

AVANCES EN FISIOLÓGÍA Y TECNOLOGÍA POSTCOSECHA DE ANNONACEAE

Ricardo Elesbão Alves¹, Maria Auxiliadora Coelho de Lima² y José Luiz Mosca¹

¹Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, Brasil, elesbao@pesquisador.cnpq.br;

²Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, Brasil.

El género *Annona* incluye más de 50 especies, de las cuales apenas la guanábana (*A. muricata*), el saramuyo (*A. squamosa*), la anona colorada (*A. reticulata*), la chirimoya (*A. cherimola*) y la atemoya (*A. squamosa* x *A. cherimola*) tienen importancia económica (Brown *et al.*, 1988; São-José *et al.*, 2000) y son conocidas como tal en países como México (Feuchter-Astiazarám, 2006). Todas estas especies producen frutos bastante aromáticos, de sabor agradable, azucarado y ligeramente ácido (Leal, 1990; Oliveira, 1991; Kavati, 1992; Taylor, 1993). Además, estos son bastante perecederos, caracterizándose por una rápida maduración, se torna muy blando, difícil de ser manejados sin daños, y de conservación extremadamente reducida (<biblio>).

Estos frutos son clasificados como climatéricos y presentan aumento de la actividad respiratoria y de la producción de etileno durante la maduración (Alves *et al.*, 1997). Entretanto, al contrario de la mayoría de los frutos, la guanábana (Biale y Barcus, 1970; Bueso, 1980; Paull, 1982; Bruinsma y Paull, 1984; Worrell *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2003b), la chirimoya (Oliveira, 1991; Brown *et al.*, 1988; Lizana y Reginato, 1990; Martínez *et al.*, 1993; Palma *et al.*, 1993) y la atemoya (Brown *et al.*, 1988) presentan dos picos de actividad respiratoria. Como las anonas presentan frutos compuestos, constituidos por el desarrollo agregado de múltiples ovarios, se ha pensado inicialmente que ese comportamiento atípico en cuanto al estándar respiratorio pudiese ser atribuido a diferencias en las edades fisiológicas de los tejidos de los diferentes ovarios fecundados (Biale y Barcus, 1970; Paull, 1982). Pero, estudios realizados por Bruinsma y Paull (1984) han indicado que el aumento respiratorio inicial se debía al aumento en la respiración mitocondrial promovido de un incremento en el suministro de sustratos carboxilados, inducido, probablemente por el acto de la cosecha. Esta posibilidad fue reforzada posteriormente en guanábana (Paull, 1990) y en chirimoya (Oliveira, 1991). Otra observación que desacredita la primera hipótesis, es que en esos frutos, la producción de etileno generalmente sólo empieza a ser detectada cuando ya ocurrió el primer pico de CO₂ (Paull, 1982; Bruinsma y Paull, 1984; Worrell *et al.*, 1994; Lima *et al.* 2003b). En frutos climatéricos, en general, el pico respiratorio es precedido, o al máximo coincide con el pico de etileno (Alves *et al.*, 1997).

El reconocimiento del momento en que ocurren los cambios en la actividad respiratoria y en la producción de etileno de los frutos de Annonaceae permite una aproximación de la vida útil esperada para esos frutos una vez que estos eventos están asociados a una serie de otras alteraciones que resultan en la calidad óptima para el consumo. Bruinsma y Paull (1984) y Worrell *et al.* (1994) han registrado cambios en el desarrollo del sabor, en el pardeamiento de la cáscara y en el ablandamiento de la pulpa de guanábana durante la producción autocatflica de etileno. En chirimoya hay una coincidencia temporal entre el inicio de la producción de etileno, la degradación del almidón, la pérdida de firmeza y el aumento de los azúcares totales (Martínez *et al.*, 1993). Lima *et al.* (2003b) han destacado que los cambios más pronunciados en la firmeza de la pulpa de guanábana han ocurrido con el primer aumento respiratorio y con el pico de liberación de etileno, todavía que el inicio del proceso haya sido anterior a cualquier detección del etileno. De la misma forma, en ese período, también han sido registrados los cambios más importantes en la acidez titulable, sugiriendo que la actividad metabólica en esta fase promueve una degradación más intensa de constituyentes celulares del que la verificada en el climatérico.

Otro evento que también puede ser relacionado al climaterio y a la producción de etileno es la degradación del almidón. Lima (2002) ha observado que ocurriendo una disminución lineal en el contenido de almidón de guanábana después de la cosecha, es posible destacar una degradación más acentuada entre el tercer y/o cuarto día. En este mismo período, se ha registrado, en guanábanas mantenidas bajo temperatura ambiente, la más alta actividad total de amilasa y cambios pronunciados en los tenores de sólidos solubles, azúcares solubles y reductores; así como en la actividad de enzimas relacionadas al pardeamiento oxidativo de los tejidos, como polifenoloxidasas y peroxidasa. Estas respuestas indican que la proposición de tecnologías de conservación debe basarse en el mayor retraso posible de este estado de madurez (Lima *et al.*, 2003a).

