



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN
DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO
POR EL PROCESO DE Prensado**

Lourdes María Ramírez Ovalle

Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN
DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO
POR EL PROCESO DE PENSADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

LOURDES MARÍA RAMÍREZ OVALLE

ASESORADO POR: INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Martiza Guerrero de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V | |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Alberto Rivera Palácios |
| EXAMINADORA | Inga. Hilda Piedad Palma de Martini |
| SECRETARIA | Inga. Márcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO POR EL PROCESO DE PRENSADO

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 19 de septiembre 2006.

Lourdes María Ramírez Ovalle



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Guatemala 07 de septiembre de 2007


Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química

Respetable Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado "Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo Genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado" desarrollado por la estudiante de Ingeniería Química Lourdes María Ramírez Ovalle, carné No. 199919454

Por lo cual, después de haber realizado la revisión del respectivo informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Atentamente,


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Colegiado 433
ASESORA
Supervisora Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/CII





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 14 de Enero del 2008

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.

Estimado Ingeniero:

Le saludo cordialmente, deseando que las actividades que este desarrollando se realicen de la forma esperada. El motivo de la presente es para manifestarle que he revisado el Informe final del trabajo de graduación titulado: "Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo Genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado" realizado por la estudiante Lourdes María Ramírez Ovalle con carné número 1999-19454

Habiendo encontrado el informe final del trabajo de graduación totalmente satisfactorio, por lo cual me remito a su consideración

Sin otro particular, se despide de usted,

Atentamente,

Ing. César Alfonso García Guerra
Colegiado No. 145
REVISOR
Jefe de Sección Química Industrial
Centro de Investigación de Ingeniería/ CII





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 24 de enero del 2008
Ref EIQ.023.2008

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-040-07-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO a la estudiante universitaria **LOURDES MARIA RAMÍREZ OVALLE**, identificada con carné No. **1999-19454**, titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUO OBTENIDO POR EL PROCESO DE PENSADO**, el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química Thelma Maricela Cano Morales como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Ramírez Ovalle** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUÍMICA

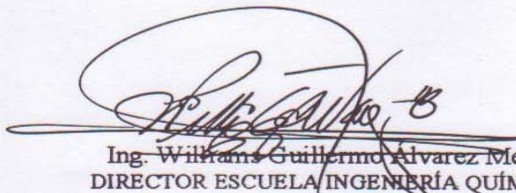
C.c.: archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación de la estudiante **Lourdes María Ramírez Ovalle** titulado: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO POR EL PROCESO DE PENSADO”**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, febrero de 2,008

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. **Carreras:** Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. **Centros:** de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 037.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO POR EL PROCESO DE PENSADO**, presentado por la estudiante universitaria **Lourdes María Ramírez Ovalle**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

¡MPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, febrero de 2008



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

A ti sea toda gloria el honor y la honra por siempre Señor, por todo lo que he logrado.

Mis padres

César Ramírez y Mélida de Ramírez, como honra al deseo de sus corazones, a todos sus esfuerzos y a la oportunidad que me dieron para lograr este triunfo que ahora les dedico con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Gracias Padre, por darme alegría y paz a mi corazón, por haberme dado el entendimiento, la fortaleza y las oportunidades que hicieron realidad este triunfo, porque aprendí que fuera de tí nada podre lograr.

Mis padres

Por confiar en mí y por darme la oportunidad de lograr mi carrera universitaria, gracias por sus oraciones y todos sus esfuerzos, los amo con todo mi corazón. Que Dios los bendiga grandemente.

Mis hermanas

Guadalupe, Irma, Elsa y Claudia, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado sepan que estoy para servirles y que siempre el amor de Dios nos una.

A mis sobrinos

Yanessi, Fabricio, Christopher, Geancarlo, Luis Angel, Juan Pablo, Bryan y Ruben, por ser parte de la inspiración que me llevó a este triunfo, los quiero mucho, sepan que cuentan con migo siempre.

Mis tías

Araceli y Flory, por todo el cariño y apoyo incondicional que como familia siempre me han brindado. Que Dios las bendiga y las prospere siempre.

A la madrinita Obdulia:

Por todo su cariño y sus atenciones que siempre me ha brindado que Dios la bendiga y prospere grandemente.

Mis líderes

Por ser las personas que Dios ha usado para formar y guiar mi vida espiritual, por ser inspiración a mi vida, Dios los bendiga grandemente.

A mis amigos:

Isabel, Carla, Paty, Glenda, Marisela, por el apoyo incondicional en los momentos difíciles. A Tere, Andreita, Danilo y Daniel, por los momentos tan agradables que hemos compartido en casa y por ser como mi familia.

