

POSTCOSECHA: BIOLOGÍA Y TÉCNOLOGÍA
POSTHARVEST: BIOLOGY AND TECHNOLOGY

REVISIÓN

Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha

*A review about guava (*Psidium guajava* L.) fruit importance and their main ones characteristic in the postharvest*

José Antonio Yam Tzec¹; Carlos Alberto Villaseñor Perea²; Eugenio Romantchik Kriuchkova² y Martín Soto Escobar³ y Miguel Ángel Peña Peralta¹

RESUMEN. La revisión bibliográfica esta dirigida a la importancia del cultivo de guayaba la cual radica en el aporte económico para algunas regiones de México. Durante la comercialización se presentan muchos problemas relacionados con los daños mecánicos que se ocasionan durante la cosecha, transporte y almacenamiento, dichos daños aceleran la actividad fisiológica de los frutos de guayaba que se traduce en pérdidas económicas por la reducida vida de anaquel de los frutos. Una vez que los frutos se cosechan, existen gran cantidad de factores que interactúan con los frutos. Una de las vías para mantener las características de calidad de los productos es interviniendo de manera que dichos factores no provoquen daños en el producto. Estos daños son ocasionados en su mayoría por las operaciones de cosecha, almacenamiento y transporte. El problema más grande radica en detectarlos, puesto que no son visibles al momento en que ocurren.

Palabras clave: compresión de guayaba, impacto.

ABSTRACT. This literature review has been addressed to the importance of the guava cultivation which resides in the economic contribution for some regions of Mexico. Various problems related to mechanical damage, such as those that happen during harvesting, transporting and storage appear during its commercialization. Damage accelerates the physiological activity of the guava fruit, which translates into an economic loss due to the reduced shelf life of the fruit. Once the fruits are harvested, they exist great quantity of factors that interacting with the fruits. One of the roads to maintain the characteristics of quality of the products is intervening so that these factors don't cause damages in the product. These damages are caused in their majority by the crop operations, storage and transport. The biggest problem resides discovering them, since they are not visible to the moment in that they happen.

Keywords: guava compression, impact.

INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L.) esta clasificada como uno de los frutos mas conocidos y estimados en la mayor parte del mundo. La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1.2 millones de toneladas, la India y Pakistán aportan el 50%,

México produce el 25% y el resto lo aportan otros países como Colombia, Egipto y Brasil.

En México la producción de guayaba es del orden de las 300 mil toneladas anuales; destacando por su aportación los Estados de: Michoacán 37 %, Aguascalientes 35 %, Zacatecas 21% y el 7% restante, lo aportan el Estado de México, Jalisco

Recibido 12/02/09, aprobado 12/05/10, trabajo 57/10, investigación.

¹ M.I. doctorante, Universidad Autónoma Chapingo, Postgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Chapingo, Texcoco, México, E-✉: ayam@correo.chapingo.mx, correoyam@hotmail.com

² Dr., Prof., Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, Texcoco, México.

³ M.I. Prof., Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

y Querétaro. Siendo el valor de la producción del orden de los 1200 millones de pesos (México, Gaceta del Senado, 2007)

Por otro lado, el cultivo de la guayaba, tiene un periodo de vida muy corto; se cosecha con un color verde amarillento y se ablanda alrededor de los ocho días. Para el caso de México, la cosecha es de forma manual. El manejo poscosecha se hace sin ninguna protección al fruto; para el caso de transporte se hace a granel, en cajas, hasta llenar los camiones, es en esta etapa donde los frutos sufren los peores daños.

La buena calidad de frutos de guayaba es aquella que presenta un buen aspecto general del producto, con leves defectos tales como raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras de sol, siempre y cuando no afecten la calidad y la conservación y que cumple con un proceso de selección riguroso. (NMX-FF-040-SCFI-2002)

Existen muchas causas que hacen que aparezcan los daños, estos, dependen directamente de la carga a la que es sometido el producto. De la necesidad por conocer la resistencia de los productos a los daños, nace la reología, ciencia, rama de la Física que estudia la deformación y el flujo, trata principalmente sobre la determinación de las propiedades físico mecánicas de los productos agrícolas.

Los principales causantes de los daños en los frutos agrícolas, pueden ser térmicos, biológicos físicos y mecánicos, para el caso de daños mecánicos, estos pueden dividirse de la siguiente manera:

- Impacto, que ocurre durante la cosecha y las siguientes operaciones de manipulación cuando un fruto se golpea contra una superficie. Muchas veces estos golpes resultan de los golpes en los contenedores o en los empaques.
- Compresión, al igual que el anterior provoca magulladuras o fracturas que se manifiestan generalmente entre frutos al meterlo al contenedor, o por cargas excesivas cuando se transporta a granel sometándolo a presión excesiva.
- Abrasión, producto del rozamiento entre los frutos y que se manifiesta con el levantamiento, separación o remoción de la epidermis.
- Por vibración, la causa del daño se debe a la repetitiva fatiga a la que se somete al material, teniendo como resultado la ruptura en el fruto.

Para el caso de la guayaba, los daños mecánicos son muy determinantes en la calidad del producto, daños que en ocasiones es imposible detectarlos a simple vista, pero a medida que el fruto vaya terminando su vida de anaquel se obtiene pérdida de calidad que repercute en cuestiones económicas.

