



Capítulo VIII

Cosecha, manejo de poscosecha y agroindustria*

Angélica Sandoval Aldana

Freddy Forero Longas

Jairo García Lozano

Mauricio Londoño Bonilla

Introducción

La conservación de frutas y hortalizas —productos perecederos y de alto consumo— constituye una prioridad para el país debido a las altas pérdidas que se registran en las etapas de cosecha y poscosecha como consecuencia de la desarticulación entre eslabones, el sector productivo y todas las etapas de comercialización hasta llegar al consumidor final.

* Este capítulo cita ampliamente la obra de Sandoval, Forero y García (2010), cuya información, además de ser vigente, resulta pertinente y precisa para los objetivos de este capítulo.

Se presentan deficiencias de orden tecnológico tanto en la etapa de producción (para obtener un producto de buena calidad) como en la etapa de poscosecha (en la que están incluidas todas las actividades que se realizan entre la cosecha y el consumo). En esta última son comunes las carencias o fallas en los procesos de recolección, selección, clasificación, empaque y embalaje, situación que conlleva a problemas de comercialización dada la mala calidad del producto ofrecido; con la consecuente disminución del estímulo en la producción.

Colombia es un país hortofrutícola por excelencia, pero uno de sus principales problemas es la falta de una producción que garantice la continuidad, el volumen y la calidad de la materia prima, especialmente de frutas y verduras. Sin embargo, algunas frutas como el aguacate presentan una alta trayectoria productiva y grandes áreas cultivadas en el país, por lo cual es necesario generar posibilidades de transformación tanto a pequeña como a mediana escala. (Sandoval, Forero & García, 2010, p. 7)

La implementación de prácticas de poscosecha efectivas y con tecnologías adecuadas, acompañadas del desarrollo de productos agroindustriales a partir de los frutos de aguacate, pueden contribuir a que los productores se asocien como empresas y de esta forma logren una mayor capacidad de negociación para que puedan adquirir los insumos requeridos a menor costo. (Sandoval et al., 2010, p. 8)

Generalidades

El cultivo de aguacate ha tenido una dinámica muy fuerte en el país, impulsada principalmente por el cambio de concepto respecto a esta fruta y por su alta aceptación en los mercados internos y externos debido a su excelente composición nutricional. Además, sus productos procesados son de alta demanda, por lo cual se incluyó en la apuesta exportadora y en el Plan Frutícola Nacional (PFN) (Asohofrucol & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2006).

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una fruta muy apreciada en el mercado mundial por su consistencia suave, similar a la de la mantequilla, por 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, ya que contiene lipoproteínas de baja densidad. A su vez, su consumo evita el riesgo de desarrollar arteriosclerosis y es beneficioso para controlar el asma y la artritis reumatoide. (Sandoval, Forero, & García, 2010, pp. 10-11)

El aguacate presenta una variada posibilidad de usos en productos industrializados: pulpas, base de productos para untar (tanto en fresco como refrigerado o congelado), mitades o cubos congelados, aceite para culinaria e industria cosmética. Dentro de las alternativas mencionadas, la pulpa de aguacate congelada ha presentado el mayor volumen de producción como base del tradicional guacamole (Olaeta, 2003).

Globalmente, el aguacate y el mango son las dos frutas tropicales que han experimentado el mayor aumento de popularidad. Entre 1990 y 2017, la demanda mundial de importación de aguacate se incrementó a una tasa de crecimiento promedio anual del 14 %, superando considerablemente la oferta y, por tanto, aumentando los precios de exportación [...]. (Altendorf, 2017, pp. 3-5)

Gracias a la creciente demanda internacional, para el 2018 la producción mundial de aguacate alcanzó 6,3 millones de toneladas, lo que representó un incremento del 6,7 % con respecto al 2017. De entre las principales frutas tropicales, el aguacate ha experimentado el crecimiento más rápido de la producción en la última década, con una tasa de incremento de promedio anual de un 6 %, debido principalmente al aumento de la superficie cosechada de los principales productores. [...] Casi la mitad de toda la producción proviene de América Central y el Caribe, debido principalmente a la fuerte participación de México y la República Dominicana. (Altendorf, 2019, p. 8)

[...].

Las exportaciones mundiales de aguacate alcanzaron, por primera vez en 2018, 2,2 millones de toneladas, un aumento del 15,9 % con respecto a 2017. Según las estadísticas, México representó el 54 % de las exportaciones mundiales de aguacate en 2018, con envíos destinados principalmente a los Estados Unidos. (Altendorf, 2019, p. 10)

Cosecha

La cosecha es la fase de la explotación comercial del cultivo del aguacate, en la cual el productor planea, organiza, ejecuta y supervisa todas las labores que permiten recolectar y colocar la fruta en el mercado. El producto cosechado debe satisfacer los requerimientos del cliente en términos de calidad, precio y condiciones de entrega.

La recolección del aguacate se hace en forma manual, preferiblemente con tijeras, recolectando una a una la fruta y conservando una pequeña porción del pedúnculo adherido al fruto para no acelerar el proceso de maduración, evitar la entrada de

patógenos y garantizar la buena presentación final del producto (Parra & Serrano, 2017). Durante la cosecha es importante vigilar la forma como se realiza el corte, ya que, si queda mal hecho, se afecta la calidad de la fruta. Para evitar daños por roce o talladura del fruto, el pedúnculo debe tener entre 3 y 4 mm, para lo cual se realiza un corte plano y limpio con una tijera bien afilada (figura 8.1).

Los implementos de cosecha deben estar limpios y desinfectados para evitar la contaminación de la fruta. La desinfección de las herramientas de cosecha puede hacerse con alcohol (70 %) o con cloro (5 ml/l de agua) y, después de ello, lavarlas muy bien con agua limpia, porque el cloro tiende a oxidar los implementos. Todas las herramientas u otros utensilios que se pongan en contacto con la planta y el suelo pueden transmitir agentes patógenos, por lo que se deben sumergir en la solución desinfectante por unos pocos minutos como medida de prevención. Las herramientas se pueden almacenar cubiertas con una capa protectora de aceite o lavadas y secas para prevenir la corrosión. (Sandoval et al., 2010, p. 25)



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.1. Corte a ras del pedúnculo del fruto. a. Corte del pedúnculo para evitar daño de otras frutas; b. Corte plano del pedúnculo de 3 a 4 mm.

La operación de cosecha se debe realizar con el máximo cuidado, evitando golpes y rajaduras en el fruto que afecten su duración en almacenamiento, su vida de anaquel y su aspecto externo. Las heridas permiten la penetración de patógenos y, en consecuencia, la pudrición de numerosos frutos en el proceso de maduración. Los frutos se deben recolectar en las primeras horas de la mañana, momento en el cual el estrés causado por las altas temperaturas es menor, se disminuye el calor de campo y las pérdidas por deshidratación.

Los frutos cosechados no deben estar húmedos por el rocío o la lluvia (figura 8.2), ya que la humedad excesiva acelera el desarrollo de diferentes agentes patógenos que causan pudriciones posteriores (figura 8.3). Las horas para la cosecha se deben programar teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la disponibilidad de mano de obra, la facilidad de transporte y, ante todo, la demanda y las condiciones del mercado.



Figura 8.2. Frutos húmedos no aptos para su cosecha.



Figura 8.3. Pudriciones poscosecha por condiciones de alta humedad en la fruta.

Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

La fruta se coloca en bolsas de tela que luego son vaciadas en cajas plásticas o bien se colocan directamente sobre una superficie limpia (en la figura 8.4 se aprecian algunos elementos utilizados para esta labor). La fruta que se encuentra en las partes altas del árbol y que no se alcanza manualmente se cosecha utilizando una vara de unos 4 m de largo, de bambú u otro material liviano, en la cual se coloca, en un extremo, un anillo de hierro de 20 cm de diámetro provisto en su parte superior de cuchillas de forma curva, de 5 cm de largo y bien afiladas (la figura 8.5 muestra dos tipos de varas utilizadas para la cosecha). En la parte inferior del anillo se coloca una bolsa de lona fuerte, de 25 cm de largo, para recibir los frutos (Sandoval et al., 2010). El operario introduce el fruto en el anillo, realiza movimientos suaves hacia arriba y hacia abajo, de tal manera que los filos cortantes rompan el pedúnculo del fruto, el cual queda atrapado en la bolsa de lona (en la figura 8.6 se pueden apreciar dos detalles de esta herramienta).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.4. Implementos utilizados para la recolección manual de la fruta. a. Bolsa de tela para cosecha; b. Fondo amplio de la bolsa; c. Canastilla limpia para depositar la fruta cosechada.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.5. Tipos de varas utilizadas para la cosecha de frutos altos. a. Varas de aluminio para la cosecha; b. Vara de guadua provista de cuchilla para la cosecha.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.6. Dos tipos de anillos con bolsa para depositar el fruto cosechado. a. Anillo de aluminio con bolsa de lona; b. Anillo y bolsa elaborados con materiales rústicos.

Cuando los árboles son muy altos puede ser necesario el uso de escaleras para facilitar las labores de cosecha [figura 8.7]. Una práctica que debe evitarse es lanzar el aguacate cosechado desde las partes altas del árbol por el riesgo de daños físicos, 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, una práctica que facilita la labor, pero se debe vigilar el efecto sobre la calidad y la incidencia de daños físicos sobre la fruta. (Sandoval et al., 2010, p. 22)



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.7. Uso de escalera para la colecta de frutos.

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 la vida comercial al producto. [...] El aguacate cosechado se debe colocar dentro de cajas plásticas limpias, llenas hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, para prevenir daños por compresión al estibar las cajas durante el transporte. (Sandoval et al., 2010, p. 23)

Acopio de la fruta en el campo

Antes de acondicionar y preparar el producto para el mercado, este se debe almacenar protegido en determinados sitios dentro de la finca, en especial, al resguardo de la radiación solar (causante de deshidratación, pérdida de peso y la consecuente disminución de calidad de la fruta), así como de la lluvia o la humedad excesiva.

Los centros de acopio (figura 8.8) son especialmente importantes cuando se trata de cultivos extensos o con topografía difícil y escarpada. Las interrupciones en la operación de cosecha por causa de la lluvia u otras razones técnicas o humanas pueden ocurrir, por lo tanto, el acopio en los lotes de producción se debe planificar teniendo en cuenta la ubicación, las vías de acceso y la provisión de infraestructura básica para

esta labor: polisombras de protección solar, estibas para almacenamiento y mesas de selección, entre otras. En el caso de los lotes pequeños, los centros de acopio pueden ser móviles, fabricados con materiales livianos, baratos y fáciles de adquirir en la región.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.8. Tipo de centro de acopio en finca para adecuación de la fruta. a. Centro móvil para acopio de fruta en campo; b. Centro de acopio fijo construido en material y con señalización acorde con las BPA.

