

EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DURANTE EL CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DE GUAYABAS ROJAS (*PSIDIUM GUAJAVA L.*), BASADA EN MEDICIÓN INSTRUMENTAL DE DUREZA

IVÁN DE JESÚS TORO HIDALGO

Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (Ciepe), Venezuela

HILDA MAGALY LIRA DE PARRA

Universidad Nacional Experimental del Yaracuy (UNEY)
Venezuela

AURA COVA PARRA

Universidad Simón Bolívar
Venezuela

RESUMEN

La textura es uno de los requisitos de calidad más importantes en las frutas y la medición instrumental constituye una importante herramienta para su evaluación; en particular, los atributos mecánicos, recurriendo generalmente a la prueba de punción. Por otra parte, la guayaba es una fruta de rápida maduración que la hacen muy susceptible al deterioro postcosecha. La investigación realizada consistió en evaluar de forma objetiva, la variación de la textura durante el crecimiento y maduración de guayabas rojas (*Psidium guajava L.*), a fin de contribuir con el mejoramiento de su tecnología poscosecha; para ello se observó y siguió el proceso de crecimiento y maduración de los frutos midiendo instrumentalmente la dureza, además de ejecutar evaluación sensorial para determinar la percepción del estado de madurez de consumo de la guayaba y relacionarla con la dureza, lo cual permitió conocer el valor del parámetro de textura en diferentes estados de desarrollo del fruto, determinándose los valores característicos para el momento de la cosecha y para la madurez de consumo. Al inicio del estudio, los frutos presentaron dureza promedio de $19,93 \pm 0,50$ kg y en la semana 23 la dureza promedio descendió a $3,80 \pm 0,11$ kg, estableciéndose esta fecha como el momento de cosecha para el estudio de madurez de consumo. Las guayabas con madurez de cosecha alcanzaron la madurez de consumo entre los 4 y 6 días de almacenamiento con dureza comprendida entre $1,18 \pm 0,12$ kg y $0,87 \pm 0,12$ kg). El proceso de maduración evidenció un marcado ablandamiento (de $3,80 \pm 0,11$ kg a $0,75 \pm 0,11$ kg), lo cual permite clasificar a la guayaba como una fruta de “textura fundente suave”.

Palabras Clave

Psidium guajava L., Textura, Medición Instrumental de Dureza, Evaluación Sensorial, Maduración.

Recibido: 29/03/2019

Aceptado: 18/08/2019

EVALUATION OF TEXTURE DURING THE GROWTH AND RIPENING OF RED GUAVAS (*PSIDIUM GUAJAVA L.*), BASED ON INSTRUMENTAL MEASUREMENT OF HARDNESS

IVÁN DE JESÚS TORO HIDALGO

State Research Center for Agroindustrial Experimental Production (Ciepe),
Venezuela

HILDA MAGALY LIRA DE PARRA

National Experimental University of Yaracuy State (UNEY)
Venezuela

AURA COVA PARRA

Simón Bolívar University,
Venezuela

ABSTRACT

Texture is one of the most important quality requirements in fruits and instrumental measurement is an important tool for its evaluation; in particular, the mechanical attributes, generally resorting to the puncture test. On the other hand, guava is a fast ripening fruit which makes it very susceptible to postharvest deterioration. The research carried out consisted on objectively evaluating the variation in texture during the growth and ripening of red guavas (*Psidium guajava L.*), in order to contribute to the improvement of its post-harvest technology; for this, the process of fruit growth and ripening was observed and followed instrumentally measuring the hardness, in addition to performing sensory assessment to determine the perception of the state of ripeness of guava consumption and relate it to the hardness, which allowed to know the texture parameter value in different stages of the fruit development, determining the characteristic values for the harvest time and for the ripeness of consumption. At the beginning of the study, the fruits had average hardness of 19.93 ± 0.50 kg and in week 23 the average hardness dropped to 3.80 ± 0.11 kg), establishing this date as the harvest time for the study of ripeness of consumption. The guavas with maturity of harvest reached the ripeness of consumption between 4 and 6 days of storage with hardness comprised between 1.18 ± 0.12 kg and 0.87 ± 0.12 kg. The ripening process showed a marked softening (from 3.80 ± 0.11 kg to 0.75 ± 0.11 kg), which allows the guava to be classified as a fruit with a “soft melting texture”.

Key Words

Psidium guajava L., Texture, Instrumental Measurement of Hardness, Sensory Evaluation, Ripening.

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo fisiológico de las frutas, se distinguen tres etapas consecutivas bien diferenciadas: crecimiento, maduración y senescencia; el crecimiento comprende inicialmente un periodo de división celular y luego otro de expansión celular; en el inicio de este período solo ocurre la división celular y a medida que transcurre empieza el crecimiento de las células divididas, hasta que cesa la división y solo se presenta la expansión celular. Igualmente, entre las etapas de crecimiento y maduración se presenta un traslape durante el cual se suceden simultáneamente el crecimiento celular y el inicio de las reacciones típicas de maduración. Al acercarse el final de la etapa de maduración cesa el crecimiento y solo ocurre la maduración Coombe (1976), Gutiérrez, Dussan, y Castro (2012); este período no tiene una denominación en español, pero en inglés se le conoce como “ripening” y es el período de tiempo cuando las frutas alcanzan la madurez de consumo, adquiriendo las características que las hacen atractivas para ser consumidas Brasil y Siddiqui (2018), Wang, Yeats, Uluisik, Rose y Seymour (2018). En la etapa de senescencia, las frutas sufren un proceso de degradación hasta llegar a la pérdida total de sus características sensoriales y nutricionales dejando de ser aptas para el consumo.

