

DOI:10.18684/BSAA(13)67-75

CAMBIOS FISIOLÓGICOS, TEXTURALES Y FÍSICOQUÍMICOS DE DOS VARIEDADES DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) EN POSCOSECHA

PHYSIOLOGICAL, TEXTURAL AND PHYSICOCHEMICAL CHANGES OF PEACH PALM VARIETIES (*Bactris gasipaes*) DURING POSTHARVEST

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, TEXTURAI E FÍSICO-QUÍMICAS EM DUAS VARIEDADES DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes*) EM PÓS-COLHEITA

JHON ALEXANDER DAZA¹, JOSÉ LUÍS RODRÍGUEZ², SILVIO ANDRÉS MOSQUERA³

RESUMEN

El chontaduro es una de las frutas exóticas más importantes para Colombia debido su considerable aporte en nutrientes y a que posee 8822 hectáreas sembradas en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Putumayo. Se evaluaron los cambios ocurridos en dos variedades del fruto de chontaduro (roja y amarilla), durante el periodo poscosecha, bajo condiciones ambientales provenientes del Municipio de El Tambo (Cauca) para brindar una guía de compra y venta que ayude en su comercialización. La pérdida de peso, amplitud, longitud y la proporción pulpa-cascara-semilla fueron directamente proporcionales a la pérdida de agua

Recibido para evaluación: 8 de Mayo de 2015. **Aprobado para publicación:** 30 de Octubre de 2015.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA). Ingeniero Agroindustrial. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA). Ingeniero Agroindustrial. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA). Ingeniero Industrial de Alimentos, Magíster en Ingeniería. Popayán, Colombia

Correspondencia: smosquera@unicauca.edu.co

en la maduración. En cambio, el contenido de grasas y los sólidos solubles totales fueron inversamente proporcionales. La firmeza permitió diferenciar frutos frescos de frutos sobremadurados, al evidenciar una considerable variación en la resistencia a la penetración pasando de 39,5358N hasta 23,6431N en variedad roja y de 19,6353N hasta 11,7463N en variedad amarilla. De acuerdo con el comportamiento observado en la concentración de O_2 y CO_2 , como también en los cambios físicos y químicos en el fruto de chontaduro, se puede afirmar que este producto es climatérico, lo cual indica que el tiempo de comercialización es corto, ya que sigue madurando incluso después de haber sido cosechado.

ABSTRACT

The chontaduro is one of the most important exotic fruits to Colombia because of its significant contribution in nutrients as it has 8822 hectares in the departments of Valle del Cauca, Cauca and Putumayo. Changes in two varieties of peach fruit (red and yellow) during the postharvest period under ambient conditions from the municipality of El Tambo (Cauca) to provide guidance for buying and selling help in marketing were evaluated. Weight loss, amplitude, length and pulp-shell ratio seed were directly proportional to water loss in ripening, however, the fat content and total soluble solids were inversely. Firmness allowed differentiation of overripe fruit, fresh fruit, to show considerable variation in resistance to penetration from 39,5358N to 23,6431N in red variety and 19,6353N to 11,7463N in yellow variety. According to the behavior observed in the concentration of O_2 and CO_2 , as well as the physical and chemical changes in the fruit of peach, we can say that this product is climacteric, indicating that the time to market is short as it continues to matured even after being harvested

PALABRAS CLAVES:

Bactris gasipaes, Chontaduro, Maduración.

KEYWORDS:

Bactris gasipaes, Chontaduro, Ripening.

PALAVRAS-CHAVE:

Bactris gasipaes, Chontaduro, Amadurecimento.

RESUMO

A pupunha é uma das mais importantes frutas exóticas para a Colômbia, devido à sua contribuição considerável em nutrientes e que tem 8822 hectares plantados nos departamentos de Valle del Cauca, Cauca e Putumayo. Avaliamos as alterações em duas variedades de fruta pupunha (vermelha e amarela) durante pós-colheita em condições ambientais do Município de El Tambo (Cauca) para fornecer um guia de compra e venda que ajudarão em marketing. A perda de peso, largura, comprimento e a proporção de casca-polpa-sementes foram diretamente proporcionais à perda de água na maturação, por outro lado, o teor de gordura e sólidos solúveis totais foram inversamente proporcionais. A firmeza permitiu diferenciar os frutos sobre madurados das frutas frescas, ao mostrar uma considerável variação na resistência à penetração de 39,5358N até 23,6431N na variedade vermelha e 19,6353N até 11,7463N na variedade amarela. Em conformidade com o comportamento observado na concentração de O_2 e CO_2 , como também as alterações físicas e químicas no fruto da pupunha, podemos dizer que este produto é climatérico, indicando que o tempo para a comercialização é curto, uma vez que continua a amadurecer mesmo após ter sido colhida.