Personal de Olmeca

Gracias por la oportunidad que me brindaron en la realización de este trabajo. Dios los bendiga.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo, mil gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XV |
| HIPOTESIS | XVII |
| OBJETIVOS | XIX |
| INTRODUCCIÓN | XXI |
| | |
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 El café | 7 |
| 2.2 Historia de la plantación del café | 7 |
| 2.3 El fruto del árbol del café | 9 |
| 2.4 Tipos de café | 10 |
| 2.5 Café Antigua | 10 |
| 2.6 Usos del café | 11 |
| 2.6.1 La infusión | 11 |
| 2.6.2 Café como fertilizante | 11 |
| 2.7 Clasificación de contenidos en el café | 12 |
| 2.7.1 Lípidos relacionados con ácidos grasos | 14 |
| 2.7.2 Lípidos no relacionados con ácidos grasos | 16 |
| 2.8 Tueste de café | 17 |
| 2.9 El proceso de tostado | 21 |
| 2.10 Puntos significantes en el proceso de tueste | 22 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.11 | Cambios químicos que ocurren en el proceso de tueste | 23 |
| 2.11.1 | Compuestos extraídos y retenidos por el agua | 25 |
| 2.11.2 | Sabor y olor de café | 26 |
| 2.12 | Compuestos característicos en el café | 27 |
| 2.12.1 | Tioles y compuestos de azúfre | 27 |
| 2.12.2 | Aldehídos y cetonas | 27 |
| 2.12.3 | Furanos | 27 |
| 2.12.4 | Tiofenos | 28 |
| 2.12.5 | Tiazoles | 28 |
| 2.12.6 | volátiles con sulfuro | 28 |
| 2.13 | Cromatografía de gas-espectrometría de masas | 30 |
| 3. | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 33 |
| 3.1 | Localización | 33 |
| 3.2 | Materiales y equipo | 33 |
| 3.3 | Recursos humanos | 34 |
| 3.4 | Metodología experimental | 35 |
| 3.4.1 | Tueste de los granos de café | 35 |
| 3.4.2 | Diseño de tratamientos | 36 |
| 3.4.3 | Extracción de aceite | 36 |
| 3.4.3.1 | Extracción por prensado | 36 |
| 3.4.3.2 | Extracción por lixiviación en caliente soxhlet | 37 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE CAFÉ | 39 |
| 4.1 | Descripción de las pruebas realizadas | 39 |
| 4.1.1 | Método de número ácido (índice de acidez) | 39 |
| 4.1.2 | Método de índice de yodo | 41 |
| 4.1.3 | Método de índice de saponificación | 43 |
| 4.1.4 | Método de índice de peróxidos | 44 |
| 4.1.5 | Materia insaponificable | 46 |
| 4.1.6 | Método cuantificación de gomas | 48 |
| 4.1.7 | Valor de p-anisidina | 50 |
| 4.1.8 | Determinación de fosfolípidos | 51 |
| 4.1.9 | Prueba de frío para grasas (winterización) | 53 |
| 4.1.10 | Porcentaje de jabón | 54 |
| 4.1.11 | Método cuantificación de ceras | 55 |
| 4.1.12 | Determinación del punto de fusión | 57 |
| 4.1.13 | Valor de totox | 59 |
| 4.1.14 | Índice de DOBI | 59 |
| 4.1.15 | Porcentaje de humedad | 61 |
| 4.1.16 | Determinación de metales pesados | 61 |
| 4.1.17 | Perfil de ácidos grasos | 61 |
| 4.1.18 | Cromatografía de gas-espectrometría de masas | 65 |
| 4.1.19 | Índice de refracción | 65 |
| 4.1.20 | Prueba de inflamabilidad | 65 |
| 4.1.21 | Solubilidad de las grasas | 65 |
| 5. | RESULTADOS | 67 |
| 5.1 | Características generales | 67 |
| 5.2 | Cantidad de aceite extraído | 67 |
| 5.3 | Rendimiento de extracción | 68 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 5.4 | Propiedades sensoriales | 72 |
| 5.5 | Propiedades físicas | 73 |
| 5.6 | Propiedades químicas | 74 |
| 5.7 | Perfil de ácidos grasos | 75 |
| 6. | INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 79 |
| 7. | APLICACIONES INDUSTRIALES | 87 |
| | CONCLUSIONES | 89 |
| | RECOMENDACIONES | 91 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 93 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 97 |
| APÉNDICE | A. Resultados de los análisis | 99 |
| APÉNDICE | B. Datos originales | 105 |
| APÉNDICE | C. Muestra de cálculo | 109 |
| APÉNDICE | D. Fotos tomadas en el análisis de aceite | 114 |
| APÉNDICE | E. Tablas de referencia | 118 |
| APÉNDICE | F. Diagrama curricular del trabajo de graduación | 120 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|-----|
| 1. | El fruto de café | 9 |
| 2. | Café en oro | 9 |
| 3. | Clasificación de los ácidos grasos según el grado de saturación | 15 |
| 4. | Grado de tueste de café | 19 |
| 5. | Sabor y olor a café | 23 |
| 6. | Cromatograma muestra 1, tueste café oscuro | 102 |
| 7. | Cromatograma muestra 2, tueste café oscuro | 102 |
| 8. | Cromatograma muestra 3, tueste café oscuro | 103 |
| 9. | Cromatograma muestra 1, tueste café liviano | 103 |
| 10. | Cromatograma muestra 2, tueste café liviano | 104 |
| 11. | Cromatograma muestra 3, tueste café liviano | 104 |
| 12. | Niveles de tueste de café | 114 |
| 13. | Equipo de extracción soxhlet | 114 |
| 14. | Separación de cera y gomas por centrifugación | 115 |
| 15. | Preparación para la determinación del índice de yodo | 115 |
| 16. | Titulación para determinar el índice de yodo | 116 |
| 17. | Preparación de muestras a reflujo para el índice de saponificación | 116 |
| 18. | Preparación de reactivos para la determinación del contenido de jabón en el aceite de café | 117 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|----|
| I | Niveles de tostado y sus características | 20 |
| II | Tueste de café, tiempo y temperatura | 35 |
| III | Cantidad de café y porcentaje de pérdida de masa | 36 |
| IV | Tiempos de retención para cada ácido graso CG. | 64 |
| V | Humedad y densidad de los granos verdes | 67 |
| VI | Cantidad de aceite extracción por prensado tueste oscuro | 68 |
| VII | Cantidad de aceite extracción por prensado tueste liviano | 68 |
| VIII | Porcentaje de rendimiento extracción por prensado tueste oscuro | 69 |
| IX | Porcentaje de rendimiento extracción por Prensado tueste liviano | 69 |
| X | Porcentaje de rendimiento de la extracción de lixiviación en caliente soxhlet | 70 |
| XI | Comparación del rendimiento de la extracción | 71 |
| XII | Índice de extracción | 72 |
| XIII | Propiedades sensoriales u organolépticas | 72 |
| XIV | Propiedades físicas del aceite de café | 72 |
| XV | Propiedades químicas del aceite de café | 73 |
| XVI | Ácidos grasos saturados determinados en el aceite de café | 74 |
| XVII | Ácidos grasos monoinsaturados determinados en el aceite de café | 75 |
| XVIII | Ácidos grasos poliinsaturados determinados en el aceite de café | 76 |
| XIX | Total de ácidos grasos presentes en el aceite de café | 76 |
| XX | Algunos compuestos encontrados en el aceite de café por CG/SM | 77 |
| XXI | Grupos al que pertenecen algunos compuestos encontrados | 77 |

| | | |
|--------|---|-----|
| XXII | Datos obtenidos durante la determinación del índice de yodo | 105 |
| XXIII | Datos obtenidos durante la determinación del índice de acidez | 105 |
| XXIV | Datos obtenidos durante la determinación del índice de peróxidos | 105 |
| XXV | Datos obtenidos durante la determinación del índice de DOBI | 106 |
| XXVI | Datos obtenidos durante la determinación del índice de TOTOX | 106 |
| XXVII | Datos obtenidos durante la determinación de materia insaponificable | 106 |
| XXVIII | Datos obtenidos durante la determinación de gomas | 106 |
| XXIX | Datos obtenidos durante la determinación de p-anisidina | 107 |
| XXX | Datos obtenidos durante la determinación de fósforo y fosfátidos | 107 |
| XXXI | Datos obtenidos en el proceso de extracción de lixiviación soxhlet | 107 |
| XXXII | Datos obtenidos en el proceso de extracción por prensado | 108 |
| XXXIII | Características químicas y físicas de aceites vegetales crudos | 119 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----------------|--|
| cm | centímetro |
| ppm | partes por millón |
| nm | nanómetros |
| mmHg | milímetros de mercurio |
| μ | viscosidad |
| ρ | densidad |
| μ g | microgramos |
| μ L | microlitros |
| mL | mililitros |
| mg | miligramos |
| °C | grado centígrado |
| °F | grado fahrenheit |
| Lb/min. | Libra / minuto |
| Kg/h | kilogramo / hora |
| N | concentración normal |
| Meq | miliequivalentes |
| (Δ)e | cambio en relación al proceso de extracción |
| (Δ)t | cambio en relación al grado de tueste |
| dP.s | decipoises por segundo |
| PSI | presión, libra por pulgada cuadrada |
| pH | potencial de hidrógeno |
| AOCS | American Oil Chemistry Society |

