

Rev. Colomb. Quím., 2011, 40(1):79-90

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES  
DE TRES VARIETADES DE GUAYABA BLANCA (*Psidium guajava* L.)  
DURANTE SU MADURACIÓN**

**COMPARATIVE STUDY OF VOLATILE COMPOUNDS OF THREE WHITE  
GUAVA VARIETIES (*Psidium guajava* L.) DURING RIPENING**

**ESTUDO COMPARATIVO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS  
DE TRÊS VARIETADES DE GOIABA BRANCA (*Psidium guajava* L.)  
DURANTE A MATURAÇÃO**

Johanna Cantillo<sup>1</sup>, Diana C. Sinuco<sup>2,3</sup>, María E. Solarte<sup>1,4</sup>, Luz M. Melgarejo<sup>1</sup>

Recibido: 29/11/10 – Aceptado: 29/04/11

**RESUMEN**

La formación de los compuestos volátiles durante la maduración de la guayaba (*Psidium guajava* L.) ha sido un aspecto ampliamente estudiado; sin embargo, se desconocen los cambios de estos compuestos en variedades blancas de los cultivos colombianos como Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) y Ráquira (RQ). Se utilizó el método *Headspace*-Microextracción en Fase Sólida (HS-MEFS) para comparar los perfiles olfativos de tres variedades de guayaba blanca de la región de la hoya del río Suárez (Santander, Colombia) durante tres etapas de maduración (verde, pintón y maduro). En las tres variedades se presentó un comportamiento similar, los aldehídos C-6 (hexanal, (Z)-3-hexenal y (E)-2-hexenal) responsa-

bles de la nota verde disminuyen durante la maduración, mientras que el contenido de ésteres (acetato de hexilo y acetato de (Z)-3-hexenilo) aumenta produciéndose las notas dulce y frutal características de la fruta madura. Los compuestos ácidos, furánicos y alcoholes se observan en bajas proporciones durante las tres etapas. El análisis de los compuestos volátiles mediante HS-MEFS permitió establecer una relación entre la transformación de compuestos aldehídos C<sub>6</sub>, responsables de la nota verde, en ésteres análogos, a los cuales se les atribuye la nota frutal característica durante el proceso de maduración.

**Palabras clave:** guayaba blanca, compuestos volátiles, HS-MEFS, maduración.

- 1 Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, Colombia.
- 2 Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, Colombia.
- 3 dcsinucol@unal.edu.co
- 4 Departamento de Biología, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

## ABSTRACT

The composition of volatile compounds during guava ripening (*Psidium guajava* L.) has been an aspect broadly studied. However, the changes of these compounds in representative white varieties from Colombia, like Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) and Ráquira (RQ) are still unknown. Comparison of the aroma profiles was done using *heads-pace*-Solid Phase Micro Extraction (HS-SPME) for three white guava varieties from the Suárez River Basin region (Santander, Colombia) during three maturation stages (green, half-ripened and ripen). The three varieties presented a similar behavior, the C<sub>6</sub>-aldehydes (hexanal, (Z)-3-hexenal and (E)-2-hexenal) characterized for a green note diminished during ripening, while ester amounts (hexyl acetate and (Z)-3-hexenyl acetate) increase, producing sweet and fruity notes characteristics in a ripen fruit. The acids, furanics and alcohol compounds are present in low proportions at the three stages. Through HS-SPME analysis, we established a relation between C<sub>6</sub>-aldehydes compounds transformation, responsible of the green note, into analogue esters that contribute to the fruity note during the ripening process.

**Key words:** White guava, volatile compounds, HS-SPME, ripening.

## RESUMO

A formação dos compostos voláteis durante o processo de amadurecimento da goiaba (*Psidium guajava* L.) tem sido muito estudada. Entretanto, pouco se conhece sobre as mudanças desses compostos nas variedades brancas representa-

das pela Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) e Ráquira (RQ) na região do rio Suárez (Santander-Colômbia). O emprego da técnica HS-MEFS (*Heads-pace*-Microextração em fase sólida) para comparar o perfil olfativo durante as etapas da maturação (verde, semimaduro e maduro) mostrou um comportamento similar nas três variedades de goiaba branca: os aldeídos C-6 (hexanal, (Z)-3-hexenal e (E)-2-hexenal), caracterizados por uma nota verde, diminuíram ao longo do amadurecimento, enquanto que o conteúdo de ésteres (acetato de hexilo e acetato de (Z)-3-hexenilo) aumentou, produzindo as notas doces e frutal características da fruta madura. Os compostos ácidos, furânicos e alcoólicos foram observados em baixas concentrações nas três etapas de maturação. Por fim, a técnica HS-MEFS permitiu detectar a rápida transformação dos compostos aldeídos C<sub>6</sub>, causadores da nota verde em ésteres análogos que causam a nota frutal durante o processo da maturação.