INTRODUCCIÓN

El chontaduro (*Bactris gasipaes*) es una de las frutas exóticas más importantes para Colombia que posee 8822 ha sembradas que arrojaron una producción de 70.471 ton durante el 2011, concentradas en los departamentos de Valle del Cauca con 69,3%, Cauca con 19,2% y Putumayo con 11,5% [1]. En el Departamento del Cauca se destaca el Municipio de El Tambo que genera aproximadamente el 30% de la producción de las variedades roja y amarilla, equivalente al 14,3% de la producción total de frutas del departamento. El fruto es un conjunto de drupas recubiertas con una capa amilácea de espesura variable, dispuestas en racimos con colores diversos (rojo, amarillo, anaranjado, jaspeado) con forma cónica, ovoide o elipsoidal, que miden de 2,5 a 5,0 cm y contienen una semilla por fruto [2], por consiguiente, un racimo normal puede contener entre 50 y 100 frutos, con rendimientos que pueden ir de 100 a 3500 Kg/ha [3].

El chontaduro se caracteriza por sus nutrientes, contiene 37,6% de carbohidratos; 52,5% de agua; 4,6% de grasa; 3,3% de proteínas; 1,4% de fibra; 23 mg de calcio; 47 mg de fósforo; 0,7% de hierro y aportar 185 calorías/g [4].

En pos cosecha, el chontaduro sufre cambios fisico-químicos, texturales, fisiológicos y microbiológicos [5] que ocasionan la alteración de sus propiedades y calidad que afectan la comercialización; por lo que se debe evitar la recolección de frutos verdes, sobremaduros, caídos o dañados y se deben manejar frutos desde la cosecha hasta su entrega o acopio en un solo recipiente o empaque, recolectarlos y separarlos según su estado de madurez y tamaño, almacenamiento o transporte en empaques que permitan ventilación y no causen daño; limpiar y desinfectar el empaque, evitar colocar frutos por encima del nivel del empaque, no empacar fruta húmeda, sobremadura o con daños [6]. El fruto sufre daños causados por hongos sobre la epidermis o piel a causa de las espinas de la palma generando podredumbre negra, causada por el hongo *Ceratocystis spp* y pudrición blanca causada por el hongo *Monilia sp*.

El objetivo del estudio fue evaluar los cambios ocurridos en dos variedades del fruto de chontaduro (roja y amarilla), durante la poscosecha bajo condiciones ambientales, con el fin de brindar una guía estándar de compra y venta que ayude a mejorar la comercialización del fruto en la región.

MÉTODO

Ubicación y área de estudio

Los frutos fueron adquiridos en el corregimiento Cuatro Esquinas del Municipio de El Tambo (Cauca), localizado a una altura de 1269 m.s.n.m. con temperaturas que oscilan entre 22 y 28°C, precipitaciones anuales entre 1500 y 2500 mm/año y humedad relativa entre 70 y 80% [7]. El seguimiento se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ubicada en la Vereda las Guacas, Municipio de Popayán en el Departamento del Cauca, a una altura de 1868 m.s.n.m., con temperatura promedio de 19°C y humedad relativa de 77,75% [8].

Materiales

Materia prima. Se usaron frutos de las variedades amarilla y roja adecuados para comercialización y consumo [9].

Equipos. Analizador de gas portátil Oxybaby que toma una muestra de gas al interior del empaque que contiene el fruto, comparándolo con valores grabados previamente como patrones de referencia y luego la conduce hacia la célula de O₂ y CO₂. [10]. **pH-metro.** Es un voltímetro que junto con los electrodos, al ser sumergidos en una sustancia, generan una corriente eléctrica que depende de la concentración de iones de hidrógeno en la solución. **Refractómetro (ATAGO N-1 Alpha)** usa la refracción para determinar el grado de concentración de los sólidos solubles disueltos en una solución [11]. **Máquina universal de ensayos** (marca Shimadzu y referencia EZ-L) usada para probar la tensión de tracción y la tensión de compresión de los materiales [12]. **Cámara Digital (NIKON COOLPIX S2600)** para capturar las imágenes que fueron procesadas en el software MATLAB que determinó el cambio de color en la superficie de los frutos expresado en Energía y Entropía. **Balanza** (marca OHAUS, referencia 700/800 SERIES) para determinar las variaciones de peso del fruto de chontaduro, al transcurrir el tiempo. **Extractor Soxhlet** para la extracción de grasa [13].

