

DAÑOS POR FRÍO EN GUANÁBANA. ÍNDICE DE CORTE Y TRATAMIENTOS POSTCOSECHA

D. Castillo-Ánimas; G. Varela-Hernández¹; B. R. Pérez-Salvador¹; C. Pelayo-Zaldívar²

¹Departamento de Matemáticas, Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. San Rafael Atlixco Núm. 186, Col. Vicentina. D. F., México. C. P. 09340. MÉXICO.

²Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. San Rafael Atlixco Núm. 186, Col. Vicentina. D. F., México. C. P. 09340, MÉXICO. Fax: 5804-4712.

Correo-e: cpel@xanum.uam.mx (¹Autor responsable).

RESUMEN

Para dar recomendaciones prácticas a productores de guanábana sobre el índice de cosecha y condiciones de almacenamiento, se evaluaron los efectos de estado de madurez de corte y tratamientos postcosecha en la conservación de esta fruta. Las guanábanas cosechadas en colores verde oscuro y claro se sometieron, previa selección y aleatorización, a lavado con agua clorada a 200 mg-litro⁻¹, encerado con formulaciones de cera de candelilla sola o conteniendo reguladores del crecimiento y almacenamiento a temperaturas de refrigeración y ambiente. Las frutas verde oscuro mostraron un patrón respiratorio y cambios de textura normales a 20 °C, y cuando se les almacenó a 20 a 22 y 24 a 26 °C maduraron más lentamente que las frutas verde claro pero a 12 a 14 y 16 a 18 °C sufrieron daño por frío, mientras que las verde claro presentaron esta fisiopatía sólo a 12 a 14 °C cuando su textura fue firme en el momento del almacenamiento. Se recomienda por lo tanto, cosechar guanábanas verde oscuro para almacenar a 20 a 26 °C y verde claro si se les va a colocar a 16 a 18 °C, o bien, a 12 a 14 °C si ya adquirieron una textura firme-cambiante. La formulación 170 de cera de candelilla retrasó la maduración, incrementó el porcentaje de fruta comerciable y limitó la pérdida de peso de manera más consistente que la 168. Sin embargo, no se observó efecto de la formulación 170 conteniendo ácido giberélico a 250 mg-litro⁻¹, éster isopropílico del ácido 2,4 diclorofenoxiacético a 250 mg-litro⁻¹ o una mezcla de ambos a 250 mg-litro⁻¹ cada uno en estas variables. Dado que el porcentaje de fruta comerciable fue inferior al 90 % después de sólo cuatro días a 20 a 26 °C en las frutas verde oscuro y claro, y después de ocho días a 16 a 18 °C en las verde claro, se discuten otras alternativas para la mejor conservación de la guanábana fresca.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Annona muricata* L. madurez de corte, maduración, patrón respiratorio, almacenamiento refrigerado, vida postcosecha.

CHILLING INJURY, HARVEST INDEX, AND POST-HARVEST TREATMENTS IN SOURSOP

ABSTRACT

To provide practical recommendations to soursop growers on harvest index and storage conditions, it was evaluated the effect of harvest maturity stage and post-harvest treatments in the conservation of this fruit. Harvested soursops at dark and pale green coloration were submitted, after previous selection and randomization, to a wash with chlorinated water at 200 mg-liter⁻¹, to waxing with formulations of "candelilla" wax only or containing growth regulators, and to storage at room and refrigerated temperatures. Dark green fruits showed a respiratory pattern and normal texture changes at 20 °C, but when stored at 20-22 and 24-26 °C, they ripened more slowly than pale green fruits, but at 12-14 and 16-18 °C they suffered cold damage, while pale green fruits showed this type of damage only at 12-14 °C when their texture was firm at the time of storing. Thus we recommend harvesting dark green SOPs to be stored at 20-26 °C, and pale green ones if they are to be stored at 16-18 °C, or, furthermore, at 12-14 °C if they already had acquired a firm-changing texture. "Candelilla" wax formulation 170 delayed maturity, increased the percentage of fruit for commercial purposes, and limited weight loss more consistently than formulation 168. However, it was not observed an effect of formulation 170 containing giberellic acid at 250 mg-liter⁻¹, 2,4 dichloro-phenoxyacetic acid isopropyl ester at 250 mg-liter⁻¹, or a mixture of both each at 250 mg-liter⁻¹ for these variables. Given that the percentage of fruit for commercial purposes was lower than 90 % after only four days at 20-26 °C for dark and pale green fruits, and after eight days at 16-18 °C for pale green ones. Other alternatives for better conservation of fresh soursop are discussed.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Annona muricata* L., maturity at harvest, respiratory pattern, refrigerated storage, post-harvest life

INTRODUCCION

La guanábana, fruta originaria de las regiones tropicales de América y apreciada por sus características sensoriales únicas, se cultiva en diversos países de este continente y en México, en los estados de Nayarit, Colima, Veracruz y Guerrero, entre otros (Evangelista-Lozano *et al.*, 2003).

