

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES VARIEDADES DE MANGÓ
(*MANGIFERA INDICA* L.) Y LA OBTENCIÓN DE UNA ESENCIA**

Por

Eduardo J. Díaz Díaz

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
Recinto Universitario de Mayagüez
Facultad de Ciencias Agrícolas
2014

Aprobada por

María de L. Plaza, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Edna Negrón, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Javier Huertas, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carlos Nazario, M.Sc.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Aixa Rivera, M.S.
Coordinadora del Programa

Fecha

Derechos de Autor Reservados ©
Eduardo J. Díaz Díaz
2014

ABSTRACT

Mango (*Mangifera indica* L.) is an exotic and popular fruit due to its unique taste and aroma, which could be found in a number of processed food products. Many of these products lose their natural aroma and flavor during processing, therefore a wide variety of natural or artificial flavors are commercially available giving another added value to the fruit. An ethanol extraction technique was conducted in order to obtain an essence from the mango pulp. Six mango varieties (*Irwin*, *Osteen*, *Jacqueline*, *Pascual*, *Palmer* and *Tommy Atkins*) were studied.

Characterization of each variety was conducted including: acidity, pH, water activity, soluble solids, ascorbic acid, and proximal analysis. Solid Phase Micro Extraction (SPME) technique was combined with Gas Chromatography –Mass Spectrometry (GC-MS) to determine the volatile compounds of the pulp and the ethanol extract. A volatile compounds profile chart was prepared for each mango variety and extract. A total of 160 volatile compounds were identified in mango pulps and 102 compounds in the extracts. The compounds were grouped into: terpenes (among the most predominant compounds in both, pulp and extract including: α -pinene, β -pinene, sylvestrene, gurjunene, β -selinene, 3-carene, myrcene, limonene, cymene, terpinolene, copaene, cosmene, humulene and caryophyllene); followed by alcohols, aldehydes, ketones, lactones, and other aromatic compounds. None of the lactones were found on the extracts. The extraction process promoted changes in the stereochemistry and possible thermolabile degradation of many of the compounds.

Two sensory panels were conducted based on the aroma attribute of the extracts: a Rating Test (23 panelists) to determine the aroma intensity of the mango extracts, and a Ranking Test (49 panelists) to determine which of the extracts had the preferred mango aroma. The *Tommy Atkins* extract had the most intense aroma with a 95% of confidence by using Tukey's Test. *Tommy Atkins* and *Palmer* extracts received the highest rank among all the varieties, using the Friedman's Test.

RESUMEN

Mangó (*Mangifera indica* L.) es una fruta exótica y muy popular debido a su sabor y aroma único, que puede ser encontrada en una serie de productos procesados. Muchos de estos productos pierden su aroma natural y el sabor durante el procesamiento, por lo tanto, una amplia variedad de sabores naturales o artificiales están disponibles comercialmente dando otro valor añadido a la fruta. Una técnica de extracción con etanol se llevó a cabo con el fin de obtener una esencia de la pulpa de mangó. Se estudiaron seis variedades de mangó (*Irwin*, *Osteen*, *Jacqueline*, *Pascual*, *Palmer* y *Tommy Atkins*).

Se llevó a cabo la caracterización de la pulpa de cada variedad incluyendo: acidez, pH, actividad del agua, sólidos solubles, ácido ascórbico y análisis proximal. La técnica de Micro Extracción de Fase Sólida (SPME) se combinó con Cromatografía de Gas- Espectrometría de Masas (GC-MS) para determinar los compuestos volátiles en pulpa y extracto. Se preparó un gráfico de perfil de volátiles para cada variedad de mangó y su extracto. Un total 160 compuestos volátiles fueron identificados en las pulpas de mangó y 102 compuestos en los extractos. Éstos se agruparon en: terpenos (los compuestos más predominantes en ambos; entre éstos, α -pineno, β -pineno, silvestreno, gurjuneno, β -selineno, 3-careno, mirceno, limoneno, cimeno, terpinoleno, copaeno, cosmeno, humuleno y cariofileno); seguido por alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas, y otros compuestos aromáticos. Ninguna de las lactonas se encontró en los extractos. El proceso de extracción promovió cambios en la estereoquímica y la posible degradación termolábil de muchos de los compuestos.

Dos paneles sensoriales se llevaron a cabo basados en el atributo de aroma de los extractos: una Prueba de Valoración (23 panelistas) para determinar la intensidad de aroma de los extractos de mangó, y una Prueba de Ordenamiento (49 panelistas) para determinar cuál de los extractos tenía el aroma preferido de mangó. El extracto *Tommy Atkins* tuvo el aroma más intenso, con un 95 % de confianza mediante el uso de la Prueba de Tukey. Los extractos *Tommy Atkins* y *Palmer* recibieron la puntuación más alta sobre todas las variedades, determinado mediante la Prueba de Friedman.

A Dios por permitirme llegar hasta aquí
A mi familia por su amor incondicional y su apoyo a lo largo de toda mi vida
A mi novia y amiga que me ayuda a ser mejor cada día
A mis amigos y profesores porque hemos llegado a ser más que todo, la gran familia de CITA

AGRADECIMIENTOS

Dios gracias por encaminar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para superar cada prueba y poder cumplir esta meta tan importante.

Agradezco a mi familia porque sin ellos no sería la persona que hoy soy, gracias por sus consejos, su apoyo y sobretodo su amor incondicional. En especial a mis padres Aixa Díaz Torres y Eduardo Díaz Colón, y a mi abuela Angelita Torres.

A mi novia y prometida Ariana Méndez Alonso, por su amor, su paciencia y todo el apoyo que me brinda día a día en todos los aspectos de la vida.

Agradezco a mi directora de tesis, la Doctora María Plaza, más que mi profesora ha sido mi guía, consejera, ha creído y confiado en mí. Su apoyo me ha ayudado a llegar hasta aquí.

A la Doctora Edna Negrón gracias por creer en mí desde el principio, por sus consejos y su apoyo.

Al Doctor Javier Huertas, su conocimiento y su apoyo han sido fundamentales en el progreso de mi tesis y en poder alcanzar esta meta. Gracias.

Al Doctor Félix P. Román por permitirme pertenecer al Programa CETARS (Center for Education and Training on Agriculture and Related Sciences). La misma fue una experiencia muy enriquecedora en mi carrera universitaria y profesional.

A la Dra. Rosa Chávez y al Dr. Fernando Pérez por su gran apoyo y palabras de aliento, por permitirme utilizar los laboratorios y sus equipos.

A Ivelisse Padilla, Verónica, Luis, Don José y al personal de Química por su apoyo a través de toda mi maestría.

A mi amigo y Profesor Luis Morell, por nunca decir “no” y darme la mano incondicionalmente cuando más lo necesité.

Al personal administrativo del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Gloria, Lani, Leonora, Jaime, Don Rupert y Lilliam que siempre me extendieron la mano y compartimos muchas experiencias juntos.

A mis grandes amigos Luisenrique y Carlos /Majo, mis “partners in crime”

A mis queridos amigos del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos y del Laboratorio de Química de Alimentos (Susie, Iris, Andrés, Victoria y Rosa), el compartir con ustedes ha cambiado mi vida y sé que todos alcanzarán esta meta. Los llevaré en mi corazón.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Justificación.....	1
1.2	Objetivos.....	3
2	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	Mangó (<i>Mangifera indica</i> L.).....	4
2.1.1	Cultivo, Consumo y Economía en Puerto Rico	5
2.1.2	Variedades selectas de mangó: <i>Irwin, Osteen, Palmer, Tommy Atkins, Pascual y Jacqueline</i>	5
2.1.3	Composición Nutricional y Maduración.....	7
2.2	Medición de algunos Atributos Fisicoquímicos en Mangó	10
2.3	Sabor y Aroma: Actividad Aromática de Frutas	11
2.3.1	Perfil Aromático de Mangó	13
2.4	Técnicas de Extracción.....	16
2.4.1	Destilación y Extracción con Solvente	17
2.4.2	Micro Extracción de Fase Solida por “Headspace” (HS-SPME).....	18
2.5	Cromatografía de Gas – Espectrometría de Masa (GC-MS).....	19
2.6	Efectos de Congelación en Pulpa de Mangó (Almacenamiento)	20
2.7	Liofilización y su efecto en Mangó.....	21
3	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1	Obtención y manejo de la materia prima.....	21
3.2	Preparación de la materia prima	22
3.2.1	Homogenización de la Pulpa de Mangó, Empaque y Almacenamiento	22
3.3	Caracterización de la pulpa.....	22
3.3.1	Medición de pH	22
3.3.2	Índice de Refracción (°Brix)	22
3.3.3	Medición de Actividad de Agua (Aw).....	23
3.3.4	Determinación de Acidez Titulable	23
3.3.5	Determinación de Ácido Ascórbico.....	24
3.4	Análisis Proximal	25
3.4.1	Humedad Convencional.....	25
3.4.2	Cenizas.....	26
3.4.3	Grasa Cruda	26
3.4.4	Proteína Bruta.....	27
3.4.5	Carbohidratos Totales.....	28
3.4.6	Fibra Cruda	28
3.5	Métodos de extracción de la esencia de la Pulpa.....	29
3.5.1	Destilación Simple y por Arrastre de Vapor (Preliminar).....	29
3.5.2	Extracción con Solvente (Sólido-líquido).....	30
3.6	Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS).....	32

3.6.1	Pulpa: Proceso de Extracción por SPME.....	32
3.6.2	Extracto: Proceso de Extracción por SPME	33
3.6.3	Parámetros de Análisis por GC-MS.....	33
3.7	Análisis Sensorial de Aroma de Mangó	34
3.7.1	Preparación de la muestra	34
3.7.2	Prueba de Valoración (“Rating”).....	35
3.7.3	Prueba de Ordenamiento (“Ranking”).....	36
3.8	Análisis Estadístico	36
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1	Caracterización de la pulpa.....	38
4.1.1	Análisis de la composición química de seis variedades de mangó	38
4.1.2	Análisis proximal de las seis variedades de mangó	41
4.2	Análisis de Volátiles.....	44
4.2.1	Análisis del perfil de volátiles de las pulpas	44
4.2.2	Análisis del perfil de volátiles de los extractos de la pulpa	47
4.2.3	Relación entre pulpa y extracto.....	48
4.3	Análisis Sensorial: Extractos de Mangó	54
4.3.1	Intensidad Aromática	54
4.3.2	Preferencia Aromática	55
5	CONCLUSIONES.....	56
6	RECOMENDACIONES	59
7	REFERENCIAS.....	60
8	APÉNDICES	67
8.1	Flujograma General	67
8.2	Resultados Estadísticos.....	68
8.3	Compuestos aromáticos identificados por GC-MS	75
8.4	Ejemplos de Cromatogramas TIC (<i>T. Atkins</i>).....	93
8.5	Panel Sensorial: Hoja de Analista	95
8.6	Panel Sensorial: Hojas de Panelistas	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Contenido nutricional en 100g de mangó (<i>Mangifera indica</i> L.).....	7
Tabla 2.2	Contenido de vitaminas y minerales en las variedades <i>Haden</i> y <i>Pirie</i>	9
Tabla 2.3	Nomenclatura de Terpenos.....	14
Tabla 4.1	Comparación entre atributos químicos de las seis variedades de mangó.....	41
Tabla 4.2	Comparación entre la composición nutricional de las seis variedades de mangó.....	44
Tabla 4.3	Comparación entre la composición nutricional de dos fuentes distinta.....	44
Tabla 4.4	Pulpa: Clasificación y cantidad de volátiles por variedad.....	46
Tabla 4.5	Extracto: Clasificación y cantidad de volátiles por variedad.....	48
Tabla 4.6	Impresión Aromática de los Extractos.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Liofilización de pulpa de mangó.....	30
Figura 3.2	Pulpa liofilizada (a) y Pulpa liofilizada empacada al vacío (b).....	31
Figura 3.3	Montaje de Filtración al Vacío.....	32
Figura 3.4	Montaje para HS-SPME.....	33
Figura 3.5	Frascos enumerados aleatoriamente.....	34
Figura 3.6	Tiras Olfativas (“strips”) para perfumes.....	35
Figura 4.1	Diagrama de percepción dulce/ácido.....	41
Figura 4.2	Variedad <i>Irwin</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	50
Figura 4.3	Variedad <i>Osteen</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	50
Figura 4.4	Variedad <i>Jacqueline</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	51
Figura 4.5	Variedad <i>Palmer</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	51
Figura 4.6	Variedad <i>Pascual</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	52
Figura 4.7	Variedad <i>Tommy Atkins</i> : Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.....	52
Figura 4.8	Intensidad basada en una prueba sensorial de Valoración.....	55
Figura 4.9	Preferencia aromática basada en una prueba sensorial de Ordenamiento.....	56

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El mangó (*Mangifera indica L.*) es una fruta tropical que ha sido un cultivo tradicional en la India y el Sureste de Asia por muchos siglos, así como en las regiones tropicales de Centroamérica y Sudamérica. Hoy día, el mango también se cultiva en la Florida, Hawai y Puerto Rico (ARS, 2008)¹.

El mangó juega un papel muy importante en la economía mundial, pues forma parte de muchas aplicaciones en la industria de perfumes y cosméticos, precisamente en la elaboración de jabones, lociones y desodorantes (Jirovetz et al., 2003). De éste, se deriva un sin número de productos alimenticios procesados como lo son: bebidas, mermeladas, jaleas, jarabes y helados, entre otros. Su sabor y aroma característico permite que sea caracterizado como uno de los frutos más exóticos conocidos y apetecidos. Adicional a sus propiedades organolépticas, posee un gran valor nutritivo debido a su contenido de fibra y de vitaminas A y C (Morton, 1987).

En la industria de alimentos, muchos de estos productos al ser procesados, pierden gran parte de sus propiedades, incluyendo las de aroma y sabor. Es por esto, que existe una gran variedad de compuestos naturales o artificiales a nivel comercial, que incorporan estas propiedades nuevamente al producto. Esta variedad de compuestos naturales puede ser obtenida mediante la extracción de los aceites esenciales de la fruta.

Los aceites esenciales son mezclas de compuestos volátiles y de bajo peso molecular encontrado en frutas y plantas, responsables de aportar sabor y fragancia. Los aceites esenciales naturales son obtenidos, mediante técnicas de separación/extracción por lo que pueden ser aislados, identificados y cuantificados. Algunos ejemplos generales de estas técnicas son: destilación, cromatografía, centrifugación, etc., y/o el conjunto de más de una. Sin embargo, las esencias artificiales pueden ser adquiridas mediante síntesis química con el propósito de expandir la variedad de aromas y sabores, y de controlar las proporciones específicas que se desean en el producto.

La gran variedad de aromas en el mangó se debe a la gran cantidad de compuestos volátiles que posee el mismo. Más de 300 compuestos han sido identificados, entre éstos, existe

¹ Departamento de Agricultura de EE.UU., "Investigando el árbol genealógico del mangó de la Florida."

variabilidad en la presencia de estos compuestos volátiles en el fruto y la misma depende de dos factores principales: la variedad del fruto y su etapa de madurez (Pino et al. 2005; Lebrun et al., 2008). En muchas ocasiones, los agricultores se ven forzados a cosecharlos mientras aún se encuentran “verdes”, lo cual afecta la calidad del producto final, en cuanto a sabor y aroma.

Las técnicas utilizadas para la preparación de la muestra, también pueden influir en la variación de los compuestos aromáticos, al igual que las técnicas de extracción, ya que muchos de estos compuestos son termolábiles (compuestos que se degradan a ciertas temperaturas) y fotosensibles (compuestos que se degradan con la exposición a la luz). Es por esto que la selección de las técnicas de extracción utilizadas y el almacenamiento adecuado, es de suma importancia.

Este trabajo se enfocó en varias partes. Una de éstas fue la evaluación de métodos de extracción y análisis, donde se tomó en consideración el solvente y la proporción adecuada del mismo para la obtención de la esencia. También se evaluaron las diferentes variedades de mangó en términos de la composición nutricional y su aportación aromática mediante la caracterización y análisis de los compuestos de interés. Las variedades de mangó utilizadas fueron adquiridas en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz, Puerto Rico. El objetivo de este trabajo fue obtener una esencia natural con posibles vías de comercialización la cual provea nuevas alternativas en el campo de fragancias y sabores.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este estudio consiste de dos partes:

- Caracterizar la composición de la pulpa de diferentes variedades de mangó.
- Aislar y caracterizar una esencia de mangó (*Mangifera indica* L.).

Objetivos Específicos:

1. Realizar un análisis químico de la pulpa de las variedades seleccionadas (cantidad de sólidos solubles, acidez, pH, contenido de ácido ascórbico y análisis proximal).
2. Evaluar el efecto del solvente y la proporción de solvente: pulpa adecuada para ser utilizada en la extracción de la esencia de mangó con cada una de las variedades seleccionadas.
3. Analizar el perfil de volátiles de la pulpa y su extracto mediante Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masa (GC-MS).
4. Evaluar los extractos obtenidos de cada variedad de mangó, en términos de intensidad y preferencia aromática.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Mangó (*Mangífera indica* L.)

El mangó (*Mangifera indica* L.), también conocido en otras partes del mundo como manga, manguier, entre muchos otros, es una de las frutas tropicales más conocidas y ampliamente cultivadas en la mayoría de los países del trópico y subtropical (USDA Natural Resources Conservation Service, 2013^b). Originalmente fue cultivada en India y el Sureste de Asia hace más de 4000 años y pertenece a la familia *Anacardiaceae*, la cual consiste de aproximadamente 75 géneros, 700 especies y más de 1000 variedades, en su mayoría tropicales con algunas especies subtropicales y templadas (Morton, 1987).

Existe una variación considerable entre las diferentes variedades de mangó en términos de tamaño, forma, color, textura, enfermedades y susceptibilidad a plagas (Parrota, 1993). El tamaño de la fruta varía de 3.5 a 20 cm de largo y de 6 a 12 cm de ancho aproximadamente y pueden alcanzar un peso de 2 Kg (5 lb). Comúnmente posee una forma elíptica o redonda ligeramente aplastada y angosta en la región del ápice. El color externo (cáscara de la fruta), depende principalmente de su estado de madurez, la cual varía de verde a amarillo, con tonalidades de rojo a violeta en muchas de las variedades de mangó. En su interior, el mangó posee una sola semilla y la misma se encuentra recubierta por una pulpa jugosa, gruesa y de color naranja. En términos generales, estudios muestran que la fruta está compuesta por un 60 a 75% de pulpa (20% materia seca), 11 a 18% de piel y 14 a 22% de semilla (Parrota, 1993; Paull y Duarte, 2011).

El mangó es una fruta bastante susceptible a enfermedades y plagas debido a las condiciones de temperatura y humedad en la que son cultivados. Según Aponte y colegas (1977), estos frutos prosperan mejor en regiones donde la precipitación anual es menor de 50 pulgadas y están localizados a una altura menor de 500 pies sobre el nivel del mar. Alturas mayores de 500 pies generalmente promueven condiciones óptimas para el desarrollo de una enfermedad común conocida como antracnosis, la cual es causada por deficiencia de micronutrientes y presencia del hongo *C. gloeosporioides*. Es la enfermedad de mayor importancia porque afecta tanto la planta como la fruta. Dentro de las plagas más dañinas en Puerto Rico, se encuentra la mosca frutera *Anastrepha fraterculus*. Estas enfermedades y plagas representan un daño para la economía del país, ya que afecta el rendimiento de las cosechas.

2.1.1 Cultivo, Consumo y Economía en Puerto Rico

El mangó se ha cultivado en Puerto Rico desde el año 1750 aproximadamente, pero se comenzó a exportar desde el 1952 a los Estados Unidos, ofreciendo un potencial económico para la isla (Aponte et al., 1977). Desde entonces en Puerto Rico el mangó se ha naturalizado a lo largo de todo el país, incluyendo fincas abandonadas, vías de tránsito, bosques secundarios, y hasta en los mismos hogares. La región potencial para la producción de mangó en la isla, está limitada a los llanos y semillanos de la Costa Suroeste (de Guayama a Cabo Rojo), zonas de Rincón, Aguada, Camuy y Vieques (Aponte et al., 1977). Un estudio realizado en el año 2002-03 reveló que Europa se ha convertido en el mercado principal para la exportación de mangó de Puerto Rico, contribuyendo con un 80% de la producción, mientras que los Estados Unidos con un 10% y el 10% restante es destinado para consumo local (USDA, 2003). En ese mismo año, la producción de mangó ocupó el primer lugar en importancia entre las frutas de la isla.

Actualmente, en Puerto Rico se cultivan sobre cien de variedades de mangó. Varios investigadores determinaron el potencial de rendimiento y consistencia de producción por año a 16 variedades de mangó (durante un periodo de 6 años). Los resultados mostraron que las variedades de más alto rendimiento y consistencia fueron: Ruby, Lippens, e Irwin. Las variedades Edward, Zill y Pillsbury mostraron buena consistencia de producción, pero bajo rendimiento (Pennock et al., 1972; Paull y Duarte, 2011). La gran mayoría del mangó producido en Puerto Rico, es comercializado como producto fresco. Éste puede ser consumido de distintas maneras; en algunas partes del mundo es preferido en su estado de madurez verde por su sabor y textura (ya que posee mayor acidez y alto contenido de almidón respectivamente). Según USDA (2003) menos del 1% de las variedades nativas de la isla, son procesadas para la elaboración de jugos, mermeladas, helados, enlatados y otros derivados.

2.1.2 Variedades selectas de mangó: *Irwin, Osteen, Palmer, Tommy Atkins, Pascual y Jacqueline*

Entre las estaciones de cultivo de mangó más conocidas de la isla, se encuentra la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz, la cual posee aproximadamente 30 cuerdas de terreno dedicadas a esta fruta. La misma cuenta con 108 variedades cultivadas, de las cuales

alrededor de 15 tienen gran potencial como frutas comerciales, entre éstas se encuentran las variedades: *Irwin*, *Osteen*, *Palmer*, *Tommy Atkins*, *Pascual* y *Jacqueline*. Actualmente, muy poca o nada de información se encuentra en la literatura, sobre las variedades de mangó *Pascual* y *Jacqueline*.

Irwin es una variedad de mangó (*Mangífera indica* L.) de fruto mediano-grande (345.80 ± 45.67 g de peso) con forma elíptica, cuyas dimensiones consisten de 11.79 ± 0.50 cm de largo, 7.53 ± 0.38 cm de ancho y 7.09 ± 0.38 cm de grosor. Su cáscara es lisa, no adherente, color amarilla con abundantes tonalidades rojizas con púrpura y cierta coloración verde en el ápice. Es altamente susceptible a antracnosis y a sufrir aberturas en áreas de alta humedad. Posee una semilla de tamaño mediano y es de tipo monoembriónico. La pulpa es gruesa (2.98 ± 2.94 cm), de textura blanda, representando el $80.99 \pm 2.34\%$ del peso del fruto y casi no contiene fibras. La misma, es de color amarilla con tendencia anaranjada. Esta variedad posee un sabor suave y dulce (Soto et al., 2004).

El fruto de la variedad *Osteen* es considerado como uno de gran tamaño, pesando entre 500-760 g. Posee unas dimensiones estimadas entre 12-15.5 cm de largo, 9-10.5 cm de ancho y 8.6-9.5 cm de grosor. Es de forma oblonga con base redonda. La cáscara es gruesa, resistente y poco adherente, de color rojo púrpura con pequeñas manchas blancas. La pulpa es firme y jugosa, de poca fibra, y posee un color amarillo limón (Knight et al., 2009). La semilla es gruesa con endocarpo plano y es de tipo monoembriónico (Coello et al., 1997). Esta variedad es de buena calidad, y se caracteriza por tener un aroma suave, dulce y placentero.

El mangó variedad *Palmer* es considerado uno de gran tamaño y de buen rendimiento, ya que cada fruto tiene un peso promedio de 480 ± 42.5 g (Ollé et al., 1996). La cáscara es de grosor mediano, adherente, resistente, y posee un color amarillo rojizo con tonalidades púrpura y pequeñas manchas blancas. El fruto es de forma oblonga, con dimensiones de 12-15 cm de largo, 8.5-10 cm de ancho y 6.5-7.5 cm de grosor. Su pulpa es firme, de buena calidad y de poca fibra. El color de la pulpa es amarillo-anaranjado y la semilla es de tamaño mediano; posee un sabor suave y aromático (Knight et al., 2009).

Tommy Atkins es una de las cinco variedades más comercializables en Estados Unidos (Slaughter, 2009) y Cuba debido a que sus volúmenes de producción son elevados, por su alto rendimiento y su alta resistencia a enfermedades (Pérez et al., 2005). Es un fruto de buen tamaño que pesa entre 500-550 g en promedio. Posee una forma ovalada; su cáscara es medio adherente,

de color naranja a rojo. La pulpa es de color naranja; su contenido de fibra es alto y la textura entre media a basta. La semilla es pequeña, con endocarpo plano y es de tipo monoembrionario (Coello et al. 1997).

2.1.3 Composición Nutricional y Maduración

Todo alimento se compone principalmente de agua, carbohidratos, proteínas, grasas y cenizas. El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta que posee alto contenido de agua y carbohidratos. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA Agricultural Research Service, 2013^a), posee una base de datos electrónica donde provee una tabla nutricional de mango fresco (Tabla 2.1). Los valores mostrados en la Tabla 2.1, provienen del promedio de un estudio realizado en cuatro variedades, las cuales incluyen: *Tommy Atkins*, *Keitt*, *Kent* y *Haden*.

Tabla 2.1 Contenido Nutricional en 100g de mango (*Mangifera indica* L.)

Nutrientes	Unidades	100g por ración
Proximal		
Agua	g	83.46
Energía	kcal	60
Proteína	g	0.82
Grasas	g	0.38
Carbohidratos	g	14.98
Fibra	g	1.6
Azúcares	g	13.66
Cenizas	g	0.036

(Datos obtenidos de USDA, ARS, 2013)

Dentro de los cinco componentes principales mencionados, el mango contiene una gran variedad de azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, ácidos grasos, vitaminas y minerales. Los azúcares principales identificados son sacarosa (encontrado en mayor concentración en la fruta madura), fructosa y glucosa (Medlicott y Thompson, 1985; Gil et al., 2000).

En un estudio realizado en la India, se identificó el contenido de aminoácidos libres y enlazados en nueve variedades de mango. Los aminoácidos encontrados en concentraciones

variables, fueron los siguientes: alanina, glicina, ácido glutámico, histidina, isoleucina, leucina, prolina, valina, ácido aspártico, arginina, cisteína, metionina, fenilalanina, serina, treonina y tirosina (Kohli et al., 1987).