GLOSARIO

- Acido graso:** Molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
- Alcaloides:** Compuesto químico que posee un nitrógeno heterocíclico procedente del metabolismo de aminoácidos, (ej. Cafeina)
- Centrifugación:** Es un método donde se pueden separar sólidos presentes en líquidos por diferencia de densidad, mediante una centrifugadora, la cual imprime a la mezcla un movimiento rotatorio con una fuerza de mayor intensidad que la gravedad, provocando la sedimentación del sólido o de las partículas de mayor densidad.
- Lípidos:** Son una serie de compuestos que cumplen funciones en los organismos vivientes, entre ellas la de reserva energética. Son un conjunto de moléculas orgánicas, la mayoría biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno, aunque también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno,

- Lixiviación:** Es un proceso en el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.
- Pigmentación:** Es la coloración de una parte determinada del organismo de un ser vivo por el depósito en ella de pigmentos. Tales principios son sustancias con propiedades cromáticas e intervienen en numerosos procesos biológicos, tanto en los vegetales como en los animales. En los primeros destacan la clorofila y los carotenoides y en los segundos, la melanina y los pigmentos respiratorios.
- Polisacaridos:** Son biomoléculas formadas por la unión de muchos monosacáridos. Se encuadran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reserva energética y estructurales.
- Saponificación:** Reacción química entre un lípido saponificable (ácido graso y una base o álcali).
- Saturación:** Cadena hidrocarbonada repleta de hidrógenos, por lo tanto no tienen ningún enlace covalente doble en su estructura

Winterización:

Proceso en el que se hacen cristalizar los componentes de alto punto de fusión y por medio de sedimentación y presión se separan del aceite limpio, a estos cristales se le conoce como estearina.

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar el aceite de café, se utilizó el tipo Genuino Antigua, que debe ser estrictamente duro, proveniente de Antigua Guatemala.

Para ello se realizó la extracción de aceite por prensado mediante un tratamiento térmico por extrusión alcanzando una presión de 125 PSI a una velocidad de 1 Lb/min, temperatura de la torta 108 °C y temperatura del aceite extraído 80°C, comparando el rendimiento con la extracción de lixiviación en caliente soxhlet de 19 ciclos en un tiempo aproximado de 480 minutos siendo la temperatura de extracción de 63 °C, para lo cual los granos de café en oro se tostaron a dos temperaturas, 200 °C para el tueste oscuro; 190 °C para el tueste liviano utilizando un tostador de cilindro con quemador de gas propano a una velocidad de tueste de 1.3 Lb/min.

La caracterización del aceite de café se realizó determinando propiedades sensoriales como: olor, sabor, aspecto y color; propiedades físicas como: densidad, índice de refracción, pH, color, solubilidad, viscosidad, humedad, punto de fusión, y prueba en frío; propiedades químicas específicas para aceites, las cuales fueron determinadas en el laboratorio de Calidad de Aceites Olmeca; Además se determinó la presencia de metales pesados; perfil de ácidos grasos; cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas, en la que se determinaron algunos compuestos que se refieren al sabor y aroma presente en el aceite.

Con el fin de darle utilidad en el futuro a este estudio, se buscaron algunas aplicaciones industriales con base a los resultados obtenidos en la caracterización como para cafés instantáneos, cafés líquidos en lata, helados de café, capuchinos, postres, flanes, golosinas, y otras preparaciones a base de leche y chocolate.

Al evaluar los valores de la extracción del aceite se llegó a determinar una diferencia en rendimiento de 1.03% entre el tueste oscuro y el tueste liviano y una diferencia de 2.78% entre la extracción por prensado y soxhlet para el tueste oscuro, así como también, se encontró el mismo porcentaje de rendimiento de 6% para el tueste liviano extraído por soxhlet, además se catalogaron los lípidos relacionados con ácidos grasos correspondientes al aceite fijo, encontrando el 46.48% de saturados, 7.63% en monoinsaturados, y 45.89% de poliinsaturados.

HIPÓTESIS

El porcentaje de rendimiento está influenciado por el grado de tueste.

H₀: no existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite fijo aromático de café a dos grados de tueste extraído por extrusión o prensado.

$$\eta_{ao} = \eta_{am}$$

H_a: existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite fijo aromático de café a dos grados de tueste extraído por extrusión o prensado.

$$\eta_{ao} \neq \eta_{am}$$

Donde :

μ_{ao} : es la medida de la cantidad de aceite fijo aromático determinada con un tueste oscuro.

μ_{am} : es la medida de la cantidad de aceite fijo aromático determinada con un tueste liviano.

H₀: no existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite fijo aromático de café a dos grados de tueste extraído por soxhlet.

$$\eta_{aos} = \eta_{ams}$$

H_a: existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite fijo aromático de café a dos grados de tueste extraído por soxhlet.

$$\eta_{aos} \neq \eta_{ams}$$

Donde :

η_{aos} : es la medida de la cantidad de aceite fijo aromático (tueste oscuro)

η_{ams} : es la medida de la cantidad de aceite fijo aromático (tueste liviano)

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado.

ESPECÍFICOS

1. Comparar el rendimiento de extracción por expresión y por lixiviación en caliente soxhlet, con el grado de tueste de los granos.
2. Determinar sus propiedades físicas, como viscosidad, densidad, y solubilidad, humedad, índice de refracción, pH.
3. Determinar los índices de acidez, yodo, saponificación, peróxidos, refracción, materia insaponificable, aplicados a aceites.
4. Determinar el perfil de ácidos grasos, correspondientes al aceite fijo de café.
5. Determinar la composición de otros compuestos presentes en el aceite por medio de cromatografía gaseosa y espectrometría de masas.

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos de mayor importancia, debido a que es uno de los soportes económicos en nuestro país por la venta y exportación del mismo, existen innumerables posibilidades para darle otros usos industriales al café y para utilizar los subproductos que resulten en el mismo.

Dentro de una gama de sabores y aromas en la producción de alimentos, específicamente en flanes, golosinas, postres, helados, bebidas gaseosas y jugos con sabor a café, lo cual ha sido obtenido por medio de extractos o esencias de café, gracias al desarrollo de las cualidades organolépticas del café como bebida, el tostado es un proceso muy importante debido a las características en su sabor y aroma que muestra al ser tostado.

El café es una de las bebidas de mayor aceptación en diversos países del mundo, debido a que posee un aroma y sabor característico. En este estudio se tuvo el interés de analizar un extracto de café, para lo cual se obtuvo su aceite fijo, el cual contiene aceite esencial, el análisis de estudio es para el Café tipo Genuino Antigua estrictamente duro, al cual se le realizó un análisis fisicoquímico, y por medio de una cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas se pudieron caracterizar algunas sustancias que de alguna manera contribuyen a la apreciaciones organolépticas así como también el perfil de ácidos grasos y el rendimiento de aceite para determinados tuestes oscuro y liviano.

