es importante seguir las recomendaciones de uso de los agentes desinfectantes y no abusar con cantidades excesivas que puedan perjudicar la salud de los operarios o contaminar el producto.

c. Hábitos de higiene en personal

- Se requiere la supervisión constante de los hábitos de higiene del personal que labora en la planta, porque ellos pueden actuar como fuente de contaminación de la fruta, entre los requisitos se encuentra
- Las manos se deben lavar en forma constante y especialmente después de toser, estornudar, usar el baño, fumar, periodos de descanso, manipular contenedores sucios, usar el teléfono, etc.
- Se deben mantener las uñas limpias y adecuadamente cortadas.
- No se debe permitir que personas con alguna enfermedad contagiosa o heridas abiertas manipule los alimentos.
- Los uniformes/batas deben mantenerse limpios y ordenadas
- Las batas no se pueden utilizar por fuera de la planta
- El cabello debe estar recogido.



Figura 51. *Elementos de protección personal*

d. Control de materia prima: operaciones previas a la transformación

Limpieza y desinfección

Limpieza se refiere a eliminación de la suciedad y desinfección es el proceso mediante el cual se reduce la cantidad de microorganismos no deseados que tienen efecto en la salud de los consumidores, sin afectar negativamente la calidad del producto.



Actualmente el aguacate no se lava en el país, sino que solamente se selecciona, clasifica y empaqa; cuando se lava la fruta, se debe tomar en cuenta que esta operación es un paso importante para reducir la carga microbiana que se encuentra sobre la superficie de la fruta, que incluye tanto los patógenos que afectan la fruta, como otros microorganismos que puedan dañar la salud de los consumidores. Al reducir la carga microbiana se reducen los riesgos de transmisión de enfermedades a través del aguacate por la contaminación que pudiera ocurrir en las etapas de producción, cosecha y manipulación de la fruta hasta la planta procesadora.

La operación de lavado y desinfección debe hacerse utilizando agua potable, libre de microorganismos patógenos (se requiere análisis microbiológico periódico de la fuente de agua). Se deben usar solamente detergentes y desinfectantes aprobados para el aguacate en la etapa postcosecha, hacer cambios de agua frecuentes en la pila de lavado y controlar las variables importantes dependiendo del desinfectante usado (pH, concentración, temperatura, etc.). Cuando se usan detergentes se debe realizar un enjuague después del lavado que asegure que no quedarán residuos de esos productos en el aguacate.

El cloro es el desinfectante más usado para frutas y hortalizas frescas. Se usa en concentraciones de 50 – 200 ppm (ml/L) por 1 a 2 minutos, su efecto es superficial, de rápida acción, actúa contra muchos microorganismos, se prepara fácilmente y es barato. Otros desinfectantes utilizados para el lavado de productos frescos son: yodo (para frutas que no contengan almidón), fosfato trisódico, ácidos orgánicos y ozono. Todos los productos que se utilicen en las operaciones de lavado y desinfección y en otras partes del proceso de empaque deben ser aprobados para el uso en postcosecha y se deben utilizar siguiendo las recomendaciones de dosis y forma de empleo.

Selección, clasificación y empaque

La selección y clasificación del aguacate se realizan simultáneamente. Los operarios toman el aguacate de las cajas de campo, lo separan se-



gún las especificaciones de calidad (peso, tamaño, defectos, forma, etc.) y de acuerdo a ellas lo van colocando en distintas cajas, según corresponda.

Para estas operaciones, las superficies de contacto con la fruta son los empaques, mesas, balanzas y las manos de los operarios, por lo que los procedimientos de limpieza y desinfección de estos y los hábitos de higiene de los trabajadores se deben monitorear. No se pueden usar materiales de vidrio ni de ningún otro material que pueda quebrarse y contaminar la fruta. Se recomienda evitar las superficies rugosas o con hendiduras profundas que permitan la acumulación de suciedad tanto en las mesas de trabajo como en los empaques. Las superficies de contacto que sean pintadas, deben mantener la pintura en buen estado, sin escamas u otro indicio de que la pintura podría desprenderse.

El procedimiento escrito para las operaciones de selección y clasificación deben incluir o hacer referencia a lo siguiente: Descripción de los procesos indicando las actividades que debe realizar el operario, como por ejemplo colocar la caja con fruta sobre la mesa, tomar cada fruta separadamente, evaluar su apariencia, buscar defectos y clasificarla según las categorías establecidas por la planta de empaque, colocarlas en cajas limpias según su tamaño o categoría, cuanta fruta colocar en cada caja y que hacer con las cajas llenas.

e. Control producto terminado: empaque y almacenamiento

Se requiere que los equipos de refrigeración cuenten con un termómetro calibrado que indique la temperatura y un sensor de humedad relativa en buen estado. Los termómetros y equipos de medición (para medir pH de las soluciones de lavado, concentración del cloro activo y otros) deben calibrarse o comprobar su buen funcionamiento con regularidad y mantenerse en buen estado.