**Palavras-chave:** Goiaba branca, compostos voláteis, HS-MEFS, maturação.

## INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una fruta nativa de los trópicos de América, perteneciente a la familia *Myrtaceae*. En Colombia se cultiva especialmente en sistemas agrosilvopastoriles o en forma semisilvestre en los departamentos de Santander y Boyacá. El fruto se puede diferenciar por su forma (redonda o piriforme), tamaño, peso (100 - 300 g) y color de la pulpa (roja o blanca). Entre los materiales de pulpa blanca cultivados en la región de la hoya del río Suárez se des-

tacan las variedades Guavatá Victoria, Regional Blanca y Ráquira Blanca (1,2). La guayaba Guavatá Victoria se caracteriza por ser la de mayor tamaño y poseer una intensa nota azufrada; la variedad Regional Blanca es utilizada en la industria del bocadillo por su agradable aroma y alto contenido de pectina; mientras que la variedad Ráquira Blanca se caracteriza por un sabor muy dulce (1).

Durante la maduración de la guayaba ocurre un gran número de cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales, incluidos la degradación de almidón, la producción de azúcares, la degradación de la pared celular y la síntesis de pigmentos y compuestos volátiles (2-8).

El estudio de la composición de volátiles ha sido abordado con frutas provenientes de Taiwan (9), India (10) y Brasil (11). En general, la composición en volátiles de los frutos depende considerablemente de la variedad, el grado de madurez y el sitio de origen. Estos estudios han mostrado que, en las frutas maduras, los ésteres acetato de (*Z*)-3-hexenilo y acetato de (*E*)-3-hexenilo y los sesquiterpenos: cariofileno,  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -bisaboleno son los componentes mayoritarios, mientras que en frutas no maduras predominan los compuestos aldehídos como (*E*)-2-hexenal y (*Z*)-3-hexenal (9-11).

Dado que el cultivo de la guayaba representa un renglón económico importante para la región de la hoya del río Suárez, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la maduración en la composición en volátiles de tres variedades de guayaba blanca de la región, mediante el uso de HS-MEFS (*headspace*-Microextracción en Fase Sólida) como técnica de

análisis rutinario para ofrecer un instrumento de seguimiento del cultivo y posible manejo poscosecha de la guayaba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Se utilizaron tres variedades de guayaba: Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) y Ráquira Blanca (RQ), recolectadas de manera aleatoria en fincas con sistemas silvopastoriles en la región de la hoya del río Suárez del municipio de Puente Nacional en el departamento de Santander (Colombia). Las frutas fueron cosechadas manualmente durante la mañana a los 150, 160 y 170 días después de antesis y transportadas vía terrestre bajo refrigeración (8° C). Las frutas se clasificaron en tres estados de madurez: verde, pintón y maduro, de acuerdo con el color de su cáscara, la firmeza y las propiedades químicas como pH, sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT).

El color de la cáscara fue medido con un colorímetro Hunterlab® Labscan XE (1.00 paso de luz) en diferentes áreas (sobre el eje ecuatorial y longitudinal). La firmeza fue medida en un penetrómetro Bertuzzi (Fruit pressure tester) FT327 equipado con un émbolo de punta de 8 mm; las lecturas se hicieron en dos puntos opuestos de la zona ecuatorial del fruto sin piel. El pH fue medido en el puré de la fruta con un equipo Hitachi pH-meter. El contenido de sólidos solubles fue medido directamente en el puré de la fruta con un refractómetro Atago HSR-500 y los resultados fueron expresados como °Brix (12). La acidez titulable fue determinada por titulación de 5,0 mL de jugo de fruta

hasta alcanzar un pH 8,1 con una solución de NaOH 0,1 N y expresada como porcentaje de ácido cítrico por cada 100 g de fruta (13). Todas las mediciones fueron hechas por triplicado y se sometieron a análisis estadístico para obtener el valor promedio y la desviación estándar.

### Extracción de compuestos volátiles

Los compuestos volátiles de las variedades de guayaba fueron extraídos por HS-MEFS el mismo día de su recolección y por triplicado. Para la extracción se usó la fibra CAR/PDMS (50/30  $\mu\text{m}$ , Supelco). Los análisis se realizaron con 5 g de fruta en un vial herméticamente cerrado de 10 mL, que se mantuvo durante un tiempo de equilibrio de 45 minutos a 20 °C, tiempo después del cual se realizó la extracción de la muestra con un tiempo de muestreo de 1 hora. Los compuestos retenidos se desorbieron en el puerto de inyección de un cromatógrafo de gases en modo *splitless* a 250 °C durante 5 minutos.