Métodos

Cosecha. Se cosecharon frutos con grado 5 de madurez, que corresponde a un estado de madurez de consumo [9], a las 7:00 am y de forma manual.

Clasificación. Se cortaron los frutos conservando el pedúnculo, se clasificaron según la forma cónica, tamaño (4 a 5 cm de longitud y amplitud) y color, desechando los frutos verdes, de tamaño irregular y con daños físicos (cortados, magullados, partidos y con manchas).

Acondicionamiento. Se limpiaron con agua potable seguido de la desinfección por inmersión en solución con Hipoclorito de sodio con una concentración de 50 ppm durante 15 minutos, se escurrieron y se secaron.

Medición de variables fisiológicas. Se realizaron las siguientes mediciones.

Concentración de gases (O₂ y CO₂). El producto se dispuso en bandejas de icopor, selladas con vinipel y se usó el analizador de gas portátil Oxybaby, para visualizar los cambios ocurridos en las concentraciones de los gases (O₂ y CO₂).

Pérdida de peso. Se cuantificó aplicando la ecuación 1 [14]:

$$Pérdida\ peso(\%) = \frac{(Peso\ inicio - Peso\ final)}{Peso\ inicio} * 100$$

(Ec. 1)

Análisis de Imágenes. Los frutos se ubicaron en un cajón de fondo azul y se realizó seguimiento cada dos días, para analizar posibles cambios en el tiempo.

Firmeza. El fruto se evaluó sobre su eje ecuatorial con una sonda de punzón, previamente calibrada, colocándola en la fase móvil para medir la fuerza máxima ante la penetración (Newtons) a una velocidad de penetración del punzón de 3 mm/min y la distancia de penetración de 7 mm aproximadamente [9].

Dimensiones (longitud y amplitud). Utilizando un calibrador o pie de rey se midió la longitud del fruto desde la base hasta el ápice y la amplitud en la parte más amplia de su zona ecuatorial [15].

Cambios fisicoquímicos. Se realizaron las siguientes mediciones:

Proporción pulpa-cáscara-semilla. Se tomó el peso inicial del fruto entero, luego se separaron los tres componentes (pulpa, cáscara y semilla) por separado, para luego calcular su proporción.

Sólidos solubles totales. Se homogeneizó la pulpa y se mezcló con agua en relación 3:1 y se procedió a tomar la lectura de las siguientes variables [16].

pH. Se homogeneizó la pulpa del fruto en una licuadora, utilizando una relación 3:1 de agua con respecto a la masa y se procedió a medir el pH directamente sobre la muestra.

Contenido de grasas. La muestra se trituró y deshidrató, se realizó la extracción de la grasa usando éter de petróleo, haciendo la separación y determinación gravimétrica del extracto seco, que representa los lípidos de la muestra [17].

Diseño experimental

El seguimiento se desarrolló durante 17 días con 3 réplicas por variedad en donde los niveles fueron los datos tomados en un rango máximo de 17 días (cuadro 1), el número de réplicas fue n=3 para cada variedad, excepto para la prueba de análisis de imágenes que se trabajó con una sola réplica.

Utilizando un nivel de confianza del 95%, se usó el programa SPSS V.20, ejecutando la prueba de normalidad y según los resultados, se realizó la prueba ANOVA, comprobando la normalidad de la información, se decidió la aplicación de pruebas paramétricas o no paramétricas.

Cuadro 1. Variables de respuesta, niveles, tamaño de muestra y número de replicas.

Variabes de respuesta	Niveles	Tamaño de muestra por variedad	Réplicas
Pérdida de peso	17	7	3
Dimensiones	17	7	3
Proporción pulpa-cáscara-semilla	9	3	3
pH	9	3	3
Sólidos solubles totales	9	3	3
Color	9	7	1
Tasa de respiración	5	4	3
Contenido de grasas	5	3	3
Firmeza	5	3	3

RESULTADOS

Pérdida de Peso

Los frutos de ambas variedades perdieron peso debido a la respiración y pérdida de agua, a un ritmo elevado por el movimiento desde el ambiente más saturado hasta el menos saturado, causando el marchitamiento [18]. Desde el día 9, la variedad amarilla presentó mayor pérdida de peso (13,93%) que la variedad roja (12,79%) hasta el día 15 (24,84% y 21,73%), tendencia similar a la hallada por otros autores en chontaduro [9], aguacate [19] y pimentón [20], incidiendo de manera directa sobre la disminución de los diámetros longitudinal y ecuatorial y sobre la firmeza provocando ablandamiento e indirectamente sobre la tasa de respiración, por efecto de la transformación del oxígeno liberado en CO₂ que se incrementó.

