

Rev. Colomb. Quím., 2010, 39(1):61-72

**ANÁLISIS DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES DEL MANGO  
(*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) TRATADO  
POR MÉTODOS COMBINADOS**

**VOLATILE COMPOUNDS PROFILE ANALYSIS OF MANGO  
(*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) TREATED  
BY COMBINED METHODS**

**ANÁLISE DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DA MANGA  
(*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) TRATADA  
POR MÉTODOS COMBINADOS**

Angélica Moreno<sup>1</sup>, David F. León<sup>1</sup>, Germán A. Giraldo<sup>1,2</sup>, Eunice Ríos<sup>1</sup>

Recibido: 28/02/09 – Aceptado: 14/04/10

**RESUMEN**

Se evaluó el perfil de compuestos volátiles del mango (*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) al ser tratado con la combinación de los métodos de deshidratación osmótica con o sin pulso de vacío (DOPV y DO) y con secado por aire caliente o con vacío (SAC y VAC). El tiempo utilizado en la cinética del proceso de DO fue de 42 horas y la DOPV de 30 horas; en los procesos de secado, el SAC se realizó durante 24 horas y el VAC requirió 40 horas. En el perfil de compuestos volátiles del mango fresco analizado por cromatografía de gases acoplada a detector de espectrometría de masas (GC-MS) se encontraron compuestos tipo mono y sesquiterpénico, además de ácidos y ésteres grasos. El germacreno D (20,49%) fue el compuesto terpénico de mayor

abundancia encontrado en el análisis realizado. La cantidad de compuestos volátiles en la fruta procesada fue afectada por la aplicación de DOPV y VAC; sin embargo estas pérdidas fueron menores que en las muestras secadas sin pretratamiento osmótico. En el análisis sensorial realizado, las frutas tratadas con DOPV y DO presentaron una menor intensidad calificada en el olor en comparación con la muestra no pretratada.

**Palabras clave:** compuestos volátiles, deshidratación osmótica, mango, secado.

**ABSTRACT**

The aromatic profile of mango (*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) after be treated with the combination of osmotic

1 Programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.

2 ggiraldo@uniquindio.edu.co

dehydration methods with or without vacuum pulse (DOPV and DO) and with hot air or vacuum drying (SAC and VAC) was evaluated. The time spent on the kinetics of the DO process was 42 hours and for DOPV was 30 hours, in drying processes, the SAC was held for 24 hours and the VAC for 40 hours. In the profile of volatile compounds of fresh mango analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometry detector (GC-MS), compounds founded were mono and sesquiterpenes type, besides fatty acids and esters. The germacrene D (20.49%) was the terpene compound most abundant found in the analysis. The amount of volatile compounds in processed fruit was affected by the application of DOPV and VAC, but these losses were lower than in the dried samples without osmotic pretreatment. In the sensory analysis performed, the treated fruit by DO and DOPV showed less qualified odor intensity compared with the sample not pretreated.

**Key words:** volatile compounds, osmotic dehydration, mangoes, drying.

## RESUMO

Neste trabalho, foram analisadas as mudanças no perfil químico e sensorial dos compostos aromáticos da manga (*Mangifera indica* L. Var. *Tommy Atkins*) tratada pela combinação dos métodos de desidratação osmótica com ou sem pulso de vácuo (DOPV e DO) e secagem com ar quente ou com vácuo (SAC e VAC). O tempo utilizado na cinética do processos de DO e de DOPV foi de 42 horas e 30 horas, respectivamente; nos processos de secagem, o SAC foi realizado durante 24 horas e o VAC durante 40 horas. No per-

fil dos compostos voláteis da manga fresca analisada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) foram encontrados compostos do tipo mono e sesquiterpenos juntamente com ácidos e ésteres gordos. O composto terpênico presente em maior abundância foi o germacreno D (20.49%). A quantidade de compostos voláteis presentes nas frutas processadas foi afectada pela aplicação dos métodos DOPV e VAC, no entanto, estas perdas foram menores do que as ocorridas nas amostras secas sem pré-tratamento osmótico. Na análise sensorial realizada, as frutas tratadas com os métodos DOPV e DO apresentaram um aroma qualificado como sendo menos intenso do que o aroma das frutas que não receberam pré-tratamento osmótico.