Los ácidos orgánicos encontrados en mangó son los siguientes: ácido cítrico y málico como predominantes y de mayor concentración, seguido por tartárico, ascórbico, oxálico, malónico, succínico, adípico, galacturónico, glucurónico, pirúvico, glicólico y α -cetoglutámico, todos en bajas concentraciones (Medlicott y Thompson, 1985; Litz y Mukherjee, 2009). Las cantidades de estos compuestos dependen principalmente de la variedad de la fruta y estado de madurez. El contenido de ácidos grasos también se encuentra en bajas concentraciones, y se ha hallado la presencia de los ácidos linoleico, linolénico (derivado de linoleico), palmítico y palmitoleico en la pulpa (Bandyopadhyay y Gholap, 1973).

El mangó en su estado maduro, contiene niveles moderados de ácido ascórbico, pero es bastante rico en provitamina A, vitaminas B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina) y B₃ (niacina). Los antioxidantes predominantes en la pulpa son los carotenoides (β -caroteno principalmente), ácido ascórbico y galotaninos (Manthey y Perkins, 2009). Entre los minerales que contiene, es fuente de potasio (encontrado en mayor cantidad), magnesio, fósforo, calcio, sodio y hierro (Wenkam, 1990). La Tabla 2.2 muestra el contenido de vitaminas y minerales en dos variedades de mangó estudiadas (*Haden* y *Pirie*).

Tabla 2.2 Contenido de vitaminas y minerales en las variedades Haden y Pirie (Wenkam, 1990).

Nutrientes	Unidades	Haden	Pirie
Minerales			
Calcio	mg	8	6
Hierro	mg	0.16	0.16
Magnesio	mg	12	12
Fósforo	mg	10	15
Potasio	mg	159	126
Sodio	mg	0	3
Vitaminas			
Ácido Ascórbico	mg	15.1	15
Tiamina	mg	0.041	0.081
Riboflavina	mg	0.057	0.061
Niacina	mg	0.3	0.46
Vitamina A	RE	381	474
	IU	3813	4735

Según Morton (1987), el mangó normalmente alcanza su madurez dentro de cuatro a cinco meses luego de la florecida. Se clasifican como climatéricos, debido a su alta respiración (comparable al guineo y el aguacate), por lo que aumenta la producción de etileno durante la maduración. Durante este proceso los cloroplastos (color verde) se convierten en cromoplastos (colores amarillo y rojo) por lo que la cáscara adquiere una combinación de esos colores. Esto depende principalmente, de la variedad y de la proporción de clorofila, carotenos, antocianinas y xantofilas encontradas en el fruto (Pottí, 2007; Lebrun et al., 2008; Litz y Mukherjee, 2009).

Al igual que la pigmentación, otros componentes, de carácter interno (en referencia a la matriz), cambian durante el proceso de maduración, influyendo directamente en las propiedades nutricionales y organolépticas del fruto. En un estudio realizado con la variedad *Alfonso*, se determinó el efecto del contenido de ácidos grasos en las cinco etapas de maduración. En el mismo, se observó una disminución en el contenido de ácidos grasos saturados, y un aumento en los ácidos grasos insaturados (Bandyopadhyay y Gholap, 1973). También se ha encontrado que ocurre un aumento en la biosíntesis de ésteres a partir de los ácidos grasos, como efecto de la maduración. (Lalel et al., 2003; Pino et al. 2005). En general, el metabolismo del mangó consiste en la hidrólisis del almidón, produciendo glucosa y fructosa, mientras que el contenido de ácidos orgánicos disminuye (Medlicott y Thompson, 1985; Litz y Mukherjee, 2009). Estudios

realizados con diferentes variedades de mangó demostraron que las frutas de madurez temprana obtuvieron valores de pH bajos y de acidez titulable altos, mientras que al final del almacenamiento, la acidez disminuyó (entre un 60 a 90%), y el pH aumentó (Lebrun et al., 2008; Siller et al., 2009; Padda et al., 2011). Lo mismo ocurre con el contenido de ácido ascórbico, ya que a medida que la fruta madura, el contenido del mismo disminuye.

Existen métodos bioquímicos para medir la madurez del fruto, éstos son: acidez titulable, contenido de almidón, azúcares solubles totales, carotenoides, y pruebas físicas como peso, firmeza y color (Lebrun et al., 2008). Según estudios previos, el sabor y el aroma son principalmente influenciados por los cambios de maduración. Estos cambios son observados en los carbohidratos, ácidos orgánicos, lactonas, terpenos, ácidos grasos y derivados de éstos. La mayoría de estos compuestos son volátiles, los cuales se encuentran enlazados glicosídicamente a la matriz y durante la maduración éstos quedan libres (Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005; Lebrun et al., 2008).

2.2 Medición de algunos atributos fisicoquímicos en mangó

Los atributos fisicoquímicos en frutas y vegetales, son considerados comúnmente como indicadores de calidad y maduración. Entre algunos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en mangó, se encuentran: determinación de pH y acidez, contenido de sólidos solubles, actividad de agua, ácido ascórbico, respiración, entre otros (Lebrun et al., 2008; Siller et al., 2009). La mayoría de estos métodos son sencillos, pero requieren la destrucción de la muestra.

En la industria de alimentos, el pH sirve como parámetro de control microbiano, donde los alimentos medidos con valores de 4.6 o menos, se clasifican como alimentos ácidos o acidificados (FDA, 2010). Según los valores de pH que han sido reportados en mangó, estos varían entre 3.9 y 4.9, dependiendo de la variedad y su maduración (Siller et al., 2009). A diferencia del pH, el contenido de acidez en una fruta se expresa en porcentaje y se toma en consideración el ácido predominante en la misma. En mangó, el ácido cítrico es el ácido orgánico más abundante (Ueda et al., 2000), por lo que su peso molecular se toma como factor determinante para calcular su porcentaje de acidez. La técnica más común que se utiliza para cuantificar el contenido de acidez, se conoce como titulación (el método oficial AOAC se conoce

como Acidez Titulable). A medida que la fruta madura, los valores acidez disminuyen, mientras que los de pH y sólidos solubles aumentan (Lebrun et al., 2008; Siller et al., 2009).

El contenido de sólidos solubles se determina mediante el índice de refracción. El instrumento que se utiliza se conoce como refractómetro. Este método se emplea mucho en la elaboración de productos de frutas y hortalizas, para determinar la concentración de sacarosa. Esa concentración se expresa en grados Brix. La unidad Brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa encontrada en una solución acuosa (a 20°C). En frutas como el mangó, la medida de sólidos solubles sirve como índice de maduración. En adición, se puede obtener una relación entre el contenido de azúcar y la acidez, con la cual se predice la percepción dulce/ácido de la fruta.; ésta se conoce como RAA (razón azúcar/ácido) (Siller et al., 2009). Es importante reconocer dos cosas en cuanto a la medición de sólidos solubles: (1) en productos con matrices complejas, la presencia de otras sustancias sólidas influye en la refracción de la luz y (2) cuando se toma el índice de refracción a temperaturas diferentes de 20°C, se utilizan factores de corrección.

Otro atributo fisicoquímico de gran importancia es la actividad de agua. Se define la actividad del agua (A_w) como la relación entre la presión de vapor del agua, cuando el material alcanza el equilibrio a la temperatura indicada, y la presión de vapor del agua a la misma temperatura (Ocampo, 2006). Uno de los instrumentos más utilizados a nivel de laboratorio, se conoce como higrómetro. Similar al pH, esta medida se utiliza en la industria de alimentos como parámetro de control microbiológico. El mangó en su estado fresco, es altamente susceptible por exceder los valores de 0.85 (FDA, 1984), por lo que existe agua disponible para el crecimiento microbiano. Es por esto la importancia de implementar otros métodos de preservación, como almacenamiento por congelación o tratamientos térmicos como pasteurización, deshidratación, entre otros.

2.3 Sabor y Aroma: Actividad Aromática de Frutas

El sabor es uno de los factores de mayor importancia al momento de consumir un alimento, pues es la combinación entre el aroma (compuesto por volátiles) y el gusto (compuesto por no volátiles como son los azúcares). En cada individuo, la percepción de sabor es variable ya que está principalmente influenciada por tres cosas: genética, trasfondo cultural y experiencias

vividas. Desde el punto de vista químico, el sabor y aroma de un alimento, puede ser medido y/o analizado. Esto se debe a la gran variedad de compuestos aromáticos que pueden estar presentes.

La mejor manera para encontrar la función de cada componente en el aroma y sabor del alimento, es mediante el estudio de la actividad aromática (Jordán et al., 2001). Cada alimento exhibe una actividad aromática distinta, aunque algunas veces parezca similar. Los compuestos responsables por exhibir actividad aromática son principalmente alcoholes, ácidos, ésteres, lactonas, aldehídos, cetonas, terpenos y compuestos heterocíclicos enlazados a grupos con oxígeno, azufre y/o nitrógeno. (Lebrun et al., 2008; Rowe, 2011). Cada uno de estos componentes imparten características de sabor y aroma específicos, dependiendo del compuesto y la concentración a la que se encuentren. Se han hecho algunos estudios referentes a las variaciones aromáticas que existe en frutas como guayaba, guineo, papaya y mangó. Estos estudios han sido enfocados principalmente en los compuestos volátiles libres de las frutas, aunque se ha demostrado que estos también pueden encontrarse enlazados glicosídicamente a la matriz y durante la maduración, quedan libres (Adedeji et al., 1992).

En un estudio realizado en guayaba por Stevens y colaboradores (1970), se reportó el compuesto β -ionona como uno de los volátiles de mayor contribución, aportando un aroma floral en la fruta. Bassols y Demole (1994), encontraron por primera vez el compuesto pentan-2-ol como principal contribuidor de la fuerte fragancia tropical característica de las guayabas frescas. Gow y Hsin (1999) reportaron un total de 29 componentes aromáticos, entre ellos, ésteres, terpenos y alcoholes como los más abundantes en el perfil de la fruta.

En guineo, se encontró que el compuesto penta-2-ona, en conjunto con ésteres como isoamilo e isobutilo y otros menos comunes, contribuyó al aroma frutal característico del mismo (Shiota, 1993). En otro estudio realizado en guineo, se identificó y cuantificó un total de 26 volátiles, de los cuales solo algunos pudieron ser detectados por panelistas entrenados. Estos compuestos fueron (*E*)-2-hexenal, 3-hidroxi-2-butanona, acetato de (*Z*)-3-hexenilo, limoneno, fenchol, y eugenol, los cuales se caracterizaron por aportar un aroma herbal y floral (Jordán et al., 2001).

El aroma estudiado en papaya (*Carica papaya* L.), mostró altas concentraciones del compuesto linalool y otros alcoholes de cadenas cortas, responsables por aportar aromas frutales y florales. Entre otros componentes, se identificaron ésteres, derivados de hexenos como trans-1-hexen-3-ol (compuesto responsable por aportar un intenso aroma a fruta verde) y isotiocianato

de bencilo (aportando un aroma punzante y agrio, similar al aceite de mostaza) (Jirovetz et al., 2003).

En varios estudios realizados en mangó, se ha reportado que los ésteres y otros grupos carbonilos son responsables por impartir un toque frutal al sabor y aroma. También se ha encontrado que las lactonas y algunos ácidos grasos, pueden aportar un sabor característico comparable al melocotón (Wilson et al., 1990). Otro estudio realizado precisamente en mangó, demostró que la presencia de la furanona, conocida por su nombre común, como furaneol (2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona), es responsable por impartir un sabor y aroma similar al de la piña. En altas concentraciones, este compuesto es capaz de exhibir características aromáticas similares a las del caramelo o azúcar quemado, y en bajas concentraciones, exhibe toques herbales, dulces y frutales (Pyysalo et al., 1977; Pickenhagen et al., 1981).

2.3.1 Perfil Aromático de Mangó

La gran mayoría de los compuestos aromáticos, pueden ser extraídos en la forma de aceites esenciales. Según Vásquez y colaboradores (2001), un aceite esencial se define como una sustancia odorífera de naturaleza oleosa, encontrada prácticamente en todas las plantas, distribuida entre las raíces, hojas, flores y frutos. En el caso de los frutos, la composición de estos aceites esenciales depende de factores internos y externos del mismo, como lo son: estructura genética, condiciones ecológicas, estado de maduración y, manejo y almacenamiento pos cosecha (Soler et al., 2010; Singh, 2011; El Hadi et al., 2013).

Los terpenos son los compuestos volátiles más dominantes en esencias de mangó. Su estructura consiste de unidades de isopreno y son comúnmente estudiados por su importante función en los aceites esenciales. Éstos son clasificados según su número de carbonos (10- 40) y unidades de isopreno como está presentado en la Tabla 2.3. Uno de los terpenos más reconocidos en mangó es el compuesto δ -3-careno.

Tabla 2.3 Nomenclatura de Terpenos (Marriot et al., 2001)

Átomos de Carbono	Unidades de Isopreno	Nomenclatura
10	2	Monoterpenos
15	3	Sesquiterpenos
20	4	Diterpenos
25	5	Sesterpenos
30	6	Triterpenos
40	8	Tetraterpenos

Existen estudios donde se ha reportado que la mayoría de los terpenos encontrados en mangó, son básicamente monoterpenos y sesquiterpenos. La presencia de monoterpenos en la fruta ha sido correlacionada con la percepción de aroma a mangó verde (Lopes et al., 1999). El δ -3-careno es un ejemplo de un monoterpeno, y se caracteriza por aportar un aroma dulce y penetrante a la fruta (Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005). Este compuesto ha resultado ser el principal contribuidor de aroma en muchas de las variedades estudiadas (Malundo et al., 1997; Andrade et al., 2000; Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005). En el estudio realizado por Pino y colaboradores (2005), el δ -3-careno demostró ser el más dominante en diez de los veinte cultivares de mangó analizados. Otros monoterpenos encontrados bajo el mismo estudio, fueron: limoneno (cuya mezcla racémica se conoce como dipenteno), terpinoleno, α -felandreno, mirceno y (*Z*)- y (*E*)- β -ocimeno.

Entre los sesquiterpenos encontrados en la fruta, se han reportado β -cariofileno, α -humuleno, α -copaeno, eremofileno y β -selineno, siendo los primeros dos los más predominantes entre los cultivares cubanos estudiados (Pino et al., 2005; Salazar et al., 2007). Otros sesquiterpenos encontrados son: aromadendreno, α -gurjuneno y β -gurjuneno los cuales se han caracterizado por ser posibles precursores de los alcoholes sesquiterpénicos conocidos como viridiflorol, guaiol y bulnesol (Andrade et al., 2000). Según otro estudio realizado en el cultivar Ataulfo, se correlacionó el aumento de sesquiterpenos con la maduración de la fruta (Salazar et al., 2007).

Al igual que los terpenos, hay otras clases de compuestos cuya estereoquímica (isómeros orto, meta, para, cis y trans) definen la respuesta olfativa del mangó. Los ésteres se consideran la segunda clase importante, después de los terpenos (Andrade et al., 2000; Pino et al., 2005).

Estructuralmente, un éster se compone de un carbonilo enlazado por un extremo a un grupo alquilo, y por el otro, a un átomo de oxígeno, que a su vez se encuentra enlazado a otro grupo alquilo. Algunos de los ésteres de mayor relevancia, encontrados en mangó son: acetato de etilo, butanoato de etilo, (*Z*)-3-hexenoato de etilo, (*E*)-2-butenato de butilo, benzoato de metilo, octanoato de metilo, nonanoato de etilo y ésteres insaturados con residuos de 2-metil propanoato, 2-metil butanoato, metacrilato y tigolato (Pino et al., 2005). Otros ésteres relevantes, reportados por otros investigadores, han sido: octanoato de etilo, decanoato de etilo, dodecanoato de etilo y tetradecanoato de etilo (Engel y Tressl, 1983; Andrade et al., 2000; Pino et al., 2005).

Otra clase importante en el perfil aromático del mangó, son las lactonas y los furanos. Las lactonas son conocidas como ésteres intramoleculares, o más bien, ésteres cíclicos. En varios estudios se han reportado las siguientes lactonas: “ δ - y γ -jasmine lactones” (Jirovetz et al., 2003), γ -octalactona, γ -nonalactona, γ -decalactona, δ -decalactona, γ -undecalactona, γ -dodecalactona (Engel y Tressl, 1983; Wilson et al., 1990; Pino et al., 2005). Los furanos son compuestos heterocíclicos aromáticos, formados por cuatro carbonos y un oxígeno. Los de mayor relevancia en mangó, según la literatura son: furaneol (Engel y Tressl, 1983; Wilson et al., 1990) y mesifurano (Andrade et al., 2000; Pino et al., 2005). Muchas de las lactonas y furanos encontradas en algunas variedades de mangó se reconocen por aportar sabores y aromas con toques frutales, similares al del melocotón y piña (Macleod et al., 1988; Wilson et al., 1990).

Los aldehídos son otro grupo de compuestos volátiles que forman parte esencial del perfil aromático del mangó. Estructuralmente, éstos poseen un grupo carbonilo enlazado a un hidrógeno por un extremo y a un grupo alquilo por el otro. Algunos de los aldehídos comúnmente reportados en el perfil del mangó son: hexanal, (*E*) 2-hexenal, (*E*) 2-nonenal, (*E,Z*) 2,6-nonadienal, furfural, benzaldehído y fenil acetaldehído (Engel y Tressl, 1983; Pino et al. 2005). Nonanal, decanal, pentadecanal, hexadecanal, 11-pentadecenal, (*E*) 2-heptenal y (*E*) 2-decenal son otros aldehídos identificados por Pino y colegas (2005).

Las cetonas, son compuestos que también exhiben actividad aromática en el mangó. Similar a la de los aldehídos, éstas poseen una estructura, en la cual, cada extremo del grupo carbonilo se encuentra enlazado a un grupo alquilo y no a un hidrógeno. Una de las cetonas mayormente mencionada en mangó es la β -ionona, la cual es un producto de la oxidación de carotenos en la fruta (Engel y Tressl, 1983; Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005). Otras cetonas mencionadas en la literatura son: 3-pentanona, 2-tridecanona (Engel y Tressl, 1983), 1-penten-3-

ona, 2-pentadecanona, isoforona, carvona, eucarvona (Pino et al., 2005), (*E*)- β -damascenona (también por degradación oxidativa de carotenoides) y 2-heptanona (Engel y Tressl, 1983; Andrade et al., 2000; Pino et al., 2005).

Otro componente importante en el perfil del mangó son los alcoholes. Según Pino y colaboradores (2005), los alcoholes se forman mediante dos vías principales: metabolismo de aminoácidos y oxidación de lípidos. Éstos son compuestos orgánicos, que contienen uno o más grupos de hidroxilo (-OH) en su cadena de carbonos. Algunos de los alcoholes reportados en la fruta son: 2-butanol, (*E*) y (*Z*)-3-hexen-1-ol, 1-hexanol (Engel y Tressl, 1983; Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005), 1-butanol, 1-pentanol, 1-hexadecanol, 3-metil-2-buten-1-ol (Engel y Tressl, 1983; Pino et al., 2005), etanol, eugenol (Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005; Lebrun et al., 2008), 1-penten-3-ol, (*Z*) 2-penten-1-ol, ciclohexanol (Pino et al., 2005) y nonanol (Jirovetz et al., 2003). Existen otros alcoholes que son derivados de compuestos terpénicos (linalool, carveol, α -terpineol, geraniol, entre otros), pero para evitar confusión en términos de clasificación, éstos han sido clasificados dentro de la categoría de terpenos.

El resto de los compuestos con actividad aromática en mangó, pertenece a los ácidos, hidrocarburos, fenoles y éteres (metil butil éter es el único éter, el cual fue identificado por Andrade y colaboradores, 2000). Algunos compuestos mencionados, como alcoholes, aldehídos, ácidos orgánicos y derivados de furanos, son generados durante procesos de trituración y extracción. Es por esto que el conocimiento de la matriz o composición de una esencia de mangó, brinda una gran ventaja al momento de aislar, identificar y/o analizar sus componentes aromáticos. Es importante y crucial, que en cualquiera de las técnicas aplicadas, se tomen en cuenta los compuestos termolábiles y fotosensibles, que podrían degradarse durante la extracción, almacenamiento y/o análisis.

2.4 Técnicas de Extracción

Según Briga (1962), los aceites esenciales son fácilmente separables y pueden ser extraídos a través de diferentes métodos químicos o físicos como destilación, refrigeración y centrifugación. Para la extracción de volátiles en mangó se han empleado diferentes técnicas de destilación, “headspace” estático y dinámico, y hasta técnicas relativamente modernas y rápidas como la Micro Extracción en Fase Sólida por “headspace” (HS-SPME, por sus siglas en inglés).

En la gran mayoría de los estudios de volátiles, muchas de estas técnicas han sido aplicadas en conjunto. La preparación de la muestra y la técnica de extracción empleada son de suma importancia al realizar un análisis de aroma en frutas y esencias, ya que se ha reportado que estos factores pueden causar variación en los volátiles de la muestra (Sides et al., 2000; Peredo et al., 2009).

2.4.1 Destilación y Extracción con Solvente

La destilación es una antigua técnica de separación, básicamente utilizada para separar dos o más componentes en estado líquido, tomando como principio, el punto de ebullición de cada sustancia. Existen muchos tipos de destilación, pero en general el montaje consiste de un matraz de fondo redondo conectado a una columna de condensación o de fraccionamiento, seguido por una columna de enfriamiento. En ese punto, la sustancia separada se condensa y llega al recipiente de recolección. En muchos estudios realizados en volátiles de mangó, se han empleado diferentes tipos de destilación como: destilación por arrastre de vapor, destilación extractiva simultánea, y destilación mediante vacío (Pino et al., 2005). Sin embargo, es importante destacar que los aceites esenciales son de alto peso molecular por lo que sin la adición de vapor, se requeriría una alta cantidad de energía y mayor tiempo de calentamiento, ocasionando descomposición en la esencia (Peredo et al., 2009).

Comúnmente, las destilaciones utilizadas para la obtención de aceites esenciales de mangó, son aplicadas en conjunto con técnicas de extracción con solvente, donde se toma en cuenta la afinidad de los componentes que se desean aislar de la matriz (polares, poco polares o no polares). En 1983, Engel y Tressl aislaron mediante destilación extractiva simultánea, los componentes volátiles de pulpa de las variedades Alfonso y Baladi, utilizando metil pentil éter como solvente. Bautista y colaboradores (1998), utilizaron una mezcla de disolventes pentano-diclorometano (2:1) mediante una extracción líquido-líquido, para extraer y estudiar los volátiles del mangó variedad Azúcar. Mediante destilación extractiva simultánea, Andrade y colaboradores (2000), aislaron los aromas de 15 variedades de mangó con pentano como fase móvil. Tamura y colaboradores (2001), aislaron mediante la misma técnica, los componentes volátiles de un cultivar tailandés de mangó conocido como Khieo Swoei, pero usando dietil éter como solvente de extracción.

Es importante tener en cuenta, que el tipo de solvente puede contaminar o limitar el uso de un aceite esencial, dependiendo de la toxicidad y la técnica utilizada para la eliminación del mismo (Peredo et al., 2009). Según Chua y colaboradores (2008), la maceración o extracción alcohólica (técnica en la cual la materia orgánica reposa en soluciones de alcohol por periodos de tiempo definidos), es uno de los tipos de extracción por solvente mayormente usados a nivel de laboratorio, ya que los aceites esenciales pueden ser recuperados evaporando el alcohol, generalmente con un rota evaporador. En un estudio, donde se utilizó la cáscara de mangó, mostró que el solvente más adecuado para obtener extractos con alta capacidad antioxidante y de alto contenido de fitoquímicos, fue etanol (que también tiene un contenido antioxidante notable) (Dorta et al., 2012). Desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, Dorta y colaboradores recomendaron elegir entre etanol, etanol:agua o acetona:agua, ya que todos son solventes que se pueden utilizar en el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.

2.4.2 Micro Extracción de Fase Sólida por “Headspace” (HS-SPME)

La micro extracción de fase sólida por “headspace”, es una técnica que se ha empleado exitosamente para el análisis de sabores y fragancias, así como otras aplicaciones tales como extracción de plaguicidas y metabolitos de drogas (Salazar et al., 2007). El proceso de HS-SPME consiste de dos pasos: (1) partición de los volátiles (analito) entre el recubrimiento de la fibra y la matriz de la muestra; y (2) desorción de los volátiles extraídos en un instrumento analítico. La desorción del analito, depende de tres factores principales: punto de ebullición del mismo, espesor del recubrimiento en la fibra y la temperatura del puerto inyector (Gnupp et al., 2002).

El dispositivo de SPME consta de una fibra de sílice fundida con una longitud de 1-2 cm, la superficie exterior está recubierta con una fase estacionaria y unida a un émbolo de acero inoxidable, y un soporte que parece como una jeringa de microlitro modificado (Gnupp et al., 2002). El dispositivo SPME es compatible con el sistema de Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas, y puede ser utilizado con puertos de inyección “Split/Splitless”, directo o empacado. Se ha desarrollado una variedad de dispositivos con diferentes tamaños (en términos de espesor) y recubrimientos de distintos materiales como PDMS (polidimetilsiloxano), Carboxen, poliacrilato, DVB (divinilbenceno) y carbowax (Heaven y Nash, 2012), que pueden

ser adquiridos por separado o en combinación para ayudar a mejorar la capacidad de extracción (Stashenko y Martínez, 2007).

En términos de análisis, Bartley y Schwede (1987), sugirieron que un cromatograma que es obtenido mediante la preparación de muestra por “headspace”, refleja un mejor perfil del sabor de mangó, en comparación con la muestra que es preparada mediante el uso de destilación y extracción por solvente; sin embargo, los compuestos presentes en bajas concentraciones podrían no ser detectados mediante esta técnica. Heaven y Nash (2012), afirmaron que SPME es una técnica versátil para el análisis de alimentos líquidos, cuyos compuestos volátiles y semi volátiles pueden ser fácilmente identificados y cuantificados bajo diferentes condiciones (solución, matriz de muestra e interacción química entre los componentes). Sin embargo, Jeleń y colaboradores (2012), encontraron una limitación, donde en comparación con otros métodos de microextracción utilizados, sólo se pudo extraer ácidos grasos entre C4:0 (caproico) y C12:0 (láurico), mientras que bajo los otros métodos, se pudo extraer hasta C18:3 (linolénico).

2.5 Cromatografía de Gas – Espectrometría de Masa (GC-MS)

Existen varias técnicas que permiten el análisis e identificación de compuestos volátiles, pero la más relevante y utilizada en el estudio de aceites esenciales se conoce como Cromatografía de Gas con Espectrometría de Masas (GC-MS). El análisis realizado por esta técnica, consiste de dos principios: (1) separación por afinidad, a través de una columna de cromatografía de gas bajo los parámetros de elución establecidos y (2) caracterización de los componentes separados mediante espectrometría de masas, donde ocurre la ionización de los mismos y se presenta el resultado en la forma de cromatograma. La ionización por electrones es la manera más común, utilizada para producir iones de los compuestos separados por la columna (Hites, 1997). Un cromatograma muestra curvas gaussianas registradas por el detector, donde el tiempo de retención de cada señal, se utiliza para identificar, mientras que el área de la señal, se utiliza para cuantificar.

