



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

**FISIOLOGÍA POSTCOSECHA DE FRUTOS DE
RAMBUTÁN
(*Nephelium lappaceum* L.) EN ATMÓSFERA
CONTROLADA**

ALEJANDRO GUTIERREZ ZÚÑIGA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLOS, TEXCOCO, EDO DE MÉXICO

2007

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por todo el apoyo que me han brindado

A mi esposa por todo su invaluable apoyo

A mi hijo Alejandro por su hermoso cariño

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de postgraduados (CP) por la oportunidad para realizar mis estudios.

Al Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por las facilidades para realizar el trabajo de investigación.

Al todo el consejo particular que guío y dirigió mi trabajo de investigación.

A todos mis compañeros.

CONTENIDO

INDICE DE CUADRO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
I. RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	4
II. INTRODUCCIÓN.....	6
III. OBJETIVOS.....	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
4.1. Descripción del árbol.....	8
4.2. Propagación.....	9
4.3. Producción de plantas.....	10
4.4. Morfología de flor y fruto.....	10
4.5. Fenología.....	11
4.6. Madurez del fruto.....	12
4.7. Composición del fruto.....	14
4.8. Cosecha.....	14
4.8.1 Color.....	15
4.9. Atmósferas controladas.....	16
4.10. Atmósferas modificadas.....	17
4.11. Refrigeración de frutos.....	18
4.12. Desórdenes fisiológicos.....	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5.1. Localización del sitio de estudio.....	20
5.2. Materiales.....	20
5.3. Tratamientos y variables evaluadas.....	21
5.4. Diseño experimental.....	21
5.5. Distribución de tratamientos.....	21
5.6. Variables físicas.....	23
5.6.1. Peso de frutos.....	23

5.6.2. Peso de pulpa.....	23
5.6.3. Peso de cáscara.....	24
5.6.4. Peso de semilla o hueso.....	24
5.6.5. Contenido de jugo.....	24
5.7. Variables fisiológicas.....	24
5.7.1. Ácido ascórbico.....	24
5.7.2. Acidez titulable.....	25
5.7.3. Color.....	25
5.7.4. Firmeza.....	25
5.7.5. Pérdida fisiológica de peso.....	25
5.7.6. Sólidos solubles totales.....	26
5.7.7. Respiración.....	26
5.7.7.1. Compresor de aire.....	27
5.7.7.2. Calibración de capilares.....	28
5.7.7.3. Acondicionamiento de frascos.....	28
5.7.7.4. Pesado de frasco.....	29
5.7.7.5. Diseño y elaboración de conector “S”.....	29
5.7.7.6. Cambio de mangueras en tablero de flujo a presión constante	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
6.1. Variables físicas.....	31
6.1.1. Peso de frutos.....	31
6.1.2. Cantidad de pulpa.....	34
6.1.3. Cantidad de cáscara.....	37
6.1.4. Cantidad de semilla o Hueso.....	41
6.1.5. Contenido de jugo.....	43
6.2. Variables Fisiológicas.....	47
6.2.1. Ácido Ascórbico.....	47
6.2.2. Acidez titulable.....	52
6.2.3. Color.....	55
6.2.3.1. Ángulo de color.....	55
6.2.3.2. Índice de saturación.....	59

6.2.4. Firmeza.....	63
6.2.5. Pérdida Fisiológica de Peso	67
6.2.6. Sólidos Solubles Totales.....	69
6.2.7. Respiración.....	72
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
VIII. LITERATURA CITADA.....	79

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consideraciones para atmósfera modificada.....	18
Cuadro 2. Distribución de tratamientos, temperatura empleada, mezcla y flujo de gases aplicados.....	22
Cuadro 3. Temperaturas empleadas, distribución de frutos en frascos, tratamientos aplicados, capilares y flujos de las mezclas aplicadas.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conector “S” para entradas y salidas de mangueras en la cámara de refrigeración.....	30
Figura 2. Peso de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	31
Figura 3. Peso de frutos rambután tratados con aire (C00), 5(CO5), 10(C10) y 15 % (C15) de CO ₂ almacenados a 20 y 6.5°C.....	32
Figura 4. Peso de frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	33
Figura 5. Porcentaje de pulpa de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C.....	35
Figura 6. Porcentaje de pulpa de frutos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5 °C.....	36
Figura 7. Efecto de la temperatura en el porcentaje de pulpa de 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5 °C.....	37
Figura 8. Porcentaje de cáscara de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	37
Figura 9. Porcentaje de cáscara de frutos de rambután tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15) % de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	39
Figura 10. Efecto de dos temperaturas (20 y 6.5°C) de almacenamiento sobre el porcentaje de cáscara en 4 tipos de frutos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15) % de CO ₂	40

Figura 11. Porcentaje de semilla o hueso en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	41
Figura 12. Porcentaje de semilla o hueso en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15)% CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5 °C.....	42
Figura 13. Efecto de dos temperaturas (20 y 6.5°C) de almacenamiento en el porcentaje de semilla o hueso en 4 tipos de frutos tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15) % de CO ₂	43
Figura 14. Porcentaje de jugo de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33,RI-48, RI-49) tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	44
Figura 15. Porcentaje de jugo de 4 genotipos de rambután tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5 °C.....	45
Figura 16. Efecto de dos temperaturas de almacenamiento en el porcentaje de jugo 4 fenotipos de frutos tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO ₂	46
Figura 17. Contenido de ácido ascórbico en 4 genotipos de de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados 20 y 6.5 °C.....	47
Figura 18. Contenido de ácido ascórbico en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10(C10) y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	49
Figura 19. Contenido de ácido ascórbico almacenados a 20 y 6.5°C. en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10(C10 y 15 (C15)% de CO ₂	50

Figura 20. Porcentaje de acidez titulable (% de ácido cítrico) en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	52
Figura 21. Porcentaje de ácido cítrico en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	53
Figura 22. Porcentaje de ácido cítrico en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	54
Figura 23. Ángulo de color en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C.....	56
Figura 24. Ángulo de color en fruto de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05),10 (C10) y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	57
Figura 25. Efecto dos temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C) en el ángulo de color de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49).....	58
Figura 26. Índice de saturación en 4 genotipos de frutos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C.....	60
Figura 27. Índice de saturación en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10(C10) y 15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	61
Figura 28. Índice de saturación en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	62
Figura 29. Firmeza en 4 genotipos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	64
Figura 30. Firmeza en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15) % de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	65

Figura 31. Firmeza en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	65
Figura 32. Pérdida fisiológica de peso (%) en 4 genotipos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	67
Figura 33. Pérdida fisiológica de peso (%) en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15%(C15) de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	68
Figura 34. Pérdida fisiológica de peso (%) en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	69
Figura 35. Sólidos solubles totales en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C.....	70
Figura 36. Sólidos solubles totales en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y15 (C15)% de CO ₂ , almacenados a 20 y 6.5°C.....	71
Figura 37. Sólidos solubles en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	72
Figura 38. Respiración de frutos de 4 genotipos rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI 49), almacenados a 20 y 6.5°C.....	73
Figura 39. Efecto de tratamientos (Aire=C00, 5%CO ₂ =C05, 10%CO ₂ =C10 y 15%CO ₂ =C15) aplicados sobre la respiración de frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.....	74
Figura 40. Respiración de frutos de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C.....	75

I. RESUMEN

Los frutos de rambután fueron cosechados en estado fisiológico maduro, seleccionados cuando alcanzaron medidas comerciales en el lote experimental de frutales tropicales establecido genotipos seleccionados mediante el mejoramiento genético realizado en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP, ubicado en el Km. 18 de la carretera Tapachula - Cacahoatán, municipio de Tuxtla Chico. Geográficamente se localiza entre los paralelos 14° 30' y 15° 00' de Latitud Norte y entre los meridianos 92° 00' y 92° 30' de Longitud Oeste a una altura de 435 m .

Los objetivos del trabajo fueron identificar y determinar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de O₂ y CO₂ (aire, 5, 10 y 15% de CO₂) aire usado como balance sobre la calidad y vida postcosecha de frutos de rambután. Para la aplicación de las concentraciones de gases se utilizó un sistema de generación de mezclas y distribución de gases y accesorios diferentes en cada una de las fases de aplicación de las mezclas. El equipo principal se integró por: un compresor de aire, un tablero mezclador de gases, un tablero de flujo de gases a presión constante, y un cromatógrafo de gases, todos ellos con los diferentes accesorios que se involucran para su adecuado manejo. Las variables físicas evaluadas fueron: peso de frutos, porcentaje de pulpa, cáscara, semilla o hueso, y de jugo; las fisiológicas: ácido ascórbico, acidez titulable, color, firmeza, respiración y sólidos solubles totales. Los resultados indican que las características físicas de los frutos varían en función del cultivar. El peso del fruto varió de 25.5 a 31.5 g, el porcentaje de pulpa varió de 45.9 a 49.7, el porcentaje de cáscara fue desde 35.8 hasta 43.5, el porcentaje de semilla o hueso fue desde 6.7 hasta 19.5 y el porcentaje de jugo fue desde 21.5 hasta 27.1. Los resultados de las variables fisiológicas varían en función de los tratamientos aplicados y de las temperaturas

de almacenamiento. El contenido de ácido ascórbico fue desde 101.9 hasta 115.3 mg/100 ml de jugo, posteriormente disminuyó conforme transcurrió el periodo de almacenamiento. Acidez titulable se incrementó progresivamente conforme transcurrió el periodo de almacenamiento según el cultivar. En RI-32 fue desde 0.054 hasta 0.077, RI-33 desde 0.060 hasta 0.061, RI-48 desde 0.054 hasta 0.071, RI-49 desde 0.054 hasta 0.074%; el ángulo de color se incrementó en todos los tipos de frutos conforme transcurrió el periodo de almacenamiento, existen frutos con tonos de color más claros y frutos con color rojo intenso desde 20 hasta 35° posteriormente el color se va degradando; el índice de saturación disminuyó conforme transcurrió el periodo de almacenamiento es decir dependiendo del tipo de fruto y de la intensidad del color éste se fue degradando pasando del color rojo a colores grises u oscuros, desde 22 hasta 23.2°, estadísticamente la diferencia significativa se denota a partir del sexto día, es decir el color rojo se empieza degradar en mayor grado a partir del sexto día. La firmeza es similar en la mayoría de los tipos de frutos evaluados y va desde 2 hasta 2.7 Nw, posteriormente disminuye y varía conforme transcurre el periodo de almacenamiento según el cultivar y la temperatura de almacenamiento, los frutos almacenados a 6.5° pierden menor firmeza que los frutos almacenados a 20°C, variando desde 0.6 hasta 1.1 Nw en frutos almacenados a 20°C. La pérdida fisiológica de peso va de 1.0 a 1.3% después de 10 días de almacenamiento y hasta de 5.2% a los 14 días. RI-48 es el que pierde mayor peso. El mejor tratamiento 10% CO₂ (C10). A 6.5°C fue desde 0.6 hasta 0.78%, mientras que en frutos a 20°C fue desde 2.6 hasta 18.22%, varió desde 2.04 hasta 17.44% de pérdida después de 2 y 14 días, respectivamente.

La intensidad respiración fue de 49.5 hasta 75.4 ml de CO₂. kg. hr⁻¹ en frutos

almacenados a 20°C, mientras que los frutos almacenados a 6.5°C respiraron desde 14.7 hasta 20.0 ml de CO₂. kg. hr⁻¹.

SUMMARY

Rambutan fruits were harvested in a physiologically mature stage, selected when they reached normal size for marketing in Tuxtla Chico, Rosario Izapa Chiapas, Mexico, located at 14° 30' and 15 ° 00' north latitude and between 92 ° 00' and 92° 30' west longitude at 435m above sea level. The objectives of the work were to identify and determine the effect of application of different concentrations of O₂ and CO₂ (air, 5, 10 and 15 percent of CO₂, with air used as balance) on quality and postharvest life of rambutan fruits. To get those CO₂ levels, a gas mixing board and a flow board was used, as well as some special accessories. The main equipment was made up by: air compressor, gas mixing system, flow board system to deliver gases at a constant pressure, and a gas chromatograph equipment, all of them with different accessories to get appropriate operation. The physical variables measured were: ascorbic acid, titratable acidity, color, firmness, physiological loss of weight, respiration rate and total soluble solids. The results show that the physical characteristics of the fruits vary in terms of each cultivar. Fruit weight was from 25.5 to 31.5 g, the percentage of the pulp from 45.9 to 49.7, the percentage of skin was from 35.8 to 43.5, the percentage of seeds was from 6.7 to 19.5 and the percentage of juice varied from 21.5 to 27.1. Physiological variables vary in terms of the applied treatments and storing temperatures. The content of ascorbic acid was from 101.9 to 115.3 mg/100ml of juice subsequently it decreased as the period of storing changes. Titratable acidity increased progressively with time stored. Titratable acidity in cultivar RI-32 was from 0.054 to 0.077, RI-33 from 0.060 to 0.061, RI-48 from 0.054 to 0.071, RI-49 of 0.054 to 0.074%, the hue angle of color was increased in all types of fruits along with time stored. There are different tones of color of the assessment fruits, showing lighter

color tones and darker red fruits from 20 to 35° subsequently the red color was reducing its intensity. Saturation index value decreased as the period of storing, it means that depending on the type of the fruit and the intensity of color, it was degrading from red to gray and dark colors from 22 to 23.2°. The main color loss is showed from the sixth day ahead, it means that red color starts degrading from the sixth day on. Firmness is similar to most types of evaluated fruits and it goes from 2 up to 2.7 Nw and subsequently it diminished and varies as the period of storing passed in terms of the crop and the temperature of storing. The fruits stored at 6.5 °C lose less firmness than the fruits stored at 20°C varying from 0.6 to 1.1 Nw in fruits at 20°C. The physiological loss of weight goes from 1.0 to 1.3% after a storing of 10 days and up to 5.2% in a 14 days of storage. The genotype that loses more weight is RI-48. The best treatment to keep the physiological loss of weight was 10% CO₂, and at 6.5 °C was from 0.6 to 0.7%, while in fruits at 20 °C was from 2.6 to 18.2%, varied from 2.0 to 17.4% of loss after 2 and 14 days of storage respectively. The respiration rate was from 49.5 to 75.4 ml.CO₂.(Kg.h)⁻¹ in fruits stored at 20 °C, while fruits stored at 6.5 °C was from 14.7 to 20 ml.CO₂.(Kg.h)⁻¹.

II. INTRODUCCIÓN

El rambután es originario del Archipiélago Malayo. Debido al efecto combinado de cultivo y selección, aparecieron numerosos cultivares y empezaron a crecer en muchas regiones tropicales bajas de Asia, (Morton, 1987). El Consejo Internacional de Recursos Genéticos (IBPGR), reportó en 1986 que a principios de siglo, el cultivo de rambután estuvo limitado a Indonesia y Malasia, posteriormente se introdujo con buenos resultados, en la India, islas Filipinas, Tailandia, Honduras y otros países del área tropical.

En México, desde 1975, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha desarrollado un programa de investigación en frutales tropicales en el Campo Experimental Rosario Izapa, ubicado en el Municipio de Tuxtla Chico, Chiapas. Con el objetivo de diversificar la fruticultura tropical, introdujo algunas especies de frutales no tradicionales como el rambután, el pejíbaye, el litchi, la pera de agua y la macadamia, colectándose además especies regionales como el zapote mamey. De acuerdo con la información obtenida, el rambután es la especie que se presenta como alternativa para diversificar la fruticultura nacional (Sandoval, 1993).

El rambután *Nephelium lappaceum* L. es un fruto de excelente apariencia y sabor, sin embargo, varios factores en postcosecha limitan severamente su vida de almacenamiento. Aunque el fruto parezca razonablemente resistente, las espinas suaves (spinterns) son fácilmente dañadas, es la primera parte del fruto en deteriorarse. Una vez que esto ocurre pierde su apariencia o presentación principal y el valor para su consumo se ve reducido considerablemente. Como muchos frutos tropicales, el rambután tiene una corta vida postcosecha y el fruto se deteriora rápidamente después de la cosecha, (O'Hare, 1992); convirtiéndose

en un producto altamente perecedero, lo que trae como consecuencia pérdidas fuertes si no son comercializados después de 3 días de cosechados, (Wijeratnam, *et al.*, 1998). Aquí es donde la tecnología postcosecha y específicamente el manejo de atmósferas controladas podrían controlar los cambios fisiológicos que presenten los frutos de acuerdo al estado de madurez, manipulando tiempo de almacenamiento, temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂ y O₂, y concentración de etileno (O'Hare, 1992, Vendrell, *et al.*, 2001, Saltveit, 2003); la finalidad del control de estos cambios es reducir la tasa respiratoria, la producción y acción del etileno, los cambios en la composición asociados a la maduración y reducir la incidencia de algunos desordenes fisiológicos, (Kader, 1994). De ahí que la exposición de frutales tropicales a corto plazo con niveles de O₂ menores a 1% y/o CO₂ con niveles arriba de 12% pueden reducir la incidencia y severidad de desordenes fisiológicos (por ejemplo daños por frío), patógenos e insectos. La utilización de atmósferas controladas es de gran interés para aumentar el periodo de almacenamiento y vida de anaquel en el manejo postcosecha de frutos de rambután. Dentro de este contexto se planteó el presente trabajo pensando que las atmósferas controladas podrían ayudar a mantener la calidad y reducir la pérdida de fruta de esta especie, reduciendo la tasa de respiración, inhibiendo la producción y acción del etileno e incrementando el lapso de tiempo de comercialización y consumo del rambután.

III. OBJETIVOS

Identificar y determinar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de CO₂ y O₂ con aire, sobre la calidad y vida postcosecha en frutos de rambután.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Descripción del árbol

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es una planta dicotiledónea perenne, diploide $2n = 22$ y pertenece a la familia Sapindaceae. Se adapta muy bien a las condiciones climáticas del trópico húmedo, siendo fundamentales para su crecimiento y desarrollo temperaturas de 27 a 30°C, precipitación pluvial superior a 2000 mm y humedad relativa arriba de 80%. Este cultivo prefiere suelos de origen aluvial y profundo, con buen drenaje. Su cultivo prospera en altitudes de 0 a 600 msnm (Van Welzen y Verheij, 1991; Sandoval 1993).

Es un árbol de tamaño mediano, que alcanza entre 15 y 25 m de altura, con tronco recto y copa densa, copiosamente ramificada y redonda. Bajo condiciones adecuadas los árboles provenientes de semilla empiezan a fructificar a los 5 ó 6 años; cuando se propagan vegetativamente empiezan a producir a los 2 ó 3 años.

Las hojas son alternas, paripinadas, hasta 6 pares, ovadas a ovoides, 5-28 cm x 2-10.5 cm, generalmente horizontales, glabras o a veces levemente nervadas en el nervio central, de ápice truncado a acuminado, nervios curvados ligeramente fuertes, venas escalariformes a retículo grueso. Las inflorescencias son axilares y terminales, erectas, ampliamente ramificadas, de 15 a 20 cm de largo con flores masculinas (solamente los estambres bien desarrollados en árboles dioicos) o hermafrodita (árboles monoicos), las últimas de cualquiera de los árboles son

efectivamente femeninas (estambres pequeños, antera dehiscente), actinomorfitas, blanquecinas, amarillentas o verdosas; los sépalos 4-5 (-7), casi libres, 0.7-2.1 mm de largo; los pétalos generalmente ausentes, a veces hasta unos 4, reducidos, no exceden 1.6 mm; disco completo, vellosos o glabros; estambres (4-)5-8(-9), insertos en masculinas; el filamento tiene pelos largos densos por lo menos en la parte basal; antera dehiscente, longitudinalmente; 2 pistilos o raramente 3 densos y filamentosos, bien desarrollado en flores hermafroditas, ovarios verrugosos, estilo bien desarrollado, estigma separado a unido al final. El fruto es una pequeña nuez globosa u ovoide esquizocárpico, el tamaño del fruto es de 7 x 5 cm, pesan generalmente entre 20 y 95 g, de color rojos-púrpuras a amarillos cuando cosechados, a menudo finalmente dehiscentes (al menos en la parte apical), glabros, filiformes usualmente densos, curvados, de 0.5 a 2 cm de longitud añadidos, pared coriácea, hasta 2.5 mm de gruesa. Semillas cubiertas usualmente por un denso arilo blanco amarillo, traslucido en la testa.

4.2. Propagación

De las características del rambután y su potencialidad para diversificar la fruticultura tropical, lo más difícil es multiplicarlo asexualmente. El rambután es una planta que puede propagarse mediante dos vías principales: la propagación por semillas (propagación sexual) y la propagación vegetativa (asexual). La propagación por medio de semillas tiene grandes inconvenientes, como el alto porcentaje de árboles improductivos (50 a 60% de plantas con flores masculinas) o de árboles que producen frutos de mala calidad en lo referente a color, sabor, tamaño y adherencia de la pulpa (arilo) a la semilla (Walter, 1976; Fraire, 2001), requisitos de calidad que exige el mercado nacional e internacional.

4.3. Producción de plantas

La propagación vegetativa del rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es una eficiente innovación para la producción de plantas injertadas de alta calidad ya que se asegura el contenido genético en el establecimiento de las nuevas plantaciones y contribuye a la difusión de los clones mejorados de alto rendimiento y buenas características agronómicas (Sandoval, 1994). La producción de plantas de rambután se inicia con la siembra de las semillas durante el mes de julio en el vivero para originar a los patrones o portainjertos (12 a 18 meses). Se debe injertar en los meses de enero y febrero para lograr un prendimiento del 95 al 98%. Las varetas portayemas tienen que estar fisiológicamente maduras (penúltimo crecimiento, coloración grisácea y las yemas bien desarrolladas), se deben coleccionar el mismo día que se realice el injerto, de árboles madre de la variedad o clon seleccionado. El tipo de injerto recomendado es el de yema, mediante la técnica de parche. Este consiste en remover un parche rectangular de corteza del patrón de aproximadamente 1 cm de ancho por 2.5 cm de largo, a una altura de 15 a 20 cm arriba de la base del tallo del patrón y reemplazarlo por un parche de corteza del mismo tamaño, que lleve una yema de la variedad que se desea propagar, se cubre con cinta plástica de 1 cm de ancho. Después de 20 días se retira la venda y la corteza verde de los injertos nos indica su prendimiento, una vez logrado se debe realizar el recorte del patrón a 30 cm arriba del injerto, y continuarlos en semanas posteriores hasta dejar sólo el injerto. La planta injertada estará lista después de alrededor 4 meses (Sandoval, 1994).

4.4. Morfología de flor y fruto

Las flores nacen en las axilas o panículas terminales (Lim, 1984). Las flores son verdosas durante menos de 3 minutos, menos de 3 mm de ancho, sin pétalos y

tienen un olor agradable. Los árboles tienen flores masculinas o hermafroditas. En una flor masculina, hay entre 5 y 8 anteras apoyadas por los filamentos fibrosos blancos, mientras que el gineceo es pequeño y rudimentario. En flores hermafroditas, las anteras miden de 5 a 7 mm y el gineceo está bien desarrollado con 2 y rara vez 3 ovarios loculares.

Los frutos agrupados nacen en los raquis de las panículas. Dependiendo del clon, el fruto es oblongo y maduro de color rojo y menos común de color amarillo. La cáscara es cubierta con pelos o espinas dorsales, gruesas y suaves. La pulpa comestible es blanca y el gusto se extiende de ácido a dulce. El gusto ácido y la dificultad en despegar la pulpa de las semillas son considerados elementos de mala calidad para el fruto.

