

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**EFFECTO DEL RANGO PUNTO DE EBULLICIÓN DEL ÉTER DE PETRÓLEO
EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE EXTRAÍDO
DEL GRANO DEL MANÍ (*Arachis hypogaea* L.)**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

SANDRA VIVIANA FLORIÁN GARCÍA

TRUJILLO - PERU
2014

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Dr. Antonio Rodríguez Zevallos
PRESIDENTE

Ms. Gabriela Barraza Jáuregui
SECRETARIO

Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna
VOCAL

Dr. Fernando Rodríguez Avalos.
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi **madre** desde el cielo, por ser el motor y lo más importante en mi vida sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi **padre**, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. A mi **tía Ada**, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A **Marco y Luis**, porque los amo infinitamente hermanitos y porque muchas veces se pusieron en el papel de padre.

A mi **novio Augusto**, que durante este tiempo ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi tesis. A mi **hijo Joaquín Fabiano** quien es mi motivación, inspiración y felicidad en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Al **Dr. Fernando Rodríguez Avalos** por brindarme su apoyo, constante dedicación, amistad y confianza por guiarme en la realización de mi tesis y por ser ejemplo de entrega y perseverancia.

A los miembros del jurado **Dr. Antonio Rodríguez Zevallos, Ms. Gabriela Barraza Jáuregui y Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna**, por sus observaciones y sugerencias objetivas.

Al **Ing. Heraldo De la Cruz Vaca** por apoyarme en la realización de algunos análisis en el laboratorio de investigación de la UPAO y por sus consejos.

A todos los profesores **de la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias** por las enseñanzas, consejos y aporte en la formación profesional.

INDICE GENERAL

	Página
CARÁTULA	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Maní	4
2.1.1. Definición y características.....	4
2.1.2. Usos	4
2.2. Extracción de aceite por solventes.....	5
2.3. Composición química del maní	6
2.4. Éter de petróleo	6
2.5. Método de extracción Soxhlet	6
2.6. Análisis fisicoquímicos de aceite de maní	7

2.6.1. Índice de peróxido.....	7
2.6.2. Índice de yodo.....	8
2.6.3. Índice de acidez.....	8
2.6.4. Índice de refracción.....	8
2.6.5. Color.....	9
III. MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1. Lugar, materia de estudio y equipos e instrumentos	10
3.1.1. Lugar de estudio.....	10
3.1.2. Materia de estudio.....	10
3.1.3. Reactivos.....	10
3.1.4. Equipos e instrumentos de laboratorio	11
3.2. Método experimental para la extracción del aceite de maní	11
3.2.1. Esquema experimental para la extracción del aceite de maní	11
3.2.2. Fraccionamiento del éter de petróleo	11
3.2.3. Procedimiento para la extracción del aceite de maní	12
3.3. Método de análisis	12
3.4. Métodos estadísticos	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. RECOMENDACIONES	25
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	26
VIII. ANEXOS	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del aceite de maní.....	6
Cuadro 2. Relación del rango del punto de ebullición del éter de petróleo y las características fisicoquímicos del aceite de maní.....	19
Cuadro 3. Relación del rango del punto de ebullición del éter de petróleo y el rendimiento del aceite de maní.	22

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. Esquema experimental para la extracción con solvente del aceite de maní.....	13
Figura 3. Diagrama de flujo para la extracción del aceite de maní	14

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Humedad del maní	31
Anexo 2. Índice de peróxido del aceite de maní.....	31
Anexo 3. Índice de yodo del aceite de maní	32
Anexo 4. Índice de acidez del aceite de maní	33
Anexo 5. Índice de refracción del aceite de maní.....	34
Anexo 6. Color del aceite de maní	35
Anexo 7. Rendimiento del aceite de maní	36
Anexo 8. Análisis estadísticos del índice de peróxido del aceite de maní.....	37
Anexo 9. Análisis estadísticos del índice de yodo del aceite de maní	38
Anexo 10. Análisis estadísticos del índice de acidez del aceite de maní	39
Anexo 11. Análisis estadísticos del índice de refracción del aceite de maní ..	40
Anexo 12. Análisis estadísticos del color del aceite de maní	41
Anexo 13. Análisis estadísticos del rendimiento del aceite de maní	42

RESUMEN

Las propiedades fisicoquímicas de los aceites extraídos de semillas dependen del tipo de solvente usado con el método Soxhlet. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del rango del punto de ebullición del éter de petróleo sobre el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del aceite extraído del grano del maní (*Arachis hypogaea* L.). Los granos de maní fueron secados en la estufa a 60 °C, hasta peso constante; luego, fueron sometidos a extracción del aceite mediante el método Soxhlet, utilizando fracciones de éter de petróleo con diferentes rangos del punto de ebullición (40 – 50, 50 – 60 y 40 – 60 °C).

En el aceite extraído, se determinaron los índices de peróxidos, de yodo, de acidez y de refracción, así como también, el índice fotométrico del color y el rendimiento. Para el análisis estadístico se realizaron cuatro repeticiones; y se aplicó la prueba de Levene, análisis de varianza y la prueba de Duncan.

El aceite extraído con el éter de petróleo con rango del punto de ebullición de 50 – 60 °C presentó los mejores valores de los índices de peróxidos (4,54 meqO₂/kg), de yodo (101,1 gl₂/100 g), de acidez (0,65% ácido oleico) y de refracción, a 25 °C, (1,4632); así como también el índice fotométrico del color (7,0383) y el rendimiento (57,0%). Todos los valores indican que el aceite extraído es apto para fines de alimentación.

ABSTRACT

The physicochemical properties of oils extracted from seeds depend on the type of solvent used with the Soxhlet method. The aim of this study was to evaluate the effect of boiling point range of petroleum ether on the yield and the physicochemical properties of the extracted oil of peanut (*Arachis hypogaea* L.) grains, which were dried in the oven at 60 °C to constant weight (5,2% moisture); then, they were subjected to oil extraction by Soxhlet method using petroleum ether fractions with different boiling point ranges (40-50, 50-60 and 40-60 ° C).

In the extracted oil, the yield and the indexes of peroxides, of iodine, of acidity, and of refraction were determined, as well as, the photometric color index. Four repetitions were carried out for statistical analyzes; and the Levene test, analysis of variance, and Duncan test were applied.