Una de las ventajas que presenta este equipo, es que se puede utilizar tanto para identificación, como para la cuantificación de componentes en matrices complejas (Hites, 1997). Malundo y colaboradores (1997), al igual que muchos otros investigadores, desarrollaron un método rápido por “headspace” en conjunto con GC acoplado a MS y a un Detector de

Ionización por Llama (FID por sus siglas en inglés), por los cuales identificaron y cuantificaron los volátiles de algunos cultivares de mangó. La identificación realizada por el FID conllevó comparar los tiempos de retención de los compuestos obtenidos con los estándares utilizados, mientras que por MS simplemente compararon los espectros de masa y los tiempos de retención con los de una base de datos.

A pesar de ser una técnica muy útil, la realidad es que los aceites esenciales son mezclas complejas que pueden presentar solapamiento de señales en el espectro de masa obtenido. Estos solapamientos dificultan la interpretación de los datos y ocurren debido a la presencia del gran número de isómeros (compuestos con misma fórmula molecular) que pueden ser hallados en este tipo de mezcla. Una manera de mejorar esto es conociendo el tiempo de elución de los respectivos componentes en correlación al espectro. Además de la habilidad para el reconocimiento de picos solapados, una mejor cuantificación puede ser obtenida a través de una buena resolución (Marriott et al., 2001).

2.6 Efectos de Congelación en Pulpa de Mangó (Almacenamiento)

La congelación es uno de los métodos más elementales utilizado para la preservación de alimentos. Este método consiste en someter el producto a una aplicación drástica de frío, generando una disminución de la actividad de agua, lo cual evita el desarrollo microbiano, limita la acción de reacciones químicas y enzimáticas. De esta manera se aumenta el largo de vida útil del alimento, se mantienen las características organolépticas y el valor nutritivo de los productos (Cruz, 2008). El proceso de congelación tiene sus limitaciones, pues no elimina microorganismos, genera resistencias en esporas, no destruye toxinas y podría causar deshidratación por uso de empaques no adecuados (Oruña et al., 1997).

Macleod y Snyder (1988), realizaron un estudio donde se evaluaron los efectos en los volátiles del mangó variedad *Tommy Atkins* luego de ser trozado, empacado, y almacenado bajo temperatura de congelación (-15 °C) por 14 meses. Los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa entre el contenido de volátiles en fruta fresca y fruta almacenada. A pesar de no ser significativa esa diferencia, sí se observó un poco de variación, donde la fruta congelada mostró un leve aumento en la concentración total de volátiles incluyendo monoterpenos y sesquiterpenos, a excepción del compuesto δ -3-careno, el cual disminuyó.

Macleod y Snyder, concluyeron que este método de preservación, utilizado por largos periodos de tiempo, es uno aceptable con respecto a la retención de sabor en mangó.

2.7 Liofilización y su efecto en Mangó

La liofilización es un proceso de deshidratación de alimentos sin la necesidad de aplicar calor. El mismo consiste en la remoción del agua, mediante sublimación al vacío. El proceso conlleva cuatro pasos generales: preparación, congelación, desecación primaria y desecación secundaria (Parzanese, 2012). Este efecto se relaciona con el diagrama de fases del agua, donde la presión y temperatura del sistema, disminuyen por debajo del punto triple (4.58 Torr y 0.008 °C, punto en que conviven los tres estados de la materia) suficiente como para que el agua libre del alimento, pase de estado sólido a gaseoso.

Sogi y colaboradores (2014), realizaron un estudio de ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenoides y propiedades antioxidantes en mangó bajo distintas técnicas de secado, entre las cuales se destacó la técnica de liofilización como la que mejor conservó dichas propiedades. El mangó liofilizado como producto, se puede utilizar en la elaboración de alimentos saludables, mejorando el sabor y añadiendo valor nutritivo como contenido de fibra y fitoquímicos (ricos en antioxidantes) (Sogi et al., 2014). Una limitación encontrada en el mangó liofilizado, es que posee un alto contenido de azúcares amorfos, los cuales son bastante susceptibles a cambios de temperatura y humedad, y tienden a cristalizarse bajo ciertas condiciones de almacenamiento. Este efecto promueve un rearrreglo estructural cristalino, el cual ocasiona que los β -carotenos en mangó liofilizado disminuyan por degradación oxidativa (Harnkarnsujarit y Charoenrein, 2011). El producto debe ser empacado de forma tal que se evite la interacción del oxígeno, y de esta manera impedir la degradación oxidativa (Parzanese, 2012).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Obtención y manejo de la materia prima

Las distintas variedades de mangó fueron provistas por la Estación Experimental de Juana Díaz entre los meses de mayo a junio (años 2011 y 2012). Las frutas seleccionadas en su

estado óptimo de maduración fueron provistas por Irma Cabrera, administradora de la Subestación Experimental de Juana Díaz. Las variedades elegidas fueron: *Irwin*, *Osteen*, *Jacqueline*, *Palmer*, *Pascual*, *Tommy Atkins* y *Toledo* (esta última variedad fue descartada debido a su poco rendimiento y sólo fue utilizada con fines preliminares). Estas variedades específicamente, fueron elegidas tomando en consideración su rendimiento, sabor, valor comercial y época de cosecha.

3.2 Preparación de la materia prima

3.2.1 Homogenización de la Pulpa de Mangó, Empaque y Almacenamiento

Los mangos maduros fueron lavados en una solución de 50 partes por millón (ppm) de hipoclorito de sodio (US FDA, 2003). La cáscara y semilla de la fruta fueron removidas mediante el uso de una despulpadora de mesa (Robot Coupe C 80, 34-1004). La pulpa obtenida se empacó en bolsas de FoodSaver® y se almacenó a temperatura de congelación (-15 °C). Este proceso se realizó para cada una de las variedades de mangó.

3.3 Caracterización de la pulpa

Para la caracterización de la pulpa de mangó se tomaron medidas de pH, grados Brix, actividad de agua (*A_w*) y se determinó el porcentaje de acidez titulable y el contenido de ácido ascórbico. Esta caracterización fue realizada a cada una de las variedades de mangó estudiadas.

3.3.1 Medición de pH

El equipo fue calibrado previo a su uso con soluciones estándares de pH 4, 7 y 10. Luego, se tomaron 20 g de pulpa a temperatura ambiente.. Las medidas se realizaron por triplicado.

3.3.2 Índice de Refracción (°Brix)

Las medidas de grados Brix se determinaron utilizando un refractómetro digital de mano “Atago Pocket Refractometer”. Los datos fueron tomados por triplicado.

3.3.3 Medición de Actividad de Agua (A_w)

La actividad de agua fue tomada mediante el uso de un higrómetro “Aqua Lab 4te”. Para calibrarlo se utilizaron dos soluciones, una solución estándar cloruro de sodio (0.760 ± 0.003) y la otra agua destilada. Las lecturas fueron tomadas por triplicado.

3.3.4 Determinación de Acidez Titulable

Para la determinación de la acidez titulable o acidez total de la pulpa, se utilizó el método AOAC 962.12 (1990). Este método consistió de dos partes: (1) Estandarización del hidróxido de sodio (titulante) y (2) Titulación de la pulpa de mango.

En la primera parte, se estandarizó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. La solución de NaOH 0.1 N se preparó diluyendo 4.0 g de NaOH con agua destilada, previamente degasificada, en un matraz volumétrico de 1 L, y se transfirió a una bureta de 50 mL. Luego se pesaron 0.5000 g del estándar primario ftalato ácido de potasio (abreviado como KHP) en un matraz “Erlenmeyer” de 250 mL. En ese mismo matraz se le añadieron 25 mL de agua destilada previamente degasificada y se agitó hasta disolver todo el KHP. Finalmente, se le agregaron 2 gotas de fenolftaleína al 1% (en alcohol) como indicador y se tituló con el NaOH 0.1 ya preparado (el indicador cambia de incoloro a rosado cuando llega al punto de equilibrio y persiste por 30 segundos aproximadamente). Esta primera titulación se realizó por triplicado y la normalidad real de la solución de NaOH se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Normalidad NaOH} = \frac{(\text{gramos KHP}) \left(\frac{\% \text{pureza de KHP}}{100} \right)}{(\text{Volúmen descargado en la titulación en Litros}) \left(204.2 \frac{\text{g}}{\text{Eq.}} \right)}$$

En la segunda parte se pesaron 10 g de pulpa en un matraz de 250 mL al cual se le añadió 50 mL de agua destilada y se agitó hasta quedar uniformemente mezclado. Al mismo matraz se le agregaron dos gotas de fenolftaleína al 1% (en alcohol) y se tituló con el mismo NaOH preparado en la primera parte. Esta segunda titulación se realizó por triplicado y se utilizó el valor promedio de la normalidad calculada en la primera parte (0.0896 ± 0.0004 N) para determinar el porcentaje de acidez de la pulpa dado por la fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{(\text{Vol. descargado(L) en la titulación de pulpa})(N_{\text{NaOH}})(F_{\text{a.citríco}})(100)}{\text{gramos de pulpa}}$$

3.3.5 Determinación de Ácido Ascórbico

Para la determinación del contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) se utilizó el método AOAC 967.21 (1990), basado en una titulación con tinte. Este método se dividió en cuatro partes: (1) Preparación de una solución de ácido metafosfórico y ácido acético, (2) Preparación de la solución de tinte indofenol, (3) Estandarización del tinte, y (4) Preparación y titulación de la muestra.

En la primera parte se preparó una solución ácido metafosfórico y ácido acético. Para esto, se disolvieron 15 g del ácido metafosfórico en 40 mL de ácido acético y 200 mL de agua destilada en un matraz volumétrico de 500 mL. Ya disuelto, se llevó hasta la marca con más agua destilada. Finalmente, se filtró y se transfirió a una botella color ámbar la cual fue almacenada bajo refrigeración.

La segunda parte consistió de la preparación de la solución de tinte (titulante). Primero, se disolvieron 250 mg de sal de sodio 2,6- dicloroindofenol con 250 mL de agua destilada, previamente degasificada, en un matraz volumétrico de 1 L. Luego, se le añadieron 210 mg de bicarbonato de sodio y se agitó vigorosamente hasta disolverlo completamente. Ya disuelto, se completó hasta la marca con más agua, se filtró, se colocó en una botella color ámbar y se almacenó bajo refrigeración.

Para la estandarización del tinte (preparado en el segundo paso), primero se preparó una solución estándar de ácido ascórbico (1 mg/mL) disolviendo 50 mg del estándar en un matraz volumétrico de 50 mL, completando hasta la marca con la solución de ácido metafosfórico: acético (preparada en el primer paso). Ya lista la solución estándar, se transfirieron 2 mL de esa solución, a un matraz “Erlenmeyer” de 50 mL con 8 mL de agua destilada y 5 mL de la solución de ácido metafosfórico: acético. El contenido del matraz fue titulado con la solución de tinte. De igual manera, se preparó un blanco, conteniendo todo menos ácido ascórbico, y se tituló. El tinte es de color azul en medio alcalino y cuando pasa del punto de equilibrio se torna rosa. Las titulaciones del estándar y del blanco se realizaron por triplicado.

Para la preparación de la muestra se diluyeron 4 g de pulpa en 10 mL de solución de ácido metafosfórico: acético y se rotuló como solución madre. Luego se filtró por vacío utilizando

papel Whatman no. 4 ® y se colocó en una volumétrica de 50 mL completando hasta la marca con agua destilada. De ahí se tomaron 2 mL, se pesaron en un matraz “Erlenmeyer” de 50 mL y se le agregaron 5 mL de la solución de ácido metafosfórico: acético. Finalmente se tituló con el tinte hasta alcanzar un color rosado persistente. Esta titulación fue realizada por triplicado. La fórmula utilizada para calcular el contenido de ácido ascórbico fue la siguiente:

$$\text{ácido ascórbico en } \left(\frac{mg}{100g}\right) = \frac{(C)(Vol. de tinte descargado)(100g)}{Peso de muestra(g)}$$

Donde,

$$C = \frac{2mL \left(1 \frac{mg}{mL}\right)}{Vol. Corregido (mL)}$$

$$Vol. Corregido = (Vol. de Tinte Descargado(mL) - Vol. de Tinte Descargado en Blanco(mL))$$

3.4 Análisis Proximal

Para determinar de la composición nutricional de la pulpa de mangó se realizó un análisis proximal donde se determinaron los porcentajes de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína bruta, carbohidratos totales y fibra cruda en base seca. Este análisis fue realizado a cada una de las variedades de mangó estudiadas.

3.4.1 Humedad Convencional

La humedad de las pulpas de mangó se determinó por el método de Humedad Convencional AOAC 966.02 (1990). Los crisoles con tapa, previamente rotulados, fueron secados al horno “Isotemp Oven 200 Series, Fisher Scientific” a 100 °C por 24 horas. Luego de este periodo se dejaron enfriar en un desecador y se anotó su peso. Nuevamente se repitió el paso anterior colocando los crisoles en el horno sólo por 1 hora a esa misma temperatura, se enfriaron y se pesaron. Cuando la diferencia entre el primer peso y el segundo no era mayor de 0.020 g, se procedió a tomar el peso final del crisol. La balanza analítica utilizada fue una “Sartorius TE 214S”.

Para determinar la humedad de la muestra, se pesaron 5.0 g de pulpa en un crisol y se colocó en el horno a 100 °C por 24 horas medio destapado. Al cabo de este periodo, el crisol con muestra fue sacado del horno, se enfrió en el desecador y se pesó. El crisol se colocó en el horno una vez más por 1 hora a esa misma temperatura, se enfrió y se pesó. Ese último paso se repitió dos veces más hasta que la diferencia entre el primer peso y el segundo no era mayor de 0.020 g, entonces se tomó el peso final del crisol con muestra. Este procedimiento se realizó por triplicado. La fórmula utilizada para calcular el porcentaje de humedad fue la siguiente:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(\text{Gramos de Muestra Húmeda} - \text{Gramos de Muestra Seca})}{\text{Gramos de Muestra Húmeda}} (100)$$

3.4.2 Cenizas

El método utilizado para la determinación de cenizas fue el AOAC 923.03 (1990). Al igual que en la determinación de humedad, crisoles con tapa fueron rotulados con lápiz (para evitar que se borrara durante la incineración), y fueron secados en el horno (“Isotemp Oven 200 Series, Fisher Scientific”) a 100 °C por 24 horas. Al cabo de este periodo, se dejaron enfriar en un desecador y se anotó su peso. Luego se pesaron entre 0.5 a 0.6 g de pulpa seca en un crisol con tapa y se colocaron en una mufla “Isotemp, Fisher Scientific”, la cual se programó con una rampa manual de temperatura hasta alcanzar los 600 °C. Los 600 °C se mantuvieron constantes por un periodo de 8 a 10 horas, tiempo suficiente que permitió la incineración efectiva de las muestras. Finalmente, el crisol con muestra fue removido de la mufla, se dejó enfriar en un desecador, y se pesó. Este procedimiento se realizó por triplicado. La fórmula utilizada para la determinación de cenizas fue la siguiente:

$$\% \text{ de Cenizas (Base Seca)} = \frac{\text{Gramos de Ceniza}}{\text{Gramos de muestra seca}} (100)$$

3.4.3 Grasa Cruda

El método utilizado para este análisis fue el AOCS Am 5-04 (2005), el cual utiliza un extractor de grasa “ANKOM XT10”. Se utilizaron bolsas XT4® (ANKOM Technology), rotuladas con un marcador resistente a solventes F08® (ANKOM Technology). Se pesó la bolsa vacía y luego se le añadió 1.0 g de muestra seca, ambos pesados en una balanza analítica. Para

sellar la bolsa con la muestra, se utilizó un sellador “1925, ANKOM Technology” que funciona por aplicación de calor. Posteriormente la muestra fue colocada en un horno a 100 °C por 3 horas. Al cabo de ese tiempo, la muestra fue removida del horno y se colocada en un desecador donde se dejó enfriar por 30 minutos. Luego la muestra se colocó en la canasta del receptor del equipo donde se le añadió un total de 350 mL de éter de petróleo. La programación del equipo consistió de 90 °C por 40 minutos. Ya finalizada la extracción, la muestra fue colocada en el horno por 1 hora para evaporar los residuos de solvente y luego de enfriar en el desecador, se anotó el peso final. Este proceso se realizó por triplicado y se utilizó la siguiente fórmula para base seca:

$$\%Grasa (Base Seca) = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_0} (100)$$

Donde,

W_0 = Peso de la bolsa (g)

W_2 = Peso de la muestra con la bolsa luego de las 3hrs de secado (Pre-extracción)

W_3 = Peso de la muestra con la bolsa luego de las 3hrs de secado (Pos-extracción)

3.4.4 Proteína Bruta

Para la determinación de proteína bruta se utilizó el método AOAC 960.52 (1990), Micro-Kjeldahl. Se pesaron aproximadamente 0.15 g de muestra seca, 0.6 g de catalizador de sulfato de potasio y sulfato de cobre, y se transfirieron a un tubo de destilación de 250 mL. Utilizando una probeta se transfirieron 7 mL de ácido sulfúrico concentrado al tubo y éste fue colocado en el bloque digestor (“Digestion System 6, Tecator”), donde permaneció por 3 horas en el “nivel 10” del equipo. Al cabo de este tiempo, se apagó el bloque digestor y se permitió que el tubo enfriara. Luego se le añadieron 40 mL de agua destilada y 50 mL de hidróxido de sodio al 40% w/w, y se colocó en el destilador “Rapidstill II, Labconco”. Al otro extremo del equipo, se colocó un matraz de recolección con 25 mL de una solución de ácido bórico al 4% (Kjeldahl determination, Fisher Scientific). La solución indicadora del ácido bórico se tornó verde al finalizar la destilación. Posteriormente, la muestra se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0.0928 N, previamente estandarizado, hasta alcanzar el punto de equivalencia (observando un color

gris). Un blanco conteniendo todos los reactivos menos muestra también fue preparado y analizado. Los datos fueron tomados por triplicado. Las fórmulas utilizadas para la determinación de proteína bruta fueron las siguientes:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(\text{Vol. descargado HCl})(\text{Normalidad HCl})(14.01)}{(1000)(\text{Gramos de muestra seca})} (100)$$

$$\% \text{ de Proteína (Base Seca)} = (\% \text{ de Nitrógeno})(6.25 \text{ para frutas y vegetales})$$

3.4.5 Carbohidratos Totales

Los carbohidratos fueron estimados por diferencia. Se restaron los valores de los porcentajes de ceniza, grasa y proteína a un 100% para obtener un porcentaje de carbohidratos en base seca. Para obtener los porcentajes de cada componente en base húmeda se hizo la conversión utilizando el porcentaje de humedad en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Base Húmeda} = \frac{\% \text{ Base Seca}(100 - \% \text{ Humedad})}{100}$$

3.4.6 Fibra Cruda

El método utilizado para la determinación de fibra cruda fue el AOCS Ba 6a-05 y el equipo un “ANKOM A2000”. Se utilizaron bolsas F57® (ANKOM Technology), rotuladas con un marcador resistente a solventes F08® (ANKOM Technology). Se pesó la bolsa vacía y luego se le añadió 1.0 gramo de muestra seca, ambos pesados en una balanza analítica (se incluyó un blanco). La bolsa fue cerrada con un sellador caliente (“1915, ANKOM Technology”). Se extrajo la grasa de la muestra, colocándola en un vaso con éter de petróleo, donde permaneció por 5 minutos y luego se repitió el mismo paso pero con solvente nuevo. La muestra se removió del vaso y se dejó secar al aire. Posteriormente, tanto la muestra como el blanco, se colocaron en el suspensor del equipo, se cerró la tapa y se seleccionó la opción de “Crude Fiber”. Los parámetros predeterminados por el programa fueron los siguientes: digestión ácida por 40 minutos con una solución valorada de ácido sulfúrico 0.255 N, seguido de dos lavados de 5

minutos cada uno con agua caliente y digestión alcalina por 40 minutos con una solución valorada de hidróxido de sodio 0.313 N, seguido de tres lavados de 5 minutos cada uno con agua caliente. Al finalizar la extracción, la muestra se colocó en un vaso con acetona, donde permaneció por 5 minutos. La muestra se removió del vaso y se dejó secar al aire. Luego se colocó en el horno a 100 °C durante tres horas. Al cabo de ese tiempo, se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador, y se pesó en una balanza analítica. La muestra fue incinerada en un crisol seco (previamente pesado) durante 10 horas a 600 °C. Finalmente se enfrió en un desecador y se tomó el peso para calcular la materia orgánica. Este proceso se realizó por triplicado y se utilizó la siguiente fórmula para determinar el contenido de fibra en base seca:

$$\% \text{ de Fibra Cruda (Base Seca)} = \frac{[W_3 - (W_1 \times C_1)]}{W_2} (100)$$

Donde,

W_1 = Peso de la bolsa (g)

W_2 = Peso de la muestra (g)

W_3 = Peso de materia orgánica (g) Pos-incineración

C_1 = Promedio de factor de corrección de cenizas del Blanco

3.5 Métodos de extracción de la esencia de la Pulpa

3.5.1 Destilación Simple y por Arrastre de Vapor (Preliminar)

La esencia de la pulpa de tres variedades de mangó (*Toledo*, *Irwin* y *Osteen*) fue extraída preliminarmente, con una técnica de destilación por arrastre de vapor y otra por destilación simple. Cada una de las tres variedades de pulpa se destiló utilizando etanol de vodka como solvente. Se utilizó aproximadamente una razón de 1:1 (pulpa: etanol). El destilado de cada variedad fue colectado en cinco fracciones utilizando vasos de 10 mL.

3.5.2 Extracción con Solvente (Sólido-líquido)

Las pulpas de mango utilizadas para la extracción fueron previamente deshidratadas por liofilización. Para esto, se tomó una porción de no más de 400 g de pulpa de cada variedad y se colocaron a temperatura de ultra congelación (-80 °C) durante 24 horas. Al cabo de ese periodo, la pulpa fue removida del congelador y rápidamente triturada (sin dejar derretir), y finalmente distribuida entre los frascos del equipo (Figura 3.1). La pulpa se liofilizó por 48 horas, luego se pulverizó con un mortero (Figura 3.2-a) y se empacó al vacío utilizando bolsas FoodSaver® (Figura 3.2-b).



Figura 3.1 Liofilización de pulpa de mango.



(a)

(b)

Figura 3.2 (a) Pulpa liofilizada y pulverizada. (b) Pulpa liofilizada empacada al vacío.

Para la extracción se pesaron 3.0 g de la pulpa liofilizada en un matraz “Erlenmeyer” de 125 mL, al cual se le agregó 30 mL de etanol al 95%. El matraz fue tapado y rotulado. Luego se calentó en un baño de María a 40 °C por 1 hora, con agitación ocasional. Al cabo de ese tiempo, el contenido del matraz fue filtrado al vacío utilizando un embudo de porcelana “Büchner” con filtro de papel Whatman 1® y adaptado a un matraz de filtración (Figura 3.3). Los residuos sólidos fueron descartados y el extracto o filtrado, fue transferido a botellas color ámbar de 90 mL. Finalmente, el extracto fue almacenado a temperatura de ultra congelación (-80 °C) para preservar su contenido.



Figura 3.3 Montaje de Filtración al Vacío

3.6 Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS)

Los componentes volátiles de la pulpa y del extracto fueron analizados por Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS por sus siglas en inglés), a través de dos columnas de separación distintas: HP-5MS® y Carbowax® (Agilent Technologies). Para esto se requirió de la técnica conocida como Micro Extracción de Fase Sólida por “Headspace” (HS-SPME por sus siglas en inglés) y se establecieron varios parámetros con el propósito de extraer los volátiles de las muestras y poder analizarlos a través del equipo.

3.6.1 Pulpa: Proceso de Extracción por SPME

Para la extracción por SPME de la pulpa, se pesaron 10 g de muestra en un frasco de 40 mL con septo de silicona. Luego se ensambló un montaje de baño de María a 40 ± 2 °C con agitador magnético para uniformar la temperatura del agua (Figura 3.4). Utilizando un soporte metálico, se ajustó una agarradera para sostener el frasco y mantenerlo parcialmente sumergido por un tiempo de equilibrio de 20 minutos a esa temperatura. Posteriormente se insertó la jeringa del SPME a través del septo y se expuso la fibra (fase estacionaria) por 30 minutos (Tiempo de Extracción, tiempo necesario para que todo el analito que se encuentra en el “headspace”, sea

adsorbido por la fibra). El material de la fibra utilizada está compuesto por una cubierta de 50/30 μm Divinilbenceno/Carboxen/ Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS), Supelco®.

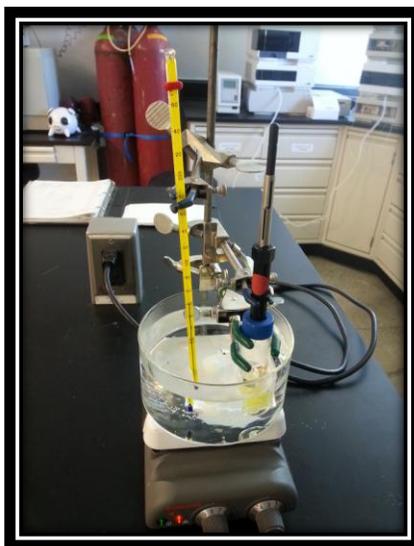


Figura 3.4 Montaje para extracción por HS-SPME

3.6.2 Extracto: Proceso de Extracción por SPME

El proceso de extracción de los volátiles del extracto fue similar al de la pulpa, pero con algunas modificaciones debido a que la fibra del SPME es susceptible a descomposición en presencia de solventes en alta concentración como etanol al 95%. Por lo tanto, el extracto fue diluido, transfiriendo una alícuota de 5.78 mL a un matraz volumétrico de 50 mL y completando hasta la marca con agua destilada. De esta solución, se pesaron 10 g en un frasco de 40 mL con septo de silicona. Utilizando el montaje de HS-SPME descrito en la sección anterior (**3.6.1**), se estableció un tiempo de equilibrio para la muestra de 5 minutos a 40 ± 2 °C y un tiempo de extracción de 30 minutos a la misma temperatura. La composición del material de la fibra utilizada, fue el mismo, de 50/30 μm DVB/CAR/PDMS, Supelco®.

3.6.3 Parámetros de Análisis por GC-MS

Una vez realizado el proceso de extracción, el analito se inyectó en el GC-MS. El equipo utilizado fue un GC System (Agilent 7890A) acoplado a un MSD (Agilent 5975C). Los aditamentos y parámetros de análisis seleccionados para el equipo fueron los siguientes:

- Liner de inyección “Splitless”
- Temperatura de Inyección a 250 °C
- Rampa de Horno 40 °C (7 °C/min), 89-116 °C (3 °C/min) y 265 °C (7 °C/min)
- Columna HP-5MS®: 30 m, 0.25 mm i.d., 0.25- μ m
- Columna Carbowax®: 30 m, 0.32 mm i.d., 0.25- μ m

3.7 Análisis Sensorial de Aroma de Mangó

3.7.1 Preparación de la muestra

Un total de seis extractos de mangó (*Mangífera indica* L.) de diferentes variedades fueron obtenidos mediante la aplicación de una técnica de extracción descrita en la sección 3.5.2. Para el panel sensorial, las muestras fueron colocadas en frascos color ámbar de 5.mL con tapa, rotulados con números aleatorios de tres dígitos (mostrado en la Figura 3.5).