Las semillas que no tienen endospermo son normalmente redondeadas por un micrópilo final y marcadamente señalado en el extremo apuesto. Tienen una testa fibrosa incluyendo un embrión con dos cotiledones desiguales.

4.5. Fenología

Dependiendo del clon, así como de las condiciones de suelo y clima, los árboles inician la floración y fructificación después de 3 a 5 años (Lim, 1984). En la península Malaya región de origen de este frutal, son observadas dos distintas floraciones. La primera floración da comienzo a inicios de abril y los frutos son cosechados a finales de julio. La segunda floración se presenta a mediados de agosto y la cosecha a mediados de diciembre. La estacionalidad de la fructificación puede deberse a un cambio brusco en el patrón de las estaciones húmeda y seca. Sin embargo, la mayoría de árboles producen frutos solo una vez al año, algunos durante la primera estación y otros durante la segunda. Dentro de los huertos, algunos árboles presentan la peculiaridad de que mientras algunos

tienen frutos maduros, otros pueden estar justo en el inicio de la floración.

Después de la aparición de la inflorescencia, las flores que han fecundado (en promedio un mm de ancho) requieren alrededor de 18 a 20 días para su apertura (antesis) y requieren de 3 semanas para desarrollar flores maduras (en promedio de 3 mm de ancho). Las flores abren acropetalmente, ambas, flores masculinas y hermafroditas sincronizan el periodo de floración y éste tarda de 2 a 3 semanas. La antesis se presenta entre 9:00 y 11:00 horas. Diez días después de la antesis, los estambres en flores hermafroditas se marchitan y usualmente uno de los óvulos se agranda para formar un fruto (en promedio 4 mm de ancho). Estos frutos maduran 12 semanas mas adelante y para entonces miden en promedio 3.5 cm de ancho y 5 cm de longitud. La observación en 10 muestras aleatorias marcadas con etiquetas en brotes florales, 200 por muestra, indican que el promedio de flores abortadas fue de 40 % y de de 90 % en frutos.

En la región de Tuxtla chico y Cacahoatán, Chiapas la floración obedece a la interacción de factores climáticos y nutricionales (Fraire, 2001). En la costa de Chiapas el periodo de floración va de enero al mes de abril, aunque las floraciones más intensas se dan en los meses de febrero y marzo. La época de cosecha se presenta durante los meses de junio y agosto, siendo más abundante en los meses de julio y agosto, coincidiendo con el periodo más lluvioso del año. El rendimiento en áreas productoras en Chiapas va de 12 a 16 ton/ha de fruto fresco en plantaciones de 8 a 10 años.

4.6. Madurez del fruto

El rambután es un fruto no climatérico, es decir, no continúa su madurez una vez que se ha removido del árbol. Consecuentemente el fruto deber ser cosechado una vez que haya alcanzado una conveniente calidad de consumo y apariencia

visual. La apariencia aceptable usualmente ocurre entre los 16 y 28 días después de la aparición del color, tiempo en el cual la cáscara y las espinas son brillantes y el color lo más uniformemente posible. Aunque el rambután generalmente se cosecha en base al color de la piel, el sabor debe ser también el óptimo (dulce). Los cultivares rojos no alcanzan necesariamente el mismo dulzor en la misma intensidad del color y esto debe ser considerado. Conforme los frutos maduran en el árbol, la concentración del azúcar aumenta mientras que la acidez declina. Justamente, los frutos cosechados antes de llegar a su madurez fisiológica son ácidos y carecen de dulzor, mientras que cosechados demasiado tarde, pueden ser insípidos. Generalmente, los frutos deben tener en promedio una concentración de sólidos solubles de 17 a 21 % y acidez titulable de 0.7 a 5.5 meq.g⁻¹(dependiendo del cultivar) para una fruta de óptima calidad. Después de 2 a 3 días de cosechados el aspecto visual de los frutos de rambután declina rápidamente si se conserva bajo condiciones de ambiente normal. Esto puede significar temperaturas de hasta 40°C y humedad relativa tan baja como 40%. La pérdida del aspecto o apariencia, es en gran parte debido a la deshidratación de las espinas, aunque la pérdida del color puede también contribuir a la declinación del fruto (O'Hare, 1992). La vida de anaquel del rambután se puede aumentar significativamente minimizando la pérdida de agua y controlando la humedad relativa, 95% parece ser la humedad relativa (HR) óptima para su almacenamiento. Humedades relativas superiores al 95% provocan la pudrición de la fruta y humedades por debajo de este porcentaje aumenta la deshidratación por el aumento de la pérdida de agua. La pérdida de humedad es quizás el mayor problema que afecta el almacenamiento del rambután y el factor más común que reduce el valor de la fruta en la comercialización. Este factor es relativamente fácil

de superar o controlar y se evita simplemente manteniendo la humedad relativa óptima alrededor del fruto.

El deterioro de los frutos ocurre después de 3 a 4 días de almacenamiento bajo condiciones ambientales (aproximadamente a 23 °C, 80 a 85% H. R). El color rojo se torna café y el fruto pierde firmeza. Los cambios anteriores son menos pronunciados en frutos amarillos y verdes, los cuales, luego de 4 días, solo presentaron pérdida de humedad superficial la que se caracterizo por un arrugamiento de la cáscara; fenómeno quizá causado por el efecto de la baja humedad relativa (Ortiz y Cordero, 1984).

4.7. Composición del fruto

Muchos frutos y vegetales contienen más de 80 g de agua por cada 100 g de fruto (Wills, *et al.* 2004), el fruto de rambután contiene alrededor de 82.9 g de agua, 31 mg de vitamina C, 0.9 g de proteína, fibra 1.1 g, grasa 0.1 g, carbohidratos 14.5 g y un valor energético de 264 kJ/100 g. de fruto (Van Welzen y Verheij, 1991).

4.8. Cosecha

El fruto de rambután tiene que ser cosechado cuando está maduro. Se realiza cortando de los árboles los racimos enteros utilizando tijeras atadas a palos de bambú u otros. Dependiendo del cultivar puede ser dos veces a la semana, por un periodo de 2 a 8 semanas, (Van Welzen y Verheij, 1991). El rendimiento es variable, por ejemplo, en Tailandia existen huertos con rendimientos de 2 a 5.6 ton/ha, hasta huertos con rendimientos de 20 ton/ha a los once años de plantadas con árboles que producen hasta 170 kg. En cultivares específicos como R168 en el noreste de Queensland el rendimiento por árbol es de 88 kg, en el sexto año. En esta labor es conveniente no dañar ramas y dejar el pedúnculo a los frutos, evitar golpearlos y exponerlos al sol. Para facilitar su manejo es aconsejable

separar frutos por grado de madurez y realizar una selección para eliminar frutos con mala apariencia, dañados o deformes (Fraire, 2001).

Después de cosechados los frutos pueden transportarse de forma satisfactoria en empaques, pero la vida en anaquel es corta, principalmente porque el fruto pierde peso rápidamente y la cáscara adquiere una coloración negra. Si se tiene cuidado con la humedad y se mantiene bajo sombra, el periodo de anaquel se prolonga. Investigaciones sugieren tratarlo con fungicidas y almacenarlo en refrigeración a 5 a 10 °C , lo que ayuda a extender la vida en anaquel por algunas semanas (Van Welzen y Verheij, 1991).

4.8.1 Color

El colorímetro de reflectancia Hunter Lab modelo 0/45 D25-PC2, serie 15062 permite identificar coordenadas L a b de cada color en el espacio tridimensional y dependiendo de su valor se pueden comparar entre ellos más objetivamente.

L= Luminosidad, que indica desde ausencia de luz hasta mucha luz, su valor va desde 0 (color oscuro) hasta 100 (color claro), por lo tanto entre más se acerque el valor a cero el color es más oscuro. L, también ayuda a ubicar los colores “únicos”, esto es, sin mezcla de colores, por ejemplo azul, rojo, amarillo, verde, llamados también Hue o tono.

El valor de “a” en el espacio tridimensional cambia de verde a rojo. Cuando los valores de “a” son positivos, el color tiende a rojo, por lo que, cuando el valor de “a” es positivo y alto, será un color cercano a rojo típico o más puro. Cuando el valor de “a” es negativo el color es verde o cercano a verde.

El valor de “b” en el espacio tridimensional cambia de un color amarillo a uno azul. Cuando el valor de “b” es positivo el color es amarillo o cercano a este. Y si el valor de “b” es negativo el color es azul o muy cercano al color azul. La longitud de

la línea perpendicular que va desde el eje L hacia el punto de coordenadas (a, b) es lo que se denomina saturación, pureza o chroma y esa longitud nos indica si el punto o coordenada (a, b) está cerca o lejos de L. Cuando los valores (a, b) están cercanos a L se tiene un nivel de color gris alto. Y cuando los valores del punto o coordenada (a, b) están mas lejos de L, se tienen colores mas vivos o claros, por lo tanto son menos grises.

Ángulo Hue= ($\text{Tan}^{-1}(b/a)$), el cálculo anterior nos da el ángulo que forma el color en el espacio tridimensional con respecto al eje "a" y va desde 0 (rojo) a 90° (amarillo), por lo tanto conforme aumentan los grados se aleja del color rojo y se acerca mas al amarillo.

4.9. *Atmósferas controladas*

En atmósfera controlada (AC), el procedimiento común es aplicar y determinar un rango optimo de O₂ y CO₂ para el almacenamiento de productos vegetales, monitoreando cambios fisiológicos relacionados con calidad (Peppelenbos, 2003).

El tiempo y tratamiento óptimo para el almacenamiento de productos vegetales a través de atmósfera controlada y modificada, varía de acuerdo a la especie, a su estado de madurez, y al tiempo que son expuestos a determinadas temperaturas (Brecht, *et al.*, 2003). En AC, los altos niveles de dióxido de carbono empleados reducen los efectos del etileno y reduce la pérdida de clorofila. Así mismo elevando niveles de CO₂ también promueve la respiración anaeróbica y el metabolismo fenólico en las mismas condiciones. Mientras que a bajos niveles de oxígeno reduce la respiración, la síntesis y acción del etileno, pero estos también estimulan la respiración anaeróbica, la producción de mal sabor y posible presencia de microbios (Saltveit, 2003).

En mangostán, la apropiada concentración de O₂ para el almacenamiento va de 2

a 4 %, a 15°C y 90 % de humedad relativa. Bajo estas condiciones los frutos pueden estar almacenados por 6 a 7 días (Ratanachinakorn, 2003). En longan la aplicación de O₂ es efectivo hasta en un 70 % en la reducción de la producción de etanol en la pulpa, mantiene bajo el pH y previene la decoloración de la cáscara, mientras que la concentración de CO₂ al 15 % reduce significativamente la descomposición de la fruta (Tian, *et al.*, 2002). En frutos de rambután, la vida de almacenamiento se extendió hasta 18 días tratados con 10 % de CO₂ y almacenados a 13°C, este resultado reduce el tiempo de deterioro, particularmente la decoloración del pericarpio; mientras que los frutos tratados con CO₂ a 20 °C se mantuvieron de 6 a 8 días almacenados (Boonyarittongchai y Kanlayanarat, 2003).

4.10. Atmósferas modificadas

En atmósferas modificadas (AM), el principio es emplear cubiertas plásticas para proteger los vegetales, buscando principalmente controlar los daños por frío y monitorear los cambios fisiológicos en el almacenamiento a determinadas temperaturas (Peppelenbos, 2003). Se ha encontrado que las bolsas de polietileno reducen en gran medida la pérdida de agua sobre un rango de temperatura determinado, pero si es superior a 30°C puede agravar el necrosamiento o decoloración del fruto. Capas artificiales de ceras y antitranspirantes son menos efectivas, esto se debe al tipo de área superficial y las limitantes para cubrirla adecuadamente (O'Hare, 1992). En bolsas de polietileno con orificios, la vida de almacenamiento de rambután fue significativamente mayor, que los almacenados en otras condiciones. Los frutos envasados y sellados en bolsas de polietileno con 1, 2 y 3 orificios a 12°C tuvieron una vida de almacenamiento de 18, 16 y 13 días respectivamente (Ketsa y Klaewkasetkorn, 1995). La mejor condición fue cuando

los frutos se colocaron en bolsas de polietileno con 1 orificio a 12°C.

El porcentaje de CO₂ en bolsas de polietileno con un orificio fue variando de 0.3 a 0.7 % y el oxígeno de 16.5 a 19.5 %.

Cuadro 1. Consideraciones para atmósfera modificada

	Reducción de O ₂	Incremento de CO ₂
Nivel benéfico	3-5 %	7-12 %
Beneficio	Retarda senescencia, baja tasa respiratoria	Retarda la pérdida de color rojo. Extiende vida postcosecha minimizando la pérdida de agua por más de un mes.
Potencial de beneficio	Alto	Moderado
Niveles de daño	<1%	> 20 %
Síntomas de daño	Aumenta incidencia de pudrición	?
Potencial para daño	Alto	?

Kader (1994).

4.11. Refrigeración de frutos

En cultivares como MSE-1 (malasia selección especial 1), Rm (rojo malayo) y Am (amarillo malayo), el estado de madurez para ser cosechados y las temperaturas de almacenamiento para extender la vida en anaquel, varía según el cultivar; y el daño por frío fue aparentemente a 5°C . Sin embargo, los cultivares Rm y MSE-1 pueden ser almacenados por 14 días comparado con el cultivar Am el cual exhibió deterioro rápido en calidad después de 7 días, (Wijeratnam, *et al.*, 1998).

Se ha encontrado que las bolsas de polietileno reducen la pérdida de agua sobre un rango de temperatura, aunque una temperatura superior a 30°C puede agravar el necrosamiento o decoloración del fruto. Posterior a la pérdida de agua se da la pérdida de color, la deshidratación se puede reducir con la refrigeración. Los rangos de temperatura óptimos para almacenar rambután varían de 8 a 15 °C,

dependiendo del cultivar (O'Hare, 1992). Las recomendaciones específicas para almacenar frutos de rambután varía según el cultivar, 8°C son recomendados para cultivares como R7 y 10°C para 'Maharlika' y 'Jet Lee'. También se reportan síntomas de daños por frío a 10°C para el cultivar 'Seechompoo', a 7°C para los cultivares 'Lebakbalus' y 'Mahalika' y a 5°C para 'Jet Lee' (O'Hare, 1992).

4.12. Desórdenes fisiológicos

Los desórdenes fisiológicos importantes en frutos de rambután son rajadura de cáscara, mal o pobre llenado de fruto y germinación prematura de la semilla, O'Hare (1992). En este último, la causa es desconocida pero la incidencia es rara, ocurre en frutos maduros no senescentes, la pulpa es blanda con pérdida del sabor. El partido de cáscara es un problema ligero en cultivares como 'Ron-grien' y ocurre en presencia de lluvias abundantes durante la última etapa de desarrollo del fruto; el fruto al recibir al agua a gran velocidad la pulpa se expande y la cáscara termina por partirse. Deficiente o mal llenado de fruto es provocado por la deficiente fertilización (nutrición) y condiciones secas que se den al cultivo. Los Cultivares R4 y R9 presentan más susceptibilidad a este problema, mientras que cultivares como R3 y R134 permanecen bien llenos debido a una reducción en el tamaño del fruto.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del sitio de estudio

Los experimentos fueron realizados en el laboratorio de postcosecha del programa de fruticultura, Centro de Recursos Genéticos y productividad del Colegio de Postgraduados, ubicado en el Km 36.5 de la carretera Texcoco- Cd. De México, Montecillo, Estado de México.

5.2. Materiales

Los equipos y accesorios utilizados para instalar la atmósfera controlada fueron: gases para cromatógrafo, reactivos, gas (CO₂), septas, accesorios para cromatógrafo de gases, manguera látex, bolsas de polietileno, papel estraza, frascos de plástico, compresor de aire, tablero de flujo de gases a presión constante, tablero mezclador de gases, cromatógrafo de gases.

Los frutos fueron cosechados en el lote experimental de frutales tropicales del Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP, ubicado en el Km. 18 de la carretera Tapachula-Cacahoatán, municipio de Tuxtla Chico. Se localiza entre los paralelos 14° 30' y 15° 00' de Latitud Norte y entre los meridianos 92° 00' y 92° 30' de Longitud Oeste a una altura de 435 m.

Los frutos cosechados en estado fisiológico maduro, fueron seleccionados cuando alcanzaron medidas comerciales y trasladados en neveras al laboratorio. Para ambas temperaturas los 4 genotipos se introdujeron en frascos con un volumen promedio de 3.5 lt y almacenados a 6.5°C (refrigerados) y 20°C (temperatura ambiente).

5.3. Tratamientos y variables evaluadas

Los tratamientos que sirvieron de base para la evaluación fueron: aire solo y CO₂ (5, 10 y 15 %) con aire utilizado como balance a 20 y 6.5°C. La aplicación del CO₂ y el almacenamiento fue constante durante el periodo de evaluación. Las variables de respuesta fueron: peso de frutos, porcentaje de cáscara, pulpa, hueso, y porcentaje de jugo, acidez titulable, ácido ascórbico, color, firmeza, pérdida fisiológica de peso, respiración, sólidos solubles totales.

La evaluación fue durante 20 días con intervalos de cada 4 días. La aplicación del CO₂ y el almacenamiento fue constante durante el periodo de evaluación. En el muestreo se fueron retirando frutos al azar con diferentes tamaños para su análisis destructivo.

5.4. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un factorial completamente aleatorizado; dos factores, temperatura (6.5 y 20°C) y CO₂ (aire, 5, 10, 15, 20 %) y tres repeticiones, un fruto como unidad experimental. Para el análisis de las variables de respuesta y la determinación de los mejores tratamientos o efectos, los valores obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico SAS V.9. Las medias de tratamiento de las variables respuesta fueron comparadas con la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia (α) de 5%. Cuando fue necesario se practicó el análisis de correlación entre factores. Se practicó además el análisis gráfico en base a la construcción de histogramas y curvas que ilustran el comportamiento de cada variable respuesta de estudio.

5.5. Distribución de tratamientos

La distribución de los tratamientos para cada uno de los genotipos evaluados durante el periodo de almacenamiento se presenta en el Cuadro 2. El flujo de gas

de los capilares fue determinado y medido a presión constante con los rotámetros.

Cuadro 2. Distribución de tratamientos, temperatura empleada, mezcla y flujo de gases aplicados

Temp (°C)	Conc	FCO	T-Ar	Gml/min	CAP	Cml/min	Fml/min
6,5	5%CO2	3	RI-32	1633,14	Cap2	319	159,5
6,5		4	RI-33				159,5
6,5		5	RI-48		Cap3	308	154
6,5		6	RI-49				154
6,5		11	RI-32		Cap2	301	150,5
6,5		12	RI-33				150,5
6,5	10%CO2	13	RI-48	1510	Cap3	301	150,5
6,5		14	RI-49				150,5
6,5	15%CO2	19	RI-32	1722	Cap2	331	165,5
6,5		20	RI-33				165,5
6,5		21	RI-48		Cap3	331	165,5
6,5		22	RI-49				165,5
6,5		27	RI-32		Cap2	293	146,5
6,5		28	RI-33				146,5
6,5	Aire	29	RI-48	1177	Cap3	286	143
6,5		30	RI-49				143
20	5%CO2	2	RI-32	1633,14	Cap1	312	312
20	10%CO2	10	RI-33	1510	Cap1	301	301
20	15%CO2	18	RI-48	1722	Cap1	331	331
20	Air	26	RI-49	1177	Cap1	308	308

Temp=temperatura; Conc= concentración o tratamiento; FCO= frasco; T_Ar=genotipo; Gml/min= mezcla de gases;

CAP=capilar; Cml/min= concentración aplicada por capilar; Fml/min= flujo aplicado a los frascos; RI=genotipo

En el cuadro 3 se indican las dos temperaturas empleadas (6.5 y 20°C), los tratamientos aplicados (aire, 5, 10 y 15% de CO2), el número de frascos, la mezcla de gas aplicado por minuto (Gml/min), el flujo del capilar (Cml/min) y el flujo que se aplicó a cada frasco (Fml/min).

Cuadro 3. Temperaturas empleadas, distribución de frutos en frascos, tratamientos aplicados, capilares y flujos de las mezclas aplicadas.

Temp (°C)	T-Ar	FCO	Conc	Gml/min	CAP	Cml/min	Fml/min
6,5	RI-32	3	5%CO2	1633,14	Cap2	319	159,5
6,5	RI-32	11	10%CO2	1510	Cap2	301	150,5
6,5	RI-32	19	15%CO2	1722	Cap2	331	165,5
6,5	RI-33	4	5%CO2	1633,14	Cap2	319	159,5
6,5	RI-33	12	10%CO2	1510	Cap2	301	150,5
6,5	RI-33	20	15%CO2	1722	Cap2	331	165,5
6,5	RI-48	5	5%CO2	1633,14	Cap3	308	154
6,5	RI-48	13	10%CO2	1510	Cap3	301	150,5
6,5	RI-48	21	15%CO2	1722	Cap3	331	165,5
6,5	RI-49	6	5%CO2	1633,14	Cap3	308	154
6,5	RI-49	14	10%CO2	1510	Cap3	301	150,5
6,5	RI-49	22	15%CO2	1722	Cap3	331	165,5
20	RI-49	26	Aire	1177	Cap1	308	308

Temp=temperatura; Conc= concentración o tratamiento; FCO= frasco; T-Ar=genotipo; Gml/min= flujo de la mezcla de gases; Air=aire; CAP=capilar; Cml/min= flujo por cada capilar; Fml/min= flujo aplicado a cada frasco.

5.6. Variables físicas

5.6.1. Peso de frutos. Fue determinado cada 4 días usando balanza digital Modelo EY-2200 A, considerando el peso inicial y final de cada periodo de evaluación. En cada toma de datos se pesaron los frascos antes y después de haber extraído 2 frutos por cada frasco, además de pesarse los 2 frutos. El peso de los frascos incluía la tapa con los accesorios contenida en ella. Los resultados se reportaron en gramos.