The oil extracted with petroleum ether with boiling point range of 50-60 °C showed the best indexes values of the yield (57.0%), of peroxides (4.54 meqO₂/kg), of iodine (101.1 gl₂/100g), of acidity (0.65% oleic acid), and of refraction at 25 °C (1.4632); as well as, the photometric color index (7.0383). All results show that the extracted oil can be used in food applications.

I. INTRODUCCION

La caracterización de los aceites vegetales ha sido objeto de estudios académicos y de interés comercial durante muchos años. Tales estudios muestran una amplia variedad de composición de ácidos grasos, que se asocia con las características y propiedades de los aceites (Gunstone y Otros, 1994).

Los aceites comestibles representan uno de los principales requisitos de la dieta humana. Se obtienen, generalmente, a partir de semillas oleaginosas por extracción, que se puede realizar por uno de tres métodos: extracción con solvente, prensado mecánico y por preimpresión - extracción con solvente.

La extracción con solvente tiene la ventaja sobre los métodos mecánicos en el mayor porcentaje de extracción del aceite de la semilla. El porcentaje de aceite que queda en el residuo de la extracción por solvente generalmente no supera el 1%, en tanto que para los rangos de presión mecánica es entre 4-7% (Megahed, 2001).

Lafont y otros (2011) evaluaron diversos métodos de extracción de aceites de semillas, como en el caso de la almendra (*Anacardium occidentale* L.), mediante la extracción con hexano por reflujo (Soxhlet). Concluyeron que los aceites obtenidos por prensado y Soxhlet mostraron buenas características organolépticas y excelentes propiedades fisicoquímicas; y que cumplieron con las normas internacionales para aceites utilizados en la industria de jabones y cosméticos. El mejor rendimiento fue de $77.88 \pm 1.57\%$, esto, tal vez, debido a que el hexano, al no poseer grupos funcionales en su estructura química, facilitó la liberación y recuperación del aceite durante el proceso.

Lafont y otros (2010) obtuvieron el aceite, amarillo – rojizo, de la semilla de copaiba (*Copaifera officinalis* L.). El porcentaje de rendimiento, fue $3.18 \pm 0.12\%$; con éter de petróleo, el rendimiento fue $2.84 \pm 0.13\%$, el aceite obtenido con este solvente fue de coloración verdosa; el menor porcentaje de $2.47 \pm 0.13\%$ fue obtenido con acetato de etilo.

Restrepo y otros (2012) evaluaron el aceite del maní por fluidos supercríticos, prensado y Soxhlet. A los aceites obtenidos se les realizaron pruebas de calidad. El aceite de maní extraído por fluidos supercríticos presentó valores de $90,18 \pm 1,15$; $16,87 \pm 1,15$ para índice de peróxido (meqO_2/kg) e índice de acidez (% ácido oleico), respectivamente. En el caso del método Soxhlet, se tomó en cuenta el Índice de yodo (mgI_2/g), índice de peróxido (meqO_2/kg), índice de acidez (% ácido oleico), obteniendo los siguientes resultados: $77,85 \pm 2,1$; $31,66 \pm 2,47$; $1,68 \pm 0,14$, respectivamente.

La siembra de maní ocurrió hace, por lo menos, 4000 años en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia. Probablemente, antes de la época colonial el maní llegó a China. En el siglo XVI, entró a África, donde se desarrolló un segundo centro genético y de ahí se extendió hacia todo el continente asiático. Actualmente, se cultiva en todos los países tropicales y subtropicales (Naturland y otros, 2000).

Las oleaginosas tienen un rol importante dentro de la economía mundial, no solo en lo que se refiere a las semillas, sino también a sus derivados como es el caso de la pasta y el aceite de maní. La calidad del aceite de maní es equiparable al aceite de oliva, por lo cual, el precio es mayor que el de otros aceites vegetales. Pese a esta situación, en México la producción de aceite de maní es relativamente baja. Se considera que existe un mercado de aceite de maní, que podría ser una alternativa para los productores de esta semilla en México y, así, vender el producto con

un mayor valor agregado, e incrementar sus volúmenes de producción (Cárdenas y Camacho, 2007).

El problema planteado en la presente tesis fue: ¿Cuál es el efecto de tres rangos del punto de ebullición del éter de petróleo (40-60, 40-50, 50-60 °C) sobre los índices de peróxido, de yodo, de acidez, de refracción; el color y el rendimiento del aceite extraído del maní (*Arachis hypogaea* L.)?; con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de tres rangos del punto de ebullición del éter de petróleo (40-60, 40-50, 50-60 °C) sobre los índices de peróxido, de yodo, de acidez, de refracción; el color y el rendimiento del aceite de maní (*Arachis hypogaea* L.)
- Determinar el rango del punto de ebullición del éter de petróleo que permite obtener los valores más adecuados en los índices de peróxido, de yodo, de acidez, de refracción, el mejor color y el mayor rendimiento del aceite de maní (*Arachis hypogaea* L.).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Maní

2.1.1 Definición y características

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una planta originaria de Perú, cuyas evidencias se encuentran en los departamentos de Ayacucho, Ancash, La Libertad y Lambayeque, donde fueron encontradas representaciones de los frutos de esta planta, en forma de collares de oro y plata en los restos arqueológicos de la tumba del Señor de Sipán, en Huaca Rajada, en la costa del departamento de Lambayeque, con antigüedad de más de 5,000 años (Gillier, 2007).

El maní pertenece a la familia de las Papilionáceas, es una planta anual herbácea, erecta, ascendente de 15-70 cm de alto con tallos ligeramente filamentosos, con ramificaciones desde la base que desarrolla raíces cuando dichas ramas tocan el suelo. Las hojas son uniformemente pinadas con 2 pares de folíolos, los folíolos son oblongos, ovados de 4-8 cm de largo, obtusos, o ligeramente puntiagudos en el ápice, con márgenes completos. Las estipulas son lineares puntiagudas, grandes, prominentes y llegan hasta la base del pecíolo (Cárdenas y Camacho, 2007).

2.1.2 Usos

El valor alimenticio del maní es importante, por cuanto, además de ser rico en fibra, contiene trece vitaminas y veintiséis minerales, muchos de los cuales no se encuentran en la alimentación moderna. Medio kilogramo de maní contiene más proteínas, minerales y vitaminas que medio kilogramo de bistec de hígado (Cárdenas y Camacho, 2007).

