



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

**CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA DE FRUTOS DE
RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.),
ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA Y PATÓGENOS
ASOCIADOS**

MARIAN GUADALUPE HERNÁNDEZ ARENAS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTORA EN CIENCIAS

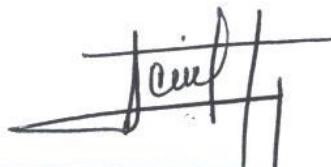
2 0 1 0

La presente tesis titulada: **Caracterización cualitativa de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.), almacenamiento postcosecha y patógenos asociados** realizada por la alumna: **MarianGuadalupe Hernández Arenas**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



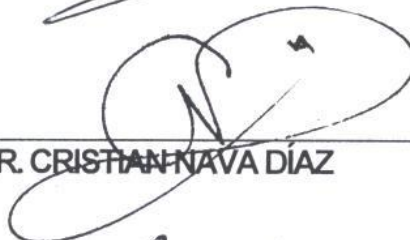
DR. DANIEL NIETO ÁNGEL

ASESOR:



DR. DANIEL TELZORTIZ

ASESOR:



DR. CRISTIAN NAVA DÍAZ

ASESOR:



DR. MARIA TERESA MARTÍNEZ DAMIAN

ASESOR:



DR. NESTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio 30 de 2010

CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA DE FRUTOS DE RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.), ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA Y PATÓGENOS ASOCIADOS

Hernández Arenas MarianGuadalupe, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010

RESUMEN GENERAL

El rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical originario de Asia e introducido a México. Es cultivado principalmente en el estado de Chiapas pero su comercialización es limitada por una corta vida en anaquel, oscurecimiento del pericarpio y enfermedades postcosecha. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) caracterizar frutos de cinco selecciones de rambután procedentes del estado de Chiapas; 2) estudiar el efecto de una cera y dos atmósferas modificadas a temperatura ambiente y refrigeración sobre la calidad visual y vida en anaquel de los frutos y 3) identificar el agente causal de la mancha negra del rambutan en postcosecha. Los frutos fueron cosechados entre Junio y Agosto del 2007 y 2008 en Tuxtla Chico, Chiapas. Se realizaron estudios de calidad y se encontró que los frutos de las selecciones RT-01 y RT-05 presentaron mejores características deseables en los frutos de exportación, además de ser los de mejor aceptación por los panelistas. Por otro lado, se evaluaron charolas de poliestireno termoformado cubiertas con polietileno de baja densidad Pliofilm[®], una cera para cítricos CER-LP[®], empaque rígido Clamshell[®] y testigo sin cubierta, en dos temperaturas (20 ± 2 °C y 10 °C) por un periodo de 14 días, evaluando la calidad de los frutos. Los tratamientos con Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10 °C redujeron un 35 % la pérdida de peso, además de prolongar la vida en anaquel hasta por 14 días manteniendo buena calidad visual y comercial de los frutos. *Pestalotiopsis theae* y *Lasiodiplodia theobromae* se encontraron como patógenos endófitos causantes de la mancha negra en rambután y se identificaron morfológica y molecularmente. Este el primer reporte de *Pestalotiopsis theae* y *Lasiodiplodia theobromae* como causantes de la mancha negra en rambutan en postcosecha en México.

Palabras clave: Calidad de frutos, conservación postcosecha, patógenos, endófitos, caracterización molecular.

CUALITATIVE CHARACTERIZATION OF RAMBUTAN FRUITS (*Nephelium lappaceum* L.), POSTHARVEST STORAGE AND PATHOGENS ASSOCIATED

Hernández Arenas MarianGuadalupe, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010

GENERAL ABSTRACT

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) is a tropical fruit originating from Asia and introduced into Mexico. It is mainly cultivated in the state of Chiapas but its commercialization is limited by short shelf life, darkening of the pericarp and postharvest diseases. The objectives of this work were: 1) characterize fruits from five selections of rambutan coming from the state of Chiapas; 2) study the effect of a wax and two atmospheres modified at room and refrigeration temperature on the visual quality and shelf life of the fruits and 3) identify the causative agent of rambutan postharvest brown spot. The fruits were harvested between June and August 2007 and 2008 in Tuxtla Chico, Chiapas. Studies were done on quality and found that the selected fruits RT-01 and RT-05 presented the best desirable qualities in fruits for export, in addition to being the most accepted by the panelists. On the other hand, thermoformed polystyrene trays covered with Plioform[®] low density polyethylene, a CER-LP[®] citrus wax, Clamshell[®] rigid pack and an control without cover, were evaluated at two temperatures (20 ± 2 °C and 10 °C) for a period of 14 days evaluating the quality of the fruits. The treatments with Clamshell[®] and Pliofilm[®] at 10 °C reduced weight loss by 35% and prolonged the shelf life for 14 days maintaining good visual and commercial quality of the fruits. *Pestalotiopsis theae* and *Lasiodiplodia theobromae* were found as endophyte pathogens and causative agents of rambutan black spot, and were identified morphologically and molecularly. This is the first report on *Pestalotiopsis theae* and *Lasiodiplodia theobromae* as the causative agents of rambutan black rot in postharvest in Mexico.

Keywords: Fruit quality, postharvest conservation, pathogens, endophytes, molecular characterization.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi mejor amigo y estar siempre conmigo consintiéndome con los hermosos regalos que me ha otorgado durante toda mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por facilitarme el apoyo económico para concluir mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Postgraduados y a todos mis profesores por abrirme sus puertas y brindarme conocimiento durante mis estudios de doctorado.

A mis profesores, los integrantes de mi Comité Académico: Dr. Daniel Nieto Ángel, Dr. Daniel Teliz Ortiz, Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, Dr. Cristian Nava Díaz y Dr. Nestor Bautista Martínez quienes me dieron consejo, apoyo y sugerencias para llevar a cabo esta investigación, pero sobre todo por su amistad y confianza en mí.

A la Ing. Guadalupe por su apoyo en las técnicas moleculares y al M.C. Jorge Valdés Carrasco por su ayuda con las fotografías en microscopio.

A las familias Barrios Gómez y Gómez Rivera por todo su apoyo y contribución desinteresada para la realización de este trabajo.

A todas las personas que, con sus comentarios y apoyo contribuyeron directa o indirectamente en esta investigación.

DEDICATORIA

A mis hijos **Fernanda** y **Saúl**, que son los motores y la fuerza de mi vida, porque con una sola caricia o mirada suya me siento realizada, pues con su llegada me dieron el mejor título y grado que algún día soñé tener: el de mamá.

A mi pilar, mi compañero en las buenas y malas, pues juntos nos levantamos de cada tropiezo, por su enorme paciencia, apoyo, comprensión y sobre todo amor.

Mi esposo Edwin. Te amo Flaquito.

A mis papás, **J. Guadalupe Hernández Pérez** y **Susana Arenas Alamirra** porque desde niña han apoyaron todas mis locuras, todo se lo debo a ustedes, por darme los mejores regalos: educación, buen ejemplo y amor.

A mis herman@s **Maricela, Ricardo, Marisol, Maribel, Leonel, Mariana y Lizeth**, comparto cada logro, por pequeño que sea, con ustedes, pues siempre están pendientes de mí y mis traviesos, gracias por apoyarme.

A mis amig@s, quienes me brindan apoyo y cariño sin pedir nada a cambio.

A todos, no tengo como pagarles el amor que me dan día a día.

G r a c i a s

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL	iii
GENERAL ABSTRACT.....	iv
Agradecimientos.....	v
Dedicatoria.....	vi
Contenido	vii
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Objetivos generales.....	2
Literatura citada.....	3
CAPITULO I. CHARACTERIZATION OF RAMBUTAN (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) FRUITS OF FIVE OUTSTANDING MEXICAN SELECTIONS	5
Abstract.....	5
Resumo	6
Resumen	7
Introduction	8
Materials and methods.....	9
Results and discussion.....	10
Conclusion.....	14
References	15
CAPITULO II. ALMACENAMIENTO DE RAMBUTAN EN DOS TEMPERATURAS Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS.....	20
Resumen	20
Abstract.....	21
Introducción.....	22
Materiales y métodos.....	22
Resultados y discusión	25
Conclusiones.....	33
Literatura citada.....	34

CAPITULO III. <i>Pestalotiopsis theae</i> y <i>Lasiodiplodia theobromae</i> HONGOS CAUSALES DE LA MANCHA CAFÉ Y MANCHA NEGRA DEL RAMBUTAN EN POSTCOSECHA.....	36
Resumen	36
Abstract.....	37
Introducción.....	38
Materiales y métodos.....	39
Resultados y discusión	41
Conclusiones.....	47
Literatura citada.....	47
CONCLUSIONES GENERALES	50

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO I.	CHARACTERIZATION OF RAMBUTAN (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) FRUITS OF OUTSTANDING MEXICAN SELECTIONS	Página
Table 1.	Firmness, fruit weight, number of fruits per kilogram, total soluble solids (TSS), titratable acidity and vitamin C content of five selections of rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i> L.). Chiapas, México, 2008.....	17
Table 2.	Weight of pericarp, aril, seed, their percentages and total sugars content of five selections of rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i> L.). Chiapas, México, 2008.....	18
Table 3.	Effect of harvesting date on the firmness, fruit weight, number of fruits per kilogram, total soluble solids (TSS), titratable acidity and vitamin C content of five selections of rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i> L.). Chiapas, México, 2008.....	18
Table 4.	Effect of harvesting date on the weight of pericarp, aril, seed, their percentages and total sugars content of five selections of rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i> L.). Chiapas, México, 2008.....	19

CAPITULO II.	ALMACENAMIENTO DE RAMBUTAN EN DOS TEMPERATURAS Y ATMOSFERAS MODIFICADAS	Página
Cuadro 1.	Cuadro 1. Cambios en pérdida de peso en frutos de rambutan tratados con cera y atmósferas modificadas a temperatura ambiente (20±2°C) y refrigeración (10°C).....	26
CAPITULO III.	<i>Pestalotiopsis theae</i> y <i>Lasiodiplodia theobromae</i> HONGOS CAUSALES DE LA MANCHA CAFÉ Y MANCHA NEGRA DEL RAMBUTAN EN POSTCOSECHA	
Cuadro 1.	Frecuencia de aislamientos (%) de hongos en flores y frutos de rambutan de Chiapas.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I.	CHARACTERIZATION OF RAMBUTAN (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) FRUITS OF OUTSTANDING MEXICAN SELECTIONS	Página
Figure 1.	Sensory profiles of five rambutan selections from Chiapas state, Mexico.....	19
CAPITULO II.	ALMACENAMIENTO DE RAMBUTAN EN DOS TEMPERATURAS Y ATMOSFERAS MODIFICADAS	
Figura 1.	Pérdida de peso (%) en rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	25
Figura 2.	Firmeza (Newtons) en rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	28
Figura 3.	Sólidos solubles totales (°Brix) en rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	29
Figura 4.	Azúcares totales (mg/100g ⁻¹) en rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	30

		Página
Figura 5.	Contenido de vitamina C (mg/100 g MF) en rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	31
Figura 6.	Calidad visual de frutos de rambutan después de 10 días de almacenamiento a 10°C (superior) y 20±2°C (inferior) con Clamshell® (envase rígido), Pliofilm®, cera CER-LP y testigo...	33
 CAPITULO III. <i>Pestalotiopsis theae</i> y <i>Lasiodiplodia theobromae</i> HONGOS CAUSALES DE LA MANCHA CAFÉ Y MANCHA NEGRA DEL RAMBUTAN EN POSTCOSECHA		
Figura 1.	Botones florales (A y B), flor polinizada (C) y fruto de rambutan en formación (D) con oscurecimiento en los estigmas, cáliz y tricomas.....	41
Figura 2.	Conidios hialinos inmaduros y maduros de color oscuro de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (A) y conidios inmaduros y maduros de <i>Pestalotiopsis theae</i> (B) aislados de frutos de rambutan de Chiapas en los años 2007 y 2008.....	44
Figura 3.	Síntomas de mancha negra causada por <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (a) y mancha café por <i>Pestalotiopsis theae</i> (B) en frutos de rambutan a los cinco días después de la inoculación.	45

INTRODUCCION GENERAL

El rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical de la familia Sapindaceae. Los frutos son globosos u ovoides de pericarpio rojo o amarillo, con tricomas largos. El fruto posee un arilo comestible blanco o translúcido, dulce, jugoso y rico en vitamina C (Smith *et al.*, 1992; Wall, 2006). Este frutal exótico, es originario de Malasia e Indonesia, pero su cultivo se ha extendido a las Filipinas, Singapur, Tailandia, Vietnam, India, Siria, Zaire, Sudáfrica, Madagascar y Australia (Smith *et al.*, 1992; Tindall, 1994).

El cultivo del rambután en México inicio en 1950 (Fraire, 2001), su reproducción es básicamente por semilla y su posterior injerto con selecciones sobresalientes de los productores en Chiapas (Pérez y Pohlan, 2004).

Los frutos de rambutan son no climatéricos y cosechados cuando presentan calidad comestible y apariencia visual óptima (Tindall, 1994). Para el consumidor, los atributos que confieren calidad a los frutos son principalmente el aspecto visual (tamaño, color, forma, firmeza, ausencia de defectos) aroma y contenido de nutrientes entre otros (Wills *et al.*, 1981; Kader, 2001). Los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambutan 246-2005 indican: color rojo uniforme, libre de lesiones, daños por insectos y enfermedades, peso superior a 30 g y un contenido de sólidos soluble totales de 16 a 18% (Landrigan *et al.*, 1996; Kader, 2009; Codex Alimentarius, 2008).

Los cambios que presentan durante la senescencia son deshidratación del pericarpio, pérdida de color (oscurecimiento), incremento en la acidez titulable y sólidos solubles totales (Paull y Chen, 1987; Kader, 2001). Una manera de retrasar la senescencia del rambutan es almacenando los frutos a 10 °C con un rápido empaque en bolsas de

polietileno para disminuir la deshidratación, oscurecimiento y pérdida de peso de los frutos (O'Hare *et al.*, 1994; Morris y Jobling, 2002; Pérez y Pohlman, 2004). Las atmósferas modificadas (AM) mantienen la calidad y extienden la vida en anaquel de los productos frescos (Devon y Kader, 1988).