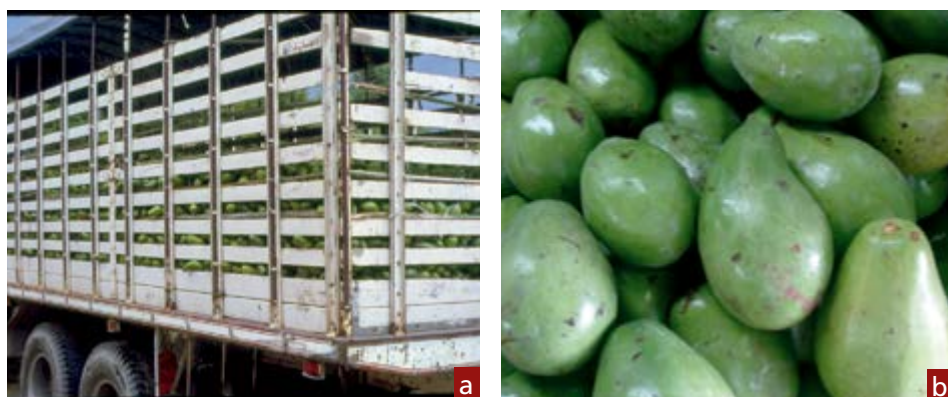
El uso de sacos (costales) para transportar la fruta desde el campo al sitio de empaque no se recomienda [figura 8.9] porque el aguacate sufre golpes, magulladuras, rozaduras y daños por compresión debido a que la carga de otros sacos estibados llega directamente a los frutos; adicionalmente, favorece la fricción entre los frutos y el incremento de la temperatura del producto. Aun para los pequeños productores, la recomendación es que se utilicen cajas plásticas limpias para el producto cosechado. (Sandoval et al., 2010, p. 24)



Fotos: Jairo García Lozano

Figura 8.9. Prácticas inadecuadas de empaque durante la poscosecha. a. Frutos expuestos en empaques de fide; b. Posibles daños en frutos por compresión; c. Condiciones inapropiadas para empaque de la fruta.

Otra práctica que debe evitarse es el transporte a granel de la fruta cosechada [figura 8.10] en el cajón de un vehículo de carga, práctica que realizan algunos productores por la 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, debido al mal estado de las carreteras y a movimientos repentinos del vehículo por curvas y pendientes. (Sandoval et al., 2010, p. 24)



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.10. Transporte inadecuado de la fruta. a. Transporte a granel que deteriora la fruta; b. Daños en la fruta causados por mal transporte.

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, con oscurecimiento de la pulpa, maduración y ablandamiento no homogéneo, mayor susceptibilidad al deterioro y, por lo tanto, menor vida útil del producto.

[...].

Se requiere de una selección previa de la fruta en el campo (figura 8.11) que se efectúa 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 el producto con los atributos de calidad requeridos. Esta operación puede hacerse mientras se empaca la fruta (al sacarla de las bolsas de cosecha), evitando colocarla directamente en el suelo. (Sandoval et al., 2010, p. 25)



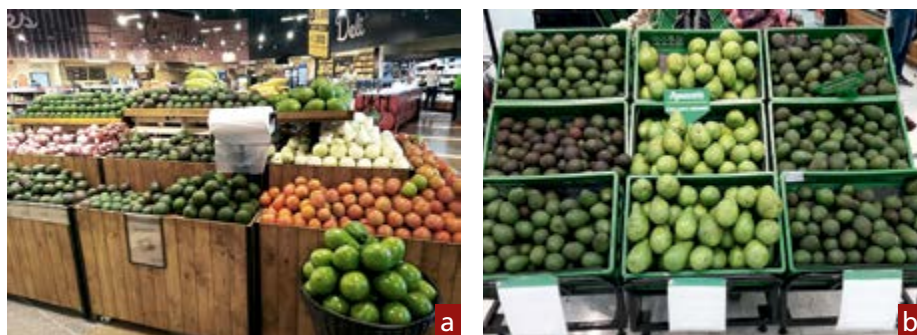
Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.11. Selección de la fruta en campo. a. Selección y limpieza de frutos; b. Frutos seleccionados, aptos para el mercado.

La selección previa también permite al productor decidir y tomar acciones sobre el uso que se le dará al producto que no califica (otros mercados, descarte, alimento para animales u otros), con lo cual se evita que el producto rechazado se deje en la plantación. Generalmente los productores llevan a cabo la selección en el campo y eliminan la fruta con daños por insectos, con lesiones de roña de severas a muy severas y con deformaciones, muy pequeña o con síntomas de enfermedades.

Índice de madurez

El índice de madurez o de cosecha es el parámetro más importante para determinar el momento oportuno de recolección y para asegurar la vida útil de la fruta durante la poscosecha y su comercialización (figura 8.12). Un índice de maduración o de cosecha debe ser sencillo, rápido y fácil de reproducir; además, debe reflejar la calidad de la fruta al momento de separarla del árbol.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.12. Comercialización del aguacate en almacenes de grandes superficies. a. Frutos de aguacate cv. Hass exhibidos en almacén junto con otros productos; b. Frutos de diferentes variedades en góndolas de supermercado.

Es importante diferenciar los términos *madurez fisiológica* y *madurez comercial*. La madurez fisiológica hace referencia a la etapa de desarrollo de la fruta en la cual se ha producido su máximo crecimiento y su semilla es viable. La madurez comercial o de consumo se relaciona directamente con las exigencias de un mercado específico y con las características organolépticas típicas de cada producto.

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 madure adecuadamente, optimizar la calidad y minimizar las pérdidas. (Sandoval et al., 2010, p. 18)

Existen diferentes métodos para determinar con precisión el grado de madurez de la fruta; algunos de ellos se pueden realizar en la finca y otros requieren equipos de laboratorio específicos.

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. (Sandoval et al., 2010, p. 18)

[...].

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 parámetros 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 en el almacenamiento, ya que no alcanza la madurez óptima para consumo, la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa y el sabor y firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente. (p. 19)

La mayoría de las variedades comerciales que se cultivan en Colombia pueden permanecer en el árbol durante varios días, semanas e incluso meses después de la madurez fisiológica sin que se produzca su abscisión y posterior caída de la fruta. De hecho, y solo en aquellas variedades que cambian de color durante su proceso de maduración, es difícil definir con precisión la madurez de cosecha de forma visual.

El tipo de maduración que se presenta en el aguacate puede resultar ventajoso, ya que el productor puede programar la recolección de la fruta de acuerdo a las condiciones del mercado; sin embargo, conlleva algunos riesgos, como bajos contenidos de aceite, presencia de fibras en la pulpa y frutos con aspecto arrugado, cuando la cosecha es prematura; en el caso contrario, cuando la cosecha se retrasa, la fruta puede presentar maduración no uniforme y mal sabor; además, mientras más tiempo permanezcan los frutos en el árbol, su madurez comercial se produce más rápido y por lo tanto su vida de anaquel también se reduce. Por tal motivo, las labores de cosecha se deben programar con anticipación, teniendo en cuenta la variedad, las condiciones del cultivo, las exigencias del mercado y las distancias hacia los centros de comercialización y de consumo.

Para determinar con precisión los índices de maduración (y poder, así, realizar la cosecha en el momento oportuno), lo mejor es combinar diferentes criterios y tener presentes los siguientes aspectos: conocer las épocas de maduración de las variedades sembradas según las condiciones agroecológicas de cada sitio; identificar los cambios en las tonalidades de color de los frutos y conocer el tamaño promedio de estos de acuerdo con su variedad; en la mayoría de las variedades, la porción del pedúnculo más próxima al fruto se torna amarillenta, lo cual es un buen indicio de madurez de cosecha. En relación con los cambios de color de la cáscara, cuando el fruto no ha alcanzado la madurez fisiológica, esta presenta un color verde brillante, pero, a medida que la maduración avanza, el color se torna verde opaco; tal es el caso de algunas variedades comerciales como Fuerte, Booth, Reed y Trinidad.

La variedad Hass presenta un cambio evidente de color en la cáscara, del verde a un color rojizo, posteriormente morado oscuro y finalmente negro cuando alcanzan la madurez de consumo (figura 8.13). En la variedad Colinred, el cambio de color es menos drástico y presenta estrías rojizas y moradas sobre el color verde, que no desaparece por completo.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.13. Cambio de color en frutos de Hass que indican la madurez de consumo. a. Cambios de color verde a morado; b. Frutos aptos para consumo.

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, y este último se determina con un método simple, económico y rápido, con un horno para deshidratar la muestra. (Sandoval et al., 2010, p. 19)

El porcentaje del contenido de aceite aceptado a nivel mundial oscila entre el 8 y el 10 %, mientras que el porcentaje de materia seca debe mantenerse entre el 17 y el 25 %. Los requerimientos para valorar estos índices cambian con la variedad, las condiciones ambientales de producción y son reglamentados de forma individual por cada país. La determinación del estado de madurez y, por ende, del momento adecuado para realizar la cosecha de los frutos de aguacate, en realidad, no es sencilla. Con excepción de algunas variedades, no existen indicios externos visibles para establecer los índices de maduración.

El porcentaje de materia seca (MS) está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad (Brown, 1984; Lee, Young, Schiffman, & Coggins, 1983; Ranney, 1991). El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y generalmente se suman a una constante para cualquier cultivar (Swarts, 1978). Por lo tanto, el porcentaje de MS es utilizado actualmente como un índice de madurez en Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos, entre otros. En la tabla 8.1 se presentan los índices actuales de maduración según el porcentaje de MS legal utilizado en varios países.

Tabla 8.1. Porcentaje promedio de materia seca (% MS) de la pulpa requerido para asegurar una calidad de maduración aceptable en varios cultivares de aguacate

Índice de maduración (% MS)			
Cultivar	País	Promedio (%)	Referencia
Hass	Australia	21,0	Brown (1984)
	Estados Unidos	21,6	Ranney (1991)
	Estados Unidos	21,8	Lee et al. (1983)
	Sudáfrica	23,0	Milne (1994)
	México	22,0	Sánchez (1993)

(Continúa)

(Continuación tabla 8.1.)