El estado de madurez en la que se recogen los frutos, determina la calidad del producto que se ofrece al consumidor. Las frutas cosechadas fisiológicamente inmaduras o con estado de madurez inadecuado (dependiendo de la fruta), generalmente presentan altas tasas de pérdida de agua, son de mala calidad y muy susceptibles a trastornos fisiológicos; por otro lado, cuando se cosechan demasiado maduras, ocurre rápidamente la senescencia. La determinación correcta de la maduración de una fruta es esencial para garantizar que la cosecha se realice en el momento adecuado. Para ello, se utilizan los llamados índices de maduración, estos índices comprenden medidas de las características físicas y químicas que presentan cambios pronunciados a lo largo de la maduración de las frutas Kader, (1999).

En cuanto a la guayaba, no existe una estandarización y consenso con respecto al estado ideal para la madurez de la cosecha, ya que se sabe poco sobre los índices de maduración adecuados. Las guayabas se cosechan generalmente cuando la pulpa es todavía firme y el color de la piel comienza a cambiar de verde oscuro a verde claro o amarillento Azzolini, Jacomino, y Urbano (2004), prestando mayor atención a requerimientos comerciales que a los aspectos fisiológicos Parra-Coronado (2014). De esta fruta se pueden obtener varios productos, pero su consumo es mayoritariamente en fresco González, Cervantes y Caraballo (2016), por lo que su textura es de gran importancia.

Además de los indicadores clásicos (acidez, pH, sólidos solubles, peso, humedad, tamaño, color), la calidad y el estado de madurez de las frutas están relacionados con su textura. Se trata de una combinación de atributos mecánicos, geométricos y superficiales que se perciben a través de receptores mecánicos, táctiles, e incluso

visuales y auditivos; es decir, se trata de una percepción y por lo tanto, de una experiencia humana. No obstante, se han desarrollado técnicas instrumentales con la finalidad de cuantificarla o medir objetivamente algunos de sus atributos, siendo los de tipo mecánico en donde se han tenido los mejores resultados. Tanto en frutas como en hortalizas, la textura se mide con dos propósitos principales: (1) para determinar la madurez de los cultivos con el objeto de predecir la fecha óptima de cosecha y (2) para determinar la calidad del producto de consumo fresco o del producto procesado Rosenthal (2001).

Para evaluar instrumentalmente la textura en frutas se ha recurrido a técnicas sencillas como la punción y compresión Bashir y Abu-Goukh (2003), Billy, Mehinagic, Royer, Renard, Arvisenet, Prost, y Jourjon, (2008), Hershkovitz, Friedmana, Goldschmidt, Feygenberga, y Pesisa, (2009), Torres, Montes, Pérez y Andrade, (2015) y técnicas sofisticadas que requieren el empleo de celdas especiales (kramer, Ottawa), la elaboración de probetas con el tejido de la fruta, microscopía electrónica de barrido, ultrasonido, respuesta al impacto, resonancia magnética nuclear, infrarrojo y acústica Harker, Maindonald, Murray, Gunson, Hallett, y Walker (2002), Valente y Ferrandis (2003), Millar (2004), Thybo, Karlsson, Bertram, Andersen, Szczypinski, y Donstrup (2004), Harker, White, Gunson, Hallett, y De Silva, (2006), Muhammad, (2015), Cliffla, Bejaei, (2018). A efectos prácticos, mientras más sencilla sea la técnica, mayor aplicabilidad; en este sentido, las técnicas de penetración han mostrado ser bastante versátiles. Éstas consisten en medir la fuerza necesaria para penetrar el material estudiado, empleando geometrías normalizadas y condiciones de ensayo controladas en un equipo adecuado para tal fin. Al respecto, Harker et al. (2002) y Mehinagic, Royer, Symoneaux, Bertrand, y Jourjon, (2004) mencionan que la prueba de punción (penetrómetro o probador de dureza) es el método más utilizado.

Los trabajos de investigación referentes a la medición instrumental de parámetros de textura en frutas son diversos, entre ellos se puede citar a: Alia-Tejacal, Villanueva, Pelayo, Colinas, López, y Bautista, (2007), Billy et al. (citado), Ioannides, Howarth, Raithatha, Defernez, Kemsley, y Smith, (2007), Hershkovitz et al. (citado), Bianchi, Guerreroa, Gratacós-Cubarsí, Claret y Argyris, Garcia-Mas, Hortós, (2016); la mayoría de estos trabajos se han realizado en manzanas Mehinagic et al. (citado), Harker et al. (2006), Ioannides et al. (citado), Billy et al. (citado), Lahaye, Bouin, Barbacci, Le Gall y Foucat, (2018), mientras que para frutas tropicales, existe poca investigación al respecto. La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una fruta tropical ampliamente producida y consumida en Venezuela, entre sus bondades se puede mencionar que presenta considerable contenido de vitaminas: A, C, tiamina, riboflavina, ácido nicotínico y minerales como calcio, hierro, fósforo Laguado, Pérez, Alvarado, y Marín, (1999), Laguado, Marín, Arenas de Moreno, Araujo, Castro de Rincón, y Rincón, (2002), Medina y Pagano (2002), Molero, Molina, y Casassa-Padrón, (2003), aunque en Venezuela su calidad no siempre es la adecuada debido a factores como momento de cosecha

incorrecto y mal manejo poscosecha. Por tanto se propone como contribución al mejoramiento de la calidad de este rubro: evaluar la variación de la textura durante el crecimiento y maduración de guayabas (*Psidium guajava L.*), mediante mediciones instrumentales de dureza a fin de definir los valores texturales característicos para cada etapa de su desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental consistió en: selección de las plantas, marcaje de los frutos, recolección y transporte de los frutos con diferentes estados de madurez, y análisis de dureza de las muestras obtenidas.