### Análisis cromatográfico

Para el análisis por CG-O se empleó un cromatógrafo de gases HP5890 (Hewlett Packard) usando Helio como gas de arrastre. Se empleó una columna DB-FFAP (J&W Scientific, 30 m x 0,25 mm x 0,32  $\mu\text{m}$ ) a una presión en la cabeza de la columna de 70 kPa. El efluente cromatográfico se dividió con un divisor de cuarzo para obtener respuesta simultánea en el detector fotométrico de llama (FID) y el puerto de olfacción (O). Los dos detectores se mantuvieron a 250 °C. El FID fue operado con hidrógeno (20 ml/min) y aire (200 ml/min) y con nitrógeno como gas auxiliar (30 ml/min). El detector olfatómico consistió en un tubo de alumi-

nio (8 cm x 2,5 cm d.i.) que se mantuvo a 250 °C, al final del cual se ubicaba un panelista entrenado en la detección de notas olfativas de los compuestos que eluyen de la columna. Una vez percibido un aroma, este se indicó en el cromatograma y se describió la percepción olfativa.

El programa de temperatura fue 40 °C por 2 minutos, calentamiento a una velocidad de 6 °C/min hasta 190 °C y calentamiento a una velocidad de 12 °C/min hasta 240 °C, donde se mantuvo por 5 minutos.

El análisis por CG-EM se realizó en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC17A acoplado a un detector selectivo de masas QP5050, con un software de adquisición de datos Class5K. Los iones se monitorearon en el rango  $m/z$  30-350 u, utilizando el mismo programa de temperatura del análisis por CG-O con una columna FFAP.

El cálculo de los índices de retención se realizó por la relación de los tiempos de retención de los analitos con los tiempos de retención de una mezcla de parafinas patrón ( $C_6$ - $C_{26}$ ). La identificación de los compuestos volátiles se realizó por comparación con muestras auténticas de los índices de retención, el espectro de masas y las propiedades olfativas detectadas por CG-O.

### Análisis olfativo

El análisis olfativo fue realizado por evaluación orthonasal de 20 g de guayaba en viales ámbar con tapa (7 cm x 3 cm d.i.). Un panel sensorial entrenado compuesto por 8 a 10 panelistas evaluó el aroma de los diferentes estados de madurez de las variedades de guayaba estudiadas mediante su evaluación individual frente a una lista de descriptores. Los descriptores usados fueron defi-

nidos previamente como butanoato de etilo (frutal), 4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2*H*)-furanona (dulce-caramelo), (*Z*)-3-hexenal (verde), acetaldehído (fresco) y acetato de 3-sulfanil-hexilo (azufrada) (14). La intensidad de cada descriptor fue evaluada en una escala de intervalo estructurado de 0 a 3, donde 0 corresponde a la ausencia de la percepción del descriptor; 1 débil; 2 moderado y 3 fuerte. Mediante estadística no paramétrica se establecieron las diferencias de los descriptores entre los estados de madurez para cada una de las variedades estudiadas. Los resultados se representaron mediante un diagrama de superficie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos, se definieron tres estados de madurez que corresponden a frutas verdes, pintonas y maduras. La caracterización de cada estado de maduración se presenta en la Tabla 1.

Con la maduración, se observa que el pH y los SS aumentan, mientras que la AT disminuye, debido al consumo de los ácidos orgánicos como sustrato de la respiración, mientras que una alta cantidad de SS se explica por la traslocación de azúcares y degradación de pectinas que conducen a la disminución de la firmeza a medida que el fruto madura (1). El color establecido por el ángulo Hue (H) muestra el cambio significativo de este parámetro con la maduración de la guayaba en las tres variedades.

