

CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DEL PLÁTANO FRUTA CV. FHIA 18

Jorge A. Pino* y Elda Roncal

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia

Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, Cuba, CP 19 200

E-mail: jpino@iiaa.edu.cu

RESUMEN

El objetivo de la presente etapa fue caracterizar cuali- y cuantitativamente los componentes volátiles mayoritarios del plátano fruta cv. FHIA 18 y determinar su aporte sensorial. El mismo se determinó a partir de la relación entre la concentración en la fruta y el umbral de detección del olor del compuesto en agua. Los compuestos volátiles se aislaron por extracción líquida-líquida continua y se analizaron por GC-FID y GC-MS. Se identificaron 74 compuestos distribuidos en 20 ésteres, 6 hidroxieésteres, 2 lactonas, 7 alcoholes, 13 ácidos, 7 aldehídos, 7 cetonas, 6 fenoles y sus derivados, así como otros 6 de distinta naturaleza química, que constituyen 31,4 mg/kg de la fruta. Del total de estos, 24 pueden considerarse como contribuyentes importantes del aroma de este cultivar, distribuidos como: ésteres [acetato de isopentilo, acetato de 2-metilbutilo, acetato de etilo, acetato de butilo, hexanoato de etilo, isobutanoato de isopentilo, butanoato de isopentilo, isopentanoato de isopentilo, acetato de isobutilo, butanoato de pentilo, 3-hidroxisopentanoato de etilo, 2-hidroxisopentanoato de etilo, 3-hidroxi-pentanoato de etilo, 3-hidroxi-hexanoato de etilo y 2-hidroxi-2-butenoato de etilo]; compuestos carbonílicos [(E)-2-hexenal, hexanal, 2-heptanona y 2-nonanona]; alcoholes [(Z)-3-hexenol y 2-heptanol]; fenoles y derivados [eugenol, elemicina y apiol].

Palabras clave: plátano, aroma, compuestos volátiles, aporte sensorial.

ABSTRACT

Characterization of volatile compounds of banana fruit cv. FHIA 18

The objective of the present stage was to characterize qualitative and quantitatively the major volatile components of the banana fruit cv. FHIA 18 and to determine their sensorial contribution. The sensorial contribution of the identified compounds was determined from the volatile concentration and its odor detection threshold in water ratio. The volatile compounds were isolated by continuous liquid-liquid extraction and they were analyzed by GC-FID and GC-MS. Seventy-four compounds were identified, which were distributed in 20 esters, 6 hydroxyesters, 2 lactones, 7 alcohols, 13 acids, 7 aldehydes, 7 ketones, 6 phenols and their derivatives, as well as other six of different chemical nature. The total volatile amount constitutes 31.4 mg/kg of the fruit. Twenty-four compounds can be considered as important sensorial contributors of this cultivate, distributed as: esters [isopentyl acetate, 2-methylbutyl acetate, ethyl acetate, butyl acetate, ethyl hexanoate, isopentyl isobutanoate, isopentyl butanoate, isopentyl isopentanoate, isobutyl acetate, pentyl butanoate, ethyl 3-hydroxyisopentanoate, ethyl 2-hydroxyisopentanoate, ethyl 3-hydroxypentanoate, ethyl 3-hydroxyhexanoate and ethyl 2-hydroxy-2-butenoate]; carbonyl compound [(E)-2-hexenal, hexanal, 2-heptanone and 2-nonanone]; alcohols [(Z)-3-hexenol and 2-heptanol]; phenols and derivatives [eugenol, elemicin and apiol].

Key words: banana, aroma, volatile compounds, sensorial contribution.

INTRODUCCIÓN

El plátano fruta o banano (*Musa sapientum* L.) es una de las frutas más comunes producidas en las zonas tropicales y subtropicales y muy popular en todo el mundo por su valor nutritivo, así como por su aroma y sabor agradables.

* **Jorge A. Pino Alea:** Licenciado en Química (UH, 1975). Investigador Titular. Doctor en Ciencias Técnicas (CNIC, 1980). Desarrolla su quehacer investigativo en el campo de la Química Analítica de Aromas de Alimentos y Aceites Esenciales.

El flavor del plátano fruta, como el del resto de las frutas, se debe a los compuestos volátiles presentes que por su estructura química y concentración aportan un carácter distintivo y único.

