

Capítulo 4



Eeg. 60344

DESHIDRATACIÓN DE LA GUAYABA, UNA OPCIÓN PARA SU APROVECHAMIENTO INTEGRAL

Aleyda Jiménez¹, Helber Barbosa², Alicia Lucía Morales¹, Coralia Osorio^{1}*

En la hoya del río Suárez, una de las zonas de mayor producción de guayaba en Colombia, aproximadamente el 30 % de la producción de esta fruta se destina a la fabricación de pasta de guayaba y el 70 % restante se destina para el procesamiento de otras industrias en el país y para el consumo en fresco.

La alta perecibilidad sumada a otros factores como la carencia de centros de acopio regionales y el mal estado de las vías rurales, hacen que mucha fruta se pierda en época de cosecha. Una alternativa de solución a esta problemática es la industrialización encaminada a obtener productos que mantengan las características sensoriales y nutricionales de la guayaba, para así aumentar su oferta, disminuir los excedentes de producción y obtener productos con valor agregado.

El diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios de origen natural se justifica por las necesidades actuales del mercado. En general, durante el diseño de un nuevo producto, primero se deben

1 Grupo Aditivos Naturales de Aroma y Color -GANAC-, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia.

2 Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia.

* Correspondencia: cosorio@unal.edu.co



definir las características más relevantes que debe tener, luego hacer una revisión de la literatura técnica para hacer el diseño apropiado que se ajuste a las funciones o especificaciones que son deseables en el producto y, finalmente, hacer una primera aproximación del modelo funcional. En este proceso es importante tener en cuenta que existen normas y estándares, a nivel nacional e internacional que el producto debe cumplir y satisfacer. Una vez concluido el desarrollo del producto a nivel de laboratorio se debe realizar su evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial antes de iniciar su escalamiento a nivel piloto o semi-industrial (1).

Con el objeto de hacer un aprovechamiento integral de los frutos de guayaba que ayude al fortalecimiento de esta cadena productiva en Colombia, se decidió deshidratar frutas completas de guayaba por secado por aire caliente y por liofilización, y posteriormente hacer la caracterización de los sólidos obtenidos para desarrollar productos con valor agregado que conserven las principales características nutricionales y organolépticas de la guayaba.

4.1. El aroma de la guayaba

El aroma de una fruta es una mezcla compleja de compuestos volátiles con diferentes estructuras y concentraciones que es generada durante los procesos de maduración, poscosecha o procesamiento. El conocimiento de su composición permite establecer las condiciones de manejo poscosecha más adecuadas para mantener la calidad del aroma.

El aroma de la guayaba ha merecido la atención de investigadores. Es así como desde hace cuatro décadas se vienen desarrollando numerosos estudios tendientes a establecer la composición de los compuestos volátiles presentes en frutos de guayaba, proveniente de diferentes regiones (Tabla 4.1) y estos han permitido la identificación de más de 400 com-



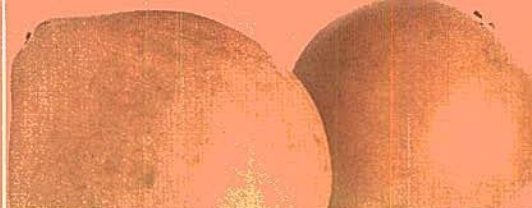
ponentes que pueden tener influencia en las características de olor de esta fruta. Sin embargo, la contribución individual de estos compuestos al agradable aroma total de la fruta ha sido poco estudiada.

Tabla 4.1. Resumen de los estudios publicados sobre el aroma de guayaba (*Psidium guajava*) (2)