Índice de maduración (% MS)			
Cultivar	País	Promedio (%)	Referencia
Hass	Chile	23,0	Waissbluth & Valenzuela (2007)
	España	23,0	Galán Saucó (1990)
Fuerte	Australia	21,0	Brown (1984)
	Australia	22,5	Dettman, Caperon, Leon, English, & Walsh (1987)
	Estados Unidos	19,9	Ranney (1991)
	Estados Unidos	21,0	Lee et al. (1983)
	Sudáfrica	20,0	Milne (1994)
	España	22,0	Galán Saucó (1990)
Bacon	Estados Unidos	18,5	Ranney (1991)
	Estados Unidos	20,0	Lee et al., (1983)
	España	21,0	Galán Saucó (1990)
Zutano	Estados Unidos	18,8	Ranney (1991)
	Estados Unidos	20,2	Lee et al. (1983)
	España	22,0	Galán Saucó (1990)
Gwen	Estados Unidos	25,9	Ranney (1991)
Ryan	Sudáfrica	20,0	Milne (1994)
Edranol	Sudáfrica	20,8	University of California (2013)
Pinkerton	Sudáfrica	20,0	Kruger & Abercrombie (2000)
Ettinger	España	21,0	Galán Saucó (1990)

Fuente: Elaboración propia a partir de Hofman, Fuchs y Milne (2007)

En la tabla 8.2 se presentan los parámetros mínimos de calidad para algunas variedades de aguacate sembradas en Colombia, donde se evidencia el contenido de materia seca y aceite.

Tabla 8.2. 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, Peñuela, Gómez, Aristizábal y Chaparro (2004)

Desde el punto de vista práctico, la determinación del porcentaje de grasa es difícil de realizar, ya que requiere la extracción y determinación del contenido de grasa, lo cual demora días en laboratorios especializados y tiene un costo elevado por muestra. (Sandoval et al., 2010, p. 20)

Por su parte, la determinación del contenido de materia seca es bastante más simple, económica y su implementación en una planta empacadora de aguacate es relativamente sencilla, como se explica a continuación.

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 microondas, una balanza analítica, un desecador y cápsulas o placas (tipo platos de Petri o similares) 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 a secar en el horno microondas hasta peso constante, proceso que tarda entre 5 y 15 minutos. (Sandoval et al., 2010)

Protocolo para determinación de materia seca

1. Seleccionar cuidadosamente los aguacates, recojiéndolos 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. Partir la fruta, inicialmente en mitades y luego cada mitad en 4 partes, usando el pelador de papas o un cuchillo; quitar la piel a la pulpa y retirar todos los rastros de la semilla.
3. Pesar el plato vacío y anotar el peso; este será el peso de tara (P₁).
4. Colocar el plato vacío sobre la balanza y adicionar la muestra de aguacate (tajadas) de aproximadamente 100 gramos; no necesariamente debe ser este el peso exacto; apuntar el peso del plato más la muestra, que será el peso húmedo (P₂).
5. Colocar el plato o portamuestra 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 queme la muestra. Se sugiere, 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 tres minutos al 40 % de la potencia.
9. Retirar la muestra del microondas y pesar.
10. Repetir este proceso 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 asegurarse de 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). (Sandoval et al., 2010, p. 21-22)

Cálculos

$$\frac{\text{Peso seco (P}_3\text{)} - \text{Peso tara (P}_1\text{)}}{\text{Peso húmedo (P}_2\text{)} - \text{Peso tara (P}_1\text{)}} \times 100 = \text{contenido de materia seca (\%)}$$

El uso combinado de dos indicadores para determinar el momento de cosecha del aguacate, como la opacidad de la cáscara y el contenido de materia seca, resulta conveniente y de aplicación muy práctica, ya que el primer indicador facilita la cosecha en el campo y, por otra parte, con el segundo se comprueba la madurez fisiológica del fruto. Los 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). (Sandoval et al., 2010, p. 22)

Manejo de poscosecha

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

Antes de abordar el tema, así como el análisis de 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 cosecha el fruto de aguacate, ya que a partir de ese momento y hasta su presentación al consumidor en el mercado transcurre un 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 daños que se pueden presentar por agentes patológicos, se encuentran *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sphaceloma perseae*, *Alternaria* sp., *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Pestalotiopsis* sp. y *Phomopsis* sp., entre otros, que inciden 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 al mercado.

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 requiere; los operarios que laboran en el campo y en la planta empackadora deben conocer bien el producto, sus atributos de calidad y sus principales defectos, así como la tolerancia frente a estos para que no sean considerados como 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 transformaciones en la textura y el color, propios de la maduración, y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos o daños físicos en la fruta.

Es básico recordar que el aguacate es un fruto climatérico, es decir que después de cosechado continúa los procesos de maduración (incremento de azúcares, reducción de acidez y cambio de color, entre otros); además, es muy susceptible al daño por frío, lo que significa que durante el almacenamiento puede sufrir deterioro en sus características organolépticas. (Sandoval et al., 2010, pp. 16-17)

Aspectos fisiológicos durante la poscosecha

Producción de etileno

El etileno (C_2H_4) es un gas sintetizado por las plantas en forma constante para cumplir funciones específicas de maduración; su concentración como etileno endógeno es muy baja y aumenta ligeramente antes de iniciar dicho proceso. En los frutos climatéricos, como el aguacate, la producción de etileno se considera alta y su concentración se mantiene así durante todo el proceso de maduración.

El etileno, incluso en concentraciones muy bajas, afecta la tasa respiratoria de los frutos y el proceso interno de maduración. Para alcanzar los objetivos de acelerar o detener la maduración, se deben implementar tratamientos que involucren no solo la presencia de etileno exógeno, sino también el control de otros factores como la temperatura, la humedad relativa, la concentración de gases y el tiempo de almacenamiento. El tratamiento de frutos de aguacate con 100 ppm de etileno a 20 °C y almacenados por 48 horas conduce a obtener su madurez de consumo en tres a seis días, dependiendo de la variedad y del estado de madurez fisiológica en que sean recolectados (Yahia, 2002).

La producción de etileno comienza después de la cosecha y aumenta considerablemente con la maduración a valores superiores de 100 μ l de C_2H_4 /kg/h a 20 °C de temperatura (Cerdas, 2006).

Respiración

La respiración es un proceso metabólico que toma como materia prima compuestos como los azúcares, el almidón y los ácidos grasos y los somete a una degradación oxidativa que da como resultado moléculas más simples, como el dióxido de carbono (CO_2), el agua (H_2O) y otras, liberando durante todo este proceso energía en forma de ATP y kilocalorías. La tasa respiratoria de los frutos cosechados de aguacate depende de las condiciones de almacenamiento, especialmente de la temperatura. En general, la fruta refrigerada disminuye su ritmo respiratorio, aumentando así su vida de almacenamiento.

Transpiración

La transpiración es un fenómeno físico de pérdida de vapor de agua a través de la cutícula, estomas o lenticelas del área expuesta a las condiciones ambientales. La pérdida de agua se evidencia con la disminución de turgencia, lo cual afecta la calidad de la fruta, con la consecuente pérdida de su valor comercial.

Los frutos de aguacate pierden agua a través los poros de su corteza exterior como consecuencia de condiciones inadecuadas de almacenamiento, empaque y transporte principalmente. Estos factores aumentan los niveles de transpiración y respiración, los cuales, a su vez, contribuyen a los cambios de peso del fruto, y además traen como consecuencia la disminución del aroma, cambios en el color y, en general, mala apariencia y deterioro de la fruta. La pérdida de peso de la fruta almacenada es proporcional al aumento de temperatura; se considera que las temperaturas de almacenamiento natural más adecuadas son de 17 °C hasta por 11 días y de 5 °C para almacenamiento refrigerado por un periodo de hasta 20 días.

Adecuación

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, los daños mecánicos y cómo se manifiestan cuando la fruta alcanza la madurez comestible, los cambios de color, los 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.

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 (figura 8.14). Las especificaciones de

calidad exigidas por la planta de empaque o procesamiento 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.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.14. Operaciones en planta empacadora. a. Recepción de la fruta; b. Inspección detallada e individual 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, ya 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 y el 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.

Selección

Después de la inspección, los frutos recolectados se seleccionan para separar aquellos que no presentan las condiciones apropiadas para su comercialización; deben descartarse aquellos frutos con daño físico o por insectos, cicatrices, malformaciones, frutos inmaduros o sobremaduros, así como los que se observen deshidratados, con ausencia de pedúnculo o con manchas causadas por agentes biológicos, según las especificaciones de calidad que tenga el mercado al que se dirige la fruta. El sitio destinado para la selección debe tener buena ventilación, estar protegido de los rayos solares y alejado de fuentes de contaminación, como agroquímicos, abonos y fertilizantes o animales, entre otros. También deberá ofrecer a los operarios las condiciones

ergonómicas mínimas, tales como luz suficiente y mesas con una altura que permita realizar esta labor con comodidad y eficiencia. 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.

Para seleccionar los frutos aptos para el mercado se emplean operarios entrenados, lo cual resulta ser eficiente, ya que ningún equipo reemplaza la agudeza visual y la destreza del hombre. Los frutos destinados a la comercialización deben tener como mínimo las siguientes características: estar sanos, tener el tamaño, el peso y la forma promedio de la variedad, estar exentos de materiales extraños visibles, como tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños, presentar el pedúnculo completo y no presentar deformaciones, hundimientos o arrugamientos.

Clasificación

Una vez se efectúa la selección del producto, se procede a su clasificación con el fin de unificar la calidad de acuerdo con una o varias características, como color, tamaño, peso y sanidad.

La clasificación conduce a conformar categorías o clases comerciales del producto (tabla 8.3). Se puede hacer de forma manual o mecánica, pero generalmente se combinan ambos métodos (figura 8.15). La clasificación manual requiere operarios calificados y entrenados para llevar a cabo esta labor. La clasificación mecánica se efectúa a través de bandas y equipos diseñados para tal fin, combinando diferentes criterios de clasificación de acuerdo con la variedad y el mercado objetivo.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.15. Clasificación del aguacate.

Tabla 8.3. Categorías para la clasificación de algunas variedades de aguacate en Colombia

Categoría	Variedad/peso en gramos					Defectos
Calibre	Hass	Fuerte	Reed	Colinred	Choquette	Calidad
Extra	+180	+270	+350	+500	+1.000	No tolera daño mecánico, daño por plaga o enfermedad y golpe de sol.
Primera	+140 -180	+240 -270	+250 -350	+400 -500	+800 -1.000	No tolera daño mecánico y golpe de sol. Tolera hasta 6 cm ² de daño por plaga o enfermedad, excepto pasador del fruto.
Industrial	+90 -140	+150 -240	+200 -250	+200 -400	+400 -800	No tolera daño mecánico. Tolera: golpe de sol.
Descarte	-90					

Fuente: Elaboración propia

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 él 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 (figura 8.16).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.16. Lavado y desinfección del aguacate.