**Palavras-chave:** compostos voláteis, desidratação osmótica, manga, secagem.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es el segundo país de Suramérica en producción de frutas, siendo las de mayor obtención el banano y el mango (1). La DO y el secado, como métodos combinados para la conservación de frutas, han sido estudiados con el fin de modificar los factores que les generan daño con respecto al tiempo (2-4). Además de inhibir el crecimiento microbiano y la actividad enzimática prolongando su vida de anaquel, la aplicación de estos métodos podría promover cambios en la composición de sus compuestos volátiles (5).

La DO es un proceso de deshidratación, en el que se sumergen productos en soluciones hipertónicas generando dos

efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución hipertónica y flujo de solutos hacia el interior del alimento (6). Cuando se aplica un pulso de vacío, los gases atrapados son expandidos y parcialmente removidos de la matriz alimentaria. Después de restaurar la presión atmosférica, un diferencial de presión positivo resultante permite la penetración del líquido en los espacios libres en la estructura hasta que el equilibrio de presión interna y externa sea alcanzado; cuando se aplica con soluciones osmodeshidratantes, este acelera el intercambio de solutos a la matriz gracias a una penetración rápida y forzada de la solución (7).

El aroma del mango ha sido reportado como una mezcla de monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos volátiles oxigenados (aldehídos, alcoholes, ésteres y cetonas). Los compuestos principales reportados para el aroma del mango son 3-careno, limoneno,  $\alpha$ -pineno, *p*-cimeno, acetaldehído, etanol y hexanal (8-11). Torres *et al.* (12), por medio de la cromatografía de gases acoplada a detector de espectrometría de masas y destilación extracción simultánea (DES), identificaron el perfil volátil del mango afectado por la DO, en donde el uso de soluciones osmóticas altamente concentradas y el alto nivel de osmodeshidratación de las muestras inducen a mayores pérdidas de volátiles que soluciones más diluidas y cortos tiempos de tratamiento con respecto a las muestras frescas.

La evaluación sensorial es un método que utiliza jueces entrenados en la medición de las características de olor, sabor, textura o color para realizar análisis a productos o alimentos determinados. El olor es la percepción de las sustancias volátiles

liberadas en los objetos. La volatilidad de un compuesto depende de su peso molecular, punto de ebullición, presión de vapor y del medio en que se difunda (13).

El objetivo de este trabajo fue evaluar fisicoquímica y sensorialmente los cambios en la composición del perfil de compuestos volátiles del mango (*Mangifera indica L. var. Tommy Atkins*) tras la aplicación de los métodos combinados de DO con o sin pulso de vacío y secado por aire caliente o a presión reducida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

Los mangos variedad Tommy Atkins se compraron en el mercado local con grados de maduración similares teniendo en cuenta su color, °brix y  $a_w$ . La fruta fue lavada y desinfectada según las recomendaciones del Codex alimentarius (14).

### Caracterización fisicoquímica

La fruta fresca y tratada fue caracterizada en cuanto a humedad según el método AOAC 930.15/97 (15),  $a_w$  (higrómetro de punto de rocío Aqualab Decagon modelo 3TE), sólidos solubles (refractómetro Thermo modelo 334610), pH (pHmetro IQ Scientific modelo IQ 240) y acidez titulable según el método AOAC 942.15/90 (16). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, y los resultados fueron analizados por medio del software estadístico Statgraphics Centurion XV usando el método de comparaciones múltiples de muestras, con un nivel de significancia del 95%.

### Pretratamientos osmóticos

El mango fue cortado en cubos de aproximadamente  $1\text{ cm}^3$  para realizar los siguientes tratamientos con una solución de sacarosa a  $45^\circ\text{Bx}$  (relación solución-fruta 5:1), siguiendo la técnica descrita por Giraldo, Chiralt y Fito (17), a temperatura ambiente ( $20\text{-}23^\circ\text{C}$ ), sin agitación, durante 72 horas de proceso en cada tratamiento, para hallar el punto de equilibrio isotónico (donde la gráfica presenta una tendencia constante en los cambios de masa ( $\Delta M$ ) que representa un estado de pseudoequilibrio). Luego de encontrado el punto de equilibrio, las muestras fueron retiradas de la solución; durante el tiempo de deshidratación se realizaron las cinéticas de pérdida de peso, ganancia de sólidos solubles y actividad de agua por triplicado.