El análisis estadístico arrojó normalidad en los datos de las variedades y la prueba de Levene, no indicó diferencias significativas entre las variables peso-variedad. La relación peso-días no presentó homogeneidad y la prueba de Dunnet arrojó dieciséis (16) subgrupos con mayor diferencia en la pérdida de peso de los primeros 5 días y mayor homogeneidad en los restantes.

Dimensiones (amplitud y longitud)

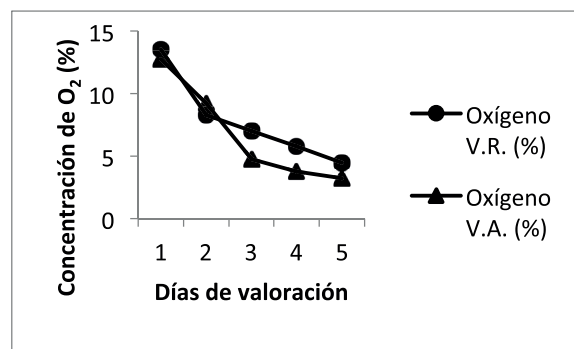
Los frutos presentaron disminución de longitud y amplitud en las dos variedades, a causa de la respiración, transpiración y por el retiro del fruto de su estado natural, que lo obliga a usar sus reservas de agua [18]. Hubo normalidad y homogeneidad de los datos, mientras que el ANOVA no arrojó diferencias significativas entre las variedades (sig. = 0,064). La relación entre amplitud y tiempo (días), mostró homogeneidad (sig. = 0,234) pero el ANOVA indicó diferencias significativas, por lo que se procedió a aplicar la prueba T3 de Dunnet que arrojó dieciséis (16) subgrupos, con incidencia de los días de seguimiento sobre la disminución de la amplitud. La prueba de normalidad para la longitud presentó tendencia normal y la prueba de Levene mostró homogeneidad entre longitud y variedad (sig. = 0,056); sin embargo, el ANOVA mostró diferencias significativas entre las variedades (sig. = 0,017) por lo que se compararon las medias, encontrando que la variedad amarilla obtuvo mayor disminución en su longitud (Media = 9,9644) con respecto a la variedad roja (Media = 7,4408).

Concentración de gases (O₂ y CO₂)

La concentración de oxígeno (O₂) disminuyó mientras que la de CO₂ se incrementó, hasta alcanzar el pico climatérico el día 12, lo que justifica la corta vida útil de los frutos. La dos variedades iniciaron con el mismo porcentaje de CO₂ (figuras 1 y 2); con el tiempo, la variedad roja presentó menor concentración de este gas, posiblemente por efecto del área del producto en contacto con el oxígeno [18].

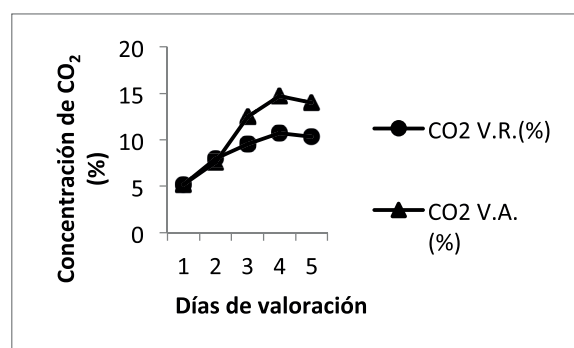
El análisis estadístico indicó normalidad en los datos y homogeneidad entre el contenido de oxígeno y la variedad, en tanto que el ANOVA no encontró diferencias significativas entre las variedades. La interacción entre los días y la cantidad de O₂ demostró heterogeneidad en los datos (sig. = 0,033) y la prueba T3 de Dunnet ordenó cinco (5) subgrupos, lo que evidencia un decrecimiento notable de O₂ con el transcurso del tiempo. Para el CO₂ se encontró normalidad en los datos, la prueba de Levene reveló homogeneidad (sig. = 0,052), al evaluar la relación CO₂ y variedad. La tabla ANOVA mostró diferencias significativas entre las va-

Figura 1. Concentración de O₂ (%) en las variedades.



Nota: Las 5 valoraciones fueron los días 0, 4, 8, 12 y 16.

Figura 2. Concentración de CO₂ (%) en las variedades.



