

## CONOCIMIENTOS ACTUALES SOBRE LOS COMPUESTOS DEL AROMA DE LA CHIRIMOYA

*Jorge A. Pino*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, La Habana 19200, Cuba.*

*E-mail: jpino@iiaa.edu.cu*

### RESUMEN

El trabajo presenta una revisión de los aspectos fundamentales con relación a los compuestos del aroma de la fruta de chirimoya. Con el uso de diferentes técnicas analíticas (destilación, extracción, espacio de cabeza y microextracción en fase sólida), los compuestos volátiles han sido analizados en conjunto principalmente con la cromatografía de gases-espectrometría de masas. En la fruta, más de 270 compuestos volátiles se han reportado, pero solo unos pocos son considerados como contribuyentes importantes del aroma. Los compuestos volátiles en la chirimoya que se han reportado pueden ser influenciados por varios factores, tales como las variedades y estado de madurez de la fruta.

**Palabras clave:** chirimoya, compuestos del aroma, revisión.

### ABSTRACT

#### **Current knowledge about aroma compounds of cherimoya**

This work presents a review on fundamental aspects related to the aroma compounds in cherimoya fruit. Using different analytical techniques (distillation, extraction, headspace and solid-phase microextraction), the volatile compounds have been analyzed in conjunction mainly with gas chromatography-mass spectrometry. In the fruit, more than 270 volatile compounds have been reported, but only few of these volatiles are considered important contributors to the aroma. Volatile compounds in cherimoya that have been reported can be influenced by various factors including the varieties and fruit maturity.

**Keywords:** cherimoya, aroma compounds, review.

### INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales han atraído a las personas por su apariencia exótica y sabores únicos. Se sabe que varios cientos de especies de frutas tropicales comestibles crecen en todo el mundo, pero solo unas pocas, como el plátano, la piña, el mango y la papaya, se consumen comúnmente fuera de sus áreas de cultivo. Además de estas frutas tropicales importantes, otras como la guayaba, el maracuyá y ciertas frutas del género *Annona*, también son populares en algunas regiones. En los últimos años, los valores económicos de algunas de estas frutas subvaloradas han aumentado debido a su valor nutricional y al aumento de la producción. Sin embargo, el conocimiento del aroma de estas frutas tropicales ha recibido menos atención que las de las frutas principales.

Las frutas nativas presentan oportunidades únicas para ampliar o reconquistar los mercados nacionales, diversificar la producción agrícola y participar en el

---

**Jorge A. Pino:** Investigador titular del Dpto. de Aromas del IIIA. Es Doctor en Ciencias Técnicas (CNIC, La Habana, 1980) y Doctor en Ciencias (IFAL, La Habana, 2011). Investiga en la química y tecnología del aroma de los alimentos y aceites esenciales.

desarrollo sostenible de áreas específicas. Por otro lado, al responder a la necesidad de los mercados urbanos, los cultivos deben adaptarse a los requisitos de los nuevos consumidores y las nuevas condiciones de crecimiento. Por ejemplo, controlar las plagas y enfermedades es un aspecto importante cuando la planta se cultiva comercialmente. Además, se ha prestado mucha atención a algunos otros estudios como la biología reproductiva, la herencia de los principales rasgos y la existencia de un conjunto genético adecuado para la reproducción, incluidos cultivares y especies relacionadas, silvestres o en una etapa intermedia de domesticación. Estos datos son importantes no solo para la mejora genética de nuevos cultivos, sino también para la conservación segura de su diversidad, salvaguardando nuestra capacidad para responder a las necesidades futuras.

La impresión de sabor general está determinada por el olor y el sabor. El color y la textura de un producto también pueden modificar la evaluación subjetiva general de un sabor particular. Sin embargo, el aroma es el factor más importante que contribuye al sabor característico de la mayoría de los alimentos.

Esta revisión aborda la composición del aroma de la chirimoya. La misma se concentrará en los compuestos del aroma en dos aspectos que reflejan las tendencias y desarrollos recientes y futuros en la investigación del aroma: la metodología analítica para la determinación de compuestos volátiles y la contribución de los componentes individuales al aroma.