Para la deshidratación osmótica con pulso de vacío (DOPV), los cubos de mango y la solución se sometieron a vacío a una presión de 80 mbar por 15 min según lo descrito por Giraldo, Chiralt y Fito (17), para luego continuar con el proceso de DO.

Una vez las muestras alcanzaron el equilibrio en los procesos de DO y DOPV, se retiraron de la solución osmótica y posteriormente se llevaron a los secadores.

### Secado

Para los procesos de secado se realizaron cinéticas registrando datos de peso y  $a_w$  cada 2 horas durante 72 horas por triplicado en las siguientes condiciones:

*Secado por aire caliente (SAC):* estufa de secado por aire caliente (WTB binder) a  $38^\circ\text{C}$  con una humedad relativa del 25%.

*Secado a vacío (VAC):* horno a vacío marca P-Selecta (Vaciotem-T) a  $38^\circ\text{C}$  con una presión negativa de 0,7 bar.

Una vez alcanzados los puntos de equilibrio de humedad, las muestras fueron retiradas de los secadores y reservadas para los análisis posteriores.

### Análisis de aromas

La extracción y el análisis de los compuestos volátiles representativos del aroma del mango fresco y procesado se realizaron de la siguiente manera:

*Destilación-extracción simultánea (DES):* las muestras homogeneizadas en agua fueron destiladas en un equipo DES usando hexano como solvente; el extracto recolectado fue congelado con el fin de separar la fase orgánica del agua por decantación, luego fue secado con sulfato de sodio anhidro y concentrado por rotaevaporación.

*Análisis cromatográfico:*  $2\ \mu\text{L}$  del extracto concentrado fueron inyectados en un cromatógrafo de gases marca Shimadzu GCMS-QP2010 en modo de inyección Split (1:2 a  $300^\circ\text{C}$ ) usando helio como gas de arrastre a un flujo de  $1\text{ mL}/\text{min}$  y una columna RFX-SSil MS ( $30\text{m}\times 0.25\text{mm DI}\times 0.25\ \mu\text{m}$  Film); el detector inició luego de 3 min de inyección escaneando cada 0,5 seg masas entre los 35 y  $450\text{ m/z}$ . La rampa de temperaturas inició a  $50^\circ\text{C}$  durante 2 min, aumentó a  $180^\circ\text{C}$  a una tasa de  $30^\circ\text{C}/\text{min}$  y se mantuvo 1 min para luego aumentar la temperatura a  $300^\circ\text{C}$  a una tasa de  $15^\circ\text{C}/\text{min}$  y mantenerse 5 min para un tiempo total de corrida de 20,3 min.

### Evaluación sensorial del olor

El análisis del olor de las muestras de mango procesado se realizó con un grupo

de 13 jueces semi-entrenados, en cinco evaluaciones semanales, utilizando una encuesta con escala de cinco puntos (-2 menos intenso, +2 más intenso). Estadísticamente las evaluaciones se analizaron por medio del software estadístico Statgraphics Centurion XV usando el método de comparación múltiple de muestras con un nivel de significancia del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estudios cinéticos de DO y secado

En los tratamientos de DO y DOPV durante las 72 horas de evaluación del proceso (Figura 1), se observó que luego de 45 horas, los trozos de fruta presentaron pérdidas en su estructura debido probablemente al crecimiento de la población microbiana que aumenta la actividad enzimática debilitando las paredes celulares, determinándose que el equilibrio es a las 42 horas para DO y a las 30 horas para DOPV siendo estos los tiempos utilizados para ser retiradas las muestras.

En el secado (Figura 2), la circulación continua de aire en el SAC hace que el equilibrio se alcance en 24 horas en todas

las muestras (DO y DOPV), siendo retiradas en este tiempo del horno. En el horno de vacío, la falta de un sistema de liberación de humedad genera saturación en la cámara del secador debido a la evaporación de agua de las muestras, acelerada por la disminución de la presión, lo cual incrementa el tiempo de secado a 45 horas para las muestras DO y a 40 horas para las DOPV.

### Caracterización fisicoquímica de la fruta fresca y tratada

La cuantificación de humedad,  $a_w$ , pH, azúcares y ácidos del mango fresco y tratado se muestra en la Tabla 1; los mangos se consideraron maduros cuando su porcentaje de sólidos solubles superó el 15%, y su contenido de ácidos orgánicos era bajo (alrededor del 1% de acidez), teniendo en cuenta lo dicho por Medicott (18).