En muchas ocasiones dichos daños se producen en el momento de la cosecha, el transporte o el almacenamiento. La Figura 1 ilustra las características principales del guayabo y se puede apreciar las superficies sobre las cuales los frutos caen al momento de la cosecha, dependiendo de la superficie será la cantidad y forma del daño que se pueda tener.



FIGURA 1. Producción de Guayaba en Zumpahuacan, Estado de México.

Debido a esto es importante estudiar las propiedades mecánicas de los frutos los cuales se definen como aquellas que se relacionan con el comportamiento de los materiales cuando se aplican fuerzas: características de esfuerzo-deformación bajo cargas estáticas y dinámicas. (Villaseñor, 2005)

Es importante conocer el comportamiento de un fruto al estar expuesto a cargas externas que se convierten en daños mecánicos, dichos análisis buscan un modelo de comportamiento característico que permita tener información para el diseño de empaques principalmente y de esta manera disminuir las

Dado los planteamientos anteriores, esta revisión presenta la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava L.*) y sus principales características en la postcosecha.

DESARROLLO DEL TEMA

Una vez que los productos agrícolas están listos para cosecharse, se inician varios procesos tales como la cosecha, el transporte, empaque, el almacenamiento y transporte a los centros de distribución o consumo. Estos procesos se caracterizan por la excesiva manipulación de los productos, empacados o a granel al momento de llegar al consumidor presentan ciertos daños producto de la suma de todos los factores externos que inciden de manera directa en nuestro producto.

La presente revisión de literatura explica estos procesos y la importancia que representan para la investigación aquí realizada. Presentamos la importancia del fruto de Guayaba, sus principales características, las propiedades mecánicas, la importancia de los daños y sus características, así como la importancia económica.

Importancia nacional y mundial de la producción de Guayaba (*Psidium Guajava L.*)

La guayaba (*Psidium guajava L.*) es un cultivo originario de América y actualmente se encuentra muy difundido en todo el mundo, pertenece a la familia de las Myrtáceas, frondoso que alcanza de 5 a 6 metros de altura como promedio, pero si se maneja adecuadamente con podas, no sobrepasa los 3 m. Los tallos cuando están tiernos son angulosos. Las hojas nacen en pares, de color verde pálido, de forma alargada, terminan en punta aguda con una longitud que oscila entre 10 y 20 cm., con 8 cm. de ancho; posee pelos finos y suaves en ambos lados, con una nervadura central y varias secundarias que resaltan a simple vista. Estas variedades empiezan a producir a los pocos meses; desde que aparece la flor hasta la cosecha se tardan solo 4 meses.

El fruto es ovalado, carnoso con semillas en la pulpa, diámetro de 4 a 8 cm. y un peso que en dependencia de la variedad oscila entre 50 y 500 gramos, y un pH de 4,1-5,4, con una densidad promedio de 1,88 g/cm³ Es un fruto amarillo y la pulpa de color blanco, crema o rosa, y cuyo tiempo de producción desde la floración hasta la cosecha va de 100-150 días. Los frutos amarillos son cosechados para el consumo nacional, mientras que los de color verde intenso son cosechados para exportar. Normalmente la cosecha es de manera manual, depositándolos en cartones corrugados o en bolsas que no evitan por completo los daños.

Tienen potencial para la elaboración de pectinas y aceites con sus semillas. El potencial industrial deriva de sus aptitudes para pulpas, puré, polvo para reconstituir como néctar, mermeladas, jaleas y dulce. El jugo de guayaba se utiliza principalmente en jugos y néctares, también existe demanda en la industria de alimentos para bebés.

La temperatura óptima 8-10° C para guayabas verde-maduras y parcialmente maduras (vida potencial de almacenamiento igual a dos o tres semanas) y de 5-8° C para guayabas completamente maduras (vida potencial de almacenamiento igual a una semana) (Kader, 2002).

Las principales acciones a favor de este producto radican en alargar la vida poscosecha hasta 30 días para apoyar las es-

trategias de comercialización, aplicar procesos de preenfriado del fruto, desarrollo de acciones de extensión para aplicar los resultados de investigaciones en el manejo en fresco como para el uso industrial y estar atentos a las oportunidades de mercado. En el mercado existen cajas con 12, 15, 24 frutos, (Kader, 2002).

En la actualidad, la producción comercial se ha extendido a diversas regiones y países del mundo, destacando Estados Unidos, Australia, Filipinas, India, Sudáfrica, Venezuela, Brasil, Egipto, Tailandia e Indonesia, (ASERCA, 1997).

A nivel nacional, la guayaba se produce de manera comercial en 16 estados, aunque se considera que existe producción silvestre no contabilizada en por lo menos otras 11 entidades del país. De cualquier forma, cabe señalar que el cultivo de la guayaba se concentra en tres estados: Aguascalientes, Zacatecas y Michoacán, los que durante el periodo de 1990-1997 han contribuido con el 90% de la superficie cosechada a nivel nacional y con el 94 por ciento de la producción total del país.