Figura 3.5 Frascos enumerados aleatoriamente.

3.7.2 Prueba de Valoración (“Rating”)

Para esta prueba de valoración se utilizaron 23 panelistas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM), los cuales fueron orientados antes de realizar la prueba. A cada panelista se le entregaron seis muestras rotuladas con números de tres dígitos, siguiendo un modelo aleatorio y completamente balanceado (ver Apéndice 8.5). Como parámetro de control, a cada panelista se le colocó un envase con café para limpiar los receptores del olfato entre muestras, ya que al igual que en todos los sentidos, el olfato podría sufrir de fatiga o saturación. Otro parámetro de control tomado en esta prueba debido a la fatiga del olfato, fue el tiempo, o sea que se limitó el tiempo de evaluación por cada muestra (25 segundos por muestra) y así permitir uniformidad entre las mismas. Como parte de la evaluación de las muestras, se utilizaron tiras olfativas (“strips”, Figura 3.6) de manera que el panelista no tuviera que colocar su nariz sobre el frasco. Esto permitió la evaporación del alcohol, mejorando la resolución del aroma. En la prueba de valoración los panelistas evaluaron la intensidad del aroma utilizando una escala entre 0-7, en la cual “0” representa “nada a mangó” y “7” representa “fuerte a mangó” (ver Apéndice 8.6). En otras palabras, se midió cuan fuerte fue el aroma de mangó para cada panelista. Para determinar los resultados de esta prueba, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza. En adición, se realizó la Prueba de Tukey para determinar diferencias entre los extractos.



Figura 3.6 Tiras olfativas (“strips”) para perfumes.

3.7.3 Prueba de Ordenamiento (“Ranking”)

Para la prueba de ordenamiento basada en aceptación, se utilizaron 49 panelistas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). Al igual que para la prueba de valoración, a cada panelista se le brindó un set de muestras completamente aleatorio y balanceado (ver Apéndice 8.5), y se establecieron los mismos controles, excepto que para esta prueba no se estableció límite de tiempo. En la prueba de ordenamiento se le pidió al panelista ordenar las muestras con un número del 1-6 identificando su orden de preferencia, 1 siendo la de mayor preferencia (mejor aroma a mangó) y 6 a la de menor preferencia (peor aroma a mangó) (ver Apéndice 8.6). Entre cada muestra el panelista debía usar el café para evitar la saturación del olfato. Se le brindó la oportunidad al panelista de reevaluar las muestras de acuerdo a su comodidad. El análisis de esta prueba se realizó mediante la Prueba Estadística de Friedman.

3.8 Análisis Estadístico

Un análisis de varianza (ANOVA) fue realizado para todos los resultados obtenidos mediante los métodos o pruebas utilizadas, excepto para los de la Prueba de Ordenamiento (sección 3.6.3), en la cual se utilizó la Prueba de Friedman, todos con un 95% de confianza ($\alpha=0.05$). Se utilizaron valores de media (\bar{x}) y sus desviaciones estándar (S) para determinar la incertidumbre de las medidas. Las dos hipótesis establecidas para la caracterización de la pulpa y proximal, fueron:

- (1) Hipótesis Nula: La composición de la pulpa de mangó es igual entre variedades.
- (2) Hipótesis Alternativa: La composición de la pulpa de al menos una de las variedades de mangó, es diferente.

Para la Prueba Sensorial se establecieron otras dos hipótesis:

- (1) Hipótesis Nula: Todos los extractos poseen la misma intensidad/preferencia de aroma de mangó.
- (2) Hipótesis Alternativa: Al menos uno de los extractos posee una intensidad/preferencia de aroma diferente.

El estadístico utilizado fue el valor de “p” obtenido del análisis ANOVA. Si este valor es menor que el valor de “alfa” ($p < 0.05$), entonces la hipótesis nula se rechaza, lo que significa que existe alguna diferencia entre la composición de la pulpa de diferentes variedades de mangó, o alguna diferencia entre la intensidad de aroma respectivamente. Para hallar diferencias entre categorías, se utilizó la Prueba de Tukey a través del programa Infostat®.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se evaluó la pulpa de mangó de seis variedades (*Irwin, Osteen, Jacqueline, Palmer, Pascual y Tommy Atkins*), en términos de sus atributos químicos y composición nutricional, con el propósito de conocer la matriz de las mismas. Los atributos químicos analizados fueron los siguientes: sólidos solubles totales, pH, actividad de agua (*Aw*), acidez, ácido ascórbico y razón azúcar/ácido (RAA). Mediante análisis proximal, se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteína bruta, grasa cruda, carbohidratos por diferencia y fibra cruda.

La obtención de cada extracto se llevó a cabo mediante dos técnicas: (1) destilación (simple y por arrastre de vapor) y (2) extracción etanólica (sólido-líquido), tomando en consideración los siguientes parámetros: proporción de etanol, tiempo y temperatura. Ambas técnicas de destilación fueron descartadas preliminarmente, ya que a temperaturas mayores de 60°C por el periodo de tiempo designado, se promovió el efecto de cocción de la pulpa, produciendo aromas poco placenteros y poco representativos de la fruta. Mediante el uso de GC-MS combinado con el método de extracción SPME, se identificaron los volátiles presentes en la pulpa de cada variedad y sus extractos. También se desarrolló un perfil de volátiles, con el propósito de evaluar la actividad aromática de la pulpa y el efecto de la extracción sobre los volátiles (en extractos de mangó).

Finalmente, se realizaron dos paneles sensoriales, donde se evaluó la intensidad de aroma de los extractos y la preferencia de los mismos. Para hallar la intensidad aromática percibida de cada extracto por variedad, se analizaron los resultados basados en una prueba de valoración, mientras que para determinar cuál de los extractos resultó ser el más preferido, se analizaron mediante una prueba de ordenamiento. Ambos resultados fueron graficados.

4.1 Caracterización de la pulpa

4.1.1 Análisis de la composición química de seis variedades de mangó

Las variedades de mangó estudiadas mostraron diferencias significativas entre sí para todos los atributos evaluados, excepto para la actividad de agua (Aw), la cual según el análisis de varianza ANOVA (ver Apéndice 8.2), no mostró diferencia significativa entre variedades (Tabla 4.1). La actividad de agua es el único parámetro físico que presenta la tabla. Éste representa la susceptibilidad que posee la pulpa de mangó a crecimiento microbiano y/o deterioro por reacciones químicas (Ej. oxidación), recordando que valores mayores de 0.85 en alimentos sin ningún tipo de tratamiento o preservativo, son categorizados como altamente perecederos (FDA, 1984). A pesar de no mostrar diferencia estadística, sí se observó que el valor promedio mayor corresponde a la variedad *Tommy Atkins* (0.993 ± 0.003). Todas las medidas tomadas por el higrómetro resultaron bastante precisas, basada en las bajas desviaciones reportadas para cada triplicado. Estudios realizados en pulpa de varias frutas, sustenta el contenido de Aw encontrado en mangó como alimento fresco, donde se reportaron los siguientes resultados: 0.998 para ciruela, 0.996 para melocotón y 0.998 para albaricoque (Remacha et al., 1992).

En cuanto a los valores de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), se observó diferencia significativa entre variedades con un 95% de confianza. Mediante la aplicación de la Prueba de Tukey, *Tommy Atkins* resultó ser la variedad de mangó con mayor cantidad promedio de sólidos solubles (19.6 ± 0.2); mientras que *Palmer* (17.6 ± 0.1) y *Pascual* (17.1 ± 0.2) no mostraron diferencia significativa entre sí, al igual que *Irwin* (15.2 ± 0.1) y *Osteen* (15.5 ± 0.1). La desviación de las medidas en grados Brix está basada en la precisión del instrumento utilizado. Un alto contenido de sólidos solubles está correlacionado con un mayor nivel de maduración (Padda et al., 2011). En este caso, las frutas obtenidas de la Estación Experimental, se encontraban entre la cuarta y quinta etapa de madurez, por lo que los valores mostrados en la Tabla 4.1, fueron comparados bajo el mismo estado de maduración, las mismas condiciones de lugar de cosecha, proceso de despulpado, empaque y almacenamiento. Los grados Brix de la medida de sólidos solubles, comúnmente equivale al contenido de azúcares en la fruta. En un estudio realizado por Lakshminarayana (1980), se mostró un incremento entre $9.8-17^{\circ}$ Brix para la variedad *Haden* y $8.7-19.4^{\circ}$ Brix para la variedad *Kent*, ambas con características muy dulces, lo cual indica que no

todas las variedades alcanzan el mismo contenido de sólidos solubles en su misma etapa de madurez.

El porcentaje de acidez (basado en el contenido de ácido cítrico), según la Tabla 4.1, mostró diferencia significativa entre todas las variedades, donde la variedad *Pascual* obtuvo el porcentaje promedio más alto (0.688 ± 0.003 %), seguido en orden descendente, por *Osteen* (0.496 ± 0.014 %), *Palmer* (0.386 ± 0.006 %), *Jaqueline* (0.353 ± 0.001 %), *Tommy Atkins* (0.312 ± 0.009 %) e *Irwin* (0.165 ± 0.005 %). Según Padda y colaboradores (2011), el contenido de ácidos orgánicos disminuyó con la maduración por un factor de 3 (entre 0.6%-0.2% en un periodo de 14 días). Al comparar los valores de acidez obtenidos, se puede sustentar que estos valores, cayeron dentro del rango mencionado en ese estudio. Es importante mencionar que valores mayores de 1.0 % se correlacionan con frutas de madurez temprana o verdes (Siller et al., 2009), lo cual no se observó en los resultados obtenidos.

Al analizar las medidas de pH promedio por variedad, se determinó que no hubo diferencia significativa entre las variedades *Pascual* (4.01 ± 0.03) y *Tommy Atkins* (4.03 ± 0.01), siendo ambas las más ácidas de las seis variedades, seguido en orden ascendente, por *Jacqueline* (4.20 ± 0.02), *Palmer* (4.37 ± 0.02), *Osteen* (4.69 ± 0.01) y finalmente *Irwin* (4.94 ± 0.02) como la menos ácida. La medida de pH toma en consideración la acidez de la especie por concentración de iones de H^+ , mientras que el porcentaje de acidez sólo toma en consideración el contenido del ácido predominante (ácido cítrico), por lo que no necesariamente, porcentajes altos de acidez corresponden a las medidas más bajas de pH. El mango contiene otras especies que pueden aportar a la acidez del mismo (Ej. otros ácidos orgánicos como málico, tartárico, ascórbico, oxálico, etc.). En algunos estudios se han comparado los atributos de porcentaje de acidez y pH en función de tiempo de maduración pos cosecha (Siller et al., 2009; Padda et al., 2011). La relación entre el contenido de sólidos solubles y pH, versus el porcentaje de acidez, es inversamente proporcional. En este estudio, ninguno de los atributos (pH incluido) se muestra en función de tiempo por lo que los valores reportados para pH sólo brindan información sobre el estado final de maduración de la fruta. Siller y colaboradores (2009), reportaron valores de pH desde 3.6 hasta 4.9 para frutas en su estado final de maduración pos cosecha, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Por otro lado, el pH, porcentaje de acidez y contenido de sólidos solubles, sirven como parámetros para determinar propiedades organolépticas de gusto.

Utilizando los valores de sólidos solubles y porcentaje de acidez, se calculó la razón azúcar/ácido (RAA) promedio para cada variedad (Tabla 4.1). Estadísticamente, se observó diferencias significativas entre todas las variedades, con la excepción de *Jacqueline* (46.6 ± 0.5) y *Palmer* (45.7 ± 2.1). El valor más alto de RAA correspondió a la variedad *Irwin* (92.6 ± 3.7) y el más bajo a *Pascual* (24.8 ± 0.2). Los valores más altos de RAA se correlacionan con frutos que poseen características organolépticas más dulces (poco ácidas), mientras que los valores más bajos se perciben como menos dulces (más ácidas) (ver Figura 4.1). Según los resultados obtenidos por Siller y colaboradores (2009), valores de RAA cercanos a 100 se asociaron con variedades menos ácidas; valores cercanos a 69 se asociaron con variedades menos dulces, mientras que valores menores de 35 se asociaron con frutas que no alcanzaron su madurez comercial completa. Los resultados de porcentaje de acidez, pH y sólidos solubles en conjunto, justificaron el diagrama de la Figura 4.1, en el cual *Irwin* se colocó como la variedad más dulce a pesar de sus bajo contenido de azúcares, y *Pascual* como la más ácida en términos de percepción organoléptica.

Los resultados del contenido de vitamina C fueron relativamente bajos en comparación a los reportados por la literatura para pulpa de mangó, donde se reportaron los siguientes valores: 15 mg/100g (Wenkam, 1990), 11-134 mg/100g (Manthey y Perkins, 2009) y 36.4 mg/100g (USDA, 2013a). Esa disminución se pudo deber a degradación de la vitamina C por factores de procesamiento mínimo, en los que se incluye pelado, cortado, empaque y tiempo de almacenamiento (Robles et al., 2007). Según un estudio realizado por Manthey y Perkins (2009), se reportó una variación significativa en el contenido de vitamina C entre cinco cultivares, por efecto de tipo de cultivar, localización de producción y temporada de cosecha. Estadísticamente, para las variedades *Osteen* (0.600 ± 0.008 mg/100g), *Jacqueline* (0.600 ± 0.000 mg/100g) y *Tommy Atkins* (0.740 ± 0.184 mg/100g) no se observó diferencia significativa (Tabla 4.1). Estas tres variedades mostraron el contenido de vitamina C promedio más bajo; seguido en orden ascendente, por *Irwin* (1.190 ± 0.003 mg/100g), *Palmer* (1.360 ± 0.297 mg/100g) y *Pascual* (1.690 ± 0.176 mg/100g), el cual presentó el contenido más alto de vitamina C.

Tabla 4.1 Comparación entre atributos fisicoquímicos de las seis variedades de mangó.

Variedad	Brix	Acidez %	pH	Aw	Vit C mg/100g	Brix/Acidez
Irwin	15.2±0.1 ^A	0.165±0.005 ^A	4.94±0.02 ^D	0.989±0.001 ^A	1.190±0.003 ^B	92.6±3.7 ^E
Osteen	15.5±0.1 ^A	0.496±0.014 ^E	4.69±0.01 ^C	0.989±0.001 ^A	0.600±0.008 ^A	31.2±0.6 ^B
Jacqueline	16.5±0.2 ^{AB}	0.353±0.001 ^C	4.20±0.02 ^{AB}	0.990±0.002 ^A	0.600±0.000 ^A	46.6±0.5 ^C
Palmer	17.6±0.1 ^B	0.386±0.006 ^D	4.37±0.02 ^B	0.991±0.003 ^A	1.360±0.297 ^{BC}	45.7±2.1 ^C
Pascual	17.1±0.2 ^B	0.688±0.003 ^F	4.01±0.03 ^A	0.988±0.001 ^A	1.690±0.176 ^C	24.8±0.2 ^A
T. Atkins	19.6±0.2 ^C	0.312±0.009 ^B	4.03±0.01 ^A	0.993±0.003 ^A	0.740±0.184 ^A	63.0±1.9 ^D

Las diferentes letras indican diferencia significativa entre las variedades de mangó ($p \leq 0.05$)

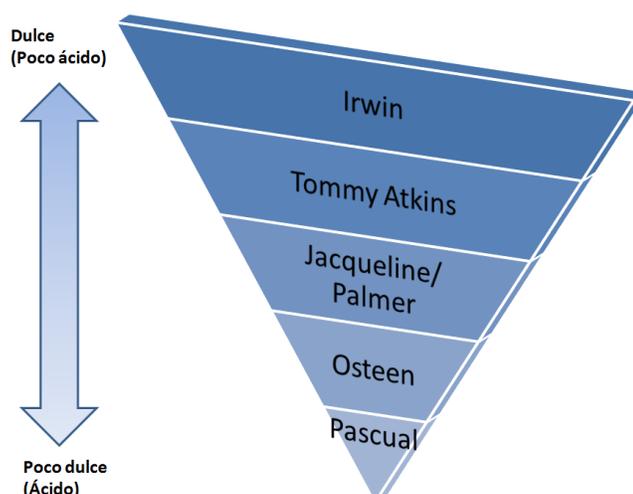


Figura 4.1 Diagrama de percepción dulce/ácido (según valores RAA para cada variedad).

4.1.2 Análisis Proximal de las seis variedades de mangó

Adicional a la evaluación fisicoquímica de la pulpa, se evaluó la composición nutricional mediante análisis proximal (Tabla 4.2). Los resultados entre variedades fueron comparados en base seca. Para esto se utilizó el análisis de varianza ANOVA con un 95% de confianza y la Prueba de Tukey para hallar diferencias significativas entre variedades (ver Apéndice 8.2). La composición en base seca significa que cada uno de los componentes, excluyendo humedad y fibra, aportó a una suma total de 100% de composición. La precisión de los resultados estuvo

basada en el método utilizado, donde los valores mostraron su incertidumbre a partir del primer y el segundo lugar decimal. Con fines comparativos, se muestra la Tabla 4.3, en la cual se tabularon los resultados obtenidos mediante análisis proximal, referente a dos fuentes distintas. La primera fuente, muestra los resultados reportados por USDA (2013^a), los cuales provienen de la base de datos nutricionales de la división ARS; mientras que la segunda, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la variedad Panadés, por Hernández (2012).

El mangó es una fruta cuyo principal componente es el agua y así lo demostraron los resultados de la Tabla 4.2. Al analizar el porcentaje de humedad, se encontró diferencias significativas entre todas las variedades de mangó. La variedad *Irwin* (84.15 ± 0.08 %) presentó el mayor porcentaje de humedad, seguido en orden descendente, por *Jacqueline* (82.90 ± 0.05 %), *Pascual* (82.04 ± 0.06 %), *Osteen* (81.39 ± 0.19 %), *Palmer* (80.39 ± 0.28 %) y *Tommy Atkins* (77.61 ± 0.21 %). El rango de porcentajes de humedad obtenido en la Tabla 4.2, es comparable con los resultados mostrados en la Tabla 4.3, 83.86 (USDA, 2013^a) y 83.64 (Hernández, 2012).

Los carbohidratos representan el segundo lugar entre los cinco macro nutrientes encontrados en pulpa de mangó, colocando el agua en primer lugar. Los porcentajes presentados en la Tabla 4.2 mostraron diferencias significativas entre algunas de las variedades. Para *Osteen* (96.17 ± 0.10 %) y *Tommy Atkins* (96.35 ± 0.04 %) no se observaron diferencias significativas entre sí, exhibiendo el contenido más alto de carbohidratos de las variedades estudiadas. Por otro lado, la variedad *Pascual* (94.17 ± 0.16 %) presentó el contenido más bajo de carbohidratos. El rango de los resultados observados en general, fue entre 94-97 %, comparado con los resultados obtenidos por Hernández (2012) (Tabla 4.3), quien reportó un valor de carbohidratos promedio de 95.35%. Es de suma importancia mencionar, que además de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa), como parte de los carbohidratos presentes en pulpa, también se encuentra el contenido de fibra (soluble e insoluble).

Un análisis de fibra cruda se llevó a cabo para determinar el porcentaje de fibra por variedad. De todas las variedades, *Tommy Atkins* (3.93 ± 0.11 %) presentó el mayor contenido de fibra cruda. Por otro lado, no se observó diferencia significativa entre las variedades *Irwin* (2.44 ± 0.02 %), *Osteen* (2.42 ± 0.29 %), *Palmer* (2.67 ± 0.06 %) y *Pascual* (2.61 ± 0.15 %).

El mangó se reconoce por ser una fruta rica en minerales (materia inorgánica), como calcio, potasio, hierro, magnesio, fósforo y sodio (Wenkam, 1990). En este estudio se determinó el porcentaje de ceniza encontrado en la pulpa de las seis variedades. No se observó diferencia

significativa entre *Irwin* (2.65 ± 0.04 %) y *Pascual* (2.66 ± 0.12 %); ambas variedades reportaron los porcentajes más altos de ceniza. Tampoco se observó diferencia significativa entre las variedades *Osteen* (1.92 ± 0.02 %), *Palmer* (2.17 ± 0.07 %) y *Tommy Atkins* (2.06 ± 0.12 %), las cuales reportaron los valores más bajos de ceniza. Según la Tabla 4.3, el valor promedio reportado por USDA (2013^a) es de 2.23 %, éste cae dentro del último grupo de variedades, mientras que el valor promedio (1.73 %) reportado por Hernández (2012) fue menor.

Por otra parte, también se determinó el contenido de proteína bruta. Para las variedades *Palmer* (2.36 ± 0.32 %) y *Pascual* (2.65 ± 0.12 %), la estadística no presentó diferencia significativa y los valores obtenidos fueron los más altos. Para *Osteen* (1.64 ± 0.03 %) y *Tommy Atkins* (1.28 ± 0.14 %) tampoco se observó diferencia significativa y se caracterizaron por obtener los valores más bajos de proteína bruta. Según la Tabla 4.3, el valor promedio reportado por Hernández (2012) de 2.23 %, fue comparable con el resultado observado para la variedad Jacqueline (2.30 ± 0.28 %) en la Tabla 4.2, mientras que el valor promedio (5.08 %) reportado por USDA (2013a), resultó por encima del rango (1.20-2.70 %) de valores obtenido.

Finalmente, se determinó el contenido de grasa cruda. Según los resultados, no se observó diferencia significativa entre las variedades *Irwin* (0.24 ± 0.02 %), *Osteen* (0.26 ± 0.06 %), *Jacqueline* (0.30 ± 0.03 %) y *Tommy Atkins* (0.30 ± 0.02 %), las cuales obtuvieron los porcentajes más bajos de grasa. La variedad que presentó el mayor contenido de grasa cruda fue *Palmer* (0.83 ± 0.01 %), seguido por *Pascual* (0.51 ± 0.02 %). El resultado para grasa cruda (0.68 %) reportado por Hernández (2012), fue el que más se asemeja a los valores mostrados en la Tabla 4.2 para *Pascual* y *Palmer*.

Tabla 4.2 Comparación entre la composición nutricional de las seis variedades de mangó.

Variedad	Humedad (%)	Ceniza* (%)	Proteína* Bruta (%)	Grasa* Cruda (%)	Carbohidrato* (%)	Fibra* Cruda (%)
Irwin	84.15±0.08 ^F	2.65±0.04 ^B	1.75±0.18 ^{AB}	0.24±0.02 ^A	95.36±0.18 ^C	2.44±0.02 ^A
Osteen	81.39±0.19 ^C	1.92±0.02 ^A	1.64±0.03 ^A	0.26±0.06 ^A	96.17±0.10 ^D	2.42±0.29 ^A
Jacqueline	82.90±0.05 ^E	2.32±0.36 ^{AB}	2.30±0.28 ^{BC}	0.30±0.03 ^A	95.08±0.21 ^{BC}	3.12±0.10 ^B
Palmer	80.39±0.28 ^B	2.17±0.07 ^A	2.36±0.32 ^C	0.83±0.01 ^C	94.64±0.29 ^{AB}	2.67±0.06 ^A
Pascual	82.04±0.06 ^D	2.66±0.12 ^B	2.65±0.12 ^C	0.51±0.02 ^B	94.17±0.16 ^A	2.61±0.15 ^A
T. Atkins	77.61±0.21 ^A	2.06±0.12 ^A	1.28±0.14 ^A	0.30±0.02 ^A	96.35±0.04 ^D	3.93±0.11 ^C

Las diferentes letras indican diferencia significativa entre las variedades de mangó ($p \leq 0.05$)

*Resultados presentados en Base Seca

Tabla 4.3 Comparación entre la composición nutricional de dos fuentes distintas.

Fuente	Humedad (%)	Ceniza* (%)	Proteína* Bruta (%)	Grasa* Cruda (%)	Carbohidrato* (%)
USDA, 2013a	83.86	2.23	5.08	2.35	90.33
Hernández, 2012	83.64	1.73	2.23	0.68	95.35

*Resultados presentados en Base Seca

4.2 Análisis de Volátiles

4.2.1 Análisis del perfil de volátiles de las pulpas

Mediante el uso de la base de datos del GC-MS, se analizaron los cromatogramas de iones totales (TIC, por sus siglas en inglés) (ver Apéndice 8.4) y se determinó el perfil de volátiles por variedad de mangó, en términos cualitativos. Se identificó un total de 160 volátiles en todas las variedades (ver Apéndice 8.3). El perfil de volátiles por variedad fue diverso, donde para *Irwin* se reportaron 55 compuestos, para *Osteen* 70, *Jacqueline* 60, *Palmer* 59, *Pascual* 54 y *Tommy Atkins* 57, siendo *Osteen* la variedad con mayor cantidad de volátiles encontrados (Tabla 4.4). Diecisiete compuestos fueron hallados en común para las seis variedades; 11 terpenos (β -

pineno, α -pineno, δ -3-careno, α -gurjuneno, cariofileno, α -copaeno, D-limoneno, terpinoleno, humuleno, δ -cadineno y ocimeno); 2 alcoholes (1-hexanol y 3-hexen-1-ol); 3 aldehídos (2,6-nonadienal, nonanal y decanal); y un hidrocarburo aromático (p, α -dimetil estireno). Otros compuestos que fueron encontrados en todas las variedades, pero con alguna excepción, fueron: etanol y β -ionona (en todas menos *Palmer*), silvestreno y 2-nonenal (en todas menos *Pascual*), 3,6-nonadien-1-ol (en todas menos *Jacqueline*) y β -selineno (en todas menos *Irwin*).

Todos los terpenos de mayor relevancia, identificados en la pulpa, coincidieron con los reportados en la literatura por dos autores (Jirovetz et al., 2003; Pino et al., 2005). La presencia de éstos en mangó es de suma importancia, ya que en conjunto con los ésteres, son los volátiles que más aportan al aroma característico de la fruta (Andrade et. al., 2000; Pino et al., 2005). Sin embargo, los ésteres identificados, no resultaron ser los mismos para todas las variedades estudiadas, y no todos los reportados por Pino y colaboradores (2005), fueron encontrados en este estudio. Algunos de los más relevantes que coincidieron con la literatura, fueron los siguientes: butirato de etilo (en *Pascual*), acetato de 3-hexenilo (en *Jacqueline*), butanoato de etilo (en *Osteen*) octanoato de etilo (en *Osteen* y *Tommy Atkins*), decanoato de etilo (en *Osteen* y *Tommy Atkins*), dodecanoato de etilo (en *Osteen* y *Tommy Atkins*) y tetradecanoato de etilo (en *Osteen* y *Tommy Atkins*).