5.6.2. Peso de pulpa. Fue medida cada 4 días usando báscula digital Modelo EY-2200 A, considerando el peso inicial y final de cada periodo de evaluación. En cada toma de datos se pesaron los frutos sin cáscara y sin semilla o hueso. Los resultados se reportan en porcentaje de pulpa respecto al peso total del fruto. La ecuación empleada fue:

$$\text{Porcentaje de pulpa} = (\text{peso de pulpa} / \text{peso total del fruto}) \times 100.$$

5.6.3. *Peso de cáscara.* Fue determinada cada 4 días usando balanza digital Modelo EY-2200 A, se consideró el peso inicial y final de cada periodo de evaluación. En cada toma de datos se pesaron los frutos, se retiró la cáscara y se pesó de forma individual. Los resultados se reportan en porcentaje de cáscara con respecto al peso total del fruto. La ecuación utilizada fue:

$$\text{Porcentaje de cáscara} = (\text{peso de cáscara} / \text{peso total del fruto}) \times 100$$

5.6.4. *Peso de semilla o hueso.* Fue determinado cada 4 días utilizando una báscula digital Modelo EY-2200 A, considerando el peso inicial y final de cada periodo de evaluación. En cada toma de datos durante el periodo de evaluación se pesaron los frutos, se eliminó la cáscara y pulpa, el peso de semilla fue individual. Los resultados se reportan en porcentaje con respecto al peso total del fruto. La ecuación usada fue:

$$\text{Porcentaje de hueso} = (\text{peso de hueso} / \text{peso total del fruto}) \times 100$$

5.6.5. *Contenido de jugo.* Fue determinado cada 4 durante 20 días usando bascula digital Modelo EY-2200 A, vaso de precipitado y probeta, graduados. Los frutos fueron inmersos en vaso con agua y por desplazamiento se obtuvo el volumen total. El jugo de frutos se obtuvo por presión sobre la pulpa y paños para colar. Fue considerado el volumen en mililitros (ml) de jugo obtenido de cada fruto. Los resultados se reportan en porcentaje de jugo respecto al volumen total del fruto y los mililitros de jugo. La ecuación utilizada fue:

$$\text{Porcentaje de jugo} = (\text{volumen de jugo} / \text{volumen total del fruto}) \times 100$$

5.7. Variables fisiológicas

5.7.1. *Ácido ascórbico.* Se determinó con base en el método del 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1990). Para ello se tomaron 5 g de pulpa, que se homogenizaron con 50 mL de ácido oxálico (0.5 %) y se titularon con la solución

de Tillman hasta que el color rosa permaneció visible. Los cálculos de ácido ascórbico se hicieron a partir de una solución estándar.

5.7.2. Acidez titulable. Fue determinada por el método volumétrico de la A.O.A.C, 1990. Se tomaron 2 frutos, 1 por repetición y se les extrajo el jugo. Del total del jugo se tomaron alícuotas de 2 ml por cada fruto y se titularon con la solución de NaOH al 0.01%, se uso fenolftaleína como indicador. Los valores son reportados en porcentaje de ácido cítrico.

5.7.3. Color. Se determinó con el colorímetro de reflectancia Hunter Lab modelo 0/45 D25-PC2, serie 15062. Los valores se expresan en escala tridimensional por valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a, b). Estos se asocian a un índice de color (IC) definido por el ángulo de color y el índice de saturación. Durante la toma de datos, para tener una mejor definición del punto de muestreo los frutos fueron marcados por ambos lados. El ángulo de tono (Hue) fue calculado a partir de la ecuación: $Hue = (\tan^{-1} (b/a))$, y el índice de saturación (Chroma) con la ecuación: $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$.

5.7.4. Firmeza.- Fue medida con el texturómetro universal modelo FDV-30, 30 LB x 0.1 LB, con puntal cónico de 0.8 mm de diámetro. Se eliminó la cáscara de los frutos y únicamente se aplicó la medición a la pulpa, sobre las bandas opuestas de mayor longitud del fruto, tomando dos valores por cada fruto. La unidad de medida obtenida del texturómetro fue kg/fuerza, pero se reportan en Newtons (Nw).

5.7.5. Pérdida fisiológica de peso.- Se determino utilizando la ecuación:

$$\text{Porcentaje PFP} = ((\text{peso inicial} - \text{peso final})/\text{peso inicial}) \times 100.$$

En cada toma de datos se pesaron los frascos con todo el contenido de frutos y también después de haber extraído 2 frutos por cada frasco, además de pesarse

los 2 frutos. El peso de los frascos incluía la tapa con los accesorios contenida en ella. El almacenamiento de los frutos fue a 20 y 6.5 °C durante 21 días.

5.7.6. Sólidos solubles totales.- Se utilizó el refractómetro Atago digital PR-100. Del jugo obtenido de cada fruto, se tomó de 0.1 a 0.3 mL, se depositó directamente en la superficie electrónica del refractómetro. La metodología utilizada fue de acuerdo a la AOAC (1990).El valor obtenido no requiere ningún cálculo de conversión y reporta directamente en °Brix del jugo.

5.7.7. Respiración. Fue medida usando el cromatógrafo de gases HP 5890 Series II con detectores e inyectores TCD y FID. La mezcla de gases fue aplicada usando un sistema con tablero mezclador y flujo a presión constante. El establecimiento de la atmósfera con entradas y salidas de las mezclas de gases permitió tomar las muestras en cada salida provenientes de los frascos. Posteriormente se inyectaron cada muestra en intervalos de 6 minutos. Esta variable fue medida cada 24 horas durante todo el periodo de evaluación (21 días). Para la aplicación de las mezclas de gases, fue necesario realizar una revisión del equipo en general para determinar que efectivamente todas las llaves de paso de cualquier flujo y en cualquier fase del equipo estén cerradas o estén desconectadas para evitar que pudieran generar accidentes. Los pasos metodológicos para poner en funcionamiento el equipo son los siguientes: Se conecta el enchufe del compresor de aire, al contacto de corriente eléctrica. Se abre la llave de paso de aire del compresor, de esta manera se da paso al aire hacia el tablero mezclador de gases. Aquí se regula el aire que se requiera, con las válvulas generales de control de ingreso, para cada gas que se este utilizando. Se debe asegurar burbujeo suave y continuo en sus dos columnas, para evitar burbujas demasiado grandes que causen turbulencia y/o modifiquen la altura de la

columna de agua.

Una vez completado el paso 2 se puede dar inicio con el paso 3, el cual consiste en abrir las válvulas de apertura colocando en posición horizontal la palanca de paso, ubicada en las llaves de ingreso de gases que están sobre cada cámara mezcladora, en cuyo interior, los gases se mezclan para crear una atmósfera Controlada. Todo lo anterior está en el tablero mezclador de gases, en éste se logra una presión constante de la mezcla del aire, la cual se enviará al tablero de presión y flujo constante. Cuando se ha iniciado el burbujeo en las columnas del tablero de flujo a presión constante, significa que el equipo, en ese momento está en su funcionamiento normal recomendado.

5.7.7.1. Compresor de aire. El compresor tiene indicaciones de las presiones y unidades a las cuales se debe manejar. Las presiones que se manejan son las siguientes: de 0 a 160 lib/pul² y de 0 a 11 kg/cm². La primera están señaladas con una banda negra, la segunda esta señalada con una banda azul, ambas en forma de cronometro en el manómetro. La presión usada es la primera y además el compresor tiene presiones definidas para su encendido y apagado en automático, siempre que esté conectado el enchufe al contacto de corriente eléctrica. Cuando el compresor tiene contenido de aire 0, la situación anterior queda anulada debido a que debe mantener un mínimo de aire comprimido para que funcione en automático. Cuando el usuario inicia el manejo del equipo y el compresor de aire tiene 0 lib/pul² al momento de conectarse, automáticamente se llena hasta 105 lib/pul², en ese momento se apaga automáticamente; posteriormente con todas las partes del sistema funcionando el contenido de aire y la presión van disminuyendo, al llegar a 55 lib/pul², el compresor se enciende automáticamente siempre y cuando este conectado a la toma de corriente.

5.7.7.2. Calibración de capilares. Estabilizado el sistema (burbujeo de bajo a medio en el barostato, en el tablero de flujo a presión constante, como indicador de funcionamiento normal) se procede a calibrar los capilares que dan paso al flujo de aire, O₂, N₂, CO₂, y etileno, en los cuales una vez conocido el flujo que pasa por ellos a presión, se determinan el flujo de presión de cualquiera de los elementos anteriores. Se conecta una manguera de flujo en la parte superior del tablero de flujo a presión constante (dependiendo de que sistema se va a utilizar) e inmediatamente se conecta al rotámetro, los que contienen bandas numéricas con esferas de acero y acrílica que se mueven en sentido vertical e indica la presión de paso a la que están sometidos los capilares. Además tienen columnas de valores de 0-150 para los tres, señalados con el número 600, 602 y 603. El valor indicado en la columna vertical del rotámetro es el flujo a presión que pasa por los capilares, dependiendo de que esfera (vidrio, acero) se mueva, será como se utilice la tabla de calibración y sus unidades (con valores de flujos de N₂, CO₂, aire y O₂). La calibración de capilares se realiza con el flujo de aire y dependiendo del tipo de capilar será la presión y la interpretación que se haga. Por ejemplo, con la esfera de vidrio, el rotámetro 600 deja pasar un flujo a baja presión (0.0035 hasta 0.0569 L/min de aire). El rotámetro 602 deja pasar un flujo a presión media (0.00992 hasta 0.3859 L/min de aire), y el rotámetro 603 indica flujo a presión alta (0.044 hasta 2.41 L/min de aire).

5.7.7.3. Acondicionamiento de frascos. El volumen de los frascos de plástico fue de 3.5 l en promedio, se les adaptó manguera látex y plástica en la tapa para generar la entrada y salida de las concentraciones de gases. Los extremos de las mangueras del interior de los frascos se cortaron en diagonal con

abertura de 45° aproximadamente, para evitar obstrucción o sellado por los frutos y la pared del frasco, lo óptimo es que la manguera que introduce la mezcla del CO₂ llegue hasta la base del frasco, mientras que la que ayuda a extraer la mezcla total generada por los frutos y la inyectada puede quedar con 15 a 20 cm de longitud desde la tapa. En la parte superior las dos mangueras pueden quedar del mismo tamaño con 10 a 15 cm de longitud, para poder conectar otras mangueras y facilitar la toma de la muestra de gas.

5.7.7.4. Pesado de frasco. Fue necesario caracterizar el material que se utilizó. A los frascos, se midió el volumen total, peso con y sin tapa, al mismo tiempo se midió el volumen del fruto, el peso del fruto y el tiempo de exposición de los frutos al tratamiento dado. Lo más recomendable es generar una etiqueta que contenga toda la información anterior.

5.7.7.5. Diseño y elaboración de conector "S". El conector "S" (Figura 1) se utilizó para colocar las mangueras que conducían la mezcla de gases a los frutos y también para generar la salida de la mezcla total (la generada por los frutos y la que se aplicó). Se colocó en las "esquinas" de la cámara de refrigeración donde se almacenaron los frutos, con la finalidad de evitar perforaciones de los cristales o paredes. Se utilizó tubo de cobre de 1/4 in de diámetro. Las medidas de los extremos pueden variar, dependerá del grosor de la puerta o tapa de la cámara de refrigeración. El diseño y elaboración fue propio ya que varios talleres de plomería no pudieron hacerlos por tener ángulos muy cerrados.

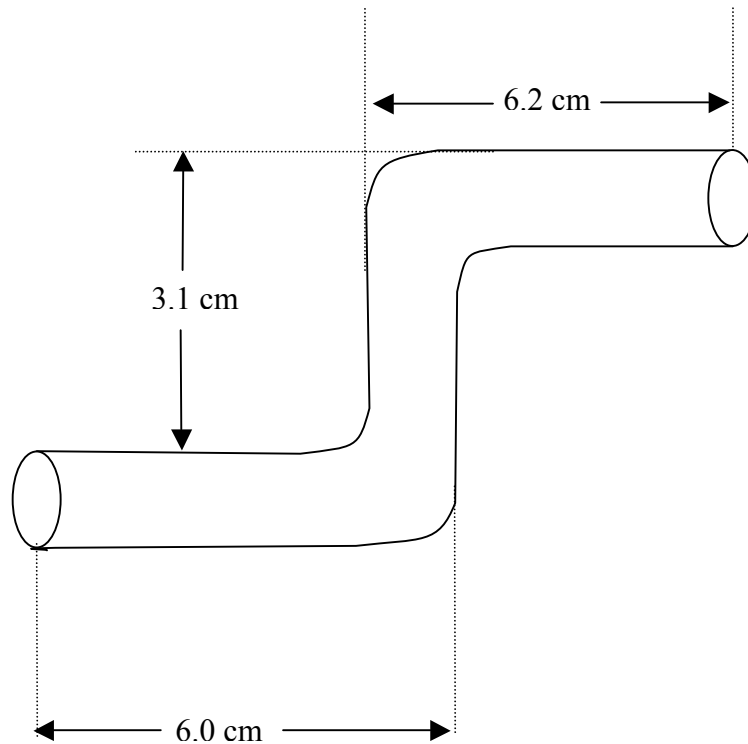


Figura 1. Elaboración propia. Conector "S" para entradas y salidas de mangueras en la cámara de refrigeración

5.7.7.6. Cambio de mangueras en tablero de flujo a presión constante. Durante el cambio de manguera se debe ser cuidadoso al quitar y poner estas. Al quitar y colocar las nuevas mangueras se puede provocar rupturas o quebrado de varillas de cristal. Es conveniente colocar correctamente las mangueras en su lugar para no provocar accidentes, ya que una manguera mal conectada y conectada fuera de su sitio puede provocar fallas en el sistema y pérdidas en los experimentos o generar fallas o rupturas de piezas en el equipo.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Variables físicas

6.1.1. Peso de frutos. El peso de frutos varía significativamente en los diferentes genotipos evaluados (Figura 2). Los frutos de mayor peso fueron RI-32 y RI-48, con 31.62 a 29.6 g, 31.5 a 29.4 g, respectivamente, aunque este último no fue analizado y comparado estadísticamente por haberse almacenado únicamente a 6.5°C. Los frutos de genotipos RI-32, RI-48 presentaron estadísticamente diferencias significativas con respecto al peso de los frutos de RI-33, RI-49, además presentaron peso similar y el mayor peso. Por el contrario el menor peso fue de RI-33 y RI-49, con 25.5 a 23.4 g y de 26.3 a 23.4 g, respectivamente.

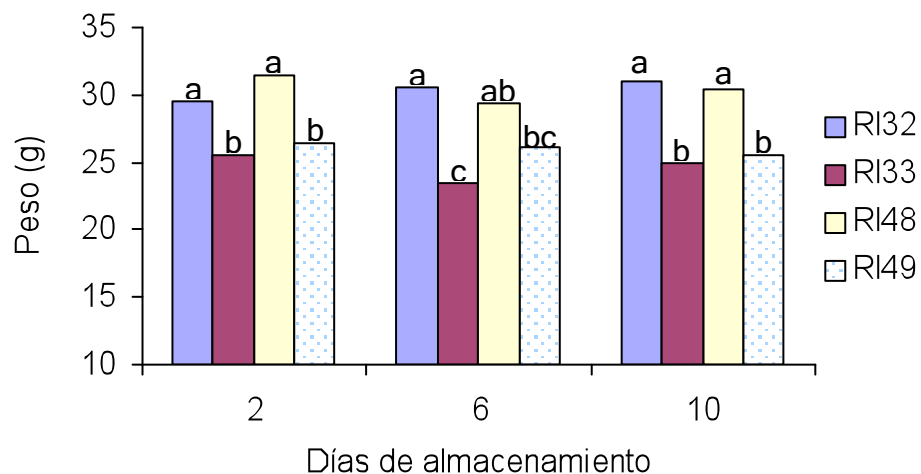


Figura 2. Peso (g) de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El peso de frutos varía según el cultivar de 20 a 80 g (Zee, 1993). Paull y Chen,

(1987) han evaluado frutos desde de 20 a 60 g; en los cultivares R-134, R-162, R-167, Jetlee y Rongrien el peso de los frutos fue de 34, 37.3, 34.1, 32.2, 32.7 g, respectivamente (Vargas, 2003); 21 g para frutos rojos y 18.30 g en frutos amarillos (Ortiz y Cordero, 1984); 24.98 a 30.32 g (Pérez y Jürgen, 2004). Con estas consideraciones RI-32 y RI-48 pesan más de 30 g, requisito mínimo para ser exportado (Kosiyanchinda *et al.*,1987).

El aumento de peso de algunos frutos en los últimos días, se debe a que en el muestreo se fueron retirando frutos al azar con diferentes tamaños para su análisis destructivo, por no tener dimensiones similares, no se cumplió con la homogeneidad deseable, por lo que no mostraron los mismos tamaños y pesos, además se detectó una alta condensación de vapor de agua en el interior de los frascos, agregando algo de peso adicional. En cada ocasión que se realizó el muestreo se extrajeron frutos con diferentes pesos y tamaños.

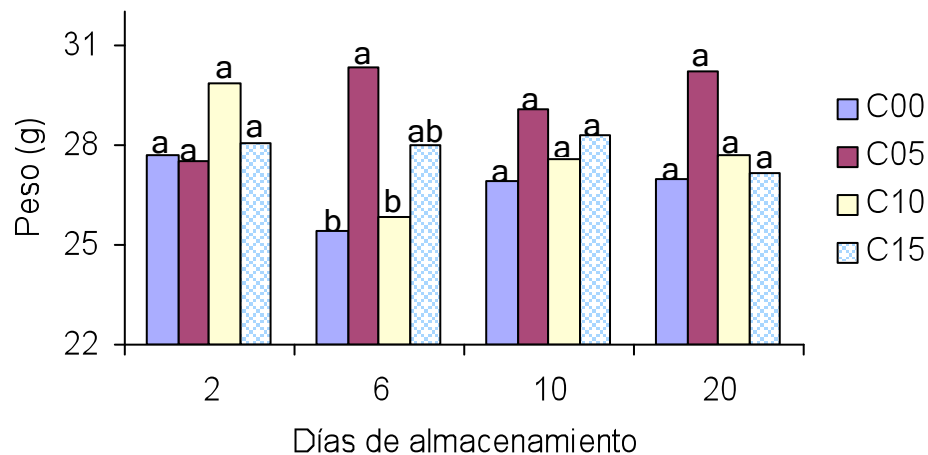


Figura 3. Peso (g) en frutos rambután tratados con aire (C00), 5(CO5), 10(C10) y 15 % (C15) de CO₂ almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El peso en los frutos varía según sus características genotípicas y no se incrementa o disminuye por efecto del tratamiento aplicado, sin embargo, el

tratamiento que conservó el mayor peso fue 5% y 15%, mientras que el menor efecto tuvo en conservar el peso fue aire; por ejemplo en frutos de longan lo ideal es tratarlos con agua y aire frío con 95% de humedad relativa y almacenarlos a 5-10°C (Crane, 2001).

El peso de frutos de rambután varía significativamente a los 6 días de almacenamiento según el tratamiento de CO₂ que se aplique (Figura 3). Los frutos tratados con 5 y 15% de CO₂ fueron diferentes ($P \leq 0.05$) entre ellos y además conservaron el mayor peso con respecto a los tratados con aire y 10% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. El peso de frutos tratados con 5% de CO₂ fue de 27.5 a 30.3 g y de 10% 29.8 a 25.8 g, respectivamente durante 20 días de almacenamiento. Los frutos tratados con aire fueron los que presentaron el menor peso, de 27.7 a 25.4 g durante 20 días, sin embargo el peso se mantuvo y siguió la misma tendencia durante todo el periodo de almacenamiento a 20 y 6.5 °C. Frutos tratados con 15% de CO₂ no presentó diferencias significativas, el peso se conservó hasta los 10 días de almacenamiento y posteriormente disminuyó.

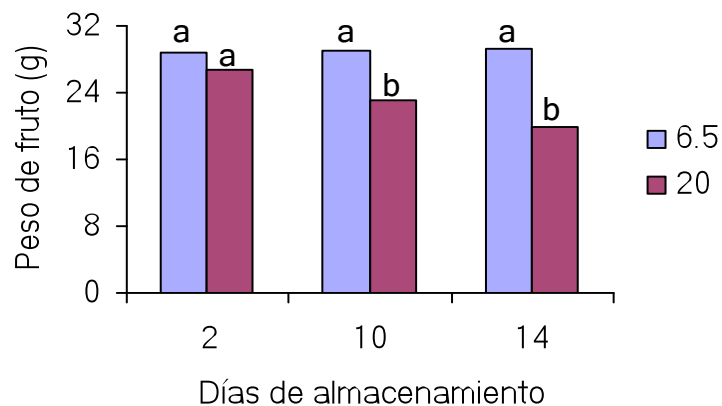


Figura 4. Peso (g) en frutos rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 4 muestra el efecto de las temperaturas (20 y 6.5°C) de almacenamiento sobre los genotipos RI-32, RI-33, RI-48, RI-49 durante 14 días de

almacenamiento. Frutos almacenados a 6.5°C conservaron su peso (de 29.2 a 28.8 g) mientras que frutos tratados a 20°C perdieron peso conforme avanzó el periodo de almacenamiento; a los 2 días presentaron 2.1 g menos es decir (7.9%) con respecto a los almacenados a 6.5°C, 6 y 9.3 g es decir 22.4% y 35.1% menos, a los 10 y 14 días. Es decir, a temperatura ambiente pueden llegar a perder entre 32.7 a 31.52% de peso almacenados a temperatura ambiente durante 12 días (Ramírez, 2000), en frutos de longan esto se disminuye porque los frutos se pueden congelar con cáscara hasta por un año (Crane, 2001).

La temperatura de almacenamiento influyó directamente en la pérdida de peso de los frutos, afectando específicamente la humedad relativa. Los frutos a 6.5°C con 92 a 93% de humedad relativa, conservaron su peso, mientras que a 20°C y 80-85% de humedad relativa, disminuyeron su peso conforme aumento el periodo de almacenamiento. Los frutos a 20°C solamente fueron evaluados 10 días, mientras que los frutos almacenados 6.5°C fueron evaluados hasta el final del periodo de almacenamiento (21 días). La pérdida de peso es reducida por el aumento o incremento en la humedad relativa durante el almacenamiento, aunque los frutos pierden peso progresivamente conforme transcurre el almacenamiento, normalmente esta ocurre durante los primeros 6 días (Landrigan *et al.*, 1996), de ahí que la humedad relativa en el almacenamiento de frutos recomendada es de 95% (Mendoza *et al.*, 1972, Landrigan *et al.*, 1994, O' Hare, 1997, O' Hare, 1992), ello minimiza la pérdida de humedad de los frutos.

6.1.2. Cantidad de pulpa. En la figura 5, se observa que el porcentaje de pulpa varía únicamente entre los diferentes tipos de frutos evaluados, durante los primeros dos días, posteriormente no existen diferencias significativas.

Estadísticamente RI-32 presenta diferencias significativas con respecto a RI-33,

RI-48 y RI-49, al presentar de 54.0 a 48.1% de pulpa, durante los primeros 2 días de almacenamiento. RI-48 fue el tipo de fruto que presentó el menor porcentaje de pulpa con 46.1 a 44.4%. RI-32 y RI-33 son los que presentan la mayor cantidad y homogeneidad en el porcentaje de pulpa con 54.0 a 48.1 y de 50.1 a 47.9%.