La cáscara y la pulpa de los frutos también cambian de color y aspecto con la maduración. En guanábana, las variaciones y el color de la cáscara pueden ser caracterizadas por la reducción en el color y en la luminosidad, indicando que los frutos maduros pueden tener un color más claro (Lima *et al.* 2003b). Però, dependiendo de las condiciones y del material genético, esa variable no constituye un medio seguro para la indicación del grado de madurez en ese fruto (Lima *et al.* 2003a). La misma observación es válida para chirimoya (Palma *et al.*, 1993).

Con la completa madurez, en general, hay una tendencia de pardeamiento, principalmente de la cáscara, en guanábana (Flores, 1981; Lima, 2002) y chirimoya, más puede representar un problema también en saramuyo (Martinez *et al.*, 1993). Ese cambio comienza con el climaterio respiratorio (Worrell *et al.*, 1994).

A su vez, la producción de compuestos volátiles es paralela a la del etileno, alcanzando el máximo cinco días después de la cosecha, en la misma ocasión en que se verifican los máximos de azúcares y ácidos (Paull *et al.*, 1983) y la máxima preferencia sensorial (Lizana y Reginato, 1990). Después del pico, ocurre una declinación en la producción de los principales constituyentes del aroma y aparecen volátiles a los cuales se le atribuye el olor raro del fruto sobremaduro (Paull *et al.* 1983). Esa misma tendencia es observada con relación a azúcares y ácidos orgánicos.

Considerando la importancia de aumentar la vida de anaquel de frutos de Annonaceae como forma de reducción de pérdidas y rentabilidad más alta del negocio agrícola, sea para mercadeo *in natura* o para transformación industrial en pulpas, jugos, etc., sus peculiaridades, desde la formación hasta la fisiología de la maduración y los atributos de calidad, deben ser consideradas como requisito para una definición segura de procedimientos de cosecha y poscosecha (Alves *et al.* 1997).

En esta expectativa, el rápido ablandamiento es un evento crítico para las operaciones de manejo, empaque, transporte y distribución de los frutos de Annonaceae, requiriendo acciones efectivas para su limitación. Tales acciones dependen del amplio conocimiento de los factores involucrados y de las técnicas eficientes de conservación poscosecha. Entretanto, pocos estudios han sido realizados en este sentido. En guanábana, Lima (2002) concluyó que entre las enzimas pectinametilsterasa, poligalacturonasa, β -galactosidasa y β -galactosidasa, las tres primeras deben contribuir más directamente para el proceso.

Entre las tecnologías que permiten prolongar el periodo de conservación y mantener las características de calidad propias del fruto, la refrigeración es una de las más eficaces y de empleo general. Però, los frutos de las Annonaceae presentan sensibilidad al frío. En general, sufren daños fisiológicos cuando son almacenados a temperaturas convencionales de refrigeración (Alves *et al.* 1997), manifestando síntomas como pardeamiento de la pulpa, pérdida de sabor, daños superficiales (decoloración y depresiones), mantenimiento o aumento de la firmeza de la pulpa, pérdida de la capacidad de madurar y aceleración de la senescencia (Luchsinger, 1999).

Entre las Annonaceae, las temperaturas ideales de almacenamiento de los frutos son variables. Mosca (1996) observó que el almacenamiento de guanábanas a 15 °C permitía un incremento de tres días en el tiempo necesario para la maduración. Por otro lado, Silva *et al.* (2001) han observado que esos frutos no podrían ser mantenidos a temperaturas entre 12 y 14 °C por más de seis días. Para saramuyo, Broughton y Guat (1979) han considerado que las condiciones ideales de almacenamiento comprenden temperaturas entre 15 y 20 °C, bajas presiones de oxígeno y etileno en conjunto con altos niveles de CO₂, además de humedad relativa de 85-95%. Estudios realizados con atemoya han indicado que después de 6 días de almacenamiento a 12 °C, es posible mantener los frutos en condiciones de comercialización por más tres días a 20 °C (Batten, 1990). Para chirimoya, temperaturas entre 7 y 10°C, dependiendo de la variedad (Palma *et al.*, 1993), o el mismo de 11 °C (Lizana y Reginato, 1990) han resultado en daños por frío.

El uso de atmósfera modificada complementando la refrigeración ha contribuido significativamente para extender la vida de anaquel de frutos y hortalizas, manteniendo su calidad (Kader, 1995). Pocos estudios fueran realizados sobre la utilización de esta técnica en frutos de Annonaceae. Silva *et al.* (2001) han observado que guanábanas empacadas individualmente en bandejas de poliestireno revestidas con una película de polietileno flexible y bajo 12 °C y 14 °C mantienen su calidad por hasta 22 días.