Aunado a los problemas fisiológicos, la producción de rambutan en México es afectada por diversos problemas fitosanitarios, especialmente por hongos en postcosecha. La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc.), pudrición del pedúnculo (*Botryodiplodia theobromae* Pat.) y mancha café (*Gliocephalotrichum microchlamydosporum*) han sido reportadas como las principales enfermedades del rambutan en precosecha y postcosecha (Sivakumar *et al.*, 2002; Kader, 2009). La mancha negra del rambután es la principal enfermedad en postcosecha, puede ocasionar pérdidas hasta del 100% durante el transporte y comercialización de los frutos.

Dada la importancia que ha cobrado la producción de rambutan en el Soconusco en Chiapas y en otros estados de la República Mexicana, como Tabasco, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz, así como los escasos estudios en esta especie, es que se realizó la presente investigación, teniendo los siguientes:

OBJETIVOS GENERALES

1. Caracterizar la calidad de los frutos de cinco selecciones de rambután de Chiapas, evaluando parámetros físicos y bioquímicos, los cuales confieren propiedades atractivas al consumidor.

2. Evaluar dos atmósferas modificadas y una cera en dos temperaturas de almacenamiento ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) para seleccionar la combinación más adecuada para mantener la calidad visual y comercial de los frutos de rambutan.
3. Identificar los agentes causales de la causa de la mancha negra del rambutan en postcosecha

LITERATURA CITADA

- CODEX ALIMENTARIOUS. 2005. Standard for Rambutan 246-005. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en. Consultado el 5 de enero del 2009.
- Devon, Z., y A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42:70-77.
- Fraire, V. 2001. El rambutan: alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México. Folleto No. 1. INIFAP. Chiapas, México. 41 p.
- Kader, A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Acta Horticulture* 553: 51-55.
- Kader, A. Rambutan: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research Information Center Home Page. Available in: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/rambutan.html>. Access in: 18 Feb. 2009.
- Landrigan, M. L.; Morris, S. C. y McGlasson, W. B. 1996. Postharvest browning of rambutan a consequence of water loss. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121 (4): 730-734.

- Morris, S., y J. Jobling. 2002. Recent advances in the postharvest packaging and handling of tropical fruit. *Acta Horticulturae* 575:529-533.
- O'Hare, T., A. Prasad, y A. Cooke. 1994. Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. *Postharvest Biology and Technology* 4(1-4):147-157.
- Paull, R. E. y Chen, N. J. 1987. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. *Hortscience* 22(6): 1303-1304.
- Pérez R. A. y A. Pohlan. 2004. Prácticas de cosecha y postcosecha del rambutan en el Soconusco, Chiapas, México. *LEISA Revista de agroecología* 20(3):1-5, 2004.
- Tindall, H. D. 1994. Rambutan cultivation. FAO. Roma. 163 p.
- Wall, M. M. 2006. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 655-663.
- Wills, R. B.; Lee, T. H.; Graham, D.; McGlasson W. B. y Hall E. 1981. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. AVI Publishing Company Inc. Westport, Conn. USA., 161 p.

CAPITULO I.

CHARACTERIZATION OF RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.) FRUITS OF FIVE OUTSTANDING MEXICAN SELECTIONS¹

ABSTRACT

Fruits of five regional selections of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), were characterized to identify those of international marketing quality to promote their propagation in Mexico, breeding and conservation in germoplasm bank. The fruits were harvested in June, July, and August 2008 and, after each harvest, were assessed for shape (length/diameter), firmness, fruit weight, number of fruits per kg, weight and percentage of pericarp, seed and aril, total soluble solids, total sugars, vitamin C content, pH, and titratable acidity. In addition, a sensorial evaluation was carried out with 31 panelists who graded each selection for color, sweetness, and acidity. Fruits of five selections were ovoid with the following characteristics: firmness values from 43,7 to 51,0 N, fruit weight between 22,4 and 34,7 g; 28,9 to 45 fruits per kg; pericarp weight 10,5 to 17,3 g (45,9 to 49,9% of the total fruit weight); total seed weight was 2,2 to 2,5 g (7,0 to 10,0%); average aril weight was 8,9 to 13,1 g (37,5 to 41,4%). The fruits had high contents of total soluble solids (17,8 to 20,4 °Brix), total sugars (211,95 to 242,70 mg/100 g in the edible portion), vitamin C (37,9 to 69,1 mg/100 g), pH 5,0, and titratable acidity of 0,20 to 0,28%. The fruits from the RT-01 and RT-05 selections had better attributes in fruit weight, total soluble solids and titratable acidity and were better accepted by the panelists. Harvest date significantly affects rambutan fruit quality; at the middle and end of the season harvested fruits had better qualitative characteristics for the marketing.

Index terms: Tropical fruit, Sapindaceae, quality attributes, sensory evaluation.

¹ Revista Brasileira de fruticultura. Artículo aceptado para su publicación en la edición de diciembre 2010.

CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.) SELEÇÕES PENDENTES MEXICANAS

RESUMO

Frutos de cinco seleções de rambután (RT-01, RT-02, RT-03, RT-04 e RT-05), foram caracterizados para identificar aqueles com qualidade internacional e seleccionar os melhores para aumentar a produção em México, melhoramento e conservação de germoplasma banco. Os frutos foram colhidos nos meses de junho, julho e agosto de 2008. Em cada colheita se avaliou a forma (largura/diâmetro), firmeza, peso do fruto, número de frutos por quilograma, peso e porcentagem do pericarpo, semente e arilo, sólidos solúveis totais, açúcares totais, conteúdo de vitamina C, pH, acidez titulável e foi feita uma avaliação sensorial com 31 provadores, qualificando cor, forma, doçura e acidez de cada amostra. Os frutos das cinco seleções tiveram forma alargada ou oval, com valores de firmeza de 43,7 a 51,0 N, o peso de cada fruto oscilou entre 22,4 a 34,7g, registrando de 28,9 a 45,0 frutos por quilograma, com um peso de pericarpo de 10,5 a 17,5 g que correspondeu de 45,9 a 49,9% do peso do fruto. O peso da semente foi de 2,2 a 2,5g (7,0 a 10,0%), o peso médio do arilo foi de 8,9 a 13,1g equivalentes à 37,5 a 41,4%. Os frutos apresentaram um alto conteúdo de sólidos solúveis totais (17,8 a 20,7 °Brix), açúcares totais (400 a 465,7 mg/100g), vitamina C (37,9 a 69,1mg/100g de porção comestível), baixo pH (5,0) e elevada acidez titulável (0,7 a 0,8%). Os frutos das amostras RT-01 e RT-05 apresentaram melhores atributos quanto a peso do fruto, sólidos solúveis totais e acidez titulável, características desejáveis para exportação, além de ser de melhor aceitação pelos provadores. A data da colheita influenciou significativamente na qualidade dos frutos, na metade e ao final da temporada da colheita houveram frutos de maior peso, porcentagem de arilo, sólidos solúveis totais, vitamina C, menor pH e acidez titulável.

Termos para indexação: Frutas tropicais, sapindaceae, qualidade atributos, avaliação sensorial.

CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA DE FRUTOS DE CINCO SELECCIONES DE RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.) DE CHIAPAS, MÉXICO

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar frutos de cinco selecciones de rambután (RT-01, RT-02, RT-03, RT-04 y RT-05), producto de la selección y propagación mediante injerto, así como identificar aquellos de calidad internacional y diferenciar los mejores para fomentar su propagación en Tuxtla Chico, Chiapas, México. Los frutos fueron cosechados en Junio, Julio y Agosto del 2007. En cada cosecha se evaluó la forma (longitud/diámetro), firmeza, peso de fruto, número de frutos por kilogramo, peso y porcentaje de pericarpio, semilla y arilo, sólidos solubles totales, azúcares totales, contenido de vitamina C, pH, acidez titulable y una evaluación sensorial con 31 panelistas, calificando color, forma, dulzura y acidez de cada selección. Se encontró que todas las selecciones poseen frutos de forma alargada u ovoide presentando valores de firmeza de 43.7 a 51.0 Nw, el peso del fruto oscilo entre 22.4 a 34.7 g registrando de 28.9 a 45.0 frutos por kilogramo, con un peso de pericarpio de 10.5 a 17.3 g que correspondió al 45.9 a 49.9% del peso del fruto, el peso de semilla fue de 2.2 a 2.5 g que significo un 7.0 a 10.0%, el peso promedio de arilo fue de 8.9 a 13.1 g equivalentes al 37.5 a 41.4%. Los frutos presentaron un alto contenido de sólidos solubles totales (17.8 a 20.4 °Brix), azúcares totales (400 a 465.7 mg/100 g), vitamina C (37.9 a 69.1 mg/100 g de porción comestible), bajo pH (5.0) y elevada acidez titulable (0.7 a 0.8%). Los frutos de las selecciones RT-01 y RT-05 presentaron mejores atributos en cuanto a peso de fruto, sólidos solubles totales y acidez titulable, características deseables para los frutos de exportación, además de ser los de mejor aceptación por los panelistas. Se observó que la fecha de corte influye de manera significativa en la calidad de los frutos de rambutan, siendo la cosecha a la mitad y al final de la temporada las que brindaron frutos de mayor peso, porcentaje de arilo, sólidos solubles totales, azúcares totales, vitamina C, menor pH y acidez titulable.

Palabras clave: *Nephelium lappaceum* L., porción comestible, azúcares totales, vitamina C, análisis sensorial.

INTRODUCTION

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) is a tropical fruit belonging to the Sapindaceae family. The fruits are ovoid, with a red or yellow pericarp covered with soft spines that vary in coloring from green, yellow and red. They possess an edible aril (rich in vitamin C) that is white or translucent, sweet and juicy and clings to the testa seed (Nakasone & Paull, 1998; Smith et al., 1992; Wall, 2006). This exotic fruit, grown in Mexico, is originally from Malaysia and Indonesia, but its cultivation has extended to the Philippines, Singapore, Thailand, Vietnam, India, Syria, Zaire, South Africa, Madagascar, and Australia (Smith et al., 1992; Tindall, 1994).

For the consumer, the fundamental attributes of fruit quality are its visual aspect (size, color, shine, shape, texture, firmness, absence of defects), aroma, and content of nutrients, vitamins and minerals, among others (Wills et al., 1981; Kader, 2001). Rambutan fruit should satisfy the following requirements to be considered of international quality: uniform red color; free of lesions, insects and diseases; clean; weight above 30 g; spines no longer than 1 cm; thick, firm aril that readily separates from the seed, and a total soluble solid content of 16 to 18% (Landrigan et al., 1996; Kader, 2006). Fruits can be classified in the Category 'extra' if they are of superior quality, in Category I if they are of good quality but with some defects, and Category II if they satisfy only the minimum requirements established in the Codex Norm for Rambutan 246-2005 (Codex Alimentarius, 2008).

Rambutan varieties from Malaysia and Indonesia were introduced in Mexico in the 1950s (Fraire, 2001). In Mexico, rambutan is reproduced by seed and actually there are selections that have good production and quality for marketing. These selections are few and should be promoted and propagated by graft (Perez and Pohlan, 2004). The present

study was conducted to characterize the fruits of five outstanding rambutan selections by evaluating physical and biochemical parameters.

MATERIALS AND METHODS

The fruits of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) used were obtained of tree propagated by seed which were selected among four orchards because had high quality fruits. These were from six-year-old orchards in Chiapas State, on three dates during June, July, and August, 2008. The experimental unit consisted of six fruits, and four replications per selection and harvest date. The fruits were harvested at eating ripeness, when they had red coloring. Later, were chosen by uniform size and color. They were placed in plastic bags and transported ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) to the laboratory of Fruit Physiology at the Universidad Autonoma Chapingo.

Pericarp resistance (N) to penetration was measured using a penetrometer (Mecmesin CE 200 N) with a conical probe. After, each fruit was weighed and later divided into its components (pericarp, aril, and seed) to be weighed separately on a digital balance. The percentage of each of the fruit components relative to total fruit weight was estimated.

Total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$) content was determined by each fruit with an ATAGO-Pelete PR-101TM digital refractometer. Total sugars were quantified in a UNICO 1100RS spectrophotometer at 630 nm (Witham *et al.*, 1971).

Vitamin C was determined by titration with a 0,01% Tillman solution (AOAC, 1990). Titratable acidity was determined by titration with NaOH 0,1 N on the basis of malic (AOAC, 1990). PH was measured directly with a Hanna HI 8314 digital potentiometer.

A sensorial evaluation of each selection was conducted during first harvest with 31 panelists. The variables analyzed were color, shape, sweetness, and acidity, each of which was graded using a scale of 1 = poor, 2 = average, 3 = good, and 4 = excellent.

Statistical analysis

The data were analyzed using a complete random bi-factorial design. An analysis of variance was performed with the general linear model (GLM) and means were compared with the Tukey test with a level of significance of 0,05 using SAS (SAS Institute, 1999). The data of the sensorial analysis were transformed to ranges using Minitab statistical software and analysis of variance in a complete random design, considering the 31 panelists as replications and the selections as treatments.

RESULTS AND DISCUSSION

It is known that variability among rambutan trees is high because of crossed pollination and propagation by seed, numerous cultivars have been selected by the growers for its high yield and fruit quality (Smith et al., 1992); however, these selections have been adapted to specific conditions and thus can behave differently in other environments and harvest dates. Although there are numerous cultivars and selections worldwide, their behavior and adaptation to regions of productive potential in each country should be studied.

In general, rambutan fruits vary widely in their physical characteristics. In our study, all of the selections (RT-01, RT-02, RT-03, RT-04 and RT-05) had oblong or ovoid shape fruits. This shape fruit is a characteristic present in the most of the Asiatic cultivars (Hiranpradit et al., 1992). Also, significant differences ($P \leq 0,05$) were found among the selections for the variables firmness, fruit weight and number of fruits per kg (Table 1).