Debido a las bajas concentraciones en que se encuentran los compuestos volátiles, casi siempre se requiere de técnicas adecuadas de preparación de la muestra que logren un enriquecimiento de las sustancias volátiles sin pérdidas significativas de las mismas para evitar errores en la cuantificación. Por otra parte, no es solo importante identificar y cuantificar los compuestos volátiles, sino que también es necesario conocer el aporte sensorial de cada uno de ellos al aroma en estudio (1).

Sobre los componentes volátiles responsables del típico aroma y sabor del plátano se han realizado numerosas investigaciones en las pasadas décadas (2-13). Estos resultados aparecen resumidos en la literatura especializada (14, 15). Atendiendo al aporte sensorial, en la actualidad se conoce que los ésteres hacen la mayor contribución al aroma del plátano fruta (16): el aroma típico de la fruta se atribuye a los ésteres pentílicos, la nota frutal a los ésteres butíricos y las notas verdes a los alcoholes, aldehídos y cetonas con cinco y seis átomos de carbono (2).

La importancia sensorial de los compuestos volátiles detectados en los alimentos puede ser cuantificada por cromatografía de gases-olfatometría (GC-O en inglés) (17) o por el cálculo de los valores de actividad de olor (VAO). Este valor, propuesto inicialmente por *Rothe y Thomas* (18), se define como la relación entre la concentración del compuesto volátil y su umbral de detección de olor (concentración mínima a la cual el compuesto es detectado olfativamente). Aquellos compuestos que posean VAO superiores a la unidad se asume que contribuyen al aroma característico del alimento. En la literatura se han reportado diferentes aplicaciones de dicho procedimiento (19-23).

Recientemente se generalizó la producción en el país del cv. FHIA 18 y no se tienen estudios sobre la composición del flavor de este cultivar. Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue caracterizar cualitativa y cuantitativamente los componentes volátiles mayoritarios del plátano fruta cv. FHIA 18 y determinar su aporte sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El plátano fruta cv. FHIA 18 fue cultivado de forma orgánica en la zona de Quivicán, recolectado en estado verde y trasladado con cuidado a cámaras de refrigeración donde se maduraron a una temperatura de 25 °C. Una vez alcanzado el estado maduro (definido por el color amarillo de la cáscara según la escala de colores establecida) se tomaron cinco "manos" y de cada una de ellas se tomaron dos "dedos" para un total de 10 frutas, las cuales se pelaron y cortaron. Una muestra de 250 g se homogenizó en una licuadora con 800 mL de agua destilada, 25 g de cloruro de sodio (calidad analítica) y 100 mL de solución de estándar interno (nonanoato de metilo al 0,02 g/mL en etanol a 95 %) durante 1 min y se centrifugó a 2 000 rev/min por 15 min. El suero se decantó cuidadosamente y se completó hasta 1 L con agua destilada para realizar una extracción líquido-líquido continua con 160 mL de éter etílico (recién destilado con columna de fraccionamiento) por un período de 6 h (24). El extracto etéreo se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se concentró hasta 0,6 mL en un evaporador *Kuderna-Danish* y posteriormente con corriente de nitrógeno suave hasta 0,2 mL para su análisis. Los análisis se hicieron por duplicado.

Los análisis por cromatografía de gases se efectuaron en un equipo Konik 4000 A con detector de ionización por llama de hidrógeno (GC-FID) en el que se utilizó una columna de cuarzo DB-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). El programa de temperatura fue de 60 °C (2 min) hasta 250 °C a 4 °C/min con período final isotérmico por 15 min. Como gas portador se utilizó hidrógeno a una velocidad de flujo de 1 mL/min. La cuantificación de los compuestos se efectuó por medición de las áreas de los picos con ayuda del programa EZChrom versión 6.7 y posterior cálculo por el método de estándar interno.

Los análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) se realizaron en un equipo Hewlett-Packard 6890N con una columna HP-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). El programa de temperatura fue idéntico al empleado en GC-FID. El flujo de gas portador helio fue de 1 mL/min. Las temperaturas del inyector e interfase fueron 250 y 230 °C, respectivamente. El espectro de masas se barrió desde 35 hasta 400 uma con una frecuencia de 3,9 scan/s. La identificación se realizó por comparación de los espectros de

masas con los de sustancias patrones y con los informados en las bases NBS y Wiley, así como la propia FLAVORLIB. Además, en muchos casos se compararon los índices de retención cromatográficos (IK) con los de sustancias patrones.