Variedad y origen	Principales componentes	Compuestos responsables del aroma
Cortibel Brasil	Aldehidos C-6, ésteres, monoterpenos, sesquiterpenos (cariofileno).	<i>E</i> -2-hexenal y <i>Z</i> -2-hexenal
Indefinida Costa Rica	Terpenos y derivados terpénicos	Ésteres alifáticos, terpineol, linalol, <i>E</i> - β -cariofileno y su epóxido, <i>Z</i> -3-hexenol, α -pineno, α -fenchol, 1,8-cineol y borneol
Roja Cuba	α -pineno, <i>Z</i> -3-hexenol, <i>E</i> - β -cariofileno, ácido hexadecanoico	Ésteres alifáticos, <i>Z</i> y <i>E</i> - β -ocimeno, linalol, acetato de linalilo, cariofileno, <i>Z</i> -3-hexenol, 2-pentadecanona, sesquiterpenos.
Indefinida Brasil	Norcarotenoides: 4-oxo-dihidro- β -ionol	Sin establecer
Indefinida Venezuela.	Ésteres, sesquiterpenos, hidrocarburos monoterpénicos	Benzaldehido, α -copaeno y mirceno
Wild Florida EEUU	Hidrocarburos terpénicos	Sin establecer
Beaumont Hawaii	Hexanol, <i>cis</i> -3-hexen-1-ol, compuestos aromáticos	Sin establecer

Hasta principios de 2007, en Colombia, sólo se había estudiado la composición de compuestos volátiles de las variedades Palmira ICA-1 (guayaba pera) y Glum Sali (guayaba manzana) cultivadas en el Valle del Cauca. El análisis por CG-EM de los extractos mostró que los principales compuestos volátiles de la variedad ICA-1 son los acetatos de cinamilo y de *Z*-3-hexenilo y el alcohol cinamílico. En la variedad Glum Sali, los componentes mayoritarios fueron *E*-2-hexenal, hexanal y tetradecano. Además, se identificaron por primera vez ocho componentes volátiles como constituyentes de la guayaba, pero la contribución efectiva de estos componentes al aroma total de la fruta no fue realizada (3).

Con el propósito de ampliar el conocimiento sobre la composición del aroma de la guayaba y evaluar su cambio durante los diferentes proce-



sos de conservación, en el marco del proyecto “Desarrollo de aditivos naturales de color y aroma a partir de frutas de guayaba” se estudiaron frutas provenientes de la provincia de Vélez (Santander). El aroma de la guayaba Regional Roja, ha sido descrito como una mezcla de notas verde, grasa, frutal, dulce y un característico olor a toronja o pomelo (*grapefruit*) que contribuye al carácter de fruta tropical (4).

1. Para el análisis del aroma de esta fruta se siguió la secuencia metodológica recomendada por *Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie* (Centro Alemán para la Investigación en Química de Alimentos) (5) así:
 1. Separación de los componentes volátiles por extracción con solventes en frío y destilación (*solvent assisted flavor evaporation SAFE*) (6).
 2. Análisis por cromatografía de gases acoplada a olfatometría (CG-O) y análisis de diluciones del extracto de aroma (AEDA) para establecer el aporte individual de los componentes al aroma total.
 3. Identificación de los componentes activos olfativamente por comparación de su descripción sensorial, umbral de olor, índice de retención en dos columnas y espectro de masas con sustancias de referencia.
 4. Cuantificación de los componentes usando análisis de dilución de isótopos estables (SIDA).
 5. Experimentos de re-ingeniería (recombinación y omisión) basados en los datos cuantitativos para establecer los componentes impacto del aroma.

Siguiendo este procedimiento sistemático se identificaron los compuestos responsables del aroma de guayaba (Regional Roja y Regional Blanca) y su influencia en el aroma de estas frutas se estableció de acuerdo con su concentración, determinada por el método SIDA y con los valores de actividad de aroma (*odor active value*, OAV) (7) (Tabla 4. 2).

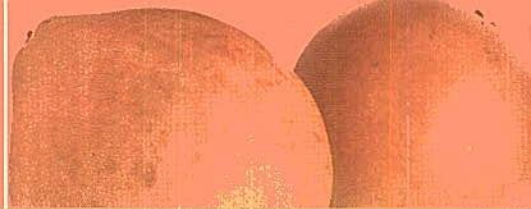


Tabla 4.2. Componentes activos olfativamente en el aroma de guayaba Regional Roja y Regional Blanca (8)