The selections RT-01, RT-04 and RT-05 were firmer, with values of 47,5 to 51,0 N probably due to the turgidity of the pericarp as well as to the number, shape and length of the spines, which differ from variety to variety.

Individual fruit weight reported for rambutan is 20 to 60 g (Paull & Chen, 1987; De Andrade et al., 2008). However, that recommended for the international market is 30 g for the categories extra and I (Kader, 2006; Codex Alimentarius, 2008), and the widely cultivated cultivars 'Rong Rien' and 'See-Chompoo' from Thailand produce 25 to 32 fruits per kg (Hiranpradit et al., 1992). Our results show that mexican selections compare favorably with these references. Of the selections studied, the heaviest fruits (34,7 g) were produced by the RT-01 selection, resulting in 29 fruits per kg; thus, the RT-01 and RT-05 selections, with 32,1 g average weight per fruit, satisfy this requirement for selection and classification in these categories, while the remaining selections were classed in category II. Selections RT-01 and RT-02 produce fruits that, in terms of weight as well as their bright red color, can be classified in the category extra and category I of the Codex Alimentarius.

The most desirable chemical characteristics for fresh rambutan are 16% total soluble solids, low acidity (0,3%) and vitamin C content of 70 mg/100 g of flesh as quality parameters and harvest index (Kader, 2006; Codex Alimentarius, 2008). Smith et al (1992) adds high contents of vitamin C and carbohydrates to these parameters. In our study, the selections RT-01 and RT-05 have high total soluble solids contents (20,4 and 20,9 °Brix) significantly different from RT-02, RT-03 and RT-04 (Table 1). It has been observed that the content of total soluble solids in rambutan varies from 16,9 to 21 °Brix in different varieties, environment conditions, harvest dates and years (Ketsa & Klaewkasetkorn, 1992;

Wall, 2006). For example, in selections from Brazil, the total soluble solids are up 8 to 19,5% (De Andrade et al., 2008).

Significant differences were observed in total sugars, selections RT-01, RT-03 and RT-05 had high content (227,6 to 242,7 mg/100 g) significantly different from RT-02 and RT-04 (211,9 and 207,3 mg/100g) (Table 2). In other hand, average pH was 5,0 for all the selections (data not showing).

The content of ascorbic acid in others Sapindaceae is relatively high; in longan levels of 55,3 to 63,3 mg/100 g are found, in litchi of 27,6 to 33,2 mg/100 g, while the rambutan varieties 'Jitlee', 'R162' and 'Rong Rien' the vitamin C content is 22 to 47,8 mg/100 g of pulp (Wall, 2006). Among our selected varieties, four of the five selections had higher vitamin C content than the above references, and RT-01 and RT-03 had the highest quantity with 67,9 and 69,1 mg/100 g. Also, titratable acidity in our selections is similar to levels found in "Rong Rien" with 0,25 – 0,29% (Ketsa & Klaewkasetkorn, 1992). While significant differences in titratable acidity were found among the studied selections; a maximum of 0,28% in RT-05 and a minimum of 0,20% in RT-03 (Table 1).

For weight and percentage of the fruit components (pericarp, seed and aril, or edible portion) there were significant differences ($P \leq 0,05$) among selections (Table 2). The selection RT-01 had the highest weight and percentage of pericarp (17,3 g or 49,4%). Seed weight was not significantly different among the selections with an average of 2,3 to 2,5 g, but RT-03 had the smallest seeds. The highest aril weight (12,2 to 13,1 g) was found in the selections RT-01, RT-04 and RT-05; however, the largest edible portion was found in RT-03, RT-04 and RT-05 (40,2 to 41,4%), while RT-01 and RT-02 had the lowest percentage

of aril. The cultivar 'Rong Rien', one of the best known and most cultivated in Thailand has an aril, or edible portion, that makes up 30 to 50% of the entire fruit (Paull & Chen, 1987), some others in Brazil have up 18 to 50% (De Andrade et al., 2008).

In the sensory analysis, the selection RT-03 had the most attractive color to the panelists. For fruit shape, there was no difference. The selection RT-01 was preferred because of its greater sweetness, while did not have differences among the other selections. The selection RT-03 was qualified with the lowest acidity. In the ease of detachment of the testa seed and aril, there were no differences between the selections (Fig. 1). Summarizing, our selections have both physical and chemical characteristics that place them among the most widely accepted varieties in the world. Three selections (RT-01, RT-03 and RT-05) satisfy international physical quality requirements and almost all are sweeter, equally acid and have higher vitamin C content. Also, the selections were well-accepted by a panel because their sweetness, low acidity and better in appearance for their color.

In Mexico, rambutan fructification and harvest periods is concentrated in June, July and August (Fraire, 2001). Differences in fruit quality and nutrient of the selections content were found among different harvest dates. The fruits with greater weight (43.6 to 49.3 g) and thus the smaller number of fruits per kilogram (20.3 to 23.8) were in the RT-02 selection in the three harvest dates, while other selections had greater variability among harvest dates. The higher content of acidity was determined in the selection RT-01 from the first harvest and in the selections RT-01, RT-02 and RT-05 of the second harvest. Also, the higher content of vitamin C was determined in the selections RT-01 and RT-03 (85.3 to 86.5 mg/100 g) in the middle harvest and in all selections in the last harvest (84.1 to 85.3 mg/100g) except in the selection RT-02 (Table 3).

Moreover, the fruits of selections RT-01 and RT-05 had the same pericarp weight (16.2 to 17.8 g) in the three harvests. However, practically did not have difference in the percentage of pericarp among selections nor the three harvest dates. However, the highest weight (2,9 to 3,1 g) and percentage of seed (12,0 to 12,7 g) occurred at the beginning of the production season, in June, while the highest weight (14,0 to 15,9 g) and percentage of aril (42,5 to 45,1 %) was recorded in intermediate harvest (July) and at the end of August. While the highest total sugar contents (238, 8 to 265,8 mg/100g) were founded in the middle harvest in June in al selections except in RT-04 (Table 4). The pH (4,6 to 5,5) was statistically the same in all the selections during the three harvests (data not showing). Differences were observed in the chemical composition of the fruits harvested on different dates, coinciding with the report of Ketsa and Klaewkasetkorn (1992) for the variety 'Rong Rien', suggesting that the harvest date affects fruit size and quality.

The results of our study identified selections that compare favorably with other species of Sapindaceae and recognized rambutan varieties around the world, and thus are marketable under international standards.

CONCLUSION

The selections of rambutan considered in our study are only a few of those that grow in Mexico, since each grower has selected and propagated the best of his trees. Our study has identified two selections that produce fruits of international quality. Selections RT-01 and RT-05 exhibited the best attributes of fruit weight, total soluble solids and titratable acidity, desirable traits for export fruit. Selections RT-01, RT-03 and RT-05 were the most attractive for panelists because they were sweeter, less acid and had better appearance. Harvest date has a significant influence on rambutan fruit quality; harvest at the middle and

end of the season produced heavier fruits with larger percentage of aril, total soluble solids, total sugars, vitamin C, lower pH and titratable acid. It is necessary to do further research to evaluate and determine the real productive and domestic and international marketing potential of rambutan.

REFERENCES

- AOAC. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D. C. USA, 1990. 1191 p.
- CODEX ALIMENTARIOUS. **Standard for Rambutan 246-005**. 2005. Available in: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en. Access in: 5 Jan. 2009.
- CRANE, J.; ZEE, F.; BENDER, G.; FABER, B.; BRUNNER, B.; CHIA, C. Commercial Sapindaceus fruit production. **Acta Horticulture**, Wageningen, vol. 665, p.93-101. 2005.
- DE ANDRADE, R. A.; DE MACEDO, L. E.; GERALDO, M. A.; DE PAULA, R. C.; PITTA, J. J.; Caracterização morfológica e química de frutos de rambután. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p.958-963. 2008.
- FRAIRE, V. **El rambutan: alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México**. Folleto No. 1. INIFAP. Chiapas, México, 2001. 41 p.
- HIRANPRADIT, H.; PAIBOONRAT, P., CHANDRAPARNIK, S., JANTRAJOO, S. Quality standardization of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). **Acta Horticulture**, Wageningen, vol. 321, p. 708-712. 1992.
- HUANG, X.; HUANG, H.; GAO, A.; XIAO, Z. Production of rambutan in China. **Acta Horticulture**, Wageningen, vol. 665, p. 73-79. 2005.

- KADER, A. Quality assurance of harvested horticultural perishables. **Acta Horticulture**, Wageningen, vol. 553, p. 51-55. 2001.
- KADER, A. **Rambutan: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. Postharvest Technology Research Information Center Home Page. Available in: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/rambutan.html>. Access in: 18 Feb. 2009.
- KETSA, S.; KLAEWKASETKORN, O. Postharvest quality and losses of “Rongrein” rambutan fruits in markets. **Acta Horticulture**, Wageningen, vol. 321, p. 771-777. 1992.
- LANDRIGAN, M.; SARAFIS, V.; MORRIS, S.; MCGLASSON, W. Structural aspects of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. **Journal of Horticultural Science**, vol. 69, n. 3, p. 571-579. 1994.
- LANDRIGAN, M. L.; MORRIS, S. C.; MCGLASSON, W. B. Postharvest browning of rambutan a consequence of water loss. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, vol. 121, n.4, p. 730-734. 1996.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of crops. **Postharvest Biology and Technology**, vol. 20, p. 207-220. 2000.
- NAKASONE, H.; PAULL, R. **Tropical fruits**. CAB International, New York, NY. 1998.
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. **Hortscience**, Alexandria, vol. 22, n. 6, p. 1303-1304, 1987.
- PEREZ R. A.; A. POHLAN. Practicas de cosecha y postcosecha del rambutan en el Soconusco, Chiapas, México. **LEISA Revista de agroecología** 20(3):1-5, 2004.
- SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows, V. 8**. SAS Institute, Cary, NC. USA, 1999.
- SMITH, N. J.; WILLIAMS, J. T.; PUCKNETT, D. L.; TALBOT, J. P. **Tropical forest and their crops**. Cornell University Press. NY, USA. 1992. 568 p.

- TINDALL, H. D. **Rambutan cultivation**. FAO. Roma. 1994. 163 p.
- WALL, M. M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, vol. 19, p. 655-663, 2006.
- WILLS, R. B.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; MCGLASSON W. B.; HALL E. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. AVI Publishing Company Inc. Westport, Conn. USA., 1981. 161 p.
- WITHAM, F. H.; BLAYDER, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in Plant Physiology**. Van Nostrand Company. New York, USA, 1971. 245 p.

Table 1. Firmness, fruit weight, number of fruits per kilogram, total soluble solids (TSS), titratable acidity and vitamin C content of five selections of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Chiapas, México, 2008.

Selection	Firmness (Nw)	Fruit weight (g)	Fruits per kilogram	Total soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Vitamin C (mg/100 g)
RT-01	48,4a*	34,7a	28,9d	20,4a*	0,27a	67,9a
RT-02	46,7b	22,4e	45,0a	18,0b	0,22b	37,9d
RT-03	43,7b	25,6d	39,7b	17,9b	0,20b	69,1a
RT-04	47,5a	29,7c	34,0c	17,8b	0,24a	54,1c
RT-05	51,0a	32,1b	32,1c	20,9a	0,28a	62,3b

*Means with the same letter in each column were not significantly different ($P \leq 0,05$).

Table 2. Weight of pericarp, aril, seed, their percentages and total sugars content of five selections of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Chiapas, México, 2008.

Selection	Pericarp weight (g)	% pericarp	Seed weight (g)	% seed	Aril weight (g)	% aril	Total sugars (mg/100 g)
RT-01	17,3a*	49,9a	2,4a	7,0c	13,0a	37,5c	227,6a
RT-02	10,5e	46,9b	2,3a	10,0a	8,9c	39,8b	211,9b
RT-03	11,7d	45,9b	2,2b	8,7b	10,7b	41,4a	229,4a
RT-04	13,9c	46,7b	2,5a	8,5b	12,2a	40,7a	207,3b
RT-05	15,4b	48,0a	2,4a	7,6c	13,1a	40,2a	242,7a

*Means with the same letter in each column were not significantly different ($P \leq 0,05$).

Table 3. Effect of harvesting date on the firmness, fruit weight, number of fruits per kilogram, total soluble solids (TSS), titratable acidity and vitamin C content of five selections of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Chiapas, México, 2008.

Harvest Season	Selection	Firmness (Nw)	Fruit weight (g)	Fruits per kilogram	TSS ($^{\circ}$ Brix)	Titratable acidity (%)	Vitamin C (mg/100 g)
Early	RT-01	43,7a	29,2d	34,2a	19,8b	0,6b	34,3d
	RT-02	41,8b	42,0b	23,8c	16,9c	0,6b	34,3d
	RT-03	44,3a	45,1a	22,3c	16,0d	0,6b	35,5c
	RT-04	44,4a	36,1b	27,8b	16,4c	0,7b	37,8c
	RT-05	49,4a	36,2b	27,7b	18,0c	1,1a	48,5b
Middle	RT-01	50,4a	27,9d	35,9a	19,3b	0,8a	85,3a
	RT-02	48,0a	43,6a	23,1c	18,7b	0,8a	41,4c
	RT-03	39,8b	38,4b	26,2b	18,5b	0,4b	86,5a
	RT-04	47,7a	35,8b	27,9b	17,2c	0,7b	39,0c
	RT-05	51,9a	30,3c	33,0a	22,3a	0,8a	54,4b
Latest	RT-01	51,2a	29,6c	33,9a	22,0a	0,7b	84,1a
	RT-02	50,2a	49,3a	20,3c	18,4b	0,6b	37,8c
	RT-03	46,9a	35,6c	28,1b	19,3b	0,6b	85,3a
	RT-04	50,3a	30,1c	33,3a	19,9b	0,7b	85,3a
	RT-05	51,7a	28,2d	35,5a	22,4a	0,6b	84,1a

*Means with the same letter in each column were not significantly different ($P \leq 0,05$).