## ASPECTOS GENERALES DE LA CHIRIMOYA

El género *Annona* es la fuente más importante de frutas comestibles en la familia botánica Annonaceae. El nombre *annonia* deriva del latín que significa cosecha anual (1). Las especies de *Annona* son arbustos o árboles pequeños, con una altura de 5 a 11 m; están erectos o un poco extendidos y poseen una corteza gris-marrón, a menudo áspera y corrugada (2, 3).

Las especies de *Annona* más comunes son la chirimoya (*Annona cherimola* Miller), guanábana (*Annona muricata* L.), anón (*Annona squamosa* L.), mamón (*Annona reticulata* L.), bagá (*Annona glabra* L.), atemoya (*A. cherimola* × *A. squamosa*) y chirimoya cimarrona (*Annona chrysophylla* Boj.). Estas especies tienen varios nombres comunes y estos deben usarse con

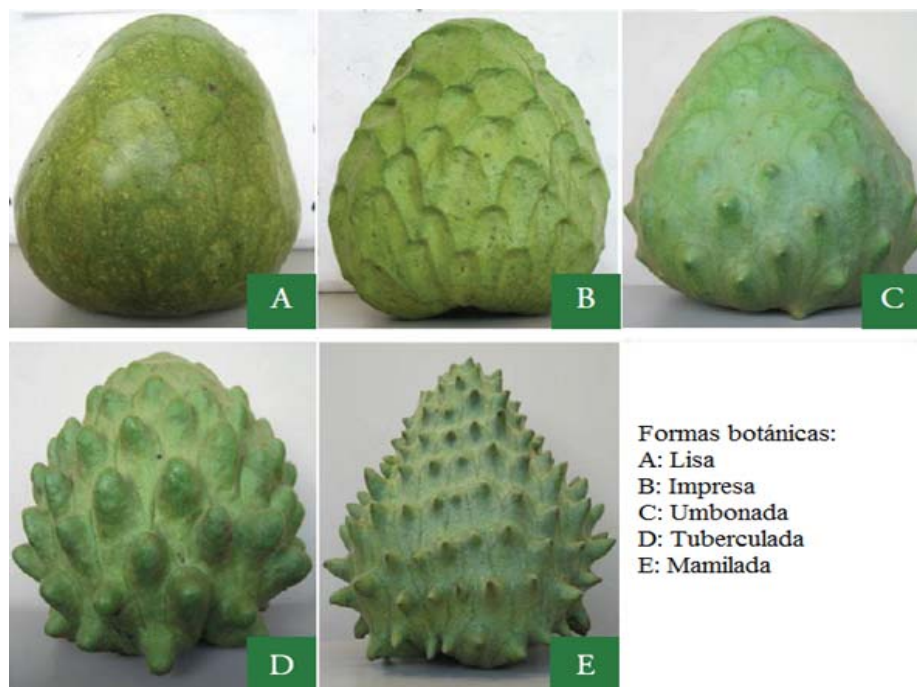
precaución porque algunos nombres pueden aplicarse a dos o más especies en diferentes países, o incluso en diferentes regiones del mismo país. Por lo tanto, las descripciones botánicas son esenciales para distinguir entre ellas. La literatura botánica clave está incluida en varios reportes (2, 4-6).

Se cree que *A. cherimola* tiene su origen en los valles fríos, pero libres de heladas de los Andes a una altitud de entre 700 y 2 400 m (7). La fruta es cónica o algo en forma de corazón, 10 a 20 cm de largo y hasta 10 cm de ancho, con un peso promedio de 0,1 a 0,5 kg, pero las frutas más grandes pueden alcanzar los 2 kg de peso. La piel, delgada o gruesa, puede ser lisa con marcas parecidas a huellas dactilares o cubiertas con protuberancias cónicas o redondeadas. La carne dulce, jugosa y blanca se está derritiendo, es subóptica y muy fragante (3, 8).

La fruta es de una forma primitiva con carpelos dispuestos en espiral, que se asemeja a una frambuesa. Cada segmento de carne rodea una sola semilla dura de color negro. El tamaño de la fruta generalmente es proporcional a la cantidad de semillas que contiene. La fruta es carnosa y suave, dulce, de color blanco, con una textura parecida a la crema, que le da su nombre secundario: chirimoya (3, 8). Se conoce que existen cinco formas botánicas diferentes por la forma del fruto y la textura de la cáscara, formada por carpelos y segmentos externos llamados areolas (3): forma *impresa* o dedo impreso, forma *laevis* o lisa, forma *tuberculata* o tuberculada, forma *mamillata* o mamilada y forma *umbonata* o umbonada (Fig. 1).