Nota: Las 5 valoraciones fueron los días 0, 4, 8, 12 y 16

riedades. La interacción entre CO_2 y días indicó homogeneidad, pero el ANOVA mostró diferencias significativas, lo que conllevó a evaluar la prueba T3 de Dunnet que generó 5 subgrupos, evidenciando un incremento significativo en la producción de CO_2 .

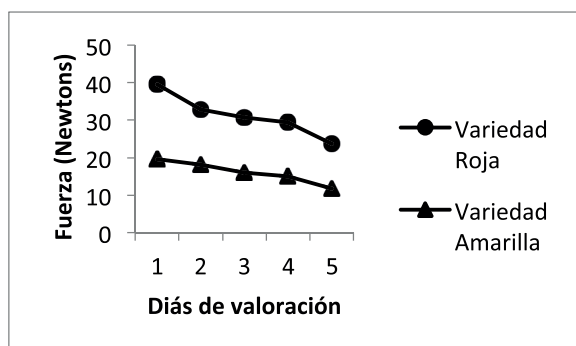
Firmeza

Disminuyó la resistencia a la penetración (figura 3) por la pérdida de agua y la exposición al etileno que causan encogimiento de la cáscara, ablandamiento de la pulpa y conversión del almidón en azúcares simples [18], así como por la degradación de las paredes celulares por hidrólisis, afectando las fuerzas de cohesión que mantienen a las células unidas entre sí, dando paso al ablandamiento del fruto [20].

La variedad amarilla tuvo menor resistencia a la penetración con 19,6353 Newtons (N) al inicio y 11,7463 N al final, con diferencia de 7,889 N. La variedad roja presentó valores entre 39,5358 N al inicio y 23,6431 N al final con diferencia de 15,8927 N, debido posiblemente a que la actividad de las pectinesterasas y galacturonasas en los frutos de variedad roja, se activan en mayor proporción que en los frutos de variedad amarilla durante la maduración [21].

Se encontró normalidad en los datos y la relación entre la firmeza y la variedad presentó homogeneidad ($\text{sig.} = 0,677$); al aplicar el ANOVA se encontraron diferencias significativas entre las variedades, ya que al comparar las medias se evidenció una clara diferencia entre sus valores. La relación entre firmeza y los días, arrojó homogeneidad sin diferencias significativas y al aplicar la prueba de Tukey se generó un subgrupo, lo que permite inferir que los frutos de chontaduro pierden firmeza con el transcurso del tiempo.

Figura 3. Fuerza de penetración (N) vs Días de evaluación.



Nota: Las 5 valoraciones fueron los días 0, 4, 8, 12 y 16.

Sólidos solubles totales

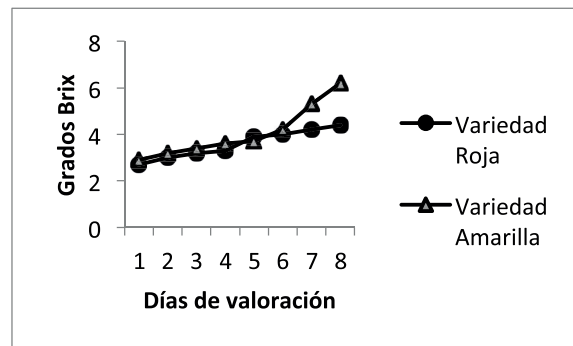
Mostraron comportamiento creciente en las dos variedades debido a la degradación del almidón en azúcares (sacarosa) [20]. Sin embargo, diversas frutas incluyendo el chontaduro contienen otros compuestos solubles en agua, como por ejemplo, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas [22]. El aumento de sólidos solubles es leve, sin cambios bruscos durante la maduración, aunque los frutos de variedad amarilla en los días 12 y 14 muestran un incremento (5,4 y 6,2) mayor que los de variedad roja (4,2 y 4,4).

Los datos presentaron normalidad (cuadro 1) y al aplicar el ANOVA (cuadro 3) no se evidenciaron diferencias significativas entre las variedades, así como tampoco existió homogeneidad debido al deterioro de los frutos que ocasionaron el cambio brusco de los $^{\circ}\text{Brix}$, en los días 12 y 14 para la variedad amarilla, incrementando la media (4,060) con respecto a la variedad roja (3,592). En la relación $^{\circ}\text{Brix}$ y días no hubo diferencias significativas ni homogeneidad en los datos, y la prueba T3 de Dunnet los dividió en seis subgrupos, reflejando una tendencia creciente de los $^{\circ}\text{Brix}$ con el paso del tiempo.