Se emplearon guayabas rojas (*Psidium guajava L.*), pertenecientes al lote con mejores características comerciales (tamaño, peso, color), obtenido mediante selección continua en el tiempo, realizada por parte del propietario de la “Hacienda la Providencia”. Dicha hacienda se encuentra ubicada en la vía a Carayaca, estado Vargas.

Para el marcaje de los frutos, primero se seleccionaron diez árboles, proporcionados para el estudio por el propietario de la plantación. La selección se efectuó al azar, dentro del área asignada (6.400 m²), evitando incluir árboles que pudieran introducir efectos de borde y realizando distribución que permitiera obtener muestreo representativo del lote. Seguidamente se identificaron ramas con presencia de floración en igual fecha y posteriormente, se marcó con cintas, los frutos cuajados en las ramas previamente identificadas (entre 55 y 60 frutos por árbol, para un total de 580).

La recolección se realizó en los diez árboles marcados. Para decidir el inicio y la frecuencia del muestreo se tomó en cuenta que entre el cuajado y la consolidación del fruto maduro transcurren de 4 a 5 meses Araujo, Quintero, Salas, Villalobos, y Casanova, (1997), Laguado et al. (2002), Cañizares, Laverde, y Puesme, (2003). Debido a que el trabajo de investigación incluyó la etapa de madurez de cosecha, la recolección empezó a partir del segundo mes de cuajados los frutos, lo cual permitió obtener los datos necesarios para realizar estudio del proceso de desarrollo y maduración de los mismos. La recolección se realizó de forma manual, evitando en el proceso golpes y compresiones que podían dañar las muestras. Inmediatamente después de retirados de los árboles, los frutos se dispusieron en recipientes provistos de refrigeración, para su traslado hasta el sitio de análisis.

Las muestras se trasladaron bajo condiciones de refrigeración, desde la hacienda La Providencia, hasta el laboratorio donde se realizó la investigación, con tiempo de transporte promedio de 3 horas.

TASA DE MUESTREO

Hasta la semana 13 posterior al cuajado de los frutos (3 y 1/4 meses), el muestreo fue semanal. A partir de esta fecha hubo la necesidad de cambiar la tasa de muestreo a intersemanal debido a que el productor, basado en su experiencia manifestó que con el diámetro (promedio: 35 mm) que presentaban los frutos para la mencionada fecha, aún faltarían alrededor de 3 meses mas para alcanzar la madurez de cosecha, lo cual habría implicado 4 muestreos adicionales a lo programado, dejando pocos frutos para el estudio de madurez de consumo; por otra parte, no se detectaban cambios pronunciados entre semana y semana. En cada muestreo se tomaron lotes de 30 unidades (3 de los frutos marcados en cada árbol), con lo cual, hasta la penúltima semana se empleó el 52 % de los frutos disponibles para la investigación.

Una vez alcanzada la madurez de cosecha, la recolección final tomó el 48 % restante de las frutas (280 unidades), las cuales fueron almacenadas empleando dos cestas plásticas, en un lugar aislado del laboratorio donde se efectuó la investigación, con temperatura y humedad relativa promedio $24 \pm 0,5$ °C y 68 ± 2 % respectivamente. Se realizó seguimiento de la maduración hasta madurez de consumo y senescencia de las frutas, efectuando muestreos interdiarios de 24 unidades durante 10 días.

DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE DUREZA

Se realizó prueba de punción, ya que ha mostrado ser el método que proporciona mejores resultados para los fines de la investigación, de acuerdo con trabajos realizados por Harker et al. (2002), Ioannides et al. (citado) y Billy et al. (citado); además resulta fácil de realizar con un equipo portátil, por lo que se ha convertido en la técnica más empleada Harker et al. (2002), Mehinagic et al. (citado).

De acuerdo con lo anterior, inicialmente los ensayos en el analizador de textura consistieron en realizar penetración de frutos con distintos estados de madurez, empleando geometrías cilíndricas de \varnothing 8 y 4 mm (figura 1), a velocidad de 50 mm/min y 5 mm penetración, con la finalidad de determinar el diámetro de la sonda más adecuado para el estudio.

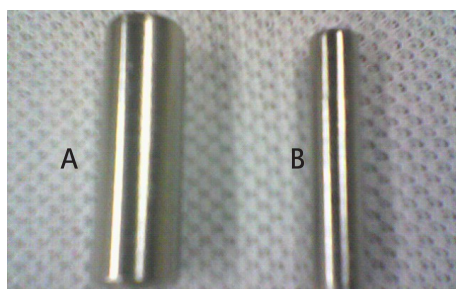


Figura 1. Geometrías cilíndricas empleadas para realizar los ensayos (a: \varnothing 8 mm, b: \varnothing 4 mm).

