

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS AROMÁTICOS EN TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.

DETERMINATION OF AROMATIC COMPOUNDS IN TAMARIND (*Tamarindus indica* L.) BY TWO METHODS OF EXTRACTION.

Salvador González Palomares.

Fecha de recepción 06 de Julio 2009

Fecha de aceptación 19 de Octubre de 2009

RESUMEN

Se obtuvieron los compuestos aromáticos de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) de La Huerta, Jalisco a través de dos métodos de extracción con el uso de diclorometano-éter (3:1 v/v). Se utilizaron la extracción líquido-líquido (LLE) y la destilación-extracción simultánea (SDE). Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases-espectrómetro de masas (GC/MS HP-6890). Entre los dos métodos se identificaron 21 compuestos volátiles en el tamarindo. Al analizar comparativamente los compuestos volátiles se encontraron diferencias cualitativas y cuantitativas. Hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los métodos de extracción de compuestos aromáticos del tamarindo con base en la concentración de componentes. La SDE fue el mejor método de extracción con base en la mayor identificación y cuantificación de compuestos.

ABSTRACT

Aromatic compounds in tamarind (*Tamarindus indica* L.) from La Huerta, Jalisco, were obtained by two methods of extraction using dichloromethane-ether (3:1 v/v). The liquid-liquid extraction (LLE) and the simultaneous distillation-extraction (SDE) were used. The samples were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS HP-6890). Twenty-one volatile compounds in tamarind were identified among the methods. While analyzing the volatile compounds comparatively, qualitative and quantitative differences were detected. There was significant difference ($p \leq 0.05$) between the extraction methods of aromatic compounds of tamarind with concentration of compound as a base. The SDE was the best method of extraction based on better identification and quantification of the compounds.

PALABRAS CLAVE: Extracción líquido-líquido, destilación-extracción simultánea, cromatografía de gases-espectrometría de masas, volátiles, 5-metil-furfural.

KEYS WORDS: Liquid-liquid extraction, simultaneous distillation-extraction, gas chromatography-mass spectrometry, volatile, 5-methyl furfural.

INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es originario de la India y África. Se hizo popular debido a las propiedades alimenticias de su pulpa agridulce, refrescante y laxante. Este árbol tropical llegó a América traído por los españoles al principio de la Colonia (Gunasena y Hughes, 2000; González-Palomares *et al.*, 2009b). Su cultivo se extendió rápidamente en las zonas tropicales de México, de manera especial en la vertiente del Pacífico, que es más seca que la del Golfo. Desde entonces, el tamarindo ha sido parte importante de la alimentación tradicional mexicana (Orozco, 2005). En México, el tamarindo se consume principalmente en dulces, bebidas, mermeladas y jaleas (Figura 1).

El tamarindo tiene propiedades nutritivas únicas que se deben al contenido de un alto nivel de proteína con muchos aminoácidos esenciales, carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas (Khanzada *et al.*, 2008). También es un recurso valioso para la industria textil y en la medicina tradicional. Del tamarindo se extraen tintes de color negro. Dentro de la medicina tradicional y alternativa, el tamarindo se utiliza como laxante o purgante, como astringente, contra las fiebres, dolor de cabeza, quemaduras, resfriados, tos, vómito, hemorroides, llagas, inflamación, hemorragias, hipertensión y resaca (Shehla *et al.*, 2007; Duke, 2009; González-Palomares *et al.*, 2009b). Es importante considerar el sabor deseado en el producto de tamarindo con base en el mercado de interés (Dionigi, 1993; González-Palomares *et al.*, 2009b). La pulpa de tamarindo de un árbol joven es muy ácida, mientras que los frutos de árboles maduros son más dulces (Wong *et al.*, 1998; Marín y Céspedes, 2007). Los frutos del tamarindo contienen antocianinas responsables de su color café característico (glicósidos de cianidina y delphinidina), así como mucílagos y pectinas. Por su parte, el sabor