El sabor de la pulpa puede caracterizarse como una mezcla de piña, mango y fresa. Independientemente de su apariencia inusual, la chirimoya es fácilmente aceptada por los consumidores debido a su buen sabor y aroma, y se ha convertido en una fruta tropical favorita. La pulpa puede comerse fresca, preparada en bebidas y sorbetes (9, 10). La pulpa y otras partes de la planta tienen importancia farmacológica (10).

La fruta se cultiva principalmente en el Mediterráneo (11). El mercado de exportación es bajo, solo el 8 a 10 % se vende a países europeos. Sin embargo, el mercado europeo está interesado en esta fruta (12). La chirimoya se considera un cultivo importante en Chile, donde se cultiva para los mercados nacionales e internacionales, principalmente los EE.UU., Japón y varios



**Fig. 1. Formas botánicas de la chirimoya (3).**

países latinoamericanos. La fruta también se produce en una escala comercial limitada en Argentina, Bolivia, Ecuador, México y Perú (6) y la producción ha comenzado en Colombia y Brasil. Fuera de Europa y América. La chirimoya se cultiva en África Central, Sudáfrica, Tailandia, Indonesia, Australia y Nueva Zelanda (6). En general, la fruta tiene un alto precio al por mayor, pero los costos también son altos debido a los altos costos laborales que incluyen poda, polinización, control de hormigas e irrigación (3) y el deterioro de la fruta, por ejemplo, pérdidas importantes de cultivos por heladas y división de frutas (13). En América del Sur, la mosca de la fruta es una amenaza adicional. Estas instancias hacen que el cultivo comercial no sea el resultado, lo que resulta en que la mayoría de las chirimoyas se consumen o se venden a partir de plantas que crecen en huertos familiares o en la naturaleza. En particular, la chirimoya es un cultivo de traspatio importante en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Las verdaderas plantaciones se encuentran solo en España, Chile y EE.UU. (6).

Se conocen excelentes cultivares, todos producidos por propagación vegetativa, que se plantan a escala comercial en España, Chile, Australia, Israel, EE.UU. y la isla de Madeira. Los cultivares comerciales más importantes son White, Bays, Golden Russet, Libby y

Lisa en EE.UU.; Whaley, Pink's Mammoth y Mosman en Australia; Concha Lisa y Bronceada en Chile; y Kabri y Malalai en Israel (14). En España, los cultivares más importantes son Fino de Jete y Campas (14, 15), mientras que en Nueva Zelanda es Reretai y en Portugal, Funchal y Mateus I. En las regiones donde la chirimoya es aún un cultivo marginal, se deben aplicar nuevos métodos: polinización artificial, injerto de cultivares superiores ya sea en estacas de la misma especie o estacas de *A. squamosa* o *A. glabra*, el control de la antracnosis y los insectos perforadores de semillas, el control de los saltadores verdes, así como la manipulación y envasado de frutas (3, 8, 13, 14).

La chirimoya es una fruta muy digestiva y nutritiva, se caracteriza por su alto contenido de agua; posee características muy particulares debido a la combinación armónica en su composición de ácidos y azúcares (13). La composición química general de la chirimoya ha sido reportada por varios autores (1, 7, 9, 16, 17).

### CONSTITUYENTES DEL AROMA

La caracterización de compuestos del aroma en los alimentos sigue siendo un desafío, a pesar de las técnicas sofisticadas ahora disponibles para los analistas. Estos compuestos volátiles están generalmente presentes en

estas matrices en concentraciones muy bajas (ppm o ppb). Además, tienen una amplia gama de polaridades, solubilidades, volatilidades, estabildades térmicas y de pH. Las matrices que los contienen pueden ser muy complejas y causar interferencia con las técnicas de aislamiento. Por lo tanto, no hay solo un método simple para el aislamiento e identificación de los compuestos del aroma. En cambio, los analistas primero deben preguntarse lo que desean lograr con el análisis y luego elegir un método analítico o combinación de métodos que funcionará mejor. Los objetivos típicos de análisis incluyen obtener un perfil de aroma completo de la muestra, buscando determinados compuestos o comparar muestras.