La identificación de lactonas también resultó variable entre las variedades estudiadas. Las lactonas más relevantes encontradas en este estudio fueron: γ -octalactona (en *Irwin*, *Osteen*, *Jacqueline* y *Palmer*), γ -nonalactona (en *Irwin*), γ -decalactona (en *Irwin* y *Tommy Atkins*), δ -decalactona (en *Irwin*), γ -undecalactona (en *Irwin* y *Pascual*). Estos compuestos también fueron identificados en otros estudios realizados por Engel y Tressl (1983); Wilson y colegas (1990); y Pino y colegas (2005).

Algunos de los aldehídos de mayor importancia identificados, fueron: hexanal (en *Irwin*, *Jacqueline*, *Palmer* y *Pascual*), (*E*) 2-hexenal (en *Jacqueline*), (*E*) 2-nonenal (en todas menos *Pascual*), (*E,Z*) 2,6-nonadienal (en todas), benzaldehído (en *Jacqueline* y *Palmer*), nonanal (en todas), decanal (en todas), (*E*) 2-heptenal (*Irwin*) y (*E*) 2-decenal (*Irwin*). Esto coincidió con los hallazgos de Pino y colaboradores (2005). Sin embargo, no se observó presencia de furfural, pentadecanal, hexadecanal, 11-pentadecenal, ni de fenilacetaldehído como fue reportado por Engel y Tressl (1983) y Pino y colegas (2005). Por otro lado, entre el grupo de las cetonas de mayor importancia en mangó, se identificó β -ionona, la cual se encontró en todas las variedades

analizadas, menos en *Palmer*. De las cetonas mencionadas en la literatura y encontradas entre las variedades, sólo se pudo identificar geranil acetona (en *Irwin Osteen, Pascual y Tommy Atkins*).

Dentro de los alcoholes identificados en la pulpa, se encontraron varios de gran importancia: (*E*) y (*Z*)-3-hexen-1-ol (en todas), 1-hexanol (en todas), (*Z*) 2-penten-1-ol (en *Osteen, Jacqueline y Palmer*) y etanol (en todas menos *Palmer*). La presencia del etanol en pulpa se atribuye comúnmente al proceso de descomposición por fermentación de la fruta. Otros alcoholes que no se mencionaron en la literatura revisada, identificados en este estudio fueron los siguientes: 3-nonen-1-ol (en *Irwin, Jacqueline, Palmer y Tommy Atkins*), 3,6-nonadien-1-ol (en todos menos *Jacqueline*), etil hexanol (en *Osteen, Jacqueline, Pascual y Tommy Atkins*).

En este estudio no se identificaron ácidos, ya que las especies fueron encontradas en la forma de ésteres. La ausencia de ácidos en el perfil de volátiles, se pudo deber a los cambios que atraviesa un aceite esencial a medida que la fruta madura, donde el contenido de ácidos libres disminuye, y aumenta el contenido de acetatos en la fruta. Por otro lado, según la Tabla 4.4, se pueden realizar varias observaciones con respecto a la composición de volátiles de la pulpa para las distintas variedades. Las dos variedades con el mayor contenido de aldehídos se le atribuyen a *Osteen y Jacqueline*, mientras que el contenido más alto de terpenos hidrocarburos a *Pascual*. También se observa que la variedad *Osteen* presenta relativamente, un alto contenido de ésteres y terpenos oxigenados. La presencia de hidrocarburos y éteres, para todas las variedades resultó ser mínima.

Tabla 4.4 Pulpa: Clasificación y cantidad de volátiles por variedad

Compuestos	Irwin	Osteen	Jacqueline	T. Atkins	Palmer	Pascual
Alcoholes	8	8	9	9	7	8
Aldehídos	14	6	12	6	7	4
Cetonas	2	2	1	2	1	4
Ésteres	1	13	8	9	9	1
Éteres	0	1	0	0	1	0
Lactonas	5	3	2	1	2	1
Terpenos (Hidrocarburos)	20	25	21	22	23	29
Terpenos (Oxigenados)	2	9	4	5	6	5
Hidrocarburos	2	1	1	1	3	1
Otros	1	2	2	2	0	1
Total	55	70	60	57	59	54

4.2.2 Análisis del perfil de volátiles de los extractos de la pulpa

Al analizar los extractos, se identificó un total de 102 volátiles, por lo que se observó una disminución relativa a la cantidad de compuestos reportada en pulpa. La cantidad de volátiles reportados para los extractos de cada variedad reflejaron esa disminución, donde para *Irwin*, *Osteen*, *Palmer* y *Pascual* se reportaron sólo 43 compuestos, mientras que para *Jacqueline* y *Tommy Atkins* se reportaron 48 y 53 respectivamente, siendo *Tommy Atkins* el extracto con mayor cantidad de volátiles (Tabla 4.5). Dieciséis compuestos fueron encontrados en los seis extractos; 11 terpenos (β -pineno, α -pineno, δ -3-careno, D-limoneno, β -mirceno, cariofileno, humuleno, α -copaeno, cosmeno, terpinoleno y p-cimeno); 1 alcohol (etanol); 2 aldehídos (nonanal y decanal); 1 éter (metil decil éter); y 1 fenol (prodox 146). Otros compuestos que fueron encontrados en todos los extractos, pero con alguna excepción, fueron: 1-dodeceno (en todas excepto *Irwin*), 2-undecanona y γ -terpineno (en todas excepto *Palmer*), δ -cadineno (en todas excepto *Jacqueline*), 3,4-dimetil estireno, α -gurjuneno, β -selineno, octanoato de etilo, dodecanoato de etilo, silvestreno y geranil acetona (en todas excepto *Pascual*).

La presencia de algunos compuestos en los extractos como etanol y prodox 146 (por su nombre común; su nombre sistemático 2,4-di-tert-butil fenol), se pudo deber al efecto del solvente sobre las muestras. Se validó la presencia del etanol en los extractos a través del uso de un blanco (etanol sin analito). Referente al prodox 146, es un fenol con capacidad antioxidante, comúnmente utilizado en manufactura de productos farmacéuticos y fragancias. La presencia del mismo en los extractos, se le atribuye al hecho de encontrarse presente en el solvente (blanco), y éste no estuvo presente en ninguno de los perfiles de volátiles de las pulpas.

En términos de composición de volátiles, según la Tabla 4.5, los extractos obtenidos de las distintas variedades no reflejan diferencias drásticas entre sí. Esto se debió a la capacidad del etanol como solvente, en conjunto con la técnica de extracción aplicada. La polaridad del solvente limita el contenido y la cantidad de compuestos que se extraen por afinidad. Se puede observar un mayor contenido de ésteres para el extracto de la variedad *Jacqueline*, mientras que para los extractos de *Osteen* y *Tommy Atkins*, se observa un mayor contenido de terpenos hidrocarburos.

Tabla 4.5 Extracto: Clasificación y cantidad de volátiles por variedad

Compuestos	Irwin	Osteen	Jacqueline	T. Atkins	Palmer	Pascual
Alcoholes	5	2	4	2	4	5
Aldehídos	3	2	3	4	3	3
Cetonas	3	2	3	4	3	3
Ésteres	6	5	10	7	6	2
Éteres	1	1	1	1	1	1
Lactonas	0	0	0	0	0	0
Terpenos (Hidrocarburos)	21	27	21	28	21	24
Terpenos (Oxigenados)	0	0	1	2	1	2
Hidrocarburos	3	3	4	3	3	2
Otros	1	1	1	2	1	1
Total	43	43	48	53	43	43

4.2.3 Relación entre pulpa y extracto

Los perfiles de volátiles presentados a continuación, están basados en la cantidad (en unidad de porcentaje) de componentes volátiles separados e identificados por el GC-MS, en los cuales se agruparon los volátiles por clasificación entre alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, lactonas, terpenos hidrocarburos, terpenos oxigenados, hidrocarburos y otros (en los cuales se incluye, fenoles, furanos y heterociclos aromáticos). Los terpenos hidrocarburos fueron los compuestos volátiles más dominantes, tanto en la pulpa, como en el extracto de cada variedad. Al analizar los seis perfiles (Figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7), se observaron cuatro patrones generales: (1) la cantidad total de volátiles identificados en los extractos fue inferior a la cantidad total de volátiles identificados en pulpa; (2) la cantidad de terpenos e hidrocarburos aumentó significativamente luego del proceso de extracción; (3) no hubo presencia de lactonas en los extractos; y (4) presencia de éteres.

En base a la primera observación, al comparar ambos perfiles (pulpa y extracto) se hizo notable la disminución del total de componentes luego del proceso de extracción. Para entender este fenómeno, hay que tomar en consideración el proceso de extracción llevado a cabo, donde la pulpa fue sometida a secado por liofilización, maceración, calentamiento, filtración y almacenamiento. En todos estos puntos de proceso, el contenido de volátiles pudo verse afectado, principalmente durante el calentamiento el cual deteriora los compuestos termolábiles y

ocasiona cambios estructurales a nivel molecular como isomerización. La afinidad del etanol con los volátiles durante la maceración, también pudo limitar la cantidad de compuestos extraídos.

Basado en la segunda premisa, es posible observar un aumento de algunos compuestos luego de someter el alimento a algún proceso de trituración o extracción. En este caso, se observó un aumento en los terpenos e hidrocarburos luego del proceso extracción. Esto se debe a que antes de la extracción, estos compuestos se encontraban glicosídicamente enlazados a la matriz de la pulpa. Es por esto que el perfil de la pulpa los muestra en menor cantidad. Sin embargo, al ser sometidos al proceso de extracción, los volátiles quedan expuestos y pueden ser medidos o identificados.

Como tercera observación, se encontró que el número de lactonas presentes en pulpa, disminuyó hasta cero luego de la extracción. Una posible razón para esto, es que durante la extracción y filtración de la pulpa, las lactonas pudieron encontrarse enlazadas a los sólidos de fibra y al no poseer afinidad por el etanol, estas quedaron descartadas junto con los residuos en el filtro.

Finalmente, se pudo apreciar la presencia de éteres en los extractos. La formación de un éter se puede deber a la descomposición de algunas especies durante el proceso de extracción. Éstos pueden formarse a partir de grupos alcóxidos (alcoholes de la forma RO^- que han perdido su H^+) y particularmente, en las graficas se observa una disminución en los alcoholes luego del proceso de extracción, por lo que se podría correlacionar este fenómeno, con la formación de éteres.

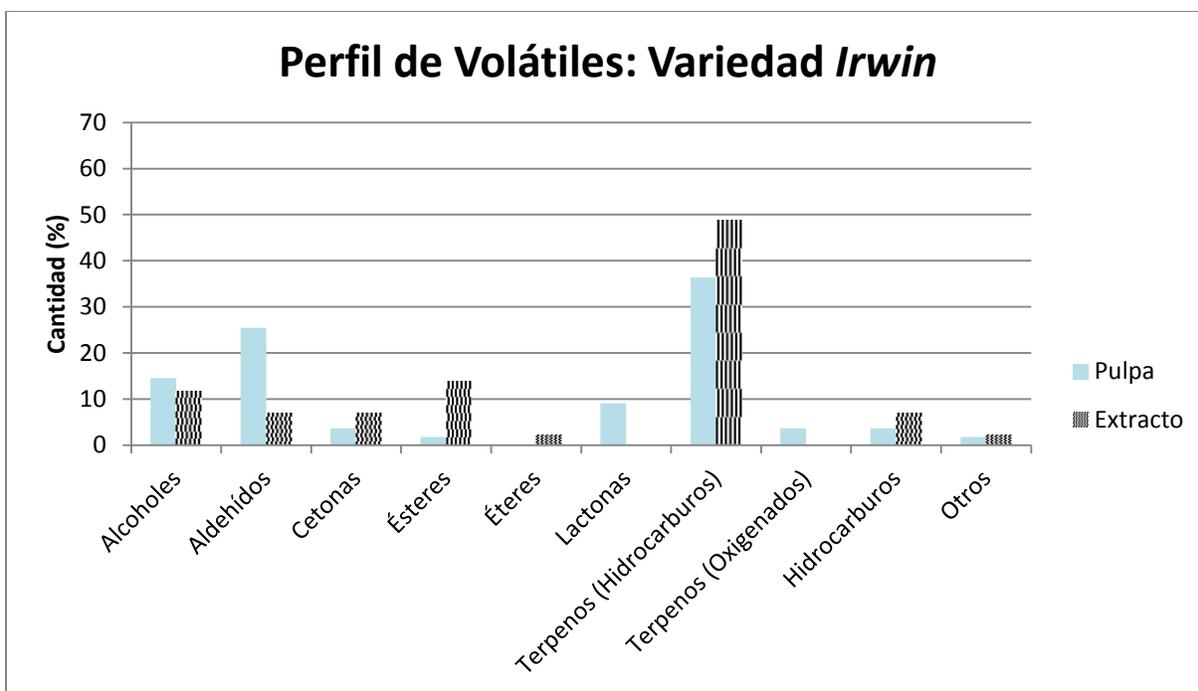


Figura 4.2 Variedad *Irwin*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

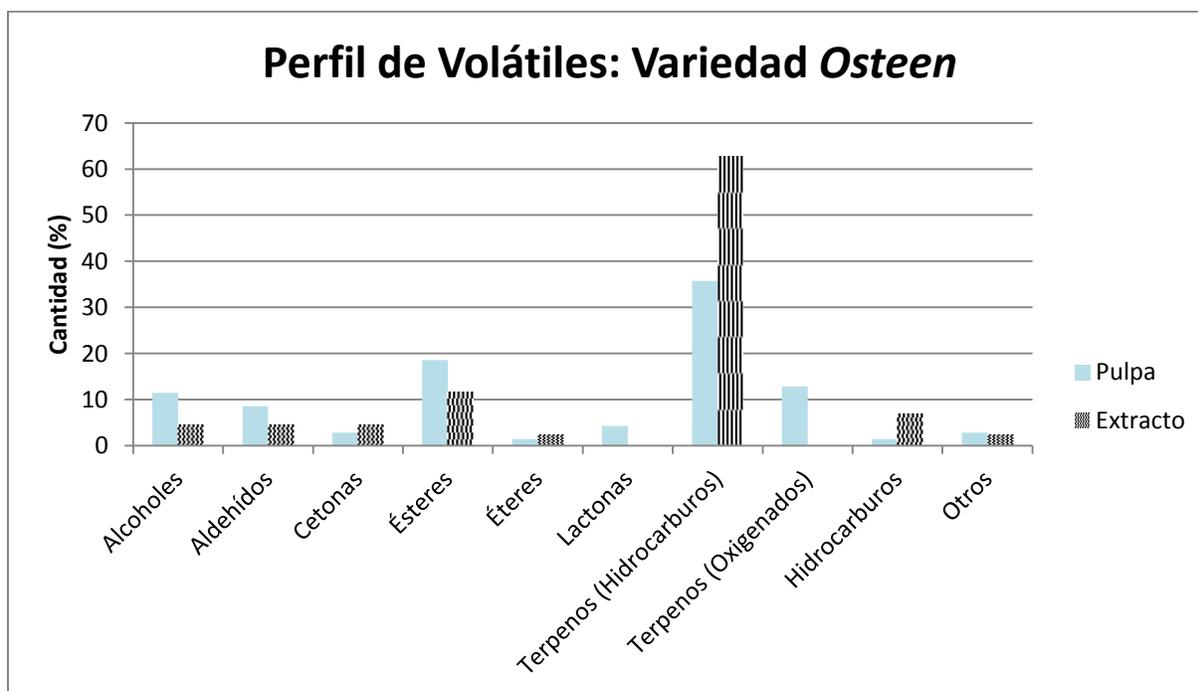


Figura 4.3 Variedad *Osteen*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

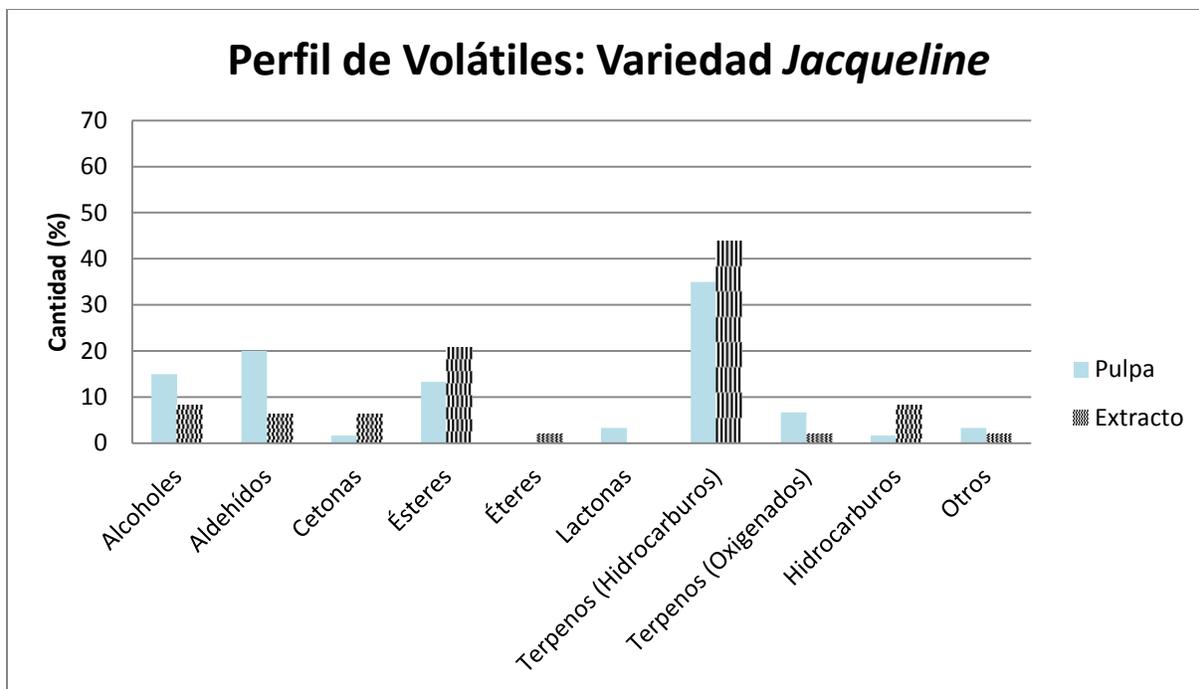


Figura 4.4 Variedad *Jacqueline*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

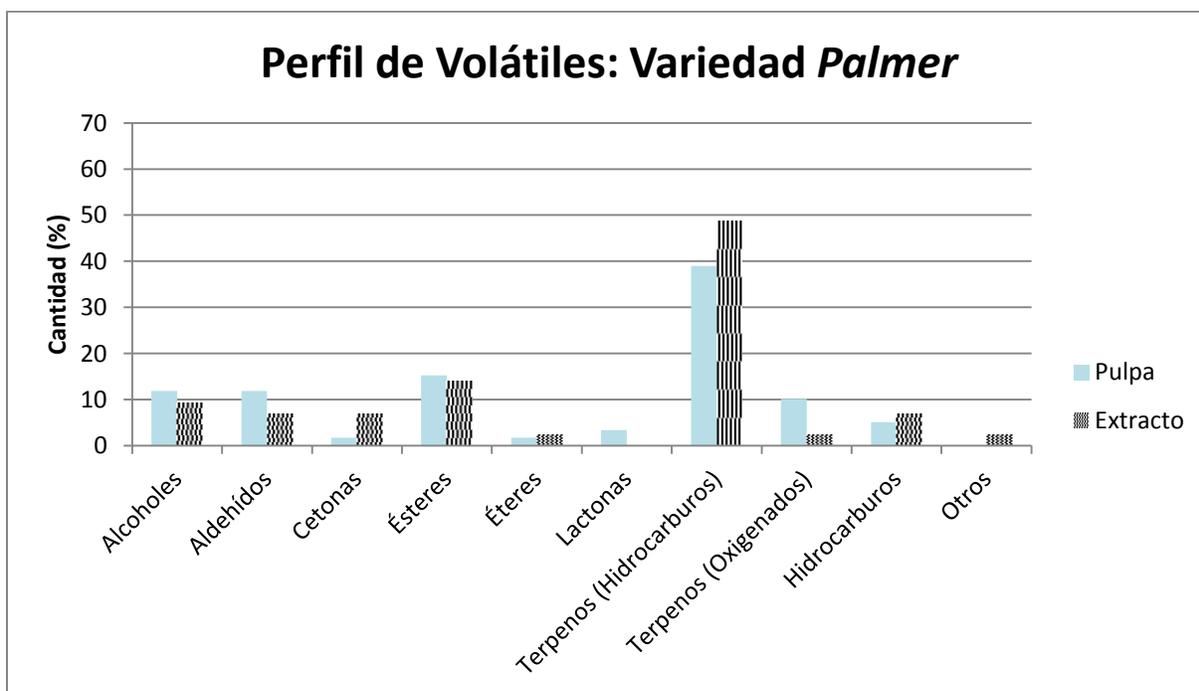


Figura 4.5 Variedad *Palmer*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

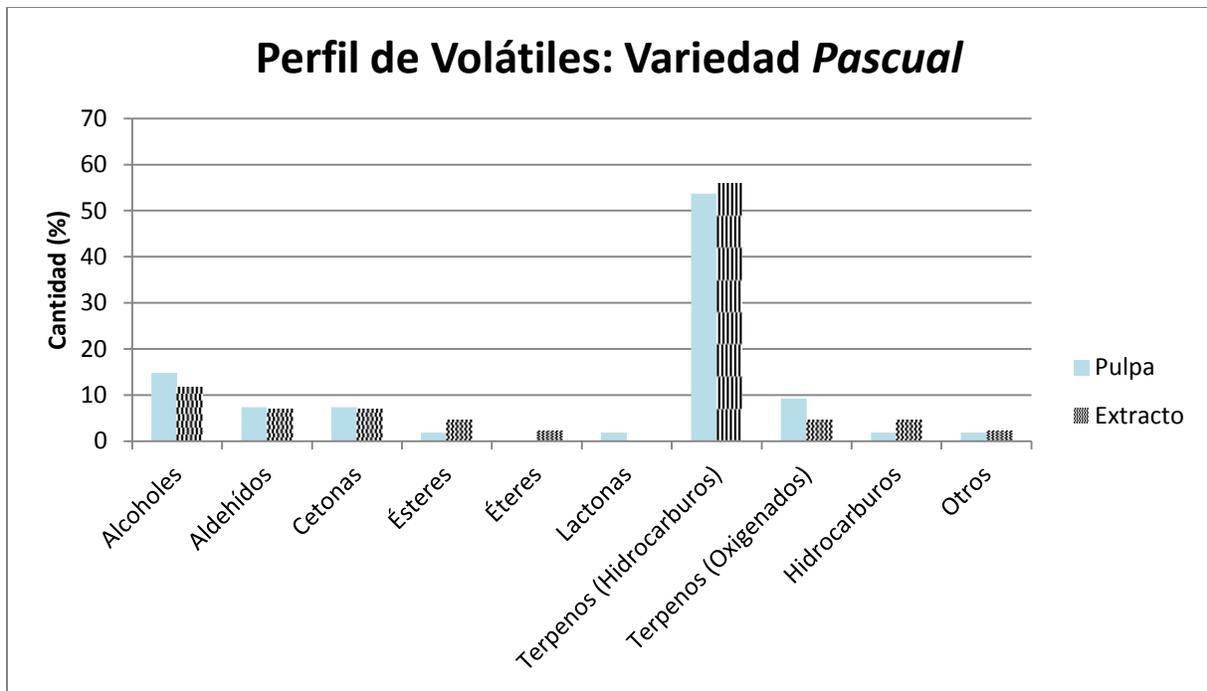


Figura 4.6 Variedad *Pascual*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

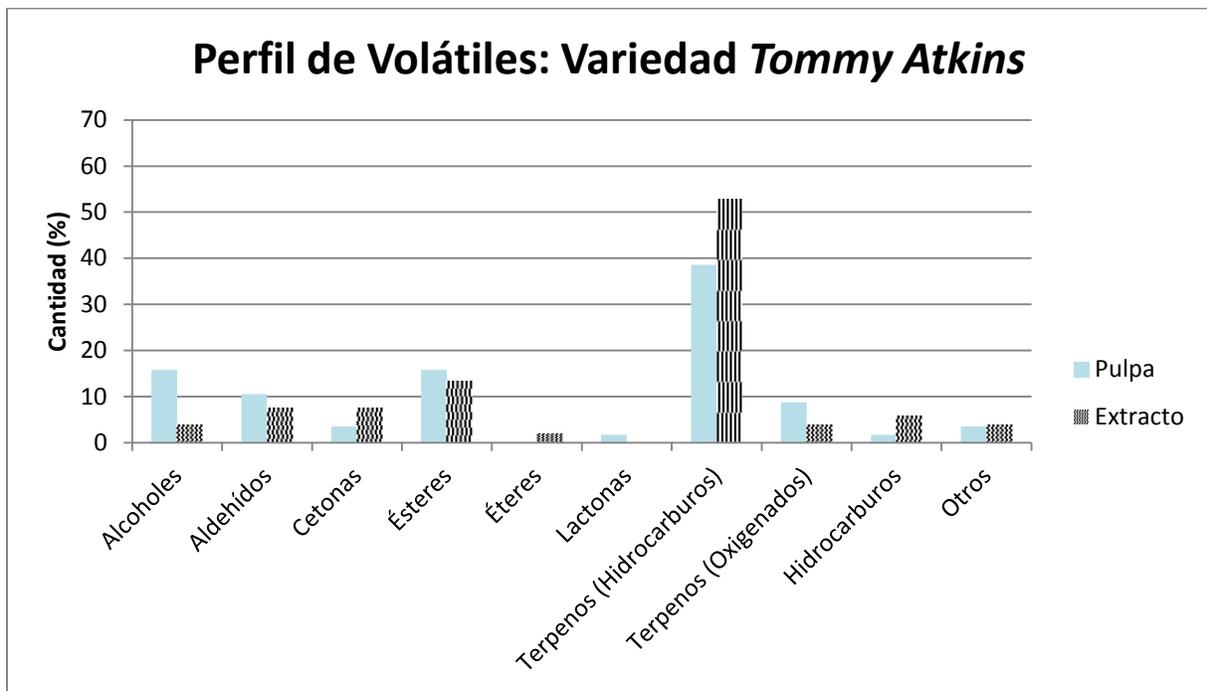


Figura 4.7 Variedad *Tommy Atkins*: Comparación de volátiles entre pulpa y extracto.

La actividad aromática de los extractos fue evaluada, comparando la impresión aromática de algunos volátiles encontrados en la literatura (Jirovetz et al., 2003; Pino et al. 2005) con los encontrados en este estudio. En la Tabla 4.6 se observa un total 20 volátiles con actividad aromática, los cuales definen el perfil aromático del extracto de cada variedad de mangó (la concentración de estos compuestos no fue tomada en consideración para la determinación de los aromas). Según esta tabla, el perfil del extracto *Irwin*, destaca la presencia del compuesto cis- β -ocimeno, el cual aporta un aroma a piel de mangó, estragón y albahaca. Por otro lado, *Jacqueline* resalta un aroma fuerte, ranciado, como a queso, basado en la presencia del compuesto ácido butanóico. Dentro del perfil del extracto *Pascual*, se destaca el compuesto cimen-8-ol, el cual aporta un toque “spicy” vegetal, mientras que el perfil del extracto *T. Atkins* resalta un aroma con toque a melón por la presencia del aldehído 2,6-nonadienal.