COMPUESTO	IR ^a		Nota de olor	Regional Blanca (2)		Regional Roja (8)	
	FFAP	DB-5		Conc. (µg/kg fruta)	OAV	Conc. (µg/kg fruta)	OAV
(Z)-3-Hexenal	1135	796	césped	2011 ± 462 (23%)	16758	6890 ± 310 (4%)	57000
Hexanal	1075	802	césped	968 ± 189 (19%)	372	857 ± 54 (6%)	360
Butanoato de etilo	1028	802	frutal	151 ± 15 (10%)	198	126 ± 16 (13%)	170
(Z)-3-Hexenol	1369	858	verde hojas	nd	<1	nd	<1
Furaneol	2023	1081	caramelo	3442 ± 345 (10%)	86	1420 ± 50 (4%)	36
3-Sulfanilhexanol	1831	1418	toronja	1,7 ± 0,1 (5%)	29	555 ± 9 (2%)	9300
Acetato de 3-sulfanilhexilo	1708	1249	grosella negra	0,36 ± 0,04 (11%)	18	11,4 ± 0,6 (5%)	570
Ácido hexanoico	1835	1019	lácteo, queso	nd	<1	nd	<1
trans-4,5-Epoxi-(E)-2-decenal	2006	1383	metálico	2,33 ± 0,0 (0%)	11	16,8 ± 4,0 (24%)	76
Alcohol cinámico	2284	1335	floral, miel	620 ± 50 (8%) t	8	1290 ± 140 (11%)	17
(2S,3S)-2-Hidroxi-3-metilpentanoato de metilo	1493	994	frutal	10,4 ± 1 (10%)	4	27,2 ± 3,2 (12%)	11
Metoxifuraneol	1591	1041	caramelo	194 ± 25 (13%)	1	9,4 ± 0,8 (8%)	0,06
Metional	1443	903	Papa, terroso	0,26 ± 0,21 (80%)	0,60	1,3 ± 0,2 (12%)	3,1
Sotolona	2200	1136	especiada	0,53 ± 0,07 (13%)	0,31	4,3 ± 1,7 (39%)	2,5
Benzoato de etilo	1652	1170	violeta	11,9 ± 0,3 (2%)	0,22	7,2 ± 0,0 (0%)	0,13
(2R,3S)-2-Hidroxi-3-metilpentanoato de metilo	1473	992	frutal	2,2 ± 0,6 (28%)	0,17	9,7 ± 1,6 (16%)	0,75
Benzoato de metilo	1610	1096	floral, violeta	3,22 ± 0,5 (17%)	0,044	2,6 ± 0,4 (14%)	0,03
Acetato de cinamilo	2144	1453	miel, dulce	0,7 ± 0,2 (19%)	0,005	862 ± 78 (9%)	5,7

^aIR = índice de retención; nd = no determinado

Estos resultados muestran que los principales contribuyentes al aroma de la guayaba Regional Roja son: (Z)-3-hexenal, 3-sulfanil-hexanol, acetato de 3-sulfanil hexilo, furaneol y metoxifuraneol; también se pudo establecer que hexanal y (Z)-3-hexenal son los responsables de las notas verde y grasa, y acetato de 3-sulfanil hexilo y 3-sulfanil-hexanol responsables de las notas sulfurosa y tropical, mientras que furaneol, junto



con otros compuestos como, butanoato de etilo, y acetato de cinamilo predominan para dar el carácter dulce, frutal y floral típicos del olor de la guayaba.

En cuanto a la guayaba Regional Blanca, la aplicación de la metodología anteriormente expuesta permitió identificar los siguientes compuestos volátiles: alcohol cinamílico, acetato de cinamilo, (Z)-3-hexenal, trans-4,5-epoxi-(E)-2-decenal, butanoato de etilo y furaneol como principales contribuyentes del aroma de este material; todos estos compuestos también se detectaron en guayaba Regional Roja.

La cuantificación de estos compuestos mediante la técnica SIDA y los experimentos de re-ingeniería mostraron que los compuestos impacto en el aroma de los dos materiales son los mismos, pero en concentraciones diferentes. La guayaba Regional Blanca presenta cantidades mayores de furaneol, pero baja concentración de los compuestos azufrados, 3-sulfanil-1-hexanol y acetato de 3-sulfanilhexilo, responsables de la nota azufrada característica del aroma tropical de la guayaba.