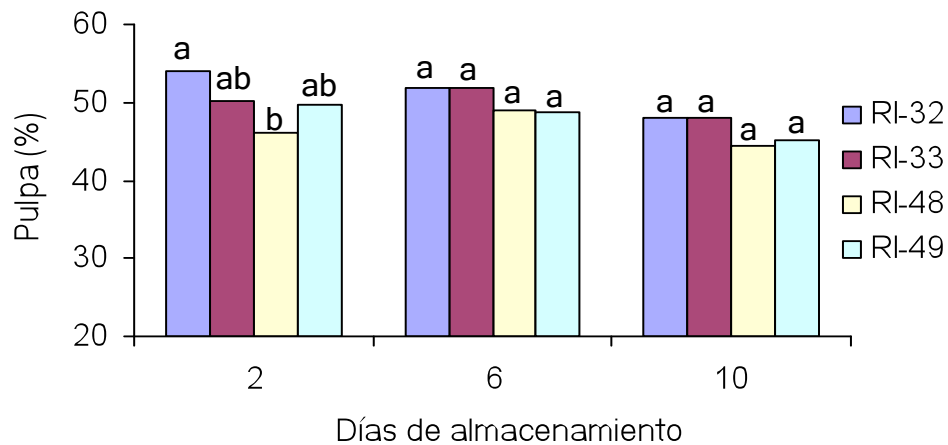


Figura 5. Porcentaje de pulpa en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El porcentaje promedio de pulpa en los genotipos de frutos evaluados varió ligeramente RI-32, 49.2%; RI-33, 49.6%; RI-48, 45.9%; RI-49, 48.3%. Se reafirma lo encontrado por Pérez y Jürgen, (2004) para esta misma zona con 56.2 y 49.4% de pulpa en frutos de rambután. El porcentaje de pulpa que presentan los genotipos evaluados es alta considerando lo encontrado en otras investigaciones. Vargas, (2003) en los cultivares R-134, R-162, R-167, Jetlee y Rongrien encontró 44.3, 40.8, 42.9, 43.6 y 51.9 % de pulpa, respectivamente. En frutos rojos 44.83%, mientras que en estado de madurez amarillos es de 40.69% (Ortiz y Cordero, 1984) o bien pueden presentar desde 28 a 54% de pulpa con respecto al peso total del fruto, dependiendo de la temporada y el cultivar (Zee, 1993).

En la figura 6 se observa que durante los primeros 6 días de almacenamiento, estadísticamente no existen diferencias significativas en el porcentaje de pulpa por

efecto de los tratamientos, 5, 10, 15% de CO₂ y aire.

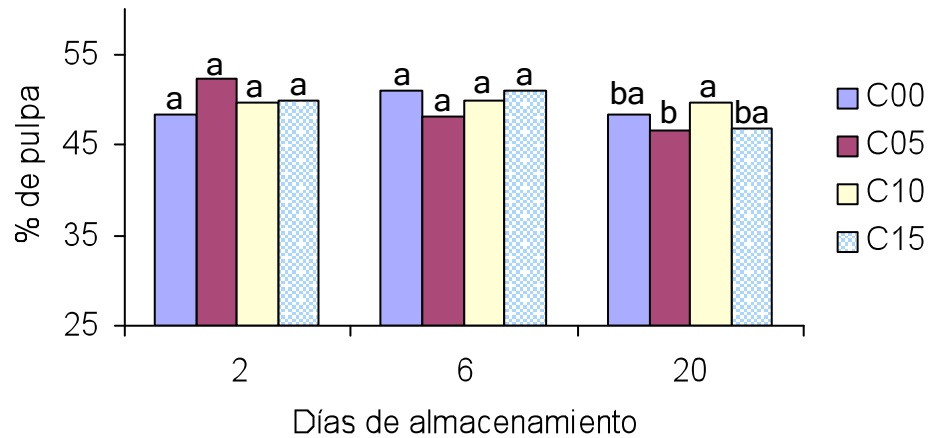


Figura 6. Porcentaje de pulpa en frutos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5 °C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Sin embargo, si existen diferencias significativas a los 20 días almacenamiento en el porcentaje de pulpa, es decir el porcentaje de pulpa se modificó en todos los tipos de frutos por efecto del tratamiento, pero también afectó el periodo de almacenamiento. Los frutos tratados con 10% de CO₂ son los que presentan el mayor porcentaje de pulpa con 49.5, mientras que los frutos tratados con 5% de CO₂ son los que presentan el menor porcentaje con 46.5. Por lo tanto, la influencia mayor en la variación del porcentaje de pulpa es debido al periodo de almacenamiento y temperatura, y no por el tratamiento aplicado de CO₂ o aire, aunque ello no afecta la calidad comestible. Por el contrario las atmósferas controladas y modificadas extienden significativamente la vida de almacenamiento e influyen en la apariencia y calidad comestible del rambután (Sri-laong, *et al.*, 2002, O'Hare, 1997, Kader, 1994, O'Hare, 1992).

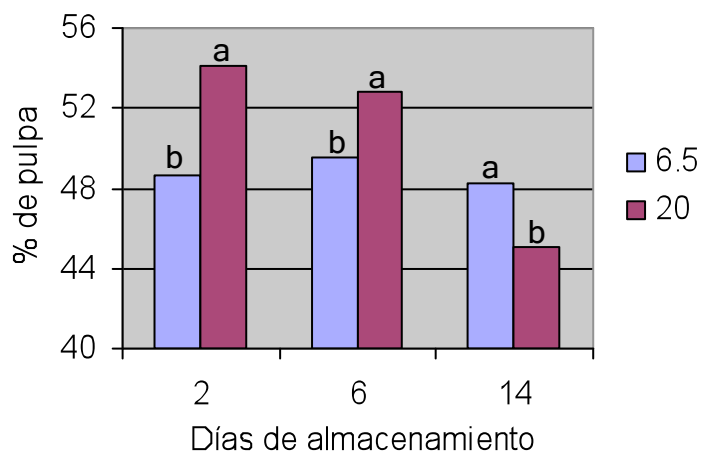


Figura 7. Efecto de la temperatura en el porcentaje de pulpa en 4 genotipos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5 °C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 7 muestra el efecto de la temperatura sobre 4 genotipos RI-32, RI-33, RI-48, RI-49 durante 14 días de almacenamiento tratados con C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂. Frutos almacenados a 6.5°C conservaron su peso mientras que frutos tratados a 20°C perdieron peso conforme avanzó el periodo de almacenamiento.

6.1.3. Cantidad de cáscara. El cálculo del porcentaje de cáscara se realizó tomando el peso de la cáscara, a la vez este está influenciado en mayor o en menor cantidad por la pérdida de humedad o deshidratación del fruto.

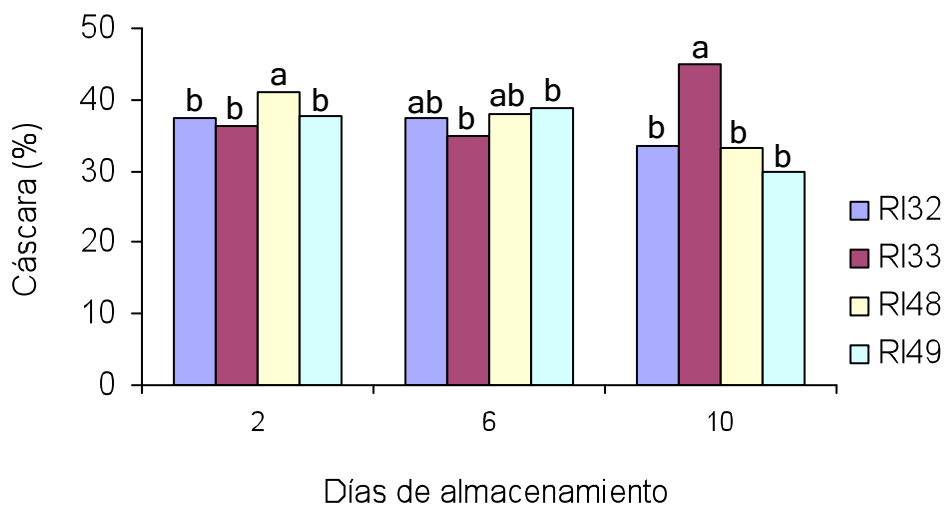


Figura 8. Porcentaje de cáscara en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

De los resultados obtenidos, en la figura 8 se observa que estadísticamente RI-48 presenta diferencias significativas durante los primeros 2 días de almacenamiento, con la mayor cantidad de cáscara de 41.1, y 33.1% a los 10 días de almacenamiento, mientras que el fruto que presentó estadísticamente el menor % de cáscara fue RI-33 con 36.4 y 35.0% a los dos y seis días de almacenamiento, respectivamente. A los 10 días de almacenamiento RI-33 presentó diferencia significativa y el mayor contenido de cáscara con 45.0% sobre RI-32, RI-48 y RI-49 con 33.5, 33.1 y 30%, respectivamente. Esta diferencia pudo haber sido influida por las características propias del fruto que se evaluó en ese momento, lo anterior también se explica por la tendencia general que presentó en su porcentaje total este tipo de fruto, al mantener valores de entre 36.1 y 34.1%. Además se detectó una alta condensación de vapor de agua en el interior de los frascos, agregando algo de peso adicional a la cáscara. En cada ocasión que se realizó el muestreo se extrajeron frutos con diferentes pesos y tamaños.

El porcentaje promedio de cáscara en los genotipos evaluados fue baja considerando el porcentaje de cáscara encontrado en otras investigaciones. RI-32, presentó 36.0%; RI-33, 38.8%; RI-48, 37.4% y RI-49, 35.4% de cáscara. Aunque la cáscara es el componente de mayor peso en cultivares como R-134, R-162, R-167, Jetlee y Rongrien con 48.1, 53.3, 49.3, 48.2, y 40.9%, respectivamente (Vargas, 2003); y además en frutos con estado de madurez rojos y amarillos el contenido de cáscara es de 44.3 y 44.8%, respectivamente (Ortiz y Cordero, 1984); en los frutos evaluados este factor es inverso, presentan mayor porcentaje de pulpa y menos cáscara (Figura 8).

El porcentaje de cáscara no presenta diferencias significativas a los 2 días (figura 9). Sin embargo, a los 10 días de almacenamiento los tratamientos 5 (C05) y 10

(C10) % de de CO₂ fueron diferentes ($P \leq 0.05$) con respecto a los tratamientos aire (C00) y 15% (C15), al presentar los mayores porcentajes de cáscara con 38.7 y 37.5%

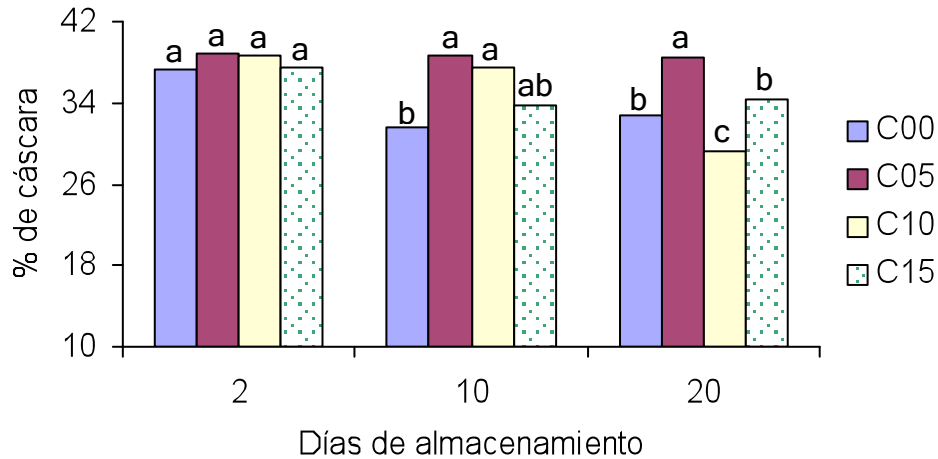


Figura 9. Porcentaje de cáscara en frutos de rambután tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

En la misma figura 9, se observa que al décimo día de almacenamiento el tratamiento de 5% de CO₂ conserva el porcentaje de cáscara, mientras que el tratamiento que menos efecto tiene en conservar el porcentaje de cáscara es 10% de CO₂. Posterior a este periodo los frutos tratados con 10% de CO₂ disminuyeron su porcentaje de cáscara; lo anterior se explica por la senescencia del fruto y rompimiento de la pared celular, el contenido de agua de esta se libera y se genera una condición rehidratante en la cáscara.

A los 20 días de almacenamiento el tratamiento que mejor efecto tuvo en conservar el porcentaje de cáscara y el que presentó diferencias significativas fue 5% de CO₂, con 38.37%, mientras que el tratamiento que menor efecto tuvo en conservar el porcentaje de cáscara fue 10% de CO₂, con 29.17%. Al final del periodo de almacenamiento 5% de CO₂ mantuvo estable el porcentaje de cáscara

en los diferentes tipos de frutos, con respecto a su composición total. Aunque el porcentaje de cáscara no es determinante en el consumo del fruto, es un elemento importante en la determinación de buena o mala apariencia del fruto, factor determinante en la comercialización del mismo, por lo tanto los tratamientos influyeron mas en la conservación de la apariencia del fruto (entre 10 a 15 días), y hasta 20 días en la calidad comestible pero con una total perdida de la apariencia. En atmósferas modificadas los frutos pueden conservar buena apariencia y calidad comestible por 12 a 16 días de almacenados (Sri-laong *et al.*, 2002). No se encontraron trabajos que presenten el efecto de diferentes concentraciones de CO₂ en el porcentaje de cáscara de rambután.

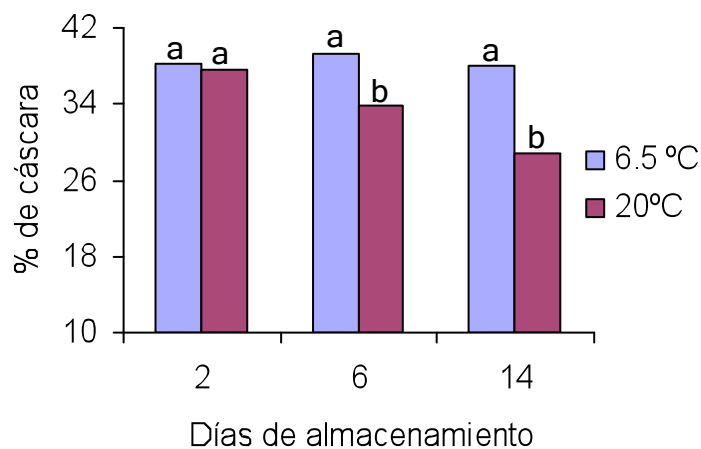


Figura 10. Efecto de dos temperaturas (20 y 6.5°C) de almacenamiento en el porcentaje de cáscara en 4 tipos de frutos tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15) % de CO₂. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

En la figura 10 se observa la diferencia significativa que existe por efecto de las temperaturas empleadas en el porcentaje de cáscara en frutos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10) y 15 (C15) % de CO₂ durante 14 días de almacenamiento. Conforme transcurre el periodo de almacenamiento se incrementa la diferencia en el porcentaje de cáscara entre frutos almacenados a 6.5 y 20°C, variando de 0.78, 5.5 y 9.2% a los 2, 6 y 14 días de almacenamiento, respectivamente.

6.1.4. Cantidad de semilla o Hueso. En la figura 11 se observa que estadísticamente RI-33 presenta diferencias significativas con respecto a los genotipos de frutos RI-32, RI-48 y RI-49, en el porcentaje de semilla o hueso durante 10 días de almacenamiento; es decir RI-33 es el tipo de fruto que presenta la mayor cantidad (%) de semilla o hueso con 8.95, 10.59 y 9.39%, mientras que el tipo de fruto que presenta menor cantidad de semilla (%) es RI-48 con 7.09, 9.43 y 8.01%. En promedio el porcentaje de semilla o hueso fue en RI-32, 8.76%; RI-33, 9.64%; RI-48, 8.1% y RI-49, 8.8%. Estos porcentajes son mayores en comparación a lo encontrado en los cultivares R-134, R-162, R-167, Jetlee y Rongrien con 7.7, 5.9, 7.8, 8.2, y 7.2 %, respectivamente (Vargas, 2003); pero similares a lo encontrado por Ortiz y Cordero, (1984) con 10.83 y 14.51% en frutos con estados de madurez rojos y amarillos, respectivamente.

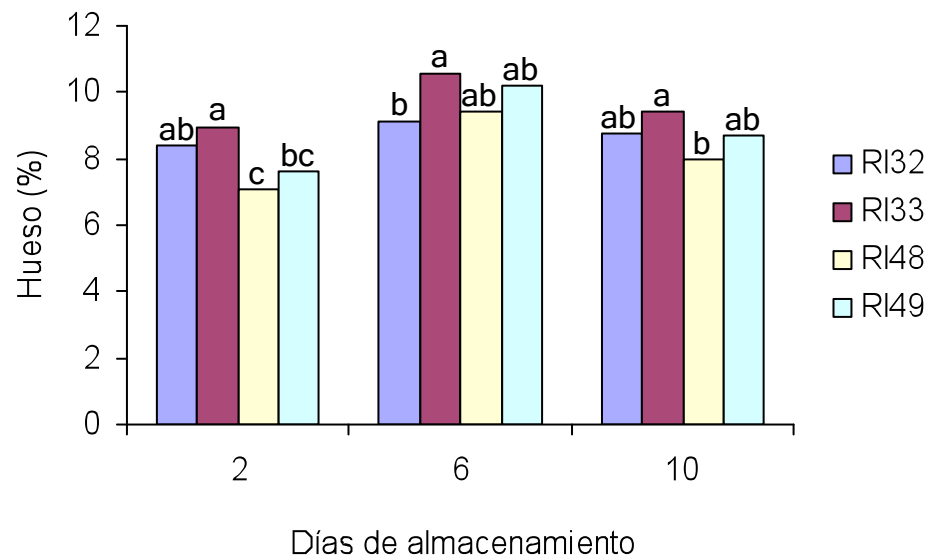


Figura 11. Porcentaje de semilla o hueso en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

También se observa que los frutos que presentan un tamaño más homogéneo en la semilla o hueso es RI-32, mientras que el tipo de fruto que presenta la mayor variabilidad en tamaño y cantidad (%) de semilla o hueso es RI-48 y RI-49.

En la figura 12 se observa que durante los primeros 2 días de almacenamiento los frutos tratados con 5% de CO₂ presentan diferencias significativas al ser los de mayor cantidad con 8.74% de semilla, sin embargo posterior a este periodo y hasta el final del almacenamiento, el tratamiento 5% fue el que menor efecto tuvo en conservar el porcentaje de semilla con 8.37 y 7.65%. A los 10 días de almacenamiento estadísticamente no existen diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que a los 20 días el tratamiento aire (C00) y 10% de CO₂ (C10) presentan diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos y fueron los que mayor efecto tuvieron en conservar el porcentaje de semilla conforme transcurrió el periodo de almacenamiento, con 8.47 y 8.35% de hueso.

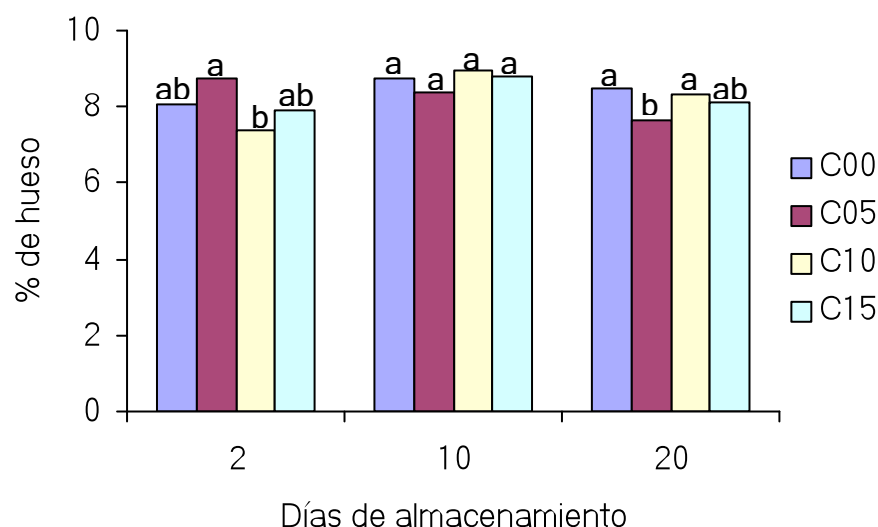


Figura 12. Porcentaje de semilla o hueso en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15)% CO₂, almacenados a 20 y 6.5 °C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El tratamiento que menos influyó en conservar la cantidad de semilla o hueso en el fruto fue (C05) 5% de CO₂. Los incrementos en el porcentaje se observan pueden deberse a la pérdida de peso por respiración, pérdida de agua (deshidratación), deterioro de la pulpa o cáscara y por el método de muestreo usado.

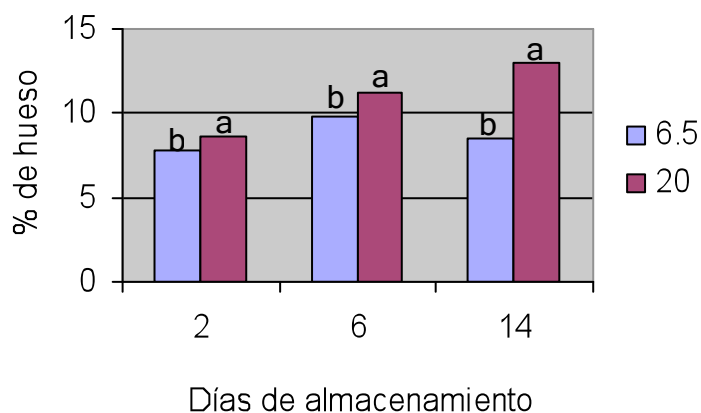


Figura 13. Efecto de dos temperaturas (20 y 6.5°C) de almacenamiento en el porcentaje de semilla o hueso en 4 tipos de frutos tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 13 muestra el efecto de dos temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C) en 4 fenotipos de frutos. Se observa que conforme transcurre el tiempo de almacenamiento el efecto de la temperatura estadísticamente se incrementa. La diferencia significativa en conservar el porcentaje de hueso a los dos días es 0.75%, mientras que a los 6 y 14 días este fue de 1.4 a 4.53%, respectivamente.

6.1.5. Contenido de jugo. La figura 14 se observa que estadísticamente durante los primeros dos días de almacenamiento RI-49 presenta diferencias significativas con respecto a los otros tipos de frutos evaluados, con 24.1% de jugo. A los 6 días de almacenamiento RI-33 y RI-49 presentan el mayor contenido de jugo y estadísticamente presentan diferencias significativas con 23.92 y 21.8%, respectivamente. Mientras que los tipos de frutos que presentan el menor porcentaje de jugo son RI-32, con 21.5 y 21.17 a los dos y 6 días de almacenamiento. RI-48, presenta el menor porcentaje de jugo a los 6 días de almacenamiento, con 19.52%

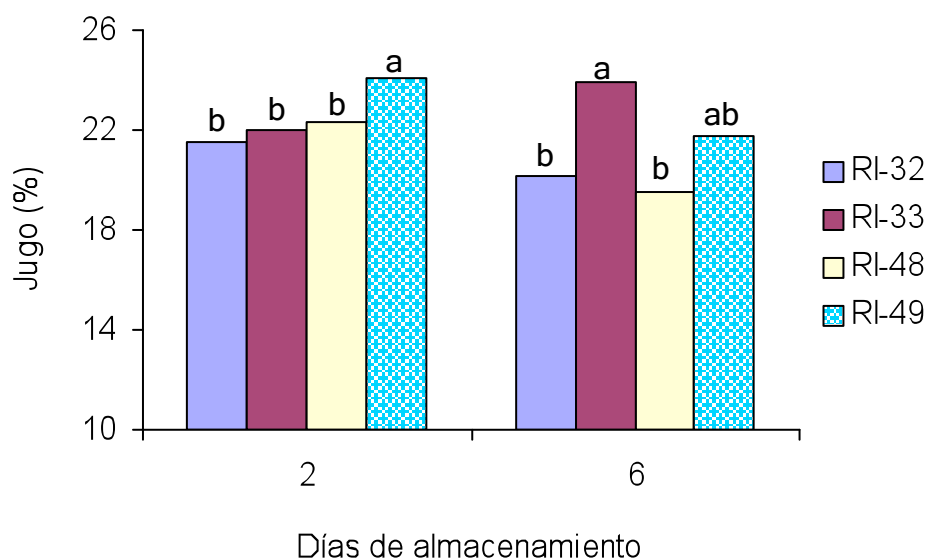


Figura 14. Porcentaje de jugo en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49) tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El contenido de jugo tendió a mantenerse estable, sin embargo, la mayoría de los tipos de frutos disminuyeron su porcentaje de jugo a los 6 días de almacenamiento. No se encontraron trabajos que presenten el porcentaje de jugo en diferentes cultivares de rambután, ello se justifica al ser un fruto no de consumo en jugo, si no como fruta fresca. Sin embargo puede ser un referente para saber e investigar sobre el porcentaje de fibra de la pulpa.