El maní tiene otros usos, además de servir directamente de alimento. A lo largo y ancho de Asia constituye una importante materia prima de la que

se obtiene un aceite de cocina que tolera temperaturas muy elevadas y no absorbe los sabores de sus frituras (Campo, 2000).

2.2 Extracción de aceite por solventes

En el proceso de extracción con solvente, la semilla o la torta convenientemente pre-tratada se somete a la acción de un solvente para separar la grasa residual. Se han utilizado diversos tipos de solventes, tales como:

- Solvente polar: Es una sustancia cuya molécula presenta un polo positivo y otro negativo separados por una cierta distancia. El ejemplo clásico de solvente polar es el agua. Los alcoholes de baja masa molecular también pertenecen a este tipo. Los disolventes polares se pueden subdividir en:
 - Solventes polares próticos: contienen uno o más grupos -OH o del -NH. Ejemplo: Agua, etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) y ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$).
 - Solventes polares apróticos: Carecen de grupo -OH y -NH. Ejemplo: Acetona, tetrahidrofurano.
- Solvente no polar: Es una sustancia orgánica que carece de polo positivo y negativo en sus moléculas. Esto no implica que algunos de sus enlaces sean polares, sino que depende de la geometría de sus moléculas. Algunos disolventes de este tipo son el dietil éter, cloroformo, benceno, tolueno, xileno, cetonas, hexano, éter de petróleo, ciclohexano, tetracloruro de carbono (Gonzalez, 2004).

2.3 Composición química del maní

En el Cuadro 1, se reporta la composición química del maní. Se destaca el importante contenido de aceite y de proteína.

Cuadro 1. Composición química del maní

Componente	Porcentaje
Proteína	31
Hemicelulosa	6,8
Celulosa	4,76
Pectina	1,19
Almidón	3,74
Lipasas	0,51
Humedad	2
Extracto libre de nitrógeno	5
Aceite	45

Fuente: Cárdenas y Camacho (2007).

2.4 Éter de petróleo

El éter de petróleo es una mezcla líquida de las fracciones ligeras del petróleo, compuestas principalmente de pentanos (C_5H_{12}) y hexanos (C_6H_{12}). Las fracciones de destilación del éter de petróleo están comúnmente disponibles como productos comerciales, en función del rango de la temperatura de ebullición: 30 a 40 °C, 40 a 60 °C, 60 a 80 °C, 80 a 100 °C, 80 a 120 °C y, a veces, 100 a 120 °C. La fracción 60 a 80 °C se utiliza a menudo como sustituta del hexano (Restrepo, 2008).

2.5 Método de extracción Soxhlet

El extractor Soxhlet o simplemente Soxhlet (en honor a su inventor Franz von Soxhlet) es de vidrio utilizado para la extracción de sustancias, generalmente, de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, por

medio de un solvente. El sistema de extracción Soxhlet ha sido ampliamente utilizado en la extracción de aceite de semillas. El sistema se compone de un balón donde se encuentra un solvente orgánico que es calentado hasta ebullición, un tubo de extracción soxhlet, donde se coloca la muestra, la cual, va contenida en un cartucho de celulosa y un condensador. Después de evaporarse, el solvente orgánico es condensado y cae al tubo Soxhlet, en el cual extrae el aceite contenido en la muestra hasta que el tubo se llena; cuando el tubo está lleno de solvente, este es sifonado hasta el balón que contiene el resto de solvente y se repite el proceso.

2.6 Análisis fisicoquímicos del aceite de maní

2.6.1 Índice de peróxido

El Índice de peróxido se define como los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de grasa, tal y como se determina en un procedimiento volumétrico para medir la cantidad de grupos peróxidos o hidroperóxidos. A una cantidad conocida de grasa o de aceite, se le añade un exceso de yoduro de potasio, el cual reacciona con los peróxidos contenidos en la muestra. El yodo liberado se determina volumétricamente con una disolución de tiosulfato de sodio, previamente valorada frente a un patrón, utilizando como indicador la disolución de almidón. Para determinar el índice de peróxidos, se utiliza la cantidad calculada de yoduro de potasio necesaria para reaccionar con los peróxidos presentes (Ziller, 1996).

2.6.2 Índice de yodo

Se relaciona con las insaturaciones (doble enlaces) en los ácidos grasos que conforman un triglicérido. Los ácidos grasos no saturados son líquidos a temperatura ambiente. El índice de yodo está relacionado con el punto de fusión o dureza y densidad de la materia grasa y se define como los gramos de yodo que pueden fijar bajo ciertas condiciones en 100 gramos de grasa. El índice de yodo es una propiedad química relacionada con la insaturación, con el índice de refracción y con la densidad: (a mayor índice de yodo, mayor índice de refracción y mayor densidad). Este ensayo se determina según la norma COVENIN 324:2001.

2.6.3 Índice de acidez

El índice de acidez (IA) refleja la cantidad de ácidos grasos hidrolizados a partir de los triglicéridos. El grado de acidez es el porcentaje en peso expresado en función de un ácido graso específico (el oleico). El índice de acidez se define como los miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 g de aceite. Se analiza volumétricamente una muestra líquida de grasa disuelta en etanol del 95% neutralizado, con hidróxido de sodio valorado, hasta el punto final de la fenolftaleína. Se usan el volumen y la normalidad del hidróxido de sodio consumido, junto con el peso de la muestra, para calcular el índice de acidez (Fennema, 1993).

2.6.4 Índice de refracción

El índice de refracción (IR) se define como la relación entre la velocidad de la luz en el aire (técnicamente, un vacío) y la velocidad de la luz en el aceite. El IR está relacionado con el grado de saturación; el IR disminuye linealmente conforme disminuye el índice de yodo. El IR se utiliza también como una medida de la pureza y como un medio de identificación, puesto que cada sustancia presenta un IR característico. Sin embargo, el IR es

influido por factores, como el contenido en ácidos grasos libres, la oxidación, calentamiento de la grasa y el aceite (Nielsen 2003).