Los aguacates crecen distanciados del suelo, por 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 y hay otros vectores de contaminación, como los operarios de campo, los materiales de empaque, los medios de transporte y otros.

Para esta operación se utiliza principalmente agua clorada (100 a 150 ppm). Se usa hipoclorito de sodio o de calcio en un tratamiento por inmersión que tarda de dos a tres minutos. Las soluciones de cloro tienen la característica de que su efectividad depende de la concentración de este, 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 la 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 empacadora al mismo tiempo que se selecciona. Así mismo, es importante tener 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.

Tratamientos con fungicidas

Las enfermedades más comunes durante la poscosecha del aguacate son la antracnosis y la pudrición del pedúnculo. El control de estas y otras enfermedades inicia en el campo, con las prácticas de cosecha y poscosecha de la fruta; las principales fuentes de contaminación durante este periodo están en los implementos y los recipientes de cosecha, las bodegas, los vehículos de transporte y las aguas contaminadas usadas para el lavado y la desinfección de las frutas. Adicionalmente a las medidas preventivas, la fruta debe someterse a un tratamiento con fungicida para curar infecciones latentes y prevenir el desarrollo de otras.

Durante la poscosecha, los patógenos logran penetrar por dos vías: la primera, por heridas en los frutos que sirven de puerta de entrada; allí las esporas germinan, crecen y colonizan el tejido expuesto. La segunda vía de entrada es por penetración directa del patógeno, que abarca desde la formación de estructuras florales hasta los diferentes estados de desarrollo de la fruta; esto ocurre en el cultivo y bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura; la infección puede permanecer latente y manifestarse en la poscosecha.

El incremento de las pérdidas en la poscosecha es consecuencia de manejos inadecuados y desconocimiento, por parte de productores y comercializadores, de aspectos tan fundamentales como la sintomatología, la morfología, los agentes causales, la epidemiología y el manejo de los problemas patológicos que afectan las frutas.

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; 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 dejándolo escurrir por un tiempo prudencial.

Empaque

Las principales funciones de los empaques son contener y proteger al producto hasta el mercado meta, además de facilitar el manejo y la comercialización, con un peso y una calidad uniformes. El empaque debe proporcionar suficiente resistencia mecánica

para soportar el apilamiento 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 impedir que se acelere la maduración.

La calidad final de los frutos de aguacate depende en gran medida del empaque, por lo tanto se deben empaclar solo los frutos limpios, secos, seleccionados y clasificados, pues la inclusión de productos dañados puede impedir su venta y convertirse en fuente de contaminación para el producto sano.

El empaque más adecuado para comercializar aguacate a nivel nacional es la canastilla plástica, en la cual se acomodan, desde el momento mismo de la recolección, hasta 15 kg de fruta (figura 8.17); en ella se colocan uno o dos tendidos de fruta para evitar magulladuras por sobrepeso. Las canastillas plásticas resisten manejos bruscos, cambios de temperatura, humedad excesiva y el uso de detergentes y desinfectantes. Aunque su costo inicial puede resultar elevado, se disminuye notablemente porque son reutilizables; además, permiten buena ventilación y son apropiadas en caso de requerir refrigeración.

Los empaques más utilizados en los mercados internacionales de la fruta son cajas de cartón corrugado, con una capacidad de entre 2,0 y 2,5 kg y un solo tendido de fruta, provistas de alvéolos con el objeto de inmovilizar y proteger la fruta en forma individual (figura 8.18).

Una vez empaçadas, las cajas se colocan en arrumes o palets de tres tendidos y cinco cajas cada uno, amarradas con zunchos y colocadas en estibas de madera que facilitan su traslado en el sitio de almacenamiento (figura 8.19).



Figura 8.17. Empaques y transporte adecuados para la fruta en fincas. a. Canastilla plástica comúnmente utilizada para el empaque de aguacate; b. Transporte de la fruta en la finca.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.18. Empaques para mercados internacionales. a. Caja de cartón para el empaque de aguacate en mercados internacionales (detalle del cuerpo e información general del producto); b. Cajas de cartón para el mercado internacional.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.19. Paletizado de la fruta para el transporte. a. Armado de los arrumes; b. Amarre de los arrumes.

La fruta destinada para el mercado de exportación debe cumplir con estándares precisos de calidad en cuanto a variedad, tamaño, peso, grado de maduración, forma y sanidad, principalmente.

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, tamaño de fruto, color y otros atributos. El diseño y los materiales pueden o no ser especificados por el comprador; en ocasiones, para los mercados locales la selección del empaque depende en gran medida de los precios y la disponibilidad. 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 según el peso, el número de frutas por empaque, etc.
- Resistencia mecánica: el empaque es el que debe resistir los esfuerzos a lo largo del transporte, el almacenamiento y la comercialización de la fruta, bajo condiciones de enfriamiento y alta humedad relativa (90-95 %).
- La ventilación debe permitir la circulación del aire frío a través de las cajas para refrigerar 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 al menos a 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, ya que 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.

Almacenamiento

En general, el almacenamiento de los productos agrícolas se hace con el propósito de conservar los excesos de producción, regular la oferta, normalizar los precios o simplemente porque no se cuenta con los medios de transporte en forma oportuna. La temperatura y la humedad son factores estrechamente relacionados con el tiempo de conservación en las bodegas o los lugares de almacenamiento. Una vez alcanzadas las condiciones de conservación requeridas, estas deben mantenerse constantes, en particular en lo referente a la temperatura, la humedad relativa y la circulación de aire.

Los frutos de aguacate contienen más del 85 % de su peso en agua y es necesario conservarlo aumentando la humedad relativa y disminuyendo la temperatura de almacenamiento, lo cual minimiza la transpiración y la pérdida de agua, mantiene su textura y calidad y retarda la senescencia de la fruta. Sin embargo, la refrigeración es una tecnología costosa, que demanda gran cantidad de energía.

El mantenimiento a bajas temperaturas es la forma más efectiva de preservar la calidad y prolongar la vida de almacenamiento de los frutos. Debido a la alta susceptibilidad de los frutos de aguacate al daño por frío, es necesario extremar los cuidados y adelantar los estudios que permitan definir con precisión las mejores condiciones para almacenar la fruta recolectada. Las temperaturas de almacenamiento refrigerado más adecuadas para la mayoría de las variedades de aguacate sembradas en Colombia oscilan entre los 5 y los 12 °C, con una humedad relativa de entre el 85 y el 90 %.

Siempre que sea posible, se debe considerar el almacenamiento y aprovechar el frío natural de algunas regiones productoras; es importante que estos sitios sean aireados y completamente limpios, protegidos del sol y alejados de fuentes de contaminación.

Otras recomendaciones, de fácil aplicación y con resultados positivos para la conservación de los frutos de aguacate durante su almacenamiento, son: desinfectar los sitios y bodegas, mantener limpias y desinfectadas todas las canastillas, evitar la sobrecarga de los empaques y no hacer arrumes demasiado altos para permitir la circulación de aire al interior del almacén.

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. La acomodación 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 (figura 8.20).

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 de los materiales de empaque, la estructura, las personas trabajando, los 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 del campo, el tiempo de enfriamiento del producto y cuánto permanecerá dentro de las cámaras (tabla 8.4).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.20. Almacenamiento en cuartos fríos para aguacate. a. Arrumes almacenados con buena aireación entre sí; b. Detalle de difusores de aire verticales; c. Detalle de difusores de aire horizontales.

Tabla 8.4. Condiciones de almacenamiento bajo atmósfera controlada para diferentes variedades de aguacate

Variedad	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	Temperatura (° 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 (2002)

La operación de las cámaras refrigeradas incluye un buen control de la temperatura y la humedad relativa, higiene y sanitación de la estructura, acomodación de la fruta dentro del cuarto frío, manejo de inventarios (los primeros productos que ingresan deben ser los primeros que se despachan), mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración y de humedad (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 de 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.

Transporte

Independientemente del tipo de transporte empleado, los criterios y las condiciones mínimas del sistema de transporte utilizado serán los mismos: las labores de cargue y descargue de los vehículos se deben realizar cuidadosamente, la duración del viaje debe ser lo más corta posible y el producto se debe proteger en relación con su susceptibilidad al daño físico. El sobrepeso causa rupturas de la epidermis, magulladuras o laceraciones del fruto, por lo cual se deben evitar sacudidas y movimientos fuertes al interior del vehículo; los vehículos deben estar provistos de carpas, preferiblemente blancas o de un color claro que refleje la radiación solar y no la absorban, transfiriéndola a la fruta. El sobrecalentamiento de la carga ocasiona deshidratación y pérdida de peso de los frutos. Los vehículos deben permanecer en perfectas condiciones mecánicas y contar con toda la documentación actualizada. Los conductores deben tener una capacitación mínima sobre el tipo de producto que transportan y, de esta forma, aceptarán las recomendaciones para protegerlo, relacionadas con velocidad, volumen y peso mínimo de la carga, cantidad de aire de las llantas y mezclas de productos, entre otras consideraciones.

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.

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, ya que el consumidor tiende a presionar varias frutas para, posteriormente, escoger las que se quiere llevar a casa.

La exhibición entre 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 uno a dos 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 tener aguacates sobremaduros o con deterioro patológico que pierden su valor comercial.

El concepto de calidad

Las normas de calidad para productos agrícolas frescos se establecen como apoyo a la comercialización, de manera que el comprador y el vendedor hablen en los mismos términos. 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 este está dispuesto a pagar. Las características que en términos de calidad debe reunir una fruta son calidad comercial, calidad sensorial (organoléptica), calidad higiénica y de protección de la salud y calidad nutricional.

Calidad comercial

La calidad comercial comprende básicamente los aspectos de presentación externa, tales como apariencia general en términos de color, tamaño, forma, presencia de daños, raspaduras y variedad, entre otros. Otros aspectos, como la limpieza del producto, están relacionados con la no presencia de materiales extraños (residuos de hojas y tierra, por ejemplo); y la sanidad está relacionada con la ausencia de plagas y enfermedades. También se toma en cuenta la homogeneidad de una unidad de muestreo. Todos son criterios muy importantes cuando se trata de calidad comercial.

Por su parte, al vendedor también le resulta útil basarse en las normas, porque estas le permiten negociar mejor sus productos e incluso lograr precios preferenciales diferenciados por calidad, además de asegurarse de 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 propio de la variedad, 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.

Las cadenas de supermercados han contribuido al establecimiento de normas de calidad propias y a la vez han apoyado a los productores para que implementen 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 poscosecha. 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 los tratamientos a los que han sido sometidos durante su etapa de producción y comercialización.