Es un fruto climatérico cuya curva características se presentan dentro de los primeros cinco o seis días de cosecha. Es en este periodo cuando se sufren los cambios más severos. (Kadam y Salunkhe, 1998)

La guayaba es un fruto tropical importante en aspectos económicos y en aspectos nutricionales. La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1.2 millones de toneladas, la India y Pakistán aportan el 50%, México produce el 25% y el resto lo aportan otros países como Colombia, Egipto y Brasil.

En México la producción de guayaba es del orden de las 300 mil toneladas anuales; destacando por su aportación los Estados de: Michoacán 37%, Aguascalientes 35%, Zacatecas 21% y el 7% restante, lo aportan el Estado de México, Jalisco y Querétaro (Figura 2). Siendo el valor de la producción del orden de los 1200 millones de pesos. (México, Gaceta del senado, 2007)

La producción nacional de guayaba durante los últimos cinco años ha sido del orden de las 192 mil toneladas anuales en promedio. Se tiene contemplada una demanda por cadenas comerciales estadounidenses de 22 mil toneladas para 2008; asimismo, se abrirían nuevos mercados y se mejoraría el precio de la guayaba. (La Jornada, 2008)

Por la perecibilidad del producto y su delicadeza para el manejo, tanto productores como expertos estiman que la merma física del producto en la cosecha y la comercialización son del orden del 20% (ASERCA, 1996)

El consumo per cápita es de 2,3 kilogramos. Cabe señalar que la disponibilidad del producto en el mercado es casi todo el año, la producción se concentra en los meses de agosto a marzo, siendo los meses de mayo y junio los de menor oferta. La mayoría de las familias lo consumen en fresco como fruta de mesa o para refrescos caseros. Esto significa que cerca del 87% de la producción nacional se consume directamente en fresco, de los cuales el 65% se concentra en la central de abastos de México, 20% en la de Guadalajara, 10% en Monterrey y el 5% restante en otros centros.

La comercialización de la guayaba se realiza a pie de la huerta a los intermediarios quienes con transporte propio

recogen la fruta para trasladarla a su destino, cuando el volumen es pequeño la entrega se hace directa y se traslada en un vehículo pequeño y después es el intermediario quien acude a Sanidad Vegetal a gestionar el certificado sanitario de la fruta para proceder al envío. Las ventas a industriales y tiendas de autoservicio se realizan también a través de los intermediarios. Se ha generalizado la idea de que la industria solo consume fruta de segunda calidad, que es la de menor precio y es poco importante la apariencia, lo cierto es que para el caso de guayaba enlatada, entera o en mitades, se requiere de fruta de la mas alta calidad, de mejor apariencia y de tamaño homogéneo.

La posibilidad de que sea eficiente la producción nacional de guayaba en los próximos años, deberá estar basada en tres estrategias de mediano y largo plazo. 1) Incremento de la productividad 2) la ampliación de la superficie cosechada 3) la reducción de las mermas que por la magnitud es un aspecto que debe considerarse para un plazo más inmediato, este aspecto esta muy ligado al establecimiento de un programa de capacitación de manejo poscosecha tendiente a manipular con técnicas adecuadas a esta fruta delicada y dirigido a los productores a nivel nacional con el objetivo de reducir mermas de cosecha y manejo durante la comercialización.

PRODUCCIÓN DE GUAYABA EN MÉXICO

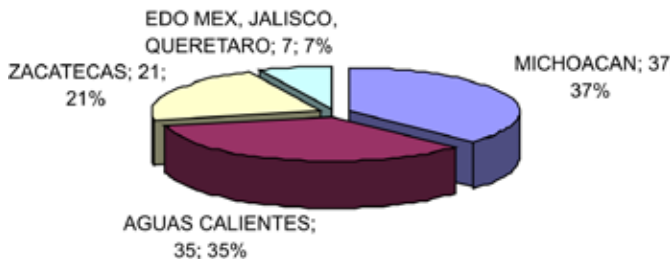


FIGURA 2. Gráfico que representa la producción de Guayaba en México, clasificados por principales estados productores, fuente: GACETA DEL SENADO DE LA REPÚBLICA, 2007

La información estadística disponible en relación con los costos de producción es poco sistemática y no permite hacer un análisis de la evolución del nivel y estructura de éstos, sobre todo en las principales regiones productoras del país (Cuadro 1).

CUADRO 1. Porcentaje de costos de las principales labores de cultivo en la producción de Guayaba en México, datos en por ciento (Fuente: SAGARPA, 1998)

COSTO TOTAL	100
Labores de cultivo	9,9
Riego y drenaje	2,3
Fertilización	17,6
Control de plagas y enfermedades	12,8
Cosecha	11,5
Selección y empaque	2,9
Empaque y envases	20,9

Como en el caso de otros frutales de producción nacional, la oferta de guayaba se concentra en unos cuantos meses, aunque en el mercado nacional existe disponibilidad de la fruta durante todo el año. Entre los meses de septiembre y enero se concentra alrededor del 70 por ciento de la producción nacional. El restante 30 por ciento se distribuye del mes de febrero a agosto, siendo los meses de mayo y junio los de menor disponibilidad del producto.

En términos regionales, el periodo de mayor oferta corresponde al de cosecha en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, aunque en las principales zonas de producción se han identificado acciones para prolongar la disponibilidad del producto a lo largo de todo el año.