2.6.5 Color

Nielsen (2003) indica que los aceites y las grasas procedentes de diferentes fuentes difieren en su color. Pero si el aceite refinado es más oscuro de lo esperado esto es señal de un refinado inadecuado o de un fraude. El método espectrofotométrico es un método para medir el color de las grasas y los aceites, también se usa el método colorimétrico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar, materia de estudio y equipos e instrumentos

3.1.1 Lugar de estudio

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ciencias de los Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.1.2 Materia de estudio

Mani (*Arachis hypogaea*), var. peruviana (Krapovickas, 1995), adquirido en el mercado La Hermelinda, de Trujillo-Perú.

3.1.3 Reactivos

- Éter de petróleo (punto de ebullición 40-60 °C)
- Cloroformo.
- Ácido acético.
- Tiosulfato de sodio 0.1 y 0.01 N.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Ioduro de potasio (KI)
- Almidón 1%
- Etanol al 95 %
- Fenolftaleína 1% en etanol.

3.1.4 Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza Analítica. Marca Mettler Toledo. Capacidad 0 – 210 g, sensibilidad 0.0001 mg.
- Refractómetro. Marca Thomas Scientific, rango: 0-32 a 20 °C.
- Espectrofotómetro (Marca Spectronic, λ : 325 - 1100 nm, aprox = 1 nm).
- Equipo de extracción Soxhlet, marca Glassware Germany Company, volumen 100 mL
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Buretas con llave de teflón de 50 mL
- Pipetas de 10 mL y 25 mL.

3.2 Método experimental

3.2.1 Esquema experimental

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental para la extracción del aceite de maní usando éter de petróleo con rangos de puntos de ebullición de 40-50 °C, 50-60 °C y 40-60 °C. La variable independiente fue el rango del punto de ebullición del éter de petróleo. Las variables dependientes fueron el índice de peróxido, el índice de iodo, el índice de acidez, el índice de refracción, el color y el rendimiento.

3.2.2 Fraccionamiento del éter de petróleo

El éter de petróleo con rango de punto de ebullición de 40-60 °C fue fraccionado en los rangos de 40-50 °C y 50-60 °C, en un equipo de destilación simple, al que se le adaptó una columna Vigreux, para

disponer de una altura de destilación de 34.5 cm. El fraccionamiento se realizó a presión ambiente.

3.2.3 Procedimiento para la extracción del aceite de maní

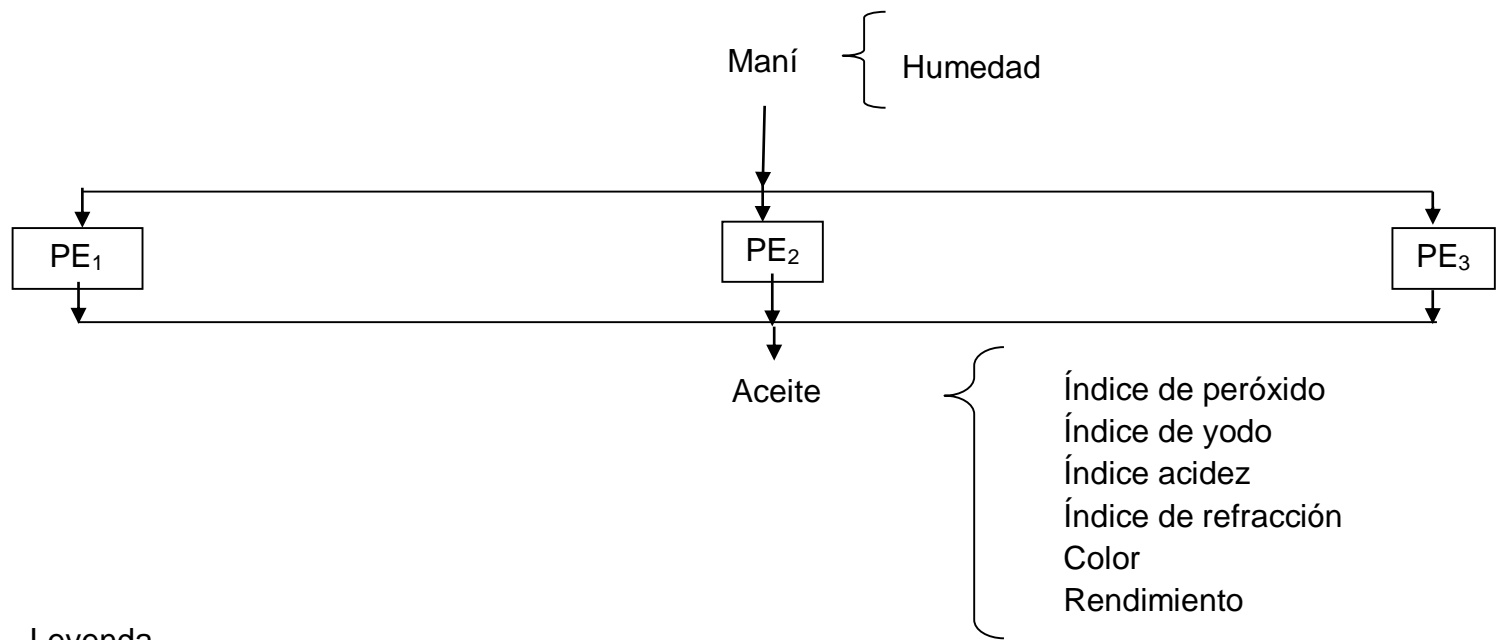
En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la extracción del aceite de maní.

- Pesado. Se pesó un aproximado de 200 g de granos de maní.
- Secado. Los granos de maní fueron secados en estufa a 60 °C, hasta peso constante.
- Molienda. Se realizó con una licuadora, para convertir los granos de maní en pequeñas partículas, a fin de facilitar la extracción del aceite.
- Extracción. La extracción del aceite se realizó con un equipo Soxhlet de 250 mL. La muestra, se colocó envuelta en papel de filtro en el extractor del equipo. En el balón se añadió el éter de petróleo con determinado rango del punto de ebullición (40-50 °C ó 50-60 ° ó (40-60 °C), según el caso. El calentamiento se realizó con una manta eléctrica, durante seis horas (50 ciclos).

3.3 Métodos de análisis

3.3.1 Humedad del maní

Se utilizó el método gravimétrico. Se pesó la muestra (W_m) y se colocó en una cápsula seca y pesada (W_i) que, luego, se introdujo en una estufa, a la temperatura de 60 °C. Posteriormente, fue retirada y pesada, se volvió a introducir la cápsula a las mismas condiciones, se retiró y se pesó hasta un valor de peso constante (W_f). El contenido de humedad se calculó mediante (Lafont y otros, 2011).