Calidad sensorial

La calidad sensorial es el conjunto de propiedades o características de un producto que actúan como estímulo a los diferentes sentidos, que son afectados antes, durante y después del eventual consumo; en esa medida, determina que un alimento sea o no consumido. Se refiere a las sensaciones que se experimentan al consumir un alimento y se relaciona con las impresiones gustativas, visuales, olfativas y táctiles. La calidad sensorial adquiere cada día mayor importancia en una sociedad en la que, al tener cubiertas sus necesidades nutricionales, el principal problema que plantea es elegir entre una oferta muy amplia de productos, principalmente por la satisfacción que le genera su consumo. En la percepción sensorial actúan los cinco sentidos, en diferente grado, aunque su evaluación se realiza en forma global.

Calidad nutricional

A medida que aumenta el nivel de vida y el conocimiento de la importancia de alimentarse bien, el consumidor ha tomado conciencia de las bondades de incluir las frutas en su dieta diaria. La calidad nutricional de las frutas se refiere tanto al aporte de nutrientes básicos como a su aporte terapéutico. En este sentido, las frutas se adaptan perfectamente a las exigencias del mercado, ya que no solo constituyen un delicioso alimento, sino que contribuyen a conservar la salud y el bienestar de los consumidores; de hecho, se emplea el término *nutracéuticos* para describir los productos que reúnen tales características.

Calidad higiénica y de protección de la salud

Este concepto representa la sanidad e inocuidad del alimento, factores que repercuten directamente en la salud humana. Se trata de las sustancias que están presentes en los frutos y que pueden ser perjudiciales para la salud, tales como los contaminantes accidentales, los residuos de tratamientos fitosanitarios y las sustancias producidas por hongos y bacterias. La calidad higiénica y sanitaria está regulada en las reglamentaciones particulares de cada producto o grupo de productos, de forma tal que su cumplimiento garantiza la ausencia de problemas y especifica los límites admisibles en las propiedades consideradas esenciales, para evitar aspectos nocivos sobre la salud de los consumidores. Con relación a la importancia del aguacate para la salud humana, este representa un gran aporte, ya que contribuye a la eliminación del colesterol dañino (lipoproteínas de baja densidad), disminuye el riesgo de desarrollar arterosclerosis y reduce el nivel de los triglicéridos.

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 los atributos de calidad deseables de los productos y, adicionalmente, aspectos de inocuidad, calidad en los procesos en el campo, la planta empaadora y los puntos de venta.

Los programas de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, 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 empaadores. Los registros de estos programas son un respaldo del buen manejo de sus plantaciones y sus productos.

Factores precosecha que influyen en la calidad de las frutas

Existen diversos factores en la precosecha que tienen influencia sobre la calidad de las frutas en la etapa de poscosecha, y dependen principalmente de factores como el microclima, la variedad, las prácticas de manejo agronómico, los controles fitosanitarios y el manejo de la cosecha que se implemente.

Los factores ambientales comprenden, entre otros, los siguientes: la temperatura, la luminosidad (duración, intensidad y calidad de la luz), la precipitación, el viento, las características del suelo y la humedad relativa, entre otros.

Los factores agronómicos más importantes se refieren a aspectos como: la calidad del material de siembra, el control de malezas, el manejo de aspectos fitosanitarios, los programa de fertilización, la densidad de siembra, el sistema de riego y el drenaje y los sistemas de poda, entre otros. Todos estos factores influyen en una calidad adecuada en la cosecha; sin embargo, es importante determinar la influencia de cada uno de ellos en la calidad del producto, puesto que se relacionan entre sí.

Control de calidad del aguacate

Las normas de calidad para el aguacate generalmente incluyen la presencia o no de las siguientes características: 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) y NTC 5209 (Icontec, 2003), que establecen las definiciones, las condiciones de cosecha y almacenamiento, los requisitos mínimos de calidad, la madurez, la clasificación, las disposiciones referentes al calibre, las tolerancias y la 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 8.2 y 8.5 (Sandoval et al., 2010).

Tabla 8.5. Características físicas promedio para ocho variedades de aguacate en Colombia

Variedad	Longitud (mm)	Diámetro (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: Elaboración propia con base en Rojas et al. (2004)

Desde esta perspectiva, se destaca la importancia de la participación del productor en todo programa de calidad, pues además de los atributos que él considera importantes 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.

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

En el caso de los aguacates criollos, se deben escoger de acuerdo a las mejores características fisicoquímicas y de proceso, tales como rendimientos de pulpa y contenido de materia seca y 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, en este caso, por el rendimiento en pulpa y el contenido de materia seca, lo que determina la productividad y la calidad; así mismo, el contenido de aceite define la cremosidad característica de la pulpa de aguacate, de gran aceptación por el consumidor [tabla 8.6]. (Sandoval et al., 2010, pp. 44-45)

En la tabla 8.7 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 que, en el área de la agroindustria, es fundamental en productos como la pulpa y el guacamole, los cuales dependen en gran medida de la textura final del producto, que es proporcionada de manera directa por este parámetro, con un límite mínimo del 20 %. Muchos aguacates de origen antillano se descartan debido a que presentan muy frecuentemente una textura acuosa.

De forma similar se establece un valor mínimo del 10 % de rendimiento para aceite, el cual, a pesar de ser bastante exigente, pretende lograr una clasificación lo más rigurosa posible de los materiales a procesar.

Tabla 8.6. Características fisicoquímicas de aguacates criollos seleccionados en el departamento del Tolima

	Parámetro					
Municipio	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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.7. Parámetros para la selección de materiales de aguacate criollo para fines agroindustriales

Rendimiento de pulpa	> 70 %
Contenido de materia seca	> 20 %
Contenido de aceite (b. s.)	> 10 %

Fuente: Elaboración propia

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 las de mesófilos, coliformes, esporas de *Clostridium* sulfito-reductor, hongos y levaduras. El nivel de estos MO permitidos en las mitades 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 8.8.

Tabla 8.8. Recuento máximo de microorganismos en productos alimenticios

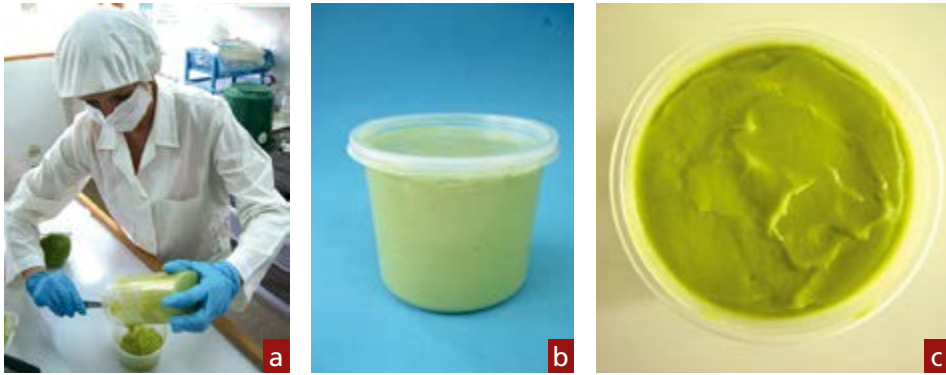
	Buena*	Acceptable
Mesófilos UFC/g	20.000	50.000
Coniformes totales UFC/g	>9	9
Coniformes fecales UFC/g	>3	>3
Esporas <i>Clostridium</i>		
Sulfito reductor UFC/g	>10	>10
Hongos/levaduras UFC/g	1.000	3.000

* Índice máximo permisible para identificar el nivel de calidad
Fuente: Icontec, 2007 (NTC 5468)

Agroindustria

Pulpa de aguacate

El método de conservación que ha tenido los mejores resultados corresponde a 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 gomas, alginatos, polifosfatos y otros que reducen el desarrollo microbiano, como el sorbato y el 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 y disminuye 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 8.21).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

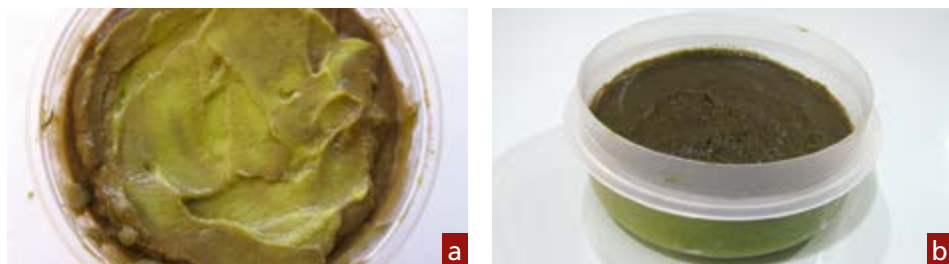
Figura 8.21. Pulpa de aguacate homogenizada. a. Envasado de la pulpa; b. Pulpa empacada en envase hermético; c. Pulpa envasada en buenas condiciones (sin oxidación).

Sin embargo, es posible agregar una mezcla de conservantes, como ácido cítrico, ácido ascórbico y vitamina E (α -tocoferol) que, en combinación con tratamientos de temperatura, han demostrado alta eficiencia en el control de la oxidación de la pulpa y en 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 porque el almacenamiento a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce notablemente la velocidad de las reacciones químicas y paraliza 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 8.22). La polifenol oxidasa (PPO) es una de las enzimas más estudiadas en la industria de los alimentos, ya que es la responsable de las reacciones de pardeamiento enzimático en frutas y verduras. Una de las razones por las cuales es importante su estudio es porque comercialmente es indeseable, ya que modifica las propiedades sensoriales, nutricionales y, en general, de calidad, lo que perjudica la comercialización de un producto (figura 8.22).

Las pulpas almacenadas a temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ conservan durante más tiempo sus características iniciales; sin embargo, su calidad comienza a disminuir después de tres meses de almacenamiento. Otro de los inconvenientes es la significativa pérdida de textura que ocurre después de la descongelación debido a la destrucción celular, la cual se manifiesta por una pérdida de consistencia y por la presencia de una fase líquida que varía según la naturaleza de los tejidos congelados. Así, las variedades de

aguacate cuyas paredes celulares sean menos gruesas y estén formadas por pequeñas células resisten mejor la acción combinada de congelar y descongelar que aquellos tejidos formados por paredes largas y finas.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.22. Oxidación de pulpa de aguacate durante el almacenamiento. a. Pulpa oxidada por mal almacenamiento; b. Detalle de la fermentación de la pulpa.

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 el 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 la actividad óptima de la PPO se sitúa entre 6 y 6,5, por lo que con pH cercanos o menores a 3 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, lo cual, 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.