Se han publicado varias revisiones de los estudios sobre los compuestos volátiles de las frutas del género *Annona* (18-22) que informan la presencia de más de 270 compuestos volátiles en esta fruta.

Los compuestos volátiles fueron estudiados tempranamente con la introducción de la cromatografía de gases de alta resolución-espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (HRGC-FTIR) (23). En este trabajo, puramente cualitativo, los compuestos de la pulpa de un cultivar chileno fueron aislados por destilación a alto vacío y posterior extracción líquida-líquida del destilado con pentano-diclorometano (2:1). Mediante cromatografía de adsorción, el extracto se separó en tres fracciones para su posterior análisis por GC. Como resultado, se identificaron 26 compuestos químicos volátiles, que incluyeron 13 alcoholes, 10 ésteres, dos ácidos y el 1,4-dimetoxibenceno. La evaluación sensorial no se llevó a cabo en esta investigación.

Estos autores utilizaron los mismos procedimientos analíticos e incorporaron la cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) para analizar el mismo cultivar chileno. En total, se identificaron 208 volátiles, incluidos 58 ésteres, 54 alcoholes, 47 carbonilos, 23 hidrocarburos y 26 compuestos volátiles de estructuras misceláneas. Cuantitativamente, los alcoholes, tales como butan-1-ol, 3-metilbutan-1-ol, hexan-1-ol y linalol y una serie de butanoatos y otros ésteres de 3-metilbutilo comprendieron la parte principal de los constituyentes. Aunque la evaluación sensorial no se hizo, los autores declararon que los ésteres deben ser importantes en el aroma de esta fruta (24).

Un año después se analizaron los constituyentes volátiles mediante el método del espacio de cabeza y adsorción con trampas de carbón. Se identificaron 56 compuestos, principalmente ésteres metílicos y etílicos de ácidos alifáticos, especialmente del ácido butanoico. Aunque la presencia de los butanoatos fue importante, no fue suficiente para explicar el sabor característico de la chirimoya (25). La evaluación sensorial no se consideró en este trabajo.

Los ácidos volátiles de un cultivar chileno fueron aislados mediante extracción directa de la pulpa con pentano/diclorometano (2:1) e identificados por GC-MS (26). En total, se cuantificaron 47 ácidos, entre los cuales los mayoritarios fueron el ácido hexanoico (3 ppm) y ácido octanoico (1 ppm).

La composición volátil de la chirimoya cubana fue investigada por GC-FID y GC-MS luego del aislamiento mediante destilación-extracción simultáneas (27). Se identificaron 47 constituyentes, entre ellos los mayoritarios  $\alpha$ -pineno (23 ppm), terpinen-4-ol (19,8 ppm),  $\alpha$ -tuyeno (18,7 ppm) y germacreno D (17,6 ppm). La evaluación sensorial no se llevó a cabo en esta investigación.

El análisis, mediante la microextracción en fase sólida del espacio de cabeza (HS-SPME) combinado con GC-MS, de los compuestos volátiles en variedades de Madeira. La técnica de HS-SPME fue optimizada en términos de tipo de fibra, tiempo de extracción, temperatura de extracción y tamaño de muestra para lograr la mayor eficiencia de extracción. El mejor resultado se obtuvo con 2 g de muestra, con la fibra de divinilbenceno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) por 30 min a 30 °C bajo agitación magnética constante (800 min<sup>-1</sup>). Se identificaron alrededor de 60 compuestos volátiles. Los mayores constituyentes en las variedades fueron butanoato de metilo, butanoato de butilo, butanoato de 3-metilbutilo, 3-metilbutanoato de 3-metilbutilo y 5-hidroximetil-2-furfural (28). La evaluación sensorial no se hizo en esta investigación.

Recientemente, se reportó el estudio más completo, hasta la fecha, para determinar los compuestos volátiles sensorialmente activos en la chirimoya (29). En el estudio se emplearon dos técnicas de aislamiento: HS-SPME optimizada y evaporación asistida con disolvente

(SAFE); combinadas con GC-FID, GC-MS, cromatografía de gases-olfatometría (GC-O) y la determinación de los valores de actividad olfativa (OAV). El análisis permitió la identificación de 92 compuestos volátiles. De ellos, 18 fueron considerados como contribuyentes potenciales del aroma típico de la fruta y dentro de ellos, el butanoato de 3-metilbutilo,  $\alpha$ -pineno, 2-metilbutanoato de metilo, butanoato de butilo y 3-metilbutanoato de 3-metilbutilo fueron los más activos. La HS-SPME tiene una gran potencial como herramienta rápida y simple para el control de calidad del aroma de la chirimoya.

### **CAMBIOS EN EL PERFIL DEL AROMA**

El aroma de las frutas está influenciado por varios factores, entre los que se incluyen el estado de madurez, las variedades y las condiciones de procesamiento.

#### **Influencia del estado de madurez**

Como en otras frutas climatéricas, muchos de los cambios relacionados con la calidad ocurren durante la maduración de la fruta. El etileno juega un papel importante en la coordinación de muchos de estos cambios. En la chirimoya, la respiración muestra un patrón particular durante la maduración, descrito por una curva sigmoidea doble. El primer aumento ocurre poco después de la cosecha y es seguido por una meseta, que a su vez es seguida por un segundo pico. Tanto la tasa de respiración como la producción de etileno son muy altas durante la maduración, y la producción de etileno aumenta al comienzo de la meseta observada para la respiración (13, 30-33). Muchos de los cambios relacionados con la calidad organoléptica, como el ablandamiento, los aumentos de azúcar y ácidos, así como la biosíntesis del aroma, parecen comenzar después del primer pico respiratorio, antes que el aumento en la producción de etileno. Los azúcares y los ácidos influyen en las propiedades de sabor de la chirimoya, impartiendo dulzura y acidez, respectivamente. Se ha encontrado que el ácido málico es el ácido predominante, con ácidos tartárico y cítrico presentes en concentraciones más bajas. El desarrollo de la dulzura se asocia con un aumento en el contenido de sólidos solubles. Este aumento está relacionado principalmente con un aumento en los azúcares, que resulta de la conversión del almidón en azúcares simples como fructosa, glucosa y sacarosa (34).

Los metabolitos relacionados con el aroma y sabor se caracterizaron en dos variedades importantes, cv. Concha Lisa y cv. Bronceada, durante la maduración de la fruta. Los azúcares más importantes presentes fueron glucosa, fructosa y sacarosa, y solo la fructosa y la glucosa aumentaron durante la maduración. Los ácidos más importantes fueron ácido tartárico, málico y cítrico, y todos aumentaron a medida que progresaba la maduración. El perfil general del aroma fue determinado principalmente por ésteres y terpenos en ambas variedades. Los ésteres, tales como el hexanoato de etilo, butanoato de butilo y propanoato de hexilo aumentaron durante la maduración. La actividad de la alcohol aciltransferasa también aumentó durante la maduración de la fruta concomitante con la acumulación de los ésteres. Los terpenos, como  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno, mostraron una reducción durante la maduración, mientras que otros, como el mircenol y limoneno aumentaron su concentración (34).

#### **Influencia de las variedades**

Un estudio demostró que cada uno de los cuatro cultivares de chirimoya tiene 40 compuestos comunes, que corresponden a distintas familias químicas, a saber, terpenos, ésteres, alcoholes, ácidos grasos y compuestos de carbonilo y con el uso del análisis de componentes principales, la composición volátil en términos de áreas pico promedio, proporcionó una herramienta adecuada para diferenciar a los cultivares (28).

#### **Influencia del procesamiento**

Debido a sus características enzimáticas, la chirimoya no puede ser sometida a procesos térmicos y su procesamiento debe utilizar refrigeración o congelación, la adición de antioxidantes para evitar la oxidación enzimática y la consiguiente coloración (35).

Es curioso que no se reporte ningún estudio con relación al efecto del procesamiento sobre los constituyentes volátiles de la chirimoya.

### **COMENTARIOS FINALES**

La chirimoya se consume en varias regiones del mundo, específicamente América y Europa constituyen los principales mercados de consumo. Las frutas maduras son mejores para comer frescas, pero se pueden preparar muchos productos procesados, particularmente

aquellos que no llevan tratamientos térmicos. La chirimoya es una fruta muy digestiva y nutritiva, se caracteriza por su alto contenido de agua; posee características muy particulares debido a la combinación armónica en su composición de ácidos y azúcares. Se han identificado más de 270 constituyentes volátiles, de distinta naturaleza química, en la pulpa fresca. Por lo tanto, el aroma de la chirimoya comprende una gran variedad de compuestos volátiles. De ellos, 18 odorantes se consideran como compuestos activos del olor, de los cuales el butanoato de 3-metilbutilo,  $\alpha$ -pineno, 2-metilbutanoato de metilo, butanoato de butilo y 3-metilbutanoato de 3-metilbutilo parecen ser los principales compuestos que aportan al olor típico.

Sin embargo, factores tales como la etapa de madurez de la fruta, trastornos fisiológicos, modificaciones genéticas y condiciones de procesamiento, pueden afectar directamente el perfil de aroma. Por otra parte, la información es escasa sobre su impacto en los compuestos de aroma y cómo cambian durante la acción de estos factores. Los estudios en este tema aún son muy limitados y se deben hacer esfuerzos no solo para determinar la influencia de estos factores en los compuestos sensorialmente activos, sino también para estudiar los cambios durante el procesamiento y almacenamiento, así como las prácticas previas y posteriores a la recolección.

## REFERENCIAS

1. Lizana LA, Reginato G. Chirimoya. En: Nagy S, Shaw PE, Wardowski WF, Eds. *Fruits of Tropical and Subtropical Origin: Composition, Properties and Uses*. Lake Alfred, FL: Florida Science Source; 1990. pp. 131-48.
2. Koek-Noorman J, Westra LYTH, Maas PJM. *Studies in Annonaceae*. XIII. The role of morphological characters in subsequent classifications of Annonaceae: A comparative survey. *Taxon* 1990; 39(1):16-32.
3. Andrés J, Andrés L. *Biología, diversidad, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de Annonaceae en México*. México: Universidad Autónoma Chapingo; 2011.
4. Ochse JJ, Soule MJ Jr, Dijkman MJ, Wehlburg C. Otros cultivos frutales. En: *Cultivo y Mejoramiento de Plantas*. México DF: Editorial Limusa; 1974. pp. 587-818.
5. León J. *Botánica de los Cultivos Tropicales*. San José: IICA; 1987.
6. Pinto AC de Q, Cordeiro MCR, de Andrade SRM, Ferreira FR, Filgueiras HA de C, Alves RE, Kinpara DI. *Annona Species*. Southampton, UK: International Centre for Underutilised Crops; 2005.
7. Amoo IA, Emenike AE, Akpambang VOE. Compositional evaluation of *Annona cherimoya* (Custard Apple) fruit. *Trends Appl Sci Res* 2008; 3(2):216-20.
8. González ME. Chirimoya (*Annona cherimola* Miller), frutal tropical y sub-tropical de valores promisorios. *Cultivos Tropicales* 2013; 34(3):52-63.
9. Morton JF. Chirimoya. En Morton JF (ed.), *Fruits of Warm Climates*. Miami, FL.: Echo Point Books & Media; 1987. pp. 65-9.
10. Arun J, Venkatesh K, Chakrapani P, Roja Rani A. Phytochemical and pharmacological potential of *Annona cherimola*-A review. *Int J Phytomed* 2011; 3:439-47.
11. Pérez de Oteyza MA. El banco español de germoplasma de chirimoyo. Un poco de historia y situación actual. Resúmenes Tercer Congreso Internacional de Anonáceas; 2002 oct 21-24; Quillota, Chile.
12. Lüdders P. Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) — Botany, cultivation, storage and uses of a tropical - subtropical fruit. *Erwerbsobstbau* 2002; 44(4):122-6.
13. Pareek S, Yahia EM, Pareek OP, Kaushik RA. Postharvest physiology and technology of *Annona* fruits. *Food Res Int* 2011; 44:1741-51.
14. Pinto AC de Q. *Annona*. Field Manual for Extension Workers and Farmers. Southampton, UK: International Centre for Underutilised Crops; 2006.
15. Guirado E, Hermoso JM, Pérez de Oteyza MA, Farré JM. *Introducción al cultivo del chirimoyo*. Granada: Caja Rural de Granada; 2003.
16. Franciosi-Tijero RF. *El Cultivo del Chirimoyo en el Perú*. Lima: Fundeagro; 1992.
17. Perfecti F, Luis P. Genetic diversity in a worldwide collection of chirimoya cultivars. *Genet Resour Crop Evol* 2005; 52:959-66.
18. Ekundayo O. A review of the volatiles of the Annonaceae. *J Essent Oil Res* 1989; 1(5):223-45.
19. Nijssen LM, Visscher CA, Maarse H, Willemsens L, Boelens M. *Volatile Compounds in Food. Qualitative and Quantitative Data*, Vol. 1. Zeist: TNO-CIVO Food Analysis Institute; 1996.