Fuente: Autores, 2015.

De acuerdo con los resultados de los ensayos iniciales, se empleó la geometría con 4 mm de diámetro para realizar la investigación. La decisión se tomó debido a que para frutos con estados de madurez tempranos, la fuerza requerida para efectuar la penetración con la geometría de \varnothing 8 mm excedía la capacidad de la celda de carga empleada (50 kg), imposibilitando la medición; mientras que la sonda de \varnothing 4mm, proporcionó datos adecuados para todos los estados de madurez del fruto. En la figura 2 se aprecia la diferencia en la fuerza requerida para perforar cada fruto con ambas geometrías.

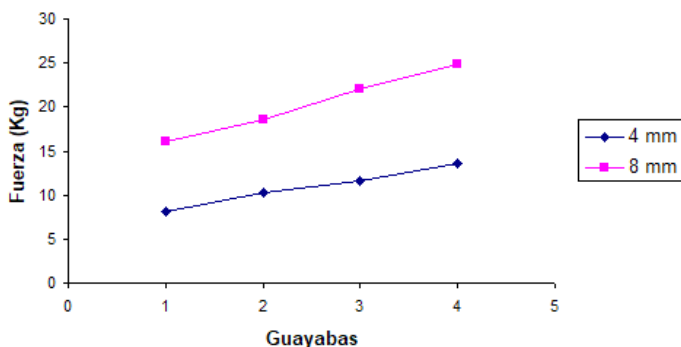


Figura 2. Fuerza requerida para perforar frutos de guayaba, con geometrías cilíndricas de 8 y 4 mm, a velocidad de 50 mm/min y 5 mm de penetración.

Fuente: Autores, 2015.

Las condiciones de los ensayos fueron fijadas de acuerdo con referencias de estudios realizados en otras frutas, especialmente manzanas [Bashir y Abu-Goukh (citado), Harker et al. (2006), Ioannides et al. (citado), Billy et al. (citado), Hershkovitz et al. (citado)09] y verificadas con guayabas en un estudio previo realizado por Toro (2010), datos no publicados].

Para realizar la medición se empleó un analizador de textura TAXT plus, de Stable Microsystems. Las geometrías para los ensayos (figura 1) fueron diseñadas y elaboradas acorde con los lineamientos establecidos por Lu y Abbott (2004) y a los estándares que para el tipo de ensayo se han empleado en otros estudios.

EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR MADUREZ DE CONSUMO

Para determinar la percepción sensorial del estado de madurez de consumo de la guayaba y relacionarla con un valor de dureza medido instrumentalmente, se aplicó una prueba de consumidores, basándose en la premisa de que para las frutas existen básicamente tres estados de madurez: inmaduro, maduro y sobremaduro Harker, Lau, y Gunson, (2003). Este estudio se realizó con el lote de 280 guayabas, cosechadas en estado de madurez fisiológica almacenadas en

un lugar aislado del laboratorio donde se efectuó la investigación. Se empleó un panel no entrenado de 56 consumidores regulares de guayaba, quienes registraron su percepción sobre el estado de madurez del fruto, en cuanto a color (externo e interno) y sabor, marcando en cada evaluación, una de tres opciones (inmadura, madura o sobremadura), además de indicar si la comerían o no en dicho estado de madurez. Esta evaluación se realizó según la tasa de muestreo fijada para el lote cosechado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO DE PERFORACIÓN DE GUAYABAS CON GEOMETRÍAS CILÍNDRICAS DE 4 y 8 mm. DE DIÁMETRO.

En la figura 3 se relacionan los resultados de las fuerzas requeridas para perforar guayabas de distintos estados de madurez, con geometrías cilíndricas de 4 y 8 mm (tabla 1). Se observa que la fuerza requerida con la geometría de 8 mm es casi el doble que la requerida con la geometría de 4 mm.

Tabla 1. Determinación de la dureza de guayabas con distintos estados de madurez, empleando geometrías cilíndricas de 4 y 8 mm de diámetro

GUAYABA	FUERZA 4MM (KG)	FUERZA 8MM (KG)
1	8.13	16.01
2	10.21	18.54
3	11.67	21.97
4	13.54	24.83

Fuente: Autores, 2015

Según la ecuación de la recta obtenida ($F_{8mm} = 1.6766F_{4mm} + 2.0823$), si con la geometría de diámetro 4mm, un fruto requiere 30 kg de fuerza para ser perforado, el mismo requerirá 52.4 kg al emplear la geometría de diámetro 8mm, lo cual imposibilitaría el ensayo empleando una celda de carga de 50 kg.

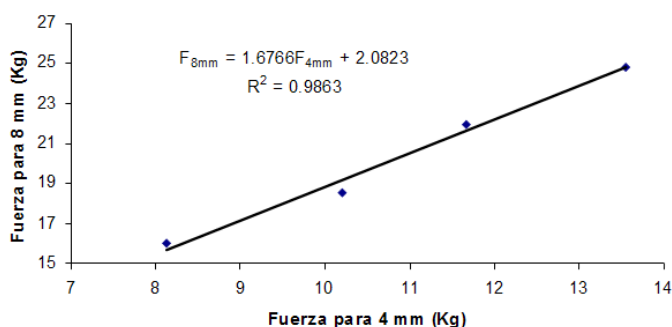


Figura 3: Relación existente entre la fuerza requerida para perforar frutos de guayaba con geometrías cilíndricas de 4 y 8 mm de diámetro..