El aporte sensorial de los compuestos identificados se determinó a partir de la relación entre la concentración en la fruta y el umbral de detección del olor del compuesto en agua. Esta relación denominada comúnmente como unidad de olor, se transformó en logaritmo para facilitar su interpretación (en este caso todos los compuestos que posean valores de logaritmo iguales o superiores a cero aportarán al aroma). Los valores de umbrales de detección del olor en agua se tomaron de la base de datos UDO (25).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los compuestos volátiles del plátano fruta cv. FHIA 18, se aislaron por extracción líquida-líquida continua y se analizaron por GC-FID y GC-MS. Por este procedimiento se preparó un concentrado de aroma representativo con una eficiencia de extracción aceptable (recobrado mayor de 80 %) y mínima posibilidad de formación de compuestos originalmente no presentes (comúnmente llamados "artefactos") (24,26,27). El extracto concentrado presentó notas de aroma similares a la fruta fresca, descritas como dulce-verdosa-frutal.

El rendimiento de volátiles totales, estimado por la adición de una cantidad medida de estándar interno, fue de 31,4 mg/kg de fruta. Esta concentración es menor que la encontrada para el cv. Cavendish gigante (106 mg/kg) (10), pero similar a la del cv. Indio (42 mg/kg) (13), también ambos cosechados en el occidente de Cuba.

La Tabla 1 muestra que en total se identificaron 74 compuestos volátiles distribuidos en 20 ésteres, 6 hidroxísteres, 2 lactonas, 7 alcoholes, 13 ácidos, 7 aldehídos, 7 cetonas, 6 fenoles y sus derivados, así como otros 6 de distinta naturaleza química. Los componentes mayoritarios fueron: (E)-2-hexenal (17,9 % del to

tal), acetato de isopentilo (12,6 %), elemicina (9,4 %), 3-hidroxihexanoato de etilo (8,6 %) y acetato de butilo (7,0 %). Resulta interesante comparar estos resultados con los informados anteriormente para el cv. Cavendish gigante (10) y el cv. Indio (13), aunque obtenidos con un técnica de aislamiento distinta basada en la destilación-extracción con disolvente simultáneas. En el cv. Cavendish gigante se reportaron como mayoritarios al butanoato de isopentilo, (E)-2-hexenal, linoleato de metilo y acetato de isopentilo; mientras que en el cv. Indio se informaron el acetato de 2-heptilo, acetato de isopentilo, acetato de 2-metilbutilo y hexanoato de 2-heptilo. Como se aprecia, algunos compuestos son comunes y otros no, pero esto puede estar dado por las diferencias varietales, aunque no puede descartarse la influencia de la técnica de aislamiento empleada en cada caso. La elemicina fue encontrada también en las otras dos variedades, no así el 3-hidroxihexanoato de etilo que solo fue detectado en el cv. Indio. Llama la atención la alta proporción de hidroxísteres encontrada en el cv. FHIA 18 en comparación con las otras dos variedades cubanas que han sido estudiadas.

Del total de compuestos volátiles identificados, 24 resultaron con $\log \text{VAO} \geq 0$, es decir, que pueden considerarse como contribuyentes importantes del aroma de este cultivar de plátano fruta (Tabla 1).

Los ésteres se caracterizan por aportar, en general, notas frutales a las frutas (28). A esta familia correspondió el mayor número de contribuyentes importantes: acetato de isopentilo con tres unidades, acetato de 2-metilbutilo, acetato de etilo y acetato de butilo (todos con dos unidades), hexanoato de etilo, isobutanoato de isopentilo, butanoato de isopentilo, isopentanoato de isopentilo, acetato de isobutilo, butanoato de pentilo, así como 5 hidroxísteres: 3-hidroxisopentanoato de etilo, 2-hidroxisopentanoato de etilo, 3-hidroxipentanoato de etilo, 3-hidroxihexanoato de etilo y 2-hidroxí-2-butenato de etilo.