y aroma del tamarindo es generado por dos grupos de constituyentes: a) no volátiles, tales como ácidos carboxílicos y azúcares y b) volátiles, tales como terpenoides, ésteres y aldehídos, principalmente (Alian *et al.*, 1983; González-Palomares *et al.*, 2006; Marín y Céspedes, 2007; Duke, 2009). Los compuestos volátiles, también conocidos como componentes aromáticos, pueden ser formados como parte del metabolismo secundario mediante precursores de compuestos no volátiles o por daños físicos del fruto o la exposición al calor (Wong *et al.*, 1998; Marín y Céspedes, 2007). La identificación y cuantificación de compuestos aromáticos del tamarindo depende de varios factores: del método de extracción empleado, de las condiciones para el aislamiento y el análisis, así como de las condiciones agronómicas y climatológicas donde se produjo, incluido su estado de madurez fisiológica (Lee *et al.*, 1975; González-Palomares *et al.*, 2006; Marín y Céspedes, 2007; González-Palomares y Vázquez-García, 2008; González-Palomares *et al.*, 2009a). Los principales compuestos aromáticos que contiene el tamarindo son: 2-fenil-acetaldehído, 2-furfural, limoneno y ácido hexadecanoico (Askar *et al.*, 1987; Wong *et al.*, 1998; Marín y Céspedes, 2007). Aunque existen estudios referentes a la identificación de compuestos de tamarindo producido en diferentes países (Lee *et al.*, 1975; Askar *et al.*, 1987; Wong *et al.*, 1998; Pino *et al.*, 2004), no se han encontrado reportes de compuestos aromáticos del tamarindo cultivado en Jalisco, México; esto en el sentido de que los compuestos aromáticos contenidos en los frutos varían de un lugar de producción a otro. Jalisco es uno de los estados de la República Mexicana de mayor producción de tamarindo y debido a la importancia del aroma y sabor para la aceptación de los alimentos, el presente estudio pretende aportar datos para la identificación y cuantificación de los prin-



Figura 1. Principales usos del tamarindo en México.

cipales compuestos aromáticos involucrados en la generación de estas características del tamarindo producido en La Huerta, Jalisco, México. Como el establecimiento de la composición es una tarea importante, se requiere de la utilización de diferentes métodos de extracción de los metabolitos secundarios volátiles para tener un panorama más amplio. De ahí que en este estudio se compararon dos métodos de extracción

con base en la identificación y cuantificación de compuestos aromáticos del tamarindo: extracción líquido-líquido (LLE) y la destilación-extracción simultánea (SDE). El objetivo de este trabajo fue evaluar dos métodos de aislamiento de compuestos aromáticos de tamarindo de La Huerta, Jalisco, México con base en su identificación y cuantificación en cromatografía de gases-espectrometría de masas.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Cromatografía del Instituto Tecnológico Superior de La Huerta (ITSH). El protocolo y el informe final del proyecto se revisaron en el Diplomado de Formación de Investigadores Científicos, Tecnológicos y Académicos que se cursó en la Universidad Tecnológica de Jalisco (UTJ).

MUESTRAS DE TAMARINDO

Los frutos de tamarindo que se utilizaron en este proyecto se produjeron en La Huerta, Jalisco, México y se cosecharon manualmente por campesinos de esta región. Se utilizó tamarindo de árboles adultos debido a que su sabor es más dulce.

OBTENCIÓN DE LA PULPA DE TAMARINDO

A los frutos de tamarindo se les quitó la cáscara en una máquina peladora. Éstos se depositaron en una marmita, se les agregó agua y se sometieron a calentamiento a 50 °C, con una agitación en un bastidor a 15 rpm durante 15 minutos. Se cambiaron los frutos del tamarindo a una despulpadora para retirar las semillas. En la pulpa de tamarindo se midió el contenido de sólidos solubles en un refractómetro Atago y el pH con un phmetro Termo Orion (González-Palomares *et al.*, 2009b). El contenido de sólidos solubles fue de 30% y el pH de 3.0.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Para realizar los análisis cualitativos y cuantitativos por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), previamente se aislaron los compuestos volátiles. Se emplearon dos métodos de extracción: extracción líquido-líquido (LLE) y la destilación-extracción simultánea (SDE). Se compararon estos dos métodos por su eficiencia para ex-

traer compuestos volátiles de los alimentos (Schultz *et al.*, 1977; González-Palomares y Vázquez-García, 2008); además de ser materiales disponibles en el laboratorio donde se desarrollaron los métodos. En ambos métodos se usó una mezcla de diclorometano-éter (3:1) como disolventes, los cuales se adquirieron de Merck & Co., Inc. USA.

EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO (LLE)

La LLE se realizó en la pulpa de tamarindo mediante el siguiente procedimiento: Se disolvió pulpa de tamarindo en 300 ml agua destilada hasta obtener una concentración del 12% de sólidos solubles. Se depositaron 50 ml de extracto de tamarindo en un embudo de separación de capacidad de 250 ml y se agregaron 10 ml de diclorometano-éter (3:1). Se agitó manualmente cada embudo con su contenido durante 5 min, se abrió la llave de paso de cada embudo en dirección superior para liberar la presión de los gases, se sellaron los embudos y se dejaron las muestras en reposo durante 2 h (Schultz *et al.*, 1977; Pino, 2002). Una vez separada la fase orgánica del contenido de compuestos volátiles de cada muestra, ésta se envasó en su respectivo frasco de vidrio color ámbar de 50 ml de capacidad y se conservaron en refrigeración a 4 °C hasta la concentración de compuestos volátiles y su análisis por GC-MS (González-Palomares *et al.*, 2006; González-Palomares y Vázquez-García, 2008). El procedimiento de la LLE se realizó con tres repeticiones.

DESTILACIÓN-EXTRACCIÓN SIMULTÁNEA (SDE)

La SDE se realizó en la pulpa de tamarindo en un destilador y extractor simultáneo del diseño de Likens y Nickerson (1964) y modificado por Schultz *et al.* (1977). Se disolvió pulpa de tamarindo en 400 ml agua destilada hasta que se obtuvo una concentración

del 12% de sólidos solubles. Se depositaron 100 ml de esta muestra de tamarindo en un matraz redondo de capacidad de 250 ml y se sujetó en el primer tubo lateral del equipo. Se depositaron 50 ml de diclorometano-éter (3:1), en un matraz redondo de capacidad de 250 ml y se sujetó en el segundo tubo lateral del equipo. Ambos matraces se sometieron a calentamiento: el primer matraz en una parrilla eléctrica a 50 °C y el segundo matraz en un termobañó a 50 °C. En el tubo en forma de "U" del equipo se agregaron 10 ml de agua destilada y 10 ml de diclorometano-éter (3:1) para obtener la interfase. Los vapores de la muestra y del solvente circularon por tubos apartados hasta juntarse en el espacio de cabeza del equipo en donde se condensaron por efecto del refrigerante (-5 °C). El líquido se recolectó en el tubo en forma de "U" en donde se realizó la extracción durante 1 h por muestra. Después, se envasó la fase orgánica del contenido de compuestos volátiles de cada muestra en su correspondiente frasco de vidrio color ámbar de 50 ml de capacidad y se conservaron en refrigeración a 4 °C hasta realizar la concentración y sus análisis por GC-MS (González-Palomares *et al.*, 2006; González-Palomares y Vázquez-García, 2008). El procedimiento de la SDE se realizó con tres repeticiones.

CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES

La concentración se realizó en las fases orgánicas del contenido de compuestos volátiles que se aislaron del extracto de tamarindo mediante los métodos anteriores, respectivamente. La concentración de compuestos volátiles consistió en la recuperación del solvente residual de estas muestras a través de un sistema Kuderna-Danish ensamblado en una columna vigreux. El procedimiento se dividió en las siguientes etapas: se depositó cada muestra en un matraz de capacidad de 100 ml. El matraz

con su contenido se acopló en un concentrador Kuderna-Danish y se sometió a calentamiento en un termobañó a 48 °C. Se evaporó el solvente y se recuperó en estado líquido por efecto de condensación del refrigerante (-5 °C). El tiempo del proceso dependió del volumen inicial de la muestra, hasta que se obtuvo un volumen final de la misma de 0.5 ml. Se retiró del concentrador, el matraz que contenía la muestra y se introdujo en un vaso de precipitado con hielo y agua destilada durante 1 minuto para conseguir la condensación total en donde se obtuvo un volumen de 0.8 ml. Se depositó cada muestra mediante una pipeta pasteur en su respectivo vial HP de 2 ml, provisto de un inserto de 100 µl. El vial se selló con tapa de aluminio de septa interior. Se guardaron las muestras en congelación a -20 °C para su posterior análisis en GC-MS (González-Palomares *et al.*, 2006; González-Palomares y Vázquez-García, 2008).