El producto desde que es cosechado hasta que se consume atraviesa por diferentes procesos de transporte, empaque, almacenamiento y hasta que se consume por el comprador final.

La calidad del fruto esta en dependencia de la cosecha, la mayoría de los países productores realiza hoy en día de forma manual la cosecha del producto, cuando se ha realizado de forma mecánica por ejemplo usando la vibración para desprender el fruto, se ha observado un incremento en los daños mecánicos.

La cosecha mecánica puede reducir o aumentar el costo de la cosecha, todo depende de las labores adicionales que se deben hacer para preparar al cultivo a la mecanización. Según algunos datos la mecanización en la cosecha ha hecho, al momento, que exista una diferencia del 30-60% de los costos con relación a la cosecha manual.

Los avances tecnológicos (robots) deben realizar una cosecha de forma similar a la del humano tendiendo en cuenta el color, tamaño, la forma y otros factores que se consideren necesarios ya sea físicos o biológicos. Hasta el momento la cosecha manual es la más barata y efectiva, aun cuando realizar la cosecha manual presenta otros problemas de índole social como la contratación de personal, seguros, etc., la cosecha de tipo mecánica ha buscado en los últimos años de manera general la satisfacción procurando con esto, estudios de ergonomía y de seguridad laboral. El proceso de cosecha, de forma manual o mecánica debe cubrir los siguientes procesos: (1) detección del fruto, (2) dirección del sistema o de la mano (3) movimiento de cosecha con aplicación de la fuerza necesaria para desprender (4) depósito del fruto en el contenedor.

Para el caso de la detección esta se va a realizar de forma visual, cuando la detección es por color, la búsqueda es en poco tiempo, que cuando se busca por forma o tamaño, para dirigir el sistema de corte. La cosecha propia, esta en función de la sección del tacto y el depositado de la velocidad y distancia del depósito.

Propiedades físicas y mecánicas de los productos agrícolas

En el estudio de las propiedades de granos, semillas, frutos y vegetales es importante el estudio de las propiedades mecánicas que se relacionan con los daños y calidad de frutos.

Cuando se analiza el producto o material con respecto a ciertas normas o estándares la propiedad física se convierte en un elemento importante.

La relación entre los productos agrícolas y sus propiedades físicas, data desde hace 1940, con los trabajos de Goriachkin (1965). El estudio de las propiedades físicas de los productos agrícolas consiste en enfocar el producto vegetal como cualquier otro material, es decir, como un cuerpo físico que posee propiedades.

Propiedades físicas

Algunas características físicas: La forma, el tamaño, el volumen, el área superficial, la densidad, el color y la apariencia, son parámetros utilizados en la ingeniería para estos productos (Mohsenin, 1970).

La forma y el tamaño, son inseparables en un objeto físico y necesario para describirlos. Las medidas de algunos ejes son suficientes para poder describirlo, algunas formas para definirlos de manera estándar son: redonda, aproximada a esfera; oblada, plana en el tronco y termina en ápice; oblonga, diámetro vertical más grande que el horizontal; cónica, gradual decremento hacia el ápice; ovada, en forma de huevo; ovoidada, con forma de huevo invertido; elíptica, aproximada a elipse; truncada, terminales cuadradas o planas; desigual, una mitad más larga que la otra; regular, sección aproximada a un círculo.

La redondez: es un índice que indica aproximación a una forma redonda, la formula para calcularla es la siguiente:

$$\text{Redondez} = A_p/A_c$$

donde:

A_p -área proyectada más larga de un objeto en posición de descanso;

A_c -área del círculo circunscrito.

El concepto de esfericidad descansa sobre la igualdad isoperimétrica de una esfera.

$$\text{Esfericidad} = D_i/D_c$$

donde:

D_i -diámetro del mayor círculo inscrito en el área proyectada; D_c -diámetro del menor círculo circunscrito en el área proyectada.

La densidad de los sólidos se define como la masa del sólido dividida entre el volumen del sólido, para el caso del fruto de guayaba, la densidad obtenida es de 1,88 g/cm³

Propiedades Mecánicas

El estudio de las propiedades mecánicas en los frutos cobra vital importancia al obtener información referente a su comportamiento en el proceso de recolección y manipulación manual o mecánica de los mismos. Los productos se ven sometidos a cargas cuya respuesta será dependiente de sus características.

Según Villaseñor (2005), las aplicaciones de las propiedades mecánicas se reflejan en caracterización del material, el momento adecuado para la cosecha, la cosecha selectiva, el

método óptimo de cosecha, la separación de materia indeseable, el procesamiento mecánico, la evaluación y control de textura y calidad, y los daños en la colecta, manejo y almacenaje.

Se denomina esfuerzo a la fuerza por unidad de área.

$$\sigma = P/A$$

donde:

σ -esfuerzo, Pa;

P -fuerza, N;

A -área, N/m².

Al aplicarle una fuerza a un cuerpo, este sufre una deformación.

La deformación se puede definir como

$$\varepsilon = \delta/L$$

donde:

ε -deformación;

δ -alargamiento;

L =longitud inicial.