En el trabajo realizado por Babu *et al.* (1990), se ha verificado que la vida de anaquel del saramuyo puede ser prolongada hasta cuatro días, utilizándose la asociación de tratamientos poscosecha como: empaque de polietileno; recubrimiento con emulsión de cera; inmersión en regulador de crecimiento (ANA - ácido naftaleno-acético y 2,4-D - ácido 2,4-diclofenoxiacético) y fungicida ('Bavistin' - carbendazim); o con el uso de absorbedor de etileno (KMnO₄ - permanganato de potasio).

Es posible también que la maduración de los frutos sea retrasado por medio del uso de inhibidores de la producción y de la acción de etileno (Abdi *et al.*, 1998). En este sentido, algunos estudios han sido realizados con la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en guanábana, atemoya y saramuyo. Ese gas, utilizado a concentraciones de 200 nL L⁻¹, permitió un retraso en la pérdida de firmeza y en el aumento del tenor de sólidos solubles, decurrente en la maduración de guanábana (Lima, 2002; Lima *et al.*, 2004). La misma respuesta fue observada en ese mismo estudio con la aplicación de cera o de la asociación cera + 1-MCP. Pero, Hofman *et al.* (2001) y Benassi *et al.* (2003) no han observado efecto de la aplicación de 1-MCP sobre el contenido de sólidos solubles, en atemoya y saramuyo, respectivamente. En saramuyo, dosis de 1-MCP de 270 nL L⁻¹ y 810 nL L⁻¹ han resultado en la pérdida de firmeza más lenta.

Todavía, bajos niveles de etileno y oxígeno, o niveles altos de CO₂ en el cuarto frío (atmósfera controlada) pueden ser recursos útiles para prolongar el almacenamiento (Alves *et al.*, 1997). Entretanto, hay pocos estudios en estas áreas con Annonaceae y las informaciones disponibles aun son escasas para permitir mayor flexibilidad en el mercadeo y alcance de mercados más distantes.

LITERATURA CITADA

Abdi, N.; Mcglasson, W. B.; Holford, P.; Williams, M.; Mizrahi, Y. Responses of climateric and suppressed-climateric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.14, n. 1, p. 29-39, 1998.

Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Mosca, J. L. Colheita e pós-colheita de Annonaceae. In: São-José, A.R.; Souza, I. V. B.; Morais, O. M.; Rebouças, T. N. H. Annonaceae: produção e mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, p. 240-256. 1997.

- Aziz, P. A.; Yusof, S. Physico-chemical characteristics of soursop fruit (*Annona muricata*) during growth and development. ASEAN Food Journal, v. 9, n. 4, p. 147-150, 1994.
- Babu, K. H.; Zaheeruddin, M.; Prasad, P. K. Studies on postharvest storage of custard apple. Acta Horticulturae, v. 269, p. 299, 1990.
- Batten, D. J. Effect of temperature on ripening and pos-harvest life of fruit of atemoya (*Annona cherimola* Mill x *A. squamosa* L.) cv. 'African Pride'. Scientia Horticulturae, v. 45, n. 1-2, p. 129-136, 1990.
- Benassi, G.; Correa, G. A. S. F.; Kluge, R. A.; Jacomino, A. P. Shelf life of custard apple treated with 1-methylcyclopropene – an antagonist to the ethylene action. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 115-119, 2003.
- Biale, J. B.; Barcus, D. E. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon basin. Tropical Science, v. 12, n. 2, p. 93-105, 1970.
- Broughton, W. J.; Guat, T. Storage conditions and ripening of the custard apple *Annona squamosa* L. Scientia Horticulturae, v. 10, n. 1, p. 73-82, 1979.
- Brown, B. I.; Wong, L. S.; George, A. P.; Nissen, R. J. Comparative studies on the postharvest physiology of fruit from different species of *Annona* (custard apple). Journal of Horticultural Science, v. 63, n. 3, p. 521-528, 1988.
- Bruinsma, J.; Paull, R. E. Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. Plant Physiology, v.76, p.131-138, 1984.
- Bueso, C. E. Soursop, tamarind and chironja. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses. Westport: AVI, 1980. p. 375-406.
- Feuchter-Astiazarám, F.R. Cultivos alternativos de diversificación y reconversión productiva para los distritos de riego y temporal en México. 2006. (Internet)
- Flores G., A. A. Estudios de dinamica de maduración en guanabana (*Annona muricata* L.). Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science, v. 25, p. 267-274, 1981.
- Hofman, P. J.; Jobin-Décor, M.; Meiburg, G. F.; Macnish, A. J.; Joyce, D. C. Ripening and quality response of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. Australian Journal of Experimental Agriculture, Victoria, v. 41, p. 567-572, 2001.
- Kader, A. A. Regulation on fruit physiology by controlled/modified atmospheres. Acta Horticulturae, Kyoto, n. 398, p. 81-91, 1995.
- Karakurt, Y.; Huber, D. J. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. Postharvest Biology and Technology, v. 28, n. 2, p. 219-229, 2003.