ANÁLISIS EN CROMATOGRAFÍA DE GASES-ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)

Los análisis cualitativos y cuantitativos de los componentes volátiles de las muestras de tamarindo, se realizaron en un cromatógrafo de gases HP-6890 acoplado a un detector selectivo de masas HP-5973 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA., USA.). El procedimiento de estos análisis se describe a continuación: En el cromatógrafo se utilizó una columna capilar de dimetilpolisiloxano HP-1 de 50 m x 0.2 mm de ID x 0.33 µm de espesor de película. La ionización se llevó a cabo por impacto electrónico a 70 eV. Se usó un volumen de inyección de 0.5 µl de cada muestra en el equipo. Se aplicó una temperatura inicial del horno de 45 °C durante 5 minutos, con incrementos de 20 °C por minuto, hasta llegar a una temperatura final de 250 °C. Se usó helio grado cromatográfico, con un flujo de 0.8 ml por minutos. Se aplicó una temperatura en el inyector

de 220 °C y una temperatura del detector de 250 °C (González-Palomares *et al.*, 2006; González-Palomares y Vázquez-García, 2008; González-Palomares *et al.*, 2009a).

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES

La identificación de los compuestos volátiles de las muestras de tamarindo se realizó mediante comparación espectral de los picos del cromatograma de iones totales con los compuestos de referencia de una biblioteca Wiley 275L instalada en el GC-MS. Mientras tanto, la cuantificación de los compuestos volátiles fue con base en el porcentaje de área proporcionado por el GC-MS correspondiente al pico de cada compuesto identificado en el cromatograma (González-Palomares *et al.*, 2006; González-Palomares y Vázquez-García, 2008; González-Palomares *et al.*, 2009a).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó una prueba estadística de “*t de Student*” ($p \leq 0.05$) para evaluar los dos métodos de extracción (LLE y SDE), con base en los datos de cuantificación de compuestos volátiles del tamarindo. Se analizaron los valores promedios de las tres repeticiones que se obtuvieron por ambos métodos y GC-MS. Se seleccionó el método más adecuado con base en la mayor cuantificación de compuestos aromáticos del tamarindo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPUESTOS AROMÁTICOS DEL TAMARINDO

El presente estudio contribuye al desarrollo científico en el área de la fitoquímica mediante la identificación de compuestos aromáticos de tamarindo procedente del municipio de La Huerta, Jalisco, México. Se determinaron 21 compuestos aromáticos en el tamarindo producido en dicho muni-

cipio. Estos compuestos volátiles se detectaron por GC-MS mediante dos métodos de aislamiento: extracción líquido-líquido y destilación-extracción simultánea. Los compuestos volátiles identificados con su correspondiente concentración se enlistan en el Cuadro 1, en donde se presentan los resultados obtenidos por ambos métodos.

Los ácidos fueron la principal clase química de compuestos relacionados con el aroma y sabor del tamarindo. También los furanos derivados de los azúcares (i.e. 5-metilfurfural), los compuestos aromáticos (i.e. acetatos y cinamatos), algunos aldehídos y terpenoides proporcionaron olores como a caramelo, frescos, florales, frutales (Cuadro 1). Fraile *et al.* (2008) señalaron que el aroma característico del fruto del tamarindo se debe a los monoterpenoides y a los compuestos aromáticos (principalmente los cinamatos). Pino *et al.* (2004) encontraron como mayores constituyentes a los compuestos aromáticos, los furanos y los derivados de los ácidos grasos.

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Mediante el método LLE se identificaron 19 compuestos aromáticos del tamarindo y por SDE se determinaron 21. Los compuestos identificados por LLE coincidieron con los determinados por SDE, salvo que por éste último la concentración de ellos fue superior en comparación con LLE. En este contexto, se determinó que hubo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las técnicas de extracción de compuestos volátiles del tamarindo con base en la concentración de componentes. Debido a que se utilizó la misma mezcla de disolventes para ambos métodos de extracción, las diferencias encontradas entre ellos posiblemente sean atribuibles al hecho de que la destilación permitió una mayor liberación de

Cuadro 1. Compuestos aromáticos identificados en tamarindo de La Huerta, Jalisco mediante dos métodos de aislamiento y GC-MS (n=3).