Según el tipo de empaque escogido, el apilado del producto terminado debe ser cuidadoso, a fin de no dañar el producto, lo cual va en gran detrimento de la presentación final. El enfriamiento y almacenamiento de



la fruta se lleva a cabo en los mismos cuartos fríos, una vez empacada, la fruta se introduce a los cuartos fríos para su almacenamiento temporal antes del despacho, la manipulación del producto es mínima, consiste del trasiego de las cajas desde el área de empaque a los cuartos fríos.



Figura 52. Seguimiento del producto durante el almacenamiento

El procedimiento para el uso de los cuartos fríos debe incluir:

Registro de producto que ingresa al cuarto frío (fecha de ingreso, identificación del lote, cantidades y calidades, fecha estimada de salida).

Medición, registro y control de temperaturas (descripción de forma de hacerlo y donde anotarlo).

Acomodo de la carga dentro del cuarto frío (cómo hacerlo, controles y registros; se deben dejar al menos 10 cm de distancia entre las cajas y la pared y de 30 a 40 cm debajo de los evaporadores).

Los productos deben almacenarse de manera organizada, con códigos a la vista, no deben colocarse directamente en el piso, sino sobre estibas.



Sistema de inventarios PEPS (primero que entra, primero que sale por sus siglas en español, también llamado FIFO, por sus siglas en inglés) para el manejo de la fruta almacenada, con este sistema se codifica y etiqueta el permanecido mucho tiempo en el cuarto frío y valora si este debe descartarse.

Definición de tiempos máximos de almacenamiento, inspecciones para evaluar estado del producto, eliminar producto en mal estado y otros.



REFERENCIAS

Arpaia, M.L.; van Rooyen, Z.; Hofman, P.J. y Wolf, A.B.. 2004. Las prácticas culturales influyen sobre la calidad de la fruta en postcosecha. 2º seminario internacional de paltos. Quillota, Chile. 1-10.

Avilán, L.; M. Rodríguez; R. Carreño e I. Dorantes. 1994. Selección de variedades de aguacate. *Agronomía Tropical* 44(4), 593-618.

Asohofrucol – MADR. 2006. Plan Frutícola Nacional. Desarrollo de la Fruticultura en Tolima. Cali. 78 p.

Bravo, O.M. 1997. Efecto de la época de cosecha y la temperatura de almacenamiento en la calidad de frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Gwen. Trabajo de grado. Universidad de Chile, Santiago. 69 p.

Cerdas Arroyo, María del Milagro. 2006. Manual de Manejo Pre y Postcosecha de Aguacate (*Persea Americana*). San José, C.R.: MAG, 95 p.

CRFG. 2005. CRFG Fruit Facts. Avocado. (en línea). Disponible en <http://www.crfg.org/pubs/ff/avocado.html>

Estrada L.; Gutierrez, M.; Morales, J. 1999. El cultivo de aguacate en Michoacán, 25 años de investigación del M.C. Ramón Martínez B, U.M.S.N.H. México.

Feng, X.; A. Apelbaum; E.C. Sisler y R. Goren, 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1- methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 20, 143-150.

FSIS- USDA. 2002. Regulations and directives development current Good Manufacturing Practices (GMP's). 21 CFR 110. Food and Drug Administration (FDA) Regulations. (en línea). Washington, D.C. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. Office of Policy and Programa Development. Disponible en [http://www.fsis.usda.gov/oppde/rdad/frpubs/00-014r/fda-gmp-regulations_21cfr110\).htm](http://www.fsis.usda.gov/oppde/rdad/frpubs/00-014r/fda-gmp-regulations_21cfr110).htm)



Galán S. V. Los frutales tropicales en los subtrópicos (Aguacate-mango-Litchi-Logan). España. Ediciones Mundi-Prensa. 1990.

Gonzalez, H.; Johansen, R.; Gasca, L.; Euihua, A.; Salinas, A.; Estrada, E.; Durande Anda, F.; Valled de la Paz, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz Daniel. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi Prensa, México. p 117-136 .