Obsérvese que la deformación es adimensional. Para el ejemplo de una barra que es sometida a cargas externas, si la barra esta sometida a tracción, la deformación se llama de deformación de tracción, caso contrario será, deformación de compresión. Después de realizar pruebas de compresión o tracción se obtiene la curva característica del material que nos indicara sobre propiedades y comportamiento mecánico del material, la Figura 3 nos muestra el comportamiento típico de un material al aplicarle una fuerza de compresión.

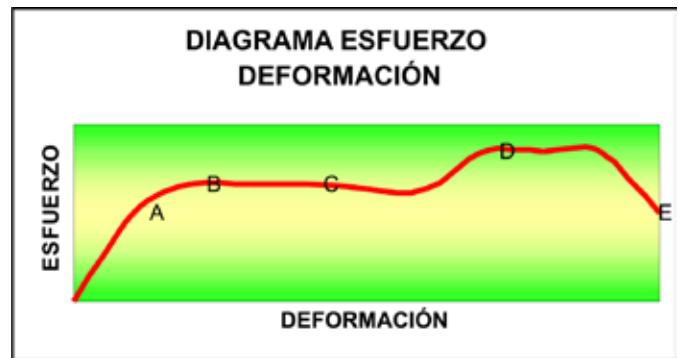


FIGURA 3. Diagrama esfuerzo-deformación de un cuerpo al aplicarle compresión.

Desde el punto 0 hasta el punto A la deformación es proporcional al esfuerzo, el punto A es el límite de proporcionalidad, al aumentar la carga la deformación crece más rápidamente, la curva tiene una pendiente más pequeña hasta llegar al punto B en el que la curva es casi horizontal hasta C que se conoce como punto de fluencia, el segmento BC es el espacio donde el material sufre los cambios en estructura y cuya causa es un incremento en la resistencia a la deformación en futuras cargas aplicadas; un alargamiento adicional requiere un incremento en la carga y el diagrama toma una pendiente positiva hasta D que es el valor máximo, para después llegar al punto E que es el punto de fractura.

La Figura 4 muestra el comportamiento de un material biológico al aplicarle cargas de compresión.

Para el caso de un material biológico según Mohsenin (1970), el punto denominado LE es el límite elástico hasta donde la deformación es proporcional al esfuerzo, el denominado punto B, dentro del diagrama fuerza-deformación, es el punto de biocedencia en el cual ocurre un incremento en la deformación con un decrecimiento o ningún cambio en el esfuerzo. La presencia de este punto indica que hay una ruptura celular en la estructura interna del material. El término biocedencia indica la falla de algún elemento estructural del material en ensayo.

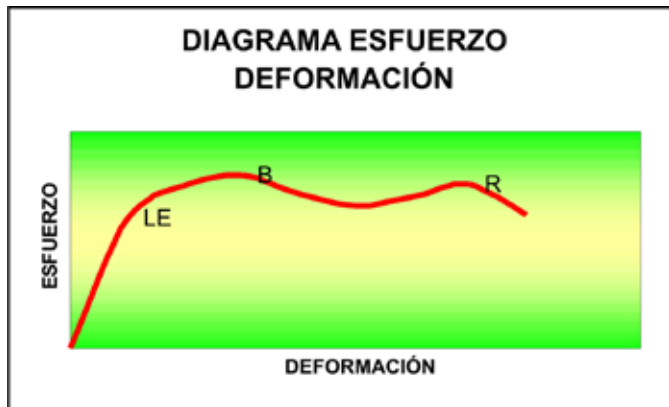


FIGURA 4. Curva de esfuerzo-deformación de un material biológico, LE, límite elástico, B, punto de biocedencia y R, punto de ruptura.

El punto de biocedencia corresponde a fallas en la microestructura, mientras que el punto de ruptura R, corresponde a fallas en la macroestructura de la muestra (magulladuras, cortes, agrietamientos, fracturas, etcétera) (Germán, 2003).

Cuando en el diagrama de esfuerzo deformación se toma en cuenta el tiempo, y los materiales son cargados durante largos periodos, algunos, desarrollan deformaciones unitarias adicionales y se dice que fluyen plásticamente, aun cuando la carga no cambie, un material puede por ejemplo, alargarse. Los materiales biológicos fluyen a temperatura ambiente, a este comportamiento del material se le llama flujo plástico.

Se denomina módulo de elasticidad a la razón entre el incremento de esfuerzo y el cambio correspondiente a la deformación unitaria. Si el esfuerzo es una tensión o una compresión, el módulo se denomina módulo de Young y tiene el mismo valor para una tensión que para una compresión. Tanto el módulo de Young como el límite elástico, son naturalmente distintos para las diversas sustancias. El hecho de que la variación de deformación unitaria sea directamente proporcional a la variación de esfuerzo, siempre que no se sobrepase el límite elástico, se conoce como ley de Hooke.

La Reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Algunas de las aplicaciones de la reología se pueden resumir de la siguiente manera: control de calidad de los alimentos, estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios, producción de pegamentos, pinturas y medicamentos, caracterización de metales, productos biológicos.