Fuente: Autores, 2015.

ESTUDIO DE LA TEXTURA DURANTE EL PROCESO DE CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DE LOS FRUTOS DE GUAYABA.

La figura 4 muestra la variación de la dureza durante el desarrollo y maduración de las guayabas estudiadas. Se puede apreciar que entre las semanas 8 y 11 ocurrió incremento en el parámetro (de $19,93 \pm 0,50$ kg hasta $23,93 \pm 0,56$ kg), lo cual podría explicarse por el crecimiento de semillas que se detectó en este período (según las observaciones realizadas), las cuales posiblemente presionaron el mesocarpio desde adentro, compactándolo. Cañizares et al. (citado), al estudiar el desarrollo y maduración de guayabas cultivadas en el estado Zulia, encontraron que desde los 70 hasta los 105 días (semanas 10 y 15) ocurrió maduración de semillas y endurecimiento de las coberturas. Igualmente, en los primeros meses, los frutos presentan activa división celular Coombe (citado), Gillaspay, Ben-David, y Gruissem, (1993), Valero y Serrano (2010), por lo cual presentan muchas células pequeñas, involucrando un mayor contenido de pared celular, con menos citoplasma y vacuola, mayor área de contacto entre célula y menos aire en los espacios intercelulares, lo cual proporciona al tejido mayor rigidez Toivonen y Brummell (2008). Además, en sus primeros estadios, los frutos sintetizan compuestos poliméricos de gran tamaño como protopectinas, celulosa y almidones que les proporcionan mucha rigidez Pantastico (1975) y que posteriormente, degradan a medida que transcurre el desarrollo y maduración, utilizándolos como combustible de procesos bioquímicos o para originar polímeros de menor tamaño Valero y Serrano (citado).

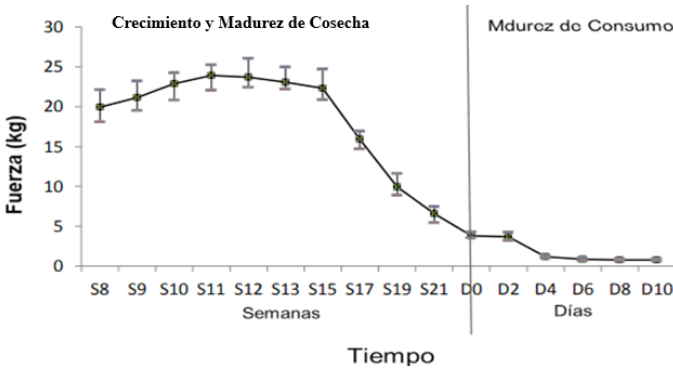


Figura 4. Comportamiento de la dureza, durante el desarrollo y maduración de guayabas rojas (las barras representan los valores máximos y mínimos obtenidos en cada fecha).

Fuente: Autores, 2015.

El acelerado descenso de dureza que experimentaron las guayabas entre las semanas 15 y 23 (día 0 del estudio de madurez de consumo "D0") de $23,06 \pm 0,60$ kg a $3,80 \pm 0,11$ kg, se atribuye principalmente al crecimiento del tamaño de las células por lo que el contenido relativo de pared celular disminuye, incrementándose el citoplasma y vacuola, existiendo menor área de contacto entre célula y más aire en los espacios intercelulares, lo cual proporciona al tejido menor rigidez, disminuyendo su dureza Pantastico (citado), Toivonen y Brummell (citado). Además, según Coombe (citado), durante la última etapa de crecimiento de los frutos ocurre principalmente expansión celular influenciada por la extensibilidad de la pared celular y de la epidermis; además por la turgencia de la célula causada por la captación de gran cantidad de agua. En esta etapa ocurre simultáneamente acumulación de solutos y de agua en la célula, provocando fuerte presión contra las paredes celulares, causando turgencia y estiramiento del tejido Araujo et al. (citado). Es decir, la acumulación de gran cantidad de agua en el interior de las células contribuyó a la disminución de la dureza ya que provocó disminución en la concentración de sólidos totales.

Cada fruto presenta uno o más síntomas inequívocos cuando ha alcanzado la madurez fisiológica López (2003) y en este caso, el cambio de color de verde oscuro a verde claro sirvió para deducir que se había alcanzado dicha madurez y los frutos podían continuar con su ontogenia al ser retirados del árbol. Cabe resaltar que lo antes señalado, fue reforzado por las sugerencias del agricultor. El período D0-D10 (10 días), corresponde a la fase de maduración de los frutos una vez retirados del árbol. Se aprecia que en el día 2 (D2) las guayabas conservaron la dureza que tenían al ser cosechadas, pero en el día 4 (D4), ocurrió descenso abrupto de la variable (de $3,80 \pm 0,11$ kg hasta $1,18 \pm 0,12$ kg), lo cual marcó el inicio de la madurez de consumo. Esto indica que hubo gran actividad enzimática, causando solubilización acelerada de los mayores polímeros de la pared celular como celulosa y pectinas e hidrólisis de almidones y otros polisacáridos de reserva Goulao y Oliveira (2008), lo que seguramente causó el ablandamiento detectado.

EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR MADUREZ DE CONSUMO

En la figura 5, las gráficas a, b y c, muestran los resultados de la evaluación sensorial realizada en el período D1-D10, correspondiente a la determinación de madurez de consumo. Tanto para color externo (a), color interno (b) y sabor (c), la percepción de "inmadura" decreció en el tiempo, mientras que la percepción "sobremadura" incrementó, ocurriendo la intersección de las dos curvas entre el cuarto y el sexto día, con porcentajes de apreciación bajos, esto permite deducir que en este periodo las guayabas alcanzaron la madurez de consumo.

Las curvas correspondientes a intención de consumo y percepción de madurez mostraron comportamientos similares durante el estudio; se aprecia que la máxima intención de consumo se ubicó en el sexto día pero con poca diferencia (3%), con respecto al día cuatro; mientras que la percepción de madurez fue mucho mayor al sexto día en cuanto a color externo, levemente mayor para color

interno y levemente inferior en cuanto al sabor, con respecto al día cuatro. Esto significa que las guayabas internamente ya presentaban madurez de consumo en el día 4, pero no se había desarrollado el color externo característico hasta el sexto día.

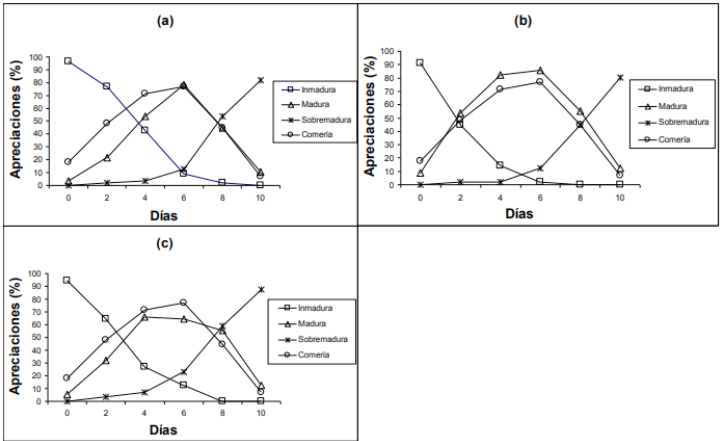


Figura 5. Interpretación gráfica de la evaluación sensorial aplicada durante el estudio de madurez de consumo de guayabas rojas (a: color externo, b: color interno, c: sabor)

Fuente: Autores, 2015.

Al comparar la gráfica de la figura 6 con las gráficas de la figura 5, se puede apreciar que los cambios en el comportamiento de la curva correspondiente a la evolución de la dureza presentada en la figura 6, coinciden con cambios en las curvas que describen el comportamiento de la percepción sensorial de los consumidores en cuanto al estado de madurez y la intensidad de consumo de las guayabas estudiadas (Figura 5). Para los dos primeros días de almacenamiento, la dureza se mantuvo en el orden de 3,7 kg y la mayoría de los encuestados percibieron que los frutos estaban inmaduros en cuanto los atributos evaluados (color externo 76,79%, color interno 44,6% y sabor 64,29%); aunque se percibió una intención de consumo en el orden de 48,21% lo cual se atribuye a preferencias particulares de algunos consumidores.

Continuando con la comparación de las figuras 5 y 6, para el cuarto día de almacenamiento, el valor de dureza tuvo un descenso hasta $1,18 \pm 0,12$ kg, lo que coincidió con el cambio en la opinión de los encuestados en cuanto al estado de madurez, inclinándose la percepción hacia madura (color externo 53,57%, color interno 82,14%, sabor 66,07%), incrementándose además la intención de consumo a 71,43%. En el sexto día de almacenamiento ocurrió la mayor percepción sensorial de madurez, con valores para color externo 78,57%, color interno 85,71%, sabor 64,29% e intención de consumo 76,79 %, mientras que la dureza descendió a $0,87 \pm 0,12$ kg. Para el día 8, la percepción de los encuestados

se inclinó a sobremadurez, con valores para color externo 53,57%, color interno 44,64% y sabor 58,93%, disminuyendo la intención de consumo a 44,64%; esto coincidió con una disminución de la dureza hasta $0,75 \pm 0,11$ kg. En el día 10, los consumidores encuestados percibieron claramente el estado de sobremadurez de los frutos, obteniéndose valores para color externo 82,14%, color interno 80,36%, sabor 87,50% y escasa intención de consumo (7,14%), ocurriendo un pequeño incremento en la dureza hasta $0,77 \pm 0,11$ kg, lo cual se debe a que la epidermis de los frutos se deshidrató tornándose más dúctil, dificultando el proceso de perforación.

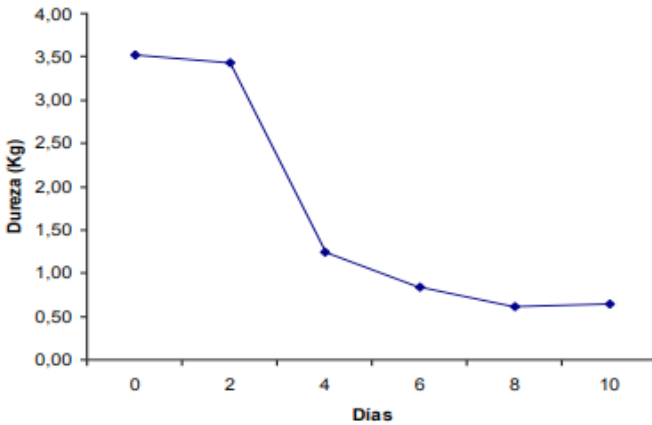


Figura 6. Variación de la dureza, durante el proceso de maduración de guayabas rojas

Fuente: Autores, 2015.