El alto valor de  $a_w$  en las frutas frescas acelera los periodos de senescencia o degradación. La aplicación del método combinado de DO y secado realizado a la fruta disminuye la  $a_w$  evitando el crecimiento de colonias de microorganismos que aceleran los procesos de deterioro.

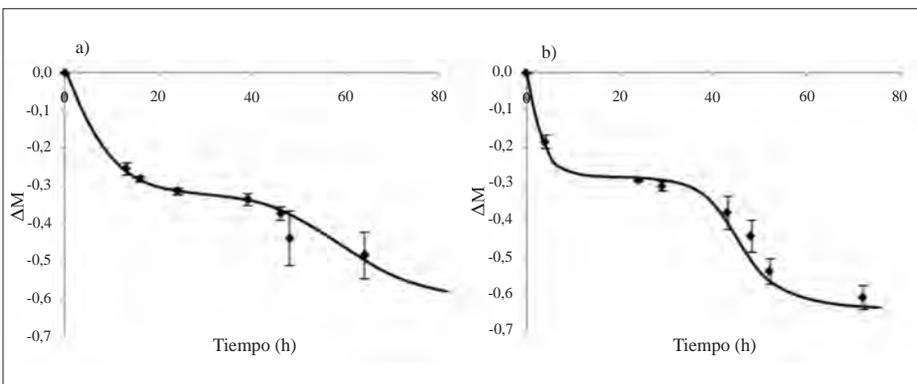
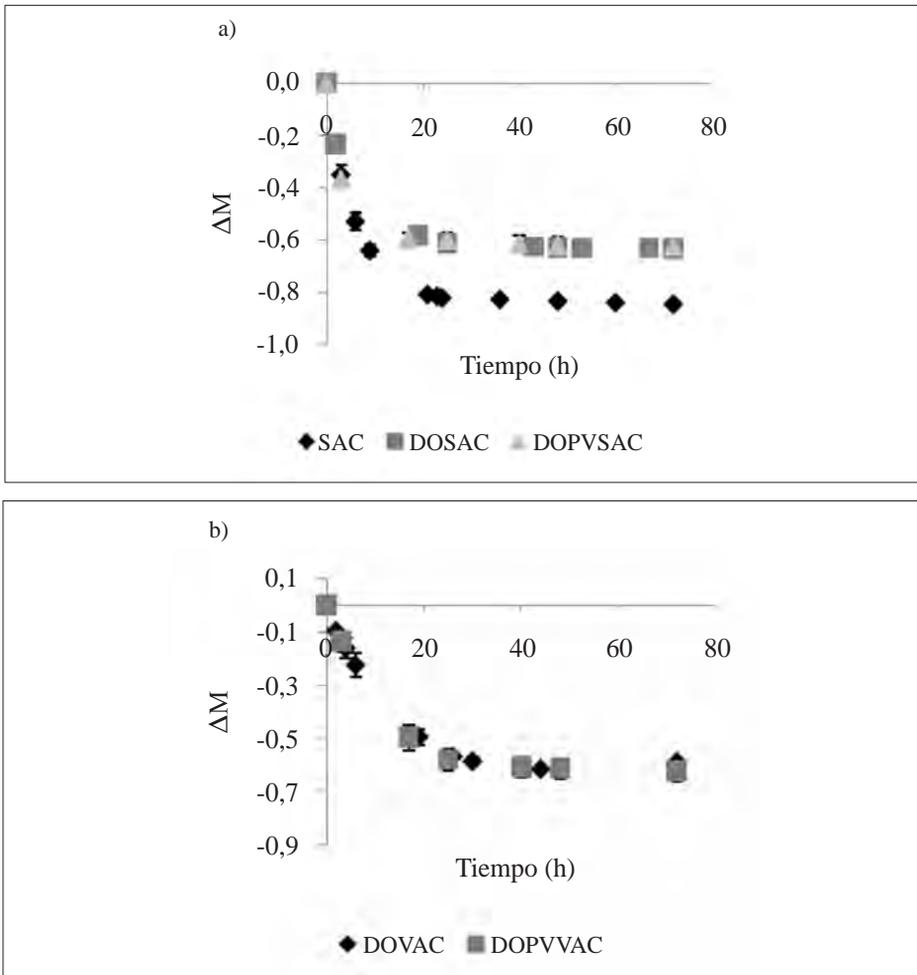


Figura 1. Disminución de la masa en muestras de mango osmodeshidratadas por: a) DO; b) DOPV.



