

Efecto del resveratrol en frutos de chirimoya bajo simulación de transporte*

Effect of resveratrol in cherimoyas under a transport simulation

Aaran Aquilino Morales Pérez¹, Omar Franco-Mora^{2§}, Álvaro Castañeda-Vildólzola² y Edgar Jesús Morales-Rosales²

¹Programa doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario "El Cerrillo" Piedras Blancas. C. P. 50000, Toluca, Estado de México. ²Laboratorio de Horticultura, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas. Tel: (01) 7222965518, Ext. 148. (aram_morper@yahoo.com.mx; acastanedav@uamex.mx; ejmoralesr@uamex.mx). [§]Autor para correspondencia: ofrancom@uamex.mx.

Resumen

Una vez cosechada, la chirimoya madura para consumo en 3 a 7 d, en ese periodo se ablanda y se daña con el manejo poscosecha y la transportación. El resveratrol (RVS) ha demostrado reducir la tasa de ablandamiento de chirimoya. En este trabajo, para minimizar los daños por manejo poscosecha y transportación, se aplicó 0 ó 1.6 mM de RVS en chirimoya 'Fino de Jete' a los 8 o 15 d antes de la cosecha (DAC). Se simuló manejo poscosecha y transportación y los frutos se almacenaron a temperatura ambiente (TA) entre 15 y 20 °C. Después de 15 d de almacenamiento, los frutos tratados con 1.6 mM RVS 15 DAC presentaron menor ($p < 0.05$) deshidratación (7.4%); la cinética del peso fresco no fue diferente cuando se aplicó 0 o 1.6 mM RVS a 8 DAC. Con una dosis de 1.6 mM de RVS se redujo ($p < 0.05$) la pérdida de firmeza del fruto (7.5 y 5.7%) y cáscara (9 y 3%) en ambas fechas de aplicación en relación al control.

Palabras clave: *Annona cherimola* Mill., climatérico, daños mecánicos, manejo poscosecha, transportación.

La chirimoya (*Annona cherimolla* Mill.) cosechada tarda de 3 a 7 d en madurar (González *et al.*, 2010) y se vuelve blanda y delicada para su manejo poscosecha y transportación. Los daños mecánicos son consecuencia de técnicas inapropiadas de cosecha, manejo y transportación

Abstract

Once harvested, the cherimoya fruit matures for consumption in 3 to 7 days; during this period, it softens and is damaged by the post-harvest handling and transport. Resveratrol (RVS) has been shown to reduce the ratio of softening for cherimoyas. In this paper, in order to minimize the damages due to post-harvest handling and transport, 0 or 1.6 mM of RVS was applied to cherimoya 'Fino de Jete' at 8 or 15 days before harvest (DBH). Post-harvest handling and transport was simulated and the fruits were stored at room temperature (RT) between 15 and 20 °C. After 15 days of storage, the fruits treated with 1.6 mM of RVS at 15 DBH showed less ($p < 0.05$) dehydration (7.4%); the kinetics of the fresh weight was not different when 0 or 1.6 mM of RVS were applied at 8 DBH. With a dose of 1.6 mM of RVS, there was a decrease ($p < 0.05$) in the loss of fruit firmness (7.5 and 5.7%) and in the loss of skin firmness (9 and 3%) for both dates of application with regard to the control.

Keywords: *Annona cherimola* Mill., climacteric, mechanical damages, post-harvest handling, transport.

Harvested cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) takes 3 to 7 days to mature (González *et al.*, 2010) and becomes soft and delicate for its post-harvest handling and transport. Mechanical damages are the result of unsuitable

y generan severos defectos de calidad (Martínez-Romero *et al.*, 2007), además, su incidencia ocurre en una época de severos cambios fisiológicos y morfológicos intrínsecos del fruto i.e. incremento en la tasa respiratoria y de producción de etileno, reacciones enzimáticas, síntesis de sacarosa, etc. (Chonhechob *et al.*, 2009). Los daños mecánicos principalmente son producto de la abrasión entre frutas y materiales adjuntos (piedras, tallos e insectos), impactos con otros frutos (Ericsson y Tahir, 1996) y prolongadas vibraciones durante la transportación (Armstrong *et al.*, 1995). Particularmente, en esta especie se reportan pérdidas hasta 39.3% por efectos de daños mecánicos en el manejo y transporte (Cerdas *et al.*, 2007), los daños pueden o no ser visibles y, ambos, reducen la vida poscosecha (Vergano *et al.*, 1992) y originan pérdidas económicas.