Tabla 4.6 Impresión Aromática de los Extractos

#	Compuesto	Impresión Aromática	Irwin	Osteen	Jacqueline	Palmer	Pascual	T. Atkins
1	α y β -pineno*	madera, pino	x	x	x	x	x	x
2	δ -3-careno*	dulce, penetrante, similar a limoneno	x	x	x	x	x	x
3	β -mirceno*	dulce-balsámico, especias ("spicy")	x	x	x	x	x	x
4	α -terpineno*	especias ("spicy"), cítrico		x			x	x
5	α -felandreno*	menta, herbáceo	x		x			x
6	Limoneno*	fresco, cítrico, toque de limón y naranja	x	x	x	x	x	x
7	cis- β -ocimeno*	piel de mango, estragón y albahaca	x					
8	γ -terpineno*	herbáceo, cítrico	x	x	x		x	x
9	p-cimeno*	leve cítrico	x	x	x	x	x	x
10	Terpinoleno*	dulce-pino, leve dulce-anís	x	x	x	x	x	x
11	Nonanal*	floral-grasoso, cítrico, toque a rosa y naranja	x	x	x	x	x	x
12	octanoato de etilo*	frutal, guineo y piña, floral	x	x	x	x		x
13	Decanal*	dulce-ceroso("waxy"), floral, toque cítrico	x	x	x	x	x	x
14	ácido butanóico (butanoic acid)*	fuerte ("sharp"), queso, agrio, ranciado			x			

Tabla 4.6 Continuación

#	Compuesto	Impresión Aromática	Irwin	Osteen	Jacqueline	Palmer	Pascual	T. Atkins
15	β -cariofileno*	madera, especias ("spicy")	x	x	x	x	x	x
16	Aromadendreno*	herbal, madera	x		x			x
17	α -humuleno*	levemente a madera	x	x	x	x	x	x
18	cimen-8-ol*	especias ("spicy"), toque vegetal					x	
19	β -ionona*	floral, violetas			x	x	x	x
20	2,6- nonadienal**	similar al melón						x

*Compuestos caracterizados por Jirovetz et al., 2003

** Compuesto caracterizado por Pino et al., 2005

4.3 Análisis Sensorial: Extractos de Mangó

4.3.1 Intensidad Aromática

Para realizar el análisis de esta prueba se utilizó el análisis de varianza ANOVA con un 95% de confianza (ver Apéndice 8.2). En adición, se realizó la Prueba de Tukey para determinar diferencias entre los extractos. Los resultados graficados en la Figura 4.8, fueron en base a 23 panelistas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). Al analizar los resultados de esta prueba, se observó diferencia significativa para el extracto variedad *Tommy Atkins*, el cual presentó la puntuación promedio más alta. Sin embargo, la puntuación promedio presentada por los extractos del resto de las variedades, no mostraron diferencia significativa alguna. Según la escala provista en la hoja de panelista (ver Apéndice 8.6), el valor promedio obtenido por *Tommy Atkins* cayó entre “Moderado-Mucho” a mangó, mientras que el resto de las variedades cayeron entre “Poco-Moderado” a mangó.

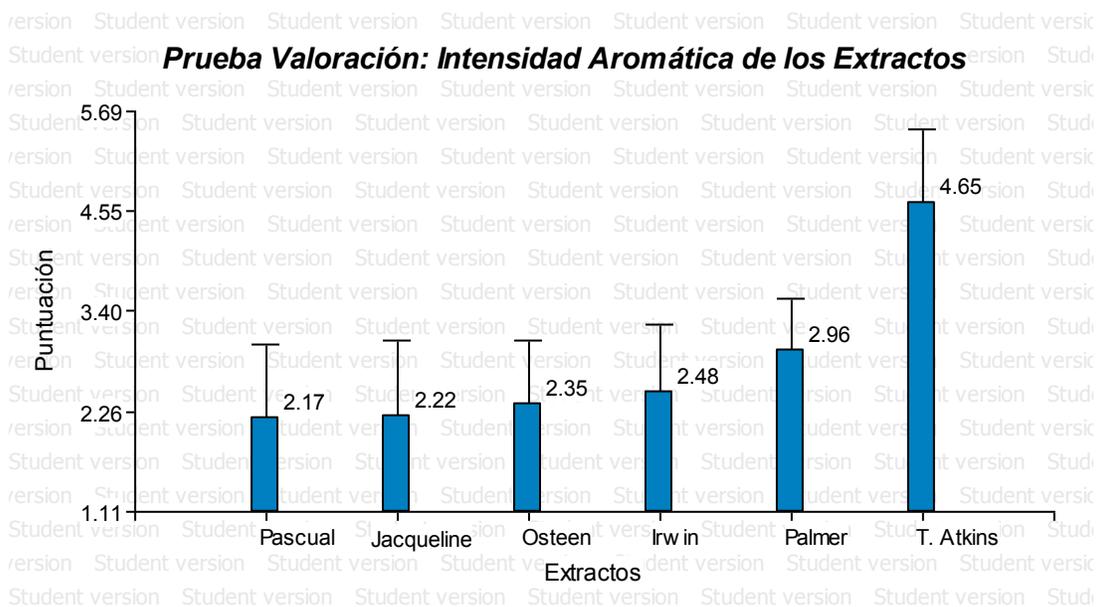


Figura 4.8 Intensidad aromática basada en una prueba sensorial de valoración.

4.3.2 Preferencia Aromática

Esta evaluación se realizó mediante una prueba de ordenamiento. El análisis estadístico de esta prueba se realizó mediante la Prueba de Friedman, para determinar diferencias entre extractos (ver Apéndice 8.2). Los resultados graficados en la Figura 4.9, fueron en base a 49 panelistas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). Al analizar los resultados de esta prueba, no se observó diferencia significativa entre los extractos de las variedades *Palmer* y *Tommy Atkins*, los cuales presentaron las puntuaciones más altas del grupo. El extracto variedad *Pascual*, obtuvo la menor puntuación promedio de los extractos. Este resultado significa que en términos de preferencia, no de intensidad, *Palmer* y *Tommy Atkins* son los más preferidos por su particular aroma a mango.

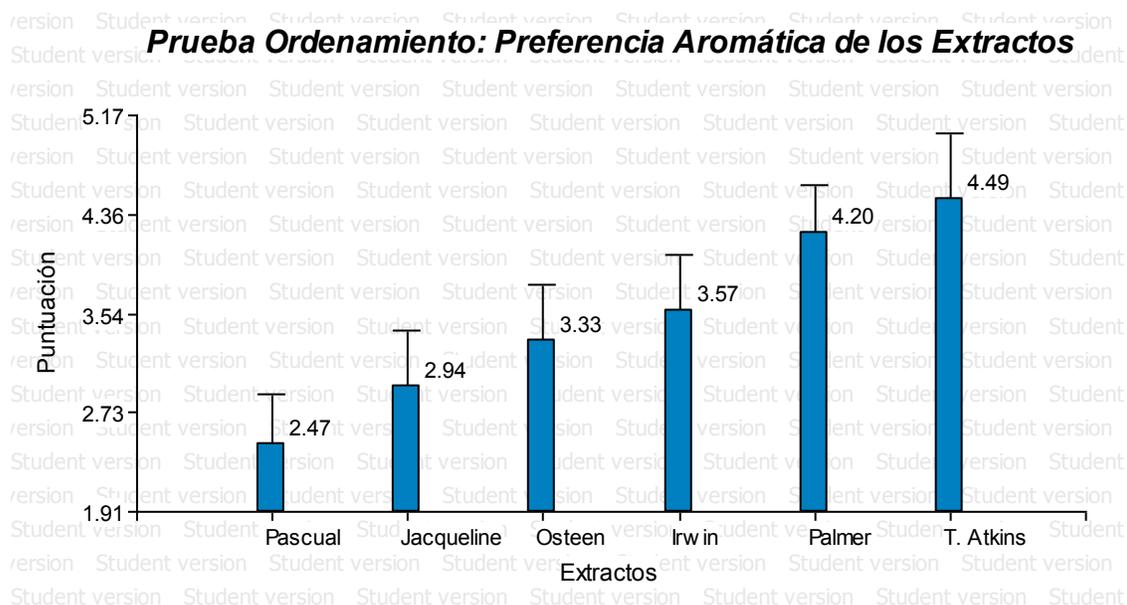


Figura 4.9 Preferencia aromática basada en una prueba sensorial de ordenamiento.

5 CONCLUSIONES

En la primera parte de este trabajo, se estudiaron seis variedades de mango (*Irwin*, *Osteen*, *Jacqueline*, *Palmer*, *Pascual* y *Tommy Atkins*), las cuales fueron seleccionadas por su buen rendimiento, sabor, valor comercial, y época de cosecha. Las pulpas fueron empacadas, almacenadas bajo temperaturas de congelación y analizadas en términos de atributos fisicoquímicos, composición nutricional y actividad aromática.

En el estudio de las propiedades fisicoquímicas, las mismas mostraron alguna diferencia significativa para todos los atributos evaluados (sólidos solubles totales, pH, actividad de agua, acidez, ácido ascórbico y razón azúcar/ácido), excepto para la actividad de agua (A_w), la cual no mostró diferencia entre variedades. El mango es una fruta susceptible a crecimiento microbiano y/o deterioro por reacciones químicas debido a que presenta valores de A_w por encima de 0.85. En el análisis de sólidos solubles, *Tommy Atkins* resultó ser la variedad de mango con el valor promedio más alto. Comúnmente la medida de sólidos solubles, es utilizada para determinar el contenido de azúcares en alimentos, pero no se debe utilizar por sí solo como parámetro para predecir propiedades organolépticas de dulzura en frutas, ya que esa cualidad depende principalmente de tres factores en conjunto: sólidos solubles, pH y porcentaje de acidez. Se

utilizó un parámetro de razón azúcar/ácido (RAA) para predecir la percepción “dulce/ácida”, con el cual *Irwin* se colocó como la variedad más dulce a pesar de su bajo contenido de grados Brix, y *Pascual* como la más ácida en términos de percepción organoléptica, ya que también presentó el porcentaje más alto de acidez titulable. Por otro lado, el contenido de vitamina C fue muy bajo para todas las variedades, posiblemente debido a degradación por factores de procesamiento mínimo (pelado, cortado, empaque y tiempo de almacenamiento).

La composición nutricional de las variedades estudiadas, fue presentada en base seca, ya que todos los porcentajes de humedad mostraron diferencia significativa. Estos resultados fueron comparados con dos fuentes de la literatura. La variedad *Irwin* presentó el mayor porcentaje de humedad entre las variedades. *Osteen* y *Tommy Atkins* presentaron diferencias significativas entre sí, exhibiendo el contenido más alto de carbohidratos de las variedades estudiadas. El rango entre los valores de todas las variedades para carbohidratos fue de 94-97 %, coincidiendo con el resultado obtenido por Hernández (2012). La variedad *Tommy Atkins* presentó el contenido de fibra cruda más alto, mientras que el resto de las variedades no mostraron diferencia significativa. Las variedades que se reportaron con los valores más altos de cenizas fueron *Irwin* y *Pascual*; no mostraron diferencia significativa entre sí. Por otra parte, las variedades *Palmer* y *Pascual* obtuvieron los porcentajes de proteína bruta más altos; no mostraron diferencia significativa entre sí. Por último, la variedad *Palmer* mostró el mayor contenido de grasa cruda.

Para evaluar la actividad aromática de la pulpa, fue desarrollado un perfil de volátiles por variedad de mangó (en términos cualitativos). Se identificó un total de 160 volátiles en pulpa. En este estudio, los terpenos fueron la clase de volátiles más abundante, de los cuales 11 (β -pineno, α -pineno, δ -3-careno, α -gurjuneno, cariofileno, α -copaeno, D-limoneno, terpinoleno, humuleno, δ -cadineno y ocimeno) estuvieron presentes en todas las variedades. Otras clases identificadas en pulpa fueron alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, lactonas, hidrocarburos, fenoles y furanos. La variedad que resultó con el mayor número de volátiles en pulpa, fue *Osteen*. La ausencia de ácidos en el perfil de volátiles, se le atribuyó a los cambios que sufre un aceite esencial durante el proceso de maduración, donde el contenido de ácidos libres disminuye, y aumenta el contenido de acetatos en la fruta.

La segunda parte de este estudio, consistió en establecer los parámetros de extracción y en analizar la actividad aromática de los extractos obtenidos. Para la obtención de la esencia mangó, el control del tiempo y temperatura, es sumamente crucial al trabajar con extracción de

esencias, ya que temperaturas altas por periodos prolongados de tiempo, pueden afectar el contenido volátiles por degradación o isomerización, y cambiar el perfil aromático.

Por otro lado, se identificaron 102 volátiles para los extractos; cantidad de compuestos menor a la reportada en pulpa. Esto se debió a la capacidad del etanol como solvente, en conjunto con la técnica de extracción aplicada, pues la polaridad del solvente limita el contenido y la cantidad de compuestos extraídos por afinidad. Los terpenos se caracterizan por ser la parte fundamental de un aceite esencial. La presencia de los mismos hallada en los extractos, confirma que el proceso de extracción fue uno adecuado para la obtención de una esencia de mangó. Para los extractos los terpenos fueron la clase de volátiles más abundante, de los cuales 11 terpenos (β -pineno, α -pineno, δ -3-careno, D-limoneno, β -mirceno, cariofileno, humuleno, α -copaeno, cosmeno, terpinoleno y p-cimeno), fueron identificados para los extractos de todas las variedades. En los extractos no fue observada la presencia de lactonas. Esta ausencia fue atribuida a que durante la extracción y filtración, las lactonas pudieron encontrarse enlazadas a los sólidos de fibra descartados, debido que este tipo de compuesto comúnmente se encuentra enlazado glicosídicamente a la matriz. El aumento observado en los terpenos e hidrocarburos luego del proceso extracción se le atribuye a que antes de la extracción, estos compuestos se encontraban glicosídicamente enlazados a la matriz de la pulpa por tal razón, el perfil aromático de la pulpa muestra los componentes en menor cantidad. Sin embargo, al ser sometidos al proceso de extracción, los volátiles quedan expuestos y pueden ser medidos o identificados.

En cuanto al perfil aromático de los extractos, en *Irwin*, se identificó el compuesto cis- β -ocimeno, el cual es responsable por aportar un aroma a piel de mangó, estragón y albahaca; en *Jacqueline* se destacó la presencia de ácido butanóico, el cual se destaca por brindar un aroma fuerte a queso; en *Pascual*, cimen-8-ol fue el compuesto destacado, el cual aporta un toque “spicy” vegetal; y en el extracto *Tommy Atkins*, se identificó el compuesto 2,6-nonadienal responsable por aportar aromas con toque de melón’

Según los resultados presentados estadísticamente por prueba sensorial, se concluye que el extracto con el aroma más intenso, pertenece el de la variedad *Tommy Atkins*. Este resultado fue secundado por la prueba sensorial de ordenamiento, en la cual los aromas más preferidos pertenecen a los extractos de las variedades *Palmer* y *Tommy Atkins*.

En conclusión, el extracto variedad *T. Atkins* aportó el aroma más intenso a mangó y fue el más aceptado. En cambio la especie *Pascual* fue el que aportó el aroma menos intenso a

mangó y resultó ser el menos preferido por la mayoría de los panelistas. Basado en este resultado la variedad recomendada para la obtención de una esencia característica de mangó sería la *Tommy Atkins*, la cual a su vez presenta un perfil nutricional, aromático y comercial atractivo para el consumidor. En fin, la matriz del mangó se ha estudiado por años, es una muy compleja y a eso le añadimos cientos de variedades, lugar de procedencia, almacenamiento, cambios de maduración, actividad aromática, etc. No existe un patrón definido, o una fórmula que pueda replicar la exquisita esencia del mangó.

6 RECOMENDACIONES

Como prioridad, se debería realizar un “Linear Retention Index” para normalizar los compuestos identificados por tiempo de retención en el GC-MS.

Como recomendación para otros proyectos, se podría utilizar un montaje/técnica de destilación extractiva, variando el tipo de solvente, para evaluar la esencia obtenida.

Recomendaría, realizar el mismo flujograma de proceso (ver Apéndice 8.1), pero utilizando otras frutas (incluyendo el mangó Mayagüezano).

Evaluar mediante la técnica de GC- O, los extractos obtenidos en este trabajo y así poder desarrollar un perfil aromático más completo. También se podrían realizar pruebas sensoriales de aroma en pulpa para cada una de las variedades estudiadas, en términos de intensidad y preferencia.

7 REFERENCIAS

- Adedeji, J., Hartman, T. G., Lech, J., and Ho, C. 1992. Characterization of glycosidically bound aroma components in the African Mango (*Mangifera indica* L.). *J. Agr. Food Chem.*, 40 (4), 659-661.
- Andrade E. H., J. G. Maia, M. Zoghbi. 2000. Aroma Volatile Constituents of Brazilian Varieties of Mango Fruit. *J. Food Composition and Analysis*, 23(1), 27-33.
- AOAC . 1990. Official methods of analysis. 15th (ed). Association of Official Analytical Chemists Washington DC pp. 125–126, 132, 877–878.
- AOCS. 2005. Official Method Am 5-04. American Oil Chemist’s Society. Urbana, Illinois, USA.
- Aponte, C.E., Ayala A., Cibes H., Jackson G., Liu, L.J., Lloréns A., López, J., Orengo, E., Pérez, M.R., Pérez, A., Reyes, I., Toro, E., Torres, A. 1977. Conjunto Tecnológico para la Producción de Mangó (Julio). Estación Experimental Agrícola, Rio Piedras Puerto Rico.
- Bandyopadhyay C. and Gholap, A.S. 1973. Changes in Fatty Acids in Ripening Mango Pulp (Variety Alphonso). *J. Agr. Food Chem.*, 21 (3), 496-497.
- Bassols, F. and Demole, E. P. 1994. The occurrence of pentane-2-thiol in guava fruit. *J. Essent.Oil Res.*, 6 (5), 481-483.
- Bartley, J. P. and Schwede, A. 1987. Volatile flavor components in the headspace of Australian or “Bowen” mango. *J. Food Sci.*, 52, 353-360.
- Bautista, E., Duque, C. y Torres, R. 1998. Constituyentes Volátiles del Mangó de Azúcar (*Mangifera indica* L.). *Revista Colombiana de Química*, 27(2), 29-36.
- Briga J. 1962. Los aromáticos en la industria moderna: Aplicación industrial de las esencias naturales y sintéticas. 2^{da} Edición. Editorial Sintet, Barcelona, España. 323 pp.
- Chua, M., Tung, Y., and Chang, S. 2008. Antioxidant activities of ethanolic extracts from the twigs of *Cinnamomum osmophloeum*. *Bioresource Technology*, 99, 1918-1925.
- Coello, A., Fernandez, D., y Galán, V. 1997. Guía descriptiva de Cultivares de Mango. Departamento de Fruticultura Tropical, Canarias. pp. 1-43.
- Cruz, E. 2008. Efecto de la temperatura de congelación en las propiedades físicas y químicas de la pulpa congelada de dos variedades (CCP76 y CCP06) del falso fruto de Marañón (*Anacardium occidentale* L.). Proyecto, Carrera Agroindustria Alimentaria, Zamorano, Honduras, 37 pp.

- Dorta, E., Lobo, G., and Gonzalez, M. 2012. Reutilization of Mango Byproducts: Study of the Effect of Extraction Solvent and Temperature on Their Antioxidant Properties. *Journal of Food Science*, 71(1), 80-88.
- El Hadi, Muna Ahmed Mohamed & Zhang, Feng-Jie & Wu, Fei-Fei & Zhou, Chun-Hua & Tao, Jun. 2013. Advances in fruit aroma volatile research. *Molecules* (Basel, Switzerland), 18, 8200-8229.
- Engel, K. and Tressl, R. 1983. Studies on the Volatile Components of Two Mango Varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 31(4), 796-801.
- FDA. 1984. Actividad de Agua en Alimentos. Hallado en: <http://www.fda.gov/>
- FDA. 2010. Borrador de Guía para la industria de Alimentos: Alimentos Acidificados. Hallado en <http://www.fda.gov/>
- Flores, A. Departamento de Agricultura de EE.UU. Investigando el árbol genealógico del mango de la Florida. 2008. Hallado en: <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/apr08/mango0408.htm>
- Gholap A. S., C. Bandyopadhyay. 1984. Characterization of Mango-like Aroma in *Curcuma armada* Roxb. *J. Agric. Food Chem.* 32, 57-59.
- Gil, A.M., Duarte, I.F., Delgadillo, I., Colcuhou, I.J., Casuscelli, F., Humpfer, E., and Spraul, M. 2000. Study of the compositional changes of mango during ripening by use of nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Agric Food Chem.*, 48(5), 1524-36.
- Gnupp, G., Kusch, P., and Neugebauer, M. 2002. Identification of Flavor Components in Perfumes by Headspace Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *Journal of Chemical Education*, 79(1), 98-100.
- Gow Chin, Y. and Hsin Tang, L. 1999. Changes in volatile flavor components of guava juice with high-pressure treatment and heat processing and during storage. *J. Agr. Food Chem.*, 47, 2082-2087.
- Harnkarnsujarit, N. and Charoenrein, S. 2011. Effect of water activity on sugar crystallization and β -carotene stability of freeze-dried mango powder. *J. of Food Engineering*, 36 (1), 137-139.
- Heaven, M. and Nash, D. 2012. Recent analyses using solid phase microextraction in industries related to food made into or from liquids. *Food Control*, 27, 214-227.
- Hernández, J. A. 2012. Caracterización Morfoagronómica de la Variedad de Mango *Panadés* (*Mangífera indica* L.) en Finca La Granja Municipio de San Talpa Departamento de la Paz. Tesis. Universidad de El Salvador, pp. 129.

- Hites, R. A. 1997. Gas Chromatography Mas Spectrometry. En: F. Settle (ed.). Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry. pp. 609-626. Prentice-Hall, New Jersey.
- Jeleń, H., Majchera, M., and Dziadasa, M. 2012. Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. *Analytica Chimica Acta*, 738, 13-26.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., and Shahabi, M. 2003. Aroma Compounds of Mango and Papaya from Cameroon. *Perfumer and Flavorist Magazine*, 28(3), 40-50.
- Jordán, M. J., Margaría, C. A., Shaw, P. E., and Goodner, K. 2003. Volatile Components and Aroma Essence and Fresh Pink Guava Fruit Puree (*Psidium guajava* L.) by GC-MS and Multidimensional GC/GC-O. *J. of Agric. Food Chem.* 51, 1421-1426
- Jordán, M. J., Tandon, K., Shaw, P., Goodner, K. L. 2001. Aromatic Profile of Aqueous Banana Essence and Banana Fruit by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and Gas Chromatography-Olfactometry (GC-O). *J. Agric. Food Chem.* 49, 4813-4817.
- Knight, R.J., Campbell, R.J., and Maguire, I. 2009. The Mango: Botany, Production and Uses (2nd Ed.). Important Mango Cultivars and their Descriptors. pp 43-63.
- Kohli, K., Qadry, J. S. and Ali, M. 1987, Protein, amino acids and ascorbic acid in some cultivars of mango. *J. Sci. Food Agric.*, 39, 247-252.
- Lakshminarayana, S. 1980. Mango. In: Tropical and Subtropical Fruits. P.E. Shaw (Eds.). AVI Publishing CT. USA. pp. 184-257.
- Lalel, H., Singh, Z., Tan S. C. 2003. Maturity stage at harvest affects fruit ripening, quality and biosynthesis of aroma volatile compounds in 'Kensington Pride' mango. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 78, 225-233.
- Lebrun M., A. Plotto, K. Goodner, M.N. Ducamp, and E. Baldwin. 2008. Discrimination of Mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology* 48, 122-131.
- Litz, R.E. and Mukherjee, S.K. 2009. The Mango: Botany, Production and Uses (2nd Ed.). Introduction: Botany and Importance. pp 1-14.
- Lopes, D. C., Fraga, S. R., Rezende, C. M. 1999. Aroma impact substances on commercial Brazilian mangoes by HRGC-OAEDA-MS. *Quim. Nova*, 22, 31-36.
- Macleod, A., Macleod, G., and Snyder, C. 1988. Volatile aroma constituents of mango (cv. Kensington. *Phytochemistry*, 27(7), 2189-2193.
- Macleod, A. and Snyder, C. 1988. Volatile Components of Mango Preserved by Deep freezing. *J. Agric. Food Chem.*, 36(1), 137-139.

- Malundo, T. M., Baldwin, E. A., Moshonas, M. G., Baker, R. A., and Shewfelt, R. L. 1997. Method for the rapid headspace analysis of mango (*Mangifera indica* L.) homogenate volatile constituents and factors affecting quantitative results. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2187-2194.
- Manthey, J.A. and Perkins, P. 2009. Influences of harvest date and location on the levels of beta-carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *J. Agr. Food Chem.*, 25; 57(22), 25-30.
- Marriott, P. J., Shellie, R., and Comwell, C. 2001. Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 936, 1-22.
- Medlicott, A. P. and Thompson, A. K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.*, 36, 561-566.
- Meilgard, M. C., Civille, G. V., Carr, B. T. 2006. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, Florida.
- Morton, J. 1987. Mango (*Mangifera indica* L.). In: Fruits of Warm Climates. Published by Florida Flair Books, Miami, Florida, pp. 221-239.
- Ocampo, A. 2006. Modelo Cinético del Secado de la Pulpa de Mangó. *Revista EIA* (Escuela de Ingeniería de Antioquia). ISSN 1794-1237; Num. 5, 119-128.
- Ogonowski, J. 2006. Latin America Farmer to Farmer Program (USAID). University of Florida. pp. 8-20.
- Ollé, D., Lozano, Y., and Brillouet J.M. 1996. Isolation and Characterization of Soluble Polysaccharides and Insoluble Cell Wall Material of the Pulp from Four Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 44(9), 2658-2662.
- Oruña, M., González, M., López, J., and Simal, J. 1997. Effects of freezing on the pigment content in green beans and Padrón peppers. *European Food Research and Technology*, 205(2), 148-152.
- Padda, M. S., Amarante, C., Garcia, R. M., Slaughter, D. C., and Mitcham, E. J. 2011. Methods to analyze physico-chemical changes during mango ripening: A multivariate approach. *Postharvest Biology and Technology*, 62, 267-274.
- Parrota, J. A. 1993. *Mangifera indica* L. Mango: Anacardiaceae, Caschew Family. USDA, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, pp. 338-343.
- Parzanese, M. 2012. Tecnologías para la Industria Alimentaria: Liofilización de alimentos. *Rev. de Alimentos Argentinos*, Ficha (3), 1-12.