Leyenda

PE₁: Rango del ebullición del éter de petróleo, 40-60 °C

PE₂: Rango del ebullición del éter de petróleo, 40-50 °C

PE₃: Rango del ebullición del éter de petróleo, 50-60 °C

Figura 1. Esquema experimental para la extracción aceite de maní

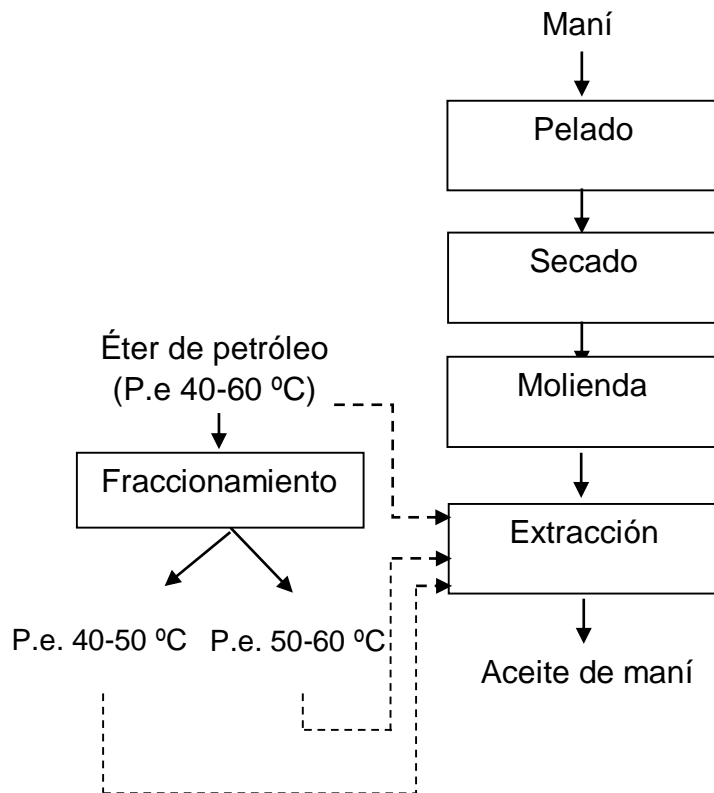


Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción del aceite de maní

$$\% H = \left[\frac{W_i - W_f}{W_m} \right] \times 100\%$$

donde: W_i = peso de la cápsula + peso de la muestra húmeda

W_f = peso de la cápsula + peso del residuo seco

W_m = peso de la muestra húmeda

3.3.2 Caracterización fisicoquímica del aceite de maní

La caracterización fisicoquímica del aceite de maní se realizó de acuerdo a los métodos oficiales descritos por COVENIN (2001) y Nielsen (2003).

Índice de peróxido: Se pesó, aproximadamente, 1 g de aceite en un Erlenmeyer de 250 mL con tapa esmerilada y se diluyó en una solución de ácido acético-cloroformo 3:2. Se agregó 1 mL de solución saturada de KI, se tapó el frasco, se agitó ligeramente, se adicionó 50 mL de agua desionizada y 0,5 mL de almidón al 1% (la solución de torna en un azul oscuro). A continuación, se tituló con una solución de tiosulfato de sodio 0,01 N hasta que se torne incolora. El procedimiento fue repetido con una muestra en blanco (COVENIN 325, 2001).

Para el cálculo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$IPO = \frac{N \times (V - V1) \times 1000}{P}$$

Donde:

IPO: Índice de peróxido (meq de O₂/ kg aceite)

N: Normalidad del tiosulfato de sodio, 0,01 N (Eq-g/ L)

V: Gasto de tiosulfato de sodio 0,01 N en la titulación de la muestra (mL)

V1: Gasto de tiosulfato de sodio 0,01 N, en la titulación del blanco (mL)

P: Peso de la muestra (g)

Índice de yodo: Se pesó aproximadamente 0,40 g de aceite. Se añadió 10 mL de cloroformo y 15 mL de reactivo Wijs. A otro Erlenmeyer con tapa esmerilada se añadió 10 mL de cloroformo y 15 mL de reactivo Wijs, pero no el aceite (blanco). Se taparon los Erlenmeyers, se agitó suavemente y se dejó en reposo, en la oscuridad, durante 45 minutos. A continuación, se añadió a cada uno de los Erlenmeyers 10 mL de KI 15% (p/v), 50 mL de agua destilada y 1 mL de almidón 1%. Se homogenizó y se tituló con tiosulfato sódico 0,1 N, que se adicionó lentamente bajo agitación vigorosa hasta la desaparición del color azul (COVENIN 324, 2001).

$$II = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

Donde:

II: índice de yodo (g I₂/100g)

B: Gasto de tiosulfato de sodio 0,1 N en la titulación del blanco (mL)

S: Gasto de tiosulfato de sodio 0,1 N en la titulación de la muestras (mL)

N: Normalidad del tiosulfato sodio 0.1 N

G: Peso de la muestra (g)

Índice de acidez. En un Erlenmeyer de 250 mL, se pesó 2.5 g de aceite y se disolvió en 50 mL de etanol 95% v/v, previamente neutralizado y calentado. A continuación se añadió 4 gotas de fenolftaleína al 1% en etanol y se tituló con solución valorada de NaOH 0.01 N hasta el viraje del indicador de incoloro a rosado (COVENIN 325, 2001).

$$\% IA = \frac{V \times N \times 282}{10W}$$

Donde:

% IA: Porcentaje de ácidos grasos libres (g/100 g), expresados como ácido oleico.

V: Gasto de NaOH 0,01 N (mL)

N: Normalidad de NaOH 0,01 N

282: Peso equivalente del ácido oleico

W: Masa de la muestra (g)

Índice de refracción. Se ajustó la temperatura del refractómetro a 20 °C para el caso del aceite. Se colocó dos gotas en el prisma inferior, se juntó los prismas y se apretó firmemente con la cabeza del tornillo. Se esperó 1 – 2 minutos, para que la muestra alcance la temperatura del refractómetro. Se ajustó e iluminó el refractómetro para obtener la lectura más clara y, después, se registró el índice de refracción (AOCS, 1998).