Esta fruta es difícil de manipular debido a su tamaño grande y heterogéneo, su forma con frecuencia irregular (debido al desbalance en el desarrollo de algunos carpelos por deficiencias en la polinización, daño por insectos o falta de riego y fertilización) (Morton, 1966), la presencia de escamas espiniformes carnosas que se rompen con el manejo postcosecha y constituyen vías de entrada de patógenos (Zárate, 1995; Ploetz, 2003), y el ablandamiento excesivo de su pulpa en la madurez que ocasiona rupturas del fruto por su propio peso. Su intensidad respiratoria y producción de etileno son altas, de hasta $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ y $100 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de CO_2 , respectivamente a $24.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Bruinsma y Paull, 1984). Estos factores acortan la vida útil y provocan altas pérdidas en postcosecha (Arauz y Mora, 1983).

Otro factor que influye en la duración de la vida postcosecha, es el estado de madurez al momento de la cosecha, no obstante lo cual diversos estudios no indican el índice de cosecha empleado. Cañizares (1966) mencionó algunos indicadores visuales para efectuar la cosecha en Cuba; en Venezuela se le cosecha con base en el color de la cáscara y en ocasiones se consideran la textura, el contenido de sólidos solubles totales y la acidez (Flores, 1981); la madurez de corte se adquiere en huertos comerciales del estado de Veracruz, México, a los 160 días después de la anthesis cuando el fruto adquiere el color verde claro o amarillento; este cambio de color ha sido mencionado también como indicador de corte por otros autores (Worrel *et al.*, 1994).

La naturaleza tropical de la guanábana hace que su vida útil se vea limitada por la presencia del daño por frío cuando se le almacena en refrigeración. Algunos autores indican que esta fisiopatía se induce a temperaturas inferiores a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ (Reginato y Lizana, 1980), mientras que otros han observado síntomas a $16 \text{ }^\circ\text{C}$ (Guerra *et al.*, 1995). El efecto que la madurez al momento de la cosecha tiene en la tolerancia de las guanábanas a esta fisiopatía no se ha reportado. Por otro lado, se sabe que diversas hormonas participan en la regulación de la senescencia de los frutos: el etileno actúa primariamente como un promotor, las citocininas como antagonistas y el papel de otras hormonas no se ha esclarecido completamente (Buchanan *et al.*, 2000). Sin embargo, se ha observado un retraso de los cambios asociados con la maduración y/o senescencia y, por lo tanto, un aumento en el período de conservación de diversas frutas con la aplicación de giberelinas y auxinas (Chávez *et al.*, 1993; Fidelibus y Davies, 2001; Ramakrishna *et al.*, 2002; Xue *et*

al., 2003). Asimismo, la atmósfera modificada generada en el interior de los frutos por el encerado puede coadyudar al retraso de los procesos de maduración y senescencia (Kader, 2002). La aplicación en postcosecha de reguladores del crecimiento y el encerado en guanábana con fines de conservación no se encuentran en la literatura.

En el presente estudio se evaluó la tolerancia al daño por frío y la vida postcosecha en diversas temperaturas de guanábanas cosechadas en dos estados de madurez tratadas con ceras y reguladores del crecimiento (ácido giberélico y éster isopropílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético).

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedencia de la fruta e índice de corte

Se llevaron a cabo dos experimentos con guanábanas cosechadas de árboles de pie franco de 10 años de edad, en un huerto comercial con cultivo intercalado localizado en la Peñita de Jaltemba, Nayarit. Se utilizaron frutas en dos grados de madurez de corte: verde oscuro (anterior al estado cosechado comercialmente) – frutos firmes con cáscara de color verde oscuro, opaca y con escamas espiniformes de 0.3 a 1.6 cm de longitud, levemente curvas, flexibles, de color verde claro en su base, separación incipiente y ligeramente turgentes; y verde claro (cosechado comercialmente) – frutos firmes con cáscara de color verde claro o verde amarillento, lustrosa, residuos estilares erectos, frágiles, de color verde amarillento en su base y café oscuro en su ápice, bien separados y turgentes.