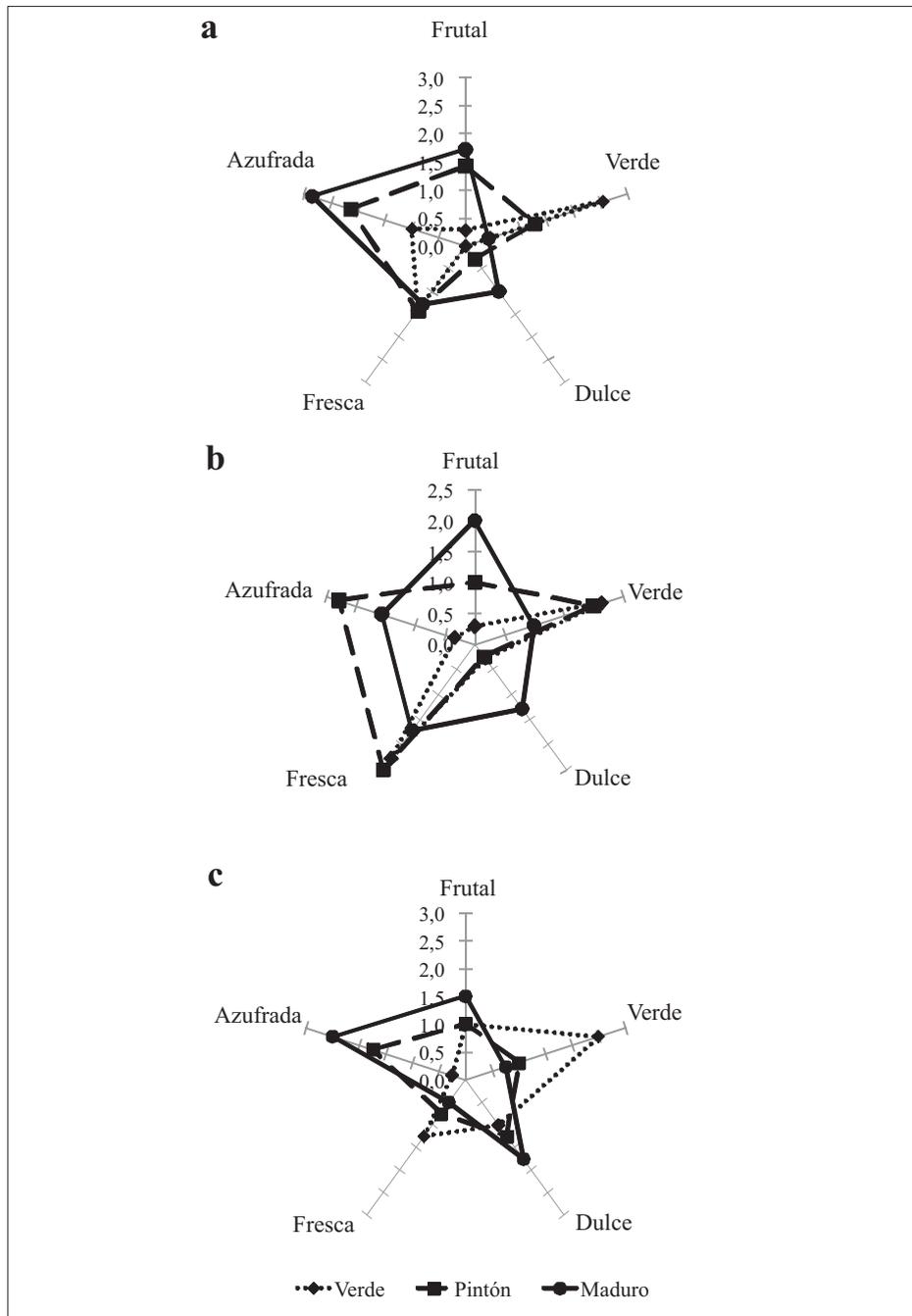
Los perfiles olfativos de las guayabas GV, RB y RQ en los tres estados de madurez evaluados se presentan en la Figura 1. El comportamiento general fue similar en las tres variedades; con la maduración disminuyen las notas verde y fresca, y aumentan las notas dulce, frutal y azufrada. El perfil olfativo en los estados verde y pintón se caracterizó por las notas fresca y verde, mientras que en el estado maduro las notas azufrada, frutal y dulce son las más reconocidas. En el aroma de la variedad GV, la percepción de una nota azufrada se intensi-

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos que caracterizan los estados de madurez de tres materiales de guayaba blanca.

Variedad	Estado	Firmeza (N)	Color (H) <sup>a</sup>	pH	SS <sup>b</sup>	AT <sup>c</sup>
GV	Verde	99,19 ± 0,63	102,8 ± 5,75	4,06 ± 0,01	8,4 ± 0,0	0,63 ± 0,01
	Pintón	66,72 ± 1,64	93,26 ± 9,71	4,51 ± 0,03	8,4 ± 0,0	0,78 ± 0,00
	Maduro	32,11 ± 0,45	87,81 ± 5,32	4,50 ± 0,02	8,0 ± 0,1	0,74 ± 0,00
RB	Verde	109,4 ± 0,27	101,6 ± 1,02	4,12 ± 0,13	9,1 ± 0,0	0,75 ± 0,04
	Pintón	71,61 ± 3,33	87,53 ± 4,25	4,15 ± 0,01	9,9 ± 0,0	0,59 ± 0,09
	Maduro	23,17 ± 0,97	85,21 ± 0,41	4,17 ± 0,04	10,0 ± 0,0	0,57 ± 0,08
RQ	Verde	105,9 ± 1,00	106,3 ± 6,18	3,90 ± 0,00	10,0 ± 0,0	0,56 ± 0,00
	Pintón	50,70 ± 1,23	97,18 ± 9,63	4,51 ± 0,00	10,0 ± 0,1	0,60 ± 0,03
	Maduro	45,37 ± 0,26	92,57 ± 9,63	4,50 ± 0,02	11,6 ± 0,0	0,45 ± 0,02