Para lograr óptimos resultados es necesario considerar que la congelación solo se puede utilizar en la medida en que existan instalaciones adecuadas para el proceso, ya que el producto se debe mantener, sin interrupción, a una temperatura de

almacenamiento de -18 °C hasta el momento del consumo. En la tabla 8.9 se presentan los tiempos de vida útil promedio para pulpa de aguacate adicionada, almacenada bajo atmósfera normal, en porcentaje peso a peso (p/p), con 0,25 % p/p de ácido cítrico, ácido ascórbico (0,02 % p/p) y vitamina E (0,022 % p/p)

Tabla 8.9. Tiempos de conservación de pulpas en atmósfera normal

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
	Tiempo de conservación (días)				
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

Fuente: Elaboración propia

El uso del vacío y la formulación de aditivos potencia el efecto conservante en todas las variedades, además de presentar un efecto crioprotector a temperaturas de -29 °C. Esto puede verse en la tabla 8.10, en la cual se resume el tiempo de conservación de la pulpa almacenada bajo atmósfera normal y adicionada con la mezcla de antioxidantes: la mayor vida útil se presenta con ácido cítrico (0,25 % p/p), ácido ascórbico (0,04 % p/p) y vitamina E (0,044 % p/p).

Tabla 8.10. Tiempos de conservación de pulpas con empaque al vacío

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
	Tiempo de conservación (días)				
Criollos	16	24	149	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

Fuente: Elaboración propia

Guacamole

En el diseño y el desarrollo de productos y procesos agroalimentarios es frecuente acudir a las herramientas estadísticas de diseño para la valoración y la optimización de mezclas de varios componentes e ingredientes que nos permitan generar productos novedosos, con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores. Para la formulación del guacamole, por lo tanto, es posible adicionar especias (productos en polvo, como ají, cebolla, ajo y sal) y utilizar como respuesta la aceptación sensorial general, en función de las proporciones utilizadas.

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. Estas pruebas se denominan “de aceptación” y son utilizadas principalmente con el fin de identificar la respuesta que tiene el consumidor (preferencia o aceptación) hacia un producto específico.

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 él. La formulación de la pregunta correspondiente permite identificar el grado de aceptación hacia qué tanto gusta el producto o qué tan aceptable es para el consumidor.

La formulación del guacamole se basa en la pulpa procesada con el mejor tratamiento, que incluye la adición de antioxidantes, conservantes y especias en diferentes proporciones. Para cada análisis sensorial se hace una ficha que incluye la descripción del objetivo de la prueba a realizar y especifica las condiciones de la muestra y su presentación a los consumidores; de la misma forma, se realiza un análisis de los consumidores diferenciados por el rango de edad, sexo y frecuencia de uso del producto para identificar la afinidad con la prueba.

Después del almacenamiento durante tres meses en condiciones de congelación ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), se realiza un nuevo análisis sensorial con el fin de evaluar el cambio en tres características muy importantes para el consumidor (color, sabor y textura respecto al producto en fresco), ya que durante el periodo de almacenamiento se pueden presentar cambios que afectan el grado de aceptación: el color se vuelve más pálido, los sabores de los ingredientes se acentúan y cambia la textura debido al proceso de congelación-descongelación.

Se realizan pruebas finales de aceptación con la colaboración de agricultores, a los cuales se les presentan tres formulaciones para que ellos seleccionen la de mayor aceptación. El proceso para obtención de pulpa o guacamole se presenta a continuación (figura 8.23) y se detalla cada una de sus etapas.

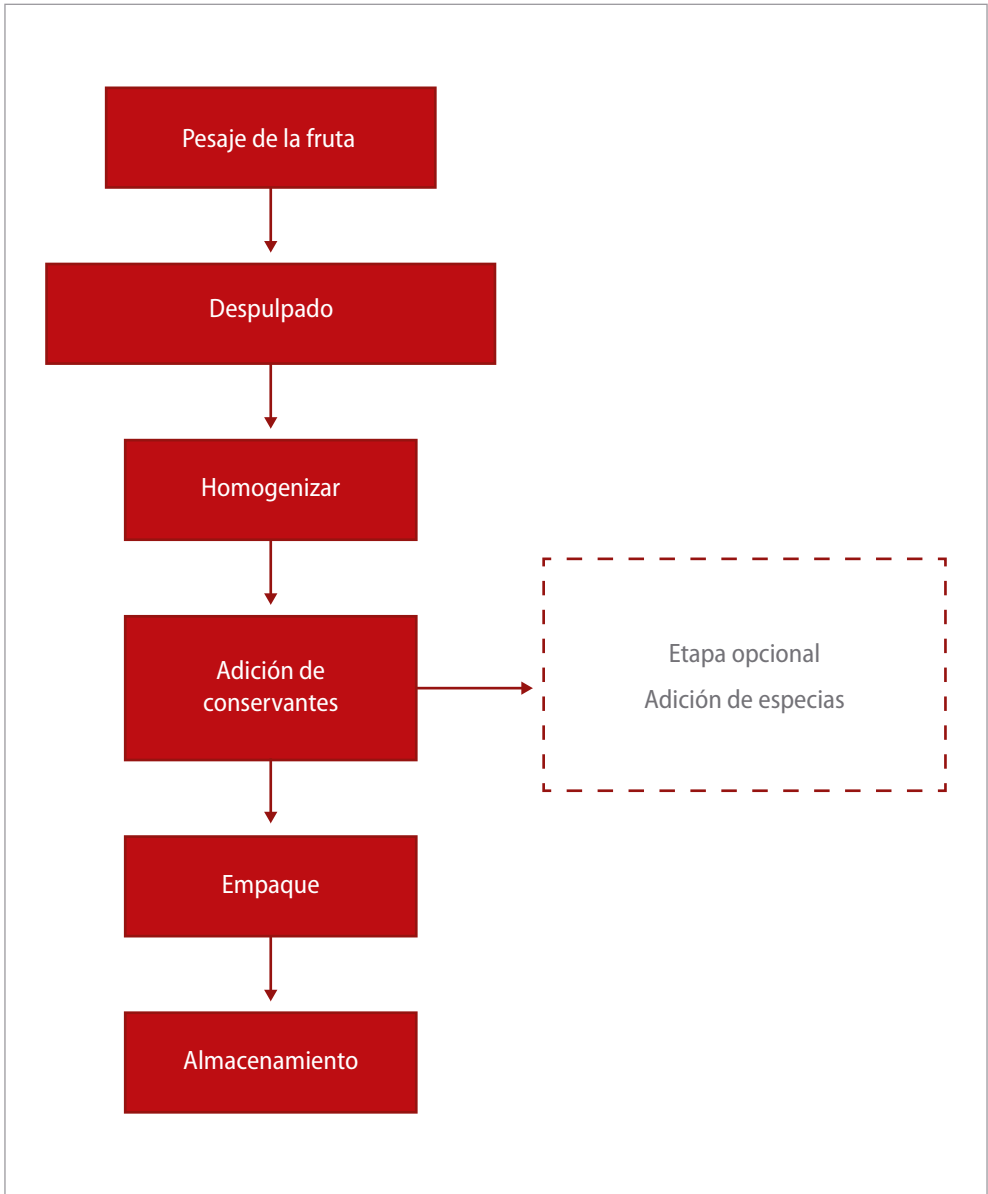


Figura 8.23. Diagrama de flujo para procesamiento de pulpas o guacamole.

Fuente: Elaboración propia

Operaciones de proceso

Corte

Por eficiencia, los operarios se disponen en grupos: unos se encargan de cortar la fruta y otros de separar la pulpa y la semilla (figura 8.24).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.24. Preparación de la fruta para la obtención de guacamole.

Pelado

El pelado es una operación que permite una mejor presentación del producto (figura 8.25).



a



b

Fotos: Jairo García Lozano

Figura 8.25. Obtención de la pulpa para procesamiento. a. Cortes en el fruto para facilitar el desprendimiento de la pulpa; b. Cortado de la pulpa para procesamiento.

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 así una mejor apariencia a la pulpa y evitando una rápida separación de los componentes presentes para generar una textura más fina. Esta operación, al igual que el corte y el 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, que causan una oxidación acelerada (figura 8.26).



Fotos: Angélica Sandoval Aldana y Freddy Forero Longas

Figura 8.26. Homogenización de pulpa de aguacate o guacamole. a. Maceración de la pulpa cortada; b. Pulpa macerada y homogenizada.

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 la duración de la pulpa de aguacate. En primera instancia, se debe agregar el ácido cítrico grado alimentario (2,5 g ácido cítrico/kg pulpa), con lo cual se reduce el pH, factor que limitará el crecimiento de microorganismos; posteriormente se adiciona ácido ascórbico (400 mg/kg pulpa) y la vitamina E (440 mg/kg pulpa).

El tiempo de mezclado recomendado es de cinco minutos para el caso de variedades con pulpas altamente viscosas como Hass, Booth 8, Santana y Criollos. Para variedades como Lorena, Papelillo y Choquette, con tres minutos se alcanza la consistencia adecuada; si se usan cuchillas, estos tiempos deben ser reducidos aproximadamente 1,5 minutos. La velocidad de mezclado estará en función del equipo utilizado y se deben realizar pruebas a fin de estimar este parámetro.

Si se desea producir guacamole, en esta etapa es 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); si el producto va a permanecer en condiciones de congelación, se adiciona monoestearato de glicerilo, en una 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 empackado con el mínimo de aire en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas. Por economía, y para darle vistosidad y funcionalidad a los empaques, se recomienda el uso de bolsas de alto calibre que permitan el sellado al vacío (figura 8.27). 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 del producto. La bolsa se coloca en una balanza hasta alcanzar el peso deseado. Para darle funcionalidad a este tipo de producto, se recomienda emplear empaques con capacidades de 250, 500 y 1.000 g, con lo cual se cubre la gama de tamaños personales, familiares y empresariales.

Almacenamiento

El producto terminado se almacena en un ambiente refrigerado o de congelación (figura 8.28). 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 deben ser tenidos en cuenta para efectuar la venta del producto.

Etiquetado

Cada una de las bolsas debe estar marcada, bien sea con un membrete o con una etiqueta; esta información debe contener, como mínimo, los siguientes datos: fabricante, variedad, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, ingredientes y peso.



Fotos: Angélica Sandoval Aldana

Figura 8.27. Empaque de pulpa de aguacate o guacamole. a. Empaque de pulpa en bolsa plástica; b. Sellado hermético de bolsa.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.28. Producto terminado y almacenado. a. Revisión de condiciones del empaque; b. Condiciones de almacenamiento de pulpa en frío.