pH

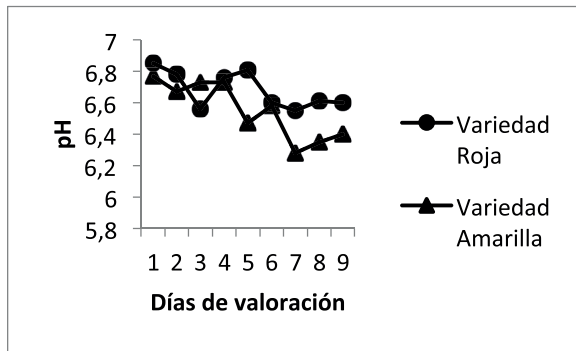
El comportamiento en las dos variedades fue variable (figura 5) manteniendo una tendencia decreciente. Usualmente, el pH de las frutas aumenta debido a que los ácidos orgánicos durante la maduración se convierten en azúcares [23], en contraste con lo anterior, algunas frutas, en este caso el chontaduro, presentan aumento de la concentración total de ácidos en su etapa de poscosecha, con la consecuente disminución del pH por la presencia de ácidos orgánicos generados

Figura 4. Variación de Sólidos solubles vs Días de evaluación.



Nota: Las 8 valoraciones fueron los días 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 y 16.

Figura 5. pH vs Días de evaluación.



Nota: Las 8 valoraciones fueron los días 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 14 y 16.

por la fermentación de carbohidratos, tanto solubles como de la degradación del almidón.

No se encontró normalidad en los datos y se aplicaron pruebas no paramétricas para la relación entre pH y días, generando 8 grupos cuya significancia fue evaluada dando como resultado que en los días (0-12), (2-12) y (6-12) se encontraron diferencias significativas, ya que, para los días 0, 2 y 6 los valores de pH con respecto a los del día 12, presentaron una diferencia relevante debido a la disminución drástica en el día 12, siendo más notorio para la variedad amarilla cuya media mucho menor que la variedad roja.

Proporción pulpa-cáscara-semilla

Los porcentajes oscilaron entre 79 y 87% para pulpa, 5 y 13% para cáscara y 7 y 10% para semilla: el porcentaje de la pulpa evidenció un leve incremento, lo que significa rendimientos más altos para la agroindustria en los estados avanzados de madurez. Por otra parte, aunque la diferencia no es tan marcada, la variedad roja presentó mejor rendimiento en pulpa a diferencia del porcentaje de cáscara que disminuyó en ambas variedades a causa la hidrólisis del almidón en el proceso de maduración [18], ocasionando que los frutos variedad roja perdieran el 7,9% y variedad amarilla 4%. La variación del porcentaje de semillas no fue notoria debido a que su estructura es dura y contiene poca humedad, con poca pérdida de peso. Sin embargo, al comparar las dos variedades se encontró que variedad amarilla contiene mayor proporción de semilla a pesar de que el fruto es de menor tamaño y peso.

El análisis para pulpa arrojó normalidad en los datos y homogeneidad entre las dos variedades mostró diferencias significativas, donde la media de los porcenta-

jes de pulpa para la variedad roja es mayor (83,262), que la amarilla (81,353) La relación pulpa-tiempo mostró homogeneidad en los datos y diferencias significativas, por lo que se aplicó la prueba T3 de Dunnet en la cual se obtuvieron 8 subgrupos, en donde se observa un crecimiento leve del porcentaje de pulpa con el transcurrir de los días.

Las mediciones del porcentaje de cáscara presentaron normalidad en los datos y homogeneidad entre las variedades y no se encontraron diferencias significativas. En el factor tiempo, la prueba de Levene no encontró homogeneidad y el ANOVA arrojó diferencias significativas y la prueba T3 de Dunnet ordenó los datos en 8 subgrupos mostrando una tendencia decreciente más notoria a partir del día 4.

El análisis para la semilla arrojó normalidad en los datos y la relación de ésta con la variedad no presentó homogeneidad entre las Variedades (sig. = 0,000). El ANOVA no encontró diferencias significativas a pesar de que las medias evidenciaron diferencia. La relación de la semilla y los días no presentó diferencias significativas y la prueba de Tukey generó un subgrupo demostrando que la diferencia de peso de las semillas fue mínima.