**Figura 2.** Variaciones de la masa en los procesos de secado por: a) SAC; b) VAC.

Los valores de  $a_w$  y humedad de las frutas tratadas muestran similitudes al final de cada proceso ( $a_w < 0,7$  y humedad  $< 0,4$ ), al alcanzar su respectivo equilibrio hidrodinámico.

La impregnación de sólidos solubles causada por el vacío en la fruta DOPV (Figura 3) aumenta aceleradamente durante las primeras horas y se estabiliza en tiempos posteriores; cuando se realiza la

DO a presión normal, este incremento es constante y lento durante todo el proceso.

La DO aumenta el riesgo de fermentaciones de los azúcares a través del tiempo, incrementando la acidez de las frutas. Cuando se aplica un pulso de vacío, la impregnación de solución en los poros de la fruta aumenta el paso de ácidos hacia la solución, ya que la acidez de la solución es menor; por tanto, las muestras al final del

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos del mango fresco y deshidratado a diferentes condiciones.

	TRATAMIENTOS					
	Fresco	DOSAC	DOVAC	DOPVSAC	DOPVVAC	SAC
Humedad (%)	84,51 ± 3,4	31,90 ± 5,73	27,20 ± 1,71	20,4 ± 4,84	18,2 ± 7,48	18,35 ± 1,59
Sólidos solubles ( <sup>o</sup> Bx)	15,4 ± 3,7	32,71 ± 4,00 <sup>a</sup>		28,95 ± 4,20 <sup>a</sup>		N/A
a <sub>w</sub>	0,986 ± 0,003	0,660 ± 0,063	0,594 ± 0,064	0,664 ± 0,044	0,653 ± 0,069	0,737 ± 0,003
pH	3,85 ± 0,26	3,99 ± 0,72	4,24 ± 0,56	3,63 ± 0,54	3,61 ± 0,30	3,50 ± 0,76
Acidez (% ácido cítrico)	0,3882 ± 0,1772	1,2764 ± 0,4244	1,2110 ± 0,3720	0,8911 ± 0,1363	1,0514 ± 0,3146	1,1630 ± 0,1603

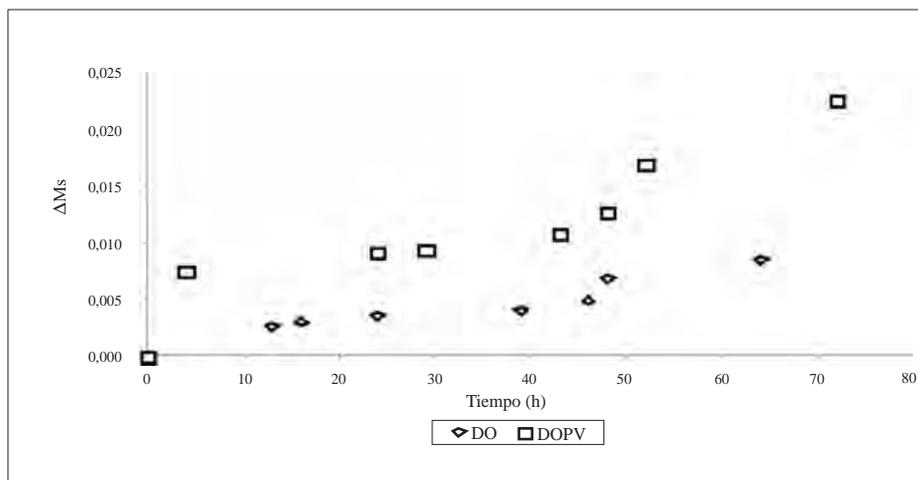
<sup>a</sup> Valores tomados luego de los procesos de deshidratación osmótica

proceso presentan menores valores que las tratadas a presión atmosférica (Tabla 1). El incremento de la acidez en la fruta sin ningún pretratamiento se da debido a que los ácidos se concentran por la pérdida de agua. El pH de las frutas tratadas no cambió significativamente durante los tratamientos, puesto que no se presentan cambios químicos probablemente en razón de que los contenidos de minerales junto con los ácidos orgánicos actúan como soluciones tampón evitando los cambios de pH en la fruta; la variabilidad en los pH de las

frutas causa los rangos amplios de las desviaciones estándar (Tabla 1).