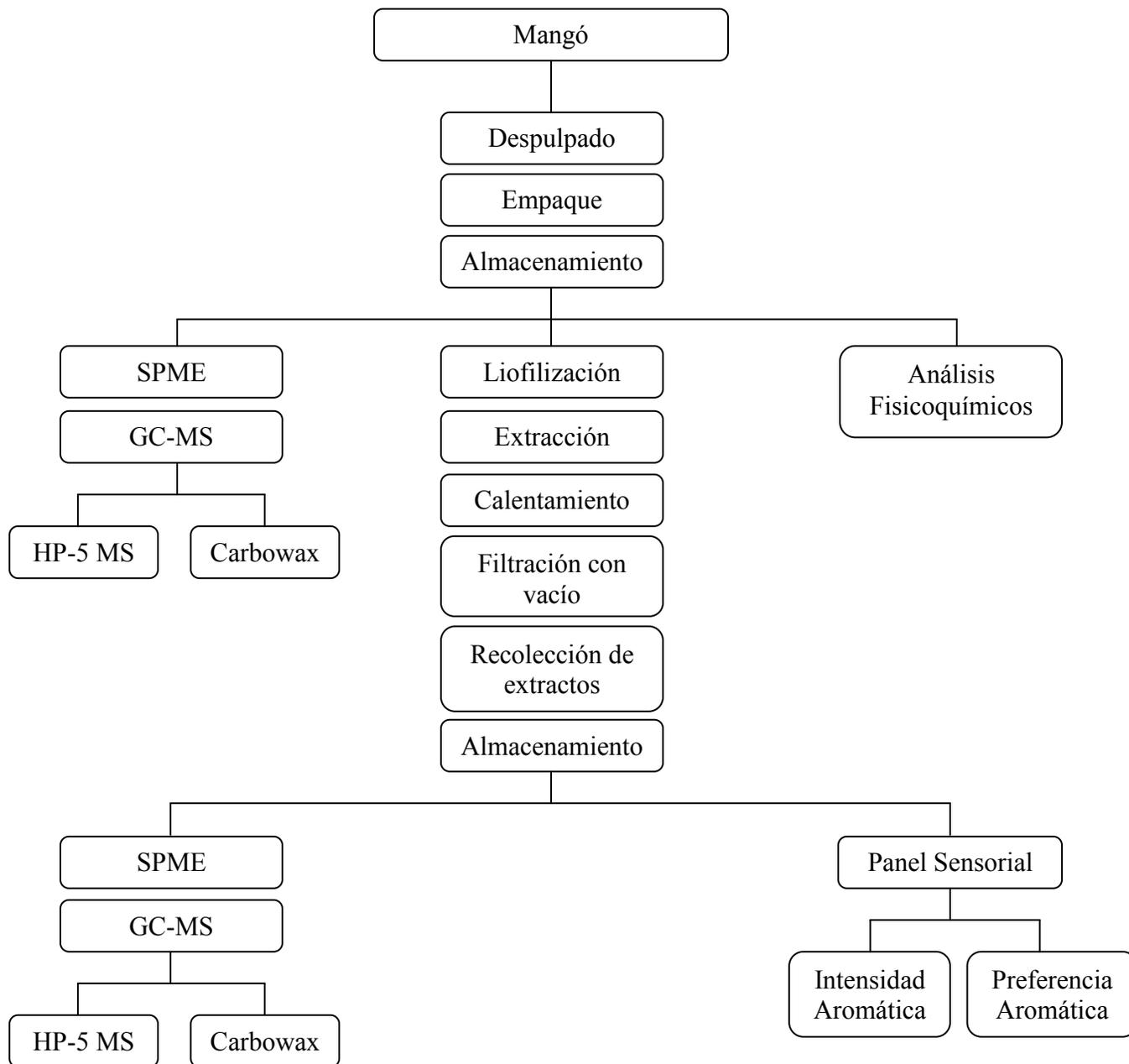
- Paull, R.E. and Duarte, O. 2011. Tropical Fruits, Vol. 1. Crop Production Science in Horticulture, 20, 252-290.
- Pennock, W., Torres, A., López, J., Reyes, I. Valle, S., Cedeño, A., Jackson, G. 1972. Yield and fruit size comparisons in the first six crops of 16 mango varieties. *J. of Agr. Of the Univ. of Puerto Rico*, LVI: 343-363.
- Peredo, H., Palou, E. y López, A. 2009. Aceites esenciales: Métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 3(1), 24-32.
- Pérez, B., Bringas, E., Cruz, L. y Báez, R. 2005. Evaluación de cera comestible en mango *Tommy Atkins* destinado a la comercialización para el turismo Parte I: Efecto de las características físico-químicas. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 7(1), 24-32.
- Perry, A. Departamento de Agricultura de EE.UU. La Guerra entre los mangos y las moscas de la fruta. 2008. Hallado en: <http://ars.usda.gov/is/espanol/pr/2008/080610.es.htm?pf=1>
- Pickenhagen, W., Vellus, A., Passerat, J. P. and Ohloff, G. 1981. Estimation of 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (Furaneol) in Cultivated and Wild Strawberries, Pineapples, and Mangoes. *J. Sci. Food Agric.*, 32, 1132-1134.
- Pino A. J., J. Mesa, Y. Muñoz, M. P. Martí, and R. Marbot. 2005. Volatile Components from Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 53, 2213-2223.
- Pottí, Daniel. Materias Primas: Frutas: Proceso de crecimiento, respiración y maduración. 2007. Hallado en: <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/frutas/frutas-03.htm>.
- Pyysalo, T., Suihko, M., and Honkanen, E. 1977. Odor Thresholds of the Major Volatiles Identified in Cloudberry (*Rubus chamaemoms* L.) and Arctic Bramble (*Rubus Arcticus* L.). *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 10, 36-39.
- Remacha, J. E., Ibarz, A. y Giner, J. 1992. Evolución del color, por efecto de la temperatura, en pulpas de fruta. *Alimentaria: Rev. de Tecnología e Higiene de los Alimentos*, 234, 59-68.
- Robles, M., Gorinstein, S., Belloso, O., García, H., Aguilar, G., y Valenzuela, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de America*, 32(4), 227-232.
- Rowe, D. 2011. Overview of Flavor and Fragrance Materials, in *Practical Analysis of Flavor and Fragrance Materials* (eds K. Goodner and R. Rouseff), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. pp. 2-4.
- Salazar, I., Santiesteban, A., Velasquez, G., and Cruz, L. 2007. Volatiles of Mango var. Ataulfo Characterized by SPME and Capillary GC/MS Spectroscopy. *J. Mex. Chem. Soc.*, 51 (3), 145-147.
- Shiota, H. 1993. New esteric components in the volatiles of banana fruit (*Musa sapientum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 41, 2056-2062.

- Sides, A., Robards, K., and Helliwell, S. 2000. Developments in extraction techniques and their application to analysis of volatiles in foods. *Trends Anal. Chem.*, 19, 322-329.
- Siller, J., Muy, D., Báez, M., Araiza, E. y Ireta, A. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Rev. Fitotec. Mex.*, 32 (1), 45-52.
- Singh, Z. 2011. Aroma Volatiles Emissions from Mango Fruit: A Closer Look at Various Pre- and Postharvest Regulatory Factors. *Acta Hort.* (ISHS) 906, 267-273.
- Slaughter D.C. 2009. Nondestructive Maturity Assessment Methods for Mango: A Review of Literature and Identification of Future Research Needs: Biological and Agricultural Engineering, University of California, Davis.
- Sogi, D., Siddiq, M., and Dolan, K. 2014. Total phenolics, carotenoids, and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LTW- Food Science and Technology*, 1-5.
- Soler, S., Oliveira, W., Re-poppi, N., Simionatto, E., Carasek, E. 2010. Volatile compounds of leaves and fruits of *Mangifera indica* var. *coquinho* (Anacardiaceae) obtained using Solid Phase Microextraction and Hydrodistillation. *Food Chemistry*.
- Soto, E., Avilán, L., Unai, E., Rodríguez, M., y Ruiz, J. 2004. Comportamiento y características de algunos cultivares promisorios de mango. *Agronomía Trop.*, 54(2), 179-201.
- Stashenko, E., and Martínez, J. 2007. Sampling volatile compounds from natural products with headspace solid-phase micro-extraction. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 70(2), 235-242.
- Stevens, K., Brekke, J. E., and Stern, D. J. 1970. Volatile constituents in Guava. *J. Agric. Food Chem.*, 18, 598-599.
- Tamura, H., Boonbumrung, S., Yoshizawa, T., and Varayanond, W. 2001. The volatile constituents in peel and pulp of a green Thai Mango, Khieo Sawoei Cultivar (*Mangifera indica* L.). *Food Sci. Technol. Res.*, 7(1), 72-77.
- Ueda, M., Sasaki, K., Utsunomiya, N., Inaba, K., and Shimabayashi, Y. 2000. Changes in Physical and Chemical Properties during Maturation of Mango Fruit *Mangifera indica* L. Irwin) Cultured in Plastic Greenhouse. *Food Sci. Technol. Res.*, 6 (4), 299-305.
- USDA. 2013a. National Nutrient Database for Standard Reference. Agricultural Research Service (ARS).
- USDA. 2013b. National Resources Conservation Service. Plant Guide: *Mangifera indica* L. Mango. Hallado en: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=MAIN3>.
- USDA. 2003. Census of Agriculture. National Agriculture Statistics Service.

- Vásquez, O., Alva, A., y Marreros, J. 2001. Extracción y caracterización del Aceite Esencial de Jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1(1), 38-42.
- Wenkam, N.S. 1990. Foods of Hawaii and the Pacific Basin: Fruits and fruit products: raw, processed, and prepared: Vol. 4: Composition. Honolulu (HI): University of Hawaii. 96 p. (Research Extension Series; RES-110).
- Wilson C. W., Shaw, P. E., Knight, R. J. 1990. Importance of some lactones and 2,5- dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. *J. Agric. Food Chem.*, 38 (7), 1556-1559.

8 APÉNDICES

8.1 Flujograma General



8.2 Resultados Estadísticos

Análisis de Varianza (ANOVA)

Prueba Tukey para Proximal (Base Seca) y Análisis Químico de las pulpas

Humedad Convencional

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	76.80	5	15.36	545.61	<0.0001
Variedad	76.80	5	15.36	545.61	<0.0001
Error	0.34	12	0.03		
Total	77.14	17			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.46023

Error: 0.0282 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.					
T	77.61	3	0.10	A				
P	80.39	3	0.10		B			
O	81.39	3	0.10			C		
PS	82.04	3	0.10				D	
J	82.90	3	0.10					E
I	84.15	3	0.10					F

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Ceniza (Base Seca)

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.40	5	0.28	10.39	0.0005
Column1	1.40	5	0.28	10.39	0.0005
Error	0.32	12	0.03		
Total	1.73	17			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.45102

Error: 0.0270 df: 12

Column1	Means	n	S.E.			
O	1.92	3	0.09	A		
T	2.06	3	0.09	A		
P	2.17	3	0.09	A		
J	2.32	3	0.09	A	B	
I	2.65	3	0.09			B
PS	2.66	3	0.09			B

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Proteína (Base Seca)

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	4.05	5	0.81	19.45	<0.0001
Variedad	4.05	5	0.81	19.45	<0.0001
Error	0.50	12	0.04		
Total	4.55	17			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.55993

Error: 0.0417 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.			
T	1.28	3	0.12	A		
O	1.64	3	0.12	A		
I	1.75	3	0.12	A	B	
J	2.30	3	0.12		B	C
P	2.36	3	0.12			C
PS	2.66	3	0.12			C

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Grasa (Base Seca)

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.78	5	0.16	167.20	<0.0001
Variedad	0.78	5	0.16	167.20	<0.0001
Error	0.01	12	9.4E-04		
Total	0.80	17			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.08405

Error: 0.0009 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.			
I2	0.24	3	0.02	A		
O2	0.26	3	0.02	A		
J2	0.30	3	0.02	A		
T2	0.30	3	0.02	A		
PS2	0.51	3	0.02		B	
P2	0.83	3	0.02			C

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Carbohidratos (Base Seca)

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	10.92	5	2.18	67.11	<0.0001
Variedad	10.92	5	2.18	67.11	<0.0001
Error	0.39	12	0.03		
Total	11.31	17			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.49474

Error: 0.0325 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.			
PS2	94.17	3	0.10	A		
P2	94.64	3	0.10	A	B	
J2	95.08	3	0.10		B	C
I2	95.36	3	0.10			C
O2	96.17	3	0.10			D
T2	96.35	3	0.10			D

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Fibra (Base Seca)

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	5.01	5	1.00	44.68	<0.0001
Variedad	5.01	5	1.00	44.68	<0.0001
Error	0.27	12	0.02		
Total	5.28	17			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.41089

Error: 0.0224 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.			
O2	2.42	3	0.09	A		
I2	2.44	3	0.09	A		
PS2	2.61	3	0.09	A		
P2	2.67	3	0.09	A		
J2	3.12	3	0.09		B	
T2	3.93	3	0.09			C

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Brix

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	77.79	5	15.56	21.41	<0.0001
Variedad	77.79	5	15.56	21.41	<0.0001
Error	21.80	30	0.73		
Total	99.59	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.49720

Error: 0.7267 df: 30

Variedad	Means	n	S.E.		
I	15.23	6	0.35	A	
O	15.50	6	0.35	A	
J	16.47	6	0.35	A	B
PS	17.08	6	0.35		B
P	17.63	6	0.35		B
T	19.63	6	0.35		C

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

pH

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	4.19	5	0.84	45.96	<0.0001
Variedad	4.19	5	0.84	45.96	<0.0001
Error	0.55	30	0.02		
Total	4.74	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.23719

Error: 0.0182 df: 30

Variedad	Means	n	S.E.		
PS	4.01	6	0.06	A	
T	4.03	6	0.06	A	
J	4.20	6	0.06	A	B
P	4.37	6	0.06		B
O	4.69	6	0.06		C
I	4.94	6	0.06		D

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Acidez

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.95	5	0.19	1720.63	<0.0001
Variedad	0.95	5	0.19	1720.63	<0.0001
Error	3.3E-03	30	1.1E-04		
Total	0.95	35			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.01841

Error: 0.0001 df: 30

Variedad	Means	n	S.E.					
I	0.16	6	4.3E-03	A				
T	0.31	6	4.3E-03		B			
J	0.35	6	4.3E-03			C		
P	0.39	6	4.3E-03				D	
O	0.50	6	4.3E-03					E
PS	0.69	6	4.3E-03					F

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Vitamina C

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	3.10	5	0.62	24.04	<0.0001
Variedad	3.10	5	0.62	24.04	<0.0001
Error	0.31	12	0.03		
Total	3.41	17			

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.44078

Error: 0.0258 df: 12

Variedad	Means	n	S.E.					
O	0.60	3	0.09	A				
J	0.60	3	0.09	A				
T	0.74	3	0.09	A				
I	1.19	3	0.09		B			
P	1.36	3	0.09		B	C		
PS	1.69	3	0.09				C	

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Aw

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.3E-04	5	2.6E-05	4.09	0.0060
Variedad	1.3E-04	5	2.6E-05	4.09	0.0060
Error	1.9E-04	30	6.4E-06		
Total	3.3E-04	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00446

Error: 0.0000 df: 30

Variedad	Means	n	S.E.	
PS	0.99	6	1.0E-03	A
I	0.99	6	1.0E-03	A
O	0.99	6	1.0E-03	A
J	0.99	6	1.0E-03	A
P	0.99	6	1.0E-03	A
T	0.99	6	1.0E-03	A

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Análisis Estadístico para Pruebas Sensoriales

Prueba de Valoración

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	103.37	5	20.67	6.37	<0.0001
Extracto	103.37	5	20.67	6.37	<0.0001
Error	428.35	132	3.25		
Total	531.72	137			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.54680

Error: 3.2451 df: 132

Extracto	Means	n	S.E.	
Pascual	2.17	23	0.38	A
Jacqueline	2.22	23	0.38	A
Osteen	2.35	23	0.38	A
Irwin	2.48	23	0.38	A
Palmer	2.96	23	0.38	A
T. Atkins	4.65	23	0.38	B

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.05$)

Prueba de Ordenamiento

Infostat

Friedman's test

A	B	C	D	E	F	T ²	p
3.57	3.33	2.94	4.49	4.2	2.47	9.49	<0.0001

Minimum significant difference between sum of ranks = 33.683

Treatment	Sum of Ranks	Mean of Ranks	n	
Pascual	121	2.47	49	A
Jacqueline	144	2.94	49	A
Osteen	163	3.33	49	B
Irwin	175	3.57	49	B
Palmer	206	4.20	49	D
T. Atkins	220	4.49	49	E

Different letters indicate significant difference between location parameters ($p \leq 0.050$)

8.3 Compuestos aromáticos identificados por GC-MS

Todos los compuestos identificados en las pulpas de mangó

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
1	(-) Beta- elemeno	Terpeno (Hidrocarburo)						18.401						
2	(-) Beta- pineno	Terpeno (Hidrocarburo)	4.054	7.214	4.003	7.205	3.653	7.205	4.032		3.925		2.850	6.940
3	(+) Camfeno	Terpeno (Hidrocarburo)							4.326					
4	(1R) Alfa- pineno	Terpeno (Hidrocarburo)	2.112	7.653	3.524	6.052	3.309	7.872		7.829		6.055		6.246
5	(3E) 3-hexenyl acetate	Éster					6.088							
6	(E) 2-nonenal	Aldehído		10.518										
7	(Z) 2-penten- 1-ol	Alcohol											6.267	
8	(Z) 3-decen-1- ol	Alcohol				12.284								
9	(Z) 4-heptenal	Aldehído		5.311										
10	(Z) Beta- farneseno	Terpeno (Hidrocarburo)							12.083					
11	1-heptanol	Alcohol			8.803								8.803	
12	1-hexanol	Alcohol		5.086	6.840		6.898	5.049	6.797		6.869		6.862	
13	2,4- heptadienal	Aldehído	9.591										8.939	
14	2,4-nonadienal	Aldehído	14.963	11.889			14.927	13.817						

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
15	2,6 nonadienal	Aldehído	12.076			11.002		11.804		11.797		10.652		11.482
16	2,7-dimetil- 2,6-octadien- 1-ol	Alcohol						8.151	4.562					
17	2-butenoic acid , 3- hexenyl ester (E,Z)	Éster				13.015	12.528	14.454						
18	2-careno	Terpeno (Hidrocarburo)										7.561		
19	2-decenal	Aldehído	5.887											
20	2-heptadienal	Aldehído						8.968						
21	2-hepten-1-ol	Alcohol										5.403		
22	2-heptenal	Aldehído	6.260	6.494										
23	2-hexen-1-ol	Alcohol						7.829						
24	2-hexenal	Aldehído						4.527	4.527					
25	2-methyl butyl isobutyrate	Éster				8.624								
26	2-nonenal	Aldehído	10.679		10.636			10.594	12.026	10.658	12.012			10.644
27	2-octenal	Aldehído	8.208					8.165	8.882					8.180
28	2-penten-1-ol	Alcohol			6.245	3.230	6.353			6.260				
29	2-pentenal	Aldehído								3.366				
30	2-pentilfurano	Furano	4.956											
31	3,6-nonadien- 1-ol	Alcohol	16.152	9.622	16.145					16.166		16.159		16.152
32	3-careno	Terpeno (Hidrocarburo)	3.502	7.799	3.645	7.678	3.273	7.707	3.473	7.621	3.33	6.628	3.832	7.693

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
33	3-cyclohex-1-enyl-prop-2-enal	Aldehído		13.011										
34	3-hepten-1-ol	Alcohol	9.447											
35	3-hexen-1-ol	Alcohol	7.313	4.568	7.327	4.892	7.413	4.577	7.341	4.842	7.392		7.335	
36	3-nonen-1-ol	Alcohol	14.734	10.804			14.727		14.755				14.741	
37	4-nonenal	Aldehído	8.616	9.439										
38	4-terpineol	Terpeno (Oxigenado)			12.499									12.263
39	5-hepten-2-ona	Cetona									6.604			
40	9-octadecen-12-yonic acid, methyl ester	Éster							5.078					
41	Alfa-bulneseno	Terpeno (Hidrocarburo)									15.028	17.449		
42	Alfa-cubebene	Terpeno (Hidrocarburo)										16.48		
43	Alfa-felandreno	Terpeno (Hidrocarburo)		7.506		7.513						7.506		
44	Alfa-guaiene	Terpeno (Hidrocarburo)				18.595						16.242		
45	Alfa-gurjuneno	Terpeno (Hidrocarburo)		15.755	10.264	16.947	10.021	18.802		18.788	14.139	16.998	10.264	19.461
46	Alfa-himachaleno	Terpeno (Hidrocarburo)				18.767								
47	Alfa-pineno	Terpeno (Hidrocarburo)		6.061							3.624		3.338	

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins		
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	
48	Alfa-selineno	Terpeno (Hidrocarburo)	10.243		15.192							15.192	17.279	15.192	
49	Alfa-terpineno	Terpeno (Hidrocarburo)										3.796	7.878		
50	Alfa-terpineol	Terpeno (Oxigenado)			14.920	11.955			14.941	13.108					12.671
51	Alfa-tolualdehído	Aldehído					13.552								
52	Aloaromadendreno	Terpeno (Hidrocarburo)				17.964		19.863							
53	Benzaldehído	Aldehído						10.214		10.243					
54	Benzothiazole	Héterociclo aromático			19.397			19.404	14.111			19.411		19.404	
55	Beta- acetato de terpenilo	Éster							4.197						
56	Beta- chamigreno	Terpeno (Hidrocarburo)								19.619					
57	Beta- ciclocitral	Terpeno (Oxigenado)					12.786	14.046		14.061	12.843	12.072	12.829		
58	Beta-cimeno	Terpeno (Hidrocarburo)					5.128		5.45						
59	Beta-elemenol	Terpeno (Hidrocarburo)								18.394					
60	Beta- felandreno	Terpeno (Hidrocarburo)	4.591												
61	Beta-ionona	Cetona		17.065		18.387	19.275	20.314				19.282	17.059	19.282	
62	Beta-mirceno	Terpeno (Hidrocarburo)								7.306					
63	Beta-phenyl ethyl butyrate	Éster		16.23											

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
64	Beta-pineno	Terpeno (Hidrocarburo)								7.205		7.208		
65	Beta-selineno	Terpeno (Hidrocarburo)			15.063	18.444		20.364	15.07	20.364		17.139	15.063	19.676
66	Beta-thujene	Terpeno (Hidrocarburo)	4.326											
67	Butenoic acid, 3-hexenyl ester	Éster						12.943						
68	Butenoic acid, hexyl ester	Éster						13.129						
69	Butirato de etilo	Éster											2.285	3.674
70	Calameneno	Terpeno (Hidrocarburo)									17.434			
71	Camfeno	Terpeno (Hidrocarburo)												6.532
72	Caprato de etilo (decanoato de etilo)	Éster				16.553							13.667	17.757
73	Caprilato de etilo (octanoato de etilo)	Éster				12.062								12.828
74	Cariofileno	Terpeno (Hidrocarburo)		15.944	12.083	17.155	11.976	19.046		19.01	12.055	15.938	12.076	18.344
75	Carvacrol	Terpeno (Oxigenado)			23.329									

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
76	Carveol	Terpeno (Oxygenado)								11.217		10.378		
77	Cedreno	Terpeno (Hidrocarburo)		16.096										
78	Cis-3-hexenyl isovalerate	Éster						14.369						
79	Cis-carveol	Terpeno (Oxygenado)				11.618		12.649			14.705	11.164		
80	Cis-citral	Terpeno (Oxygenado)								15.443				
81	Cis-p-mentha 2,8-dienol	Alcohol												10.988
82	Cis-p-mentha- 2,8-dien-1-ol	Alcohol						11.224						
83	Cis-verbenol	Terpeno (Oxygenado)						12.306						11.94
84	Citral	Terpeno (Oxygenado)										13.017		
85	Copaeno	Terpeno (Hidrocarburo)		15.114	9.383	16.252		18.043		18.043		15.108	9.383	17.391
86	Cosmeno	Terpeno (Hidrocarburo)									7.872	10.323	8.044	
87	Crotonato de etilo	Éster				4.362								4.362
88	Cyclohex-1- enyl-prop-2- enal	Aldehído	18.294											
89	Cyclohexane- 1-butenylidene	Hidrocarburo	18.301											

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
90	Decanal	Aldehído	9.791	11.707	9.777		9.713			13.552	9.798	11.701	9.777	13.079
91	Decanoic acid, decyl ester	Éster				21.03				23.022				
92	Delta- decalactona	Lactona	22.978											
93	Delta-cadinene	Terpeno (Hidrocarburo)		17.742		19.096		21.044		21.044	16.002	17.73		20.35
94	Delta- undecalactona	Lactona				19.934		17.714						
95	Dibutyl phthalate	Éster			27.376				29.110					
96	Dihidro- carveol	Terpeno (Oxigenado)				6.496								
97	Diisobutyl phthalate	Éster							27.398					
98	D-limoneno	Terpeno (Hidrocarburo)	4.476		4.211		3.875		4.240		4.326		4.383	
99	Dodecanal	Aldehído				16.833								
100	D-Verbenona	Terpeno (Hidrocarburo)		11.323								12.700		
101	Eremofileno	Terpeno (Hidrocarburo)				18.516		20.142		20.493				
102	Etanol	Alcohol	1.511	1.282		1.232		1.332			1.547	1.312	1.461	1.332
103	Éter butírico (butanoato de etilo)	Éter				3.653								
104	Ethyl laurate (dodecanoato de etilo)	Éster				20.242							17.907	21.532

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
105	Etil hexanol	Alcohol			9.634		9.620				9.648		9.634	
106	Etil-1-hexanol	Alcohol							9.641					
107	Gamma-cadinene	Terpeno (Hidrocarburo)										17.59		
108	Gamma-caprolactona	Lactona							14.841					
109	Gamma-clorobutirofeno	Cetona							13.659					
110	Gamma-decalactona	Lactona	22.341	16.718									22.348	
111	Gamma-elemeno	Terpeno (Hidrocarburo)									14.934		14.942	
112	Gamma-gurjuneno	Terpeno (Hidrocarburo)						20.085						
113	Gamma-hexalactona	Lactona			14.805									
114	Gamma-muurolene	Terpeno (Hidrocarburo)										16.919		
115	Gamma-nonalactona	Lactona		14.804										
116	Gamma-octalactona	Lactona	18.895	12.786	18.895	13.588	18.91	15.099	18.924					
117	Gamma-selineno	Terpeno (Hidrocarburo)				18.681								
118	Gamma-terpineno	Terpeno (Hidrocarburo)						7.936		7.915	4.211	8.738		7.922
119	Gamma-undecalactona	Lactona		18.528								18.528		