Tratamientos

En el primer experimento se emplearon guanábanas verde claro y en el segundo de ambos grados de madurez de corte. Las frutas se seleccionaron por ausencia de daños y enfermedades y por tamaños (chico-350 a 550 g, mediano-560 a 750 g y grande-760 a 1200 g), se lavaron con agua clorada a $200 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$, una vez secas se distribuyeron en unidades experimentales y enceraron por inmersión en emulsiones aceite/agua de cera de candelilla con o sin reguladores del crecimiento incorporados en la fase oleosa de las emulsiones durante su preparación. En el primer experimento se aplicaron los siguientes tratamientos:

1. Cera de candelilla 168
2. Cera de candelilla 170
3. Cera de candelilla 168 + ácido giberélico (AG_3) a $250 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$
4. Cera de candelilla 168 + éster isopropílico del ácido 2,4 diclorofenoxiacético (EI) a $250 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$
5. Cera de candelilla 168+ AG_3 +EI a $250 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ cada uno.
6. Testigo

En el segundo experimento los reguladores del crecimiento se incorporaron en la fase oleosa de la emulsión 170. Posteriormente, las frutas se almacenaron en cámaras con temperatura controlada a 12 a 14 y 20 a 22 °C en el primer experimento y a 12 a 14, 16 a 18, 20 a 22 y 24 a 26 °C en el segundo, con 90 a 95 % de humedad relativa en todos los casos.

Diseño experimental

Cada unidad experimental constó de 10 a 20 frutas conteniendo 20, 60 y 20 % de guanábanas chicas, medianas y grandes, respectivamente, seleccionadas al azar. Cada tratamiento constó de dos repeticiones. Los diseños de tratamientos fueron factoriales completos: 1 estado de madurez X (5 formulaciones de cera + 1 testigo) x 2 temperaturas de almacenamiento para el primer experimento y 2 estados de madurez x (5 formulaciones de cera + 1 testigo) x 4 temperaturas de almacenamiento para el segundo). El diseño experimental fue completamente al azar en ambos casos.

Variables evaluadas

Con el propósito de determinar si la maduración procedía de manera normal a temperatura ambiente en las guanábanas verde oscuro (no suelen cosecharse en este estado de madurez con fines comerciales), se midió la actividad respiratoria de frutas enceradas y testigo de cada uno de los tres tamaños incluidos en el experimento, a 20 °C de 3 a 6 veces al día hasta que las frutas alcanzaron la sobremadurez. La respiración se midió por el método de corriente continua de Claypool y Keefer (1942). Con base en estudios previos (no publicados), el daño por frío se identificó por la presencia de una dureza extrema de los frutos e incapacidad para ablandarse después de 48 h de haber sido transferidos a temperatura ambiente, así como por la aparición de oscurecimientos en la cáscara y/o en la pulpa. La maduración se evaluó por los cambios de textura en una escala de cuatro grados: 1 (firme) = completa firmeza, 2 (cambiante) = ablandamiento incipiente, 3 (maduro) = ablandamiento evidente pero sin hundimientos de la pulpa al tacto, y 4 (sobremaduro) = sobreablandamiento con hundimientos de la pulpa al tacto. Con estos datos se calculó un índice de maduración (IM) de acuerdo con la siguiente fórmula: $IM = \frac{\sum (n_i X_i)}{n_T}$ en donde: n_1, n_2, n_3 y n_4 = número de frutos en los grados 1, 2, 3 y 4, respectivamente y n_T = número total de frutos evaluados. El grado de comerciabilidad se evaluó clasificando como comerciables a todas aquellas frutas libres de infección, signos de sobremaduración, deshidratación y daños físicos o con daños físicos leves que abarcaran menos del 25 % de la superficie del fruto. La pérdida de peso se determinó en muestras de tres frutos por triplicado durante el período de almacenamiento.