En la figura 15 se muestra que existen diferencias significativas en el porcentaje de jugo de frutos de rambután según el tratamiento aplicado a lo largo del periodo de almacenamiento. Durante los primeros dos días de almacenamiento, estadísticamente los frutos tratados con aire (C00) presentan el mayor porcentaje de jugo y diferencias significativas sobre los frutos tratados con 5, 10 y 15% de CO₂.

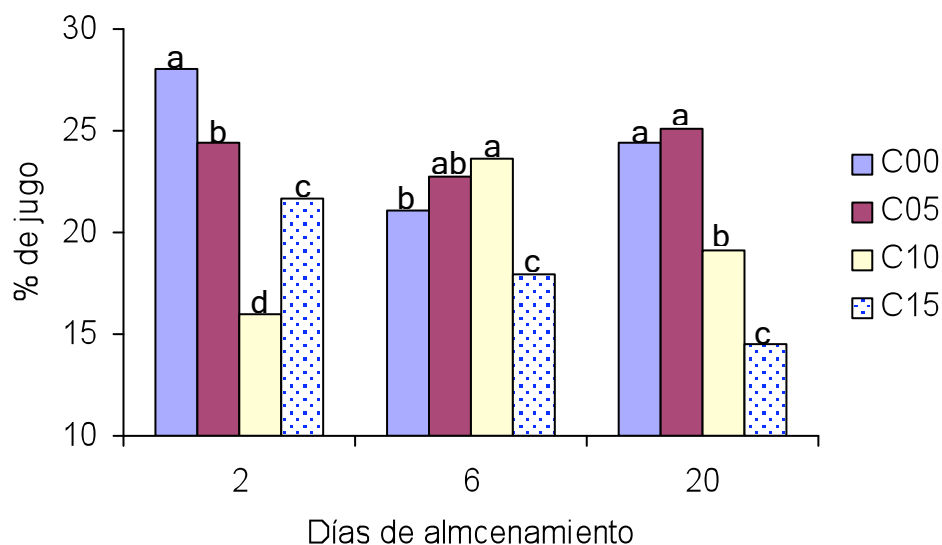


Figura 15. Porcentaje de jugo en 4 genotipos de rambután tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Los frutos tratados con aire (C00) presentaron 28 % de jugo y los que mayor contenido de jugo presentaron a los dos días de almacenamiento, mientras que los frutos tratados con 10% de CO₂ fueron los que presentaron el menor porcentaje de jugo con 15.95%. A los 6 días de almacenamiento los frutos tratados con 10% de CO₂ presentaron diferencia significativas sobre los frutos tratados con aire (C00), 5, y 15% de CO₂, con 23.64% mientras que los frutos que presentaron el menor porcentaje de jugo fueron los tratados con 15% de CO₂. A los 20 días de almacenamiento los frutos tratados con aire (C00) y 5% de CO₂ no presentaron diferencias significativas entre ambos con 24.44 y 25.14, respectivamente, pero si presentaron diferencias significativas sobre los frutos tratados con 10 y 15% de CO₂, estos últimos con 9.14 y 14.51% de jugo.

Estadísticamente el mejor tratamiento fue aire (C00) y 5% de CO₂ durante el periodo de almacenamiento, estos mantuvieron el mayor porcentaje de jugo en los frutos; mientras que el tratamiento 15% CO₂ fue el que menor efecto tuvo en

conservar el porcentaje de jugo en los frutos y fue el que tendió progresivamente a disminuir el porcentaje de jugo durante 20 días de almacenamiento a 20 y 6.5°C. No se encontraron trabajos que presenten el efecto de diferentes concentraciones de CO₂ en el contenido de jugo para rambután, ello se justifica al ser un fruto no de consumo en jugo, si no como fruta fresca. Sin embargo puede ser un referente para saber e investigar sobre el porcentaje de fibra de la pulpa.

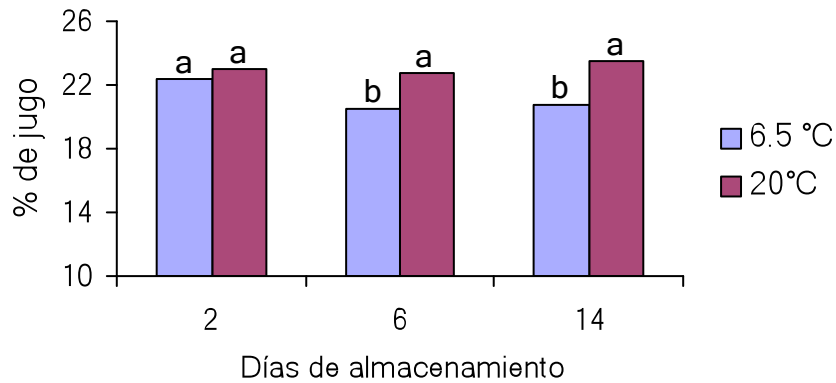


Figura 16. Efecto de dos temperaturas de almacenamiento en el porcentaje de jugo 4 fenotipos de rambután tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 16 indica que el porcentaje de jugo en frutos a 6.5°C va de 22.37, 20.47 y 20.77 a los 2, 6 y 14 días de almacenamiento tratados aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂. Mientras que en frutos a 20°C el contenido de jugo va de 22.9, 22.7 y 23.5 % a los 2, 6 y 16 días. El porcentaje de jugo es mayor en los frutos a 20°C y menor en frutos a 6.5°C, variando 0.58, 2.32 y 2.78% a los 2, 6 y 14 días; existen diferencias ($P \leq 0.05$) a los 6 y 14 días. Se observa que a 20°C el contenido de jugo (%) se conserva mientras que en frutos a 6.5°C disminuye conforme transcurre el periodo de almacenamiento. No se encontraron trabajos que presenten el efecto de la temperatura en el contenido de jugo para rambután, ello se debe a que el fruto es de consumo en fresco, y no en jugo. Sin embargo puede ser un referente para investigar sobre el porcentaje de fibra de la pulpa.

6.2. Variables Fisiológicas

6.2.1. Ácido Ascórbico. La vitamina C es definida como el termino genérico para todos los compuestos que exhiben actividad biológica del L-ácido ascórbico, el cual es biológicamente la principal forma activa para el ácido L-dehidroascórbico en la oxidación de un producto el cual también exhibe actividad biológica (Wills et al., 1984)

La figura 17 indica que el contenido de ácido ascórbico (AA) durante los primeros 2 días de almacenamiento es similar en todos los tipos de frutos y no presentan diferencias significativas entre sí. En este periodo, fue mayor con valores desde 115.38 hasta 101.92 mg/100 mL de jugo en RI-49 y RI-32, respectivamente. A los 10 días de almacenamiento si existen diferencias significativas de RI-48 sobre los otros tipos de frutos con la mayor cantidad de ácido ascórbico con 78.20 mg/100 mL de jugo, mientras que RI-32 presenta la menor cantidad con 59.61 mg/100 mL de jugo.

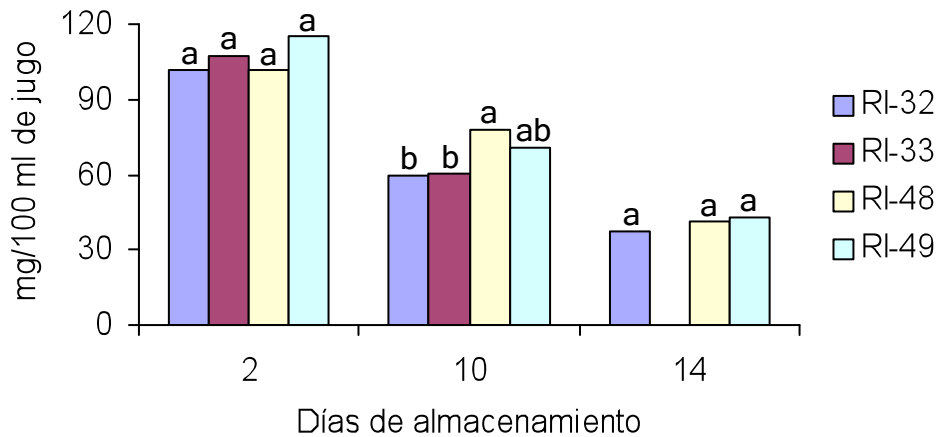


Figura 17. Contenido de ácido ascórbico en 4 genotipos de de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados 20 y 6.5 °C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

A los 14 días de almacenamiento no hubo diferencias significativas y el tipo de fruto que presentó la mayor cantidad de ácido ascórbico fue RI-49 con 43.27 y RI-

32 la menor cantidad con 37.66 mg/100 mL de jugo. En general la mayor cantidad de vitamina C, la presentan los frutos del genotipo RI-49 y RI-48, con valores desde 115.38 hasta 43.27 y de 101.92 hasta 41.67 mg/100 ml de jugo, respectivamente. La menor cantidad la presentan los frutos del genotipo RI-32. Es decir la cantidad de vitamina C en los frutos evaluados varía según los genotipos y va disminuyendo conforme transcurre el periodo de almacenamiento. Lo anterior difiere de lo encontrado por Wall, (2000) al mencionar que el contenido de ácido ascórbico es de y 36.4 mg/100g para rambután y 27.6 mg/100 g para litchis. Esta pérdida u oxidación de la vitamina C ocurre en la presencia de catálisis y enzima oxidasa, resultando calor durante el proceso. Por lo tanto, la pérdida de vitamina C continúa durante el manejo postcosecha, procesamiento, refrigeración y almacenamiento de frutas y vegetales (Lee y Kader, 2000).

A la disminución progresiva del contenido de ácido ascórbico hay que agregar que RI-33 únicamente pudo ser evaluado hasta los 10 días por no presentar características físicas deseables posterior a este periodo. Además es importante señalar que todos los frutos almacenados a 6.5°C fueron evaluados hasta los 21 días, mientras que los frutos almacenados s a 20°C fueron evaluados solamente hasta los 14 días.

La selección de los genotipos con altos contenidos de vitamina C de un producto dado es un factor mucho más importante que las condiciones climáticas y las practicas culturales en producir altas cantidades de vitamina C en la cosecha (Lee y Kader, 2000). Intensidad de la luz y temperatura son los factores precosecha mas importantes que determinar el contenido final de vitamina C de los productos.

En la figura 18 se puede observar que no todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre el contenido de ácido ascórbico en frutos de rambután durante el periodo de almacenamiento.

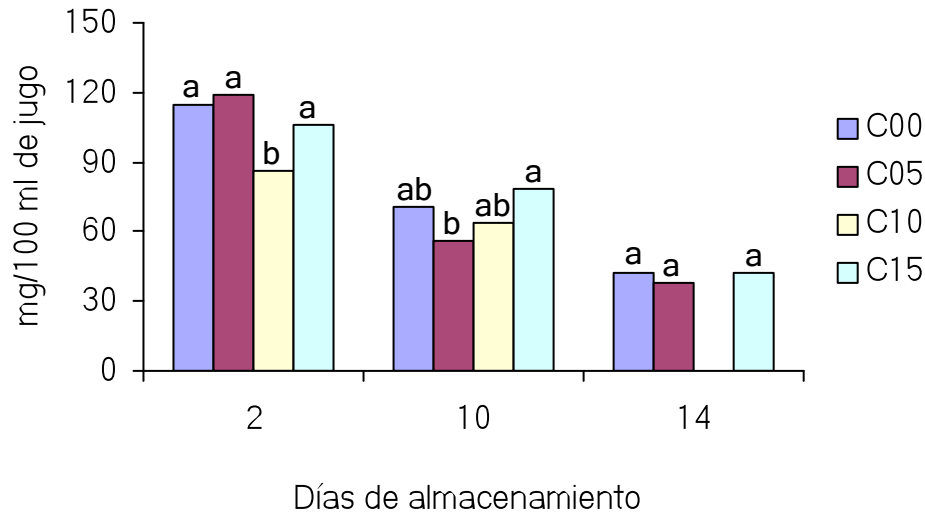


Figura 18. Contenido de ácido ascórbico en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10(C10 y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 18 indica que durante los primeros dos días de almacenamiento el tratamiento de aire, 5 y 15% de CO₂ no presentan diferencias significativas en el contenido de ácido ascórbico, pero si presentan diferencias significativas con respecto al tratamiento de 10% de CO₂. El contenido de ácido ascórbico es de 114.74, 119.23 y 105.76 mg/100 ml de jugo en frutos tratados con aire, 5 y 15% de CO₂ durante los primeros 2 días, respectivamente; mientras que en frutos tratados con 10% de CO₂ el contenido fue de 86.53 mg/100 ml de jugo. Estadísticamente los frutos tratados con 15% de CO₂ presentaron el mayor contenido de ácido ascórbico, mientras que los frutos con 5% de CO₂ presentaron el menor contenido, almacenados a 20 y 6.5°C durante 14 días. El tratamiento 10% resultó ser el menos efectivo en conservar los frutos y en mantener al contenido de ácido ascórbico ya que los frutos solo conservaron sus características físicas

deseables para ser evaluados, durante 10 días. El contenido de ácido ascórbico varía según el cultivar y disminuye conforme transcurre el periodo de almacenamiento independientemente del tratamiento que se aplique. El contenido de vitamina C disminuye porque el ácido L-ascórbico es fácilmente oxidado, especialmente en solución acuosa y fuertemente favorecido por la presencia de oxígeno, iones metal pesados, especialmente cobre, plata y fierro, pH alcalino y altas temperaturas (Lee y Kader, 2000); además de ser favorecida por altas concentraciones de CO₂ (Agar et al., 1997). La oxidación del ácido L-dehidroascórbico puede ser reducida por agentes reductores y también por una oxidación irreversible para formar ácido diquetogulónico, con lo cual no hay actividad de la vitamina C (Parviainen and Nyssonen, 1992).

En la figura 19 se observa el efecto de las temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C) en la cantidad de ácido ascórbico en 4 tipos de frutos tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15) % de CO₂.

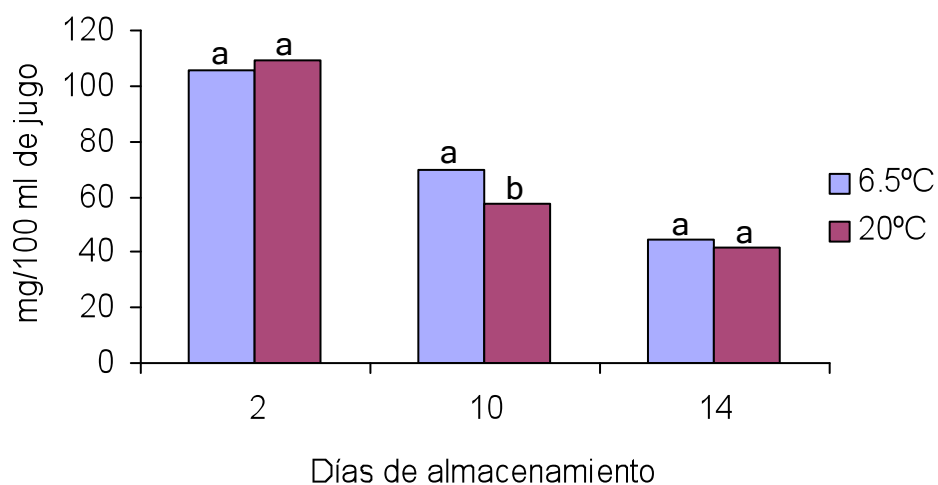


Figura 19. Contenido de ácido ascórbico almacenados a 20 y 6.5°C en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10(C10 y 15 (C15)% de CO₂. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Durante los primeros dos días almacenamiento estadísticamente no existen diferencias significativas y la cantidad de ácido ascórbico es ligeramente mayor en

frutos almacenados a 20°C. A los 10 días existen diferencias ($P \leq 0.05$) en frutos almacenados a 6.5 con respecto a los almacenados a 20°C, con valores de 69.51 y 57.69 mg/100 ml de jugo, respectivamente. A los 14 días no existen diferencias significativas y la cantidad de ácido ascórbico es 44.67 y 41.66 mg/100 ml de jugo para en frutos almacenados a 6.5 y 20°C, respectivamente. Se puede observar que conforme transcurre el periodo de almacenamiento, el contenido de ácido ascórbico disminuye, pero es mayor en los frutos almacenados a 20°C que en los de 6.5°C. En general, los frutos y vegetales contienen mas vitamina C cosechados recientemente que cuando son almacenados (Lee y Kader, 2000).

En vegetales frondosos o suculentos almacenados a 6°C pierden 10% del contenido de ácido L-ascórbico durante 6 días, mientras que los almacenados a temperatura ambiente perdieron 20% en solo dos días (Zeplin y Elvehjein, 1994). Los cítricos pierden vitamina C almacenados a altas temperaturas. El rango de temperatura que disminuye o limita la pérdida de vitamina C depende del tipo de fruto del cítrico que se trate; pero la pérdida del contenido de L-ácido ascórbico es mayor a altas temperaturas en vegetales que en frutos ácidos, tales como cítricos, ello debido a que L-ácido ascórbico es mas estable en condiciones acidas (Nagy, 1980). Generalmente los frutos y vegetales siguen un gradual decremento en el contenido del ácido L-ascórbico como la temperatura de almacenamiento o duración se incrementa (Adisa, 1986). Por otro lado, la vitamina C es mas sensible a su destrucción cuando el producto es sometido a manejo adverso (Lee y Kader, 2000) su pérdida se denota más conforme se aumenta el periodo de almacenamiento, altas temperaturas, baja humedad relativa, daños físicos y daños por frío (Parviainen and Nyssonen, 1992).

6.2.2. Acidez Titulable. La figura 20, indica que durante los primeros dos días de almacenamiento estadísticamente no existen diferencias significativas en el porcentaje de ácido cítrico (porcentaje de acidez titulable) en los 4 diferentes tipos de fruto almacenados a 6.5 y 20°C. Posterior a este periodo y hasta los 14 días en que fueron evaluados los frutos, si existió diferencias significativas en el porcentaje de acidez titulable en los diferentes frutos. A los 6 días de almacenamiento RI-48 y RI-49 presentaron el mayor porcentaje de acidez titulable ambos con 0.071%, mientras que RI-32 y RI-33 presentaron los menores contenidos, con 0.068 y 0.058%, respectivamente.

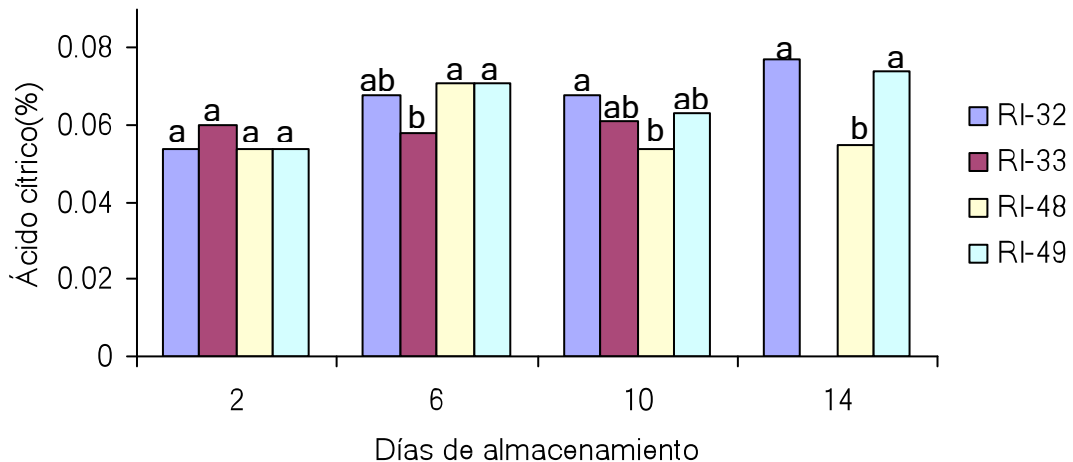


Figura 20. Porcentaje de acidez titulable (% de ácido cítrico) en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI-48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Al décimo día de almacenamiento RI-32 presentó estadísticamente diferencias significativas en el contenido de acidez titulable con respecto a RI-33, RI-48 y RI-49 los cuales presentaron contenidos menores de acidez titulable; a los 14 días de almacenamiento el contenido de acidez titulable en RI-32 fue estadísticamente diferente con respecto a RI-48 y RI-49 con 0.077%.

Es decir el porcentaje de acidez titulable se incremento en prácticamente todos los cultivares conforme transcurrió el periodo de almacenamiento. Acidez titulable expresada en ácido cítrico va de 0.07 a 0.55% (Tindall, 1994). Esto es normal y dependiendo del cultivar en una fruta de optima calidad va de 0.7 a 5.5 meq.g⁻¹ (O'Hare, 1992), de 0.7 a 5.5% (Kosiyachinda et al, 1987) o 20.8 meq.g⁻¹ (Paull y Chen, 1987).

La figura 21 muestra las diferencias significativas en el porcentaje de acidez titulable por efecto del tratamiento aplicado.

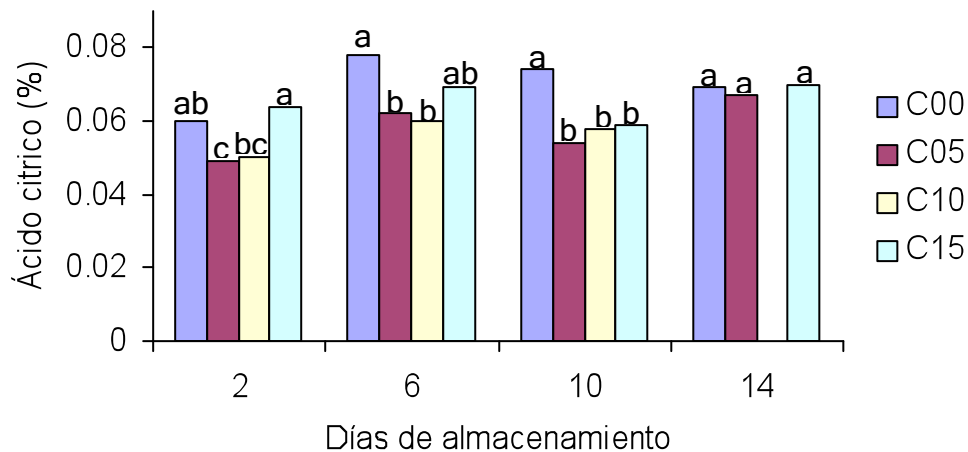


Figura 21. Porcentaje de ácido cítrico en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05) 10(C10 y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Todos los tratamientos aplicados (aire, 5, 10 y 15% CO₂) incrementaron el contenido de acidez titulable hasta los 6 días de almacenamiento. Posterior a este periodo disminuyo. Lo anterior difiere del 0.2-0.3% encontrado por Boonyaritthongchai y Kanlayanarat, (2003), que además menciona que no hay variación amplia en el contenido de ésta por efecto de los tratamientos 1, 5, 10 y 20% de CO₂, pero en general las atmósferas controladas reducen la perdida de la acidez en frutos (Kader, 1986). Durante los primeros 6 días de almacenamiento los tratamientos aire (C00) y 15% de CO₂ fueron los que conservaron el mayor

porcentaje de acidez con 0.060 y 0.078% y de 0.064 a 0.069%, respectivamente y fueron los que presentaron diferencias significativas sobre los frutos tratados con 5 y 10% de CO₂, este ultimo con el menor porcentaje con 0.05 y 0.065 a los 2 y 6 días de almacenamiento, respectivamente. A los 10 días de almacenamiento los frutos tratados con aire fueron los que presentaron la mayor cantidad y diferencias significativas sobre los frutos tratados con 5, 10 y 15% de CO₂, mientras que los frutos con 5% de CO₂ presentaron el menor porcentaje de acidez titulable con 0.054. A los 14 días no hubo diferencias significativas por efecto del tratamiento aplicado y los frutos tratados con 10% de CO₂ ya no fueron evaluados al no presentar características físicas y fisiológicas deseables para ello.