En trabajos previos, se encontró que RVS, que es un polifenol que promueve la lignificación de la pared celular (Van Buren, 1986), y favorece la protección contra agentes bióticos y abióticos (Anterola y Lewis, 2002), disminuyó la tasa de ablandamiento del fruto de chirimoya ‘Fino de Jete’ y ‘Bronceada’, sin afectar su calidad en color de cáscara y pulpa, olor, sabor, contenido de azúcares reductores y ácido ascórbico (Morales *et al.*, 2014). Con este antecedente, el objetivo del presente trabajo fue confirmar el efecto benéfico del RVS al disminuir la tasa de ablandamiento en chirimoya ‘Fino de Jete’ ahora bajo condiciones simuladas de manejo poscosecha y transporte.

Las chirimoyas ‘Fino de Jete’ del ciclo de cultivo 2011 fueron cosechados de árboles de 13 años, en el Centro de Investigación Científico y Tecnológico del Estado de México (CICTAMEX) Fundación Salvador Sánchez Colín, ubicado en Coatepec Harinas, México a 18° 46’ 38” latitud norte, 99° 46’ 38” longitud oeste y a 2 240 msnm. Los frutos de la parte basal y media de seis árboles fueron tratados con RVS, esto con un pincel aplicando la solución directamente al fruto (Morales *et al.*, 2014). Así, en cada árbol se tuvieron 4 tratamientos, a saber, frutos con 0 ó 1.6 mM de RVS, aplicado a 8 ó 15 días antes de la cosecha (DAC). Una vez que los frutos se cosecharon, los mismos se envolvieron en papel kraft y se transportaron al laboratorio de Horticultura de la Universidad Autónoma del Estado de México.

El equipo simulador de transporte se diseñó con plataforma de 0.48 x 0.40 m con capacidad de carga de 30 kg, equipado con motor Daycon Modelo 3M137B de 1/10 HP, adecuado con movimiento oscilatorio y trepidatorio, con ciclos repetitivos de 27 movimientos por min y vibraciones de 0.8

harvesting, handling, and transport techniques and generate severe quality defects (Martínez-Romero *et al.*, 2007). Furthermore, these incidences occur in an age of severe intrinsic physiological and morphological changes of the fruit, i.e. increase in the ratio of respiration and in the production of ethylene, enzymatic reactions, sucrose synthesis, etc. (Chonhechob *et al.*, 2009). The mechanical damages are mainly the product of abrasion between fruit and adjoining materials (rocks, stems, and insects), impact with other fruit (Ericsson and Tahir, 1996) and prolonged vibrations during transport (Armstrong *et al.*, 1995). Particularly in this species, losses of up to 39.3% are reported due to the effects of mechanical damage during handling and transport (Cerdas *et al.*, 2007); the damages can be either visible or not, but regardless reduce the post-harvest life (Vergano *et al.*, 1992) and create economic losses.

In previous works, it was found that RVS, which is a polyphenol that promotes the lignification of the cellular wall (Van Buren, 1986) and favors the protection against biotic and abiotic agents (Anterola and Lewis, 2002), decreases the softening ratio of chirimoya ‘Fino de Jete’ and ‘Bronceada’, without affecting its quality with regard to the color of the skin and pulp, smell, taste, content of reducing sugars and ascorbic acid (Morales *et al.*, 2014). With this precedent, the objective of this work was to confirm the beneficial effect of RVS in decreasing the softening ratio in chirimoya ‘Fino de Jete’ under simulated conditions of post-harvest handling and transport.