1. ANTECEDENTES

La naturaleza química del aroma y sabor del café ha sido un desafío al químico durante mucho tiempo, además fueron identificadas por muchos autores. La primera investigación sobre el aroma del café tostado fue realizada en 1926, por los ganadores del premio Nobel, Reichstein y Staudinger, quienes tuvieron éxito en identificar los primeros compuestos aromáticos. Estos incluyeron los grupos importantes de compuestos, sus esfuerzos en la investigación no pudo ser demasiado acentuados, debido a que fue realizado antes del descubrimiento de la cromatografía de gas y espectrometría de masas. Sólo utilizaron las técnicas clásicas de identificación (cristalización de derivados y destilación). Por aquellos años sólo 13 componentes se conocían luego por los años 50 el número incrementó a 60.

Uno de los primeros estudios sobre el incremento de la concentración de compuestos volátiles en la etapa de tueste fue realizado en 1960, por el investigador John W. Rhoades. Este analizó siete variedades de café procedente de América. Se identificaron y cuantificaron 19 compuestos volátiles; 16 de los cuales fueron detectados en los granos de café verde, en una o más de las siete variedades analizadas, a su vez concluyó que la proporción entre diacetilo y propionil acetilo podría ser significativo el grado de tueste de café.

En 1967, reportaron datos espectrales de espectroscopia infrarroja y espectrometría de masas además de datos cromatográficos de un gran número de constituyentes del complejo del aroma de café tostado.

En 1969, Feldman realizó estudios sobre la composición química de los granos de café verde, los cambios en composición al pasar al tostado y los sabores no-volátiles que se producen durante el procesamiento.

En febrero de 1982, se realizó un trabajo de graduación cuyo tema fue “El estudio del efecto del grado de torrefacción sobre algunos componentes químicos de los granos de café de la especie *Coffea Arabica*” realizado por el Químico Farmacéutico Miguel Orlando Garza Sagastume, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC, el trabajo refleja el estudio realizado sobre el efecto que tiene la torrefacción en algunos componentes químicos de los granos de café de dicha especie. El proceso de torrefacción se efectuó a tres muestras sometidas a una temperatura de 200 °C. Durante 5, 10 y 15 minutos respectivamente, estableciéndose así tres grados de torrefacción. Los resultados demostraron que los sólidos solubles se encuentran en mayor cantidad en el café verde que en el café tostado, encontrándose en el café tostado una disminución progresiva a medida que aumenta el grado de torrefacción.

En 1991, se realizó un trabajo de graduación denominada “Determinación de adulterantes en café tostado y molido de consumo interno empleando métodos químicos” realizado por la Química Farmacéutica Neli Maritza Portillo Sandoval, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. En dicha investigación el objetivo fue determinar la posible adulteración en el café tostado y molido que se consume en el país y determinar si existe correlación entre los análisis químicos y los de catación.

En 1998, se realizó un trabajo de graduación denominada “Extracción apolar y polar del rechazo de café para la manufactura de bloqueadores solares” realizado por Jose Mauricio Matheu Gonzáles, de la Escuela de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería USAC. Dicha investigación fue llevada a cabo como una extracción por solventes, utilizando como materia prima el rechazo de café, los análisis realizados fueron cromatografía en capa fina para determinar la existencia de absorbencia ultravioleta con rango de longitudes de onda entre 200 y 700 nm, correspondientes al espectro de ultravioleta suave. Se llegó a la conclusión de que el extracto del rechazo de café sí tiene potencial para ser utilizado como materia prima en la manufactura de bloqueadores solares.

En 1999, la Universidad Nacional de Colombia, y con la ayuda de CENICAFE Colombia Elkin Mauricio López Fontal realizó un estudio sobre “Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino” Entre los subproductos de la trilla del café pergamino seco se encuentra el denominado café pasilla y el café perforado por insectos es uno de los componentes que lo constituyen. En Cenicafé se utilizó este tipo de café para demostrar que a partir de este tipo de subproductos es posible obtener aceite, con el fin inmediato de brindar alternativas para su utilización y comercialización. Para la extracción del aceite de café se utilizaron dos métodos: extracción por extrusión y extracción con solventes. Al aceite obtenido se le midieron factores de variación físicos y químicos. Mientras que en la extracción por extrusión se obtiene un aceite fijo de café, con una alta carga volátil, en la extracción con solventes se obtiene solo aceite fijo. Es relevante en futuras investigaciones realizar evaluaciones de las características sensoriales del aceite de café, obtenido por extrusión. De acuerdo con los resultados obtenidos el método de extracción por expresión (extrusión) resulta muy favorable, desde el punto de vista del rendimiento.

En 1999, la Universidad Nacional de Colombia, Elkin Mauricio López Fontal y José Jaime Castaño-Castrillón de CENICAFE, realizaron “Características del aceite esencial obtenido de subproductos de la trilla de café pergamino” Se analizaron las características organolépticas y se hizo el análisis cualitativo de los volátiles del aceite esencial extraído por extrusión del grano de café perforado por insectos, el cual constituye uno de los defectos más importantes del denominado café pasilla, subproducto de la trilla de café pergamino. Al realizar la extracción por extrusión, parte significativa del contenido aromático del café, que varía según el método de extracción usado, también se extrae con el aceite. Se utilizó café tostado el cual posee una alta cantidad de compuestos odoríferos, los cuales son producto de transformaciones y degradaciones químicas, logradas al someter al café verde a un proceso de tostación.

Es relevante saber que un criterio importante en la valoración de la calidad del café es su aroma. El aceite fijo presentó una alta carga volátil (aceite esencial). Se encontró permanencia de las características organolépticas en el aceite obtenido.

En el año 2001, se realizó un simposio Brasileño de café por Turatti, Jane. que se llamó “Extracción y Caracterización de aceite de café” El aceite de café verde es rico en materia insaponificable, siendo su principio activo de propiedades cosméticas. El mejor café arábica verde, contenía apenas 13% de aceite. Un aceite de café tostado es utilizado como recalador de sabor de café soluble. Siendo procesados el café tostado y verde, tipo arábica, utilizándose prensas continuas a nivel planta piloto. Fueron procesados en frío 1491 Kg de café verde en prensas de 100 kg/h de capacidad, obteniéndose 50 kilos de aceite sin filtrar.

Otros 480 kg. fueron procesados con una prensa de 40 Kg/h, siendo obtenidos 14.0 Kg. de aceite. Para café tostado fueron procesados 485 Kg y fueron obtenidos 50.9 kg de aceite sin filtrar, con una prensa de 100 kg/h.