Pruebas mecánicas

A nivel ingeniería es importante conocer el comportamiento de los materiales al someterlos a fuerzas externas. En muchos de los materiales que se emplean se realizan test o pruebas mecánicas sometiendo a los productos a dichas fuerzas e ir analizando el comportamiento. Existen normas para realizar pruebas a los productos que se han ido delimitando a través del tiempo.

Se ensayan los materiales vegetales con los mismos modelos y teorías utilizados para cualquier otro material de la ingeniería, pero con la especificidad propia del producto vegetal. A nivel internacional estos estudios han sido de vital importancia sobre todo en la determinación de cuantificación de daños encaminado a cuestiones de calidad de los frutos agrícolas. La American Society of Agricultural Engineers (ASAE), de Estados Unidos, ha dedicado un grupo importante en la determinación de propiedades mecánicas de productos agrícolas, una de las normas importantes es la ASAE S368.4 DEC00 que trata sobre la prueba de compresión de productos agrícolas y que servirá en la prueba que se realizara en este trabajo. Existen pruebas en diferentes frutos, por ejemplo, en Colombia, existen determinación de propiedades físicas y mecánicas de papa, el Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en hortalizas y en hojas de tabaco, en México, existen algunos trabajos sobre propiedades físicas de piña, cítricos, papaya, zarzamora y en frutos de Melón, que combina la características mecánicas con la fisiología, realizada por Villaseñor (2005).

Para el caso de productos agrícolas existen pocos estudios sobre el comportamiento de los materiales, dichas pruebas nos sirven para determinar datos importantes que serán útiles en la toma de decisiones, se estudia casi siempre el comportamiento al someter a un fruto a compresión y su importancia radica en que los daños mecánicos en un material biológico son producto de cargas compresivas y ha sido esta problemática, probablemente, una de las principales razones para coleccionar más datos para ensayos de compresión que para los ensayos de tensión (Mohsenin, 1970).

Algunos de las pruebas que se realizan son:

Prueba de compresión, donde es posible determinar la resistencia a la compresión ($N\ m^2$) del material.

Prueba de penetración, es un método destructivo a partir del cual se mide la fuerza necesaria para pinchar la piel, indicando por tanto la "resistencia" de la piel (German, 2004).

Prueba de corte: conocer la estructura del material para entender su comportamiento cuando es sometido a pruebas.

En la prueba Creep (Figura 5), una carga inicial es aplicada a un material, el objetivo es determinar la deformación continua. Existen tres secciones de, en el segmento I, la deformación aumenta, en el segmento marcado con II, el crecimiento de la deformación es casi constante, en el segmento III, la deformación aumenta hasta llegar a F, donde ocurre la fractura del material. Se usa para estudiar el comportamiento de los productos viscoelásticos, en función del tiempo (Sitkei en 1986), citado por Villaseñor (2005).

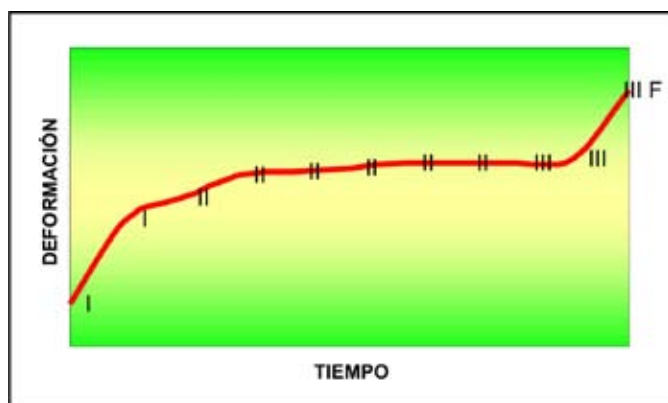


FIGURA 5. Curva característica de la prueba Creep.

Daños mecánicos

Una vez que los frutos se cosechan, existen gran cantidad de factores que interactúan con los frutos, ocasionando manifestaciones en dichos frutos. Una de las vías para mantener las características de calidad de los productos es interviniendo de manera que dichos factores no provoquen daños en el producto. Estos daños son ocasionados en su mayoría por las operaciones de cosecha, almacenamiento y transporte. El problema más grande radica en detectarlos, puesto que no son visibles al momento en que ocurren.

Las operaciones poscosecha se relacionan con operaciones que implican impacto circunstancia que ocasiona el magullamiento de la pulpa. El impacto es la causa más importante de daños en frutas. La excesiva compresión de la misma manera. Un daño mecánico es la falla del producto bajo deformación excesiva provocada por la aplicación de una fuerza constante, oscilante o puntual y cuyas variaciones se observan a diferentes intervalos (Manesco, 1998).

La mecanización de las operaciones, también produce daños y se reflejan en la calidad del producto dado que es el inicio de un deterioro completo del mismo. Algunas posibilidades de reducir los daños son: diseño adecuado de los elementos manipuladores de las maquinas, desarrollo de especies con calidad mejorada o la realización del transporte en un estado biológico del producto tal que pueda resistir el daño (Zambrano, 1996).

Formas de daños

No existen normas para establecer las dimensiones de los daños en los frutos agrícolas. Las formas son diferentes dado que los productos agrícolas se pueden destinar a la industria o al consumo en fresco. Se pueden diferenciar: abrasión, magullamiento, agrietamiento, corte, punción, división, ruptura, distorsión, son manifestaciones de los daños en los frutos agrícolas.