Análisis de resultados

Los resultados se analizaron por ANOVAs paramétricos de una y tres vías, con interacciones y comparaciones múltiples de Tukey de los efectos principales utilizando el programa NCSS, versión 2001.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad respiratoria

La determinación de la actividad respiratoria a 20 °C en frutas verde oscuro, reveló la presencia del típico pico climatérico (alrededor de 220 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ de CO₂) a los 5 a 7 días después de la cosecha (Figura 1A). Se ha reportado que la guanábana exhibe un patrón respiratorio caracterizado por dos picos, uno preclimatérico que es independiente de la producción de etileno inducido probablemente por el estímulo fisiológico de la cosecha y asociado al incremento de carboxilatos como sustratos respiratorios principalmente ácido málico, y el otro climatérico que se inicia cuando el etileno ha rebasado cierto nivel umbral y está asociado con el proceso de maduración (Biale y Barcus, 1970; Bruinsma y Paull, 1984; Worrell *et al.*, 1994). El encerado con la formulación 170 retrasó la aparición del pico climatérico en al menos un día y redujo la intensidad respiratoria en 20 % mínimo (Figura 1-B). También se observó el pico preclimatérico, con un retraso de aproximadamente un día en las frutas pequeñas enceradas (cuarto día) respecto a las testigo (tercer día). Estos datos indican que los frutos verde oscuro desarrollaron una actividad respiratoria normal y que el encerado fue capaz de limitar este proceso fisiológico. Se observó también que las frutas pequeñas presentaron una intensidad respiratoria mayor que las medianas y grandes, probablemente debido a su mayor superficie para el intercambio gaseoso por unidad de peso. Asociados al desarrollo del patrón climatérico, transcurrieron los cambios de maduración como el ablandamiento de la pulpa (Figura 1) y el desarrollo del aroma típico de esta fruta.

Daños por frío

La sintomatología se inició con un endurecimiento anormal de la fruta y un color café parduzco del eje central ("corazón") que se intensifica y extiende gradualmente por la pulpa en dirección a la cáscara hasta que se torna negro (Figura 2). Se ha propuesto que los cambios de textura se deben a alteraciones en la estructura de los polisacáridos que componen las paredes celulares y en sus uniones cruzadas covalentes (Maldonado *et al.*, 2002), mientras que el oscurecimiento se ha explicado por la acción de polifenoloxidasas sobre los compuestos fenólicos presentes en la cáscara y pulpa de la fruta (Lima de Oliveira *et al.*, 1994). Cuando el daño interno ya es muy severo, aparecen en la cáscara áreas de color café rojizo a negro, hundidas y distribuidas irregularmente entre las escamas espiniformes. En los frutos de forma irregular la cáscara

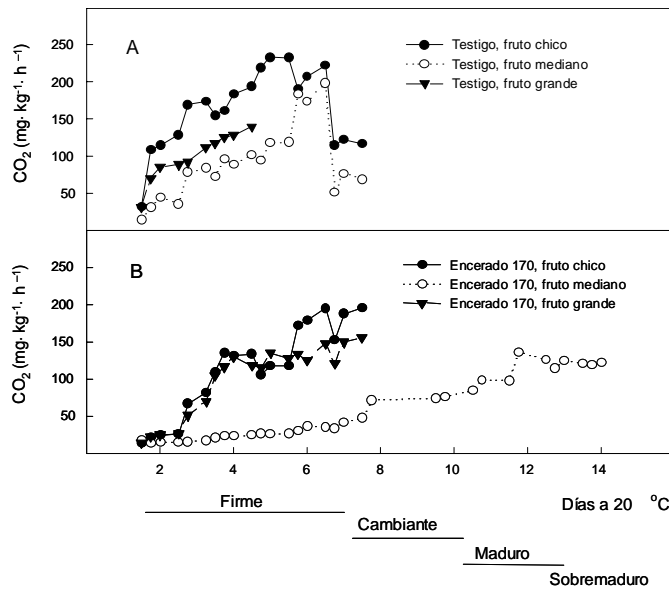


FIGURA 1. Actividad respiratoria de guanábana testigo (A) y encerada (B) cosechada en color verde oscuro. Cada punto representa una determinación. Se indican los cambios de madurez de los frutos encerados de tamaño mediano.



FIGURA 2. Daños por frío en guanábana. Se muestra la progresión del daño comenzando con la fruta en el extremo inferior derecho y siguiendo una dirección contraria a las manecillas del reloj.

presenta un color verde desigual, con las zonas más prominentes en verde oscuro (abarcando hasta el 10 % de la superficie total del fruto) y el resto en verde claro. En tales casos, sólo las áreas verde oscuro se tornaron duras a 16 °C mientras que las verde claro pudieron ablandarse a la misma temperatura. Asimismo, se observó que las guanábanas verde oscuro sufrieron daños por frío a los 12-14 y 16-18 °C, mientras que las verde claro sólo a los 12-14 °C si su textura fue firme al momento de almacenarlas pero si ésta fue firme-cambiante no manifestaron esta fisiopatía.