El alto VAO del acetato de isopentilo era de esperar pues es conocido que aporta un olor frutal-fresco pronunciado y a plátano maduro, por lo que es usado extensivamente en composiciones para imitar al aroma de plátano (28). El acetato de 2-metilbutilo posee las mismas características sensoriales de su isómero

Tabla 1. Compuestos identificados y su aporte sensorial en el plátano fruta cv. FHIA 18

Compuesto	IK	Concentración (mg/kg)	Umbral (mg/kg)	log VAO
acetato de etilo	605	0,50	0,0085	2
acetato de isobutilo	768	0,10	0,056	0
hexanal	802	0,20	0,005	2
acetato de butilo	811	2,23	0,066	2
ácido isopentanoico	836	t	2,0	<0
(E)-2-hexenal	855	5,62	0,017	3
(Z)-3-hexenol	859	0,32	0,07	1
1-hexanol	871	0,03	0,5	<0
acetato de isopentilo	875	3,95	0,002	3
acetato de 2-metilbutilo	882	1,11	0,01	2
2-heptanona	892	0,39	0,14	0
2-heptanol	896	0,18	0,4	0
(E,E)-2,4-hexadienal	910	t	0,5	<0
isobutanoato de isobutilo	913	t	0,1	<0
ácido pentanoico	915	0,01	2,0	<0
3-hidroxisopentanoato de etilo	934	0,66	0,08	1
2-hidroxisopentanoato de etilo	945	0,24	0,05	1
2-hidroxi-2-butenato de etilo	962	0,18	0,09	0
ácido hexanoico	981	0,22	3,0	<0
ácido (Z)-3-hexenoico	986	0,36	2,0	<0
hexanoato de etilo	988	0,02	0,001	1
(Z)-3-hexenoato de etilo	993	t	0,005	<0
isobutanoato de isopentilo	1017	0,73	0,07	1
limoneno	1029	0,05	0,21	<0
alcohol bencílico	1032	t	1,0	<0
3-hidroxipentanoato de etilo	1035	1,16	0,1	1
4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona	1055	t	0,00004	<0
butanoato de isopentilo	1059	0,45	0,08	1
2-nonanona	1092	0,07	0,2	0
1-nonen-4-ol	1097	0,31	2,0	<0
isopentanoato de isopentilo	1101	0,25	0,065	1
ácido (E)-2-hexenoico	1104	t	3,5	<0
butanoato de pentilo	1106	0,14	0,08	0
2-feniletanol	1107	t	1,0	<0
3-hidroxihexanoato de etilo	1135	2,69	0,1	1
ácido octanoico	1180	0,02	3,0	<0
decanal	1202	t	0,0001	nc
2,3-dimetoxitolueno	1240	0,12	9,0	<0
isopentanoato de hexilo	1244	t	0,085	<0
isopentanoato de (Z)-3-hexenilo	1247	t	0,076	<0
butirofenona	1250	t	nd	nc
diisopropil cetona	1251	0,01	3,0	<0
p-anisaldehído	1255	t	0,03	<0
3-hidroxi octanoato de etilo	1272	0,06	0,5	<0
ácido nonanoico	1280	0,45	3,0	<0

Tabla 1. Continuación

Compuesto	IK	Concentración (mg/kg)	Umbral (mg/kg)	log VAO
2-undecanona	1294	t	0,007	<0
nonanoato de etilo	1297	t	2,0	<0
eugenol	1359	0,11	0,006	1
γ -nonalactona	1361	0,18	5,0	<0
ácido decanoico	1381	t	10,0	<0
vainillina	1394	0,01	0,02	<0
metil eugenol	1404	0,23	0,775	<0
acetato de (<i>E</i>)-cinamilo	1446	0,01	2,0	<0
geranil acetona	1451	0,01	1,0	<0
ácido (<i>E</i>)-cinámico	1454	0,14	3,0	<0
acetovanillona	1501	0,68	9,0	<0
elemicina	1557	2,97	0,1	1
γ -undecalactona	1571	0,04	1,0	<0
ácido dodecanoico	1581	0,05	5,3	<0
dodecanoato de etilo	1595	0,04	2,0	<0
4-alilsiringol	1605	0,08	12,0	<0
3,4,5-trimetoxibenzaldehído	1610	0,08	10,0	<0
ácido vainílico	1626	t	5,0	<0
siringaldehído	1657	t	30,0	<0
3,4,5-trimetoxiacetofenona	1662	0,47	10,0	<0
acetosiringona	1668	0,26	6,0	<0
apiol	1678	0,44	1,0	0
ácido tetradecanoico	1780	0,13	10,0	<0
propiosiringona	1825	0,13	20,0	<0
salicilato de bencilo	1866	t	1,0	<0
1-hexadecanol	1876	0,50	5,0	<0
ácido hexadecanoico	1991	0,81	20,0	<0
hexadecanoato de etilo	1993	0,63	2,0	<0
hexadecanoato de propilo	2091	0,54	2,0	<0

IK = índice de retención cromatográfico. VAO = valores de actividad de olor.