Otro material de interés, proveniente de la hoya del río Suárez, es la guayaba Guavatá Victoria cuyo aroma se distingue por su intensidad, a tal punto que por las notas sulfurosas llega a ser desagradable. El extracto de volátiles de este material se obtuvo por extracción continua líquido-líquido con pentano-diclorometano 1:1. En este material se caracterizaron 29 compuestos volátiles donde seis de ellos son impacto en el aroma de las guayabas Regional Roja y Regional Blanca.

El compuesto que se encuentra en mayor cantidad en la guayaba Guavatá Victoria es el (E)-2-hexenal (502 $\mu\text{g}/\text{kg}$) seguido por el alcohol cinamílico (383 $\mu\text{g}/\text{kg}$), el acetato de cis-3-hexenilo (363 $\mu\text{g}/\text{kg}$), el (Z)-3-hexenal (332 $\mu\text{g}/\text{kg}$), y el acetato de cinamilo (225 $\mu\text{g}/\text{kg}$).



Como se ha comprobado con los estudios en las guayabas Regional Roja y Regional Blanca, la composición del aroma de los diferentes materiales puede variar; entonces es indispensable confirmar la contribución de los compuestos activos al aroma total de la guayaba Guavatá Victoria y establecer inequívocamente cuáles son los compuestos responsables de la nota desagradable de este material.

4.2. Deshidratación de guayaba

El secado o deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos, por medios físicos, hasta que el nivel de agua sea adecuado para su conservación por largos períodos. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas (9). Es así como los procesos de secado se convierten en una alternativa eficiente para la conservación de alimentos y el incremento de su vida útil (10).

4.2.1. Secado por aire caliente

El secado por aire caliente es uno de los métodos simples y comunes que se ha utilizado para la preservación de frutas y vegetales. Con relación a los frutos de guayaba, la obtención de productos derivados mediante este proceso ha sido bastante limitada, aunque algunos autores sugieren condiciones y metodologías para su secado, para la obtención de harina de guayaba y uso posterior en jugos y coladas (11).

Con el fin de determinar las mejores condiciones de secado se realizó un ensayo a 70 ± 2 °C, colocando trozos de guayaba en recipientes de vidrio en un secador de aire caliente a escala de laboratorio y determinando el porcentaje de humedad gravimétrica (12) a intervalos sucesivos de

60 minutos. Así, se estableció que el tiempo de secado requerido es de mínimo 8 horas para alcanzar un valor de humedad del 6 %, que es el valor recomendado en la literatura (13) como apropiado para disminuir drásticamente las posibles reacciones enzimáticas que pueden deteriorar el producto (Figura 4.1).

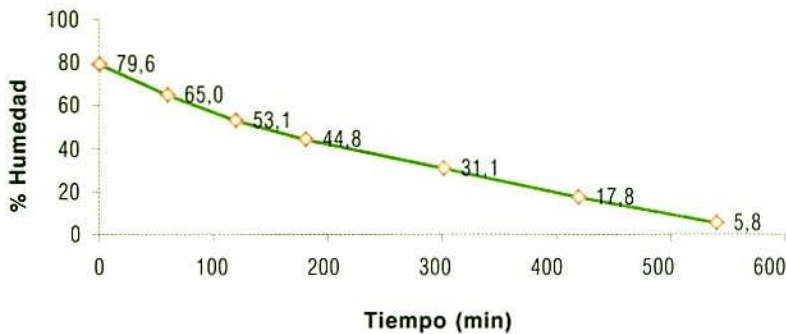


Figura 4.1. Curva de secado (70 ± 2 °C) de guayaba Regional Roja (14).

Con estos resultados, el proceso se escaló a nivel de planta piloto. Los frutos (100 kg) se seleccionaron, se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (1 %) y se lavaron con agua; posteriormente, se cortaron en rodajas las cuales se distribuyeron uniformemente en bandejas para el secado por aire caliente. El producto seco (30 kg) se pulverizó en un molino de martillos para su almacenamiento a temperatura ambiente y en ausencia de luz.

4.2.2. Liofilización

La liofilización consiste en la desecación en condiciones de alto vacío y a muy bajas temperaturas; este es un proceso en el que se enfría el alimento y una vez congelado se introduce en una cámara de vacío para la remoción del agua por sublimación (13). Esta técnica tiene la ventaja que al evitar el



calentamiento de la muestra se preservan la mayoría de las características organolépticas y nutricionales de los productos. Los frutos, (300 kg) seleccionados y desinfectados, se sometieron a liofilización en un equipo a nivel de planta piloto para obtener 10 kg de sólido seco.