Color. Se utilizó el método espectrofotométrico. La muestra, a 25-30 °C, se introdujo en una cubeta y se registró la absorbancia a las longitudes de onda: 460, 550, 620 y 670 nm. El color se calculó con la ecuación (Nielsen, 2003);

$$\text{Color} = 1,29(A_{460}) + 69,7(A_{550}) + 41,2(A_{620}) - 56,4(A_{670}).$$

Rendimiento. Para obtener el porcentaje de rendimiento de cada extracción con el éter de petróleo se utilizó la siguiente ecuación:

$$R (\%) = \frac{\text{Peso del aceite extraído}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

R (%): porcentaje de rendimiento.

Aceite extraído = Peso (balón + aceite) – (peso balón vacío)

3.4 Métodos estadísticos

Esta investigación correspondió a un arreglo monofactorial de tres rangos del punto de ebullición del éter de petróleo, para la extracción de aceite de maní con cuatro repeticiones. Se aplicó las pruebas paramétricas de análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas; también, la prueba de Duncan, para la formación de grupos. Los datos fueron procesados con el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 17.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Humedad del maní

La humedad del maní fue de 5,1 - 5,2%, valor cercano encontrado por Ozcan y Seven (2003), quienes reportan 5,59 - 6,00% y, también, con el de Pascual y otros (2006), quienes reportaron 4,52 - 5,80% (Anexo 1).

4.2 Características fisicoquímicas del aceite de maní

En el Cuadro 2, se muestran los promedios de las características fisicoquímicas del aceite de maní relacionados con el rango del punto de ebullición del éter de petróleo.

Cuadro 2. Relación del rango del punto de ebullición del éter de petróleo y características fisicoquímicos del aceite de maní

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	Índice de peróxido (meq O ₂ /kg)	Índice de yodo (gl ₂ /100g)	Índice de acidez (%oleico)	Color	Índice de refracción
40-50	2,7273	93,1831	0,5885	1,7233	1,4725
50-60	4,5429	101,0977	0,6453	7,0383	1,4632
40-60	6,6884	97,7328	0,8508	6,4432	1,4620

En el Cuadro 2, se observa que el aceite obtenido con el éter de petróleo destilado de 40-50 °C presentó las mejores características fisicoquímicas en

comparación con el aceite extraído con el éter de petróleo de 40-60 °C. Los valores del índice de peróxido, índice de yodo, índice de acidez y color disminuyeron significativamente, en tanto que el índice de refracción no lo hizo notablemente.

Las características fisicoquímicas, índice de peróxidos e índice de acidez, encontradas en el aceite obtenido con el éter de petróleo destilado a 50-60 °C, en comparación con el éter de petróleo 40-60 °C, disminuyeron; sin embargo, el índice de yodo y el color aumentaron, debido a la mayor concentración de fracciones pesadas del éter de petróleo.

En el Cuadro 2, se observa que el aceite de maní extraído con éter de petróleo destilado a 40-50 °C, presentó el menor valor de índice de peróxido (2,723 meq O₂/kg aceite) y el éter de petróleo destilado a 40-60 °C presentó el mayor valor (6,6884 meq O₂/kg aceite). El índice peróxido es un indicador del nivel de la degradación oxidativa. Un sabor rancio, a menudo, es notable cuando el índice de peróxido es de entre 20 y 40 meq O₂/kg de aceite (Ekwenye, 2006). Un valor bajo de índice de peróxido no indica que el aceite es bueno, sino que solo indica el estado actual de la oxidación de una muestra de aceite y no el potencial de oxidación (Frank y otros, 2011).

Los estudios han demostrado que el índice de peróxido aumenta casi linealmente con el aumento del tiempo de almacenamiento, los métodos de extracción y la cantidad de ácidos insaturados (Aletor y otros, 1990; Frank y otros, 2011). Los valores encontrados estuvieron dentro del rango establecido por el Codex Alimentarius 210, (2011), donde se precisa que el índice de peróxido para el aceite de maní es 10 meq O₂/kg aceite.

El índice de yodo es una medida de las insaturaciones en las moléculas del aceite, su presencia se debe a mecanismos propios de la planta, para fijar dobles enlaces, siendo el principal precursor de los nuevos ácidos grasos, que son afectados también por factores ambientales de pre cosecha como luz, temperatura, riego, constituyentes del suelo, daños físicos y ataque de plagas (Jimenez y otros, 2001). En el presente caso, el índice de yodo estuvo comprendido en el rango de 93,1831 $\text{gl}_2/100\text{g}$ de aceite (40-50 °C) a 101,0977 $\text{gl}_2/100\text{g}$ de aceite (50-60 °C), valores que se encuentran dentro del límite máximo establecido por el Codex Alimentarius 210 de 86-107 $\text{gl}_2/100\text{g}$.

El índice de acidez estuvo comprendido en el rango de 0,5885% de ácido oleico (40-50 °C) a 0,8508% de ácido oleico (40-60 °C). El contenido del índice de acidez es el criterio más utilizado para determinar la calidad del aceite crudo de maní, el contenido de ácidos grasos libres no debe exceder del 5% como ácido oleico (CODEX 210, (2011). La acidez se origina con la hidrólisis de los triglicéridos, bajo la acción de la lipasa en el mesocarpio del maní. Esta enzima se activa en la madurez, en hematomas o hiriendo la fruta o, en cierta medida, por la contaminación microbiana (Ebonguea y otros, 2006).

El aceite extraído con las fracciones del éter de petróleo a 50-60 °C y 40-60 °C tuvo valores del índice de refracción de 1,4632 y 1,4620, respectivamente, que se encuentran en el límite máximo establecido por el Codex Alimentarius (para el maní es 1,460-1,465. El aceite extraído con la fracción del éter de petróleo de 40-50 °C presentó un valor del índice de refracción de 1,4725, el cual se encuentra fuera del límite máximo establecido por el Codex alimentarius.

El aceite extrído con éter de petróleo con punto de ebullición de 50-60 °C tuvo el mejor color, debido a las mayores concentraciones de dobles enlaces; es decir, con condiciones estructurales que absorben mayor energía. El aceite extraído cob éter de petróleo de 40-50 °C, que presenta las fracciones más livianas del éter de petróleo, presenta menor color debido a que no presenta muchos grupos voluminosos que absorban energía.