Table 4. Effect of harvesting date on the weight of pericarp, aril, seed, their percentages and total sugars content of five selections of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Chiapas, México, 2008.

Harvest	Selection	Pericarp weight (g)	Pericarp (%)	Seed weight (g)	Seed (%)	Aril weight (g)	Aril (%)	Total sugars (mg/100g)
Early	RT-01	17,2a	50,2a	3,1a	9,0c	10,8c	31,7d	227,2a
	RT-02	10,5d	44,1b	3,0a	12,7a	7,9d	33,6c	203,3b
	RT-03	10,5d	47,2a	2,7b	12,0a	7,7d	34,6c	193,2b
	RT-04	12,8c	46,2a	3,1a	11,2b	9,3c	33,4c	182,3b
	RT-05	16,5a	48,6a	2,9a	10,4b	9,2c	33,2c	225,7a
Middle	RT-01	17,8a	49,4a	2,2c	6,3d	13,8b	38,4b	242,4a
	RT-02	10,8d	47,2a	2,0b	8,7c	10,4c	45,1a	236,8a
	RT-03	11,6c	44,4b	1,9d	7,4d	11,8b	45,0a	265,8a
	RT-04	13,1c	46,9a	2,2c	8,0c	12,3b	44,0a	208,2b
	RT-05	16,2a	49,3a	2,0c	6,2d	14,0a	42,5a	238,8a
Latest	RT-01	17,0a	50,0a	2,0d	5,8e	14,4a	42,4a	213,3b
	RT-02	10,0d	49,3a	1,7d	8,5c	8,3d	40,7b	195,7b
	RT-03	13,0c	46,2a	1,9d	6,7d	12,5b	44,4a	229,3b
	RT-04	15,6b	47,0a	2,1c	6,3d	14,9a	44,7a	231,4a
	RT-05	16,4a	46,0a	2,2c	6,1d	15,9a	44,7a	263,6a

*Means with the same letter in each column were not significantly different ($P \leq 0,05$).

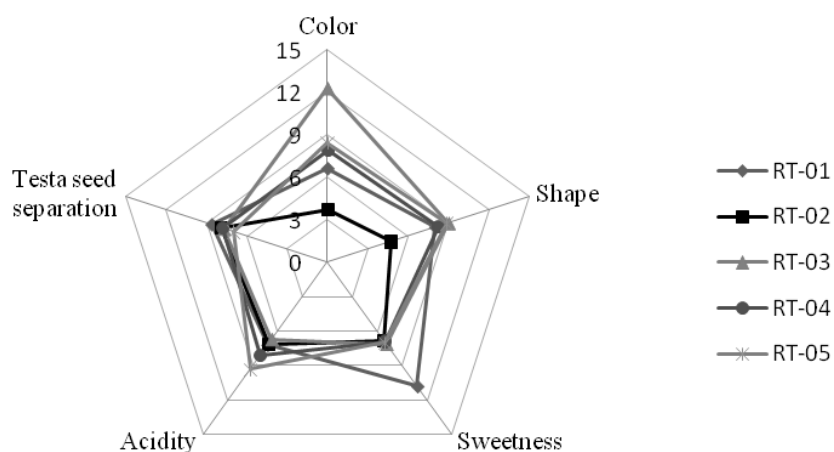


Fig 1. Sensory profiles of five rambutan selections from Chiapas state, Mexico.

CAPITULO II.

ALMACENAMIENTO DE RAMBUTAN EN DOS TEMPERATURAS Y ATMOSFERAS MODIFICADAS²

RESUMEN

El rambutan (*Nephelium lappaceum*) es un frutal tropical introducido en México cuya comercialización es limitada por enfermedades postcosecha, corta vida en anaquel y oscurecimiento del pericarpio causada por la deshidratación y pérdida de agua. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de una cera y dos atmósferas modificadas a temperatura ambiente y refrigeración sobre la calidad visual y vida en anaquel del rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Se evaluaron charolas de poliestireno termoformado cubiertas con polietileno de baja densidad Pliofilm[®], una cera para cítricos CER-LP[®], empaque rígido Clamshell[®] y testigo sin cubierta, en dos temperaturas (20±2°C y 10°C). Las evaluaciones fueron por un periodo de 14 días. Se evaluó la pérdida de peso (%), firmeza (Newtons), sólidos solubles totales (°Brix), azúcares totales (mg/100g), vitamina C (mg/100g), pH, acidez titulable y calidad visual. La firmeza inicial del pericarpio fue de 40 Newtons, a partir del octavo día se incrementó en todos los tratamientos y temperaturas, hasta un máximo de 70 Newtons en el testigo y frutos con cera a 20±2°C. El contenido inicial de azúcares totales fue de 270 mg/100 g, el cual disminuyó hasta 120 mg/100 g en el testigo y cera en temperatura ambiente. Los tratamientos con Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10°C redujeron un 35% la pérdida de peso, además de prolongar la vida en anaquel hasta por 14 días respecto al testigo. El tratamiento con cera fue similar al testigo en las dos temperaturas de almacenamiento. Los empaques tipo Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10°C prolongan la vida postcosecha del rambutan, manteniendo buena calidad visual y comercial de los frutos. No hubo diferencias por efecto del tratamiento o temperatura en los sólidos solubles totales (19°C), pH (4.0 - 4.5), acidez titulable (0.4) y vitamina C (73 mg/100 g).

Palabras clave: *Nephelium lappaceum* L., conservación postcosecha, cera, Clamshell[®], Pliofilm[®].

² Artículo recibido para su revisión en la revista Agrociencia en Julio 2010.

STORAGE OF RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L.) AT TWO TEMPERATURES AND MODIFIED ATMOSPHERES

ABSTRACT

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) is a tropical fruit introduced into Mexico and faces limitations in its commercialization due to postharvest disease, short shelf life and darkening of the pericarp caused by dehydration and loss of water. The objective of this work was to study the effect of a wax and two modified atmospheres at room and refrigeration temperature, on the visual quality and shelf life of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Thermoformed polystyrene trays covered with Pliofilm[®] Low density polyethylene (LDPE), CER-LP[®] wax for citrus, rigid Clamshell[®] pack, and a control without covering, were evaluated at two temperatures ($20\pm 2^{\circ}$ C and 10° C). The evaluations were done over a period of 14 days. Weight loss (%), firmness (Newtons), total soluble solids ($^{\circ}$ Brix), total sugars (mg/100g), vitamin C (mg/100g), pH, titratable acidity and visual quality were all evaluated. The initial firmness of the pericarp was 40 Newtons for the control, and as of day 8 increased in all treatments and temperatures up to a maximum of 70 Newtons for the control and waxed fruits at $20\pm 2^{\circ}$ C. The total sugars initial content was 270 mg/100 g which decreased to 120 mg/ 100 g in the control and wax treatment at room temperature. The Clamshell[®] and Pliofilm[®] treatments at 10° C reduced weight loss by 35%, in addition to prolonging the shelf life up to 14 days with respect to the control. The wax treatment was similar to the control at both storage temperatures. The Clamshell[®] and Pliofilm[®] packs at 10° C prolonged the postharvest life of the rambutan, maintaining good commercial and visual quality of the fruits. There were no differences in effects caused by treatment or temperature in the total soluble solids (19° C), pH 94.0 – 4.5), titratable acid (0.4) and vitamin C (73 mg/100 g).

Key words: *Nephelium lappaceum* L., postharvest conservation, wax, clamshell[®], Pliofilm[®]

INTRODUCCIÓN

El rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical de la familia Sapindaceae. Los frutos son globosos u ovoides de pericarpio rojo o amarillo, con tricomas largos. El fruto posee un arilo comestible blanco o translúcido, dulce, jugoso y rico en vitamina C (Smith *et al.*, 1992; Wall, 2006).

Los frutos de rambutan son no climatéricos y cosechados cuando presentan calidad comestible y apariencia visual óptima (Tindall, 1994). Los cambios que presentan durante la senescencia son deshidratación del pericarpio, pérdida de color (oscurecimiento), incremento en la acidez titulable y sólidos solubles totales (Paull y Chen, 1987; Kader, 2001).

Una manera de retrasar la senescencia del rambutan es almacenando los frutos a 10°C con un rápido empaque en bolsas de polietileno para disminuir la deshidratación, oscurecimiento y pérdida de peso de los frutos (Pérez y Pohlen, 2004). Las atmósferas modificadas (AM) mantienen la calidad y extienden la vida en anaquel de los productos frescos (Devon y Kader, 1988). Crean una barrera física alrededor de los frutos, incrementan la humedad relativa y reducen la deshidratación y el oscurecimiento (O'Hare *et al.*, 1994; Morris y Jobling, 2002). El propósito de esta investigación fue determinar el tipo de atmósfera modificada y temperatura más adecuada para mantener la calidad visual y comercial de los frutos de rambutan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) se obtuvieron de un huerto comercial de seis años de edad ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas en Junio del 2008. Se estudio el efecto de charolas de poliestireno termoformado cubiertas con una película

plástica de polietileno de baja densidad Pliofilm[®], una cera para cítricos CER-LP[®], empaque rígido Clamshell[®] y testigo sin cubierta en temperatura ambiente (20±2°C) y refrigeración (10°C). Las evaluaciones fueron a los 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 días de almacenamiento. La unidad experimental fueron cinco frutos con tres repeticiones por tratamiento para cada evaluación. Los frutos se cosecharon en madurez de consumo y se seleccionaron por su uniformidad en tamaño y color, posteriormente se colocaron en bolsas de plástico y transportados al laboratorio de Fisiología de Frutales de la Universidad Autónoma Chapingo para su estudio.

Variables evaluadas

Pérdida de peso

Cinco frutos de cada unidad experimental se pesaron en una balanza digital ADAM ACD PLUS-1000 en la fecha de establecimiento del experimento y posteriormente en cada fecha de evaluación para determinar la pérdida de peso en porcentaje con la fórmula: %

$$\text{pérdida de peso} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100.$$

Firmeza

Se determinó mediante un texturómetro Mecmesin CE 200N de puntal cónico de 6 mm de diámetro, midiendo la fuerza (Newtons) necesaria para penetrar el pericarpio.

Sólidos solubles totales y azúcares totales

Los sólidos solubles totales (°Brix) se midieron con un refractómetro digital ATAGO-Pelete PR-101[®], colocando una gota de jugo del arilo directamente sobre el lector óptico. Los azúcares totales se estimaron por el método de Antrona (Merck) según lo descrito por Witham *et al.*, 1971), la absorbancia se midió en espectrofotómetro UNICO 1100 a 630

nm. El contenido de azúcares ($\text{mg}/100 \text{ g}^{-1}$) se calculó por referencia con soluciones conocidas de glucosa.

Ácido ascórbico

Se determinó con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol, titulando con solución de Tillman 0.01% (AOAC, 1990). La cantidad de vitamina C ($\text{mg}/100 \text{ g}^{-1}$) se calculó por referencia con soluciones conocidas de ácido ascórbico.

Acidez titulable y pH

La acidez se determinó por titulación con NaOH 0.1 N en base al ácido málico (AOAC, 1990). El pH se midió con un potenciómetro digital Hanna HI 8314.

Calidad visual

La calidad visual se determinó subjetivamente mediante una escala predeterminada con valores de 0=0%, 1=25%, 2=50%, 3=75% y 4=100% de pericarpio con oscurecimiento. 15 frutos por tratamiento en cada fecha fueron evaluados por cinco personas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un arreglo factorial completamente al azar para cada fecha de evaluación. Los factores de estudio fueron los empaques y las temperaturas. Se realizó un análisis de varianza con el modelo lineal general (GLM) y comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 mediante SAS (SAS 9.0 Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSION

Pérdida de peso

La pérdida de peso tuvo diferencias entre fechas, tratamientos y temperaturas de almacenamiento (Figura 1). Los frutos testigo y con cera a 20°C tuvieron la mayor pérdida de peso (38%), mientras que con Clamshell® fue del 5% (Figura 1a). En contraste, el testigo y cera almacenados a 10°C, perdieron del 20 al 30% de su peso a los 14 días de almacenamiento, mientras que con los frutos con Clamshell® y Ploifilm® solamente el 5% (Figura 1b). Estos resultados coinciden con los observados por otros investigadores (Landrigan *et al.*, 1996a; Landrigan *et al.*, 1996b), quienes encontraron que la mayor pérdida de peso (23%) en rambutan se produce a los seis días después de la cosecha.

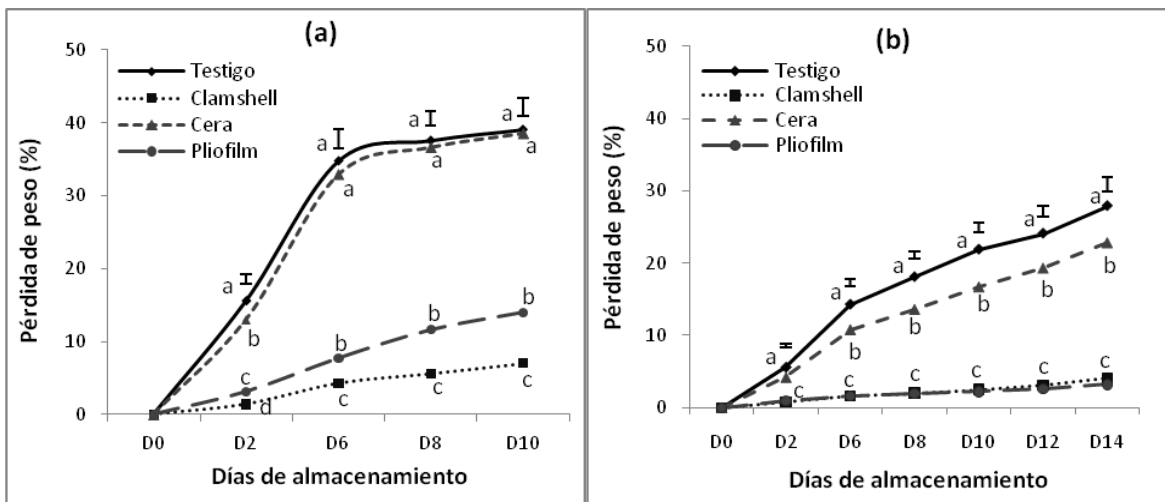


Figura 1. Pérdida de peso (%) en rambutan (*Nephelium lappaceum*) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

La variable pérdida de peso se seleccionó como el mejor indicativo de los cambios postcosecha en rambutan, por ello se analizó estadísticamente los tratamientos, temperaturas y días de almacenamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambios en pérdida de peso en frutos de rambutan tratados con cera y atmósferas modificadas a temperatura ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) y refrigeración (10°C).