Los resultados anteriores indican que las frutas son más tolerantes al daño por frío en el color verde claro y textura firme-cambiante, confirmando con ello previos estudios que reportan que las frutas tropicales son más resistentes a las bajas temperaturas mientras más maduras se almacenen (Kader, 2004; Kader y Arpaia, 2004; Suslow y Cantwell, 2004). Asimismo, la relación color-susceptibilidad al daño por frío en frutillas individuales sugiere que una misma fruta puede presentar áreas más tolerantes que otras a las bajas temperaturas dependiendo del grado específico de madurez en que se encuentren los frutos individuales que conforman el fruto agregado de la guanábana.

La literatura indica que es factible conservar las guanábanas que ya han madurado plenamente a 0 °C o entre 2 y 5 °C sin pérdida de sabor ni aparición de oscurecimientos en la pulpa, aunque la cáscara se torna rápidamente negra, especialmente a 0 °C. Para una fruta de naturaleza tropical, 0 °C es una temperatura demasiado baja, además la vida de almacenamiento de las frutas completamente maduras se encuentra agotada y su manipulación se vuelve difícil, especialmente la de la guanábana dada su fragilidad y características de tamaño y forma. Con base en estos datos y los resultados del presente estudio, se recomienda determinar en estudios posteriores, si la guanábana cosechada en color verde claro pero cambiante, o bien cosechada firme y madurada bajo condiciones controladas hasta el estado cambiante, conserva su calidad por un período mayor a temperaturas inferiores a 12 a 14 pero superiores a 2 a 5 °C.

No se observaron efectos de las ceras o los reguladores del crecimiento en la tolerancia al daño por frío. Se ha reportado una reducción de los síntomas de daño por frío con el encerado de algunas frutas (Kader, 2002); la aplicación de giberelinas y auxinas podría tener un efecto similar al retrasar la senescencia de los tejidos y mantener por más tiempo la integridad de las membranas celulares. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que estos tratamientos no ofrecen ningún beneficio en cuanto a la prevención o reducción de esta fisiopatía.

Índice de madurez y comerciabilidad

Durante el almacenamiento de 20 a 22 °C de la guanábana cosechada en color verde claro del primer experimento, se observaron efectos significativos de la formulación de cera 170 en el índice de madurez y en el porcentaje de fruta comerciable (Cuadro 1). En efecto, esta formulación consiguió reducir el índice de maduración en 38 % (de 2.35 en las frutas testigo a 1.45) e incrementar el porcentaje de fruta comerciable en 42 % (de 55 a 97 %) con respecto al testigo. El efecto de la formulación 168 sola o con reguladores del crecimiento no fue significativo con respecto al testigo, aunque se observó una tendencia a la disminución en el índice de madurez y al incremento en el porcentaje de fruta comerciable por efecto de los

CUADRO 1. Índice de madurez y comerciabilidad de guanábana cosechada en color verde claro y almacenada por 5 días a 20 a 22 °C y 90 a 95 % de humedad relativa. Valores promedio de dos repeticiones.

Factor Nivel	Índice de Madurez	Fruta Comerciable (%)
Formulación de Cera		
170	1.45 a	96.6 b
168	2.20 ab	64.0 ab
168+AG ₃	1.75 ab	80.6 ab
168+EI	2.30 ab	56.4 ab
168+AG ₃ +EI	1.90 ab	78.7 ab
Testigo	2.35 b	55.4 a
DMSH	0.857	41.148
CV	0.091	0.121

Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.10$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

tratamientos 168+AG₃ y 168+AG₃+EI. Debido a estos resultados, en el segundo experimento se decidió incorporar los reguladores del crecimiento a la formulación 170.

En el segundo experimento, el índice de madurez y el porcentaje de fruta comerciable no se evaluaron en las guanábanas verde oscuro almacenadas a 12 a 14 y 16 a 18 °C ni en las verde claro almacenadas con textura firme a 12 a 14 °C debido a la presencia de daños por frío. Las guanábanas verde claro tratadas con las diferentes formulaciones de cera y almacenadas por ocho días a 16-18 °C mostraron porcentajes de fruta comerciable superiores (57 a 81 %) e índices de madurez inferiores (3.2 a 3.4) a las frutas testigo (44 % y 3.6 de fruta comerciable e índice de madurez, respectivamente), sin que se observaran diferencias entre dichas formulaciones respecto a su efecto en estas variables. El análisis a 20 a 22 y 24 a 26 °C (Cuadro 2) mostró los siguientes resultados.