La composición en ácidos grasos en ambos casos mostraron que el ácido linoleico (C18:2) es predominante entre los insaturados, presente acerca de 40% y que el principal saturado es el palmítico (C16:0) acerca de 34%.

En el año 2002, Evandro Afonso do Nascimento, Sergio Antonio Lemos de Moraes, Roberto Chang, Francisco José Torres de Aquino, realizaron el estudio denominado “Constituyentes volátiles y volatilizables de café tostado y el efecto de harverst e irrigación en sus componentes”. Los compuestos volátiles y volatilizables de 24 muestras de café tostado provenientes de Brasil fueron analizados por medio de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas. Los cultivos fueron irrigados en forma selectiva. Los componentes principales identificados fueron furfurales y pirazinas fueron los compuestos de mayor volatilidad en el aceite y que ácidos, azúcares, aminoácidos, ácidos clorogénicos y cafeína fueron los mayores constituyentes volatilizables, identificados en el grano de café.

En el año 2005, Gina María Rojas Monroy, realizó un trabajo de graduación para el grado de Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología, en la Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez, denominada Caracterización del Aroma del Café Molido de Puerto Rico, mediante la técnica de microextracción en fase sólida (Spme) Y Cromatografía de Gas Acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS). El propósito principal de esta investigación fue la identificación y determinación de los compuestos volátiles responsables del aroma de las dos principales especies de café y sus respectivas variedades cultivadas a tres alturas diferentes en Puerto Rico.

Los compuestos identificados como responsables del aroma del café se pueden clasificar en clases como furanos, pirazinas, cetonas, aldehídos, pirroles, alcoholes y tiofenos, entre otros. Los furanos y las pirazinas fueron los compuestos mayoritarios encontrados en las dos especies y en sus respectivas variedades. El café arábigo presentó mayores cantidades de furanos mientras que en el café Robusta predominaron las pirazinas. Se encontró un huella digital cromatográfica característica para cada variedad dentro de las especies de café estudiadas.

MARCO TEÓRICO

2.1 El Café

El café es la semilla del cafeto, árbol de la familia de las rubiáceas, originario de Etiopía y cultivado en climas tropicales en altitudes desde el nivel del mar hasta unos 1800 metros; las mejores calidades de café se producen a una elevación considerable, mientras que el café procedente de altitudes bajas es probable que sea de peor calidad.

2.2 Historia de la Plantación del Café

Las plantas de Café son originarias de la antigua ETIOPIA.

Es fácil confundirse con el origen verdadero del café, ya que antiguas leyendas sobre el cultivo y la costumbre de tomar café provienen de Arabia.

Los Árabes fueron los primeros en descubrir las virtudes y las posibilidades económicas del café. Esto fue porque desarrollaron todo el proceso de cultivo y procesamiento del café y lo guardaron como un secreto.

El café comenzó a conquistar territorio en el mundo como la bebida favorita en Europa, y llegó a Italia en 1645 cortesía de el comerciante Veneciano Pietro Della Valle. Inglaterra comenzó a tomar café en 1650, gracias al comerciante Daniel Edwards, quien fue el primero que abrió un establecimiento de venta de café en Inglaterra y en Europa.

El comienzo del café fue a mediados de 1850, en Antigua, donde la historia del café comienza en Guatemala. En 1700, Jesuitas traen las primeras plantas del café a la ciudad colonial de Antigua, irónico, como plantas ornamentales para los jardines en su monasterio. No tenían ninguna idea que estaban sembrando literalmente las semillas del futuro de Guatemala.

Durante la última mitad del 1700, la economía dependía de dos cosechas de la exportación, ambas en el viejo mundo mientras que el textil tiñe: el añil azul y la cochinilla roja, el último un insecto que crece en las hojas del cacto. En 1800, las plantaciones del añil son devastadas por una plaga de las langostas, de las cuales la industria nunca se recupera.

Impaciente por encontrar un sustituto para esta cosecha vital de la exportación, el gobierno apunta el café, que los granjeros están plantando ya sobre una base experimental en el valle de Antigua, como posibilidad. En 1835, el gobierno ofrece premios a los primeros cuatro granjeros que cosechan 20.000 libras de café: 300 Pesos a primer. Antes de 1845, apenas diez años más adelante, el interés en el café ha llegado a ser bastante serio que un manual de 16 páginas se publica que da las instrucciones detalladas para todo de seleccionar el terreno apropiado a plantar, cosechar, y moler. Entonces, la invención de tintes sintéticos en el medio del siglo demuele la fuente restante de Guatemala de la moneda extranjera. Por el 1860, la industria de la cochinilla, como añil antes de él, está muriendo. El gobierno se mueve para animar el café suspendiendo impuestos de exportación sobre él. Propulsado por estos incentivos, el café llena rápidamente el vacío a la izquierda por la caída del añil y de la cochinilla. Pronto se está produciendo en cantidades grandes en las regiones de Fraijanes, de Coban, de Atitlan, y de San Marcos. Antes de 1859 medio millón de cafetos se plantan ya en el país.

El mismo año marca la primera producción comercial del café de Guatemala: bolsos de 383 x 60 kilos - casi todos los ellos enviaron a Europa.

2.3 El fruto del árbol de café

El fruto del cafeto es una baya roja cuyas dos semillas son los granos de café que conocemos. La composición química de los granos de café varían según la clase comercial, la región de origen, la altitud, las condiciones del suelo y los métodos empleados para manejar los granos.

Figura 1 El fruto de café



Figura 2 café en oro



2.4 Tipos de Café

Los cafés de Guatemala han sido catalogados en el grupo de “suaves lavados, con una producción casi total e cafés Arábigos. Guatemala esta situada en un lugar ideal dentro de la franja territorial productora de café en el mundo (20° latitud sur y 20° latitud norte de la línea ecuatorial) para producir excelentes cafés por su ondulación topográfica.

En Guatemala se han clasificado varios tipos de café, los que se determinan de acuerdo a la altura y/o región en que se cultivan: Bueno lavado 2000 pies, Extra bueno lavado 2000-2500, Prima lavado 2500-3000, Extra prima lavado 3000-2500 pies, Semiduro 3500-4000 pies, Duro 4000-4500 pies, Estrictamente Duro a partir de 4500 pies.

2.5 Café Antigua

Antigua Guatemala se encuentra localizada a 31 millas (50 Km) de la ciudad capital. El café Antigua se cultiva y se produce en una zona localizada entre volcanes, los cuales en sus laderas forman un valle de condiciones ecológicas y climáticas muy especiales para el cultivo del café.

Las épocas lluviosas y secas, están debidamente definidas, la precipitación pluvial 31 a 48 pulgadas, con una etapa de floración entre abril y mayo y la época de cosecha entre enero y mediados de marzo, es lo que influye, sobremanera, para una maduración homogénea del fruto. Otros factores contribuyentes son la temperatura y la altitud, el primero oscila entre los 18-22 °C, durante el año con una humedad relativa de 65%, lo cual brinda un clima templado, de aquí que Guatemala sea el país de la eterna primavera; el segundo, la altitud, distribuida entre 5000 – 5600 pies sobre el nivel del mar.