Los tratamientos que mayor efecto tuvieron en conservar el contenido de acidez titulable en los frutos fueron aire y 15% de CO₂. Sin embargo, el tratamiento que presenta diferencias significativas es aire con 0.060% a los 2 días, un máximo de 0.078% a los 6 días y 0.069 a los 14 días de almacenamiento. Mientras que el tratamiento que menor efecto tuvo en conservar la acidez titulable fue 10% CO₂, al presentar los valores desde 0.050 hasta 0.060%.

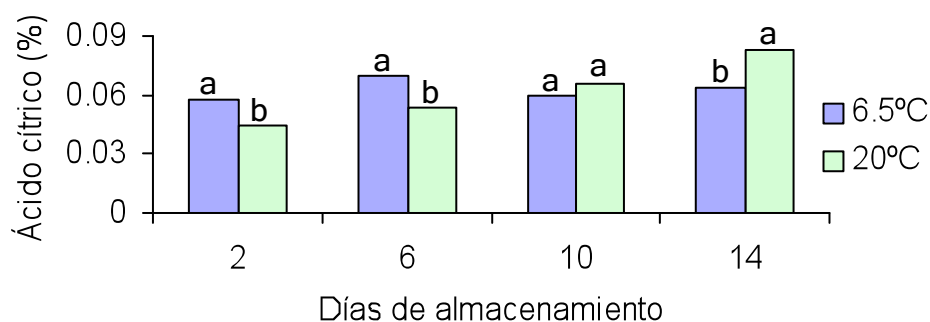


Figura 22. Porcentaje de ácido cítrico en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 22 muestra el efecto de las temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C) sobre el porcentaje de acidez titulable. A los 2 y 6 días de

almacenamiento estadísticamente existen diferencias significativas, con valores de 0.058 a 0.078% de ácido cítrico para frutos almacenados a 6.5°C y de 0.044 a 0.054% para frutos almacenados a 20°C. El porcentaje fue mayor en frutos almacenados a 6.5°C y menor en los frutos almacenados a 20°C, variando de 0.014 a 0.016%. A los 10 días no hubo diferencias estadísticas, pero si al final del periodo de almacenamiento con 0.064 y 0.083% para frutos a 6.5 y 20°C, respectivamente, resultando una diferencia de 0.019% en el contenido de acidez titulable. Es decir, el porcentaje de acidez titulable se incrementa hasta los 6 días en frutos a 6.5 °C y posteriormente disminuye conforme transcurre el periodo de almacenamiento; mientras que en frutos almacenados a 20 °C, el porcentaje de acidez titulable se incrementa conforme transcurre el periodo de almacenamiento. Esto difiere de Paull y Chen, (1987), la acidez titulable aumenta en frutos almacenados a 12°C desde 16.4 a 20.6 meq/g a los 11 y 20 días, respectivamente; decrece inicialmente seguido de un subsecuente incremento con respecto al valor inicial, al parecer esto está asociado al rápido decremento en el contenido de ácido succínico y un gradual incremento en el ácido cítrico. Esto último es similar para los frutos almacenados a 20°C, ya que siempre hay un subsecuente incremento con respecto al valor inicial. Además en el almacenamiento, la etapa de senescencia incluye el incremento en el contenido de acidez titulable (Mendoza et al., 1982).

6.2.3. Color

6.2.3.1. Ángulo de color. Todos los genotipos de frutos evaluados presentan variación en el tono de color (Figura 23).

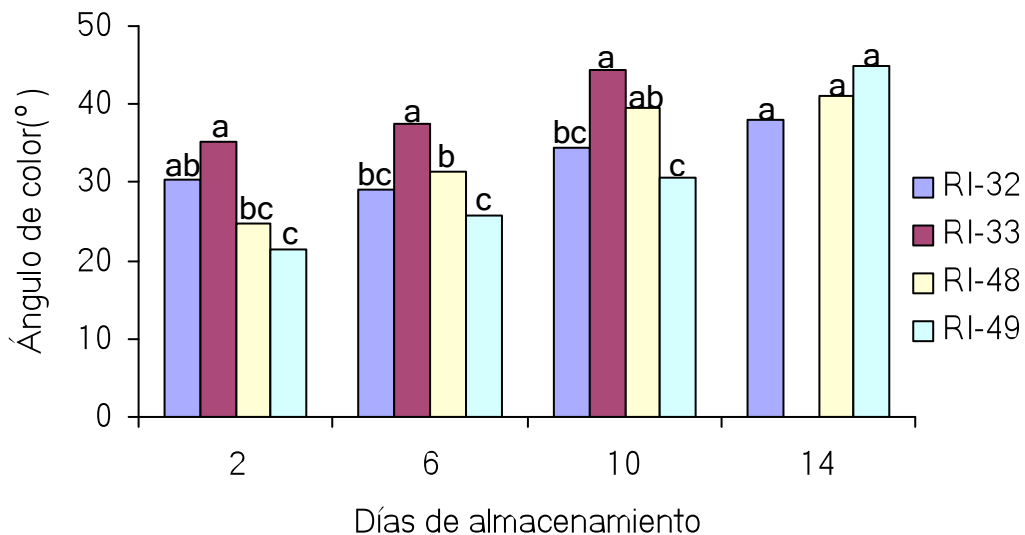


Figura 23. Ángulo de color en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49) almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

RI-33 presenta el mayor ángulo de color con valores de 35.33 y 44.35 y es diferente ($P \leq 0.05$) a los 10 días de almacenamiento, mientras que el genotipo de fruto con menor ángulo de color es RI-49, con 21.3 durante los primeros 2 días de almacenamiento. Ello indica que RI-33 presenta color más claro, mientras que RI-49 presenta el color más rojo; esto se debe al grado de producción de antocianinas, por efecto de mayor o menor calidad e intensidad de luz. Existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la pérdida del tono de color entre RI-33 y RI-49; observándose que en RI-33 se degrada y se pierde más rápido que en RI-49, los valores finales fueron desde 44.35° en RI-33 hasta 30.57° en RI-49 a los 10 días de almacenamiento. Durante los primeros 6 días se mantiene el tono de color en los diferentes tipos de frutos, posteriormente se fue degradando conforme transcurrió el periodo de almacenamiento a 20 y 6.5°C. Existen diferencias ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento aire (C00) y 5, 10, 15% de CO₂, hasta los 6 días y se diferencia ampliamente al final del periodo de almacenamiento (Figura 24).

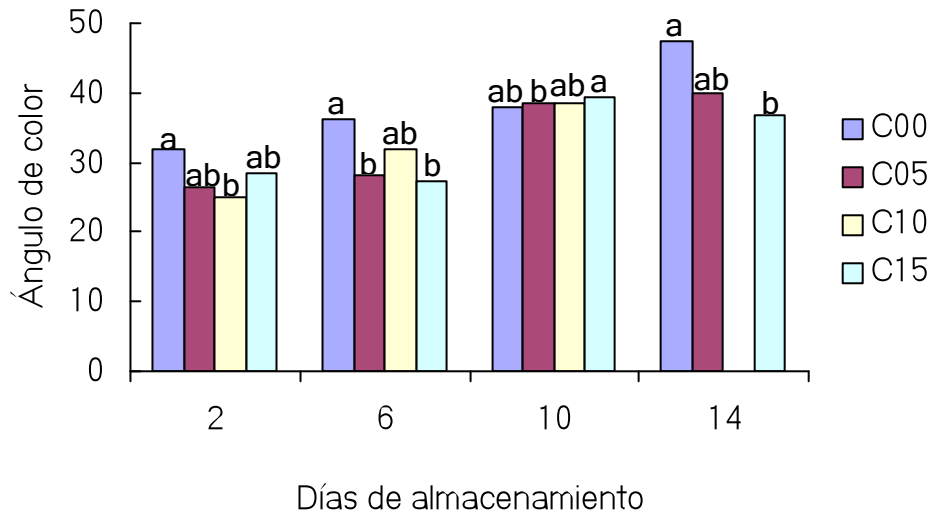


Figura 24. Ángulo de color en fruto de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

El tratamiento aire tuvo mayor efecto en la pérdida del tono o pureza del color en los frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C, mientras que los tratamientos 5 y 10% de CO₂ fueron los que tuvieron mayor efecto en la conservación del tono o pureza del color (Figura 24); de hecho a 13°C, 1, 5, 10 y 20% de CO₂ retardan la pérdida del color de las espinas y la cáscara (Boonyarittthongchai y Kanlayanarat, 2003). Los primeros 6 días el tono o pureza del color se mantuvo en todos los tipos de frutos evaluados, el tono fue de entre 28.14 y 36.19°, posteriormente su degradación aumento conforme transcurrió el periodo de almacenamiento, al final del almacenamiento los valores fueron desde 36.71 en frutos tratados con 15% de CO₂ hasta 47.31° en frutos tratados con aire. Esta disminución del color y oscurecimiento pardo que se genera, disminuye la calidad externa o visual y está directamente asociado con la pérdida de agua y daños físicos, una atmósfera de 3-5% O₂ y 7-12% CO₂ retrasa la pérdida de color rojo y otros síntomas de senescencia (Kader, 2006). En síntesis los frutos tratados con aire perdieron mas rápidamente el color rojo, mientras que los frutos tratados con 5 y 10 de CO₂

fueron los frutos que mantuvieron y conservaron su color rojo, y además se degradó menos el color rojo. Una consideración importante es que el CO₂ no reduce la decoloración o pérdida del color a 20°C (Boonyaritthongchai y Kanlayanarat, 2003).

La figura 25 indica el aumento progresivo en el ángulo de color por efecto de las temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C). Durante los primeros dos días el ángulo de color es mayor en frutos almacenados a 6.5 con 29.05° y 23.63° almacenados a 20°C.

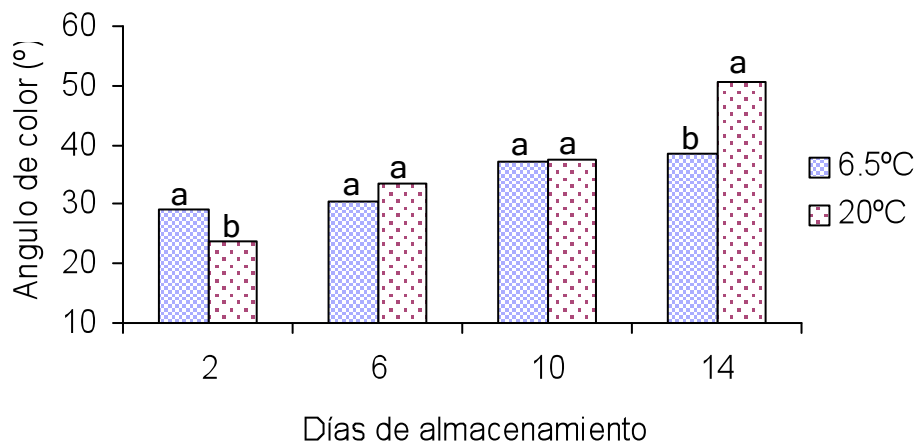


Figura 25. Efecto dos temperaturas de almacenamiento (20 y 6.5°C) en el ángulo de color de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49). Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Estadísticamente existen diferencias significativas, variando 5.4°. A los 6 y 10 días de almacenamiento no existen diferencias significativas y el ángulo de color va aumentando en frutos almacenados a 20°C, mientras que en frutos almacenados a 6.5°C va disminuyendo. A los 14 días existen diferencias significativas y el ángulo de color varía 12.1° en frutos almacenados a 20°C sobre los frutos refrigerados a 6.5 ° C.

Lo anterior indica que fisiológicamente los frutos almacenados a 6.5°C conservan su color, mientras que los frutos a 20°C pierden el color conforme transcurre el

periodo de almacenamiento, por lo tanto al final del periodo de almacenamiento los frutos a temperatura ambiente presentaran menos color. De hecho la pérdida del color en frutos de rambután se da mas a 20°C (Boonyaritthongchai y Kanlayanarat, 2003). El deterioro en el color de la cáscara es el factor limitante primario en la vida de almacenamiento a bajas temperaturas, mientras que la calidad comestible es reducida almacenando los frutos a altas temperaturas (O'Hare, et al, 1994). El color rojo se torna café y el fruto pierde firmeza. Los cambios anteriores son menos pronunciados en frutos amarillos y verdes, los cuales, luego de 4 días, solo presentan pérdida de humedad superficial, lo que genera arrugamiento de la cáscara; fenómeno causado por el efecto de la baja humedad relativa (Ortiz y Cordero, 1984). La pérdida del aspecto o apariencia después de cosechado es por la decoloración y encafecimiento del pericarpio, causado en gran parte por la deshidratación de las espinas (Landrigan *et al.*, 1994, O'Hare, 1992). En las espinas hay de 15 a 20 haces vasculares con floema y xilema basal; gran cantidad de estomas en las espinas y frecuentemente están abiertos, por lo que, el encafecimiento superficial del pericarpio del rambután está relacionado con la pérdida de agua, además, la estructura misma del fruto facilita este proceso. Finalmente, en el tejido café, hay contracción y reducción severa de la pared celular (Landrigan *et al.*, 1994), esta pérdida del color contribuye a la declinación del fruto (O'Hare, 1992).

6.2.3.2. Índice de saturación. Todos los tipos de frutos evaluados mantuvieron la luminosidad durante los primeros 2 días de almacenamiento, es decir sus colores fueron mas brillantes, posteriormente a este periodo los valores de "L" fueron disminuyendo conforme transcurrió el periodo de almacenamiento, significa que sus colores se fueron tornando mas grises y oscuros (Figura 26).

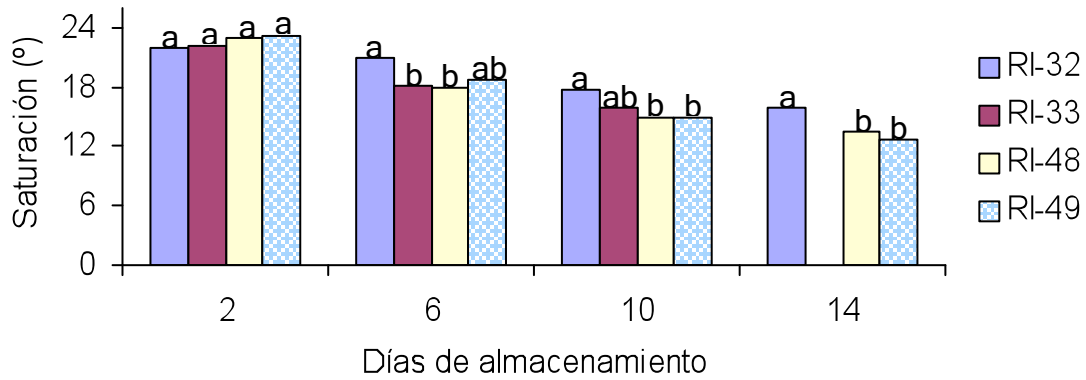


Figura 26. Índice de saturación en 4 genotipos de frutos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra dentro de cada día no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia.

En la figura 26 se observa que durante los primeros 2 días de almacenamiento a 20 y 6.5°C, no existen diferencias significativas entre los tipos de frutos evaluados. Sin embargo, a partir del 6 día RI-32 presenta diferencias significativas con respecto a los tipos de frutos RI-33, RI-48 y RI-49. Es decir RI-32 perdió más su color mientras que los otros tipos de frutos conservaron sus colores. Posterior a este periodo el color rojo se degrada y siguió la misma tendencia a colores grises y oscuros. También se observa que los tipos de frutos que presentan color más rojo son RI-32 y RI-33, mientras que los tipos de frutos que presentan los colores más claros o menos rojos son RI-48 y RI-49. La mayor limitación en el almacenamiento del rambután es la pérdida del color en la cáscara (O' Hare, 1997). Bajo condiciones que promuevan la disminución de la humedad ocurre la pérdida del color superficial de las espigas. (Landrigan *et al.*, 1994).

Bajo condiciones que minimizan la disminución de la humedad la degradación del color ocurre lentamente y se retarda la pérdida del color en la cáscara y se evita la reducción del contenido de antocianinas (Lam y Kosiyachinda, 1987; Lam *et al.*, 1987; Paull y Chen, 1987). Es importante señalar que los frutos fueron

almacenados a 20 y 6.5°C estuvieron expuestos permanentemente a la luz, día y noche.

En la figura 27 los resultados muestran que dentro de los tratamientos aplicados estadísticamente existen diferencias significativas en la conservación del tono o saturación del color.

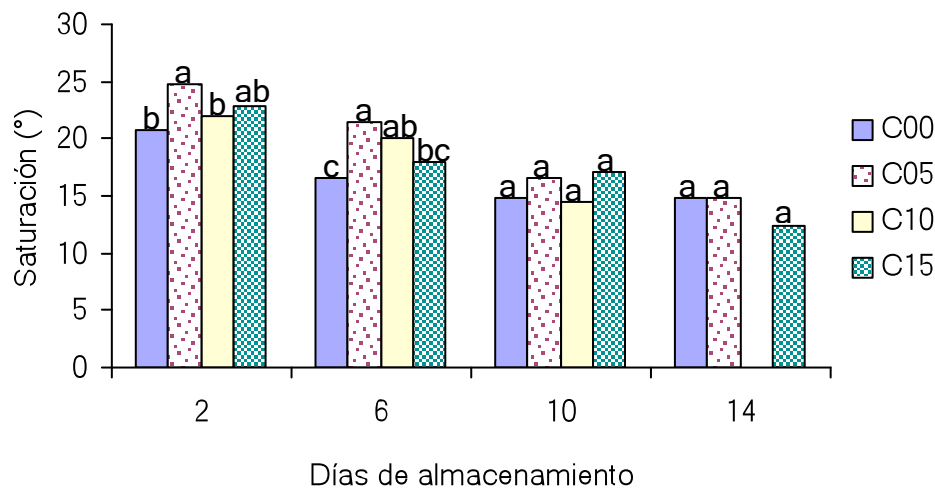


Figura 27. Índice de saturación en frutos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15) % de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Durante el periodo de almacenamiento (14 días) a 6.5 y 20°C, el mejor tratamiento en conservar la saturación del color de los frutos fue 5% CO₂. Sin embargo, fue durante los primeros 6 días de almacenamiento que estadísticamente presento (5% de CO₂) diferencias significativas sobre los frutos tratados con aire (C00), 10 (C10) y 15% (C15) de CO₂. Posterior a este periodo y hasta el final del periodo de almacenamiento la respuesta de los tratamientos fue a disminuir la saturación y no presentaron diferencias significativas. Durante los primeros 6 días de almacenamiento el mejor tratamiento fue 5% CO₂, mientras que el tratamiento que menos efecto tuvo en conservar la saturación de los frutos fue aire (C00). La saturación máxima fue de 24.8 y 21.3° para frutos tratados con 5% de CO₂ a los 2

y 6 días de almacenamiento, respectivamente; mientras que la menor saturación la presentaron los frutos tratados con aire con 20.6 y 16.5° a los 2 y 6 días de almacenados. Es decir los mejores tratamientos (5 y 10% de CO₂) conservaron el tono o saturación del color durante los primeros 6 días de almacenamiento; Kader (2006) señala que una atmósfera de 3-5% O₂ y 7-12% CO₂ retrasa la pérdida de color rojo y otros síntomas de senescencia.

Posterior a este periodo la tendencia a degradarse y perder el color rojo fue la misma y tendió a disminuir conforme transcurrió el periodo de almacenamiento. El tratamiento aire (C00) fue el que menor efecto tuvo y conservo menos el tono o saturación del color en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C.

La figura 28 muestra el efecto de las temperaturas de almacenamiento en la saturación del color en los frutos de rambután.

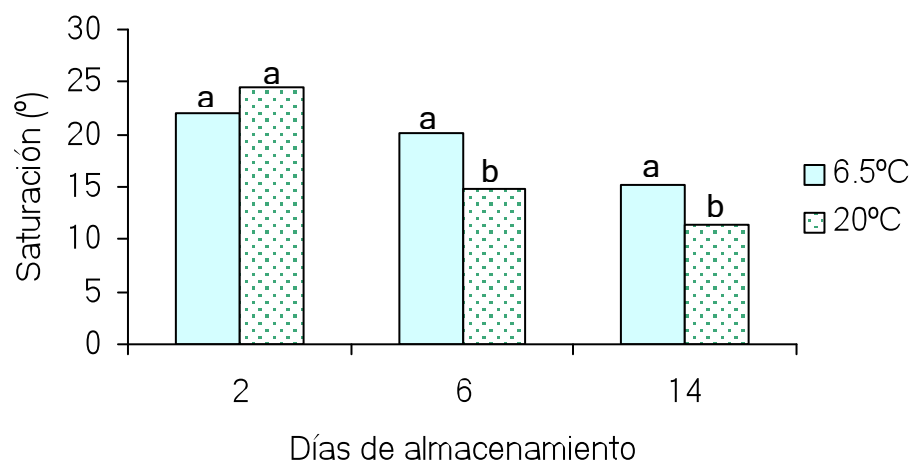


Figura 28. Índice de saturación en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Durante los primeros dos días de almacenamiento, los frutos tratados a 20°C mantuvieron una mayor saturación en su color con 24.4°, mientras que los frutos almacenados a 6.5°C presentaron 23.1°, sin embargo estadísticamente no presento diferencias significativas. Posterior a este periodo y hasta el final del

almacenamiento los frutos almacenados a 6.5°C fueron los que conservaron la mejor saturación en el color con 20 y 15.2° a los 6 y 14 días de almacenamiento, respectivamente; y estadísticamente presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) sobre los frutos almacenados a 20°C, los cuales presentaron 14.7 y 11.4 ° a los 6 y 14 días de almacenamiento, respectivamente. La degradación del color es progresiva conforme se incrementa el periodo de almacenamiento, pero es mayor en frutos almacenados a 20°C que en frutos almacenados a 6.5°C, habiendo una variación de 5.3 y 3.8°. La degradación del color es influenciada por la senescencia a altas temperaturas y daños por frío a bajas temperaturas (O'Hare, 1994). El manejo de la temperatura es la herramienta mas importante para extender la vida en anaquel y mantener la calidad d frutas fresca y vegetales (Lee y Kader, 2000).