El aceite de maní debe ser lo suficientemente ligero como para satisfacer al consumidor, además el precio del aceite se determina, hasta cierto punto, por su color, por lo tanto de mejor calidad sería el aceite obtenido con el éter de petróleo destilado a 50-60 °C (Megahed, 2001).

4.3 Rendimiento del aceite de maní

En el Cuadro 3, se muestran los promedios de los rendimientos del aceite de maní relacionados con el rango del punto de ebullición del éter de petróleo.

Cuadro 3. Relación del rango del punto de ebullición del éter de petróleo y el rendimiento del aceite de maní.

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	Rendimiento (%)
40-50	63,5
50-60	57,0
40-60	74,3

Se observa que el menor rendimiento obtenido fue con el éter de petróleo con punto de ebullición de 50-60 °C y el mayor rendimiento fue el del rango del punto de ebullición de 40-60 °C.

El menor rendimiento de aceite extraído fue con el éter de petróleo con punto de ebullición de 50-60 °C (57,03%); esta fracción del solvente contiene los componentes con mayor impedimento estérico, lo que obstaculiza el contacto entre las moléculas del aceite y las de los componentes componentes del éter de petróleo. En forma similar, Lafont y otros (2011) aplicaron el método Soxhlet para la extracción de aceite de almendra, usando éter de petróleo, y obtuvieron un rendimiento de $(60,49 \pm 0,78)\%$.

Los resultados de la presente investigación concuerdan con Pascual y otros (2006), quienes reportaron en los aceites crudos de maní: índice de peróxido relativamente bajos (1,14 a 2,81 meq O₂/kg aceite), índice de yodo entre 88,452 y 98,586 gl₂/100g de grasa, índice de acidez entre 0,3150 a 0,4988 mg KOH/g de grasa, índice de refracción entre 1,4698 y 1,4703; con respecto al color, los valores fueron de 0,296 a 1,402 unidades equivalentes a Unidades de Color Rojo Lovibond.

En los anexos 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se incluyen todos los análisis fisicoquímicos, los que presentan homogeneidad, $P > 0,05$, en el test de Levene son mayores al nivel de significancia del 5%, es decir las varianzas no presentaron variación.

Con el test de Duncan se demuestra que el efecto del rango del punto de ebullición del éter de petróleo tiene efecto significativo en las características fisicoquímicas del aceite de maní: índice de peróxido, índice de yodo, índice de acidez y color; pero no en el índice de refracción.

V. CONCLUSIONES

El efecto del rango del punto de ebullición del éter de petróleo en el índice de peróxido, índice de yodo, índice de acidez, el color y el rendimiento del aceite extraído del grano de maní (*Arachis hypogaea* L.) es significativo.

El aceite del grano de maní extraído con éter de petróleo con rango de ebullición con 50-60 °C tiene los valores más apropiados de Índice de peróxido (4,5429 meq-O₂/1000 g de aceite); Índice de yodo (101,0977 g I₂/100 g de aceite); Índice de acidez (0,6453% ácido oleico); Índice de refracción a 25 °C (1,4632) y color 7,0383 (como índice fotométrico).

El rango del punto de ebullición del éter de petróleo de 40 – 50 °C produce el mayor rendimiento en la extracción del aceite de maní.

VI. RECOMENDACIONES

Comparar las fracciones del aceite extraído de maní mediante el análisis espectral (IR, UV y otros).

Determinar otras características del aceite: olor, sabor, impurezas, índice de saponificación y materia insaponificable del aceite extraído con éter de petróleo con diferentes rangos del punto de ebullición.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aletor, V.A., Ikhen, A.F. y Egharevba, V. (1990). The quality of some locally processed nigerian palm oils: An estimation of some critical processing variables. *Food Chem*, 36: 311-317.

Campo, G. M. (2000). Caracterización bromatológica de variedades del cacahuate. Mexico D.F.

Cárdenas, A. y Camacho, L.A. (2007). Extracción de aceite de cacahuate. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F.

Covenin 325. (2001). Convención venezolana de normas industriales. Aceites y grasas vegetales. Determinación del grado de acidez, Tercera revisión, Norma venezolana.

<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/878-01.pdf>

Covenin 324. Convención venezolana de normas industriales. (2001). Aceites y grasas vegetales, Determinación del índice de yodo, Norma Venezolana.

Ebonguea, G.N., Dhouibc, R., Carrièrec, F., Amvam, P.H. y Arondelc, V. (2006). Assaying lipase activity from oil palm fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp. *Plant Physiol. Bioch*, 44:611–617.

Ekwenye, U.N. (2006). Chemical characteristics of palm oil biodeterioration. *Biokemistri*, 18:141-149.

FAO/OMS. 1992. Grasas y aceites comestibles. Codex Alimentarius.
Frank, N., Albert, M, y Ekwe, D. (2011). Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. J. Stored Prod. Postharvest Res, 2: 52-58.

Fennema, (1993). Química de los alimentos, Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Gillier, P. (2007) El cacahuate o maní. Barcelona 163 -195

Gonzalez, G.E. (2004). Utilización de enzimas fibrolíticas en cabras lecheras. Universidad Autónoma de Barcelona.

Gunstone, F., Haewood, L. y Padley, B. (1994). The lipid handbook. Chapman Hall Ed, London.

Jiménez, M. E., Aguilar, R. y Zambrano, L. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. J Am Oil Chem Soc, 45(2): 89-92.

Lafont J.J., Páez, M.S y Portacio, A.A. (2011). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L.), Información Tecnológica, 22(1):51-58.

Lafont J.J., Páez, M.S. y Lans, E. (2010). Composición fisicoquímica de la semilla y del aceite de la semilla del canime (*Copaifera officinalis* L.). Información Tecnológica: 22 (3):19-26.

Megahed, O.A. (2001). Fracctionation of commercial hexane and use of its fractions as extracting solvent of cottonseed oil. *Grasas y Aceites*, 52(2):110-114

Molina, A., Robles, B., Giménez, F. y García, S. (1994). Comparison between extraction of lipids and fatty acids from microalgal biomass. *J Am Oil Chem Soc* 71: 955-959.

Naturland, E.V., Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J. y Streit, C. (2000). Guías de 18 cultivos. Asociación Naturland. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Alemania.

Nielsen, S.S. (2003). Análisis de los alimentos. 3.^a Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists AOCS (1998). Society. Ed. AOCS Press, Champaign, USA.