2.6 Usos del café

2.6.1 La infusión

La bebida se obtiene por infusión del café molido en agua caliente idealmente, para conservar su sabor, el café debe molerse justo antes de la infusión. Por deseo práctico, frecuentemente se comercializa ya molido y al vacío.

Existen numerosas formas de preparar la bebida muy rápidamente: café instantáneo (que se disuelve en una taza de agua caliente), o cafetera.

2.6.2 El café como fertilizante

Los restos de café son buenos fertilizantes para los jardines debido a su alto contenido en nitrógeno. Los restos de café molido también contienen potasio, fósforo, y muchos otros microminerales que ayudan al desarrollo de la planta. Muchos jardineros aseguran que a las rosas le sienta de maravilla los restos de café y cuando se les añade se vuelven grandes y llenas de color. Cuando es añadido al estiércol vegetal, los restos de café abonan muy rápidamente.

Los restos de café se pueden conseguir de forma económica (normalmente gratis) en tiendas de café locales. Las grandes cadenas de tiendas de café pueden tener una política de utilizar como compost los restos de café o darlos a aquel que los pida.

2.7 Clasificación de contenidos en el café

a. Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen casi la mitad del peso en seco del café verde. La sucrosa es el principal oligosacárido, los mannanos y los arabinogalactanos son los principales polisacáridos. El porcentaje de carbohidratos en una taza de café depende de la mezcla, el nivel de tueste y el modo de preparación. Puede llegar del 20% al 35% de la materia sólida.

a. Componentes Nitrogenados

Éstos comprenden las proteínas, los aminoácidos, la trigonelina y los alcaloides. La trigonelina representa cerca del 1% del peso seco del café verde pero no sobrevive al tueste, descomponiéndose en ácido nicotínico, piridina y otros compuestos volátiles. El alcaloide más abundante es la cafeína, que comprende 1-2% del peso seco.

Los granos de Robusta tienen más alto contenido de cafeína. Aunque sufre una sublimación muy marginal, la cafeína sobrevive al tueste. Una taza de café contiene de 30 a 180 mg de cafeína, según cuáles sean la mezcla y el modo de preparación.

b. Ácidos Clorogénicos

Éstos comprenden varios ésteres de ácidos quínicos y representan del 7% al 10% de la materia seca del café verde. Durante el tueste ocurren diferentes reacciones químicas que reduce significativamente el porcentaje de ácidos clorogénicos libres aún presentes después del tueste.

c. Ácidos Carboxílicos

Algunos ácidos alopáticos están presentes en el café verde, especialmente el cítrico, el málico y el quínico. El tueste genera otros ácidos, ya sean volátiles o no volátiles, y aumentan las proporciones del ácido quínico al descomponerse los ácidos clorogénicos.

d. Componentes Volátiles

Cientos de componentes volátiles en cantidades muy pequeñas le dan al café su sabor único y su aroma.

e. Lípidos

Éstos constituyen del 8% al 10% del café verde. Los diterpenos (parecidos al colesterol) los kahweoles y los cafestoles son específicos del café. El contenido de lípidos pueden llegar a un pequeño porcentaje en la preparación de café turco o cuando el café molido es percolado y no filtrado, pero los niveles son insignificantes en cafés filtrados e instantáneos.

Estos dos alcoholes diterpénicos llamados cafestol y Kahweol, que se liberan durante el preparado, son capaces de incrementar los niveles de colesterol. Así, los cafés tratados mediante filtros de papel son capaces de retener los alcoholes producidos y sin embargo, el café sin filtrar incrementa la cantidad de cafestol y kahweol presentes en el líquido que se bebe.

La mencionada heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática.

Aunque raras vez se hallan en estado libre, los llamados *ácidos grasos*, - ácidos carboxílicos de cadena larga, forman parte de la inmensa mayoría de los lípidos. Por esta razón, los lípidos se dividen en dos grandes grupos.

- a. lípidos relacionados con ácidos grasos
- b. lípidos no relacionados con ácidos grasos.

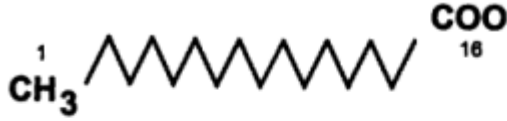

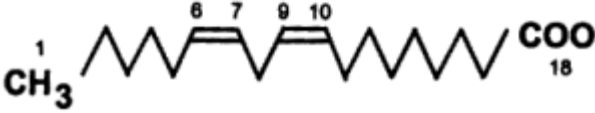
Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos, casi siempre por medio enlaces éster, y rara vez de amina. Según la naturaleza de la cadena carbonada, los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados, lineales, ramificados o alicíclo y pueden contener como sustituyentes grupos hidroxilo u oxo. Los ácidos carboxílicos presentan solubilidad decreciente en agua al aumentar la longitud de la cadena carbonada, de manera que a partir de C12:0 son prácticamente insolubles. Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones.

2.7.1 Lípidos relacionados con ácidos grasos.

Lípidos que por hidrólisis liberan ácidos grasos. Alcoholes superiores y ceras, por reducción de los ácidos grasos se obtienen alcoholes monohidroxílicos de cadena larga, los alcoholes forman esterés con el **glicerol** o ésteres con ácidos grasos, las cuales se llaman ceras y dan su carácter hidrofóbico; Gliceridos simples que constan de ácidos, aldehídos o alcoholes grasos y glicerol; Fosfogliceridos, lípidos más polares que los gliceridos simples porque contiene algunos componentes hidrofílicos, la estructura de la molécula es tal que se distinguen una parte hidrofílica y otra hidrofóbica; Esfingenina, cerámicos y esfingofosfolípidos; esfingoglicolípidos; prostaglandinas.

La principal diferencia entre los ácidos grasos radica en la presencia o no de dobles enlaces en su molécula. Así, la grasa saturada carece de ellos, la grasa monoinsaturada tiene un doble enlace y la poliinsaturada puede tener dos o más enlaces.

Figura 3 Clasificación de los ácidos grasos según el grado de saturación

| Grupo | Estructura bioquímica | Ejemplo |
|----------------|--|--------------------------|
| Saturado |  | Ácido palmítico C16:0 |
| Monoinsaturado |  | Ácido oleico C8:1 |
| Poliinsaturado |  | Ácido linoleico C18:2 |

Las grasas y los aceites constituyen una clase bien definida de sustancias neutras, solubles en éter y otros disolventes orgánicos pero no en agua, producidas en alguna cantidad por todas las plantas y todos los animales.

Sin embargo, las grasas y los aceites comerciales se derivan de un número relativamente pequeño de especies del reino animal y vegetal, en los cuales aparecen en cantidad y en forma fácilmente asequible.