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
120	Geranil acetona	Cetona	18.022	16.413		17.699					18.036	16.413	18.029	
121	Geranil geraniol	Terpeno (Oxigenado)		22.650										
122	Geranyl isobutyrate	Éster				19.662				21.646		18.26		
123	Hexanal	Aldehído		3.647			2.736	3.653		1.668		3.659		
124	Hexanoic acid, hexenyl ester	Éster						18.115						
125	Hexanoic acid, hexyl ester	Éster						18.229						
126	Hexanol	Alcohol	6.776											
127	Humuleno	Terpeno (Hidrocarburo)	13.953	16.559	13.96	17.821	13.882	19.726	13.974	19.712	13.96	16.547	13.96	19.032
128	Isoamyl hexanoate	Éster				13.359								
129	Isothujol	Terpeno (Oxigenado)										7.128		
130	Linalol	Terpeno (Oxigenado)			11.195				11.224					
131	Longifoleno (V4)	Terpeno (Hidrocarburo)			14.232	18.122				20.027		17.34	14.218	19.347
132	Metacrilato de etilo	Éster				3.882							2.979	3.889
133	Metil pentano	Hidrocarburo								1.611				
134	Miristato de etilo (tetradecanoato de etilo)	Éster				23.451							21.151	24.769

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
135	Miristato de metilo (tetradecanoat o de metilo)	Éster							20.572					
136	Nonanal	Aldehído	7.571		7.556			10.192	7.556	10.185	7.542		7.549	10.056
137	Ocimeno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.085		4.942		3.825		5.250		4.741		4.842	
138	O-cimeno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.343		5.379						5.314		5.293	
139	Octanal	Aldehído			5.816									
140	p-acetyl toluene	Cetona									16.317			
141	Palatinol A	Éster			25.314									
142	p-alfa-dimetil estireno	Hidrocarburo	8.351		8.337		8.259		8.359		8.344		8.337	
143	Palmitic acid, ethyl ester	Éster											23.96	
144	Palmitic acid, methyl ester	Éster							23.473					
145	p-cresol	Alcohol									21.668			
146	p-cymen-8-ol	Alcohol									17.957	11.323		
147	Pentano	Hidrocarburo								1.411				
148	Phenol 2-(2-methyl-2-propenyl)	Fenol			26.223									
149	Phthalic acid, isobutyl octadecyl ester	Éster												25.915

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
150	p-menth-8-en-2-ol	Alcohol	6.038											
151	p-mentha-1,3,8- triene	Terpeno (Hidrocarburo)			5.450						8.043	9.798		
152	Propanoic acid, 2-methyl-2-ethyl-3-hydroxyhexyl ether	Éter							18.308					
153	Silvestreno	Terpeno (Hidrocarburo)	4.197	8.116	4.347	8.051	4.011	8.208		8.194				8.194
154	Terpinoleno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.701	9.341	5.544	9.491	5.229	9.627	5.529	9.756	5.493	9.347	5.458	9.665
155	Tetradecanal	Aldehído						25.822						
156	Trans-2-(2-pentenyl) furan	Furano					5.845						5.880	
157	Trans-geraniol	Terpeno (Oxigenado)			17.979		17.986	14.992	18.000	14.985				
158	Verbenol	Terpeno (Oxigenado)	15.429			11.195								11.711
159	Verbenona	Terpeno (Hidrocarburo)	15.744	12.694	15.744	11.804	15.751	14.942					15.751	14.397
160	Viridifloreño	Terpeno (Hidrocarburo)			14.598		14.533	20.536		20.443			14.605	

Todos los compuestos identificados en los extractos de mangó

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
1	(-) Beta-pineno	Terpeno (Hidrocarburo)		7.600		7.270		7.284	3.975			7.213	3.975	7.048
2	(1R) Alfa-pineno	Terpeno (Hidrocarburo)	3.416	7.685	3.445	7.807	3.430	6.167	3.466	6.181	3.423		3.474	6.210
3	(E) 12-tetradecenal	Aldehído	14.612											
4	(E) 2-tetradecen-1-ol	Alcohol			9.662		9.670						9.684	
5	(Z) 2-dodecenol	Alcohol	9.67											
6	(Z) 3-nonen-2-ol	Alcohol		20.013										
7	(Z) Beta-farneseno	Terpeno (Hidrocarburo)					12.456							
8	1,3,8-p-menthatriene	Terpeno (Hidrocarburo)										10.457		8.015
9	11-dodecen-2-ona	Cetona											12.427	
10	1-buten-3-ona	Cetona		5.923						5.916		5.923		
11	1-dodecano	Hidrocarburo		13.108										
12	1-dodeceno	Hidrocarburo				13.093		13.108		13.094		13.108		13.108
13	1-hexadecanol	Alcohol		22.277						22.226		18.351		
14	1-tetradeceno	Hidrocarburo		18.351		18.351		18.358		18.358				18.358
15	2,5-di-tert-butylphenol	Acido Carboxilico (Fenol)	24.69											

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
16	2,6-dimethyl-3,5,7-octatriene-2-ol (E,E)	Alcohol							12.757					
17	2,6-nonadienal	Aldehído												11.819
18	2-Butenoic, hexyl ester	Éster						13.796						
19	2-isopropenyl-5-methyl hex-4-enal	Aldehído										12.671		
20	2-undecanona	Cetona		16.080		16.066		16.066				16.066		16.066
21	3,4-dimethyl pentanol	Alcohol					6.769							
22	3,4-dimetil estireno	Hidrocarburo aromático	8.215		8.222		8.237		8.273				8.226	
23	3-careno	Terpeno (Hidrocarburo)	3.71	7.793	3.681	7.700	3.660	7.793	3.710	7.671		7.750	3.846	7.686
24	Acoradieno	Terpeno (Hidrocarburo)			14.103				14.168					
25	Alfa-bulneseno	Terpeno (Hidrocarburo)										20.758		
26	Alfa-copaeno	Terpeno (Hidrocarburo)												18.065
27	Alfa-cubebeno	Terpeno (Hidrocarburo)												17.456
28	Alfa-felandreno	Terpeno (Hidrocarburo)		7.313				7.607						7.607
29	Alfa-guaiene	Terpeno (Hidrocarburo)										19.411		

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
30	Alfa-gurjuneno	Terpeno (Hidrocarburo)		18.817		18.817		18.824		18.824			10.185	18.817
31	Alfa-himachaleno	Terpeno (Hidrocarburo)	11.995								11.919		14.132	
32	Alfa-selineno	Terpeno (Hidrocarburo)											15.114	
33	Alfa-terpineno	Terpeno (Hidrocarburo)				7.879						7.886		7.886
34	Aloaromadendreno	Terpeno (Hidrocarburo)				19.884		19.891						19.884
35	Beta-cadineno	Terpeno (Hidrocarburo)						21.073				20.12		
36	Beta-chamigreno	Terpeno (Hidrocarburo)								20.056				
37	Beta-ciclocitral	Terpeno (Oxigenado)						14.075		14.068		14.075		14.075
38	Beta-elemeno	Terpeno (Hidrocarburo)				18.423				18.423				18.423
39	Beta-guaiene	Terpeno (Hidrocarburo)										21.13		
40	Beta-ionol	Alcohol										19.655		
41	Beta-ionona	Cetona						20.357	19.225			20.357	19.189	
42	Beta-mirceno	Terpeno (Hidrocarburo)		7.227		7.22		7.234		7.227		7.298		7.313
43	Beta-patchoulene	Terpeno (Hidrocarburo)	10.178		10.164		10.171							
44	Beta-selineno	Terpeno (Hidrocarburo)		20.4		20.393		20.393	15.006	20.393			14.985	20.4

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
45	Beta-terpinyl acetate	Éster	4.133		4.147									8.108
46	Butanoic acid, 3-hexenyl ester	Éster						12.972						
47	Camfeno	Terpeno (Hidrocarburo)												6.496
48	Caprato de etilo (decanoato de etilo)	Éster		18.459		18.451		18.459					13.595	18.452
49	Caprilato de etilo (octanoato de etilo)	Éster		13.323		13.316		13.323		13.308			8.309	13.316
50	Cariofileno	Terpeno (Hidrocarburo)		19.032	11.933	19.032	11.983	19.053	12.019	19.032		19.032	11.983	19.032
51	Cedrene	Terpeno (Hidrocarburo)							10.2					
52	Cis-beta-cimeno	Terpeno (Hidrocarburo)		8.609										
53	Cis-bicyclo [4.2.0] octane	Hidrocarburo					10.708							
54	Cis-geranyl acetone	Cetona	17.943				17.943						17.95	
55	Cis-p-ocimeno	Terpeno (Hidrocarburo)				8.631								
56	Copaeno	Terpeno (Hidrocarburo)		18.065		18.065		18.072		18.072		18.072	9.312	

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
57	Cosmeno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.379	11.231	5.379	11.224	5.386	11.238	5.415	11.217	7.936	11.238	5.393	11.238
58	Decanal	Aldehído		13.573		13.566		13.588	9.72	13.566		13.573		13.574
59	Delta-cadinene	Terpeno (Hidrocarburo)		21.073		21.073				21.073		21.073	15.93	21.073
60	Dibutyl phthalate	Éster					27.291		27.327		27.262			
61	Diisobutyl phthalate	Éster	27.291	26.675	27.269	26.675							27.305	26.675
62	D-limoneno	Terpeno (Hidrocarburo)	4.362		4.161		4.133		4.176			8.172	4.161	
63	E-2- tetradecen-1-ol	Alcohol									9.641			
64	Eremofileno	Terpeno (Hidrocarburo)				20.522								20.472
65	Etanol	Alcohol	1.54	1.274	1.532	1.353	1.511	1.325	1.504	1.346	1.489	1.353	1.489	1.346
66	Ethyl laurate (dodecanoato de etilo)	Éster		22.269		22.276		22.277	17.864	22.277			17.843	22.269
67	Gamma- gurjuneno	Terpeno (Hidrocarburo)			14.956		14.519				14.963	20.249	14.526	
68	Gamma- muurolene	Terpeno (Hidrocarburo)			9.257						9.283			
69	Gamma- selineno	Terpeno (Hidrocarburo)										20.178		
70	Gamma- terpineno	Terpeno (Hidrocarburo)		8.91		8.903		8.91				8.924		8.867
75	Gamma- terpinyl acetate	Éster									4.14			

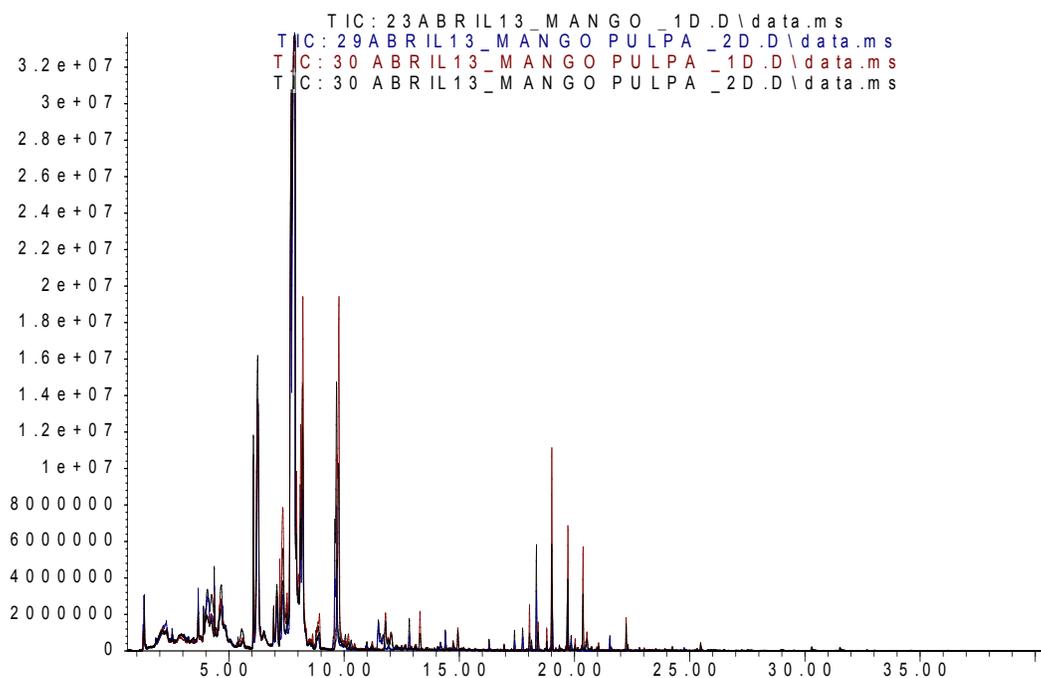
#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
76	Geranyl acetone	Cetona		19.648		19.648		19.655		19.655				19.648
77	Geranyl geraniol	Terpeno (Oxigenado)												26.231
78	Geranyl isobutyrate	Éster						21.682		21.682				
79	Hexadecanal	Aldehído						25.865						
80	Hexanoic acid, 3-hexenyl ester	Éster						18.144						
81	Humuleno	Terpeno (Hidrocarburo)	13.853	19.741	13.838	19.741	13.867	19.755	13.903	19.741	13.838	19.733	13.867	19.741
82	Linalyl butyrate	Éster						18.666		18.702				
83	Longifoleno (V4)	Terpeno (Hidrocarburo)				20.056								20.056
84	Methyl decyl ether	Éter	4.928		8.516		4.963		4.942		8.502		8.524	
85	Miristato de etilo (tetradecanoato de etilo)	Éster						25.514	21.123	25.521			21.109	25.521
86	Nonanal	Aldehído	7.435	10.155	7.427	10.171	7.435	10.185	7.463	10.178	7.413	10.192	7.478	10.193
87	O-cimeno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.307		5.307		5.307		5.343		5.307	8.022	5.315	
88	p-alfa-dimetil estireno	Hidrocarburo aromático									8.215			
89	Palmitic acid, ethyl ester	Éster							23.924					28.401

#	Compuesto	Clasificación	Irwin		Osteen		Jacqueline		Palmer		Pascual		T. Atkins	
			TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5	TR CW	TR HP-5
90	Patchoulene	Terpeno (Hidrocarburo)										20.392		
91	P-cymen-8-ol	Alcohol										12.929		
92	p-mentha- 1,3,8-triene	Terpeno (Hidrocarburo)		8.036		8.065				8.044				
93	Prodox 146	Acido Carboxílico (Fenol)		20.794	24.676	20.794	24.69	20.794	24.733	20.794	24.662		24.705	20.794
94	Silvestreno	Terpeno (Hidrocarburo)		8.165	4.268	8.158		8.165		8.151			4.297	8.18
95	Terpinoleno	Terpeno (Hidrocarburo)	5.472	9.748	5.472	9.734	5.472	9.756	5.501	9.741	5.501	9.798	5.479	9.756
96	Tetradecanal	Aldehído												24.282
97	Trans-2-(2- pentenyl) furan	Furano											5.783	
98	Trans-3-care- n-1-ol	Terpeno (Oxigenado)										8.359		
99	Trans-9- hexadecen-1- ol	Alcohol	8.516				8.516		8.552					
100	Trans-geranyl acetone	Cetona							17.986					
101	Undecanal	Aldehído								16.403				
102	Valeceno	Terpeno (Hidrocarburo)								20.529				

8.4 Ejemplos de Cromatogramas TIC (*T. Atkins*)

Análisis de Pulpa por HP-5 MS

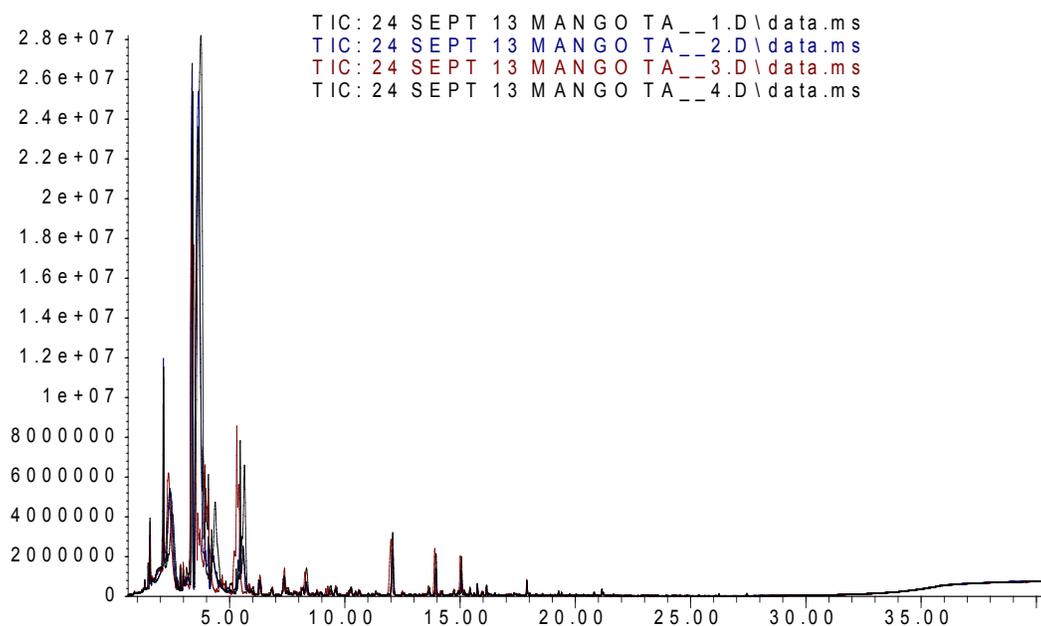
Abundance



Time -->

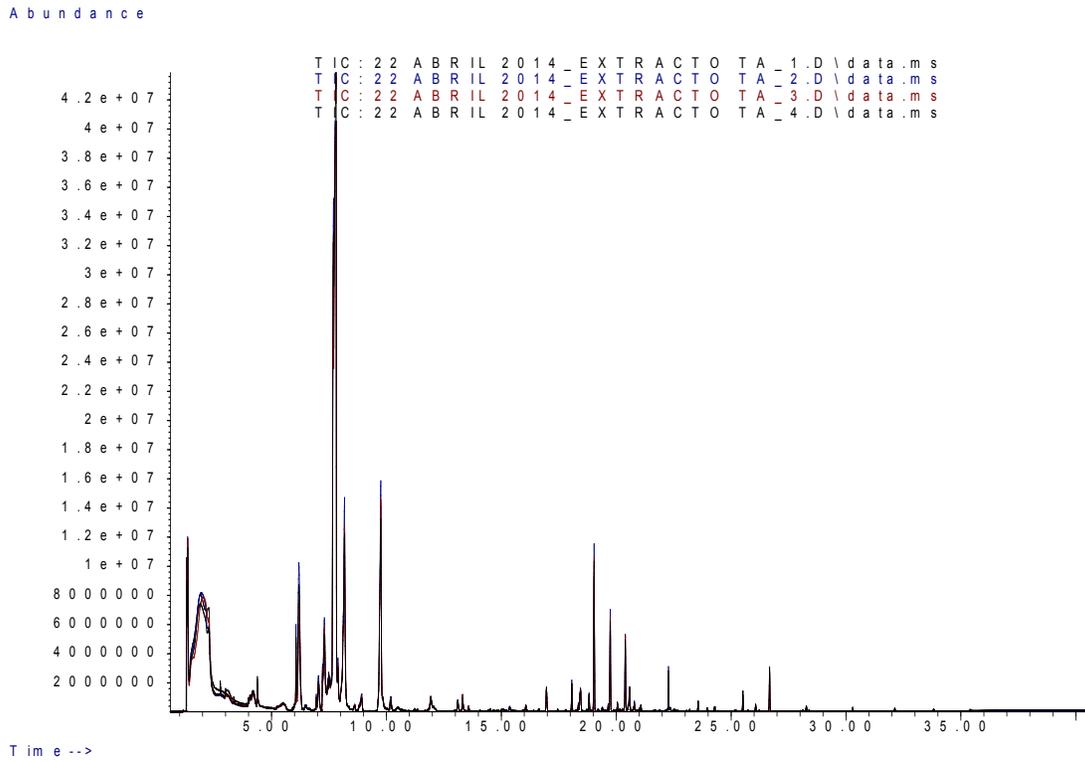
Análisis de Pulpa por Carbowax

Abundance

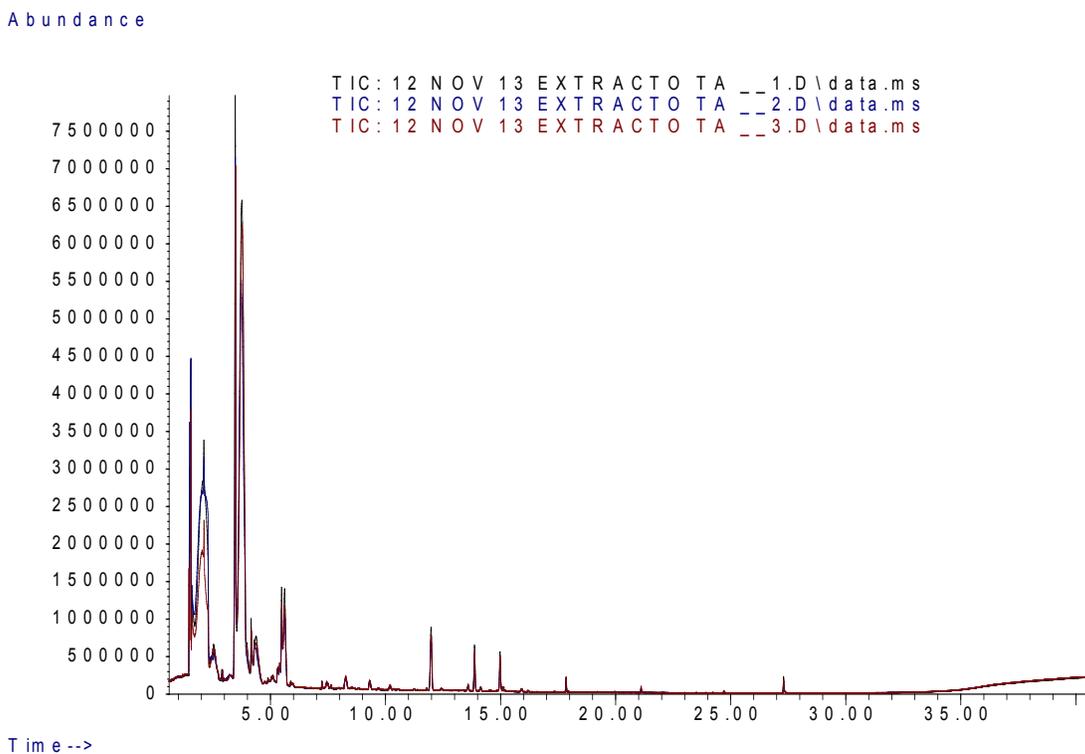


Time -->

Análisis de Extracto por HP-5 MS



Análisis de Extracto por Carbowax



8.5 Panel Sensorial: Hoja de Analista

Analista: _____

Fecha: _____

Hoja de Analista

Prueba de Valoración y Ordenamiento (I)

#Panelista	ORDEN	A	B	C	D	E	F	ORDEN
1	ACFDBE	238	291	196	551	811	492	ACFDBE
2	BADCEF	997	381	839	113	149	505	BADCEF
3	FACBDE	284	164	783	907	769	853	FACBDE
4	DFAEBC	188	165	632	680	713	740	DFAEBC
5	CADFEB	235	716	811	959	293	299	CADFEB
6	FECBDA	363	590	320	148	910	940	FECBDA
7	ADFBEC	908	698	247	495	482	201	ADFBEC
8	BFEDCA	487	240	168	174	828	353	BFEDCA
9	CDBAFE	417	413	485	788	975	970	CDBAFE
10	EFCDAB	381	379	259	660	380	821	EFCDAB
11	ECBFAD	749	674	789	117	321	636	ECBFAD
12	AFDCBE	310	677	217	862	328	699	AFDCBE
13	BAFCED	969	725	806	811	661	345	BAFCED
14	FBAEDC	835	290	338	313	173	493	FBAEDC
15	EABCDF	272	787	373	856	728	304	EABCDF
16	BDAFEC	701	647	664	957	692	783	BDAFEC
17	AEDCFB	413	349	372	326	937	621	AEDCFB
18	BFCEDA	849	926	366	724	887	415	BFCEDA
19	CABFDE	393	683	860	828	275	190	CABFDE
20	EABFDC	291	438	425	402	166	454	EABFDC
21	ADFCBE	365	812	488	647	923	134	ADFCBE
22	BAFDEC	444	383	865	706	729	978	BAFDEC
23	FECABD	736	621	117	522	701	550	FECABD
24	AFDECB	393	400	553	587	473	379	AFDECB
25	BADFEC	340	197	459	862	496	921	BADFEC

LEYENDA EXTRACTOS

A	IRWIN
B	OSTEEN
C	JACQUELINE
D	T. ATKINS
E	PALMER
F	PASCUAL

8.6 Panel Sensorial: Hojas de Panelistas

Universidad de Puerto Rico
 Recinto Universitario de Mayagüez
 Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Panelista: _____

Fecha: _____

Prueba de Valoración

Objetivo: Intensidad del aroma de mangó por variedad

Atributo: Aroma de mangó

Instrucciones:

Se le están entregando seis muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Escriba los números de las muestras en los espacios provistos de izquierda a derecha. Cuando se le indique, sumerja el “strip”, deje secar por 5 segundos y huela (**NO INGIERA**) la muestra, durante el tiempo asignado por el investigador. Evalúe colocando el número referente a la escala provista, bajo cada muestra. **NO EVALUE LA SIGUIENTE MUESTRA HASTA QUE EL INVESTIGADOR LE INDIQUE Y UTILICE EL CAFÉ PROVISTO ENTRE MUESTRAS PARA LIMPIAR EL OLFATO. No olvide dejar su comentario.**

Escala de Intensidad de Aroma

0	1	2	3	4	5	6	7
Nada a mangó	Ligerament e a mangó	Poco a mangó	Poco- Moderad o a mangó	Moderad o a mangó	Moderado -Mucho a mangó	Much o a mangó	Fuert e a mangó

# de muestra							
Evaluación							

Comentarios:

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Panelista: _____

Fecha: _____

Prueba de Ordenamiento (“RANKING”)
Objetivo: Mejor Aroma de mangó entre variedades
Atributo: Aroma de mangó

Instrucciones:

Se le están entregando seis muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Escriba los números de las muestras en los espacios provistos de izquierda a derecha. Cuando se le indique, huela cada una de las muestras (**FAVOR DE NO INGERIR LAS MUESTRAS**). Entre cada muestra, utilice el café provisto para limpiar su olfato. Evalúe el orden de preferencia, colocando un número entre 1-6 en el espacio provisto bajo cada muestra (los números no se pueden repetir). **El número 1 corresponde a la muestra de mayor preferencia (mejor aroma a mangó) y 6 a la de menor preferencia (peor aroma a mangó). No olvide dejar su comentario.**

# de muestra						
Categoría						

Comentarios:
