

**CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES ACTIVOS
OLFATIVAMENTE EN UCHUVA (*Physalis peruviana* L.)****CHARACTERIZATION OF ODOR-ACTIVE VOLATILES IN UCHUVA
(*Physalis peruviana* L.)****CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS ATIVOS OLFATIVAMENTE
EM UCHUVA (*Physalis peruviana* L.)**Doris Gutiérrez¹, Diana Cristina Sinuco¹, Coralía Osorio^{1,2}

Recibido: 01/08/10 – Aceptado: 12/11/10

RESUMEN

Durante el estudio de los compuestos activos olfativamente en el aroma de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) se identificaron los compuestos volátiles, obtenidos por 3 técnicas, extracción líquido-líquido con pentano-diclorometano (1:1) (LL), *Solvent-Assisted Flavor Evaporation* (SAFE) y *Headspace*-Microextracción en fase sólida (HS-MEFS), y se encontraron diferencias en la calidad del aroma de los extractos mediante el análisis olfatómetrico. La técnica SAFE permitió obtener un extracto con un aroma muy semejante al de la fruta fresca. Los compuestos que presentaron los valores más altos de factor de dilución de aroma (FD) fueron: hexanal, 3-hidroxi-2-butanona, 2-metilpropanol, 2-hidroxibutanoato de etilo, octanoato de etilo y 3-hidroxibutanoato de butilo. En el extracto LL se detectaron algunos compuestos sin actividad olfativa en la fruta; en contraste, mediante la técnica

de HS-MEFS no fue posible detectar todos los compuestos activos olfativamente, principalmente los de mayor polaridad. Estos resultados muestran la utilidad del nuevo enfoque de análisis en química de aromas, el cual le da más relevancia al análisis olfativo en estos estudios.

Palabras clave: *Physalis peruviana*, uchuva, aroma, volátiles activos olfativamente, SAFE, CG-olfatometría.

ABSTRACT

During the study of odor-active active compounds in the aroma of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), volatile compounds obtained by three techniques-liquid liquid extraction with pentane-dichloromethane (1:1) (LL), *Solvent-Assisted Flavor Evaporation* (SAFE) and *Headspace-Solid Phase Microextraction*

1 Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. A. A. 14490, Bogotá, Colombia.

2 cosorior@unal.edu.co

(HS-SPME) were identified. Differences in the aroma quality of the extracts were found by olfactometric analyses. The SAFE technique allowed obtaining an extract with similar aroma to the fresh fruit. The compounds with highest Flavor Dilution factor (FD) value were hexanal, 3-hydroxy-2-butanone, 2-methylpropanol, ethyl 2-hydroxybutanoate, ethyl octanoate, and butyl 3-hydroxybutanoate. Some compounds without olfactive activity in the fruit aroma were detected in the LL extract; in contrast, it was not possible to detect all of the odor-active volatiles by using HS-SPME technique, especially those of the most polarity. These results show the utility in using the new approach of flavor chemistry analysis, which gives more relevance to the odor analysis during these studies.

Key words: *Physalis peruviana*, cape gooseberry, flavor, odor-active volatile compounds, SAFE, CG-olfactometry.

RESUMO

Durante o estudo de compostos olfativos ativos no aroma de uchuva (*Physalis peruviana* L.), foram identificados os compostos voláteis obtidos por três técnicas: extração líquido-líquido com pentano-diclorometano (1:1) (LL), *Solvent-Assisted Flavor Evaporation* (SAFE) e *Headspace-Microextração em Fase Sólida* (HS-MEFS). Também se acharam diferenças na qualidade do aroma dos extratos por meio de análise de olfatométrica. A técnica SAFE permitiu a obtenção de um extrato com um aroma semelhante à fruta fresca. Os compostos que apresentaram os maiores valores de fator de diluição de aroma (FD) foram: hexanal, 3-hidroxi-2-butanona, 2 metilpropanol, octanoato de etilo e

3-hidroxibutanoato de butilo. No extracto LL foram detectados alguns compostos sem atividade olfativa no fruto; em contrapartida, pela técnica de HS-MEFS não foi possível detectar todos os compostos ativos olfativamente, principalmente os de maior polaridade. Estes resultados mostram a utilidade do uso de uma nova abordagem para a análise de química do aroma, que dá mais importância à análise olfativa em estes estudos.

Palavras-chave: *Physalis peruviana*, uchuva, aroma, compostos voláteis ativos olfativamente, SAFE, CG-Olfatométrica.

INTRODUCCIÓN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una especie frutal originaria de los Andes suramericanos perteneciente a la familia *Solanaceae*. Se caracteriza porque sus frutos se encuentran encerrados dentro de un cáliz o capacho. El fruto conocido como *uvilla*, *goldenberry* o *cape gooseberry*, se consume fresco o se utiliza para hacer mermeladas, jugos, dulces, salsas y conservas. Es una excelente fuente de provitamina A (3.000 UI de β -caroteno por 100 g), vitamina C (20 mg/100 g fruta) y vitaminas del complejo B como tiamina (0,01 mg/100g), riboflavina (0,17 mg/100g) y niacina (0,80 mg/100g) (1). Entre las propiedades medicinales que se le han atribuido (2), han sido comprobadas mediante estudios científicos, la actividad antioxidante (3), antiinflamatoria (4) y anticáncer (5).

La uchuva tiene importancia económica para Colombia al ocupar el tercer renglón en las exportaciones de frutales después del banano y el plátano con una

alta demanda en el mercado europeo. El valor de las exportaciones de uchuva creció cerca de 9% anual promedio entre 1995 y 2000, hasta alcanzar los 5 millones de dólares en 1999. En el 2006, Colombia exportó un poco más de US\$ 16,6 millones en uchuva (equivalentes al 59% de las exportaciones de frutales, excluyendo banano y plátano), de los cuales casi el 95% correspondió a la Unión Europea. El principal destino de las exportaciones de uchuva fresca es Holanda con 36% de la producción, seguido por Alemania (29%), Bélgica (20%), Suecia (6%), Reino Unido (3%), Canadá y Estados Unidos (4%) y Francia (3%) (6). Es así como el mercado internacional de esta fruta se provee de dos oferentes principales, Colombia y Sudafrica (7), siendo nuestro país el líder en este mercado. El fruto seco endulzado ha sido incluido recientemente en el mercado de los Estados Unidos, ya que muestra uno de los niveles más altos de fibra dietaria (1,1 g/100 gramos) (7), en comparación con otras frutas más familiares como ciruelas pasas, albaricoques, higos o uvas pasas y, por tanto, es considerado como una "superfruta de alta fibra" (8).

Esta fruta tiene un único sabor dulce-ácido que es agradable por sí solo o mezclado con otras frutas secas y nueces. A pesar de su importancia económica y sus excelentes propiedades sensoriales, son pocos los estudios que se han realizado sobre el aroma de esta fruta. Berger, Drawert y Kollmannsberger (9) caracterizaron los componentes volátiles de uchuva cultivada en Alemania, identificando un número significativo de ésteres alifáticos, aromáticos e hidroxieésteres. Posteriormente, Mayorga *et al.* estudiaron los compuestos volátiles de la uchuva culti-

vada en Colombia, y encontraron que sus compuestos mayoritarios eran butanol, (*E*)-2-hexenal, butanoato de etilo, alcohol bencílico, 2-metil-1-butanol y hexanol (10). Adicionalmente, realizaron estudios de generación de aroma a partir de precursores glicosídicos, logrando identificar tres disacáridos de hidroxieésteres: el 3-*O*- β -D-glucopiranosil-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopiranosido del 3-hidroxioctanoato de etilo y los diastereoisómeros 3-*O*- α -L-arabinopiranosil-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopiranosidos de (*3R*) y (*3S*)-3-hidroxibutanoato de butilo, así como el 1-*O*- α -L-arabinopiranosil-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopiranosido de *p*-menten-4(8)-en-1,2-diol (10-12).

Los estudios realizados en química de aromas durante la última década, han demostrado que solo un número muy limitado de los volátiles son los responsables del aroma característico de frutas y otros alimentos, los cuales se conocen con el nombre de *compuestos impacto* o *key aroma compounds*. Identificar estos compuestos, implica realizar experimentos de cromatografía de gases-acoplada a olfatometría (CG-O) sobre los extractos de volátiles, para detectar aquellos que tienen actividad olfativa (*odor-active volatiles*), y que algunas veces están en muy baja proporción para ser detectados por métodos instrumentales. Estos análisis requieren una metodología sistemática y organizada, la cual ha sido desarrollada en las dos últimas décadas por Schieberle (13), y consiste de los siguientes pasos básicos: separación de los componentes volátiles usando un método de extracción suave como la extracción con solventes en frío y posterior destilación SAFE (14); análisis por cromatografía de gases acoplada a olfatometría del extracto de aroma y de un conjunto de diluciones sucesivas de dicho

extracto para establecer el aporte individual de los componentes al aroma total, método que se conoce con el nombre de *Aroma Extract Dilution Analysis* (AEDA) (15); identificación de los componentes activos olfativamente por comparación de su descripción sensorial, umbral de olor, índice de retención y espectro de masas con sustancias de referencia; cuantificación de los componentes usando el método denominado *Stable Isotopic Dilution Analysis* (SIDA); y, finalmente, la realización de experimentos de recombinación basados en datos cuantitativos para determinar cuáles son los componentes impacto del aroma.

Teniendo en cuenta la importancia económica de la uchuva en nuestro país, se desarrolló el presente trabajo con el objeto de identificar los compuestos activos olfativamente en uchuva, mediante el uso del nuevo enfoque de análisis en química de aromas, y comparar estos resultados con los obtenidos por las técnicas usuales de obtención de compuestos volátiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las frutas de uchuva en estado de madurez de consumo, se adquirieron en los mercados locales de Bogotá. El material se seleccionó de acuerdo con los siguientes parámetros: peso promedio entre 5 a 6 g, pH entre 3,6 y 3,8, contenido de sólidos solubles cercano a 15 °Brix (16) y color acorde con un grado de madurez 4 según la carta de color de la Norma Técnica Colombiana (17).

Obtención de los extractos de compuestos volátiles

Se aplicaron tres metodologías de extracción de volátiles: extracción continua LL, extracción SAFE y HS-MEFS. El procedimiento utilizado en cada una de estas se describe a continuación.

El extracto LL se obtuvo a partir de 300 g de fruta fresca, la cual se homogenizó con un mezclador automático y se centrifugó a 7.970 g por 45 minutos a 5 °C. El sobrenadante se sometió a extracción continua líquido-líquido con 200 mL de una mezcla de pentano-diclorometano en relación 1:1 por 24 horas. La fase orgánica se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se concentró en columna Vigreux hasta un volumen de 0,2 mL.

El extracto SAFE se obtuvo a partir de 240 g de fruta fresca, la cual se homogenizó en un mezclador automático y se le adicionó 250 g de Na₂SO₄ anhidro con el fin de disminuir la cantidad de agua. Este homogenizado fue extraído con 400 mL de diclorometano, para luego someterse a extracción en el equipo SAFE (14) durante 1 hora. El extracto orgánico se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se concentró en columna Vigreux hasta un volumen de 0,2 mL.

Para la técnica de HS-MEFS (18) se colocaron 30 g de fruta fresca en un vial de 100 mL, el cual se selló con un *septum* y se colocó en un termostato a 37 °C durante 45 minutos para lograr el equilibrio. La fibra (DVB/CAR/PDMS 50/30 μm) se expuso al espacio de cabeza del recipiente que contenía la muestra durante 30 minutos, y luego se realizó la desorción en el puerto de inyección del cromatógrafo por 5 minutos.

Análisis cromatográficos

Los extractos de volátiles fueron analizados por cromatografía de gases de alta resolución con detector de ionización de llama. Estos análisis se realizaron en un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 serie II equipado con una columna FFAP (30 m x 0,25 mm x 0,32 μ m). La temperatura del horno se programó así: 40 °C durante 2 min, luego se calentó a 6 °C/min hasta 190 °C, y posteriormente a 12 °C/min hasta 240 °C, temperatura en la cual se mantuvo por 10 min. La temperatura del inyector y del detector fue 220 °C, se usó helio como gas de arrastre a 1,5 mL/min. La inyección se realizó en modo *split* (1:10) para los extractos LL y SAFE, y en modo *splitless* para el extracto obtenido por HS-MEFS. Los extractos de volátiles también se analizaron en columna RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m), con el siguiente programa de temperatura: 50 °C durante 4 min. y luego se incrementó la temperatura hasta 300 °C a 4 °C/min. La temperatura del inyector y del detector fue 300 °C, se usó helio como gas de arrastre a 1 mL/min. Los análisis por CGAR-EM se realizaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC17A acoplado a un detector selectivo de masas QP5050, utilizando el *software* Class5K. Los iones se monitorearon en el rango m/z 30-350 u, utilizando el mismo programa que en CGAR con columna FFAP.

El extracto SAFE fue analizado CG-O con el fin de establecer cuáles eran las zonas activas del aroma. Para tal fin, se prepararon ocho diluciones seriadas (de 1:1 a 1:128) del extracto SAFE y se determinó la contribución de cada uno de los compuestos volátiles del aroma de la uchuva mediante el parámetro denominado *factor*

de dilución de aroma (15). La técnica de CGAR-O se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II equipado con FID, el cual se acopló a un olfatómetro (con divisor de flujo HP OSS-2) en el cual aproximadamente el 50% del efluente de la columna se hizo llegar al punto de olfacción después de ser mezclado con aire húmedo. La temperatura de la interfase fue de 60 °C y se utilizó una columna FFAP en las condiciones expuestas anteriormente. Cada uno de los compuestos volátiles emergentes del cromatógrafo fue evaluado sensorialmente (descripción de la nota olfativa) por duplicado, con ayuda de un panel entrenado en estos procedimientos, y conformado por tres panelistas que se rotaban cada 10 minutos durante la corrida.

En todos los casos se calcularon los índices de retención basados en los tiempos de retención de una mezcla de parafinas patrón. La identificación de los compuestos volátiles se realizó por comparación con muestras auténticas de los índices de retención, espectro de masas y propiedades olfativas en CGAR-O.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos de volátiles del fruto de *Physalis peruviana* obtenidos por los tres métodos de extracción se sometieron a un análisis sensorial descriptivo realizado por panelistas entrenados, con el cual se estableció que el extracto SAFE era el que mostraba un aroma más similar al de la fruta fresca al comparar las notas olfativas frutal, ácida, dulce, floral, verde y grasosa, características de la uchuva (10). En contraste, el extracto LL presentó un fuerte olor dulce con nota de caramelo.

La aplicación del análisis AEDA al extracto SAFE mostró diferencias en la contribución de cada uno de los compuestos volátiles al aroma de la uchuva. Los compuestos que presentaron los más altos factores de dilución de aroma (mayor contribución al aroma total de la fruta) fueron: hexanal, 3-hidroxi-2-butanona, 2-metilpropanol, 2-hidroxibutanoato de etilo, octanoato de etilo y 3-hidroxibutanoato de butilo (Tabla 1).

Al realizar la comparación los constituyentes volátiles de los extractos LL y SAFE, se observó la presencia de (Z)-3-hexenol ($IR_{FFAP}=1377$) y benzaldehído ($IR_{FFAP}=1505$) en cantidad significativa en el extracto LL (Figura 1), sin embargo, estos compuestos no contribuyeron olfativamente al aroma de la uchuva. En el extracto LL también se detectó una mayor contribución de las lactonas, γ -butirolactona, γ -hexalactona, γ -octalactona y δ -octalactona, responsables de notas dulce-mantequilla, dulce-caramelo, frutal-coco y frutal-melocotón, respectivamente. En contraste, en el extracto obtenido por HS-MEFS no se detectaron ni lactonas ni hidroxiésteres. Es conocido que este tipo de compuestos volátiles se sintetizan enzimáticamente a partir de los correspondientes hidroxiácidos (19), en el caso de la uchuva la biosíntesis de este tipo de compuestos es evidente debido a la presencia de 3-hidroxiésteres como constituyentes volátiles del aroma de esta fruta. Este hecho puede ser explicado porque el SAFE es un procedimiento más suave en el que se evitan reacciones colaterales que puedan afectar el aroma de los extractos.

Los compuestos volátiles activos olfativamente de la fruta de la uchuva presentaron factores de dilución en un rango de

2 a 256, lo cual está de acuerdo con el suave aroma exhibido por esta fruta. La técnica HS-MEFS se evaluó con el fin de establecer su utilidad en análisis de rutina de volátiles para productos alimenticios procesados de uchuva, sin embargo, la mayoría de los compuestos volátiles activos de la fruta no fueron detectados bajo estas condiciones.

Es importante resaltar la presencia de 3-hidroxi y 2-hidroxiésteres como compuestos olfativamente activos en esta fruta. Algunos de estos, 2-hidroxibutanoato de etilo, 3-hidroxi octanoato de etilo y 3-hidroxibutanoato de butilo, fueron identificados también como las agliconas conjugadas en el fruto de *Physalis peruviana* (10, 12). El 3-hidroxibutanoato de butilo puede ser considerado como uno de los compuestos con actividad olfativa más importantes, no solo por su factor FD igual a 128, sino porque presenta una nota olfativa característica de la fruta. Adicionalmente, los 3-hidroxi ésteres se consideran constituyentes volátiles característicos de varias frutas tropicales, tales como papayuela (*Carica pubescens*), mango (*Mangifera indica*), piña (*Ananas comosus*), tamarillo (*Cyphomandra betaceae*) y mamey (*Mammea americana*), entre otras (20).

La utilización de la técnica SAFE también evidenció que algunos de los compuestos volátiles detectados en mayor concentración en los extractos, no son los que más contribuyen al aroma de la uchuva. Por ejemplo, butanol, 2- y 3-metilbutanol, (E)-2-hexenal, hexanol y alcohol bencílico. Esta evidencia experimental comprueba la necesidad de realizar el análisis por CGAR-O en forma simultánea con el análisis cromatográfico cuali-

Tabla 1. Compuestos activos olfativamente en el aroma de la uchuva (*Physalis peruviana*).

n.º	Compuesto ^b	IR ^c (FFAP)	IR ^c (RTX-5)	LL ^d	SAFE ^d	HS MEFS ^g	FD	Nota olfativa ^e
1	Butanoato de etilo	1025	801	-	-	++++	64	Frutal
2	Hexanal	1075	900	+	+	-	256	Verde
3	2-Metil propanol	1088	-	+++	+++	-	128	Frutal, dulce, verde
4	No identificado	1117	-	+	+	-	32	Frutal, piña
5	(E)-2-Pental ^f	1124	-	+	+	-	32	Frutal, dulce
6	Butanol	1142	-	++++	++++	++	64	Floral, verde
7	Butanoato de 2-metilpropilo ^f	1150	997	+	+	+	4	Cítrica
8	2-Butenoato de etilo ^f	1155	-	+	+	-	2	Verde
9	2-Heptanona ^f	1173	891	+	+	+	32	Frutal
10	1,8-cineol ^f	1188	-	+	+	+	32	Dulce, mentolada
11	2- y 3-metilbutanol ^f	1203	-	+++	++	+	4	Alcohol
12	(E)-2-hexenal	1210	849	+++	++++	+++	2	Verde, manzana
13	Hexanoato de etilo	1225	1008	+	-	++	2	Dulce
14	Butanoato de isoamilo	1254	1065	+	+	+	2	Frutal
15	Acetato de hexilo	1263	1040	+	+	+	16	Frutal
16	3-Hidroxi-2-butanona	1272	-	+	++	+++	256	Frutal
17	2-Heptanol	1316	977	+	+	-	2	Grasoso
18	Hexanol	1349	867	+++	+	-	4	Floral, frutal
19	2-Hidroxibutanoato de etilo ^g	1394	-	+	+	+	128	Frutal
20	(E)-2-hexeno ^f	1400	-	+	+	-	16	Frutal, verde
21	Octanoato de etilo	1424	1212	+	+++	+++	128	Frutal

Continuación Tabla 1

22	3-Hidroxi butanoato de etilo	1508	935	+++	++	-	16	Frutal, acuoso
23	Octanol	1551	1094	+	+	-	32	Herbal
24	4-Metoxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona ^f	1578	1034	+	+	-	4	Caramelo
25	Benzoato de metilo	1601	1095	+	++	+	16	Floral
26	γ -Butirolactona	1607	915	+	-	-	32	Dulce, mantequilla
27	Acido butanoico	1620	815	+	-	-	16	Rancio
28	Acido 2-metil butanoico	1629	840	+	-	-	16	Frutal, fresa
29	3-Hidroxi hexanoato de etilo	1668	1125	+	+++	+	2	Frutal, ácido
30	g-Hexalactona	1682	1054	+++	++	-	64	Dulce, caramelo
31	3-Hidroxi butanoato de butilo ^g	1694	1132	+++	+	-	128	Frutal, ácido, parecido a uchuva
32	Acetato de bencilo	1713	1170	+	+	-	16	Floral, frutal
33	(E)-Citral	1717	1255	+	+	-	4	Cítrico, verde
34	<i>p</i> -Cimen-8-ol ^f	1838	1183	++	++	-	32	Terroso
35	Alcohol bencílico	1865	1036	++++	++++	-	64	Frutal, floral
36	3-Hidroxi octanoato de etilo ^g	1878	-	+	+	-	64	Frutal, verde, dulce
37	γ -Octalactona	1893	1198	++	+	-	64	Coco
38	δ -Octalactona	1940	1290	+	+	-	32	Frutal, melocotón
39	3-Fenilpropanol ^f	2029	-	++	+	-	4	Especiada
40	<i>p</i> -Ment-4(8)-en-1,2-diol ^g	2229	-	+++	+	-	64	Frutal, cremoso

^a Los compuestos se enumeraron consecutivamente de acuerdo con sus tiempos de retención en columna FFAP (Figura 1); ^b los compuestos fueron identificados por comparación de sus índices de retención y espectros de masas con compuestos de referencia; ^c IR = índice de retención; ^d cantidad tentativa como porcentaje de área, + < 1%, + + 1-2%, + + + 2-10%, + + + + > 10%; ^e nota olfativa como se percibe en el puerto de oflacción durante el análisis por CG-O; ^f tentativamente identificado solo por EM; ^g los estándares correspondientes se obtuvieron por hidrólisis de los glicocójugados (12); FD = factor de dilución de aroma.

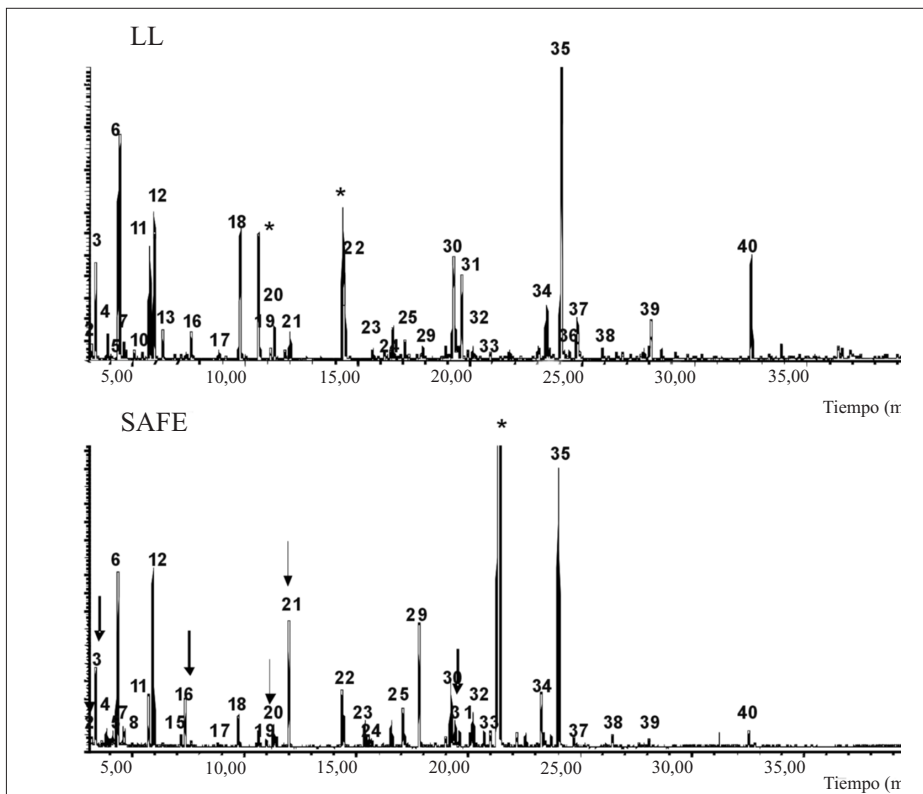


Figura 1. Análisis cromatográfico de los extractos de volátiles de uchuva obtenidos por extracción LL y SAFE en columna FFAP (los compuestos con los más altos factores de dilución-FD están resaltados con las flechas; * estos compuestos no son relevantes olfativamente en los extractos de aroma de uchuva).

tativo y cuantitativo de los extractos de volátiles, cuando se esté analizando el aroma de un alimento.

aquel que presentaba un aroma más parecido al de la fruta fresca.

CONCLUSIONES

En este trabajo por primera vez se reportan los compuestos activos olfativamente en el aroma de la uchuva, confirmando que los hidroxiésteres juegan un papel importante en el aroma de esta fruta. El análisis olfatométrico de los tres extractos obtenidos, LL, SAFE y HS-MEFS, permitió seleccionar el extracto SAFE como

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ICBF. Tabla de composición de alimentos colombianos. 2010. Disponible en: <http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/principal_alimento.asp?id_alimento=465&enviado3=1>. Consultado en octubre de 2010.