4.3. Caracterización fisicoquímica de los sólidos obtenidos

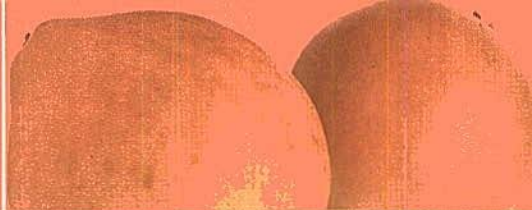
Los sólidos obtenidos por secado de frutas de guayaba se caracterizaron en cuanto al contenido de vitamina C (por HPLC), actividad antioxidante (AA) por el método del ABTS (15), determinación de color por colorimetría triestímulo (Tabla 4.3) y análisis de compuestos volátiles.

Tabla 4.3. Caracterización de los sólidos obtenidos por deshidratación de frutos de guayaba (14, 16)

Muestra	AA ^a	Vitamina C ^b	Atributos de color ^c				
			L*	a*	b*	C*	h
Guayaba RR	1,98	33,72	59,41	12,78	21,31	24,85	59,05
Secado por aire caliente	1,44	118,65	62,94	11,75	26,52	29,01	66,11
Liofilizado	32,6	948,7	71,92	11,59	27,65	29,98	67,26

^a mmol Trolox/ 100 g de fruta o de sólido; ^b mg de ácido ascórbico/100 g de fruta o de sólido ^c promedio de tres determinaciones

En la tabla 4.3 se observa que el liofilizado presentó valores de actividad antioxidante y de vitamina C mayores que aquellos obtenidos para el sólido obtenido por secado por aire caliente. Así, se pone en evidencia que en el proceso de secado en frío se disminuyen las pérdidas de los compuestos biofuncionales. También se comprobó que la humedad es un factor determinante en la estabilidad de las propiedades biofuncionales de los sólidos analizados: específicamente, el contenido de vitamina C se pierde bajo la influencia de este parámetro. La actividad antioxidante se mantuvo en el sólido liofilizado, pero en el sólido secado por aire caliente disminuyó hasta la mitad por influencia de una humedad relativa alta. Además, se desarrolló



un sabor rancio en las muestras cuando se sometían a humedades altas, siendo la humedad del 75 % donde se presentó la menor influencia.

El color de los sólidos obtenidos por secado por aire caliente es uniforme y comparable con el del sólido obtenido por liofilización. El valor de luminosidad (L^*) permite caracterizarlo como un color claro; los valores de a^* y b^* , indican que el color de los sólidos se enmarca en las tonalidades rojas y amarillas similares a las de la fruta. El análisis cromatográfico permitió establecer que los carotenoides mayoritarios en la fruta, licopeno y β -caroteno, se conservan en los sólidos.

La fracción volátil de los sólidos deshidratados de guayaba se analizó mediante la técnica de *headspace*-microextracción en fase sólida-cromatografía de gases (HS-MEFS-CG) (17). En este procedimiento los compuestos volátiles producidos en un espacio cerrado herméticamente son retenidos por adsorción en una fibra, que después se coloca en el inyector de un cromatógrafo de gases para que los volátiles sean desorbidos por efecto térmico, y analizados inmediatamente en el equipo. En estas condiciones se encontró que los componentes mayoritarios eran mono y sesquiterpenos, entre los que se destaca el *trans*-cariofileno como el más abundante (18). Estos compuestos fueron detectados en el puré de la fruta, pero no contribuyen al aroma total de ella.

4.4. Evaluación sensorial de los sólidos obtenidos

Con la ayuda de un panel entrenado en las notas descriptoras de aroma característico de la guayaba (7) se realizó el perfil de aroma de los dos sólidos en comparación con el aroma de puré de la fruta fresca (Figura 4.2). A las notas más relevantes del aroma de la guayaba (verde, azufrada, dulce, fresca y frutal) se adicionó el descriptor amaderado (nota similar a la del té), que es bastante notorio en los sólidos obtenidos por el proceso de secado. Los resultados se obtuvieron a partir de un forma-



to de respuesta que contenía una escala de 0 a 3, donde 3 correspondía a la mayor intensidad percibida, y 0 la menor.