GV-Guavata Victoria; RB-Regional Blanca; RQ-Ráquira.

<sup>a</sup>. Ángulo Hue; <sup>b</sup>. Brix; <sup>c</sup>. % ácido cítrico/100g de fruta.



**Figura 1.** Perfil sensorial de tres variedades de guayaba blanca en diferentes estados de maduración (a) Regional Blanca RB, (b) Guavatá Victoria GB y (c) Ráquira RQ.

**Tabla 2.** Distribución porcentual de compuestos detectados por HS-MEFS en diferentes estados de maduración de tres materiales de guayaba blanca: Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) y Ráquira (RQ). IR: Índice de retención. Los resultados son el promedio de mediciones por duplicado del porcentaje de área relativa. nd = No detectado.

Compuesto <sup>a</sup>	Nota olfativa <sup>b</sup>	IR ref	IR exp <sup>d</sup>	Verde <sup>d</sup>			Pinton-intermedio			Maduro				
				GV	RB	RQ	GV	RB	RQ	GV	RB	RQ		
Butanoato de etilo	Frutal	971	972	nd	nd	10,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,2	
n- Hexanal	Verde	1079	1081	39,8	28,6	30,0	28,5	15,1	34,9	18,8	27,5	18,8	27,5	2,95
(Z)-3 Hexenal	Verde	1145	1146	19,9	13,6	11,6	16,3	4,29	13,3	7,08	10,4	7,08	10,4	20,1
(E)-2-Hexenal	Verde	1215	1218	28,4	32,1	17,6	24,6	3,94	6,35	6,65	24,5	6,65	24,5	10,1
Acetato de hexilo	nd	1269	1271	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,8
Acetato de (Z)-3-hexenilo	Verde, frutal	1313	1314	nd	nd	13,4	22,3	47,6	29,3	43,7	26,6	43,7	26,6	6,95
n-Hexanol	Verde	1351	1355	1,06	nd	nd	nd	2,98	nd	nd	0,69	nd	0,69	nd
(Z) 3-hexenol	Fresco, menta	1380	1383	nd	8,9	nd	3,61	2,78	nd	nd	2,82	nd	2,82	nd
(E)-2-hexenol	nd	1402	1419	4,61	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,05	7,05	0,731	1,65
Benzoato de metilo	Floral, violeta	1617	1621	1,77	7,0	nd	2,16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido 3-metilbutanoico	nd	1650	1649	0,44	nd	6,14	2,59	3,14	nd	nd	4,37	nd	4,37	nd
Ácido pentanoico	Rancio, queso	1726	1729	1,79	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido hexanoico	Rancio, queso	1829	1824	2,34	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,0
Acetato de 2-fenilpropilo	nd	1929	1930	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,55	nd	4,55	4,38
Ácido (E) -3-hexenoico	nd	1951	1955	nd	nd	nd	nd	8,64	11,6	2,71	nd	nd	nd	nd
Furaneol	Dulce, caramelo	2021	2013	nd	12,1	11,16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,91
Ácido octanoico	Rancio, queso	2054	2064	nd	nd	nd	nd	2,90	4,57	nd	nd	nd	nd	nd
Acetato de cinamilo	Miel	2150	2158	nd	nd	nd	nd	8,64	nd	2,05	2,40	nd	2,40	nd
Alcohol cinamífico	Floral, miel	2277	2263	nd	6,68	nd	nd	nd	nd	7,35	nd	nd	7,35	nd

<sup>a</sup> Los compuestos fueron identificados por comparación de sus índices de retención y espectros de masas con compuestos de referencia; <sup>b</sup> Nota olfativa como se percibe en el puerto de olfacción durante el análisis por CG-O; <sup>c</sup> IRref = índice de retención compuesto de referencia; <sup>d</sup> IRexp = índice de retención experimental; <sup>e</sup> Cantidad expresada como porcentaje de área.

fica con la maduración de la fruta, siendo muy fuerte y asociada por algunos panelistas a un carácter desagradable.