- Kavati, R. O cultivo da atemóia. In: Donadio, L. C.; Martins, A. B. G.; Valente, J. P. Fruticultura Tropical. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 39-70.
- LEAL, F. Sugar apple. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKI, W. F. ed. Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses. Lake Alfred: FSS, 1990. cap. 7, p. 149-158.
- Lima, M. A. C. de. Alterações bioquímicas e fisiológicas durante a maturação e o armazenamento de graviola sob refrigeração associada a 1-metilciclopropeno e cera. Tese – Doutorado. Universidade Federal do Ceará. 2002.
- Lima, M. A. C. De; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C. Avaliação da qualidade e da suscetibilidade ao escurecimento oxidativo de graviola (*Annona muricata* L.) durante a maturação pós-colheita. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, Miami, v. 46, p. 23-26, 2003a.
- Lima, M. A. C. De; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Enéas-Filho, J. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) 'Morada' sob temperatura ambiente. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 49-52, 2003b.
- Lima, M. A. C. De; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Lima, J. R. G. Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 433-437, 2004.
- Lizana, L. A.; Reginato, G. Cherimoya. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKI, W. F. ed. Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses. Lake Alfred: FSS. 1990. cap. 6, p. 31-148.
- Luchsinger, L. E. Problemas de oscurecimiento interno en frutas por efecto de tratamientos postcosecha. In: Alves, R.E.; Veloz, C.S. (Org.). Exigências quarentenárias para exportação de frutas tropicais e subtropicais. Fortaleza: Embrapa – CNPAT/CYTED/CONACYT, 1999. p. 183-190.
- Martinez, G.; Serrano, M.; Pretel, M. T.; Riquelme, F.; Romojaro, F. Ethylene biosynthesis and physico-chemical changes during fruit ripening of cherimoya (*Annona cherimola* Mill). Journal of Horticultural Science, v. 68, n. 4, p. 477-483, 1993.
- Morgutti, S.; Negrini, N.; Mignani, I.; Bassi, D.; Cocucci, M. Flesh softening and phosphorylation of soluble polypeptides in relation to ethylene production in *Prunus persica* fruits with different ripening pattern. Acta Horticulturae, n. 682, v. 1, p. 155-162, 2005.
- Mosca, J. L. Estudos de maturação e práticas pós-colheita para conservação de frutos de Annonaceae *in natura*. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1996. (Relatório Técnico Parcial ao FUNDECI/BNB). 6 p.
- oliveira, G. S. F. de. Estudio de los cambios fisico-químicos y fisiológicos de la maduración de chirimoya (*Annona cherimola* Mill). Influencia de la atmosfera controlada. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1991. 221 p. (Tese: Doutorado).
- Palma, T.; Aguilera, J. M.; Stanley, D. W. A review of postharvest events in cherimoya. Postharvest Biology and Technology, v. 2, n. 3, p. 187-208, 1993.



Paull, R. E. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 107, n. 4, p 582-585, 1982.

PAULL, R. E. Soursop fruit ripening - Starch breakdown. *Acta Horticulturae*, v. 269, p. 277-281, 1990.

São-José, A. R.; Angel, D. N.; Bomfim, M. P.; Rebouças, T. N. H. Cultivo da graviola. In: *Semana Internacional De Fruticultura E Agroindústria*, 7, 2000, Fortaleza, Cursos...Fortaleza: SINDIFRUTA, FRUTAL, 2000. 35 p. CD-ROM.

Silva, S. M.; Martins, L. P.; Santos, J. G. Dos; Alves, R. E.. Conservação pós-colheita de frutos de graviola (*Annona muricata* L.) sob atmosfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Hermosillo, v. 4, n. 1, p. 6-12, 2001.

Taylor, J. E. Exotics. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. *Biochemistry of fruit ripening*. Cambridge: Chapman & Hall, 1993. p.152-187.

Trindade, D. C. G. Da; Lima, M. A. C. De, Azevedo, S. S. N. Armazenamento refrigerado de atemóia cv. African Pride associado ao uso de PVC e cera. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS**, 1, 2005, João Pessoa. Anais.... João Pessoa: UFPB/SBF. 2005. CD-ROM.

Worrell, D. B.; Carrington, C. M. S.; Huber, D. J. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, v. 57, p. 7-15, 1994.