Los costos directos en las pérdidas en frutas y hortalizas incluyen las pérdidas de fruto cuando la pulpa es desbastada y se incrementan las labores para remover la sección dañada o magullada. Los costos indirectos son en la baja calidad de los productos y en la tardanza en el procesamiento.

Determinación de los factores que influyen en la susceptibilidad de los daños mecánicos

La sensibilidad a los daños mecánicos esta influenciado por numerosos factores. Podemos dividirlo en parámetros relacionados con el estado físico del fruto (temperatura, contenido de humedad, madurez) y en parámetros relacionados con la carga (estática, dinámica, oscilante).

De acuerdo al tipo de interacción con sus alrededores, los daños mecánicos que puede sufrir un producto agrícola se clasifican de tres formas: por fricción, por impacto o por compresión. La fricción resulta del movimiento del producto contra objetos adyacentes, dando lugar a una abrasión superficial. El impacto se refiere al choque entre frutos o contra las paredes o piso del contenedor del producto, sobre todo cuando no hay restricción de movimiento vertical. La compresión se presenta debido a la presión que ejercen frutos u objetos en capas superiores, principalmente cuando el producto se transporta a granel. Estos tipos de daño pueden generarse durante la transportación del producto por carretera, ya sea de forma individual o combinada. En la generación del daño, tiene influencia el tipo de empaque, el tipo de vehículo, las acciones de conducción y el estado superficial de la carretera, que son la fuente de la vibración que sufre el producto.

De manera concluyente, se ha establecido que el transporte de los productos agrícolas es una fuente potencial de daño a los mismos, cuya severidad depende de la intensidad y duración de la vibración y otras cargas combinadas que se producen durante el transporte.

El precio de un producto agrícola está asociado en gran medida con su disponibilidad y su presentación. La disponibilidad depende de la producción obtenida a través de las cosechas, mientras que la presentación visual y la percepción de su estado físico es un factor de mayor influencia para su comercialización.

De una manera general, se ha descrito que el manejo rudo de los productos agrícolas afecta su proceso fisiológico, produciendo un incremento en la tasa metabólica y en los niveles de producción de etileno, formando parte, ambos factores, del proceso de maduración. Además, la ruptura de los tejidos externos de los frutos proporciona sitios de entrada a los microorganismos causantes de la putrefacción, lo cual disminuye la vida de presentación de los mismos

Además de la manifestación visual de la alteración física de un producto dañado (aparición y color), se presentan otros cambios en sus cualidades comestibles, que se basan en mediciones de ciertos parámetros que forman parte de un análisis de perfil de textura. El análisis de perfil de textura trata de obtener y medir las características que se presentan cuando una persona muerde y mastica algún vegetal, como dureza, resortividad, coherencia masticabilidad, gomosidad, elasticidad y compresión, todas ellas encaminadas a una cuantificación de la sensación producida cuando un alimento es comido e ingerido. Aunque un estudio de comestibilidad requeriría de un análisis sensorial, el análisis de perfil de textura es esencialmente el resultado de la medición indirecta de ciertas propiedades mecánicas de los frutos y vegetales, a través de las cuales se obtienen indicadores de las características involucradas.

Para el caso de los daños por vibración es importante el diseño de los empaques que busquen amortiguar las fuerza externas y con ellos protegerlos, estos parámetros también deben tomarse en cuenta en los vehículos que transportan dichos frutos, existen normas que determinan algunas dimensiones de contenedores, todo ello buscando y procurando una mejor calidad en los mismos.

Algunos estudios en Pennsylvania en Frutas de Manzana indican que las pérdidas por daños mecánicos son hasta del 28%. Otros estudios citados por Mohsenin (1970), indican una pérdida del 10-12%. Daños mecánicos que son productos de las fuerzas a la que son sometidos los productos agrícolas.

Para detectar este tipo de daños en los frutos se requiere de técnicas e instrumentos, actualmente el método utilizado es descriptivo, por ejemplo una forma de realizar tal detección es mediante los cambios en coloración que provocan. Para el caso de daños por impacto, se ha descrito un método para determinarlos en frutas y vegetales. Otra manera de describirlos es medirlos en términos de respiración, usualmente en unidades de volumen de CO₂ por unidad de peso de producto por unidad de tiempo (Mohsenin, 1970).

Aspectos fisiológicos de poscosecha en los productos agrícolas: Respiración y producción de etileno

La calidad del fruto se considera de acuerdo a su textura, color sabor, limpieza exterior y tamaño. Los frutos de Guayaba, se clasifican de acuerdo a una norma, que para el caso de México es la: NMX-FF-040-SCFI-2002, en el caso del consumo de fruta fresca. Se estima que alrededor del 94% de la superficie cultivada con Guayaba es de riego, principalmente por bombeo, ya se que se trata de diversos terrenos con ciertos grados de inclinación, lo cual encarece los gastos de producción de manera significativa. Se recomienda que la cosecha de guayaba se realice en el momento de cambio de coloración de color verde a amarillo con firmeza, con un índice químico con 12° Brix o mayores o cuando la fuerza de separación del fruto es menor a 39 N. Algunas pruebas de cosecha mecánica que se han hecho principalmente en Hawái no han obtenido resultados satisfactorios por lo que toda la fruta cosechada se ha destinado a la industria, algunos estudios muestran que la pérdida por acción mecánica va del orden del 12% de la producción total. Uno de los índices de cosecha es el patrón de respiración, la mayoría de los autores afirman que este tipo de frutos presenta un patrón típico de los frutos climatéricos (Wills, 1981).