No.	Nombre del compuesto:	Concentración (% área)		Propiedades generales (Duke, 2009):
		- LLE	- SDE:	
1.	Ácido acético	3.00	2.99	Antibacterial y sabor ácido.
2.	Ácido oleico	1.13	2.31	Antiinflamatorias y previene el cáncer.
3.	Ácido tartárico	8.62	10.00	Sabor ácido y antioxidante.
4.	Ácido málico	4.31	6.55	Antibacterial, antitumoral y antioxidante.
5.	Ácido cítrico	5.32	7.03	Antibacterial, antitumoral y sabor a cítrico.
6.	Acetato de etilo	3.99	4.00	Antioxidante, estimulante y forma un aroma a piña.
7.	Benzoato de etilo	1.45	2.11	Aroma floral y sabor a plátano.
8.	Acetato de isoamilo	0.34	1.22	Sabor del plátano.
9.	Acetato de bencilo	1.11	1.88	Genera un olor floral.
10.	Miristato de etilo	0.96	2.05	Crea un olor floral.
11.	Cinamato de metilo	1.07	1.67	Sabor a cilantro.
12.	beta-Cariofileno	0.47	1.31	Analgésico, antibacterial, antiinflamatorio y antitumoral.
13.	Neral	--	0.23	Antibacterial.
14.	alfa-Cadineno	--	0.20	Aroma y sabor a flores.
15.	Nonanal	1.11	2.00	Aroma y sabor a flores y frutas.
16.	2-Nonenal	0.22	1.50	Aroma y sabor a pepino.
17.	Decanal	0.34	1.30	Aroma y sabor de cítricos.
18.	2-Fenilacetaldehído	1.23	1.00	Aroma y sabor a flores.
19.	Furfural	3.00	9.12	Color café oscuro y sabor a caramelo y tamarindo.
20.	5-Metil-furfural	6.00	12.04	Color café oscuro y sabor a caramelo y tamarindo.
21.	1-Decanol	0.15	1.10	Compuesto alcohólico.
Total de compuestos:		19	21	

los compuestos con base en su volatilidad o a las condiciones de acidez propias de la muestra.

El aislamiento de compuestos volátiles para análisis, refleja en gran parte la predisposición inherente al método usado para producir el aislado. La LLE está fundamentada en la solubilidad de los compuestos de la muestra en el solvente empleado. La SDE recupera los compuestos aromáticos con base en la volatilidad y en la solubilidad en el solvente de extracción (Reineccius, 2007). La LLE y la SDE, ambos con diclorometano como solvente de extracción, parecen ser métodos útiles para la caracterización del aroma de la miel. No obstante, debido a la simplicidad y al hecho de que los compuestos termolábiles no experimentan cambios ocasionados por el calentamiento, la extracción con solventes ha sido más usada para la caracterización de dicho alimento (Cuevas-Glory *et al.*, 2007). En el aislamiento de los compuestos volátiles de la fruta de la pasión, la SDE (cuando se llevó a cabo en las condiciones de acidez propias de la fruta) permitió un espectro de aroma mucho más variado y más concentrado que el obtenido por LLE; sin embargo, al efectuarse la SDE a pH neutro, mostró un patrón de aroma similar al de LLE (Engel y Tressl, 1983). Por otra parte, Stashenko *et al.* (2003) compararon la hidrodestilación (HD), la hidrodestilación asistida por microondas (MWHD), la destilación-extracción simultánea (SDE) y la extracción con fluido supercrítico (SFE) en el aislamiento de los metabolitos secundarios de plantas de la familia Verbenaceae. Estos autores encontraron composiciones químicas similares entre HD, MWHD y SDE; sin embargo, la fracción altamente volátil, i.e. monoterpenos, se recuperó mejor por el método SDE.

En la presente investigación, ambos métodos fueron útiles en la extracción de compuestos aromáticos del tamarindo, aunque la destilación-extracción simultánea presentó la mayor concentración total de los compuestos.

Desafortunadamente, no hay un método ideal y universal para aislar los compuestos responsables del aroma y sabor de un alimento (Pino, 2002). No obstante, la SDE ofrece una visión relativamente amplia de los compuestos volátiles en los alimentos con algunas pérdidas de componentes que exhiben ya sea extrema volatilidad o pobre solubilidad en el solvente de extracción (Reineccius, 2007).