En la figura 4.2 se observa que el perfil olfativo es bastante similar entre los sólidos, predominando las notas dulce y frutal, y siendo más significativa la nota amaderada en el sólido obtenido por secado por aire caliente.

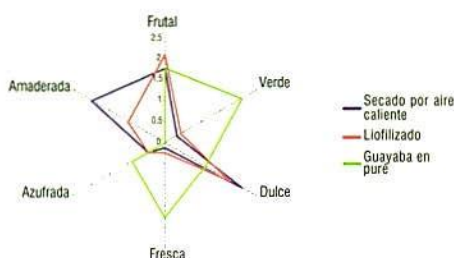


Figura 4.2. Comparación de los perfiles olfativos de los productos deshidratados de guayaba con el del puré de guayaba Regional Roja.

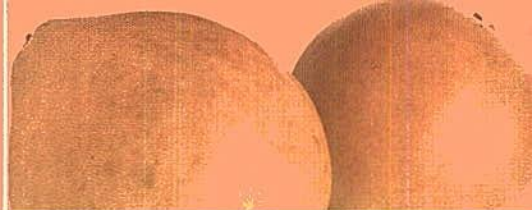
En contraste, el perfil olfativo de los deshidratados de guayaba es bastante diferente del obtenido para el puré de la fruta; las notas olfativas más susceptibles al proceso de secado fueron la verde, azufrada y fresca. Se ha comprobado que el procesamiento de la guayaba tiene

una fuerte influencia en los compuestos volátiles responsables de la nota verde, como es el (Z)-3-hexenal (19). La nota amaderada que es una de las más relevantes en el sólido obtenido por secado por aire caliente, estuvo ausente en el puré de la fruta.

Posteriormente se realizó un panel de aceptación de los sólidos frente a consumidores, encontrando que el aroma y el sabor de los deshidratados fueron atributos aceptables y se asociaron con aquellos característicos del bocadillo y de la jalea de guayaba. En contraste, la textura (terrosa o arenosa) no fue calificada en forma positiva y se sugirió modificar o mejorar este atributo para una mejor aceptación del producto.

4.5. Desarrollo de productos alimenticios

Los sólidos obtenidos por deshidratación de frutos enteros de guayaba se utilizaron para la producción de tabletas enriquecidas en vitami-



na C (Figura 4.3A) y para la obtención de una tisana (infusión) natural de guayaba (Figura 4.3B). Los resultados de la evaluación sensorial de las tabletas mostraron que aunque su sabor y aroma fueron calificados



Figura 4.3. Productos alimenticios desarrollados a partir de los sólidos deshidratados de guayaba. A) Tabletas enriquecidas en vitamina C; B) Tisana de guayaba.

como agradables y similares a los de la fruta; la textura, por la sensación terrosa que presenta, fue catalogada como desagradable. Teniendo en cuenta estos resultados, se sugiere la tisana como el producto más promisorio pues al empaquetar el sólido en una bolsa se elimina el inconveniente de la percepción de la textura terrosa.

Al hacer ensayos de liberación del aroma retenido en el sólido se encontró que al preparar la infusión por inmersión de la bolsa en agua en ebullición, durante 15 minutos, se produce un aroma característico a guayaba que persiste después de suspender el calentamiento. El calentamiento permite una mayor liberación de los compuestos volátiles que son los que le confieren aroma al producto. También se encontró que al adicionar azúcar, el aroma de guayaba se intensifica. Esta clase de presentación tiene la ventaja adicional de actuar como una barrera para evitar la acción de agentes externos que puedan degradar o reducir las propiedades sensoriales y nutricionales del producto.