6.2.4. Firmeza.. La figura 29 indica que la firmeza varia según en genotipo de fruto y estadísticamente existen diferencias significativas a lo largo del periodo de almacenamiento. Durante los primeros dos días RI-32, RI-33 y RI-48 no presentaron diferencia significativa entre si con valores de 2.4, 2.7 y 2.5 Nw, respectivamente, pero si presentaron diferencias con respecto a RI-49 con 1.9 Nw de firmeza. A los 6 días de almacenamiento RI-48 presento diferencias significativas con respecto a RI-33 y RI-49, con 2.5 contra 2.0 y 1.6 Nw de firmeza para estos últimos, respectivamente. A los 10 días RI-32 presento 2.1, RI-48 2.3 y estadísticamente fueron diferentes con respecto a RI-49 con 1.6 Nw de firmeza.

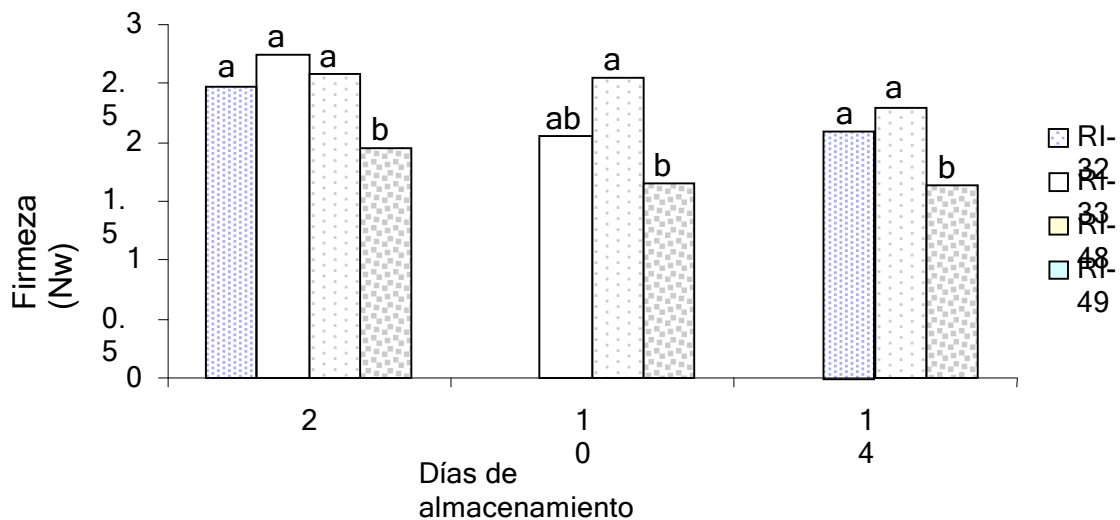


Figura 29. Firmeza en 4 genotipos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

De lo anterior se puede observar durante todo el periodo de almacenamiento, la mejor firmeza la presentan los frutos RI-48 y RI-32, además de conservarla a lo largo del periodo de almacenamiento, mientras que RI-33 va disminuyendo su firmeza conforme transcurre el periodo de almacenamiento, pero además es el tipo de fruto que se deteriora más rápidamente, al poder ser evaluado solamente 10 días. La menor firmeza la presentan RI-49.

La figura 30 indica que los tratamientos aplicados no afecta la firmeza de los frutos y estadísticamente no presentan diferencias significativas, sin embargo la mayor firmeza la presentan los frutos que fueron tratados con aire, 10 y 15% de CO₂, mientras que los frutos que tendieron a disminuir su firmeza con forme avanzo el periodo de almacenamiento fueron los tratados con 5% de CO₂.

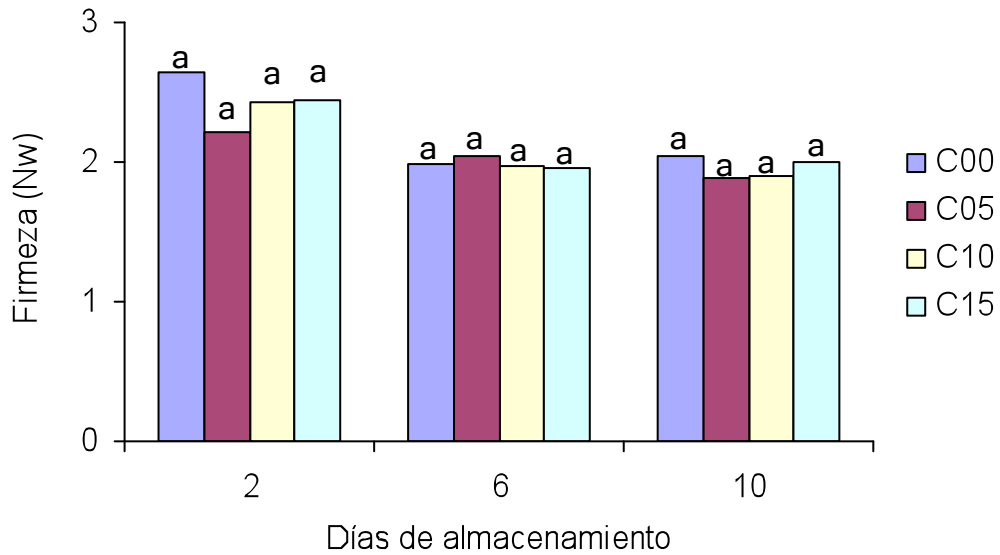


Figura 30. Firmeza en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15) % de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

En la figura anterior se observa que la firmeza de los frutos de rambután no varía según el tratamiento que se aplique, su variación está en función de la temperatura a la que se almacenen. No se encontraron reportes que mencionen la variación de la firmeza por efecto del tratamiento de CO₂.

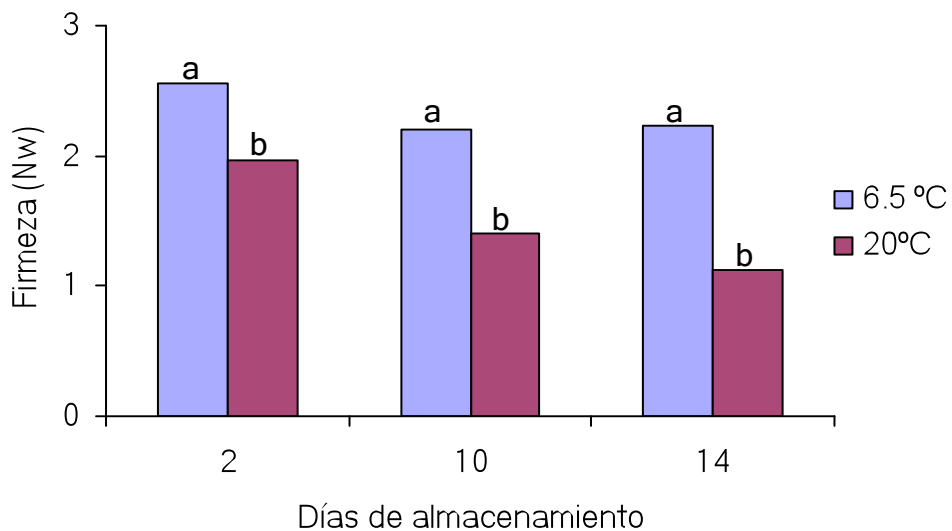


Figura 31. Firmeza en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día

La figura 31 indica que la firmeza de los frutos de rambután varía en función de la temperatura de almacenamiento. Frutos almacenados a 6.5°C presentan mayor firmeza y estadísticamente presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con 2.56, contra 1.56 Nw de los frutos almacenados 20°C, durante los primeros dos días de almacenamiento. A los 10 días de almacenamiento también hubo diferencias significativas de los frutos almacenados a 6.5 °C sobre los de 20°C, con 2.2 y 1.4 Nw de firmeza, respectivamente. A los 14 días de almacenamiento la diferencia fue mayor con 2.2 Nw para los frutos almacenados a 6.5°C y 1.1 Nw para los frutos a 20°C. Es decir la firmeza es mayor y se conserva en frutos almacenados a 6.5°C con respecto a los frutos almacenados a 20°C; la diferencia fue de 0.6, 0.7 y 1.1 Nw a los 2, 10 y 14 días de almacenamiento. Además de la pérdida de la firmeza la pulpa presentó humedad interna conocido también como 'soaked', en los frutos almacenados a 20°C. Esto mismo fue encontrado por Paull y Chen (1987) e indican que existe un colapso en la pulpa del rambután después de 11 y 20 días almacenados a 22 y 12°C, respectivamente. Mientras que los frutos refrigerados a 6.5°C presentan un estiramiento y fibrosidad mayor conforme transcurrió el periodo de almacenamiento; de hecho aunque la apariencia de los frutos se deteriora después de los 15 días de almacenamiento la pulpa se conserva en buen estado (consumible), sin presentar fermentación hasta los 21 días. Lo anterior es similar a lo reportado por O' Hare et al., (1994), al mencionar que la integridad de la pulpa no parece estar adversamente afectada por las temperaturas frías, con la fruta manteniendo buen sabor y firmeza, cuando estas se almacenaron a 0°C.

6.2.5. Pérdida Fisiológica de Peso

Es similar en los genotipos evaluados y se incrementa conforme transcurre el periodo de almacenamiento, a excepción de RI-48 y RI-49 que muestran diferencia ($P \leq 0.05$), sin embargo, la pérdida es de 1.0 a 1.5% después de 10 días de almacenamiento, baja, comparada con la pérdida de peso de los últimos 4 días, la cual fue de hasta 5.5, es decir una variación de 4% con respecto a los primeros 10 días (Figura 32).

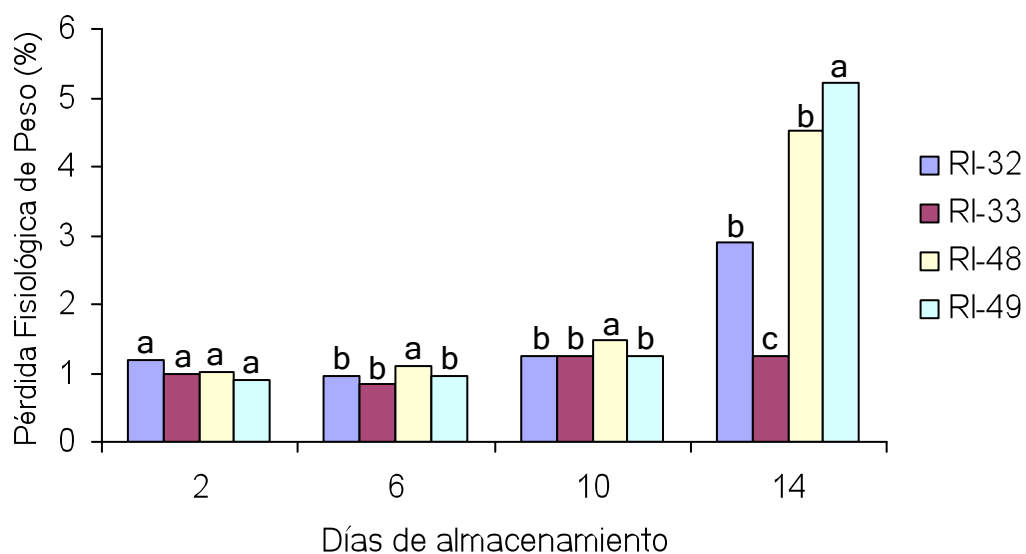


Figura 32. Pérdida fisiológica de peso (%) en 4 genotipos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día. Estadísticamente no existen diferencias significativas en la pérdida fisiológica de peso por efecto del tratamiento (Figura 33), sin embargo la pérdida es de 1.0 a 1.35 después de 10 días de almacenamiento; a los 14 días fue de hasta 5.2%, la variación fue de 3.9%.

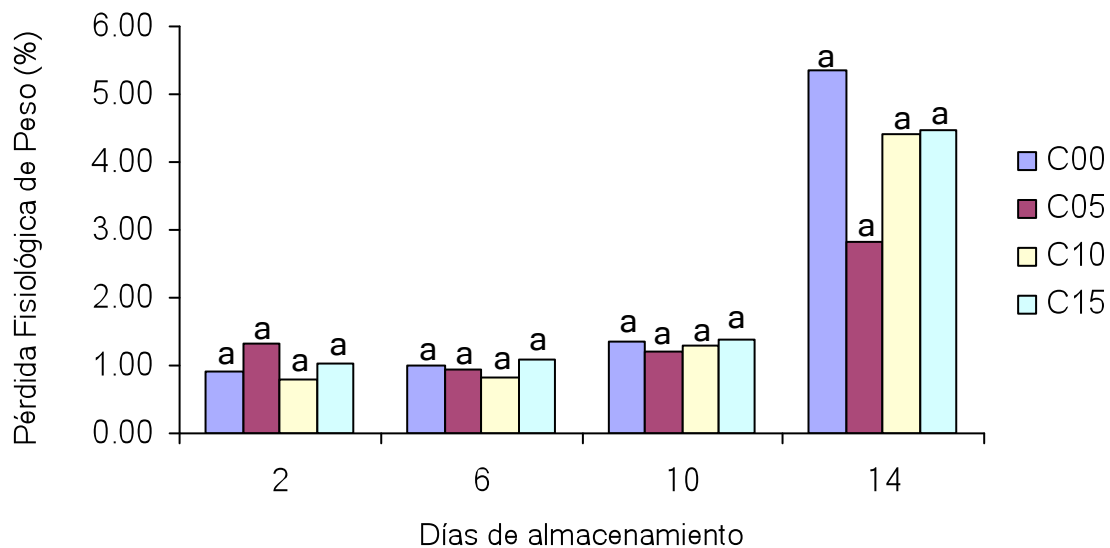


Figura 33. Pérdida fisiológica de peso (%) en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15%(C15) de CO₂, almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Existen diferencias ($P \leq 0.05$) de la temperatura de almacenamiento en la pérdida fisiológica de peso (Figura 34). En frutos almacenados a 6.5 °C., el peso de los frutos se conserva, mientras que en frutos a 20 °C, la pérdida de peso se incrementa conforme transcurre el periodo de almacenamiento. A 6.5°C la pérdida fisiológica de peso fue desde 0.6 hasta 0.78%, mientras que en frutos almacenados a 20°C fue desde 2.6 hasta 18.22%, es decir una diferencia desde 2.04 hasta 17.44% de pérdida después de 2 y 14 días, respectivamente. Se observa que los frutos a temperatura ambiente pierden el doble de peso que los almacenados a 6.5 °C.

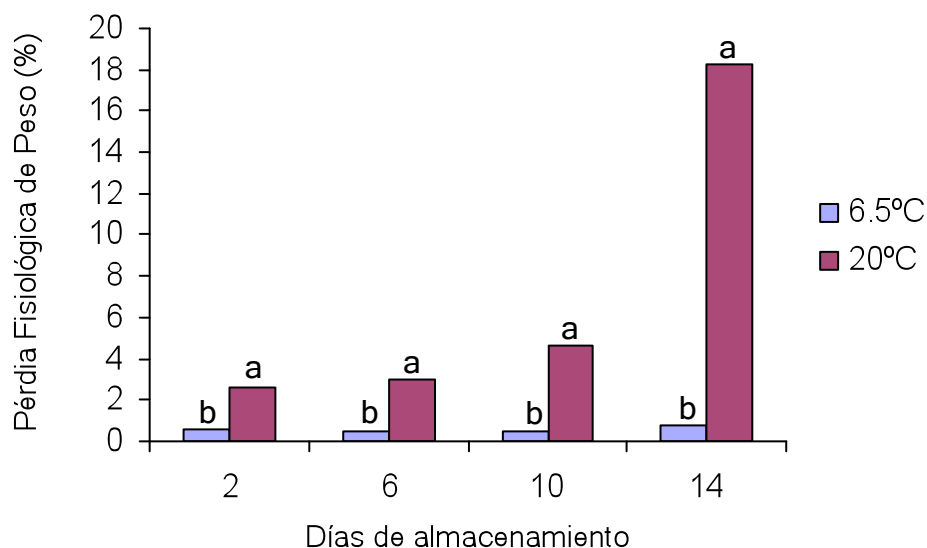


Figura 34. Pérdida fisiológica de peso (%) en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día

6.2.6. Sólidos Solubles Totales. En la figura 35, se observa que estadísticamente los tipos de frutos no presentan diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles durante los primeros 6 días de almacenamiento, pero si presentan diferencias significativas a los 10 días de almacenamiento con 19.79 °Bx para RI-49 y 17.7 para RI-48, el primero con la mayor cantidad de °Bx y el segundo con el menor contenido, respectivamente. El tipo de fruto que menor tiempo de almacenamiento tuvo fue el RI-33 y fue el que menos conservo sus características físicas deseables para su evaluación, esto último fue posible hasta los 10 días de almacenamiento.

El cantidad de sólidos solubles totales promedio fue de 19.45 °Bx en RI-32; 19.8 en RI-33; RI-48, 19.24 y RI-49, 20.13. Generalmente, los frutos deben tener en promedio una concentración de sólidos solubles de 17 a 21 % (O'Hare, 1992), 21.6% (Paull y Chen, 1987); aunque Susanta y Joshi, (1985) reporta frutos de rambután con 20 a 24 °Bx, los cuales presentan buen sabor y aceptable jugosidad. La mayoría de las investigaciones están dentro del rango reportado

por (O'Hare, 1992). Por ejemplo, Wijeratnam *et al.*,(1998) encontró 17.5 Brix; Lam and Kosiyachinda (1987), 17%; Somboon, (1984), 18.7%; y Lam and Kosiyachinda, (1987) 21.1%, en diferentes cultivares. Sin embargo, la variación en el rango de 17 a 21% varía dependiendo del cultivar (Kosiyachinda, et al., 1987).

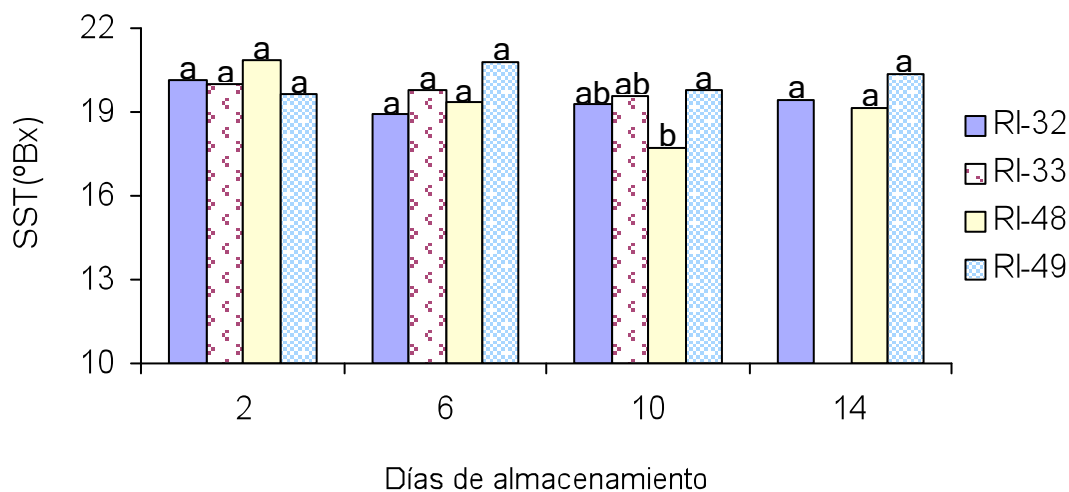


Figura 35. Sólidos solubles totales en 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra dentro de cada día no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La figura 36 muestra que estadísticamente no existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el contenido de sólidos solubles por efecto de los tratamientos aplicados (aire, 5, 10 y 15% de CO_2) durante 14 días de almacenamiento a 6.5 y 20°C; en el contenido de sólidos solubles no existe variación amplia entre los tratamientos 1, 5, 10 y 20% de CO_2 y el rango va de 18-20°Bx (Boonyaritthongchai y Kanlayanarat, 2003).

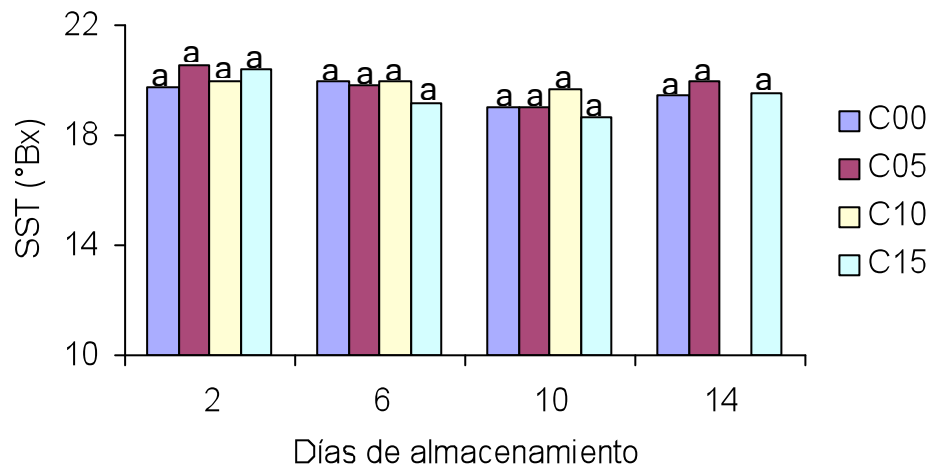


Figura 36. Sólidos solubles totales en 4 genotipos de rambután tratados con aire (C00), 5 (C05), 10 (C10) y 15 (C15)% de CO₂, almacenados a 20 y 6.45°C. Valores con la misma letra dentro de cada día no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La cantidad de sólidos solubles totales (°Bx) va de 19.4 a 18.99 en frutos tratados con aire de 20.56 a 19.05 en frutos tratados con 5% de CO₂, de 20 a 19.69 y de 20.39 a 18.62, en frutos tratados con 10 y 15% de CO₂, respectivamente.

En la figura 36 se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas en la cantidad de sólidos solubles totales almacenados durante 14 días, en condiciones de atmósfera controlada con los tratamientos aplicados a flujo continuo. Sin embargo, existe una ligera variación y tendencia a disminuir independientemente del tratamiento, almacenados los frutos a 20 y 6.5°C. La misma respuesta la obtuvieron Inpun (1984), Paull y Chen (1987) al mencionar que la cantidad de sólidos solubles totales declina con el almacenamiento pero que no hay diferencias significantes en su contenido.

En la figura 37 se observa que durante los primeros 6 días de almacenamiento estadísticamente existen diferencias significativas en los sólidos solubles con valores de 19.76 y 19.30 para frutos almacenados a 6.5°C y de 21.7 a 21.38 en frutos almacenados a 20°C; la diferencia fue mayor y varió de 1.94 a 2.08 °Bx.