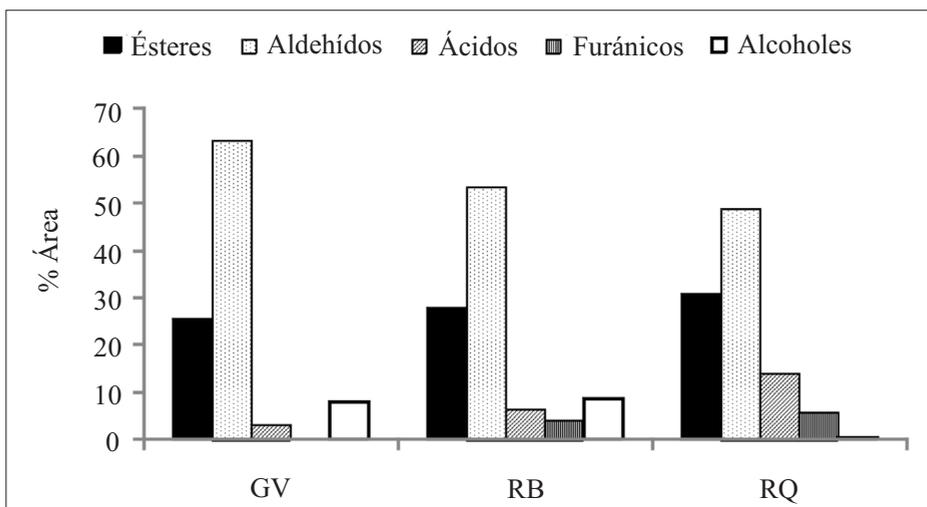
Cada uno de los extractos obtenidos por HS-MEFS se analizó por cromatografía de gases acoplada a olfatometría (CG-O) y por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM). En la Tabla 2 se presentan la identificación y la cuantificación de los compuestos detectados, así como sus notas olfativas detectadas a la salida del puerto de olfacción.

En los volátiles de la guayaba GV se observa que el contenido de hexanal, (*Z*)-3-hexenal y (*E*)-2-hexenal disminuye con la maduración, mientras que aumenta el contenido de acetato de (*Z*)-3-hexenilo. En las tres variedades, el contenido de hexanol y (*Z*)-3-hexenol permanece casi constante durante el proceso de maduración. Dado que las enzimas no fueron desactivadas durante el muestreo HS-MEFS, las cantidades determinadas para

esta clase de compuestos corresponden a la suma del contenido endógeno y al formado por la acción enzimática de la 13-hidroperoxi C18:2 y C18:3 liasa sobre los ácidos linolénico y linoleico (6).

Las tres variedades de guayaba blanca exhiben una tendencia semejante en la proporción de los compuestos volátiles identificados, siendo los aldehídos C-6 los de mayor concentración durante las primeras etapas de maduración, seguidos por los ésteres, que aumentan durante las últimas etapas del proceso. Sin embargo, se puede observar un comportamiento particular de los ésteres de RB, cuya concentración (47,6%) es más alta que la de los aldehídos (23,3%) en el estado pintón. Por el contrario, los compuestos furánicos, ácidos y alcoholes se presentan en concentraciones bajas (1-8%) durante las tres etapas de maduración en las tres variedades (Figura 2).