La pérdida de dureza ocurrida durante el proceso de maduración del fruto se debe a cambios bioquímicos como la despolimerización de los compuestos que le dan rigidez: hemicelulosa, celulosa, almidón y pectina Goulao y Oliveira (citado). El marcado ablandamiento que le ocurrió a la guayaba durante la maduración ($3,80 \pm 0,11$ kg, a $0,75 \pm 0,11$ kg), permite clasificarla como una fruta de “textura fundente suave” Bourne (1979).

CONCLUSIONES

La ejecución de ensayos de medición de dureza en guayabas rojas, durante el proceso de desarrollo y maduración de los frutos, requirió emplear una geometría de penetración, cilíndrica, de 4 mm de diámetro.

Hasta la semana 11 del estudio ocurrió incremento de la dureza (de $19,93 \pm 0,50$ kg hasta $23,93 \pm 0,56$ kg) lo cual fue atribuido a: compactación del mesocarpio por crecimiento de semillas, procesos de división celular que proporcionan mayor

rigidez a los tejidos, síntesis de polímeros como almidón, pectina y celulosa; mientras que entre las semanas 11 y 23 posteriores al cuajado de los frutos, ocurrió un descenso de la dureza (de $23,93 \pm 0,56$ kg hasta $3,80 \pm 0,11$ kg) debido a: acumulación de agua en las células y a procesos de elongación celular que suavizaron los tejidos, ocurriendo además procesos de hidrólisis de polímeros estructurales, característicos de la maduración y senescencia del fruto.

Las guayabas rojas cosechadas en estado de madurez fisiológica, en la semana 23 posterior al cuaje de los frutos, almacenadas a temperatura y humedad relativa promedio $24 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y $68 \pm 2\%$ respectivamente, alcanzaron la madurez de consumo entre los 4 y 6 días de almacenamiento y presentaron dureza entre $1,18 \pm 0,12$ kg y $0,87 \pm 0,12$ kg, por lo que se propone el valor de $1 \pm 0,15$ kg, como la dureza característica, para madurez de consumo en las guayabas rojas estudiadas.

En diez días posteriores a la cosecha, la dureza de las guayabas estudiadas descendió de $3,80 \pm 0,11$ kg, hasta $0,75 \pm 0,11$ kg.

REFERENCIAS

- Alia-Tejacal, I., Villanueva, R., Pelayo, C., Colinas, M., López, V. y Bautista, S. (2007). Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Postharvest Biology and Technology*, 45(3), 285–297.
- Araujo, F., Quintero, S., Salas, J., Villalobos, J. y Casanova, A. (1997). Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Criolla Roja” en la planicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 14(3), 315-328.
- Azzolini, M., Jacomino, A. y Urbano, Ll. (2004). Índices para avaliar qualidade póscolheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília, 39(2), 139-145.
- Bashir, H. y Abu-Goukh, A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*. 80(4), 557–563.

- Bianchi, T., Guerreroa, L., Gratacós-Cubarsí, M., Claret, A., Argyris, J., Garcia-Mas, J., y Hortós, M. (2016). Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation. *Scientia Horticulturae*, 201, 46–56.
- Brasil, I. y Siddiqui, M. (2018). Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable, Chapter , Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview. *Elsevier Inc.*
- Billy, L., Mehinagic, E., Royer, G., Renard, C., Arvisenet, G., Prost, C. y Jourjon, F. (2008). Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 47(3), 315–324.
- Bourne, M. (1979). Texture of temperate fruits. *Journal of Texture Studies*, 10(1), 25–44.
- Cañizares, A., Laverde, D. y Puesme, R. (2003). Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santa Bárbara, Estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 3(1), 34-38.
- Cliffa, M., Bejaei, M. (2018). Inter-correlation of apple firmness determinations and development of cross-validated regression models for prediction of sensory attributes from instrumental and compositional analyses. *Food Research International*, 106, 752–762.
- González, R., Cervantes, Y., y Caraballo, L. (2016). Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario. *Temas Agrarios*, 21:(1), 54 – 64.
- Coombe, B. (1976). The development of fleshy fruits. *Annual Review of Plant Biology*, 27, 507-28.
- Gillaspy, G., Ben-David, H. y Gruissem, W. (1993). Fruits: A Developmental Perspective. *The Plant Cell*, 5(10), 1439-1451.
- Goulao, L. y Oliveira, C. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 4-25.

- Gutiérrez, N., Dussan, S. y Castro, J. (2012). Fisiología y atributos de calidad de la guayaba “pera” (*Psidium guajava* cv.) en poscosecha. Universidad de los Andes, Colombia, *Revista de Ingeniería*, 37, 6-12.
- Harker, F., Maindonald, J., Murray, S., Gunson, F., Hallett, I. y Walker, S. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 225–239.
- Harker, F., Lau, K. y Gunson, F. (2003). Juiciness of fresh fruit: a time-intensity study. *Postharvest Biology and Technology*, 29(1), 55-60.
- Harker, F., White, A., Gunson, F., Hallett, I. y De Silva, H. (2006). Instrumental measurement of apple texture: A comparison of the single-edge notched bend test and the penetrometer. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2), 185–192.
- Hershkovitz, V., Friedmana, H., Goldschmidt, E., Feygenberga, O. y Pesisa, E. (2009). Induction of ethylene in avocado fruit in response to chilling stress on tree. *Journal of Plant Physiology*, 5(12), 1-8.
- Ioannides, Y., Howarth, M., Raithatha, C., Defernez, M., Kemsley, E. y Smith, A. (2007). Texture analysis of Red Delicious fruit: Towards multiple measurements on individual fruit. *Food Quality and Preference*, 18(6), 825–833.
- Kader, A. (1999). Fruit Maturity, Ripening and Quality Relationships. *Acta Horticulturae*, 485, 203-208.
- Laguado, N., Pérez, E., Alvarado, C. y Marín, M. (1999). Características físico-químicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 16, 382-397.
- Laguado, N., Marín, M., Arenas de Moreno, L., Araujo, F, Castro de Rincón, C. y Rincón, A. (2002). Crecimiento del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Criolla Roja. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19(4), 273-283.