Prototipo de empaque

Para las pulpas se cuenta con dos posibles tipos de empaque: 1) en presentación de atmósfera normal y 2) en empaque al vacío. El prototipo de empaque 1 es un recipiente plástico con tapa (figura 8.29) y el prototipo 2 es la bolsa PET (figura 8.30). Para el guacamole se presenta un empaque al vacío (figura 8.31) en bolsa PET, con capacidad de 250 a 500 g.

	Especificaciones	
	Forma	Cilíndrica
	Material	Tarrina
	Capacidad	250-500 g
	Atmósfera	Normal
	Etiqueta	Impresa
	Cierre	Tapa plástica
Información en el envase		
Marca comercial		Contenido
Fabricante		Fecha de vencimiento
Ciudad-Departamento-País		Lote fabricación
Página web		Código barras
Teléfono		Fecha fabricación
Registro Invima		Tabla composición
Ingredientes		Conservación

Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.29. Prototipo del Empaque 1 para pulpa.
Fuente: Elaboración propia

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

Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.30. Prototipo del Empaque 2 para pulpa.
Fuente: Elaboración propia

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

Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.31. Prototipo del Empaque 3 para guacamole.

Fuente: Elaboración propia

Equipo requerido para el procesamiento

El inicio del proceso piloto de obtención de pulpa de aguacate, en términos de equipos, requiere una baja inversión, puesto que, por una parte, en el mercado se consiguen ayudantes de cocina que realizan la labor de homogeneizadores (figura 8.32) y, por otra, se requiere de una empacadora de tamaño familiar (realmente no muy grande) cuya envoltura viene en rollos de 30 m; el tamaño del empaque para pulpas, en presentación de 500 g, es de aproximadamente de 20 cm de alto por 15 cm de ancho.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.32. Procesamiento a escala de pulpa aguacate o guacamole.

En el proceso del escalado se requiere una mayor inversión. El pelado se realiza manualmente, pero pueden utilizarse despulpadoras para retirar la semilla. Posteriormente se realiza la homogenización, que es la etapa en la cual se adicionan los conservantes, por lo que se debe garantizar un excelente mezclado sin dañar la consistencia cremosa de la pulpa, que es muy apetecida por los consumidores. Este proceso puede realizarse en una marmita con un agitador especial, para finalmente empacar el producto al vacío.

Tabla 8.11. Equipos para el 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 al vacío tamaño familiar	Homogenizador
	Empacadora a vacío industrial

Fuente: Elaboración propia

Uso de diferentes materiales de aguacate para el procesamiento de pulpas y guacamole

Para obtener una pulpa y un guacamole de buena calidad se requiere el uso de aguacates con un alto contenido de materia seca. Este parámetro permite obtener pulpas con una consistencia cremosa, muy apreciada en la percepción del consumidor. Es importante tener en cuenta que un nivel medio de aceite previene un rápido deterioro de la pasta por autooxidación 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 llamativo cuando se encuentra en la gama del verde.

Aceite de aguacate

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 debidos a la presencia de plagas y enfermedades.

Para el proceso de extracción, no se recomienda 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 por el contenido de aceite presente. A nivel mundial, y en los resultados obtenidos de las investigaciones de AGROSAVIA, la variedad Hass presenta una mayor superioridad; sin embargo, algunos materiales criollos deben ser estudiados, pues su composición presenta posibles ventajas competitivas.

La pulpa de aguacate, dependiendo de la variedad y la madurez, alcanza niveles de hasta 25 % de aceite, con valores promedio del 15 al 19 %, lo que permite lograr rendimientos de alrededor del 10 % de fruta fresca. La composición del aceite crudo de aguacate contiene alrededor de un 80 a un 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, y existen numerosos estudios sobre los beneficios del consumo de ambos aceites. Se reconoce que ayuda a reducir las lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo) y el contenido de triglicéridos en la sangre, por lo cual disminuye el riesgo de desarrollar arteriosclerosis.

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

Factores que influyen en el contenido de aceite

Cultivar

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

Madurez

Durante la maduración, el contenido de aceite de la fruta se incrementa gradualmente 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 la práctica común de cosechar los frutos cuando alcanzan como mínimo un 8 % de contenido de aceite; posteriormente a esto, la fruta continúa con su ciclo de maduración.

Métodos utilizados para la extracción de aceite

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

La extracción con solvente está basada en el uso de éter de petróleo en un equipo Soxhlet de material seco, como se muestra en las figuras 8.33 y 8.34. El uso de solventes para la extracción a escala comercial ha sido cuestionado debido a la contaminación ambiental que causa; adicionalmente, la remoción de residuos químicos del aceite no es del 100 %, lo cual afecta su calidad final. A pesar de las desventajas mencionadas, este método es el mejor para la recuperación total del aceite contenido en la pulpa del aguacate, por eso sus resultados se utilizan como patrón de referencia para la comparación entre procedimientos de extracción.



Foto: Catalina Álvarez

Figura 8.33. Extracción con un equipo Soxhlet.



a



b



c

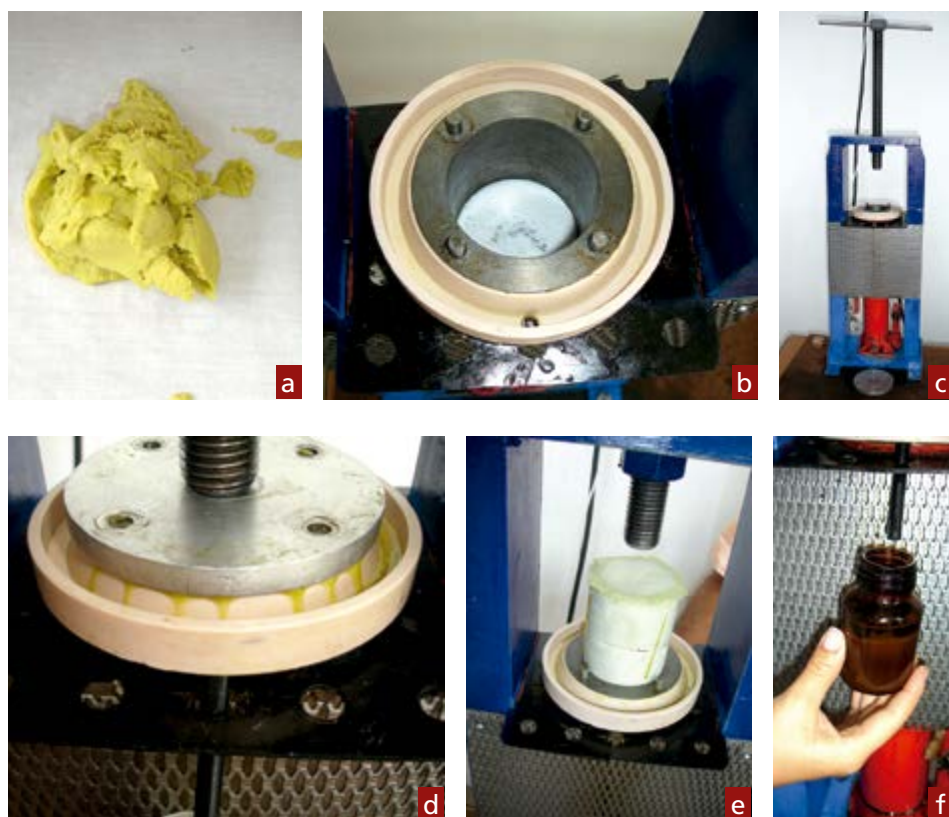


d

Figura 8.34. Proceso de extracción con un equipo Soxhlet. a. Pulpa fraccionada; b. Proceso de extracción en el Soxhlet; c. Aceite obtenido del proceso; d. Presentación comercial del aceite.

Fotos; Jorge Alonso Bernal Estrada, Catalina Álvarez y Sebastián Ospina.

Recientemente se han venido desarrollando industrias de extracción de aceite con fines alimenticios que trabajan con dos técnicas principalmente: 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 requerido consiste en 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 con esta técnica (figura 8.35) se requiere que la pasta presente un alto contenido de humedad y un alto porcentaje de materias sólidas incompresibles (hueso), condiciones que facilitan el drenaje de las fases líquidas a través de la torta.



Fotos: Angélica Sandoval Aldana, Freddy Forero Longas y Jairo García Lozano

Figura 8.35. Extracción de aceite de aguacate por prensado. a. Pasta de aguacate previamente preparada; b. Cilindro de prensado; c. Ubicación de muestra en el cilindro; d. Prensado de la muestra; e. Residuo de la muestra después del proceso; f. Obtención del aceite.

El proceso de extracción mecánica tipo centrifugación (figura 8.36) tiene como fin separar el aceite del resto de la fruta aprovechando las diferencias en el peso específico de las diversas fases. Por efecto de la decantación posterior a 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 cual en operaciones por lotes es necesario detener el proceso para retirarla. Una vez finalizado el procedimiento, 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 y velocidad de centrifugación (revoluciones por minuto).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.36. Extracción de aceite de aguacate por centrifugación. a. Fruto de aguacate listo para la extracción; b. Adición de agua a la muestra; c. Homogenización; d. Centrifuga; e. Cilindros utilizados para el centrifugado de la muestra; f. Separación de las fases y obtención del aceite.

Para la extracción de aceite se debe considerar la aplicación de enzimas que permiten un 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 la extracción de aceite utilizando enzimas con actividades pectolíticas, hemicelulíticas o celulíticas que son aplicadas en la industria alimenticia, principalmente, para la maceración de frutos y la extracción de aceites esenciales y comestibles gracias a su habilidad de romper la estructura de la pared celular y facilitar la liberación de aceite. El papel de las enzimas es muy específico. Comercialmente existen diversas casas matrices que las fabrican, las cuales especifican las condiciones de uso, la importancia del tiempo y la temperatura de incubación, la concentración de la enzima y el pH, entre otras. Los resultados de estudios realizados por AGROSAVIA confirman que la aplicación de enzimas incrementa el rendimiento en la extracción de aceite de aguacate.

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 particular (alto contenido de vitamina E), que lo hace susceptible a degradación por factores como la luz y la temperatura. El color en el aceite se deriva principalmente del contenido de clorofilas, lo cual lo hace atractivo para comidas gourmet y productos cosméticos, ya que les da a estos una apariencia más natural.

Los análisis químicos del aceite de aguacate demuestran que contiene una amplia gama de compuestos benéficos para la salud. El alfa-tocoferol, que se ha relacionado con la reducción de las enfermedades cardiovasculares, se encuentra aproximadamente en una cantidad de 12 a 15 mg/g de aceite en el producto obtenido por prensado en frío. Los niveles de beta-sitosterol fueron aproximadamente de 4,5 mg/g de aceite. Los fitoesteroles (incluyendo el b-sitosterol) inhiben la absorción intestinal de colesterol en el ser humano, disminuyen los niveles plasmáticos de colesterol total y de LDL y pueden prevenir el cáncer de colon, mama y próstata.