t = < 0,01 mg/kg nc = no calculado. nd = no dato.

acetato de isopentilo (28). El acetato de etilo aporta un olor etéreo-frutal y dulce-frutal agradable, y es comúnmente utilizado en imitaciones del aroma de plátano (28). El acetato de butilo aporta un olor etéreo-frutal muy difusivo con reminiscencia de muchos tipos de frutas en estado maduro y sobremaduro, y también es extensivamente empleado en imitaciones del aroma del plátano (28). El hexanoato de etilo posee un olor con notas frutal-vinosa que recuerda a la manzana, plátano y piña, con una tonalidad floral ligera (28). El isobutanoato de isopentilo aporta notas frutal-a melocotón-a piña y es comúnmente utilizado en composiciones de aromas para dar notas frutales ligeras en manzana, plátano, etc. (28). El butanoato de isopentilo

posee un olor con notas frutal intensa y que recuerda al melocotón y al plátano, algo más intensas que las del isobutanoato de isopentilo (28). El isopentanoato de isopentilo posee un olor peculiar con reminiscencia de la cáscara de la manzana y es usado como modificador en imitaciones del aroma de plátano y otras frutas (28). El acetato de isobutilo aporta un olor etéreo muy difusivo que recuerda al ron con una nota frutal distintiva y es muy usado en composiciones de aroma de plátano (28); mientras que el butanoato de pentilo posee notas olfativas etérea-frutal que recuerda al melocotón, plátano y piña y es usado comúnmente en imitaciones del aroma de plátano y otras frutas (28).

De los seis hidroxieésteres identificados, cinco contribuyen al aroma de este cultivar. El 3-hidroxihexanoato de etilo posee un olor con notas frutal-floral y ligeramente verde (28). De los otros cuatro compuestos no se tiene información del aporte sensorial. Dentro de los compuestos carbonílicos, el (E)-2-hexenal, hexanal, 2-heptanona y 2-nonanona resultaron los principales contribuyentes del aroma. El (E)-2-hexenal aporta notas verde-frutal intensas y el hexanal posee un olor graso-verdoso intenso (28). Por su parte, la 2-nonanona aporta notas frutal-floral y herbácea (28), por lo que estos 3 compuestos pudieran estar contribuyendo a las notas verde-frutal del cultivar. La 2-heptanona tiene un olor frutal-especiado que recuerda la nota fresca de la canela y es comúnmente usada para impartir notas cremosas y frutales en imitaciones del aroma de plátano (28). Del grupo de los alcoholes solo contribuyen el (Z)-3-hexenol y 2-heptanol. El (Z)-3-hexenol aporta notas grasa-verdosa intensas y poderosas, mientras que el 2-heptanol posee un olor fresco, graso-herbáceo con tonalidades dulce-floral (28).

El eugenol y la elemicina resultaron importantes por su posible aporte al aroma y han sido reportados antes como contribuyentes importantes en el aroma sazonado de esta fruta (29,30). El apiol, otro contribuyente

importante del aroma de este cultivar, no fue identificado en los otros dos cultivares cubanos estudiados anteriormente (10,13). Este compuesto posee un olor y sabor herbáceo-cálido ligeros (28).

CONCLUSIONES

En el plátano fruta cv. FHIA 18 se identificaron 74 compuestos volátiles distribuidos en 20 ésteres, 6 hidroxieésteres, 2 lactonas, 7 alcoholes, 13 ácidos, 7 aldehídos, 7 cetonas, 6 fenoles y sus derivados, así como otros 6 de distinta naturaleza química, que constituyen 31,4 mg/kg de la fruta. De ellos, 24 pueden considerarse como contribuyentes importantes del aroma de este cultivar de plátano fruta. Estos se agrupan en ésteres [acetato de isopentilo, acetato de 2-metilbutilo, acetato de etilo, acetato de butilo, hexanoato de etilo, isobutanoato de isopentilo, butanoato de isopentilo, isopentanoato de isopentilo, acetato de isobutilo, butanoato de pentilo, 3-hidroxisopentanoato de etilo, 2-hidroxisopentanoato de etilo, 3-hidroxipentanoato de etilo, 3-hidroxihexanoato de etilo y 2-hidroxi-2-butenatoato de etilo]; compuestos carbonílicos [(E)-2-hexenal, hexanal, 2-heptanona y 2-nonanona]; alcoholes [(Z)-3-hexenol y 2-heptanol]; fenoles y derivados [eugenol, elemicina y apiol].