Si se exceptúan pequeñas proporciones de impurezas, algunas de las cuales pueden separarse por un tratamiento de refinación.

2.7.2 Lípidos no relacionados con ácidos grasos:

Se trata de un grupo heterogéneo de biomoléculas que se encuentran en mayor o menor cantidad en todos los seres vivos y a veces poseen gran actividad biológica como es el caso de las hormonas esteroideas. Son lípidos en general poco polares en lo que se asemejan a los triacilgliceroles, unos se pueden considerar derivados por condensación del isopreno (isoprenoides). Los lípidos isoprenoides se pueden dividir con fines didácticos en tres grupos: **terpenoides, carotenoides y esteroides**. Existen otros lípidos no relacionados con ácidos grasos, que no están emparentados estructuralmente con el isopreno. Entre éstos se incluyen los hidrocarburos y los lípidos pirrólicos.

Los **terpenoides** suelen incluirse en este grupo unas pocas unidades de isopreno. Son frecuentemente en los **aceites esenciales** de plantas.

Los **carotenoides** son derivados octaprenoides que constituyen multitud de pigmentos vegetales, como los de la zanahora o el tomate.

Los **esteroides** son lípidos isoprenoides relacionados estructuralmente con el anillo ciclopentanoperhidrofenantreno, llamado también estereano, de los cuales se distinguen tres grupos: **esteroles, sales biliares y hormonas esteroideas**. . La numeración común a todos estos anillos es I que se detalla en la molécula de colesterol. Los esteroles son los esteroides más abundantes, estructuralmente se derivan del colestano, se caracteriza por poseer al menos un grupo hidroxilo situado en C3 y un mínimo de 27 carbonos. Los más importantes son el colesterol en el reino animal, y el ergosterol en vegetal.

Los **aceites esenciales**, son llamados también aceites etéreos, aceites volátiles y esencias porque se creyó por su olor y sabor que en ellos se concentraba la esencia de las plantas, difieren en composición y en propiedades de los ácidos grasos o fijos, que se componen de glicéridos y de los aceites minerales que se componen de hidrocarburos.

2.8 Tueste de café

El proceso de tueste convierte la sustancia natural presente en el café de almidones a azúcares y otros componentes, a través de la aplicación de calor, después se transforma el azúcar a caramelización del grano.

Los sabores de café son acentuados a través de la manipulación de dos variables principales que son la temperatura y el tiempo.

El tiempo ideal para tostar café en tostadores modernos es de 8 a 10 minutos, el tiempo típico que emplea un tostador industrial de café es de 15 minutos. El café fue tostado por primera vez hacia finales del siglo XIV. El método más antiguo consistía en tostar el grano verde en una pesada sartén sobre brasas de carbón. Culminando el siglo pasado, fue inventado un nuevo proceso en el cual los granos eran centrifugados en una cámara de aire caliente, calentada con gas natural. Este sistema perdura hasta nuestros días, siendo hoy el más usado.

La composición química de los granos cambia durante el proceso de tostado: El agua se disipa en el grano y una serie de reacciones químicas convierte los azúcares y almidones en aceites, los cuales otorgan al café gran parte de su aroma y sabor. Al ser tostado, el grano aumenta su tamaño al doble y la caramelización del azúcar cambia el color verde a marrón.

El color y aspecto del grano tostado dependen del tiempo de tostado. Mientras más largo sea el tiempo de tostado, más oscuro será el grano. Generalmente el grano se tuesta durante 10 a 20 minutos a temperaturas oscilantes entre 400 °F y 425°F.

El secreto en el desarrollo del aroma y sabor del café reside en el tostado de los granos de café. El tiempo y la temperatura de tostado son cruciales en la preparación de una buena taza de café, así como en la determinación de qué características serán realizadas y cuáles serán variadas. Si el tostado es breve los aceites no saldrán hasta la superficie y el café tendrá un sabor como de nuez y poco cuerpo.

Los granos tostados oscuros contiene menos acidez y un poco menos cafeína que los granos claros, aunque también menor período de conservación, debido a la cantidad de aceites en la superficie. En los tostados más oscuros predomina el sabor ahumado, penetrante y quemado, ocultando el verdadero sabor del grano. Al contrario de las creencias populares, un tostado más oscuro no equivale a una taza de café más rica ni más fuerte.

Los granos tostado claros tienen un sabor más intenso, más altos en acidez que los tostados más oscuros. El café ha sido menos expuesto al calor por lo cual las cualidades del grano son mejor mantenidas. Los tostados más claros se hacen con granos de más alta calidad, pues en este caso se expone el sabor real del grano.

Figura 4 Grados de tueste



Existen varios niveles de tostado, cada uno con características propias que responden a diferentes gustos o usos específicos que se presentan en la tabla siguiente.

Tabla I Niveles de tostado y sus características

| NIVEL | ASPECTO | CARACTERÍSTICAS |
|----------------------------|---|--|
| Tueste Canela | Tostado claro, tono canela claro | Sabor como nuez pronunciado, alto nivel de acidez del café |
| Tueste americano | Tostado mediano, tono castaño | Sabor acaramelado |
| Tueste de la ciudad | Tostado mediano, marrón mediano sin aceites en la superficie. | Sabor completo de café, con algo menos de acidez |
| Tueste urbano | Marrón castaño, apenas más oscuro que el tueste de la ciudad | Sabor completo de café, con buen balance de azúcar y acidez. |
| Viena | Marrón oscuro, con rastros de aceite en la superficie | Sabor de tostado oscuro |
| Tueste Francés | Marrón oscuro, casi negro, aceitoso en la superficie | Amargo, sabor ahumado y aroma intenso. |
| Tueste Italiano | Marrón chocolate amargo, con aceites en la superficie | Sabor quemado |
| Espresso | Tostado oscuro de uso específico para máquinas de espresso | Sabor quemado fuerte y dulce. |

Fuente: Referencia 16

2.9 El proceso del postado

Durante el proceso del tostado los granos de café pasan por etapas diferentes. En primer lugar, el agua contenida en el grano se evapora. Después el grano se hincha dos veces su volumen original que hace que la cáscara de color plateado se rompa y caiga (esta es la cáscara que es quitada del tostador al final del tueste). El color del grano se cambia de verde claro a amarillo, a amarillo marrón, a marrón claro y luego a marrón oscuro. El aroma del café se desarrolla de una serie de reacciones químicas cuando el grano es tostado. En su forma verde el grano no tiene prácticamente ningún aroma.

El café no solo contiene cafeína, también se encuentran aminoácidos, azúcares, lípidos y minerales, cuya composición varía por especie, variedades, región, país de origen y grado de tostado del grano, el contenido de cafeína es diferente según el tipo de café, el mínimo es de 0.8% si se trata de café puro, de 0.56% si es café mezclado con azúcar y un máximo de 0.3% en el caso de café descafeinado.