- Lahaye, M., Bouin, C., Barbacci, A., Le Gall, S. y Foucat, L. (2018). Water and cell wall contributions to apple mechanical properties. *Food Chemistry*, 268, 386–394.
- López, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, del campo al mercado. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151. Roma. 14 p.
- Lu, R. y Abbott, J. (2004). Force/deformation techniques for measuring texture. USDA Agricultural Research Service, USA. 5: 109-145. En: Kilcast D. (2004). *Texture in food, Volume 2: Solid foods*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Medina, M. y Pagano, F. (2002). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja”. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1), 72-86.
- Mehinagic, E., Royer, G., Symoneaux, R., Bertrand, D. y Jourjon, F. (2004). Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest Biology and Technology*, 34(3), 257–269.
- Millar, S. (2004). Near infrared (NIR) diffuse reflectance in texture measurement. Campden and Chorleywood Food Research Association, UK. 7: 167-183. En: Kilcast D. (2004). *Texture in food, Volume 2: Solid foods*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Molero, T., Molina, J. y Casassa-Padrón, A. (2003). Descripción morfológica de selecciones de *Psidium guajava* L. tolerantes y *Psidium friedrichsthalianum* (Berg.) Nied resistente a *Meloidogyne incognita* en el estado Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(4), 478-492.
- Muhammad, G. (2015). Date fruits classification using texture descriptors and shape-size features. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37, 361–367.
- Pantastico, E. (1975). Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. *Connecticut, USA: The AVI Publishing Company, INC.*
- Parra-Coronado, A. (2014). Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 314-327.

- Rosenthal, A. (2001). *Textura de los alimentos, medida y percepción*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Thybo, A., Karlsson, A., Bertram, H., Andersen, Szczypinski, H. y Donstrup, S. (2004). Nuclear magnetic resonance (NMR) and magnetic resonance imaging (MRI) in texture measurement. en: Kilcast, D. (2004). *Texture in food, Volume 2: Solid foods*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Toivonen, P. y Brummell, A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 1-14.
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O. y Andrade, R. (2015). Influencia del Color y Estados de Madurez sobre la Textura de Frutas Tropicales (Mango, Papaya y Plátano). *Información Tecnológica*, 26(3), 47-52.
- Valente, M. y Ferrandis, J. (2003). Evaluation of textural properties of mango tissue by a near-field acoustic method. *Postharvest Biology and Technology*, 29, 219-228.
- Valero, D. y Serrano, M. (2010). *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. Boca Raton, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Wang, D., Yeats, T., Uluisik, S., Rose, J., y Seymour, G. (2018). Fruit Softening: Revisiting the Role of Pectin. *Trends in Plant Science*, 23(4), 302-310.

Iván de Jesús Toro Hidalgo: Técnico Superior Universitario en Química, Instituto Universitario de Tecnología, Valencia (IUTVAL); Ingeniero de Alimentos, Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez" (UNESR); Magíster en Ciencia de los Alimentos, Universidad Simón Bolívar (USB); Investigador Jefe de la División de Postcosecha, Fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), Presidente del Subcomité Técnico de Normalización de Frutas, Hortalizas y Productos Derivados (FODENORCA-CIEPE); Investigador Acreditado por el Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII).

E-mail: thivanje@gmail.com

Aura Cova Parra: Ingeniero de Materiales. Opción Polímeros, Magíster en Ingeniería de los Materiales. Doctora en Ingeniería de la Universidad Simón Bolívar (USB). Profesor Asociado a Dedicación Exclusiva adscrita al Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímico de la Universidad Simón Bolívar. Docente en los programas de Postgrados asociados a la Coordinación de Ciencia de los Alimentos y Nutrición (USB) en el área de Procesamiento y Conservación de Alimentos así como en la Evaluación de textura y estructura de alimentos. Otras áreas de conocimiento: Implementación de Técnicas de Caracterización y Evaluación de Propiedades de Materiales Poliméricos; Propiedades Físicas de Polímeros Sintéticos y Naturales; Propiedades Mecánicas y Térmicas; Extrusión de Productos a base de Almidón.

E-mail: auracova@usb.ve

Hilda Magaly Lira de Parra: Licenciada en Biología, Universidad Central de Venezuela (UCV); Magister en Ciencia de los Alimentos University of Missouri-Columbia, USA. Profesora Asociada adscrita al Espacio Académico Ciencia y Cultura de la Alimentación, Universidad Nacional Experimental del Yaracuy en las áreas: Microbiología de los Alimentos y Ciencia y Tecnología de los Cereales.

E-mail: magalylira@gmail.com.