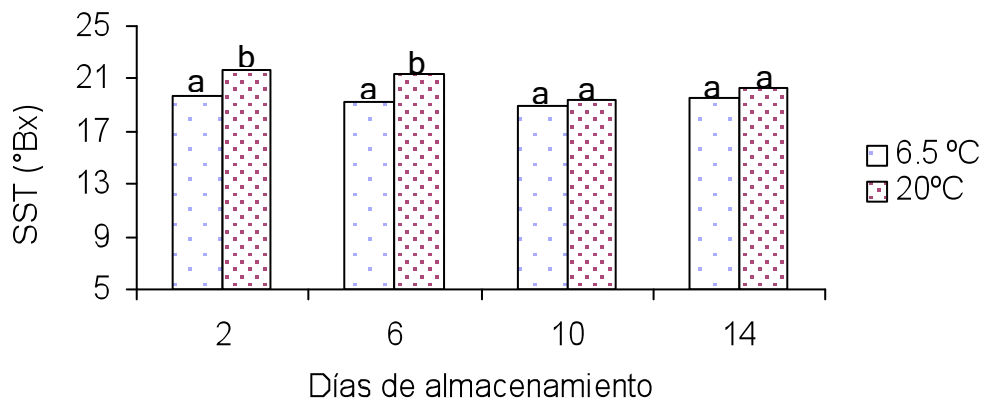


Figura 37. Sólidos solubles en frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

Posteriormente no hubo diferencias significativas y el contenido de sólidos solubles fue de 19.01 a 19.53 °Bx en frutos almacenados a 6.5°C y de 19.36 a 20.25°Bx. Puede observarse que los frutos almacenados a 20°C presentan mayor cantidad de sólidos solubles totales, pero va disminuyendo conforme transcurre el periodo de almacenamiento, por ello es que a partir del décimo día hasta el final del periodo de evaluación estadísticamente no existen diferencias significativas. Esto significa que la temperatura de almacenamiento modifica la cantidad de sólidos solubles totales en los frutos. Mientras que los frutos almacenados a 6.5°C conservan la cantidad de sólidos solubles totales, los frutos almacenados a 20 °C van disminuyendo el contenido de SST conforme transcurre el periodo de almacenamiento.

6.2.7 Respiración. Los resultados en la figura 38, indican que del total de tipos de frutos evaluados a lo largo de todo el periodo de almacenamiento RI-49 presenta mayor intensidad respiratoria (mayor cantidad de CO₂ respirado por Kg hora) y es el que presenta diferencias significativas con respecto a los otros tipos de frutos.

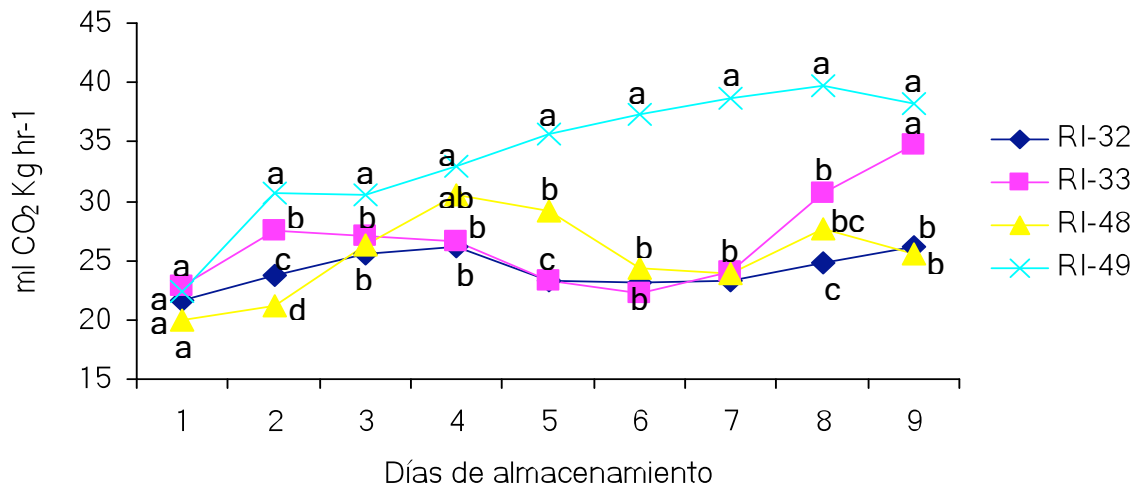


Figura 38. Respiración de frutos de 4 genotipos rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia en sentido vertical dentro de cada día.

El CO₂ respirado por este tipo de frutos va de 22.42 hasta 39.74 ml de CO₂.kg.hr⁻¹. Mientras que RI-32 es el tipo de fruto que presenta el menor intensidad respiratoria, con valores desde 21.6 hasta 26.17 ml de CO₂. kg. hr⁻¹, almacenados a 20 y 6.5°C. En el cultivar 'Jit Lee' la respiración fue de 62 mg.kg. hr⁻¹ (McLauchlan *et al.*, 1994). Cambios en la senescencia incluyen cambios en la intensidad respiratoria.

En la figura 39 se observa que el tratamiento aire (C00) presenta estadísticamente diferencias significativas a los 2 y 7 días de almacenamiento sobre los tratamientos 5 (C00), 10 (C10) y 15% (C15) de CO₂ respirado.

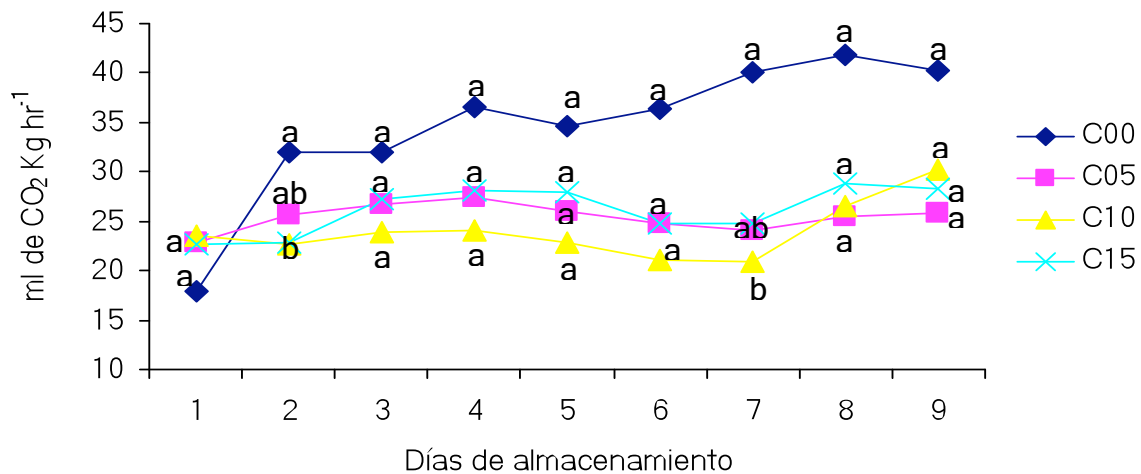


Figura 39. Efecto de tratamientos (Aire=C00, 5%CO₂=C05, 10%CO₂=C10 y 15%CO₂=C15) aplicados sobre la respiración de frutos de rambután almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia en sentido vertical dentro de cada día.

La mayor intensidad respiratoria corresponde a los frutos tratados con aire al octavo día, mientras que el tratamiento que presentó el menor ritmo respiratorio es el 10 % de CO₂. La cantidad de CO₂ respirado en frutos tratado con aire fue desde 17.89 hasta 40.29, y de 23.51 hasta 30.26 ml de CO₂.kg.hr⁻¹ en frutos tratados con 10% de CO₂, respectivamente.

Esto quiere decir que el tratamiento 10% CO₂ fue el que mayor efecto tuvo en controlar la intensidad respiratoria en los frutos. El CO₂ reduce la respiración (Kader, 1994). Mientras que los frutos tratados con aire fueron los frutos con la mayor intensidad respiratoria y por consiguiente el tratamiento que menos efecto tuvo en el control de la respiración. El tratamiento 10% de CO₂ influye fuertemente en la reducción de intensidad respiratoria (Boonyaritthongchai and Kanlayanarat, 2003).

El aumento en el ritmo de respiración del tratamiento con flujo de aire (C00) se debe a la disminución de frutos en los frascos y haber entrado en proceso de senescencia y descomposición principalmente.

En la grafica 40 se observa el efecto de dos temperaturas de almacenamiento en la respiración de frutos RI-32, RI-33, RI-48 y RI-49. Estadísticamente existen diferencias significativas en la intensidad respiratoria.

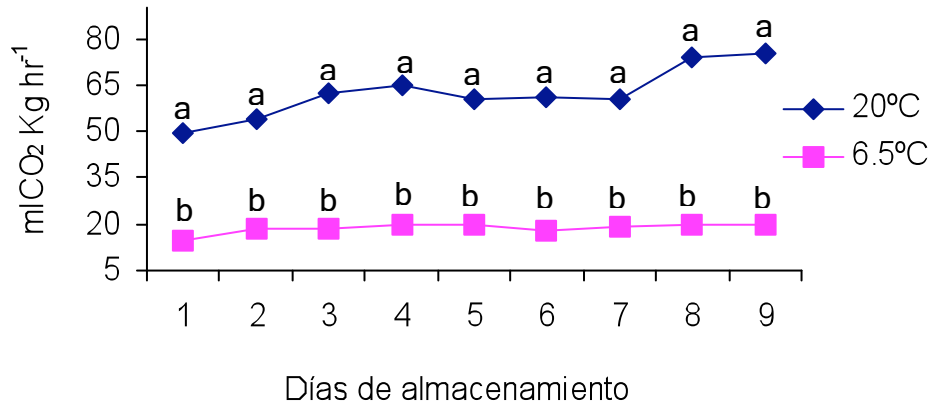


Figura 40. Respiración de frutos de 4 genotipos de rambután (RI-32, RI-33, RI- 48, RI-49), almacenados a 20 y 6.5°C. Valores con la misma letra no tienen diferencias significativas a un nivel del 0.05% de significancia dentro de cada día.

La mayor intensidad respiratoria la presentan los frutos almacenados a 20°C, y es menor en los frutos a 6.5°C. A 20°C respiraron desde 49.55 hasta 75.48 ml de CO₂. kg. hr⁻¹, mientras que los frutos almacenados a 6.5°C respiraron desde 14.77 hasta 20.09 ml de CO₂. kg. hr⁻¹, la variación fue desde 34.78 el primer día hasta 55.39 ml de CO₂. kg. hr⁻¹ a los 9 días de almacenamiento. La intensidad respiratoria va de 20-60 ml CO₂/kg-hr a 25°C y con un patrón de respiración no climatérico (Kader, 2007). Lo anterior indica que la intensidad respiratoria esta influenciada y varía según los rangos de temperatura y del periodo mismo de almacenamiento, pero no varía a una temperatura en específico. Por ejemplo, el efecto no varía a 20°C (Boonyariththongchai and Kanlayanarat, 2003).

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Peso de frutos

Los frutos de mayor peso fueron RI-32 y RI-48. Los tratamientos que conservan el peso de los frutos son 5(C05) y 10% CO₂ (C10). La temperatura que conserva el peso de los frutos es 6.5°C. A 20°C pierden 7.9, 22.4 y 35.1% a los 2, 10 y 14 días de almacenamiento.

Porcentaje de pulpa

Los frutos con mayor porcentaje de pulpa son RI-32 y RI-33. El tratamiento que mayor efecto tuvo en conservar el porcentaje de pulpa fue 10% (C10), aunque solo se denota a ligeramente a los 20 días de almacenamiento. A 6.5°C se conserva el porcentaje de pulpa, mientras que a temperatura ambiente el porcentaje de pulpa disminuye progresivamente.

Porcentaje de cáscara

El tratamiento que conservo el mayor porcentaje de cáscara fue 5% (C05). El porcentaje de cáscara se conserva a 6.5°C. A 20°C disminuye desde 0.78, 5.5 y 9.2% a los 2, 6 y 14 días de almacenamiento, respectivamente.

Cantidad de semilla o Hueso

RI-33 es el genotipo con mayor porcentaje de semilla, pero también con mayor porcentaje de pulpa. Aire, es el tratamiento que conserva el porcentaje de semilla. A 6.5°C el porcentaje de semilla se conserva, mientras que a 20 °C aumenta 0.75, 1.4 y 4.55 a los 2, 6 y 14 días.

Contenido de jugo

RI-49 es el genotipo que presenta mayor contenido de jugo. Aire y 5% (C05) son los tratamientos que conservan el porcentaje de jugo en frutos de rambután. A 6.5 °C el porcentaje de jugo disminuye 0.58, 2.32 y 2.78% a los 2, 6 y 14 de almacenamiento, mientras que a 20 °C se conserva.

Ácido Ascórbico

El contenido de Acido ascórbico disminuye progresivamente con el tiempo de almacenamiento. RI-49 y RI-48 presentan y conservan su contenido de acido ascórbico. Los tratamientos aire (C00) y 15% (C15) son los que conservan el contenido de acido ascórbico. A 6.5°C el contenido de acido ascórbico se conserva, mientras que a 20°C disminuye.

Acidez Titulable

Aumenta con el tiempo de almacenamiento; RI-32 y RI-49 son los genotipos con mayor porcentaje de acidez titulable. Los tratamientos que conservan el porcentaje de acidez titulable son aire (C00) y 15% (C15) de CO₂. A 6.5°C aumenta ligeramente durante 6 días posteriormente disminuye; a 20°C acidez titulable aumenta progresivamente con el tiempo de almacenamiento.

Ángulo de color

RI-32 y RI-33 pierden más rápido el color rojo; RI-48 y RI-49 pierden menos el color rojo. El tratamiento que conserva el color rojo es 5% y 15% de CO₂ después de 6 días. El tratamiento que menos conserva el color es aire (C00). El color se pierde a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. A 6.5°C el color se conserva, mientras que a 20 °C se degrada progresivamente conforme aumenta el periodo de almacenamiento.

Índice de saturación

La saturación del color es afectada y disminuye con el tiempo de almacenamiento. La mayor saturación del color (el color más rojo) es de RI-32, RI-48 y RI-49. El tratamiento que conserva el color es 5% de CO₂, el menor efecto es de aire (C00), sin embargo la temperatura de almacenamiento es determinante en la conservación del color. A 6.5°C el color se conserva. A 20°C disminuye progresivamente con el tiempo de almacenamiento.

Firmeza

Los genotipos con mayor firmeza son RI-32 y RI-48, la menor fue de RI-49. No existe efecto de los tratamientos en la conservación de la firmeza de los frutos. Sin embargo, la temperatura es factor determinante en la conservación de la misma. A 6.5°C la firmeza se conserva; a 20 °C disminuye 0.6, 0.7 y 1.1 Nw a los 2, 10 y 14 días de almacenamiento, respectivamente.

Pérdida Fisiológica de Peso

RI-33 y RI-32, son los genotipos que pierden menor peso; RI-48 y RI-49 son los que pierden mayor peso. No existe efecto de los tratamientos en la conservación del peso de los frutos. Sin embargo, la temperatura de almacenamiento es el factor determinante en la disminución o conservación del peso de los frutos. A 6.5°C fisiológicamente los frutos pierden 0.18%; a 20°C pierden hasta 17.4% después de 14 días de almacenamiento.

Sólidos Solubles Totales

RI-49 es el genotipo que presenta el mayor contenido de sólidos solubles totales. No existe efecto de ningún tratamiento en conservar el porcentaje de sólidos solubles totales, sin embargo, es menor en frutos refrigerados a 6.5°C que a 20 °C, después de 6 días, posteriormente no hay efecto.

Respiración

La mayor intensidad respiratoria fue del genotipo RI-49, mientras que la menor fue de RI-32. 10% (C10) de CO₂ es el tratamiento con mayor efecto en controlar la intensidad respiratoria. Aire (C00) es el que menor efecto tuvo. La mayor intensidad respiratoria es a 20°C, mientras que a 6.5°C fue desde 34.7 a 55.4% menos.

Se recomienda probar tratamientos para controlar las enfermedades postcosecha del fruto.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adisa, V. A. 1986. The influence of molds and some storage factors on the ascórbic ácid content of orange and pineapple fruits. *Food Chem.* 22, 139-146.
- Agar, I.T., Streif, J., Bangerth, F., 1997. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 11, 47-55.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemistries. Washington, D.C. pp: 918-919.
- Boonyaritthongchai P., Kanlayanarat. S., 2003. Modified Atmosphere and Carbon Dioxide Shock Treatment for Prolonging Storage Life of 'Rong-Rien' Rambutan Fruits. *Acta Hortic.* 600: 823-832.
- Brecht J.K., Chau, K.V., Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Silva, F.M., Nunes, M.C.N., Bender, R.J., 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biol. Technol.* 27, 87-101.
- Crane, J. H., Balerdi C. F., y Sargent, S.A. 2001. El mamoncillo longan (*Dimocarpus longan* Lour.) en Florida. University Of Florida.
- Fraire V. G. 2001. El rambután: alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas.
- Inpun A. 1984. Effect of temperatura and packaging materials (polyethylene bags, plastic baskets) on postharvets quality and storage life of rambután (*Nephelium lappaceum* Linn) var. Seechompoo. Monograph, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture Kasetsart University Bangkok 20 pp (in Thai).

- Kader A. 2007. Rambután. (Mamón Chino). Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/Español/rambutan.pdf>. Consultado 11 de abril de 2006.
- Kader A. A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. ACIAR Proc. No.50:239-249.
- Kader, A. 2006. Rambután (Mamón Chino). Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis.
- Kader, A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology 40: 99-104.
- Ketsa S., Klaewkasetkorn, O. 1995. Effect of modified atmosphere on chilling injury and storage life of rambutan. Acta Hortic. 398, 223-231.
- Kosiyachinda S., and I. Salma. 1987. Changes in rambután during growth and development. In: Rambután: Fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN (Lam P. E. and S Kosiyachinda (Eds). ASEAN Food handling Bureau, (Kuala Lumpur) 16-38.
- Lam P. E. y Kosiyachinda S. (Eds). 1987. Rambután: Fruit development, postharvest physiology and marketing. In: ASEAN. ASEAN Food handling Bureau, Kuala Lumpur. 82p.
- Lam P. E., Kosiyachinda S., Lizada M.C.C, Mendoza D.B. Jr., Prabawati S. y Lee S. K. 1997. Postharvest physiology and storage of rambután: In Lam P. F. y Kosiyachinda S. (Eds). Rambután: Fruit development, postharvest physiology and marketing. In: ASEAN. ASEAN Food handling Bureau, Kuala Lumpur. Pp. 39-59.
- Landrigan M., Morris S. C., and McGlasson W. B. 1996. Postharvest browning of rambután is consequence of water loss. Journal American Society Horticultural Science 121(4): 730-734.

- Landrigan M., Sarafis V., Morris S. C., and McGlasson W. B. 1994. Structural aspects of rambután (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. *Journal of Horticultural Science* 69(3): 571-579.
- Lee S. K y Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Lim A. L. 1984. The reproductive biology of rambután (*Nephelium lappaceum*). *Gardens' bulletin, Singapore* 37(2):181-192.
- Mendoza Jr., Pantastico E., Javier F. B. 1972. Storage and Handling of rambutan. *The Philippine agriculturist* (55): 322-332.
- Morton J.F. 1987. *Fruits of warm climates*. Creative Resource Systems Inc., Winterville, USA.
- Nagy, S., 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *J. Agric. Food Chem.* 28: 8-18.
- O'Hare T.J. 1992. Rambután: Postharvest physiology and storage. *Tropical Fruits News*: (26) 4-6.
- O' Hare T. J. 1997. Rambután. In: Mitra S.K (ed) *Postharvest Physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International, pp. 309-321.
- O'Hare T.J., Prasad A., Cooke A. W. 1994. Low temperature and controlled atmosphere storage of Rambutan: *Postharvest Biology and Technology* (4) 147-157.
- Ortiz A, J., Cordero, O, L. 1984. El rambután (*Nephelium lappaceum*); composición química del fruto y su conservación. *Turrialba* 34 (2): 243-246.
- Parviainen, M.T., Nyssonen, K., 1992. Ascorbic acid. In: Leenheer, A.P.D., Lambert, W.E., Nelis, H. (Eds.), *Modern Chromatographic Analysis of Vitamins*. Marcel Dekker, New York.

- Paull R. E. and Chen N. J. 1987. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. HortScience 22(6): 1303-1304.
- Peppelenbos H. 2003. How to control the atmosphere? Postharvest Biol. Technol. 27:1-2.
- Pérez R. A y Jürgen P. A. 2004. Practicas de cosecha y postcosecha del rambután en el Soconusco, Chiapas, México. LEISA. Revista de Agroecología. 20(3): 24-26.
- Ramírez J, J. C. 2000. Descripción de los frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en cosecha y su comercialización en la región del Soconusco, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia, Chapingo México.
- Ratanachinakorn, B., 2003. Effect of Low O₂ on Keeping Quality of Mangosteens. Acta Hortic. 600, 747-750.
- Saltveit, M.E., 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? Postharvest Biol. Technol. 27: 3-13.
- Sandoval E., A. 1993. Nuevas alternativas para la diversificación de la fruticultura tropical. Folleto informativo No.1. División Agrícola. SARH-INIFAP-CIRPS-CERI. 1993.
- Sandoval E., A. 1994. Épocas de enjertación de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en la Costa de Chiapas. In: Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional sobre "Frutales Nativos e Introducidos". C.P. Centro de Fruticultura. 1994.
- Susanta K. R., Joshi G. D. 1985. Minor fruits-tropical. In: Salunkhe D. K., Kadam S.S. 1985 (Eds). Handbook of fruits Science and technology: Production, composition, storage and processing. New York Basel.
- Srilaong, V., Kanlayanarat S., and Tatsumi Y. 2002. Changes in Commercial Quality of 'Rong-Rien' Rambutan in Modified Atmosphere Packaging. Food Sci. Technol. Res., 8 (4): 337-341.

- Somboon Y. 1984. Effect of temperature and maturity stages on biochemical changes during storage of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) cv Seechompoo and cv Rongrien. M. S. Thesis, Kasetsart University Bangkok (abstract).
- Tian S., Xu, Y., Jiang, A., Gong, Q., 2002. Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage. *Postharvest Biol. Technol.* 24, 335-340.
- Van Welzen P.C. and Verheij E.W. M. 1991. *Nephelium lappaceum* L. in E.W.M. Verheij and R.E. Coronel (Eds). 'Plant Resources of South-East Asia Wageningen: Pudoc No.2. Edible fruits and nuts. Pudoc, Netherlands.
- Vargas A. 2003. Descripción Morfológica y nutricional del fruto de rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Agronomía Mesoamericana* 14 (2):201-206.
- Vendrell M., Domínguez, P.E., Llop-Tous, I. 2001. Climacteric versus non-climacteric physiology. *Acta Hortic.* 553: 345-349.
- Wall M.M. 2000. 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.
- Walter T.E. 1976. *Nephelium lappaceum-Rambutan* In: The propagation of tropical fruits trees. R. J. Garner and Saeed Ahmed Chauhri. FAO. CAB Horticultural Review No. 4. UK.
- Wijeratnam R. S. W., Abeyesekere M., Sivakumar D. 1998. Studies on maturity and low temperature storage of three rambutan cultivars grown in Sri Lanka. *Acta. Horticulturae* (464): 514.
- Wills, R., McGlasson W.B., Graham, D. and Joyce, D. 2004. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.* 4th edition. University of New South Wales Press Ltd.

Wills, R.B.H., Wimalasiri, P., Greenfield, H., 1984. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. *J. Agric. Food Chem.* 32: 836-838.

Zee F.T. 1993. Rambutan and pili nuts: Potential crops for Hawaii. p. 461-465. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.

Zepplin, M., Elvehjein, C.A., 1944. Effect of refrigeration on retention of ascorbic acid in vegetables. *Food Res.* 9:100-111.