20. Pino JA. Los constituyentes volátiles de las frutas tropicales. I. Frutas de las especies de *Annona*. *Alimentaria* 1997; 286:19-26.
21. Pino JA. *Annona* fruits. En: Hui YH, Ed. *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2010. pp. 231-46.
22. Bicas JL, Molina G, Dionísio AP, Cavalcante Barros FF, Wagner R, Maróstica MR Jr, Pastore GM. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. *Food Res Int* 2011; 44:1843-55.
23. Herres W, Idstein H, Schreier P. Analysis by HRGC/FT-IR: Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit volatiles. *J High Resolut Chromatogr Chromatogr Commun* 1983; 6:590-4.
24. Idstein H, Herres W, Schreier P. High resolution gas chromatography-mass spectrometry and Fourier transform infrared analysis of cherimoya (*Annona cherimolia* Mill.) volatiles. *J Agric Food Chem* 1984; 32:383-9.
25. Toulemonde B, Beauverd D. Headspace analysis: Trap desorption by microwave energy. Application to the volatile components of some tropical fruits. En: Adda J, Ed. *Progress in Flavor Research*. Amsterdam: Elsevier Publishers B. V.; 1985. pp. 533-48.
26. Idstein H, Bauer C, Schreier P. Flüchtige Säuren in Tropenfrüchten: Cherimoya (*Annona cherimolia*, Mill.), guava (*Psidium guajava*, L.), mango (*Mangifera indica*, L., var. Alphonso), papaya (*Carica papaya*, L.). *Z Lebensm Unters Forsch* 1985; 180:394-7.
27. Pino JA. Volatile components of Cuban *Annona* fruits. *J Essent Oil Res* 2000; 11(5):613-6.
28. Ferreira L, Perestrelo R, Câmara JS. Comparative analysis of the volatile fraction from *Annona cherimola* Mill. cultivars by solid-phase microextraction and gas chromatography–quadrupole mass spectrometry detection. *Talanta* 2009; 77:1087-96.
29. Pino JA, Roncal E. Characterisation of odour-active compounds in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. *Flavour Fragr J* 2016; 31:143-48.
30. Martínez G, Serrano M, Pretel MT, Riquelme F, Romojaro F. Ethylene biosynthesis and physico-chemical changes during fruit ripening of cherimoya. *J Hort Sci* 1993; 68:477-83.
31. Palma T, Aguilera JM, Stanley DW. A review of postharvest events in cherimoya. *Postharvest Biol Technol* 1993; 2:187-208.
32. Alique R, Oliveira G. Changes in sugar and organic acids in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit under controlled-atmosphere storage. *J Agric Food Chem* 1994; 42:799-803.
33. Gutiérrez M, Lahoz JM, Sola MM, Pascual L, Vargas AM. Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of cherimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *J Hort Sci* 1994; 69:459-63.
34. Manríquez DA, Muñoz-Robredo P, Gudenschwager O, Robledo P, Defilippi BG. Development of flavor-related metabolites in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit and their relationship with ripening physiology. *Postharv Biol Technol* 2014; 94:58-65.
35. Oleata JA, Undurraga PM. Incidencia del grado de ablandamiento de la materia prima y tipo de trozado sobre la calidad de pulpa congelada de cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv. Bronceada. *Alimentos* 1996; 21(3):1-9.