Algunos cambios metabólicos se observan cuando una pequeña cima de producción de etileno coincide con el principio del cambio del color del fruto, para el caso del fruto los cambios

se dan desde la polinización de la flor en forma y tamaño, inicia con un fruto cuyo crecimiento en diámetro y longitud son proporcionales, hasta llegar a la etapa final en donde el crecimiento en longitud supera al diámetro, logrando un fruto ovalado desde los 111 días de la polinización (Díaz, 2002).

Los empaques persiguen varios objetivos: 1. ordenar las unidades para su manejo 2. Proteger el producto durante su almacenamiento y comercialización además deben cumplir: resistencia mecánica suficiente para que este apilado el material sin productos químicos, que cumplan las exigencias del mercado, que permita una fluidez de los gases, que el recipiente proteja del agua, fácil de abrir y cerrar, presentable, reciclable y de bajo costo. Además debe proteger contra cortes por compresión, impactos y vibraciones.

Las vibraciones generan abrasión variando en intensidad desde el frotamiento hasta la pérdida de la piel y la pulpa, en ocasiones los frutos adquieren coloración parda por oxidación. Estas lesiones conducen a infecciones, incrementan la actividad respiratoria y por tanto la velocidad de deterioro y pérdida de producto disponible. Algunos empaques son diseñados para absorber energía, sin embargo realizar esto, aumenta los costos (Kadam y Salunke, 1998).

La guayaba cuenta con un periodo de vida de anaquel de 5 a 7 días lo que limita su comercialización en mercados extranjeros (EE. UU, Europa, Canadá). El consumo de guayaba mexicano es principalmente como producto fresco (López, 2006).

CONCLUSIONES

Después de la revisión de literatura y considerando:

- Que el estudio de las propiedades físicas es de vital importancia en la determinación de la calidad de los frutos.
- Que la calidad de los frutos es determinante en los precios y en la aceptación de frutos para exportación.
- Que existen pocos trabajos que relacione las propiedades mecánicas y la actividad fisiológica de los productos agrícolas.
- Que los aspectos fisiológicos de producción de etileno y tasa de respiración con métodos para determinar la cantidad de daños en los productos agrícolas
- Que cerca del 85% de la producción de Guayaba se consume en fresco y por el manejo poscosecha se adquieren daños mecánicos en mayor cantidad.

Se concluye la necesidad de determinar las condiciones fisiológicas de comportamiento de un fruto al ser sometido a una fuerza que genera un daño y de esta manera tener acceso a datos precisos al momento de diseñar un empaque o de someterlos a transporte, almacenamiento y/o fuerzas externas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASERCA: "Estudios del mercado mundial de la guayaba", *Revista claridades agropecuarias*. 14: 3-14, 1996.
- DÍAZ, D.H.: *Fisiología de árboles frutales*, Agt., Editor, México, D. F., 2002.
- GERMAN, V.: *Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia*, U. Nacional, Colombia (monografía), 2004.
- GORIACHKIN, V. P.: *Obras escogidas*, Editorial Kolos, Moscú, 1965.

- KADER, A.A.: *Guayaba, recomendaciones para mantener la calidad poscosecha*, Departament of Pomology, University of California, Davis CA 95616, 2002, traducido, por Clara Pelayo, Depto. de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F., 2002.
- LÓPEZ-ENRIQUEZ, Y MERCADO-SILVA: *Cambios fisiológicos y de calidad en guayaba minimamente procesada*, Universidad Autónoma de Querétaro, México, 2006.
- MANESCO, T.: Estudio de las tensiones en válvulas biplanas tipo mariposa, Universidad de Antioquia, *Revista Facultad de Ingeniería*, diciembre, (30): 109-124, Medellín, Colombia, 2006. MOHSENIN, N.: *Physical properties of plant and animal materials*, pp. 587-593, Gordon and Breach Science Publisher, New York, USA, 1970.
- KADAM, S.S. Y D.K. SALUNKE: *Handbook of fruit science and technology*, Production, composition, storage and Technology, Edit. Board, USA, 1998.
- VILLASEÑOR, P. C.: *Análisis físico y mecánico de frutos de melón*, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), Colegio de Posgraduados, Texcoco, México, 2005.
- WILLS, R.B., F.H. LEE AND D. GRAHAM: *Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*, pp. 126-136, Westport Coon, Australia, 1981.
- ZAMBRANO, M.J.: *Determinación de las propiedades físico mecánicas de la piña*, Trabajo de Diploma (en opción al título de Licenciado en Ingeniería Mecánica Agrícola), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, 1996.



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
- Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
- Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
- Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
- Cursos y entrenamientos de posgrado

Solicitudes de ofertas a:
Dr. Pedro A. Valdés Hernández
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de
Tapaste. km 23, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: pvaldes@isch.edu.cu