COMPUESTO MAYORITARIO Y MINORITARIO DEL TAMARINDO

Hubo coincidencia con Lee *et al.* (1975), al encontrar que el compuesto mayoritario o más abundante y representativo del aroma y sabor en fruta de tamarindo es el 5-metilfurfural. Pino *et al.* (2004) también encontraron este compuesto, aunque no figuró dentro de los mayores constituyentes, el cual comúnmente es formado por la degradación del ácido ascórbico y de los azúcares que contienen los frutos. El segundo compuesto mayoritario fue el ácido tartárico que se relaciona con el elevado valor de acidez del tamarindo. La pulpa de tamarindo tuvo un pH de 3.0, que indica que es ácido. El ácido tartárico tiene mucha importancia en la generación del aroma y sabor agrídulce del tamarindo. Mientras tanto, el 1-decanol fue el compuesto minoritario al ser encontrado en menor concentración en la fruta de tamarindo, ya que es un alcohol y no es representativo del aroma de esta fruta.

Hay dificultades al comparar los resultados de determinaciones cuantitativas de los componentes aromáticos de los alimentos obtenidos por diferentes técnicas de aislamiento, ya que existen compuestos presentes en forma de uniones, i.e. formas glicosídicas y por lo tanto no pueden ser accesibles a una simple extracción con solventes orgánicos. Incluso el grado de liberación y de degradación decisivamente determina el espectro de los volátiles aislados (Engel y Tressl, 1983).

CONCLUSIONES

En las condiciones estudiadas, los métodos de extracción LLE y SDE difieren en la determinación de compuestos aromáticos del tamarindo. Las diferencias encontradas tanto en la composición como en la concentración de los compuestos volátiles, entre estos métodos de extracción, probablemente se deben a la volatilidad de los compuestos o a las liberaciones y transformaciones químicas causadas por el tratamiento térmico durante la destilación. Estas últimas parecen estar influenciadas por el alto grado de acidez de los frutos del tamarindo. La SDE fue mejor con base en la mayor caracterización.

Con base en las características aromáticas para los compuestos encontrados en este trabajo, el aroma particular del tamarindo depende del balance de varios componentes, principalmente de los que derivan de los azúcares, cuyo máximo representante fue el 5-metil-furfural.