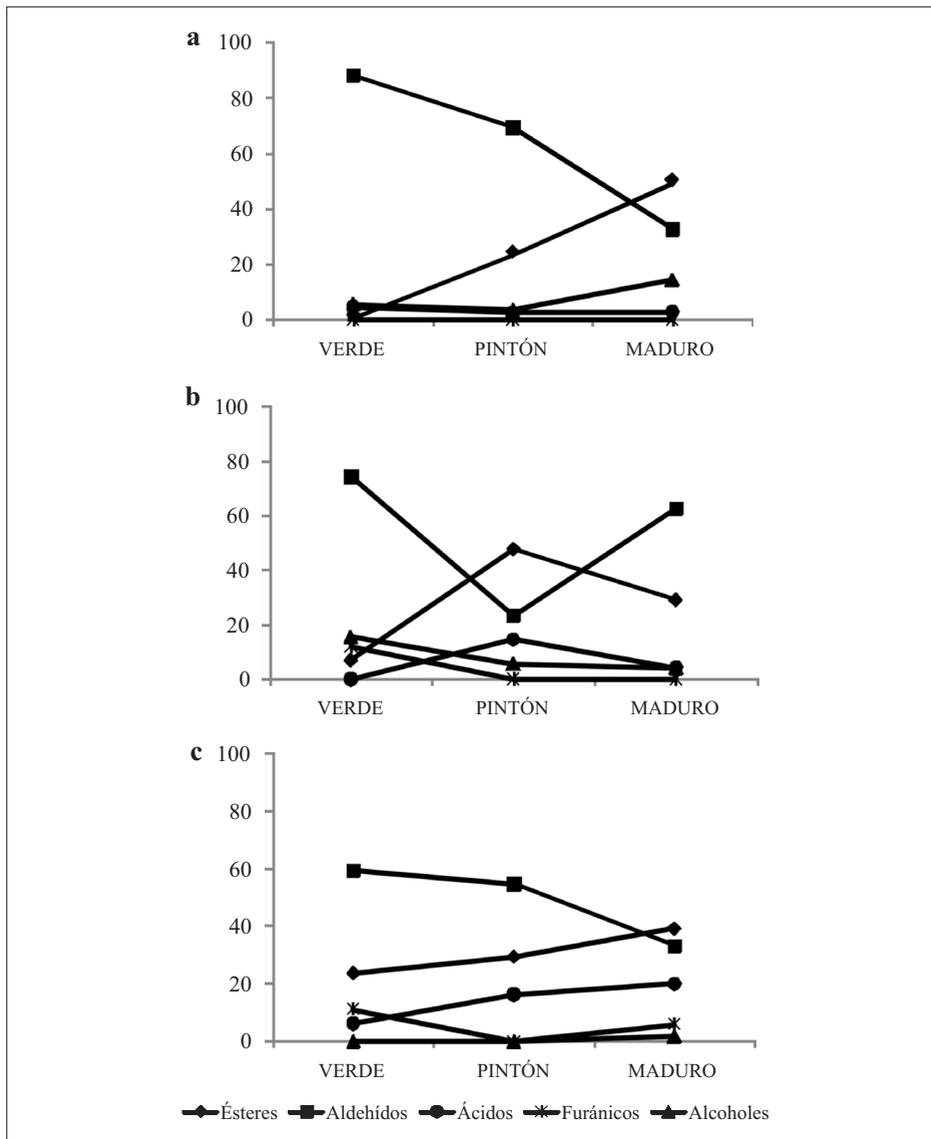
Se ha demostrado que los cambios en la composición de los compuestos voláti-



**Figura 2.** Composición de volátiles de tres variedades guayaba blanca: Guavatá Victoria (GV), Regional Blanca (RB) y Ráquira Blanca (RQ).

les de la guayaba son un efecto de la producción de etileno durante su maduración, el cual controla la acumulación de cada uno de los compuestos dependiendo de su estadio (15). La variedad GV pre-

senta una producción de etileno mayor en comparación con las otras variedades blancas (16), lo que coincide con una mayor producción de volátiles del tipo aldehídos C-6 (Figura 3).



**Figura 3.** Cambios en la producción de volátiles de (a) Guavatá Victoria (GV), (b) Regional Blanca (RB) y (c) Ráquira Blanca (RQ) de Puente Nacional, Santander en tres estados de maduración.

Los resultados obtenidos por extracción mediante HS-MEFS coinciden con los obtenidos por extracción SAFE para guayaba RB. En esta variedad se observó la reducción de aldehídos C-6 y compuestos azufrados con el transcurso de la maduración, mientras que aumenta la formación de ésteres y compuestos furánicos (5). Los compuestos azufrados causantes de la nota azufrada no son extraídos por HS-MEFS en las condiciones de análisis.

Otros estudios realizados mediante HS-MEFS con guayabas provenientes de Francia (17) y Brasil (18,19) presentan lactonas y terpenos entre los componentes mayoritarios del HS de estas frutas, los cuales no fueron detectados en las variedades colombianas.

### CONCLUSIONES

La formación de compuestos volátiles en la guayaba es un proceso dinámico en el cual la concentración de los constituyentes cambia tanto cuantitativa como cualitativamente según la variedad, el estado de madurez y la procedencia.