Tratamiento	Días de almacenamiento					
	2 D	6 D	8 D	10 D	12 D	14 D
Testigo						
Amb	15.6a	34.8a	37.6a	39.0a	--	--
10°C	5.6c	14.3b	18.1b	21.8b	24.1a	27.9a
Clamshell [®]						
Amb	1.4f	4.2e	5.5e	6.9e	--	--
10°C	0.7f	1.6f	2.0f	2.4f	3.0c	4.0c
Cera						
Amb	13.0b	32.8a	36.5a	38.5a	--	--
10°C	4.1d	10.7c	13.6c	16.6c	19.2b	22.8b
Pliofilm [®]						
Amb	3.1e	7.7d	11.6d	13.9d	--	--
10°C	0.9f	1.6f	1.9f	2.2f	2.5c	3.2c
DMS	1.02	2.09	1.69	2.17	1.50	1.86
R^2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
CV	6.51	5.49	3.76	4.33	4.68	4.53

*Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P\leq 0.05$).

Se observaron diferencias estadísticas en la respuesta pérdida de peso en rambutan por efecto de los tratamientos y temperaturas de almacenamiento (Cuadro 1). Los frutos testigo y los tratados con cera para cítricos presentaron el mismo comportamiento en cada fecha de evaluación (2 a 10 días) en temperatura ambiente y refrigeración. La cera CR-LP fue ineficaz para evitar la pérdida de peso de los frutos, probablemente debido a que está diseñada para cítricos y su composición química no es apta para rambutan. Los

tratamientos Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10°C redujeron de un 14 a 35% la pérdida de peso en comparación con el testigo en ambas temperaturas, además de prolongar la vida de los frutos en almacenamiento hasta 14 días.

La pérdida de peso en rambutan y litchi está estrechamente relacionada con la pérdida de agua (Landrigan *et al.*, 1996a; Kaewchana *et al.*, 2006), la cual ocurre principalmente a través de los estomas. La transpiración se reduce significativamente con el almacenamiento a baja temperatura y alta humedad relativa (Landrigan *et al.*, 1994). En frutos de rambutan empacados con polietileno o polipropileno a 12°C hubo menor pérdida de peso y vida en almacenamiento de 16 días (Ketsa y Klaewkasetkorn, 1995; Srilaong *et al.*, 2002). Con tratamientos con ácido absícico y salicílico (10µM y 0.5µL•L⁻¹), se redujo la pérdida de peso y respiración de los frutos (Siriphollakul *et al.*, 2006).

Para los productores de rambutan en México, el uso de atmósferas modificadas (Clamshell[®] y Pliofilm[®]) y refrigeración, representa un opción económica y práctica que favorece la presentación comercial, conserva la calidad visual y reduce la pérdida de peso de los frutos.

Firmeza del fruto

La firmeza del pericarpio presentó diferencias estadísticas entre tratamientos durante el almacenamiento a 20±2°C. Los tratamientos testigo y con cera propiciaron mayor deshidratación y endurecimiento del pericarpio, sin embargo no se observaron diferencias en los frutos empacados con Clamshell[®] y Pliofilm[®] (Figura 2a). No hubo diferencias entre tratamientos almacenados a 10°C (Figura 2b).

La alta humedad relativa (95%), producida por el uso de atmósferas modificadas y la baja temperatura de almacenamiento, disminuye la pérdida de agua de los frutos y reduce el endurecimiento del pericarpio (Landrigan *et al.*, 1996b). En frutos almacenados a

temperatura ambiente, hay una mayor pérdida de agua y deshidratación de tejidos, produciendo un mayor y rápido endurecimiento del pericarpio (Yingsanga *et al.*, 2006; Landrigan *et al.*, 1994). En síntesis, para el caso de rambutan, hemos observado que la variable firmeza es un indicativo del grado de deshidratación del pericarpio y su consecuente oscurecimiento y pérdida de calidad visual de los frutos.

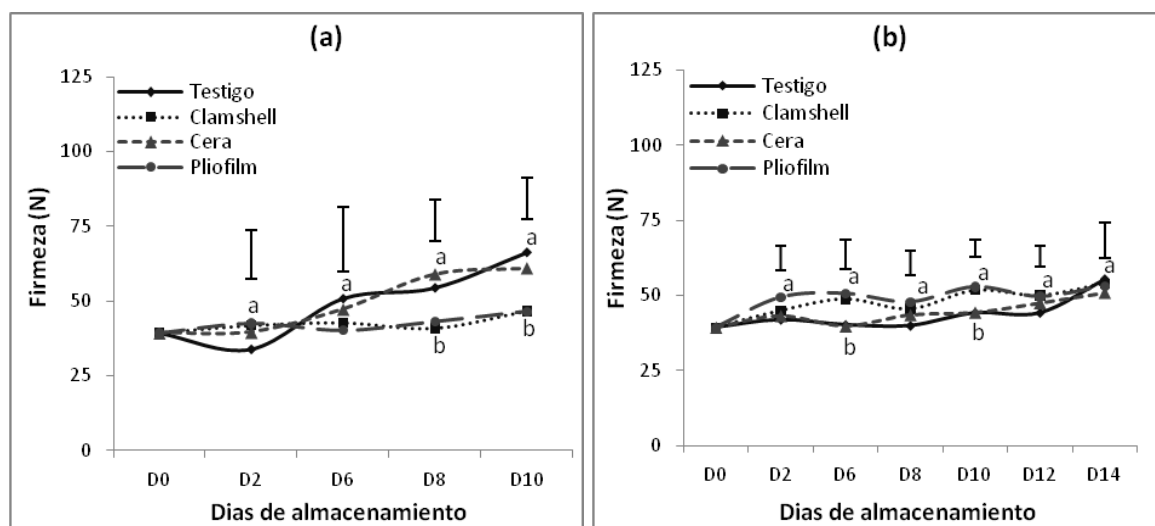


Figura 2. Firmeza (Newtons) en rambutan (*Nephelium lappaceum*) almacenado a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Sólidos solubles totales y azúcares totales

La cantidad de sólidos solubles totales presentó un comportamiento similar en todos los empaques y temperaturas, tanto a 20 y a 10°C . En el D0, se registraron 19.3°Brix y disminuyeron gradualmente en cada fecha de evaluación hasta los 18°Brix en ambas temperaturas de almacenamiento (Figura 3).

Nuestros resultados difieren a lo observado en frutos de rambutan “Rong Rien” y longan (*Dimocarpus longan* Lour.) almacenados a 10°C , los cuales presentaron un incremento en los $^{\circ}\text{Brix}$ (Harjadi y Tahitoe, 1992; Tian *et al.*, 2002). Sin embargo, también se ha observado que en frutos de rambutan tratados con hidroenfriamiento, el contenido de

°Brix es constante durante su almacenamiento, probablemente debido a que hace más lento el metabolismo por la baja temperatura (Nampan *et al.*, 2006).

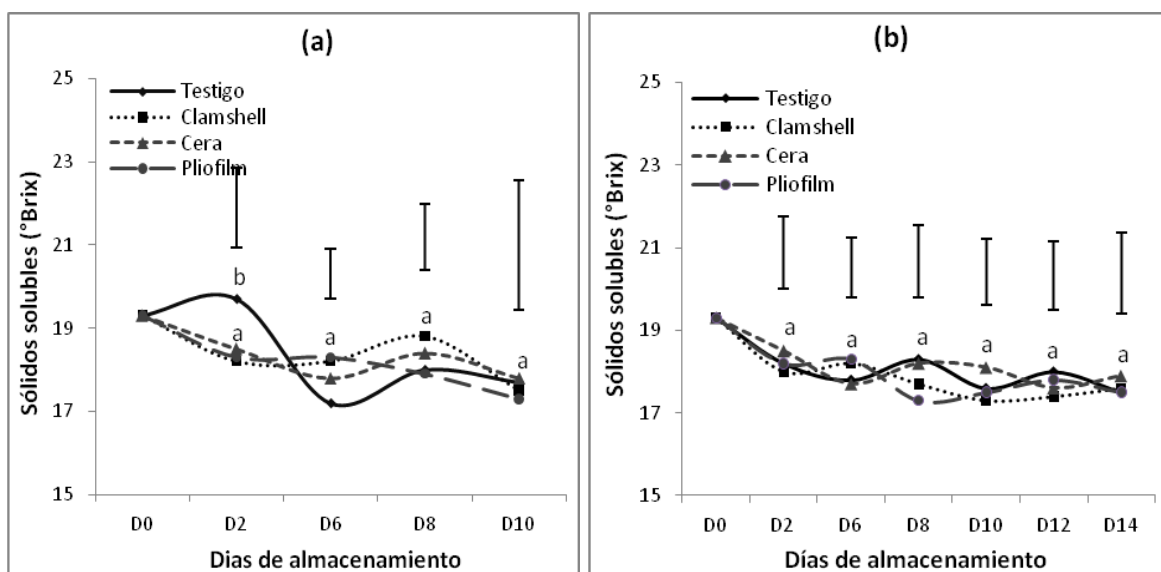


Figura 3. Sólidos solubles totales (°Brix) en rambutan (*Nephelium lappaceum*) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Por otro lado, el contenido de azúcares totales (270 mg/100 g⁻¹) tuvo diferencias únicamente en el último día de evaluación de cada temperatura (Figura 4). En frutos almacenados a 20°C, los frutos testigo y con cera tuvieron 100 y 120 mg/100 g⁻¹, mientras que en Clamshell® y Pliofilm® no se alteraron (Figura 4a). En frutos almacenados a 10°C el comportamiento fue similar. El rambutan encerado y el testigo presentaron la menor cantidad de azúcares a los 14 días con 111 y 150 mg/100 g⁻¹, mientras que en Clamshell® y Pliofilm® no hubo diferencias (Figura 4b).

Nuestras observaciones fueron similares a las reportadas en rambutan “Rong Rien” (Paull y Chen, 1987), donde el contenido de azúcares totales fue de 201 mg/100 g⁻¹ al momento de la cosecha y no se vio alterado en frutos almacenados a 12°, sin embargo, disminuyó hasta 149 mg/100 g⁻¹ a los 11 días de almacenamiento a 22°C. Una vez

cosechados, los frutos incrementan su respiración, producen etileno, aceleran la senescencia y pierden reservas como los azúcares.

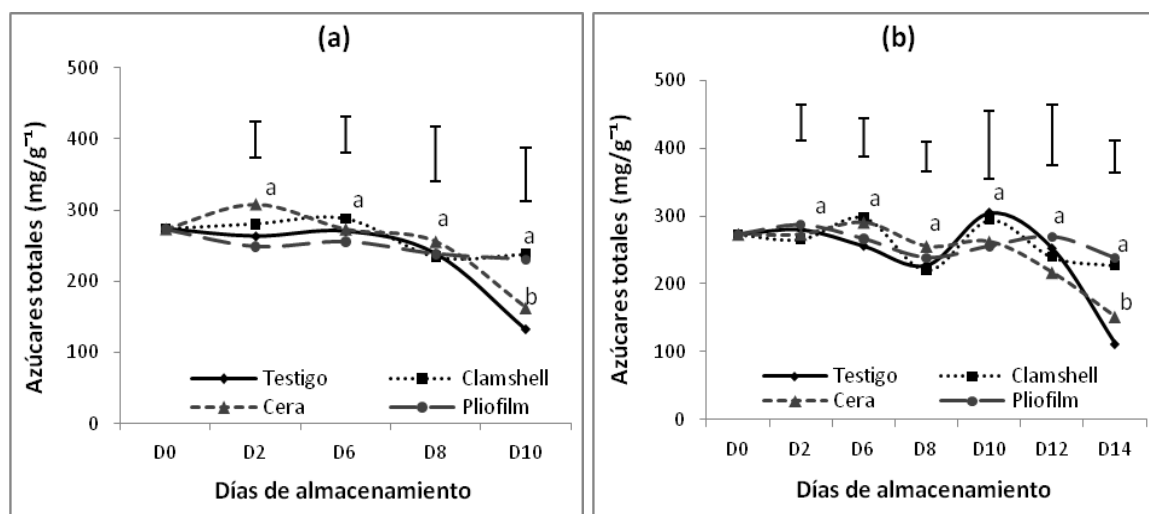


Figura 4. Azúcares totales ($\text{mg}/100\text{g}^{-1}$) en rambutan (*Nephelium lappaceum*) almacenado a $20\pm 2^\circ\text{C}$ (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Vitamina C

El contenido inicial de vitamina C fue de $73.4 \text{ mg}/100 \text{ g MF}$, posteriormente, se observaron oscilaciones entre tratamientos y temperaturas, sin ser estadísticamente diferentes. A los 10 días, todos los tratamientos en ambas temperaturas presentaron en promedio $47 \text{ mg}/100 \text{ g}^{-1}$ de vitamina C (Figura 5).

El contenido de ácido ascórbico de los frutos frescos es afectado durante el almacenamiento (Siriphollakul *et al.*, 2006), por lo que se han empleado diferentes empaques y atmósferas modificadas para conservar por mayor tiempo sus cualidades fisicoquímicas. Por ejemplo, el empaque de rambutan en bolsas de polietileno con 0, 1 o 2 perforaciones ayudó a mantener la cantidad de vitamina C durante 10 días, mientras que, en los frutos control, el ácido ascórbico disminuyó 6 días después del almacenamiento (Srialong *et al.*, 2002). Sin embargo, en nuestro estudio, observamos que no hay diferencia

entre tratamientos, únicamente, a 10°C fue posible prolongar hasta 4 días la vida de los frutos en almacenamiento con la misma cantidad de vitamina C que al momento de la cosecha.

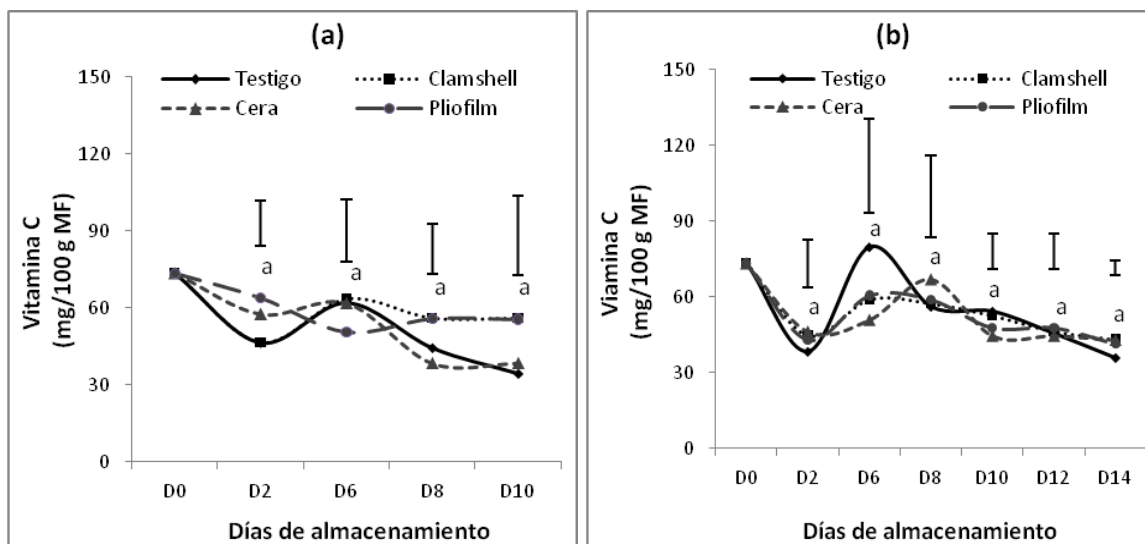


Figura 5. Contenido de vitamina C (mg/100 g MF) en rambutan (*Nephelium lappaceum*) almacenado a 20±2°C (a) y 10°C (b). Las barras verticales representan la DMS para una $P \leq 0.05$. Medias con diferente letra en cada fecha son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Acidez titulable y pH

El pH promedio fue de 4.0 a 4.5 en todos los tratamientos y temperaturas durante el periodo de almacenamiento. Esto coincide con frutos almacenados 15 días a 22 y 12°C, donde el pH fue de 2.8 a 3.3 en todas las evaluaciones (Paull y Chen, 1987). La acidez titulable fue de 0.4 a 0.5 en todos los tratamientos a 10 y 20°C, similar a lo reportado en rambutan “Rong Rein”, donde la acidez titulable fue de 0.3-0.4% y no cambio en los frutos almacenados en diferentes empaques y temperaturas (Harjadi y Tahitoe, 1992). Por el contrario, en otros trabajos se observó que la acidez titulable disminuyó gradualmente durante el almacenamiento, pero en menor grado en frutos conservados a 10°C (Nampam

et al., 2006). Finalmente, la acidez titulable y sólidos solubles totales son dos de los principales índices de cosecha de rambutan. Sin embargo, una vez cosechados los frutos, el objetivo primordial es alargar su vida postcosecha tanto como sea posible conservando su calidad visual (Paull y Chen, 1987).

Calidad visual

Los frutos de rambutan almacenados a temperatura ambiente, presentaron una vida postcosecha de 10 días, mientras que a 10°C fue de 14 días, sin embargo, conservaron su calidad visual hasta los 8 y 12 días respectivamente. Nuestras observaciones coinciden con trabajos realizados en litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), longan (*Dimocarpus longan* Lour.) y rambutan, en los cuales el oscurecimiento del pericarpio se incrementa con el tiempo, especialmente con temperaturas mayores a 20°C y humedad relativa menor del 70% (O'Hare *et al.*, 1994; Landrigan *et al.*, 1996a; Kaewchana *et al.*, 2006). El litchi y rambutan almacenados en condiciones de 90% HR y 8–12°C tuvieron menor pérdida de agua y peso, además de que se retrasó el oscurecimiento siete días en relación a los frutos almacenados a 50% de humedad relativa (Landrigan *et al.*, 1996; Kaewchana *et al.*, 2006).

Los empaques Clamshell[®] y Pliofilm[®] conservaron la calidad visual de los frutos hasta los 10 días de almacenamiento a 20°C, mientras que los frutos testigo y con cera presentaron el mayor grado de oscurecimiento y deshidratación del pericarpio (Figura 6). En los frutos con Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10°C, la calidad visual se mantuvo hasta los 14 días de almacenamiento, mientras que el testigo y con cera únicamente hasta los 10 días.

A pesar de la apariencia externa de los frutos, la calidad comestible del arilo no se afectó, por lo que estos frutos pudieran ser empleados para la agroindustria. Algunas investigaciones con ácido absícico, salicílico y ascórbico en litchi y rambutan, así como el uso de películas plásticas como polietileno retrasaron el oscurecimiento del pericarpio,

conservando sus cualidades fisicoquímicas y alargando su vida en almacenamiento (Siriphollakul *et al.*, 2006; Terdbaramee *et al.*, 2006). Sin embargo, podría estudiarse la combinación de dos o más tratamientos para lograr un mejor resultado.

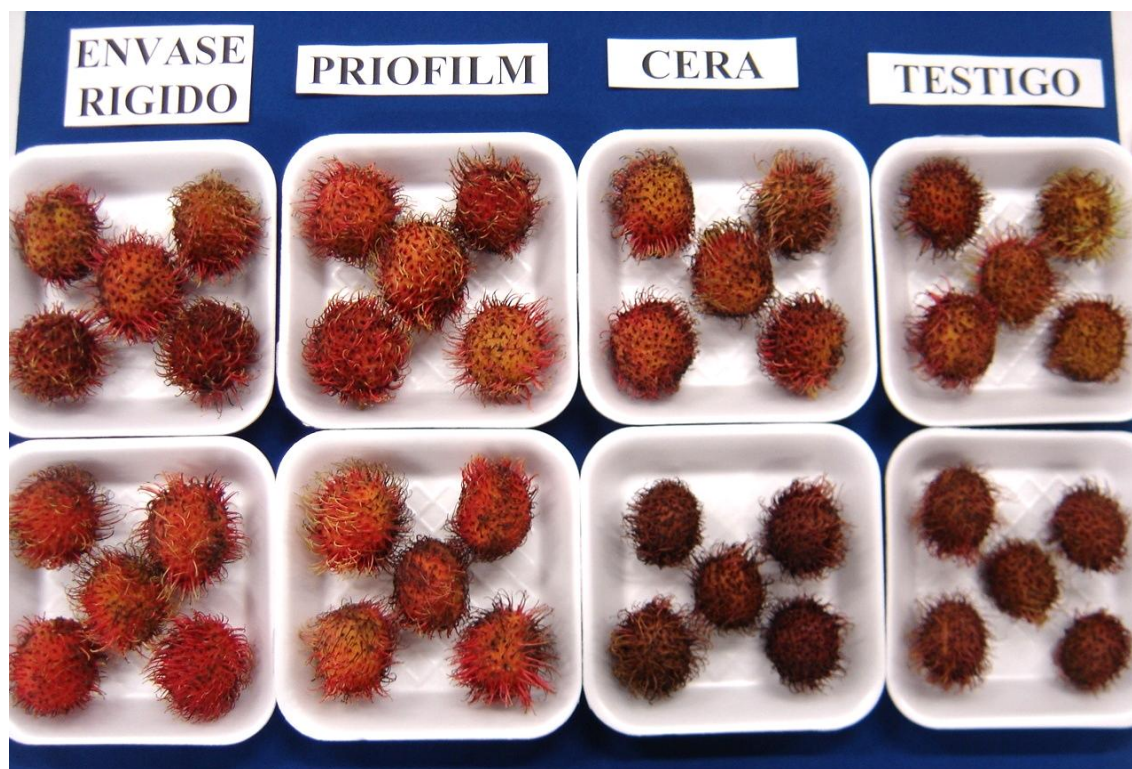


Figura 6. Calidad visual de frutos de rambutan después de 10 días de almacenamiento a 10°C (superior) y 20±2°C (inferior) con Clamshell® (envase rígido), Pliofilm®, cera CER-LP y testigo.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso es la variable más importante en la evaluación de calidad del rambutan en postcosecha. El almacenamiento de rambutan en atmósferas modificadas (Clamshell® y Pliofilm®) a 10°C disminuyó de 20% a 35% la pérdida de peso respecto al testigo a 10 y 20°C. El tratamiento con cera presentó un comportamiento similar al testigo tanto en temperatura ambiente como a 10°C. Los empaques tipo Clamshell® y Pliofilm® sumado a la refrigeración prolongan la vida postcosecha de los frutos de rambutan hasta por 14 días, manteniendo buena calidad visual y comercial, preservando sus características bioquímicas y organolépticas.

LITERATURA CITADA

- Devon, Z., and A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42:70-77.
- Harjadi, S., and D. Tahitoe. 1992. The effects of plastic film bags at low temperature storage on prolonging the shelf-life of rambutan (*Nephelium lappaceum*) cv Lebak Bulus. *Acta Horticulturae* 321:778-781.
- Kader, A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Acta Horticulturae* 553:51-55.
- Kaewchana, R., W. Niyomlao, and S. Kanlayanarat. 2006. Relative humidity influences pericarp browning of litchi cv. "Hong Huay". *Acta Horticulturae* 712:823-827.
- Ketsa, S., and O. Klaewkasetkorn. 1995. Effect of modified atmosphere on chilling injury and storage life of rambutan. *Acta Horticulturae* 398:223-231.
- Landrigan, M., V. Sarafis, S. Morris, and W. B. McGlasson. 1994. Structural aspects of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. *Journal of Horticulture Science* 69(3):571-579.
- Landrigan, M., S. Morris, and K. Gibb. 1996. Relative humidity influences postharvest browning in rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). *Hortscience* 31(3):417-418.
- Landrigan, M., S. Morris, and W. McGlasson. 1996a. Postharvest browning of rambutan a consequence of water loss. *Journal American Society of Horticulture Science* 121(4):730-734.
- Landrigan, M., S. Morris, D. Eamus, and W. McGlasson. 1996. Postharvest water relationships and tissue browning of rambutan fruit. *Scientia Horticulturae* 66:201-208.
- Morris, S., and J. Jobling. 2002. Recent advances in the postharvest packaging and handling of tropical fruit. *Acta Horticulturae* 575:529-533.

- Nampan, K., C. Techavuthiorn, and S. Kanlayanarat. 2006. Hydrocooling improves quality and storage life of Rong Reñ rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit. *Acta Horticulturae* 712:763-769.
- O'Hare, T., A. Prasad, and A. Cooke. 1994. Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. *Postharvest Biology and Technology* 4(1-4):147-157.
- Paull, R. E., and N. Chen. 1987. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. *Hortscience* 22(6):1303-1304.
- Pérez R, A. y A. Pohlan. 2004. Prácticas de cosecha y postcosecha del rambutan en el Soconusco, Chiapas, México. *LEISA Revista de Agroecología* 20(3):1-5.
- Srilaong, V., S. Kanlayanarat, and Y. Tatsumi. 2002. Changes in commercial quality of “Rong Rieng” rambutan in modified atmosphere packaging. *Food Science Technology Research* 8(4):337-341.
- Siriphollakul, P., W. Niyomlao, and S. Kanlayanarat. 2006. Antitranspirants maintain freshness and improve storage life of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit. *Acta Horticulturae* 712:611-616.
- Terdbaramee, U., K. Ratanakhanokchai, and S. Kanlayanarat. 2006. Control of postharvest browning of lychee fruit using ascorbic acid. *Acta Horticulturae* 712:687-691.
- Tian, S., Y. Xu, A. Jiang, and Q. Gong. 2002. Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage. *Postharvest Biology and Technology* 24:335-340.
- Tindall, H. D. 1994. Rambutan cultivation. FAO. Roma. 163 p.
- Yinsanga, P., V. Srialong, and S. Kanlayanarat. 2006. Morphological differences associated with water loss in rambutan cv. “Rongrien” and “See-Chompoo”. *Acta Horticulturae* 712:453-459.

CAPITULO III

Pestalotiopsis theae y *Lasiodiplodia theobromae* HONGOS CAUSALES DE LA MANCHA CAFÉ Y MANCHA NEGRA DEL RAMBUTAN EN POSTCOSECHA

RESUMEN

El rambutan es un frutal tropical originario de Asia e introducido a México. Su comercialización es limitada por una corta vida en anaquel, oscurecimiento del pericarpio y enfermedades postcosecha. La principal enfermedad postcosecha es una mancha marrón a negra presente en el pericarpio, la cual puede ocasionar pérdidas hasta del 100%. El objetivo de este trabajo fue identificar el agente causal de la mancha negra del rambutan en postcosecha. *Pestalotiopsis theae* y *Lasiodiplodia theobromae* fueron los hongos causales de la mancha negra y se identificaron morfológica y molecularmente. *Pestalotiopsis theae* se caracterizó por su micelio superficial de color blanco y acérvulos negros con masas de esporas, con 5 células, la basal y la apical hialinas mientras que las intermedias fueron verde oliváceo. Las dos superiores fueron ligeramente más oscuras que la inferior. Se observaron tres apéndices en la parte posterior y uno en la anterior. *Lasiodiplodia theobromae* se caracterizó por micelio negro abundante, picnidios y conidios uni y bicelulares, ambas con un núcleo. La patogenicidad de aislamientos monoconidiales se demostró en frutos inoculados; los síntomas fueron iguales a los observados en almacenamiento. Los hongos reaislados fueron idénticos a los inoculados. La identificación molecular se hizo mediante extracción de ADN y amplificación por PCR de ITS y secuenciación. El kit comercial Wizard (Promega®) fue empleado para secuenciar los productos amplificados. Las secuencias se analizaron con el software Lasergene® y se alinearon con la base de datos del Banco de Genes del Nacional Center for Biotechnology Information (NCBI), USA. Las secuencias con la mayor similitud se consideraron para su comparación con las obtenidas en este estudio. Los aislados identificados molecularmente como *P. theae* y *L. theobromae* se depositaron en el GenBank (accessiones AY681477.1 y FJ478102.1). Este es el primer reporte de *Colletotrichum gloeosporioides* en flores de rambutan y de *Pestalotiopsis theae* y *Lasiodiplodia theobromae* como causantes de la mancha negra y pudrición postcosecha de frutos de rambutan en México.

Palabras clave: *Nephelium lappaceum* L., patógenos, endófitos, caracterización molecular.

***Pestalotiopsis theae* AND *Lasiodiplodia theobromae* CAUSATIVE FUNGAL AGENTS
OF BROWN SPOT AND BLACK SPOT OF RAMBUTAN DURING
POSTHARVEST.**

ABSTRACT

Rambutan is a tropical fruit introduced into Mexico. Its commercialization is limited due to short shelf life, darkening of the pericarp and postharvest diseases. The main post harvest disease is a brown to black spot present in the pericarp, which can cause losses of up to 100%. The objective of this study was to identify the causative agent of postharvest rambutan black spot. *Pestalotiopsis theae* y *Lasiodiplodia theobromae* were found associated with the black spot and were identified morphologically and molecularly. *Pestalotiopsis theae* was characterized for its superficial white mycelium and black acervulus with 5 celled spore masses, with olive green middle and hyaline apex and base. The two superior ones were slightly darker than those inferior. Three appendages were in observed on the posterior end while one was observed on the anterior. *Lasiodiplodia theobromae* was characterized for abundant black mycelium, uni and bi-celular pycnidias and conidia, both with a nucleus. The pathogenicity of monoconidial isolations demonstrated in inoculated fruits, that the symptoms were identical to those observed in storage. The re-isolated fungi were identical to those inoculated. Molecular identification was done by means of DNA extraction and PCR amplification. The Wizard (Promega®) commercial kit was employed for sequencing the products amplified at the Faculty of Cellular Biology of UNAM (*Facultad de Biología Celular de la UNAM*). The sequences were analyzed with Lasergene® software and were aligned to the Gene Bank of the National Center for Biotechnology Information (NCBI), USA. The sequences with highest similarity were considered for comparison with that obtained from this study. The isolations identified molecularly such as *P. theae* and *L. theobromae* were deposited in GenBank (accessions AY681477.1 and FJ478102.1). This is the first report on *Pestalotiopsis theae* and *Lasiodiplodia theobromae* as the causative agents of black spot and postharvest rot of rambutan fruits in Mexico.

Key words: *Nephelium lappaceum* L., Pathogens, endophytes, molecular characterization

INTRODUCCION

El rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical (Familia: Sapindaceae) nativo de Malasia e Indonesia y ampliamente cultivado en la mayoría de los países asiáticos. Tailandia es el principal productor y exportador de este fruto (Farungsang *et al.*, 1992), sin embargo, también es común en Australia, Sur y Centroamérica, el Caribe, India, Sri Lanka, Florida y Hawaii (McQuate *et al.*, 2000).

En México, el rambutan fue introducido en la década de 1950, sin embargo, aún es poco conocido, a excepción de Chiapas, donde en el 2004 se reportaron más de 200 hectáreas de plantaciones comerciales con este fruto (Pérez y Pholan, 2004).

La característica más atractiva y distintiva del rambutan es el color rojo o amarillo brillante del pericarpio, presencia de tricomas de 1 a 3 cm de largo y un translúcido, dulce y jugoso arilo (Landrigan *et al.*, 1996). Sin embargo, es fácilmente perecedero debido al rápido oscurecimiento del pericarpio y senescencia, haciéndolo susceptible a la presencia de enfermedades (Paul y Chen, 1987; Morris y Jobling, 2002).

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc.), pudrición del pedúnculo (*Botryodiplodia theobromae* Pat.) y mancha café (*Gliocephalotrichum microchlamydosporum*) han sido reportadas como las principales enfermedades del rambutan en precosecha y postcosecha (Sivakumar *et al.*, 2002; Kader, 2009). *L. theobromae* y *Pestalotiopsis* sp., han sido reportados como patógenos involucrados muerte de brotes y flores y manchas oscuras en frutos de litchi en China (Liu *et al.*, 2005).

La producción de rambutan en México es afectada por diversos problemas fitosanitarios, especialmente por hongos en postcosecha. La mancha negra del rambutan puede ocasionar pérdidas hasta del 100% durante el transporte y comercialización de los frutos, por lo que el objetivo de la presente investigación fue identificar la causa de la mancha negra del rambutan en postcosecha.

MATERIALES Y METODOS

Cuatro huertos comerciales de rambutan en Tuxtla Chico (14° 56' N y 92° 10' W y altitud de 320 m.s.n.m.) en el estado de Chiapas se visitaron entre junio y agosto del 2007 y 2008. Se utilizaron 100 frutos en madurez comercial y 16 inflorescencias ya desarrolladas y aparentemente sanas. Las flores y los frutos se colocaron por separado en bolsas de polietileno y en hielera para su transporte al laboratorio en Fitopatología, Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México.

Incidencia e identificación de hongos en flores

Las inflorescencias de rambutan fueron separadas en 100 flores individuales que fueron desinfectadas por dos minutos en hipoclorito de sodio (NaOCl 2%), enjuagadas por triplicado con agua destilada estéril y se sembraron en cajas Petri (10 flores por caja) con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Las cajas fueron incubadas durante 7 días y la incidencia de los hongos se expresó en porcentaje respecto al total de flores. Se obtuvieron cultivos monospóricos en PDA de los hongos aislados de manera consistente (≥ 25 % de incidencia), se identificaron a nivel de género mediante claves taxonómicas.

Incidencia e identificación de hongos en frutos

En el laboratorio, los frutos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio 2 %, posteriormente se enjuagaron con agua destilada esterilizada y secaron con papel sanitas. Fueron colocados en cámara húmeda (80 % de humedad relativa y 22 ± 2 °C) hasta la aparición de síntomas o pudriciones. Se consideró el número de frutos con pudriciones fungosas en el pericarpio (ennegrecimiento y presencia de micelio) y se expresó en porcentaje (%) respecto al total de los frutos. Trozos de pericarpio de cinco milímetros de diámetro fueron sembrados en cajas Petri de plástico con medio de cultivo papa zanahoria

agar (PCA: 20 g de papa, 20 g de zanahoria, 18 g de agar, y 1000 mL de agua destilada) y se incubaron en luz negra continua con una lámpara de 40 W, a temperatura de 25 ± 1 °C durante el día. De los aislamientos purificados se realizaron cultivos monospóricos en agar-agua (AA: 18 g de agar en 1000 mL de agua destilada), y se incrementaron en PCA. Se identificó a los hongos predominantes o con mayor incidencia. Las claves usadas para la identificación de *Pestalotiopsis* fueron de Sutton (1980) para género y Wei *et al* (2005) para la especie. Para la identificación de *Lasiodiplodia* se utilizaron las claves de Punithalingam (1976), Sutton (1980) y Burgess *et al.*(2006). Para la replicación de síntomas, 60 frutos por cada patógeno fueron inoculados por una herida causada con aguja con una gota de la solución de esporas (1×10^3 esporas/mL), en los frutos testigo se utilizó agua destilada estéril y se colocaron en cámara húmeda por 7 días.

Caracterización molecular de los aislamientos

De cada cultivo monospórico de *Pestalotiopsis* y *Lasiodiplodia* se extrajo ADN con la técnica de Ahrens y Seemüller (1992). Las regiones internas ITS1 e ITS2 fueron amplificadas por PCR con la combinación de iniciadores ITS4 TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC y el ITS5 GGA AGT AAA GTC GTA ACA AGG de acuerdo con los protocolos de Ahrens y Seemüller (1992), con la siguiente modificación: agua para PCR, buffer de reacción (10x), $MgCl_2$ (25 mM), dNTPs (10 mM), iniciadores ITS4 e ITS5 a 10 mM cada uno, y Taq polimerasa (5 μ L) y ADN muestra a 1 μ L. Para secuenciar los productos amplificados se utilizó el kit comercial Wizard (Promega[®]) y fue enviado para su secuenciación a la facultad de Biología Celular de la Universidad Autónoma de México. Las secuencias se analizaron con el software Lasergene[®] 2001, V5 (DNASTAR, Inc.) y se alinearon con la base de datos del Banco de Genes del Nacional Center for Biotechnology

Information (NCBI), USA (www.ncbi.nlm.nih.gov/). Las secuencias con el valor más alto de similitud se consideraron para su comparación con las obtenidas en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Incidencia e identificación de hongos en flores y frutos

Flores en tres etapas fenológicas fueron observadas: botón floral, flor polinizada y flor con formación de fruto, las cuales presentaron diferente grado de oscurecimiento, principalmente en el estigma, cáliz y en los tricomas de los frutos en crecimiento (Fig. 1).



Figura 1. Botones florales (A y B), flor polinizada (C) y fruto de rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) en formación (D) con oscurecimiento en los estigmas, cáliz y tricomas.

El oscurecimiento en el estigma y pistilo de las flores puede obedecer a que una vez polinizadas las flores, estos órganos se atrofian para permitir y favorecer el desarrollo de los frutos, sin embargo, en nuestras observaciones, fue a partir de estos puntos oscuros donde inició el crecimiento de micelio, por lo que podría ser considerado como un síntoma causado por patógenos. *Colletotrichum gloeosporioides*, *L. theobromae* y *Pestalotiopsis* sp., han sido reportados como patógenos involucrados en muerte de brotes y flores y en manchas oscuras en frutos de litchi en China (Liu *et al.*, 2005).

Tres géneros predominantes de hongos fueron aislados en colectas del 2007 y 2008 en flores y frutos: *Colletotrichum* sp. *Lasiodiplodia* sp. y *Pestalotiopsis* sp. *Colletotrichum* presentó la menor incidencia (8 – 10 % en flores y 0 – 3 % en frutos) y en el 2008 no fue detectado en frutos. *Lasiodiplodia* fue aislado de flores (32 – 35 %) y frutos (54 – 58 %), seguido de *Pestalotiopsis* con un 26 – 39 % en flores y 33 – 34 % en frutos en los dos años de colecta. También se observaron otros hongos oportunistas o contaminantes, ya que su incidencia no fue representativa (Cuadro 1). De manera generalizada, se obtuvo mayor número de aislamientos de hongos en muestras del pericarpio de los frutos que de flores, debido probablemente al manejo en huerto.

Cuadro 1. Frecuencia de aislamientos (%) de hongos en flores y frutos de rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) de Chiapas en una muestra de 100 flores y 100 frutos de cuatro huertos comerciales.

Hongos	Frecuencia de aislamiento (%)			
	2007		2008	
	Flores	Frutos	Flores	Frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	10	3	8	0
<i>Lasiodiplodia</i> sp.	32	54	35	58
<i>Pestalotiopsis</i> sp.	26	39	33	34
Otros	0	2	0	3
Incidencia total	68	98	76	95

De manera general, el crecimiento de micelio blanco inicio a las 48 horas después de la siembra en PDA. Cuatro días después de la siembra (DDS), el micelio adquirió diferente coloración e inició la formación de estructuras y esporas. Se identificó a *Lasiodiplodia* sp. y *Pestalotiopsis* sp., en ambos años de colecta, mientras que *Colletotrichum* sp., solo fue aislado de flores y no de frutos en los dos años de colecta.

Lasiodiplodia theobromae fue identificado por su abundante micelio superficial de color gris oscuro a negro, septado y ramificado. Los conidios fueron inicialmente unicelulares hialinos, granulados, subovoides a elipsoides oblongos con pared delgada y base truncada; al madurar desarrollaron una pared gruesa y septa a la mitad, color café oscuro de 20.5-26.8 x 12.4-15.0 μm (Figura 2). Estas observaciones coincidieron con las descripciones de Punithalingam (1976), Sutton (1980), Burgess *et al.* (2006).

El segundo hongo se identificó como *Pestalotiopsis theae* por su micelio blanco, superficial, septado y ramificado. Acérvulos errupentes de forma oval o irregular y con masas de esporas negras conspicuas. Conidios largos fusiformes, erectos, con cuatro septos, contraídos por los septos (23-30 x 7-8 μ). Las tres células intermedias de 16.5 -19 μ , color oliváceo oscuro; un solo apéndice hialino 4 – 6 μ en la célula basal y tres apéndices apicales cilíndricos 25 – 48 μ en la célula apical (Figura 2). Tales medidas y observaciones coincidieron con las de Guba (1961) y Guang *et al.*, (2007).

La identificación fue confirmada por análisis molecular. Los hongos fueron depositados en el banco de genes (NCBI) para su homologación; *Pestalotiopsis* sp., con número de acceso AY681477.1 presentó 99 % de similitud con *P. theae* y *Lasiodiplodia* sp. con número de acceso FJ478102.1 tuvo 99 % de similitud con *L. theobromae*.

Los tres patógenos identificados, han sido reportados como endófitos en árboles tropicales, capaces de atacar hospedantes débiles o deteriorados (Burgess *et al.*, 2006; Arnold, 2007; Wei *et al.*, 2007). El término endófito es aplicado a los organismos que

viven dentro de los tejidos de la planta en donde se desarrollan sin aparente infección o sin síntomas. Los hongos endófitos pueden estar presentes en parte o en todo el ciclo de vida del hospedante (Arnold, 2007). Estos hongos posiblemente están latentes en los órganos y diferentes etapas de desarrollo del árbol, pues su presencia fue constante en los años evaluados. Se ha encontrado (Liu *et al.*, 2005) que *Colletotrichum gloeosporioides* y *Lasiodiplodia theobromae*, establecen infecciones latentes en rambután. Durante la maduración de frutos y almacenamiento postcosecha causan graves pérdidas, asociadas con antracnosis, mancha café, así como pudriciones de ramas y frutos, además ya han sido mencionados en otras especies de árboles frutales como endófitos. *Colletotrichum* sp., *Lasiodiplodia* sp. y *Pestalotiopsis* sp., han sido reportados en guayaba, mamey, litchi y rambutan, además de que se consideran endófitos de plantas tropicales y subtropicales (Farungsang *et al.*, 1992; Johnson *et al.*, 2002; Keith *et al.*, 2006; Guang *et al.*, 2007).

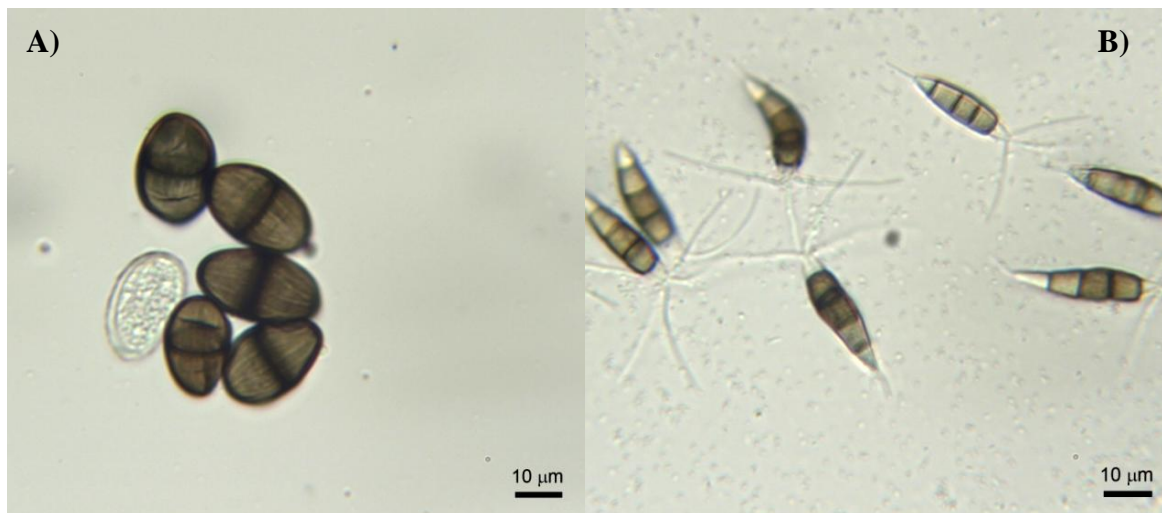


Figura 2. Conidios hialinos inmaduros y maduros de color oscuro de *Lasiodiplodia theobromae* (A) y conidios inmaduros y maduros de *Pestalotiopsis theae* (B) aislados de frutos de rambutan de Chiapas en los años 2007 y 2008.

Postulados de Koch e incidencia en frutos

Síntomas asociados a cada patógeno fueron observados (Figura 3). Un 75% de los frutos inoculados con *L. theobromae*, presentaron lesiones oscuras y con apariencia húmeda comenzaron a los dos días después de la inoculación (DDI), al cuarto día se observó crecimiento micelial y secreciones acuosas sobre las lesiones. Al quinto DDI, la mancha negra cubrió la totalidad del pericarpio del fruto, así como micelio de color gris desarrollándose en los tricomas (Figura 3A). De los frutos inoculados con *Pestalotiopsis theae*, un 83% presentaron lesiones color marrón claro al tercer DDI. Al quinto DDI la mancha café se extendió en un 85% de la superficie del fruto, pero a diferencia de *L. theobromae*, no se desarrolló micelio visible (Figura 3B). En contraste, en frutos inoculados con *C. gloeosporioides*, un 80% desarrollaron síntomas y micelio idénticos a los observados con los hongos anteriores. Al realizar los aislamientos correspondientes, se identificó únicamente a *L. theobromae* y *P. theae*, pero no así a *C. gloeosporioides*. En los frutos tratados con agua estéril, se observó una incidencia de pudriciones semejante a los otros tratamientos (76 %).

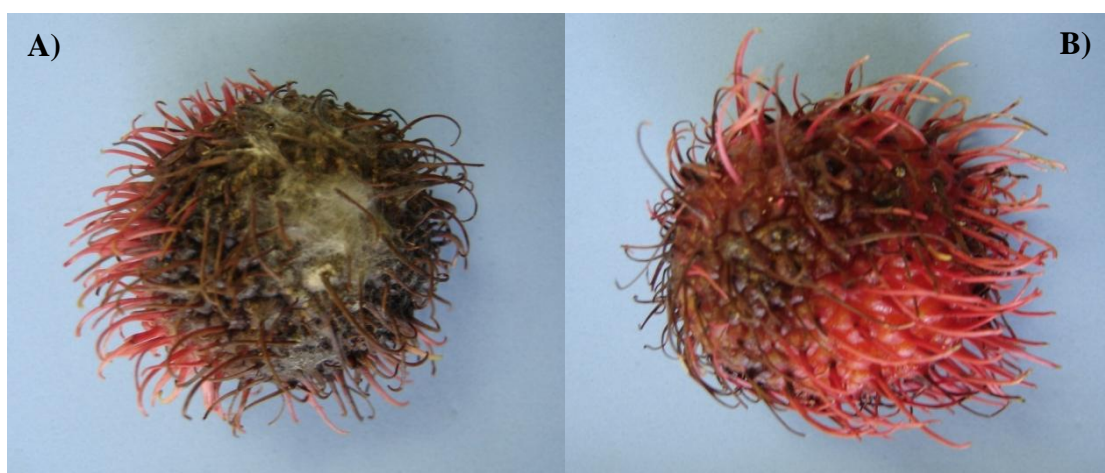


Figura 3. Síntomas de mancha negra causada por *Lasiodiplodia theobromae* (a) y mancha café por *Pestalotiopsis theae* (B) en frutos de rambutan a los cinco días después de la inoculación.

Debido a que en los frutos testigo y los inoculados con *C. gloeosporioides* fueron observados síntomas y aislamientos de *L. theobromae* y *P. theae*, suponemos que existen infecciones latentes y endófitas de estos hongos en frutales tropicales como rambutan. Por el contrario, en litchi se ha encontrado que la principal enfermedad postcosecha es causada por la infección quiescente por *Colletotrichum gloeosporioides* (Li *et al.*, 2005). Diversas especies de *Pestalotiopsis* han sido reportadas como patógenos endófitos de frutales tropicales y subtropicales, como litchi, mamey, guayaba y rambutan (Farungsang *et al.*, 1992; Guang *et al.*, 2007; Keith, 2008). Estos resultados son similares a lo reportado por Keith (2008) y Farungsang *et al.*, (1992) quienes encontraron que la infección se da en los frutos jóvenes y permanece latente hasta la etapa de madurez y almacenamiento del rambutan. Finalmente, Farungsang *et al.*, (1992), Johnson *et al.*, (2002) y Sivakumar *et al.*, (2002) mencionan que en frutos de litchi y rambutan almacenados a baja temperatura (5 - 13°C) y atmósferas modificadas, se controló la pudrición de frutos causada por quiescentes (*Phomopsis* sp., *Colletotrichum* sp., *Lasiodiplodia* sp., y *Glioccephalotrichum* sp.).

La producción de rambutan en México esta incrementándose y cobrando importancia económica para los productores de Chiapas principalmente, sin embargo, existen pocos estudios relacionados con la producción de rambutan en el país. Este es el primer reporte en México de enfermedades en rambutan causadas por hongos, por lo que deben realizarse estudios para su control, considerando la aplicación práctica con beneficio a los productores.

CONCLUSIONES

Los hongos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Pestalotiopsis theae* fueron aislados de flores y frutos de rambutan, e identificados en base a sus características morfológicas y moleculares. Las especies con mayor incidencia en el 2007 y 2008, fueron *Lasiodiplodia theobromae* (32 -35 % en flor y 54 - 54% en fruto) y *Pestalotiopsis theae* (26 - 33% en flor y 34 - 39% en fruto), los cuales fueron asociados a la mancha negra y mancha café del rambutan respectivamente. Este es el primer reporte de *P. theae* y *L. theobromae* en rambutan en México.

LITERATURA CITADA

- Ahrens, U., and E. Seemüller. 1992. Detection of DNA of plant pathogenic mycoplasma like organisms by polimerasa chain reaction that amplifies a sequence of 16S rRNA gene. *Phytopathology* 82: 828-832.
- Arnold, A. E. 2007. Understanding the diversity of foliar fungal endophytes: progress, challenges, and frontiers. *Fungal Biology Reviews* 21: 51-66.
- Bautista B., S., J. C. Díaz P, and L. L. Barrera N. 2002. Postharvest fungal rots of sapote mame y *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn. *Postharvest Biology and Technology* 24:197-200.
- Burgess, I. T., A. P. Barber, S. Mohali, W. Beer, and J.M. Wingfield. 2006. Three new *Lasiodiplodia* spp. from the tropics, recognized based on DNA sequence comparisons and morphology. *Mycology* 98: 423-435.
- Farungsang,U., S. Sangchote, and N. Farungsang. 1992. Appearance of quiescent fruit rot fungi on rambutan stored at 13°C and 25°C. *Acta Horticulturae* 321: 903-907.

- Guang, W. J., X. Tong, L. D. Guo, A. R. Liu, Y. Zhang, and X. H. Pan. 2007. Endophytic *Pestalotiopsis* species with plants of *Podocarpaceae*, *Theaceae* and *Taxaceae* in southern China. *Fungal Diversity* 24: 55-74.
- Guba, E. F. 1961. Monograph of *Pestalotia* and *Monochaetia*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 342 p.
- Johnson, G. I., A. W. Cooke and U. Sardud. 2002. Postharvest disease control on Lychee. *Acta Horticulturae* 575: 705 – 715.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest Biology and technology: An Overview, pp. 39-54. *In*: Postharvest technology of horticultural crops. A. A. Kader. (ed). Ed. University of California Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 535 p.
- Kader, A. 2009. Rambutan: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research Information Center Home Page. Available in: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/rambutan.html>. Access in: 18 Feb. 2009.
- Keith, L. M. 2008. First report of *Pestalotiopsis virgatula* on rambutan in Hawaii. *Plant Disease* 92(5):835.
- Keith, L. M., M. E. Velásquez, and F. T. Zee. 2006. Identification and Characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of guava, *Psidium guajava*, in Hawaii. *Plant Disease* 90: 16-23.
- Landrigan, M., S. Morris, and W. McGlasson. 1996. Postharvest browning of rambutan a consequence of water loss. *J. American Society of Horticulture Science* 121(4):730-734.
- Li, X., A. Liu and W. Chen. 2005. Studies on Development and Control of Anthracnose of Lychee Fruit before and after Harvest. *Acta Horticulturae* 665: 409-413.

- Liu, A., W. Chen and X. Li. 2005. Changes in the Postharvest Physiology and Lychee Fruits Latently Infected by Anthracnose Fungus and the Biological Characteristic of the Pathogenic Fungus of the Disease. *Acta Horticulturae* 665: 365-371.
- McQuate, G., P. Follet and J. Yoshimoto. 2000. Field infestation of rambutan fruits by internal-feeding pests in Hawaii. *Journal of Economy Entomological*. 93 (3): 846-851.
- Morris, S., and J. Jobling. 2002. Recent advances in the postharvest packaging and handling of tropical fruit. *Acta Horticulturae* 575:529-533.
- Pérez R, A. y A. Pohlan. 2004. Prácticas de cosecha y postcosecha del rambutan en el Soconusco, Chiapas, México. *LEISA Revista de Agroecología* 20(3):1-5.
- Paull, R. E., and N. Chen. 1987. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. *Hortscience* 22(6):1303-1304.
- Punithalingam, E. 1976. *Botryodiplodia theobromae*. CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No. 519. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
- Sutton, B. C. 1980. The Coleomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 700 p.
- Wei, J. G., T. Xu, L. D. Guo, and X. H. Pan. 2005. Endophytic *Pestalotiopsis* species from Southern China. *Mycosystema* 24:481-493.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Los frutos de las selecciones de Tuxtla Chico, Chiapas RT-01 y RT-05 presentaron mejores atributos de peso de fruto, sólidos solubles totales y acidez titulable, características deseables para los frutos de exportación, además de mejor aceptación por los panelistas durante la evaluación sensorial.
2. La fecha de corte influye de manera significativa en la calidad de los frutos de rambutan, siendo la cosecha a la mitad y al final de la temporada (julio y agosto), las que brindaron frutos de mayor peso, mayor porcentaje de arilo, sólidos solubles totales, azúcares totales, vitamina C, menor pH y acidez titulable.
3. El almacenamiento de rambutan en Clamshell[®] y Pliofilm[®] a 10°C disminuyó de 20 % a 35 % la pérdida de peso respecto al testigo. El tratamiento con cera presentó un comportamiento similar al testigo tanto en temperatura ambiente como a 10°C.
4. Los empaques tipo Clamshell[®] y Pliofilm[®] en refrigeración prolongan la vida postcosecha de los frutos de rambutan hasta por 14 días, manteniendo buena calidad visual y comercial, preservando sus características bioquímicas y organolépticas.
5. Los hongos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Pestalotiopsis theae* fueron aislados de flores y frutos de rambutan e identificados en base a sus características morfológicas y moleculares.
6. Las especies con mayor incidencia en flor y fruto en el 2007 y 2008, fueron *P. theae* y *L. theobromae*, los cuales fueron responsables de causar la mancha café y mancha negra del rambutan respectivamente. Este es el primer reporte de *Colletotrichum gloeosporioides* en flores de rambutan y *Lasiodiplodia theobromae* y *Pestalotiopsis theae* en frutos en postcosecha en México.