Fruta comerciable (%)

No se observaron diferencias significativas entre frutas verde oscuro y verde claro, ni entre frutas almacenadas a 20 a 22 y 24 a 26 °C pero hubo diferencias significativas entre las frutas testigo y las enceradas con las diferentes formulaciones. No se observaron diferencias entre las diferentes formulaciones y ninguna de las interacciones entre los factores estudiados fue significativa.

Índice de madurez

No se observaron diferencias significativas entre frutas almacenadas a 20 a 22 y 24 a 26 °C pero sí entre las cosechadas en verde oscuro y verde claro, y entre las tratadas con las diferentes formulaciones de cera y las testigo. En efecto, el índice de madurez fue inferior en las

guanábanas cosechadas en verde oscuro y todas las formulaciones de cera retrasaron la maduración sin que se observara un efecto significativo con la adición de los reguladores del crecimiento. A diferencia del porcentaje de fruta comerciable, en el índice de madurez todas las interacciones entre los factores estudiados fueron significativas, excepto la correspondiente a madurez de corte x temperatura (Cuadro 2). Tanto en las guanábanas cosechadas en verde oscuro como en las verde claro el índice de madurez, con respecto a la fruta testigo, fue significativamente menor con las formulaciones 168 y 170, pero mientras que en las verde oscuro la formulación 170 redujo más el índice de madurez en las verde claro no hubo diferencias entre ambas formulaciones.

Los resultados anteriores indican que las guanábanas cosechadas en verde oscuro y verde claro se conservan igual a 20 a 22 y 24 a 26 °C, que la formulación 170 reduce de manera más consistente la maduración y el porcentaje de fruta no comerciable y que los reguladores del crecimiento carecen de efecto en estas variables.

CUADRO 2. Índice de madurez y comerciabilidad de guanábana cosechada en dos estados de madurez y almacenada por 4 días a dos temperaturas y 90 a 95 % de humedad relativa. Valores promedio de dos repeticiones.

Factor Nivel	Índice de Madurez	Fruta Comerciable (%)
Madurez de Corte (Mad.)		
Verde oscuro	51.78*	3.28 ^{NS}
Verde claro	2.23 a	68.1 a
DMSH	2.60 b	60.6 a
DMSH	0.108	8.564
Formulación Cera (Form.)		
168	17.59*	10.36*
170	2.50 bc	59.78 b
170+AG	2.36 abc	64.05 b
170+EI	2.41 abc	75.34 b
170+AG+EI	2.17 ab	73.60 b
Testigo	2.16 ab	78.94 b
DMSH	2.89 d	34.50 a
DMSH	0.162	12.830
Temperatura (Temp.)		
20 a 22 °C, 4 días	0.30 ^{NS}	0.39 ^{NS}
24 a 26 °C, 4 días	2.43 a	63.08 a
DMSH	2.40 a	65.65 a
DMSH	0.108	8.564
CV	0.075	0.223
Mad. x Temp	0.46 ^{NS}	0.00 ^{NS}
Mad. x Form	5.18*	0.90 ^{NS}
Temp. x Form.	4.04*	0.29 ^{NS}
Mad. x Temp. X Form.	5.57*	0.33 ^{NS}

Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^{NS}, *; No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Pérdida de peso

Todas las formulaciones de cera redujeron la pérdida de peso de las guanábanas cosechadas en color verde claro almacenadas a 12 a 14 (Figura 3) y 20 a 22 °C (Figura 4) del primer experimento. La formulación 170 tuvo mayor efecto en la tasa de transpiración que la 168, probablemente debido al mayor porcentaje de sólidos contenidos en su formulación. No hubo efecto de los reguladores del crecimiento en esta variable. No se presentan datos para el segundo experimento debido a la presencia de daños por frío en las guanábanas verde oscuro almacenadas a 12 a 14 y 16 a 18 °C y en las verde claro firmes almacenadas a 12 a 14 °C. No se contó con datos suficientes para elaborar las gráficas correspondientes de las frutas almacenadas a 20 a 22 y 24 a 26 °C, sin embargo, se

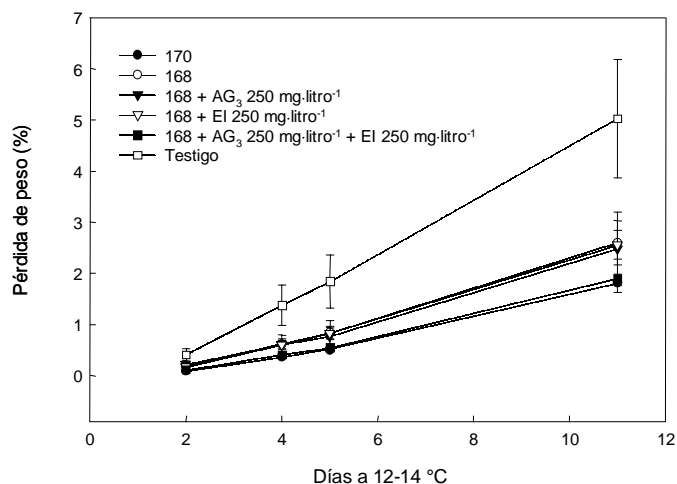


FIGURA 3. Pérdida de peso de guanábana cosechada en color verde claro encerada y almacenada a 12-14 °C y 90-95 % de HR. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar.

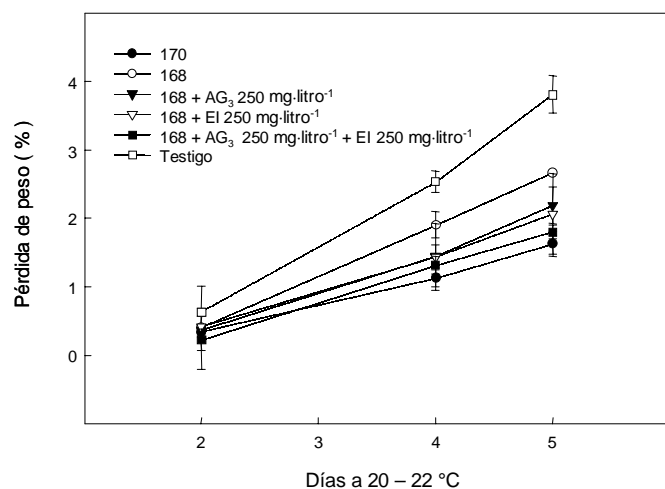


FIGURA 4. Pérdida de peso de guanábana cosechada en color verde claro encerada y almacenada a 20-22 °C y 90-95 % de HR. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar.

registraron pérdidas de peso superiores a estas temperaturas y se mantuvieron tendencias similares a las ya indicadas por efecto de las formulaciones de cera.

CONCLUSIONES

La maduración de consumo progresó normalmente en las guanábanas cosechadas en color verde oscuro a 20 °C. Cuando se les almacenó a 20 a 22 y 24 a 26 °C se conservaron mejor que las cosechadas en verde claro pero a 16 a 18 y 12 a 14 °C sufrieron daño por frío a las dos temperaturas, mientras que las verde claro sólo a 12-14 °C cuando se les almacenó con textura firme. Por lo tanto, no se recomienda cosechar las guanábanas en color verde oscuro para almacenamiento refrigerado. De la misma manera, no se recomienda almacenar en refrigeración frutas verde claro con

zonas verde oscuro. Una temperatura segura de almacenamiento para las guanábanas verde claro es 16-18 °C, o bien, 12 a 14 °C si ya han iniciado la maduración y se encuentran entre firmes y cambiantes.

La formulación 170 fue efectiva para retrasar la maduración y reducir el porcentaje de fruta no comerciable y la pérdida de peso. La incorporación de ácido giberélico a 250 CO₂, de éster isopropílico del 2,4 diclorofenoxiacético a la misma concentración o de una mezcla de ambos a 250 CO₂ cada uno, a la formulación 170 de cera de candelilla no ejerce un beneficio adicional.

Dado que aún con la formulación 170 la fruta en estado comerciable no alcanzó el 90 % (asumiendo 10 % como un valor razonable de pérdidas), después de sólo cuatro días a 20 a 26 °C cuando se le almacenó en color verde oscuro y claro, y al cabo de ocho días a 16 a 18 °C cuando se le almacenó en verde claro, se sugieren estudios posteriores para determinar si la guanábana cosechada en color verde claro pero cambiante, o bien cosechada firme y madurada bajo condiciones controladas hasta el estado cambiante, conserva su calidad por un período mayor a temperaturas inferiores a 12 a 14 pero superiores a 2 a 5 °C.

LITERATURA CITADA

- ARAUZ, L. F.; MORA, D. 1983. Evaluación preliminar de los problemas poscosecha en seis frutas tropicales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 7: 43-53.
- BIALE, J. B.; BARCUS, D. E. 1970. Respiration patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. *Trop. Sci.* 12: 93-104.
- BRUINSMA, J.; PAULL, R. E. 1984. Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. *Plant Physiol.* 76: 131-138.
- BUCHANAN, B. B.; WILHELM, G.; RUSSEL, L. J. 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists. Rockville, MD., USA. 1158 p.

- CAÑIZARES, Z. J. 1966. Las Frutas Anonáceas. Ed. Fruticuba/66, La Habana, Cuba. 63 p.
- CLAYPOOL, L. L.; KEEFER, R. M. 1942. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40: 177-186.
- CHAVEZ, S. C.; BOSQUEZ, M. E.; MADRID, R. R.; PELAYO, Z. C.; PEREZ, F. L.; PONCE DE LEON, L. 1993. Effect of harvesting season and postharvest treatment on storage life of Mexican limes (*Citrus aurantifolia* Swingle). J. Food Quality 16: 339-354.
- EVANGELISTA-LOZANO, S.; CRUZ-CASTILLO, J. G.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S.; MERCADO-SILVA, E.; DÁVILA-ORTIZ, G. 2003. Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona muricata* L.) provenientes de semilla de Jiutepec, Morelos, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 9(1): 69-79.
- FIDELIBUS, M. W.; DAVIES, F. S. 2001. Gibberellic acid washoff studies on 'Hamlin' orange. Proc. 114th Annual Meeting Fla. Sta. Horticultural Society 114: 118-120.
- FLORES, A. A. 1981. Estudios de dinámica de maduración en guanábana. Proc. Tropical Region. Amer. Soc. Hort. Sci. 25: 267-273.
- GUERRA, N. B.; LIVERA, A. V. S.; DA ROCHA, J. A. M. R.; DE OLIVEIRA, S. L. 1995. Almacenamiento de la guanábana (*Annona muricata* L.) en bolsas de polietileno con absorbentes de etileno. Proc. International Conference Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruits and Vegetables. Guanajuato, México. pp. 617-622.
- KADER, A. A. 2002. Modified atmosphere during transport and storage, pp. 135-144. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. KADER, A. A. (ed.). ANRS 3311 Publication, UC Davis, USA.
- KADER, A. A. 2004. Mango. Produce Facts. Postharvest Technology Research and Information Center, UC Davis, Davis, USA.
- KADER, A. A.; ARPAIA, M. L. 2004. Aguacate (Palta). Produce Facts. Postharvest Technology Research and Information Center, UC Davis, Davis, USA.
- LIMA DE OLIVEIRA, S.; BARBOSA, G. N.; SUCUPIRA, M. I.; SOUZA, L. A. V. 1994. Polyphenoloxidase activity, polyphenols concentration and browning intensity during soursop (*Annona muricata* L.) maturation. Journal of Food Science 59(5): 1050-1052.
- MALDONADO, R.; MOLINA-GARCIA, A. D.; SANCHEZ-BALLESTA, M. T.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C. 2002. High CO₂ atmosphere modulating the phenolic response associated with cell adhesion and hardening of *Annona cherimola* fruit stored at chilling temperature. J. Agric. Food Chem. 50: 7564-7569.
- MORTON, J. 1966. The soursop or guanabans. *Annona muricata* Linn. Proc. Fla. State Hort. Soc. 79: 355-366.
- PLOETZ, R. C. 2003. Diseases of atemoya, cherimoya, soursop, sugar apple and related fruit crops, pp. 21-34. In: Diseases of Tropical Fruit Crops. PLOETZ, R. C. (ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- RAMAKRISHNA, M.; HARIBABU, K.; PURUSHOTHAM, K. 2002. Effect of postharvest application of growth regulators on storage behaviour of papaya (*Carica papaya* L.) CV. 'Co-2'. Journal of Food Science and Technology 39(6): 657-659.
- REGINATO, M. G.; LIZANA, A. 1980. Alteraciones detectadas en chirimoyas durante el almacenamiento. Investigación Agrícola 6(3): 97-101.
- SUSLOW, T.; CANTWEL, I. M. 2004. Tomate (Jitomate). Produce Facts. Postharvest Technology Research and Information Center, UC Davis. Davis, USA.
- WORRELL, D. B.; CARRINGTON, C. M. S.; HUBER, D. J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.). Scientia Horticulturae 57(1-2): 7-15.
- XUE, M.; ZHANG, P.; ZHAN, J.; WANG, L. 2003. Effect of postharvest treatment with GA₃ on physiological and biochemical changes of 'Cui jujube' fruit during cold storage. Acta Horticulturae Sinica 30(2): 147-151.
- ZARATE, R. R. D. 1995. Diseases of soursop, *Annona muricata* L., in Colombia: Characteristics, management and control. Fitopatología Colombiana 19(2): 68-74.