Hofman, P.; Ledger, S.; Stubbings, B.; Adkins, M.; Cook, J.; Barker, J. 2001. Avocado quality on the retail shelf: we all have a role to play. (en línea). Queensland Horticulture Institute, Department of Primary Industries. Consultado (11/2004). Disponible en www.avocadosource.com/AUNSNZ_2001/1063p006.html

INDEX FRESH. 2004. Index Fresh Avocado. Good Agricultural Practices Manual. (en línea). Disponible en <http://www.indexfresh.com/documents/GAPManual.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación 1994. Productos agrícolas. Aguacate. ICONTEC, Bogotá. 6 p.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1996. Frutas frescas. Aguacate. Almacenamiento y transporte. ICONTEC, Bogotá. 10 p.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2003. Frutas frescas. Aguacate. Variedades mejoradas. Especificaciones. ICONTEC, Bogotá. 24 p.

IPGRI. 1,997. International Plant Genetic Resousce Institute I.P.G.R.I., folleto informativo descriptores para aguacate Roma, Italia. pp.25 , 46.

Jeong, J.; D.J. Huber y S.A. Sargent. 2003. Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 28, 247-257.

Kader, A.; Arpaia, M. 2002. Aguacate: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. (en línea). Disponible en ww.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/Espanol/Aguacate.html



Knight, R. 2002. History, Distribution and Uses. In: *The Avocado: Botany, Production and Uses*. Ed by Whiley, A., Schaffer, B.; Wolstenholme, B. CABI Publishing. UK p 1-14 .

Lahav, E.; Lavi, U. 2002. Genetics and Classical Breeding. In: *The Avocado: Botany, Production and Uses*. Ed by Whiley, A., Schaffer, B.; Wolstenholme, B. CABI Publishing. UK 416 p.

Leal F. y María Gracia Antonia. Manual práctico de fruticultura. San José, (Costa Rica) : IICA , 1986, 266 p. ISBN: 9290390743

Lemmer, D.; J. Bezuidenhout; S. Sekhune; P. Ramokone y L. Letsoalo. 2003. Semi-commercial evaluation of SmartFresh with South African export avocados in static containers at a packinghouse during 2002. *Memorias V congreso internacional del aguacate*. pp. 617-622.

Meilgaard, M. Civille, G. Sensory evaluation techniques. CRC Press. Oxford UK (2002)

Popenoe, W. 1920. *Manual of Tropical and Subtropical Fruits*. Mc. Millian. New York (Reprinted by Hajner. Press. New York. 1974. 474 p.

Renner, S. 1999. Circumscription and phylogeny of Laurales: evidence from molecular and morphological data. *Am J Bot*, 86: 1301–1315.

Rhodes, A. M., S. E. Malo, C. W. Campbell, and S. G. Carmer. 1971. A numerical taxonomic study of the avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96: 391-395.

Rios-Castaño D. Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003*. pp. 143-147.

Rohwer J G. 1993. Lauraceae. En: Kubitzki K, Rohwer J G, Bettrich V. *The families and genera of vascular plants . vol II*. Springer, USA, pp. 366–379.

Rojas, J.M.; A.E. Peñuela; C. Rocio; G.E. Aristizabal y M.C. Chaparro. 2004. Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y es-



tablecimiento de las normas técnicas de calidad. Cenicafe, Chinchina. pp. 163-178.

Samson. J. A. *Fruticultura Tropical*. México. Editorial Limusa. 1991, 396 p. ISBN: 9681840097

Scora, R. W., and B. O. Bergh. 1990. The origin and taxonomy of avocado (*Persea americana* Mill.). *Lauraceae. Acta Horticulturae* 275: 387-394.

Williams, L.O. 1977. The botany of the avocado and its relatives. Proc. 1st international Tropical fruit Short Course, The Avocado. University of Florida, Gainesville, Florida. USA. pp.9-15.

Wolf, A.B.; A. Wexler; D. Prusky; E. Kobiler y S. Lurie. 2000. Direct sunlight influences post-harvest temperature responses and ripening of five avocado cultivars. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 125(3), 370-376.

Wolf, A.; J. Bowena.; S. Ball; S. Durand; W.G. Laidlaw y I.B. Ferguson. 2004. A delay between a 38°C pretreatment and damaging high and low temperature treatments influences pretreatment efficacy in 'Hass' avocados. *Postharvest Biol. Technol.* 34, 143-153.

Yahia, E. y G. Gonzalez. 1998. Use of Passive and semiactive atmospheres to prolong the postharvest life of avocado fruit. *Lebensm. Wiss. Technol.* 31, 602-606.

Yahia, E. 2003. Manejo postcosecha del aguacate, 2ª. Parte. Boletín informativo de APROAM El Aguacatero, Año 6, Número 32, Mayo de 2003.