### Análisis cromatográfico y sensorial del olor

Los compuestos encontrados en los extractos de mango fresco y tratado se señalan en la Tabla 2. El análisis del perfil aromático del mango fresco por GC-MS mostró un total de 29 compuestos entre monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos de cadenas carbonadas largas, en



**Figura 3.** Incremento de sólidos solubles ( $\Delta Ms$ ) en trozos de mango osmódeshidratados.

su mayoría ácidos grasos y sus ésteres. El cromatograma muestra en los primeros minutos compuestos monoterpénicos (siendo el 3-careno, limoneno y D-carvona los de mayor proporción), reportados como componentes del aroma impacto de la fruta (8, 11). Al aumentarse la temperatura se observan compuestos de estructuras sesquiterpénicas (germacreno D,  $\alpha$ -cubebeno,  $\beta$ -cubebeno,  $\alpha$ -bourboneno como compuestos mayoritarios) también importantes para el aroma del fruto, y a temperaturas elevadas (300 °C) se muestran compuestos de pesos moleculares elevados, como algunos ácidos grasos y ésteres de los mismos, no reportados

como componentes característicos del aroma debido a su baja volatilización.

Los compuestos mono y sesquiterpénicos detectados han sido reportados como constituyentes del flavor y aroma para el mango Tommy (7) y para otras variedades (8, 11). El compuesto encontrado en mayor abundancia para el mango fresco fue el germacreno D (20,49%) seguido de la D-carvona (11,76%) y el limoneno (11,18%). La abundancia del 3-careno (3,67%) reportado como mayoritario en otros estudios para la variedad trabajada, indica que la variedad Tommy Atkins cultivada en Colombia tiene un perfil de

**Tabla 2.** Compuestos terpénicos encontrados en mango fresco y deshidratado a diferentes condiciones.

TR (min)	Compuestos	ÁREA (%)					
		Fresco	DOSAC	DOVAC	DOPVSAC	DOPVVAC	SAC
5,37	Pineno	0,92	1,31	9,27	1,84	4,02	4,22
5,70	Linalool	0,62	0,76	0,76	1,2	1,41	1,70
5,91	3-careno	3,67	7,40	10,61	14,35	87,94	85,26
6,04	Limoneno	11,18	11,89	59,95	7,64	1,54	
6,39	$\alpha$ -terpinoleno	1,15	0,75	0,57	0,98	1,53	1,85
7,48	D-Carvona	11,76	11,36	11,51	66,08	0,65	2,91
8,09	$\gamma$ -elemeno	0,78	2,27				
8,21	Verbenota	1,70	0,85	0,40	1,09		
8,45	$\beta$ -elemeno	4,81	0,52		1,43		
8,51	Germacreno A	4,72	4,35	0,64			0,50
8,55	$\alpha$ -bourboneno	6,24	6,05	0,95	1,43		0,31
8,8	$\alpha$ -cubebeno	8,86	9,48	1,07	1,47	1,12	1,21
8,9	$\beta$ -cubebeno	6,73	15,31	0,84	1,39		
9,01	$\gamma$ -cadineno	2,80	2,23				
9,08	$\alpha$ -muuroloeno	7,16	1,88	0,43			
9,12	Trans-cariofileno	0,95		0,56		0,48	0,88
9,16	Aromadendreno	1,36	1,27	0,48			
9,22	$\alpha$ -humuleno	0,62	0,96			0,21	
9,30	Germacreno D	20,49	19,37	1,67	1,09	0,62	1,15
9,48	Cis-cariofileno	3,46	1,68	0,25		0,47	

compuestos aromáticos característico y diferente de otras regiones.

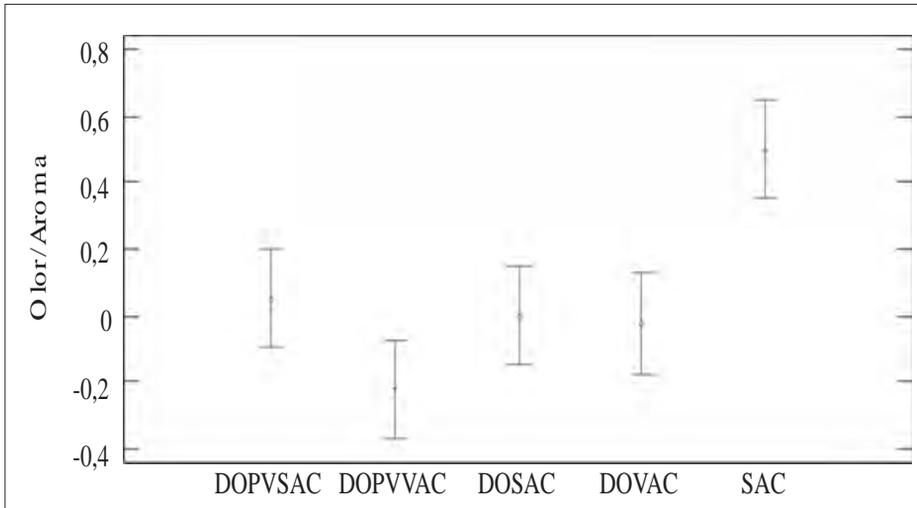
Al final de los tratamientos de DO y secado, se puede observar que el tratamiento que conservó en su mayoría el perfil de compuestos terpénicos es el DOSAC (Tabla 2), conservando 19 de los 20 compuestos que se encuentran en el mango fresco, siendo el germacreno D (19,37%) el mayoritario; el mango DOVAC muestra 16 de los 20 compuestos variando la abundancia del germacreno D (1,67%), pasando a ser el limoneno el compuesto de mayor abundancia (59,95%). Las frutas tratadas DOPVSAC con 12 de los 20 compuestos también tienen una pérdida en la composición del germacreno D (1,09%) pasando a ser la D-carvona (66,08%) el compuesto mayoritario. En el tratamiento DOPVVAC se encuentran 11 de 20 compuestos, en el cual el 3-careno pasa a ser el compuesto mayoritario con una abundancia de 87,94% y muy bajas proporciones de los demás compuestos encontrados. Por último, el mango deshidratado por aire caliente sin pretratamientos (SAC) es el que presenta mayores alteraciones en el perfil de compuestos terpénicos con 10 de los 20 compuestos y al igual que el DOPVVAC el compuesto mayoritario es el 3-careno (85,26%).

A grandes rasgos, se puede observar que las frutas tratadas con pulso de vacío, en comparación con las tratadas a presión atmosférica, presentan una mayor pérdida en la composición inicial de compuestos volátiles, esto puede ser debido a que los aromas concentrados en los poros de la fruta son liberados por la disminución de la presión. En los procesos de secado, el calentamiento suave durante un largo

periodo de tiempo genera volatilización de terpenos y otras moléculas de pesos moleculares bajos mientras que los compuestos de cadenas carbonadas largas requieren temperaturas elevadas para su liberación, por lo cual se mantienen adheridos a la fruta; cuando se presenta una reducción de presión, los gases internos que concentran aromas son liberados por la compresión de las estructuras generando pérdidas considerables de aromas comparado con el secado convencional convectivo, el cual arrastra los compuestos aromáticos externos sin el escape de la fase gaseosa interna, debido a que el aire circulante sólo alcanza la parte externa de la fruta.

Las mayores alteraciones del perfil volátil en el mango seco sin pretratamientos indican que la DO como pretratamiento ayuda a la conservación de estas sustancias en el fruto, ya que el azúcar impregnado bloquea la salida de gases desde el interior del fruto.

En síntesis, los compuestos terpénicos minoritarios encontrados en el mango fresco como el linalool,  $\alpha$ -terpinoleno,  $\gamma$ -elemeno,  $\beta$ -elemeno,  $\gamma$ -cadineno,  $\alpha$ -humuleno, Cis-cariofileno y verbenota se pierden durante los tratamientos, debido posiblemente a los cambios físicos que se realizan en las frutas como lo son la presión y temperatura, además de posibles reacciones de isomerización o degradación de estos compuestos que pueden ser causadas por las condiciones a las que son tratadas, rebajando su concentración a un nivel no detectable, mientras que los compuestos mayoritarios se mantienen tras los tratamientos.



**Figura 4.** Gráfico de medias (95% confianza) para la evaluación sensorial del olor/aroma.

Sensorialmente (Figura 4), se utilizó la DOSAC como patrón de comparación para la evaluación sensorial de las frutas tratadas, ya que sus parámetros fisicoquímicos la ponen en un punto intermedio entre las muestras.

El olor es uno de los parámetros sensoriales que exige un mayor entrenamiento de los jueces, ya que requiere personas experimentadas en el análisis (jueces semi-expertos o expertos) que extremen el cuidado de su olfato, lo que hace que el análisis realizado por jueces poco experimentados presente insuficiencias con respecto a la respuesta de un equipo analítico.

En la evaluación sensorial de la intensidad del aroma del mango realizada se puede observar que el mango secado sin pretratamientos osmóticos (SAC) es el que presenta una mayor intensidad del aroma de la fruta calificada por los jueces; esto puede deberse a que los compuestos presentes en la fruta luego del tratamiento son los que le dan el olor

impacto a la fruta, mientras que los demás tratamientos comparados con el patrón (DOSAC) presentan una intensidad de aroma similar. Por tanto, compuestos como el pineno, linalool, 3-careno,  $\alpha$ -terpinoleno, D-carvona,  $\alpha$ -cubebeno y germacreno D –que se conservan durante todos los tratamientos– son los que le imparten el aroma característico a la fruta tratada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Food and Agricultural Organization (FAO). Segunda reunión grupo intergubernamental sobre el banano y las frutas tropicales, situación actual del mercado. [www.fao.org](http://www.fao.org). Fecha de consulta: 02/2008.
2. Giraldo, G. A.; Duque, A. L.; Mejía, C. M. Cinética de secado de frutas tropicales por métodos combinados. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 2006. **16** (1): 15-25.

3. Erle, U.; Schubert, H. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering*. 2001. **49** (2-3): 193-199.
4. Giraldo, G. A.; Gómez, A.; Gutiérrez, J. A. Tratamiento de conservación del banano (*Gross Michel*) por el método combinado de impregnación a vacío y secado. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 2007. **17** (1): 9-17.
5. Fellow, P. 15. Dehydration. En: *Food Processing Technology*. 2<sup>a</sup> ed. USA: CRC Press. 2000.
6. Genina, P. Deshidratación Osmótica: Alternativa para Conservación de Frutas Tropicales. *Avance y Perspectiva*. 2002. **21** (1): 321-324.
7. Saurel, R. 18. The Use of Vacuum Technology to Improve Processed Fruit and Vegetables. En: *Fruit and Vegetable Processing: Improving Quality*. USA: CRC Press. 2002.
8. Bender, R. J.; Brecht, J. K.; Baldwin, E. A.; Malundo, T. M. M. Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *Hort. Sciences*. 2000. **35** (4): 684-686.
9. Lalel, J. D.; Singh, Z.; Tan, S.C. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. **27** (3): 323-336.
10. Beaulieu, J. C.; Lea, J. M. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. **30** (1): 15-28.
11. Lebrun, M.; Plotto, A.; Goodner, K.; Ducamp, M.; Baldwin, E. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology*. 2008. **48** (1): 122-131.
12. Torres, J. D.; Talens P.; Carot J. M.; Chiralt A.; Escriche I. Volatile profile of mango (*Mangifera indica L.*) as affected by osmotic dehydration. *Food Chemistry*. 2007. **101** (1): 219-228.
13. Anzaldúa-Morales, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. 1<sup>a</sup> ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A. 1994.
14. Codex Stan 184-1993. Norma del Codex para el mango. <http://www.codexalimentarius.net>, 2005.
15. AOAC Official Method 930.15/97: Moisture in animal feed. En: *Official methods of analysis*, 16<sup>th</sup> ed. 3<sup>a</sup> rev. Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.). 1997.
16. AOAC Official Method 942.15/90: Acidity (Titratable) of Fruit Products. En: *Official methods of analysis*, 16<sup>th</sup> ed., 3<sup>a</sup> rev. Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.). 1997.

17. Giraldo, G. A.; Chiralt, A.; Fito, P. Deshidratación osmótica de mango (*Manguifera indica*), aplicación al escarchado. *Ingeniería y Competitividad*. 2005. 7 (1): 44-55.
18. Medlicott, A. Manual de tecnología post-cosecha de mango. Armenia, Colombia: SENA Regional Quindío. Convenio SENA - Reino Unido. 1996.