En la naturaleza existen unos 40 ácidos grasos distintos. 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 esa la razón de su actual demanda a nivel

mundial, tanto para el sector culinario como para el cosmético. Los ácidos grasos poliinsaturados contenidos en el aceite de aguacate son: linoléico, linolénico y octadecadienoico; los monoinsaturados presentes son palmitoleico, oleico y eicosanoico. Los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 mantienen el equilibrio de las grasas en la sangre e inhiben los mecanismos de agregación plaquetaria, por lo que inciden de manera positiva como agentes preventivos del riesgo vascular y son lípidos fundamentales para el desarrollo y el funcionamiento favorable del sistema nervioso central. Se están investigando los posibles beneficios de este ácido graso en una variedad de enfermedades crónicas, incluyendo cáncer, artritis reumatoide, disfunción cognoscitiva y especialmente en enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega 6 reducen los niveles de colesterol LDL (colesterol malo), pero también los del HDL (colesterol bueno), por lo que debe existir una buena relación en la ingesta entre los ácidos grasos omega 3 y omega 6 para que produzcan un efecto favorable en la salud humana. Una proporción adecuada entre los omega 3 y 6 contiene una mayor cantidad de ácido linolénico (omega 3) en relación al ácido linoléico (omega 6). Este equilibrio es básico para el metabolismo de las prostaglandinas, que son moléculas importantes para la regulación de las funciones cardíacas, gastrointestinales, hormonales y nerviosas, así como para el equilibrio de los fluidos en el organismo. El ácido palmítico y el esteárico son los ácidos saturados más abundantes; los ácidos oleico y linoleico son los más abundantes entre los insaturados.

En la tabla 8.12 se observa una lista en la que se desatacan, por su alto contenido de ácidos insaturados, materiales criollos de Chaparral (70,09%), Fresno (69,84%) y Mariquita (64,98%); por lo anterior, estos materiales de aguacate deben ser estudiados, ya que ofrecen un mayor valor agregado al consumidor.

Tabla 8.12. Composición de ácidos grasos de aceites extraídos de aguacate

Municipio	Nombre	Ácidos oleico linoleico linoléico (%)	Ácidos elaidico esteárico (%)	Ácido láurico (%)	Ácido palmitoleico (%)	Ácido palmítico (%)	Ácido mirístico (%)	Ácido araquidónico (%)
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	65,66	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

Fuente: Elaboración propia

Operaciones de proceso

En la figura 8.37 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de aceite de pulpa de aguacate mediante centrifugación con pretratamiento enzimático para garantizar 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.

Dilución con agua: se realiza para 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 debe ajustar el pH hasta un valor de 5,0. Posteriormente se adiciona la enzima y se deja actuar mediante incubación a una temperatura entre 30 y 50 °C. Lo anterior garantiza un alto rendimiento.

Centrifugación: las centrífugas utilizadas en la extracción de la enzima son equipos horizontales, también conocidos como decanter, en donde se separan dos fases, la oleoacuosa 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 centrífugas verticales.

Envasado: el empaque del aceite de aguacate debe hacerse en frascos de vidrio de color oscuro para garantizar y conservar la calidad del producto por más tiempo, debido a que su alto contenido de vitamina E lo hace muy susceptible a la oxidación, que provoca sabores rancios y cambios notorios de color. En las tablas 8.13 y 8.14 se describen las especificaciones e información básica de un prototipo de envase comercial para aceite de aguacate.

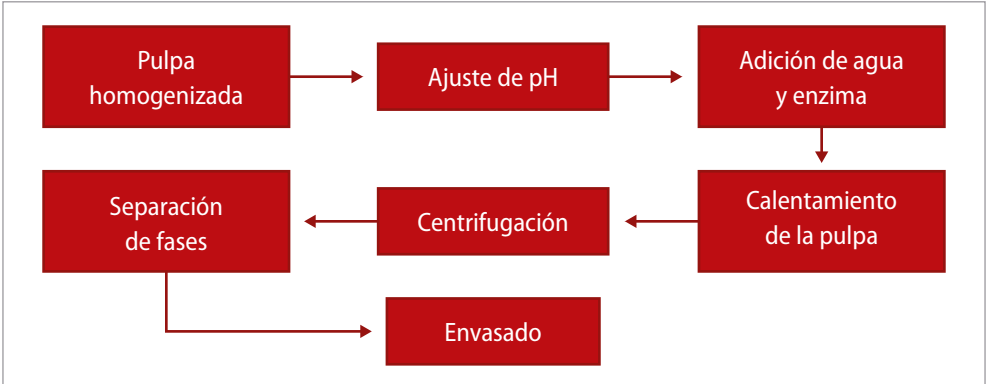


Figura 8.37. Diagrama de flujo para obtención de aceite.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.13. Especificaciones de un prototipo de envase comercial para aceite de aguacate

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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.14. Información básica de un prototipo de envase comercial para aceite de aguacate

Especificaciones	
Marca comercial	Contenido
Fabricante	Fecha de vencimiento
Ciudad, departamento, país	Lote de fabricación
Página web	Código de barras
Teléfono	Fecha fabricación
Registro del Invima	Tabla composición
Ingredientes	Conservación

Fuente: Elaboración propia

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. El proceso requiere que la fruta entre sin piel; posteriormente, con un tornillo sin fin se retira la semilla y se transporta hasta un homogeneizador; la siguiente etapa se realiza en un nuevo tanque, donde se adiciona agua y se ajusta el pH.

En este mismo tanque se realiza el tratamiento enzimático con calentamiento durante dos horas. Esta nueva mezcla se lleva a la centrifuga horizontal y la fase oleoacuosa resultante se transporta a otro separador; posteriormente se almacena en tanques de acero inoxidable para su envasado final.

Se puede trabajar con equipos prototipo para procesos a menor escala. En ese caso, se requiere una despulpadora y un homogeneizador en la línea de proceso de pulpas. El equipo principal es una centrifuga horizontal, que puede costar alrededor de \$80.000.000, y una envasadora de líquidos que tiene un precio de \$35.000.000 más o menos. Por tratarse de un proceso continuo, se requiere invertir en dos bombas de desplazamiento positivo para el transporte de los líquidos.

Referencias

- Altendorf, S. (2017). *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales*. FAO.
- Altendorf, S. (2019). *Major tropical fruits market review 2018*. FAO.
- Asohofrucol & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2006). *Plan Frutícola Nacional. Desarrollo de la Fruticultura en Tolima*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_116_FRUTALES%20TOLIMA.pdf.
- Brown, B. I. (1984). Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland. *Food Technology in Australia*, 37, 474-476.
- Cerdas, M. (2006). *Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate* (Persea americana). San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Dettmann, E. B., Caperon, J., Leon, L. E., English, J. N., & Walsh, M. (1987). New avocado maturity standards. *Subtropical Fruit Grower*, (October), 13-16.
- Forero, F., García, J., & Cárdenas-Hernández, J. F. (2007). Situación y avances en la poscosecha y procesamiento del aguacate (*Persea americana* Mill.) *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 189-200.
- Galán Sauco, V. (1990). Aguacate. En *Los frutales tropicales en los subtrópicos. Aguacate, mango, litchi y longan* (Vol. 1, pp. 50- 53). Madrid: Mundi-Prensa.
- Hofman, P. J., Fuchs, Y., & Milne, D. L. (2007). Cosecha, embalaje, tecnología de poscosecha, transporte y procesamiento. En A. W. Whiley, B. Schaffer, & B. N. Wolstenholme (Eds.), *El palto. Botánica, producción y usos* (pp. 331-364). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (1996). *Frutas frescas. Aguacate. Almacenamiento y transporte*. Bogotá: Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2003). *Frutas frescas. Aguacate. Variedades mejoradas. Especificaciones*. Bogotá: Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2007). *Zumos (jugos), néctares, purés (pulpas) y concentrados de frutas* (NTC 5468). Bogotá: Icontec.

- Kruger, F. J., & Abercrombie, R. (2000). *Timely nitrogen fertilizing recommendations for Pinkerton growers* [Advisory leaflet]. Nelspruit, South Africa: Institute for Tropical and Subtropical Crops.
- Lee, S. K., Young, R. E., Schiffman, P. M., & Coggins, C. W. (1983). Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 108(3), 390-394.
- Milne, D. L. (1994). Postharvest handling of avocado, mango and lychee for export from South Africa. En B. R. Champ, E. Highley, & G. I. Johnson (eds.), *Postharvest handling of tropical fruits* (pp. 73-89). Canberra, Australia: ACIAR.
- Olaeta, J. A. (2003). Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* (pp. 749-754). Málaga, España. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242228349_Industrializacion_Del_Aguacate_Estado_Actual_Y_Perspectivas_Futuras.
- Parra, D., & Serrano, S. (2017). *Guía de exportación de aguacate Hass para pequeños y medianos productores en Colombia*. Recuperado de <http://bit.ly/2uzmWM7>.
- Ranney, C. (1991). Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. *California Avocado Society Yearbook*, 75, 71-85.
- Rojas, J. M., Peñuela, A. E., Gómez, C., Aristizábal, G. E., & Chaparro, M. C. (2004). *Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad* (pp. 163-178). Chinchiná: Cenicafé.
- Sánchez, J. L. (1993). *Índices de madurez en aguacate: muestreo de frutos en campo y determinación de materia seca* [Folleto para productores No. 20]. Uruapan, Michoacán, México: SARH, Inifap, Cirpac.
- Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., & García Lozano, J. (2010). *Poscosecha y transformación de aguacate: agroindustria rural innovadora*. Espinal, Tolima: Corpoica, Centro de Investigación Nataima. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4683/1/POSTCOSECHA-DEAGUACATE.pdf>.
- Swarts, D. H. (1978). Microwaves used in determining avocado maturity. *Citrus and Subtropical Fruit Journal*, 535(3), 3-5.
- University of California. (2013). *Avocado varieties*. Recuperado de <http://ucavo.ucr.edu/avocadovarieties/VarietyFrame.html>.
- Waissbluth, R., & Valenzuela, J. (2007). Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. En: *Actas del VI Congreso Mundial del Aguacate*, 12-16 de noviembre, Viña del Mar, Chile. Recuperado de <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/5b-213.pdf>.
- Yahia, E. (2002). Manejo poscosecha del aguacate. *Vitae*, 9(2), 5-16.