Ozcan, M, y Seven, S. (2003). Physical and chemical and analysis and fatty acid composition of peanut, Peanut oil and peanut butter from COM AND NC-7 Cultivars. *Grasas y Aceites*, 54:12-18.

Pascual, G., Molina, S., Morales, C., Valdivia, K., y Quispe, F. (2006). Extracción y caracterización de aceite de diez entradas de semilla de maní (*Arachis hypogaea* L.) y elaboración de maní bañado con chocolate. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Restepo, M.G. (2008). Oleorresinas *capsicum* en la industria alimentaria. Lasallista de investigación, 3(2):43-47.

Ziller, (1996). Grasas y aceites alimentarios, Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Humedad del maní

Muestra	Peso (g)	Humedad (%)
1	200	5,2
2	200	5,1

Anexo 2. Índice de peróxido del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Muestra	Índice de peróxido (meqO₂/kg)
40 - 50	1	2,5872
	2	2,5975
	3	3,0209
	4	2,7037
50 - 60	1	4,5571
	2	4,5336
	3	4,4110
	4	4,6701
40 - 60	1	6,9096
	2	6,4453
	3	6,8018
	4	6,5967

Anexo 3. Índice de yodo del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Muestra	Índice de yodo (gl₂/100 g de aceite)
40 - 50	1	92,54954
	2	93,12732
	3	93,24020
	4	93,81546
50 - 60	1	101,53493
	2	100,28498
	3	101,03598
	4	101,53493
40 - 60	1	98,05557
	2	97,28243
	3	98,25526
	4	97,33809

Anexo 4. Índice de acidez del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Muestra	Índice de acidez (% ácido oleico)
40 - 50	1	0,6046
	2	0,5972
	3	0,5677
	4	0,5844
50 - 60	1	0,6262
	2	0,6389
	3	0,6557
	4	0,6606
40 - 60	1	0,8199
	2	0,8457
	3	0,8710
	4	0,8665

Anexo 5. Índice de refracción del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Muestra	índice de refracción
40 - 50	1	1,4725
	2	1,4745
	3	1,473
	4	1,47
50 - 60	1	1,46
	2	1,463
	3	1,465
	4	1,465
40 - 60	1	1,463
	2	1,46
	3	1,465
	4	1,46

Anexo 6. Color del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Longitud de onda (nm)				Color
	460	550	620	670	
40 - 50	0,060	0,012	0,009	0,008	1,7358
	0,066	0,011	0,01	0,008	1,715
	0,059	0,013	0,008	0,007	1,7066
	0,06	0,012	0,009	0,008	1,7358
50 - 60	0,113	0,047	0,039	0,036	7,0589
	0,115	0,043	0,041	0,039	7,0343
	0,111	0,044	0,04	0,038	7,0012
	0,113	0,047	0,039	0,036	7,0589
40 - 60	0,101	0,043	0,035	0,033	6,4306
	0,106	0,045	0,034	0,032	6,4788
	0,103	0,041	0,037	0,034	6,4326
	0,101	0,043	0,035	0,033	6,4306

Anexo 7. Rendimiento del aceite de maní

Rango del punto de ebullición (°C)	Peso de maní (g)	Balón vacío (g)	Balón vacío + aceite (g)	Aceite (g)	Rendimiento (%)
40 - 50	21,787	94,736	108,482	13,746	63,0927
	21,224	94,728	108,26	13,532	63,7580
	21,35	94,726	108,32	13,594	63,6721
	21,674	94,725	108,46	13,735	63,3709
50 - 60	21,892	126,458	138,942	12,484	57,0254
	22,283	126,461	139,152	12,691	56,9537
	21,362	126,453	138,612	12,159	56,9188
	21,798	126,443	138,912	12,469	57,2025
40 - 60	21,803	125,5123	141,778	16,2657	74,6030
	21,514	125,502	141,431	15,929	74,0402
	21,341	125,495	141,345	15,85	74,2702
	21,637	125,509	141,595	16,086	74,3449

Anexo 8. Análisis estadísticos del índice de peróxido del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
1,369	2	9	0,303

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31,452	2	15,726	494,191	0,000
Intra-grupos	0,286	9	0,032		
Total	31,738	11			

Prueba de Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
50-60	4	2,727325		
40-50	4		4,542950	
40-60	4			6,688350
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 9. Análisis estadísticos del índice de yodo del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
1,182	2	9	0,836

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	126,216868	2	63,1084342	227,300	0,000
Intra-grupos	2,59007967	9	0,28778663		
Total	128,806948	11			

Prueba de Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		A	B	C
40-50	4	93,183130		
40-60	4		97,732839	
50-60	4			101,097704
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 10. Análisis estadísticos del índice de acidez del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
0,575	2	9	0,582

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,152	2	0,076	216,375	0,000
Intra-grupos	0,003	9	0,000		
Total	0,155	11			

Prueba de Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
40-50	4	0,588475		
50-60	4		0,645350	
40-60	4			0,850775
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 11. Análisis estadísticos del índice de refracción del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
1,081	2	9	0,379

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Medida cuadrática	F	Sig.
Intergrupos	0,000	2	0,000	10,004	0,005
Intergrupos	0,000	9	0,000		
Total	0,000	11			

Prueba de Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		A	B
40-60	4	1,462000	1,472500
50-60	4	1,463250	
40-50	4		
Sig.		0,891	1,000

Anexo 12. Análisis estadísticos del color del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
0,601	2	9	0,569

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Medida cuadrática	F	Sig.
Intergrupos	67,841	2	33,920	66385,804	0,000
Intergrupos	0,005	9	0,001		
Total	67,846	11			

Prueba de Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
40-50	4	1,723300		
50-60	4		6,443150	
40-60	4			7,038325
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 13. Análisis estadísticos del rendimiento del aceite de maní

Prueba de Levene

Estadístico de Levene	GI1	GI2	Pv
1,777	2	9	0,224

ANVA

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	610,716	2	305,358	5664,743	0,000
Intra-grupos	0,485	9	0,054		
Total	611,202	11			

Prueba Duncan

Rango del punto de ebullición del éter de petróleo (°C)	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		A	B	C
50-60	4	57,025100		
40-50	4		63,473425	
40-60	4			74,314575
Sig.		1,000	1,000	1,000