Este estudio reporta la composición en volátiles de tres variedades de guayaba blanca según el estado de maduración. Estos resultados permiten establecer el uso de HS-MEFS como método de seguimiento rápido e *in-situ* de la degradación de hexanal y (Z)-3-hexenal y la formación de ésteres análogos con el transcurso de la maduración en las tres variedades de guayaba blanca cultivadas en la región de la hoya del río Suárez.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por el Ministerio de Agricul-

tura y Desarrollo Rural de Colombia a través del proyecto Caracterización Eco-fisiológica de Variedades de Guayaba por Función de Uso, programa de investigación Desarrollo de Productos Funcionales Promisorios a Partir de la Guayaba para el Fortalecimiento de la Cadena Productiva.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Solarte, M. E.; Hernández, M. S.; Morales, A. L.; Fernández, J. P.; Melgarejo, L. M. Caracterización ecofisiológica de variedades de guayaba por función de uso. En: Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 2010. pp. 85-119.
2. Gómez, S. R. Estudios agronómicos, caracterización fisicoquímica y determinación de uso industrial en diferentes tipos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en la provincia de Vélez. En: Memorias. Segundo Seminario Internacional de la Guayaba y su Agroindustria. Barbosa, CIMPA-Corpoica. 2001. pp. 3-5.
3. Giovannoni, J. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell*. 2004. **16**(Suppl. 1): 170-180.
4. Jain, N.; Dhawan, K.; Malhorta, S.; Singh R. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.). Compositional and enzymatic changes. *Plant Food Hum. Nutr.* 2003. **58**(4): 309-315.

5. Sinuco, D.; Steinhaus, M.; Schieberle, P.; Osorio, C. Changes in odour-active compounds of two varieties of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) during ripening. *Eur. Food Res. Technol.* 2010. **230**(6): 859-864.
5. Steinhaus, M.; Sinuco D.; Polster, J.; Osorio C.; Schieberle, P. Characterization of the aroma-active compounds in pink guava (*Psidium guajava* L.) by application of the aroma extract dilution analysis. *J. Agric. Food. Chem.* 2008. **56**(11): 4120-4127.
6. Defilippi, B.; Manríquez, D.; Luengwilai, K.; González-Agüero, M. Aroma volatiles: Biosynthesis and mechanisms of modulation during fruit ripening. En: *Advances in botanical research*. Vol. 50. New York, Academic Press. 2009. pp. 1-37.
7. Ortega, A.; Pino, J. Los constituyentes volátiles de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Acta Alimentaria*. 1996. **276**(25): 65-72.
8. Chen, H. C.; Sheu, M-J.; Wu, C.M. Characterization of volatiles in guava (*Psidium guajava* L. cv. Chung-Shan-Yueh- Pa) fruit from Taiwan. *J. Food and Drug Analysis*. 2006. **14**(4): 398-402.
9. Toth-Markus, M.; Siddiqui, S.; Kovacs, E.; Roth E.; Nemeth-Szerdahely, E. Changes in flavour, cell wall degrading enzymes and ultrastructure of guava (*Psidium guajava* L.) during ripening. *Acta Alimentaria*. 2005. **34**(3): 259-266.
10. Diniz F. S.; Pereira T.; Maio, M.; Monteiro, A. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. *Food Chemistry*. 2007. **100**(1): 15-21.
11. Icontec. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractométrico. Jugos de frutas y hortalizas. Norma Técnica Colombiana NTC 4624. Bogotá, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1999.
11. Icontec. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Norma Técnica Colombiana NTC 4623. Bogotá, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1999.
12. Steinhaus, M.; Sinuco, D.; Polster, J.; Osorio, C.; Schieberle, P. Characterization of the key aroma compounds in pink guava (*Psidium guajava* L.) by means of aroma re-engineering experiments and omission tests. *J. Agric. Food Chem.* 2009. **57**(7): 2882-2888.
13. Brummell, A. Regulation and genetic manipulation of ripening in climacteric fruit. *Stewart Postharvest Review*. 2005. **1**(3): 1-19.
14. Solarte, M.E.; Cantillo, J.; Melgarejo, L. M.; Romero, H. M. Cambios fisiológicos y químicos durante la maduración poscosecha de *Psidium guajava* L. en Colombia. Memórias. XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Desafios para produção de alimentos e bioenergia.

- Setembro 7-12, 2009. Fortaleza-CE. Brazil. pp. 87.
15. Paniandy, J.; Chane-Ming J.; Pieribattesti, J. Chemical composition of the essential oil and headspace solid-phase microextraction of the guava fruit (*Psidium guajava*, L.). *J. Essent. Oil Res.* 2000. **12**(2): 153-158.
  16. Carasek, E.; Pawliszyn, J. Screening of tropical fruit volatile compounds using solid-phase microextraction (SPME) fibers and internally cooled SPME fiber. *J. Agric. Food Chem.* 2006. **54**(23): 8688-8696.
  17. Cardeal, Z. L.; Moreira Guimara, E.; Vilela Parreira, F. Analysis of volatile compounds in some typical brazilian fruits and juices by SPME-GC method. *Food Addit. Contam.* 2005. **22**(6): 508-513.