Se recomienda comparar más métodos de extracción de compuestos volátiles para su identificación y cuantificación por cromatografía de gases. Asimismo, es conveniente evaluar la cromatografía de líquidos de alta resolución para los análisis de compuestos no volátiles que se relacionan con el aroma y sabor del tamarindo.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto se llevó a cabo durante el Programa del "Diplomado de Formación de Investigadores Científicos, Tecnológicos y Académicos" en la Universidad Tecnológica de Jalisco (UTJ). Se agradece a las instructoras del Diplomado: doctora Corina Schmelkes y doctora Martha López Ruíz, por las revisiones metodológicas del trabajo. A la maestra Tábata Rosales Reyes, Profesora-Investigadora del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jalisco (ITTJ), y al maestro Alejandro Hernández Estrada, Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de La Huerta (ITSH), por sus asesorías técnicas. Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL) y al ITSH, por el financiamiento para cursar el diplomado y para realizar el proyecto de investigación. A la doctora Lya Esther Sañudo Guerra, Directora General de Investigación de la Secretaría de Educación Jalisco (SEJ), y a su equipo de trabajo, por la organización del Diplomado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alian, A.; Ashwah, E., and Eid, N. 1983. Tamarind chemistry, technology and uses a critical appraisal. *J. Food Sci.* 11(12):109.
- Askar, S.E.; El-Nemr, and Siliha, H. 1987. Aroma constituents of Egyptian tamarind pulp. *Deut. Lebensmut. Rundsch.* (83):108-110.
- Cuevas-Glory, L.F.; Pino, J.A.; Santiago, L.S., and Sauri-Duch, E. 2007. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chem.* 103:1032-1043.
- Dionigi, C.P. 1993. Physiological strategies to control geosmin synthesis in channel catfish. In: *Food flavor and safety*. American Chemical Society. Washington. Pp. 322-337.
- Duke, J.A. 2009. Green Farmacy Garden. Phytochemical and Ethnobotanical Databases. <http://www.ars-grin.gov/duke/>. (Consultada en enero de 2009).
- Engel, K.H., and Tressl, R. 1983. Formation of aroma components from nonvolatile precursors in passion fruit. *J. Agric. Food Chem.* 31(5):998-1002.
- Fraile, M.E.; Martínez-Bernal, A.; García-Suárez, M.D., y Slomianski, R. 2008. Nutritivas y apetecibles: conozca de leguminosas comestibles. Parte II. Tubérculos y algunos árboles interesantes. *ContactoS.* 68:56-62.
- González-Palomares, S.; Estarrón-Espinosa, M.; Gómez-Leyva, J.F., and Andrade-González, I. 2009a. Effect of the Temperature on the Spray Drying of Roselle Extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *J. Plant Foods Hum. Nutr.* 64(1):62-67.
- González-Palomares, S.; Estarrón-Espinosa, M.; Gómez-Leyva, J.F.; Flores-Martínez, H., y Andrade-González, I. 2006. Caracterización de compuestos volátiles en un extracto de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) por diferentes métodos de aislamiento y GC-MS. *Memoria del IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica*. Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos, A.C. Morelia, Michoacán, México.
- González-Palomares, S.; López-Domínguez, J.M.; Rivera-Camero, L.H., y Hernández-Estrada, A. 2009b. Elaboración de licor de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): análisis físico-químico, microbiológico y sensorial. *R. Electrónica Enlace Químico*. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. (2):5.
- González-Palomares, S., y Vázquez-García, E.S. 2008. Caracterización de compuestos aromáticos en fruta de noni (*Morinda citrifolia* L.). *B. ConCIENCIA y Tecnología*. Dirección General de Investigación de la CEMSSYT. Secretaría de Educación Jalisco (SEJ). Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL). Guadalajara, Jalisco, México. Núm. 3. Pp. 21-26.
- Gunasena, L., and Hughes, A. 2000. Tamarind. *Tamarindus indica*. International centre for underutilized Crops. Printed at Redwood Books. U.S.A. 170 p.
- Khanzada, S.K.; Shaikh, W.; Sofia, S.; Kazi, T.G.; Usmanghani, K.; Kabir, A., and Sheerazi, T.H. 2008. Chemical constituents of *Tamarindus indica* L. medicinal plant in Sindh. *Pak. J. Bot.* 40(6):2553-2559.
- Lee, P.L.; Swords, G., and Hunter, G.L. 1975. Volatile constituents of tamarind (*Tamarindus indica* L.). *J. Agric. Food Chem.* (23):1195-1199.
- Marín, L.J.C., y Céspedes, C.L. 2007. Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Revista Fitotecnía Mexicana*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 30(4):327-351.
- Likens, S.T., and Nickerson, G.B. 1964. Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *Proc. Am. Soc. Brew. Chem.* Pp. 5-13.
- Orozco, S.M. 2005. Tecnología para el manejo integrado de barrenadores del fruto del tamarindo. *Ficha de tecnología para el Catálogo Nacional*. INIFAP - Campo Experimental Tecomán, Colima. Tecomán, Colima, México. Pp. 71-72.
- Pino, A.J.A. 2002. Principios y métodos para el análisis del aroma en los alimentos. *Centro de Documentación e Información Científico - Técnica del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia*. La Habana, Cuba. Pp. 1-63.
- Pino, J.A.; Marbot, R., and Vázquez, C. 2004. Volatile Components of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Grown in Cuba. *J. Essent. Oil Res.* 16(4):318-320.
- Reineccius, G.A. 2007. Flavour-Isolation Techniques. In: *Flavours and Fragrances. Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Berger, R.G. (ed.). Springer. Germany. pp. 409-426.

- Shehla, I.; Iqbal, A.M.; Mohtasheemul, H.M., and Waseemuddin, A. 2007. Two triterpenes lupanone and lupeol isolated and identified from *Tamarindus indica*, Linn. *Pak. J. Pharm. Sci.* 20(2):125-127.
- Schultz, T.M.; Flath, R.A.; Mon, T.R.; Eggling, S.B., and Teranishi, R. 1977. Isolation of volatiles components from model systems. *J. Agric. Food Chem.* 25:446-449.
- Stashenko, E.E.; Jaramillo, B.E., and Martínez, J.R. 2003. Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante *in vitro* de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27(105):579-597.
- Wong, K.C.; Tan, C.P.; Chow, C.H., and Chee, S.G. 1998. Volatile constituents of the fruit of *Tamarindus indica* L. *J. Essent. Oil Res.* (10):219-221.

Forma correcta de citar este trabajo:

González-Palomares, S. 2009. Determinación de compuestos aromáticos en tamarindo (*Tamarindus indica* L.) mediante dos métodos de extracción. *U. Tecnociencia* 3 (2) 29 - 39.