2. Bracamonte, O.; Guevara, M.; Medina, M. El cultivo de la uchuva tipo exportación. *Revista Agricultura Tropical*. 1993. **30**: 79-87.
3. Wu, J.; Tsai, J. Y.; Chang, S. P.; Lin, D. L.; Wang, S. S.; Huang, S. N.; Ng, L. T. Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *J. Ethnopharmacol.* 2006. **108**: 407-413.
4. Franco, L. A.; Ospina, L. F.; Matiz, G. E.; Gaitán, R. Utilización del modelo de edema auricular inducido por TPA en la evaluación farmacológica de los cálices de *Physalis peruviana* L. *Scientia Et. Technica*. 2007. **13**: 285-286.
5. Wu, S-J.; Ng, L.T.; Lin, D. -Y.; Huang, S. N.; Wang, S. S.; Lin, Ch. Ch. *Physalis peruviana* extract induces apoptosis in human Hep G2 cells through CD95/CD95L system and the mitochondrial signaling transduction pathway. *Cancer Lett.* 2004. **215**: 199-208.
6. Bonilla, M. H.; Arias, P. A.; Landínez, L. M.; Moreno, J. M.; Cardozo, F.; Suárez, M. S. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la uchuva en fresco para exportación. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2009. Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/agenda_cadena_uschuva.pdf>. Consultado en julio de 2010.
7. FAO. Fichas técnicas. 2006. Disponible en: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pfrescos/UCHUVA.HTM>. Consultado en octubre de 2010.
8. Pszczola, D. E. The inside on inclusions. *Food Technol.* 2008. **62** (9): 50-62.
9. Berger, R.; Drawert, F.; Kollmannsberger, H. The flavour of cape gooseberry (*Physalis peruviana*). *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1989. **188**: 122-166.
10. Duque, C.; Mayorga, H.; Knapp, H.; Winterhalter, P. Estudios sobre el delicado aroma de uchuva (*Physalis peruviana*) y algunos de sus precursores de tipo glicosídico. En: Duque, C.; Morales, A. L., Eds. *El aroma frutal de Colombia*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 2005. pp. 43-73.
11. Mayorga, H.; Knapp, H.; Winterhalter, P.; Duque, C. Glycosidically bound flavour compounds of cape gooseberry (*Physalis peruviana*). *J. Agric. Food Chem.* 2001. **49**: 1904-1908.
12. Mayorga, H.; Duque, C.; Knapp, H.; Winterhalter, P. Hydroxyester disaccharides from fruits of cape gooseberry (*Physalis peruviana*). *Phytochemistry*. 2002. **59**: 439-445.
13. Schieberle, P. New developments in methods for analysis of volatile compounds and their precursors. En: Gaonkar A.G Ed. *Characterization of Food: Emerging Methods*. Else-

- vier, Science BV. 1995. pp. 403-431.
14. Engel, W.; Bahr, W.; Schieberle, P. Solvent assisted flavour evaporation: a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. *Eur. Food Res. Technol.* 1999. **209**: 237-241.
 15. Grosch, W. Determination of potent odourants in foods by Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) and calculation of odour activity values (OAVs). *Flavor Fragr. J.* 1994. **9**: 147-158.
 16. Fischer, G.; Martínez, O. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con el color del fruto. *Agronomía colombiana.* 1999. **16**: 35-39.
 17. ICONTEC. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá. 1999.
 18. Kataoka, H.; Lord, H. L.; Pawliszyn, J. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *J. Chromatography A.* 2000. **880**: 35-62.
 19. Gatfield, I. L. Bioreactors for industrial production of flavours: use of enzymes. En: Patterson, R. L. S., Charlwood, B. V.; MacLeod, G.; Williams, A. A., Eds. *Bioformation of Flavours*. Royal Society of Chemistry. 1992. pp. 171-185.
 20. Osorio, C.; Morales, A. L.; Krajewski, D.; Schreier, P.; Duque, C. El aroma de la papayuela (*Carica pubescens*): generación de hidroxísteres a partir de precursores glicosídicos. En: Duque, C.; Morales, A. L., Eds. *El aroma frutal de Colombia*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 2005. pp. 133-155.