Chirimoyas ‘Fino de Jete’ for the 2011 harvesting cycle were harvested from 13 year old trees in the Centro de Investigación Científico y Tecnológico del Estado de México (CICTAMEX) Fundación Salvador Sánchez Colín, located in Coatepec Harinas, Mexico, at 18° 46’ 38” north latitude, 99° 46’ 38” west longitude, and at 2 224 m above sea level. The fruits of the mid and basal part of six trees were treated with RVS, applying the solution directly to the fruit using a brush (Morales *et al.*, 2014). In this manner, each tree received 4 treatments; fruits were applied 0 or 1.6 mm of RVS at 8 or 15 days before harvest (DBH). Once the fruit was harvested, it was wrapped in kraft paper and transported to the horticulture laboratory at the Universidad Autónoma del Estado de México.

The transport simulating equipment was designed with a 0.48 x 0.40 m platform with a 30 kg load capacity. It was equipped with a 1/10 HP Daycon motor model 3M137B, suitable with

hertz. Los frutos, colocados a granel en caja plástica, fueron sometidos a simulación de transporte por 2 h. Después, cada tercer día, desde 1 d después de la cosecha (DDC) hasta 15 DDC, se determinó pérdida de peso y firmeza del fruto y de la cáscara de las chirimoyas (Morales *et al.*, 2014), variables biofísicas que pudieran verse afectadas por los daños mecánicos de manejo poscosecha y transporte. Para la determinación de estas variables se emplearon 10 frutos por día, uno por repetición, en cada tratamiento. El análisis de datos fue en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) usando el software SPSS versión 19.

La aplicación 15 DAC de 1.6 mM RVS redujo ($p < 0.05$) la tasa de pérdida de peso, solo a los días 5, 13 y 15 de almacenamiento (Cuadro 1), al compararlo con 0 mM RVS. Mientras que la aplicación a 8 DAC de 1.6 mM RVS no generó diferencia en relación a su control por fecha. Estos datos no son consistentes para proponer a RVS como un reductor de la tasa de pérdida de peso en chirimoya, lo cual coincide con lo reportado en chirimoya 'Fino de Jete' y 'Bronceada' (Morales *et al.*, 2014). Es decir, no se observó un efecto reductor de la transpiración y deshidratación en frutos de esta especie.

Cuadro 1. Pérdida de peso en chirimoya cv. Fino de Jete, con aplicación de RVS a 8 y 15 días antes de cosecha sometido a simulación de transporte y almacenado a temperatura ambiente.

Table 1. Weight loss in cherimoya cv. Fino de Jete with the application of RVS at 8 and 15 DBH subject to transport simulation and stored at room temperature.

| Días antes de cosecha | Resveratrol mM | Pérdida de peso (%) en poscosecha (Días después de cosecha) | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|---|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--|--|--|
| | | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | | | |
| 8 | 0 | 95.2 a | 92.7 b | 90.5 a | 87.5 b | 85.3 a | 83.0 ab | 80.5 ab | | | |
| | 0.16 | 96.4 a | 93.9 ab | 92.2 a | 90.0 ab | 88.4 a | 87.3 a | 85.7 a | | | |
| 15 | 0 | 95.4 a | 93.0 b | 90.6 a | 88.0 ab | 85.8 a | 82.0 b | 78.0 b | | | |
| | 0.16 | 96.8 a | 95.8 a | 92.9 a | 91.0 a | 89.0 a | 87.4 a | 85.8 a | | | |

Medias con diferente letra en la columna y para cada fecha son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$). Media de 10 frutos \pm EE.

A la cosecha, los frutos tratados 8 DAC fueron menos firmes que aquellos tratados a 15 DAC, independientemente de la dosis de RVS. Podría sugerirse que a mayor tiempo de exposición a RVS, la firmeza del fruto en la cosecha fue mayor. Posteriormente, los frutos tratados con 1.6 mM de RVS fueron más firmes que su respectivo control para cada fecha de aplicación (Cuadro 2), esto de manera consistente a partir de 7 y 5 DDC, para la aplicación a 8 DAC y 15 DAC, respectivamente. Al final del almacenamiento, 1.6 mM de RVS evitó el ablandamiento por daño de simulación

oscillatory and shaking movement, with repetitive cycles of 27 movements per minute and vibrations of 0.8 hertz. The fruit was placed in bulk in a plastic box and was subjected to transport simulation for 2 hours. Afterwards on every third day, from 1 day after harvest (DAH) up to 15 DAH, the loss of weight and firmness of the fruit and of the skin of the cherimoyas were determined (Morales *et al.*, 2014), alongside biophysical variables that could be seen affected by the mechanical damages of post-harvest handling and transport. In order to determine these variables, 10 fruits per day were utilized, one per repetition in each treatment. The data was analyzed using an entirely random design with four treatments. The data was subject to an analysis of variance and a comparison of measurements using the Tukey test ($p < 0.05$) with a software SPSS version 19.

The application of 1.6 mm of RVS at 15 DBH decreased ($p < 0.05$) the weight loss ratio at only 5, 13, and 15 days of storage (Table 1), when compared to 0 mm of RVS. Whereas the application of 1.6 mm of RVS at 8 DBH did not make a difference in relation to its control by date. This data is not consistent in order to propose RVS as a means to reduce the weight loss ratio in cherimoya, which coincides with what was reported in cherimoya 'Fino de Jete' and 'Bronceada'

(Morales *et al.*, 2014). A decreasing effect with regard to the transpiration and dehydration in fruit of this species was not observed.

At harvest, the fruit treated 8 DBH was less firm than that treated 15 DBH, independent of the RVS dose. This could suggest that with a longer exposure to RVS, the firmness of the fruit at harvest is greater. Subsequently, the fruit treated with 1.6 mm of RVS was firmer than its respective control for each date of application (Table 2), this being consistent

de manejo y transporte en 7.5 y 5.7% para 15 y 8 DAC, respectivamente. En chirimoya 'Fino de Jete' y 'Bronceada' sin simulación de transporte, cuando se aplicó 1.6 mM a 15 DAC se redujo el ablandamiento hasta 78 y 54% al final de 15 días de almacenamiento (Morales *et al.*, 2014). En este trabajo, no se observó esta magnitud de reducción de ablandamiento del fruto con 1.6 mM RVS; este menor porcentaje de reducción en la tasa de ablandamiento probablemente fue efecto de la simulación de transporte. Se sabe, que el manejo y la transportación generan pérdidas cercanas a 40% de la producción (Cerdas *et al.*, 2007). Los presentes resultados confirman lo reportado por Jiménez *et al.* (2005), al observar que la aplicación de RVS mantuvo la firmeza en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.), manzana (*Malus communis* L.) y pimiento (*Capsicum annuum*), aunque la razón esgrimida por dicho autor, i.e. la menor deshidratación, no fue observada en chirimoya 'Fino de Jete'.

starting from 7 and 5 DAH, for application at 8 DBH and 15 DBH, respectively. At the end of the storage period, 1.6 mm of RVS prevented softening due to damage by the handling and transport simulation in 7.5 and 5.7% for 15 and 8 DBH, respectively. Softening was reduced up to 78 and 54% at the end of 15 days of storage for chirimoya 'Fino de Jete' and 'Bronceada' without transport simulation when 1.6 mm was applied 15 DBH (Morales *et al.*, 2014). In this work, the magnitude of reduction on the softening of the fruit with 1.6 mm of RVS was not observed; this lesser percentage of reduction in the ratio of softening was probably the effect of the transport simulation. It is known that handling and transport create losses of close to 40% of the production (Cerdas *et al.*, 2007). The current results confirm what was reported by Jiménez *et al.* (2005), by observing that the application of RVS maintained the firmness of avocado (*Persea americana* Mill.), apple (*Malus communis* L.), and

Cuadro 2. Firmeza de fruto en chirimoya cv. Fino de Jete, con aplicación de RVS a 8 y 15 días antes de cosecha sometido a simulación de transporte y almacenado a temperatura ambiente.

Table 2. Fruit firmness in chirimoya cv. Fino de Jete with the application of RVS at 8 and 15 DBH subject to transport simulation and storage at room temperature.

| Días antes de cosecha | Resveratrol mM | Firmeza de fruto (N) en poscosecha (días después de cosecha) | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|--|----------|----------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 |
| 8 | 0 | 528.0 b | 510.6 b | 412.7 c | 224.8 c | 98.2 c | 65.0 b | 42.8 b | 18.4 b |
| | 0.16 | 523.9 b | 510.3 b | 420.3 bc | 237.8 b | 114.6 b | 86.3 a | 67.1 a | 48.2 a |
| 15 | 0 | 540.8 a | 519.9 ab | 428.2 b | 242.2 b | 116.9 b | 62.7 b | 33.1 b | 11.9 c |
| | 0.16 | 541.1 a | 523.3 a | 435.1 a | 283.5 a | 180.7 a | 86.4 a | 65.6 a | 53.0 a |

Medias con diferente letra en la columna y para cada fecha son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$). Media de 10 frutos \pm EE.

La firmeza de la cáscara, cuando el fruto fue tratado con 1.6 mM de RVS a 15 DAC, fue mayor ($p < 0.05$) en relación al testigo; de manera constante desde 7 DDC hasta el final del almacenamiento. A los 15 DDC, la cáscara fue más firme en 9% con relación al control. Por otro lado, con 1.6 mM de RVS 8 DAC, los efectos fueron similares solo en el día 15 DDC, la cáscara fue más firme en 3.1% (Cuadro 3). Las vibraciones en transportación de frutos son considerados como un tipo de estrés (Chonhenchob *et al.*, 2009), 1.6 mM RVS a 15 DAC mantuvo la integridad celular posiblemente lignificando la pared de la misma (Van Buren, 1986). Así, evitó que la cáscara del fruto se ablandara, favoreciendo la resistencia del fruto a pesar de la simulación de transporte y durante el almacenamiento a temperatura ambiente.

pepper (*Capsicum annuum*), although the reason given by this author, i.e. less dehydration, was not observed in chirimoya 'Fino de Jete'.

The firmness of the skin when the fruit was treated with 1.6 mm of RVS 15 DBH was greater ($p < 0.05$) in relation to the control in a constant manner from 7 DAH until the end of the storage. At 15 DAH, the skin was firmer in 9% with relation to the control. On the other hand, with 1.6 mm of RVS 8 DBH, the effects were similar only at 15 DAH; the skin was firmer in 3.1% (Table 3). The vibrations during the transport of the fruit are considered a type of stress (Chonhenchob *et al.*, 2009). 1.6 mm of RVS 15 DBH maintained the cellular integrity possibly lignifying the wall of the fruit

Cuadro 3. Firmeza de cáscara en chirimoya cv. Fino de Jete, con aplicación de RVS a 8 y 15 días antes de cosecha sometido a simulación de transporte y almacenado a temperatura ambiente.

Table 3. Skin firmness in cherimoya cv. Fino de Jete with the application of RVS at 8 and 15 DBH subject to transport simulation and stored at room temperature.

| Días antes de cosecha | Resveratrol mM | Firmeza de cáscara (N) en poscosecha (días después de cosecha) | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|--|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|--|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | | | | |
| 8 | 0 | 166.7 b | 157.7 a | 142.3 b | 110.5 b | 75.0 b | 43.9 b | 24.8 b | 6.7 c | | | | |
| | 0.16 | 170.9 a | 162.6 a | 147.3 a | 111.7 b | 77.3 b | 45.2 b | 27.6 b | 10.3 b | | | | |
| 15 | 0 | 168.6 ab | 162.0 a | 147.1 a | 108.1 b | 73.6 b | 43.6 b | 25.9 b | 6.1 c | | | | |
| | 0.16 | 170.7 ab | 163.8 a | 149.7 a | 118.4 a | 87.2 a | 58.9 a | 44.2 a | 12.3 a | | | | |

Medias con diferente letra en la columna y para cada fecha son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$). Media de 10 frutos \pm EE.

Conclusiones

Concluyendo, con 1.6 mM de RVS 15 DAC los frutos de chirimoya ‘Fino de Jete’ almacenados a temperatura ambiente, y sometidos a simulación de transporte, redujeron ligeramente su tasa de deshidratación, y principalmente, existió reducción en la tasa de ablandamiento de fruto y de la cáscara. Este trabajo confirma la idea de que resveratrol pueda ayudar en aumentar la vida poscosecha de chirimoya (Morales *et al.*, 2104), en este caso, aún bajo condiciones simuladas de manipulación y vibración de transporte.

Literatura citada

- Anterola, A. M. and Lewis, N. G. 2002. Trends in lignin modification: a comprehensive analysis of the effects of genetic manipulations mutations on lignification and vascular integrity. *Phytochemistry*. 61(3):221-294.
- Armstrong, P. R.; Brown, G. K. and Timm, E. J. 1995. Cushioning choices can avoid produce bruising during handling. In: *Harvest and postharvest technologies for fresh fruits and vegetables*. Kushwada, L. R. Serwatowski, R. Brook. (ed). ASAE. Guanajuato, México. 183-190 pp.
- Cerdas, M.; Umaña, G. y Castro, J. 2007. Manual de manejo de poscosecha de anona (*Annona cherimola* Mill.). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 16 p.
- Chonhenchob, V.; Sittipod, S.; Swasdee, D.; Rachtanapun, P.; Singh, S. P. and Singh, J. 2009. Effect of truck vibration during transport on damage to fresh produce shipments in Thailand. *J. Appl. Packag. Res.* 3(1): 27-38.
- Ericsson, N. A. and Tahir, I. I. 1996. Studies on apple bruising. I. Estimation of incidence and susceptibility differences in the bruising of three apple cultivars. *Acta Agr. Scand.* 46(4):214-217.

(Van Buren, 1986); thus, preventing the skin of the fruit to soften, favoring the resistance of the fruit in spite of the transport simulation and during storage at room temperature.

Conclusions

In conclusion, with 1.6 mM of RVS 15 DBH the cherimoya ‘Fino de Jete’ stored at room temperature and subject to transport simulation had its dehydration ratio slightly reduced, and mainly there was a decrease in the softening ratio of the fruit and of the skin. This work confirms the idea that resveratrol can help to increase the post-harvest life of cherimoya (Morales *et al.*, 2014), in this case even under simulated conditions of handling and transport vibration.

End of the English version



- González, M.; Peinado, S.; Pinillos, V.; Hueso, J. y Alonso, F. 2010. Fenología de la maduración del fruto en chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Determinación de un índice de recolección. Fundación Cajamar. Almería, España. 16 p.
- Jiménez, J. B.; Orea, J. M.; Montero, C.; González-Ureña, A.; Navas, E.; Slowing, K.; Gómez-Serranillos, M. P.; Carretero, E. and De Martinis, D. 2005. Resveratrol treatment controls microbial flora, prolongs shelf life, and preserves nutritional quality of fruit. *J. Agr. Food Chem.* 53(5):1523-1530.
- Martínez-Romero, D.; Bailen, G.; Serrano, M.; Guillen, F.; Valverde, J. M.; Zapata, P.; Castillo, S. and Valero, D. 2007. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Crit. Rev. FoodSci. Nutr.* 47(6):543-560.
- Morales, P. A.; Franco-Mora, O.; Castañeda-Vildózola, A. y Morales-Rosales, E. 2014. El efecto antisenescente del resveratrol reduce la tasa de ablandamiento poscosecha de chirimoya. *Sci. Agr.* 5(1):35-44.

Van Buren, J. P. 1986. Softening of cooked snap beans and other vegetables in relation to pectins and salts. ACS Sym. Ser. 310:190-199.

Vergano, P. J.; Testin, R. F.; Choudhari, A. C. and Newall, W. C. 1992. Peach vibration bruising: effect of paper and plastic films between peaches. J. Food Quality. 15(2):183-197.