Las características sensoriales y nutricionales de los sólidos desarrollados los convierten en productos promisorios para el desarrollo de alimentos innovadores a partir de la guayaba, preservando parte de las características originales y permitiendo un aprovechamiento integral al utilizar la fruta completa. Se logró establecer que las propiedades sensoriales de

Las características sensoriales y nutricionales de los sólidos desarrollados los convierten en productos promisorios para el desarrollo de alimentos innovadores a partir de la guayaba, preservando parte de las características originales y permitiendo un aprovechamiento integral al utilizar la fruta completa. Se logró establecer que las propiedades sensoriales de



los sólidos evaluados son independientes del proceso de secado utilizado, específicamente secado por aire caliente o liofilización, y que a pesar de que el aroma de estos productos es diferente del exhibido por la fruta fresca, tiene un alto grado de aceptación por parte de los consumidores. El estudio de mercado de la tisana de guayaba arrojó como principales fortalezas: su carácter 100 % natural, único producto del mercado en su género con un sabor que no ha sido explotado comercialmente, costos de producción bajos, gran durabilidad del producto (un año de vida útil), gran aceptación entre los consumidores (93 %) adultos evaluados en Bogotá y en la región de la hoya del río Suárez, y el hecho de que se reducen las barreras fitosanitarias que tiene la fruta fresca, al ser un producto procesado. Es de esperar que al normalizar estos desarrollos se abran nuevos mercados para la guayaba que puedan fortalecer esta cadena productiva.

Bibliografía citada

1. Instituto Politécnico Nacional. Diseño y Desarrollo de Productos Alimenticios. UPDCE, México, Mayo 2006.
2. Sinuco D. C. Estudio químico del aroma de la guayaba (*Psidium guajava* L. Var. Regional roja y Regional blanca) proveniente de la hoya del río Suárez. Tesis doctoral. Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. Colombia. 2009.
3. Quijano C.; Suárez M.; Duque C. Constituyentes volátiles de dos variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.): Palmira ICA-1 y Glum Sali. *Rev. Colomb. Quim.* 1999, **28**: 55-63.
4. 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.
5. Schieberle P. New developments in methods for analysis of volatile compounds and their precursors. In: Characterization of food: emerging methods, 1995, Goankar AG, ed; Elsevier Science BV, pp. 403-431.
6. 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.
7. Grosch W. Determination of potent odourants in foods by Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) and calculation of odour activity values (OAVs). *Flavour Fragrance J.* 1994, **9**: 147-158.

8. 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.
9. Deman J.M. Principles of Food Chemistry. New York. Van Nostrand Reinhold. 1990. pp 65-68.
10. Barbosa-Canovas G.; Vega-Mercado H. Deshidratación de Alimentos. España. Acribia S. A. 2000. pp. 235-255.
11. Lozano C. J.; Toro M.; Julio C. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali, Colombia. Litografía Autónoma Regional del valle Lavalte Ltda. 2002. p. 237
12. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). En: Helrich K (Ed.), Arlington: AOAC. 1990.
13. Badui D.S. Química de los Alimentos. México. Ed. Alhambra Mexicana S.A. 1986. pp. 63-68.
14. Castillo J. Caracterización de las propiedades químicas, sensoriales y derivadas de los productos obtenidos por secado con aire caliente, a partir de frutos de guayaba (*Psidium guajava*) variedad regional roja, de la hoya del río Suárez. Trabajo de grado, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. Colombia. 2008.
15. Re R.; Pellegrini N.; Roteggente A.; Pannala A.; Yang M.; Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.* 1999, **26**: 1231-1237.
16. Sinuco D. C.; Solarte M. E.; Melgarejo L. M.; Osorio C. Evaluation of antioxidant activity, chemicals and sensorial changes in two varieties of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) during their ripening. Presentado en 236th ACS National Meeting & Exposition, Philadelphia, Agosto. 17-21, 2008.
17. 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.
18. Jiménez A.; Castillo J.; Sinuco D.; Barbosa H.; Osorio C. Análisis cromatográfico de los compuestos volátiles presentes en los productos obtenidos por deshidratación de guayaba (*Psidium guajava* L.). Presentado en 5º Congreso Colombiano de Cromatografía. Bogotá, Colombia, Septiembre 10-12 de 2008.
19. Steinhaus M.; Sinuco D.; Polster J.; Osorio C.; Schieberle P. The aroma of guavas – Key aroma compounds and influence of tissue disruption. Presentado en International Flavor Conference, George Charambolus memorial, Skiathos, Grecia. Mayo 2009.



Capítulo 5