REFERENCIAS

1. Pino, J. Principios y Métodos para el Análisis del Aroma en los Alimentos. La Habana, Ed. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, 1995.
2. McCarthy, A.I.; Palmer, J.K.; Shaw, C.P. y Anderson, E.E. J. Food Sci. 28: 379-384, 1963.
3. Tressl, R.; Drawert, F.; Heimann, W. y Emberger, R. Z. Naturforsch. 24b: 781-783, 1969.
4. Tressl, R.; Drawert, F.; Heimann, W. y Emberger, R. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 142: 313-321, 1970.
5. Tressl, R. y Jennings, W.G. J. Agric. Food Chem. 20: 189-192, 1972.
6. Mattei, A. Physiol. Veg. 11: 721-728, 1973.
7. Berger, R.; Drawert, F. y Kollmannsberger, H. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 183: 169-171, 1986.
8. Macku, C. y Jennings, W.G. J. Agric. Food Chem. 35: 845-848, 1987.
9. Shiota, H. J. Agric. Food Chem. 41: 2056-2062, 1993.
10. Pino, J.; Fernández, M. y Rosado, A. Alimentaria (268): 53-55, 1995.
11. Salmon, B.; Martin, G.J.; Remaud, G. y Fourel, F. Flav. Fragr. J. 11: 353-359, 1996.
12. Wyllie, S.G. y Fellman, J.K. J. Agric. Food Chem. 48: 3493-3496, 2000.
13. Pino, J.; Ortega, A.; Marbot, R. y Agüero, J. J. Essent. Oil Res. 15: 79-80, 2003.
14. TNO. Banana. En: Volatile Compounds in Foods. Qualitative and Quantitative Data. Nijssen L.M., Visscher C.A., Maarse H., Willemsens L.C. y Boelens M.H. (eds.), Zeist, The Netherlands, TNO-CIVO, 1996.
15. Engel, K.-H.; Heidlas, J. y Tressl, R. The flavour of tropical fruits (banana, melon, pineapple). En: Food Flavours. Part C. The Flavours of Fruits, Amsterdam, Elsevier Science Publishing, Ch. 5, 1990.
16. Marriot, J. y Palmer, J.K. CRC Rev. Food Sci. Nutr. 13: 41-87, 1980.
17. Stephan, A.; Bücking, M. y Steinhart, H. Food Res. Int. 33: 199-209, 2000.
18. Rothe, M. y Thomas, B. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 119: 302-310, 1963.
19. Buttery, R.G.; Teranishi, R. y Ling, L.C. J. Agric. Food Chem. 35: 540-544, 1987.

20. Buttery, R.G.; Teranishi, R.; Ling, L.C. y Turnbaugh, J.G. *J. Agric. Food Chem.* 38: 336-340, 1990.
21. Tamura, H.; Nakamoto, H.; Yang, R.-H. y Sugisawa, H. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 42: 887-891, 1995.
22. Tamura, H.; Fukuda, Y. y Padrayuttawat, A. Characterization of citrus aroma quality by odor threshold values. En: *Biotechnology for improved foods and flavors*. Takeoka G.R., Teranishi R., Williams P.J. y Kobayashi A. (eds.). ACS Symposium Series 637. Washington D.C. American Chemical Society, pp. 282-294, 1995.
23. Pino, J. y Mesa, J. *Flav. Fragr. J.* 21: 214-221, 2006.
24. Drawert, F. y Rapp, A. *Chromatographia* 1: 446-457, 1968.
25. Almora, K., Pino, J. y Ortega, A. *Cienc. Tecnol. Alim.* 11(2): 39-45, 2001.
26. Morales, A. L.; Albarracín, D.; Rodríguez, J.; Duque, C.; Riaño, L. E. y Espitia, J. *J. High Resolution Chromatogr.* 19: 585-587, 1996.
27. Parada, F.; Duque, C. y Fujimoto, Y. *J. Agric. Food Chem.* 48: 6200-6204, 2000.
28. Arctander, S. *Perfume and Flavor Chemicals*. Montclair, N.J., Steffen Arctander Publisher, 1969.
29. Nursten, E. Volatile compounds: The aroma of fruits. En: *The Biochemistry of Fruits and their Products*. Vol 1, Hulme A. C. (ed.), London, Academic Press, p. 246, 1971.
30. Beelitz, H.-D. y Grosch, W. *Food Chemistry*. Berlin, Springer-Verlag, 1987.