Determinación de grasas

La variedad amarilla se incrementó desde 18,53% en el día 0 hasta 31,30% en el día 16 (diferencia del 12,77%) mientras que la variedad roja 5,70% al inicio y 12,67% al finalizar el seguimiento (diferencia del 6,97%). Hubo normalidad en los datos y la relación entre el contenido de grasa y la variedad presentó homogeneidad (sig. = 0,155); al aplicar el ANOVA se encontraron diferencias significativas entre las dos variedades; al aplicar la prueba T3 de Dunnet generó 5 subgrupos mostrando una tendencia creciente de la información.

Análisis de imágenes

No se presentaron cambios significativos en el color, posiblemente por el estado de madurez fisiológica avanzado, es decir que el color predominante (rojo y amarillo) cubría la totalidad de los frutos. Se encontraron diferencias significativas entre la textura superficial del fruto y el área entre las variedades, que está directamente relacionada con la pérdida de agua y los cambios en el tamaño. El análisis de textura superficial, midió los cambios que sufrieron los frutos en cuanto a entropía y energía, usando medidas aleatorias (ran-

dom) de los elementos de una matriz, que para este caso fueron imágenes, ya que la entropía es la encargada de medir la aleatoriedad de los píxeles en escala de grises [24] y la energía mide la uniformidad entre los mismos, arrojando valores elevados cuando en la matriz de coocurrencia tiene pocas entradas de gran magnitud, así como valores bajos cuando todas las entradas son similares [25].

Hubo normalidad en los datos de energía y homogeneidad entre las variedades, sin embargo, el ANOVA con significancia de 0,001 indicó diferencias significativas, a pesar de que las medias fueron similares debido a un cambio de energía en el día 8 causado por un evento alterno que modificó las condiciones iniciales del fruto y originó las diferencias. Por otro lado, la relación energía y días arrojó homogeneidad en los datos que dividió los datos en nueve subgrupos que reflejan un leve incremento de energía al transcurrir el tiempo (días), por lo que no es prudente afirmar que existe uniformidad en los frutos.

La entropía arrojó normalidad en los datos y homogeneidad para la relación entre entropía y variedad (sig. = 0,956), en tanto que la ANOVA no mostró diferencias significativas entre las dos variedades, ya que al relacionar las medias reflejaron similitud entre sus valores. Por otro lado, la relación de entropía y días presentó homogeneidad con significancia de 0,140 y diferencias significativas, por lo que se efectuó la prueba de Dunnett, que organizó 9 subgrupos mostrando un comportamiento estable de los datos, la afirmación de que la entropía es alta, cuando los elementos de la matriz de coocurrencia tienen relativamente valores iguales.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso, amplitud y longitud del fruto son directamente proporcionales a la pérdida de agua en la maduración, disminuyendo hasta 21,73% en la variedad roja y 24,84% en la variedad amarilla. En cambio, el contenido de grasas y los sólidos solubles totales son inversamente proporcionales a dicha pérdida, debido a que el contenido de grasas aumentó de 5,70% en el día 0 hasta 12,67% en el día 15 en la variedad roja y en la variedad amarilla se incrementó desde 18,53% hasta 31,30% en el mismo periodo de tiempo.

La firmeza permitió diferenciar frutos frescos de frutos sobre madurados por la variación en la resisten-

cia a la penetración disminuyendo desde 39,5358N hasta 23,6431N en variedad roja y 19,6353N hasta 11,7463N en variedad amarilla.

De acuerdo con el comportamiento observado en la concentración de O₂ y CO₂ y en los cambios físicos y químicos en el fruto, se puede afirmar que este producto es climatérico, lo cual indica que el tiempo de comercialización es corto ya que sigue madurando incluso después de haber sido cosechado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por los recursos aportados para el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y sus calendarios de siembras y cosechas: resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. Bogotá (Colombia): Dirección de Política Sectorial - Grupo Sistemas de Información, 2012.
- [2] COLOMBIA. PROGRAMA REGIONAL AGRICOLA. El cultivo de chontaduro para fruto y palmito [en línea]. 1998. Disponible: <URL: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Caracteristicas%20del%20cultivo%20de%20chontaduro.pdf>. [Citado 4 de Abril, de 2012]
- [3] RIOS, A., NEITHA, J.C. y MOSQUERA, R. Perspectivas para la Agroindustrialización del Chontaduro *Bactris gassipaes* en la zona de influencia del municipio de Quibdó, Choco. Quibdó (Colombia): 1997.
- [4] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC). El Chontaduro: cartilla básica de extensión No.11. Popayán (Colombia): División de Asistencia Técnica Agropecuaria, Sección Fomento y Extensión, 2007.
- [5] GODOY, S.P., PENCUE, L., RUIZ, A. y MONTILLA, D.C. Clasificación Automática Del Chontaduro (*Bactris gassipaes*) para su aplicación en conserva, mermelada y harinas. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 5(2), 2007, p. 137-146.
- [6] ERAZO, Y. y MURILLO, J. Criterios para manejo de cosecha y poscosecha de chontaduro [en línea]. 1995. Disponible: <URL: <http://www.agro->

- net.gov.co/www/docs_si2/Criterios%20para%20manejo%20de%20cosecha%20y%20poscosecha%20de%20chontaduro.pdf>. [Citado 16 de Mayo, de 2012]
- [7] SALAZAR, Z. La mini cadena del chontaduro en El Tambo Cauca. El Tambo (Colombia): CORPO-TAMBO, 2008.
- [8] IDEAM. Pronósticos [en línea]. 2012. Disponible en web: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/index.jsf>. [Citado 5 de Junio, 2014].
- [9] TOZNE, Z.L., MOSQUERA, S.A. y VILLADA, H.S. Efecto de recubrimiento de almidón de *yuca* y *cera de abejas sobre el chontaduro*. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 12(2), 2014, p. 30-39.
- [10] WITT-TECHNOLOGY FOR GASES. Instruction Manual OXYBABY VO₂/CO₂ [en línea]. 2004. Disponible: <URL: http://cambridgesensotec.co.uk/gallery/InstructionManualPDF/PDF_OXYBABY_V_O2CO2_instruction_manual.pdf>. [Citado 9 de Julio, de 2012].
- [11] CARDONA, L. Sistema de medición en línea de una solución acuosa de café [en línea]. 2010. Disponible: <URL: [http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/\(A\)_SISTEMA_DE_MEDICION_EN_LINEA_DE_UNA_SOLUCION_ACUOSA_DE_CAFE_oDGGij.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/(A)_SISTEMA_DE_MEDICION_EN_LINEA_DE_UNA_SOLUCION_ACUOSA_DE_CAFE_oDGGij.pdf)>. [Citado 4 julio de 2012].
- [12] ZULUAGA, A.M. Diseño de metodologías para un equipo universal de ensayos con aplicación en la industria alimenticia [Tesis Química Industrial]. Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Química Industrial, Escuela de Tecnología Química, 2012, p. 14.
- [13] CALDAS, A. Optimización, escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido-líquido [Tesis Ingeniero Químico]. Cuenca (Ecuador): Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Química, 2012, p. 19.
- [14] VILLAMIZAR, F. Manejo tecnológico poscosecha de frutas y hortalizas: manual de prácticas. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2001, 130 p.
- [15] GRAZIANI, L., ORTIZ, L. ANGULO, J. y PARRA, P. Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía tropical*, 52(3), 2002.
- [17] HOYOS, O.L. y VELEZ, P.H. Determinación del extracto etéreo o grasa bruta. En: *Análisis de alimentos: Manual de prácticas de laboratorio*. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, 2000, p. 23.
- [18] MOSQUERA, S.A., VILLADA, H.S. y HOYOS, J.L. *Fisiología de la maduración de frutas*. 1 ed. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, 2010, 157 p.
- [19] PINEDA, L. y SOLIS, D. Efecto de la aplicación de recubrimiento de almidón hidrolizado de yuca (*Manihot sculenta* Crantz) sobre la maduración del aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Hass [Tesis Ingeniería Agroindustrial]. Popayán (Colombia) : Universidad del Cauca, Facultad Ciencias Agrarias, 2012, p. 33, 34.
- [20] ORDÓÑEZ, D., ZUÑIGA, D., HOYOS, J.L., MOSQUERA, S.A. y MOSQUERA, L.P. Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annum*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 2014, p. 795-805.
- [21] NAVARRO, M., MASSA, A. and PÉREZ, M. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. *Angeleno*). *LWT- Food Science and Technology*, 44, 2011, p. 2328- 2334.
- [22] DADZIE, B.K. y ORCHARD, J.E. Evaluación rutinaria poscosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos [en línea]. 1997. Disponible en: http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Routine_post-harvest_screening_of_banana_plantain_hybrids_Criteria_and_methods_235_ES.pdf. [citado 22 de agosto, de 2014].
- [23] WILLS, R. *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas y hortalizas y plantas ornamentales*. Zaragoza (España): Acribia, 1999, p. 260.
- [24] TRIBUJ, M.A. y WAISBAUM, A.D. Segmentación de imágenes texturadas [Tesis Licenciatura en Ciencias de la computación]. Buenos Aires (Argentina): Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de computación, 2006, 117 p.