Uno de los procesos de transformación del café es el tostado, que se realiza a más de 150 °C para generar cambios químicos en los componentes del grano. El color, aroma, cuerpo, sabor que afectan su calidad.

El café suele tostarse a diferentes intensidades para acentuar sus atributos y obtener características que satisfacen el gusto del consumidor.

Los tres granos comerciales de tostado son claro medio y oscuro, generalmente un café claro tiene un sabor más suave que uno con tueste oscuro.

El café tostado, en tanto no se sobrepase un contenido de 6% de humedad, no se representa problemas de deterioro o descomposición, no obstante dado que algunos de sus componentes son volátiles, los expertos recomiendan que de preferencia se consuma recién tostado o se adquiera solamente la cantidad en periodos cortos de dos a tres semanas.

2.10 Los puntos más significantes del proceso de tostar

El primer punto es donde el café deja de bajar en temperatura y comienza a subir otra vez. En el punto amarillo, los granos pierden su color original verde y toman un color amarillo intenso.

El grano hace un sonido al reventar parecido al de las palomitas de maíz, pero el doble de duro. Este es el primer nivel en que se puede usar este café y ese estilo de tostada se llama “tostada de canela” por el color del café.

El grano revienta por segunda vez y se escucha el sonido “pop” otra vez. Los aceites suben a la superficie del grano tostado. Aquí es cuando mucho del cuerpo, el sentido dentro de la boca y las características deseadas se forman.

En el punto final, el color y el aceite se han formado al punto óptimo. El tostador pasa el café al campo designado para que se enfríe.

Figura 5 sabor y olor a café



2.11 Cambios químicos que ocurren en el proceso de tostado

Las observaciones en los laboratorios generales de productos alimenticios conducen al concepto siguiente sobre los cambios químicos que ocurren durante la tostadura. Los principales componentes del café verde soluble en agua son proteínas sacarosa y ácido clorogénico, que representan 70-75% de los sólidos solubles. Casi toda la sacarosa desaparece al comienzo de la tostación.

Al parecer, se forman primero azúcares reductores, éstos reaccionan rápidamente, de modo que la cantidad total de azúcar disminuye con rapidez al principio y después más lentamente, hasta el fin de la torrefacción, las reacciones del azúcar son la deshidratación y la polimerización; se forman sustancias de peso molecular elevado solubles en agua y sustancias insolubles en agua. Se cree que buena parte del color y el sabor del café tostado se debe a los productos de degradación de la sacarosa. Además de la pérdida de agua, se forman dióxido de carbono y otras sustancias volátiles y éstas reunidas hacen la mayor parte de la pérdida de peso seco durante la tostación.

Los carbohidratos se polimerizan y degradan, liberando monosacáridos térmicamente inestables descomponiendo del 20% al 30% de los polisacáridos, dependiendo del grado de tostado.

La sacarosa es el principal azúcar en el café, su degradación puede ocurrir tan bajo como lo es a 194 °F y comienza con la ruptura del enlace glucosídico seguida por condensación y la formación de agua. Entre los 338 y 392°F comienza la caramelización, en este punto que el agua y la fractura del dióxido de carbono y la liberación de gases comienza causando la primer ruptura mecánica. Estas son las reacciones químicas, ocurriendo a aproximadamente 356°F que son exotérmicas.

La celulosa es una fibra principal de la pared celular del café. Es parcialmente ordenada (cristalina) y parcialmente desordenada (amorfa). La celulosa original se convierte en celulosa poliforma, cuando se expone al calor. Ocurre un daño severo en las paredes celulares de la matriz a temperaturas arriba de 446°F y la superficie del grano sobre 536°F.

Los valores de temperatura actual cambiarán debido a niveles variantes y otros componentes. La segunda ruptura asociada con tostados más oscuros, es la fractura de la matriz, posiblemente asociada con la volatilización de lignina y otros aromáticos.

La trigonelina es una base del nitrógeno hallada en el café, es 100% soluble en agua, es probablemente el componente más significativo que contribuye a la amargura excesiva. A una temperatura de 445°F aproximadamente el 85% de la trigonelina se degrada. Esta temperatura del grano representa un tostado moderadamente oscuro. Para tostados más ligeros habrá más trigonelina por tanto amargura, pero también menos caramelización del azúcar.

El ácido quínico, es soluble en agua e imparte una acidez ligera y calidad de fineza, que se añade al carácter y complejidad de la taza. Es un componente estable a las temperaturas de tostado.

El ácido nicotínico, esta enlazado a la estructura de la celulosa polisacárida, éste se deriva también en forma soluble durante el tostado, la interacción de ácido nicotínico con otros componentes contribuye significativamente a la intensidad asociada con los tostados más oscuros.

2.11.1 Compuestos extraídos y retenidos por el agua:

Los compuestos que extrae el agua hirviente se clasifican en componentes de sabor no volátiles (la cafeína, trigonelina, ácido clorogénico, ácidos fenólicos, aminoácidos, hidratos de carbono y minerales) y componentes de aroma volátiles (ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, ésteres, aminas y unos compuestos de azúfre llamados mercaptanos)

2.11.2 Sabor y olor de café

Las características del sabor de un alimento se derivan principalmente de sus componentes volátiles.

Hay varios factores que contribuyen significativamente el sabor de las comidas, primero los componentes deben poseer características de olor y sabor asociados con una comida en específica.

Infusión, extracto suave, extracto secado, tinte (20% en 40 – 70% etanol), destilado (65% alcohol). Los alcaloides (cafeína, adenina, guanine, xantina, etc) son responsables de la acción del estimulante. La cantidad pequeña de aceite esencial en el grano contiene furfurool, derivados del sulfuro, y ácidos volátiles, el aceite esencial y la grasa, el consisten de glicéridos y materia insaponificable, que son los responsables de la acción del sabor.

Los compuestos volátiles responsables del sabor de un comestible se pueden formar en la especie viva, por ejemplo, en frutas durante la maduración o durante el proceso que requieren para hacer al alimento comestible.

Los compuestos de sabor volátiles se forman de los tres ingredientes básicos del alimento: carbohidratos, particularmente los monosacáridos y los disacáridos, proteínas, particularmente los aminoácidos libres, y triglicéridos o sus derivados.

Las clases más importantes de los compuestos de sabor en varios comestibles y el modo de su formación de precursores se resumen, como puede ser visto, los tipos principales de alimento con los volátiles con sulfuro del sabor a carne, y productos asados tales como café, cacao y cacahuets.

2.12 Compuestos característicos que proporcionan sabor al café procesado al calor

Aminoácidos y azúcares; compuestos del sabor: Aldehídos, cetonas, fenoles, compuestos de azufre, como sulfuros de hidrógeno.

2.12.1 Tioles y compuestos de azúfre

Los **tioles**, **R-SH**, son análogos azufrados de los alcoholes. Los tioles se nombran por medio del sistema que se usa para los alcoholes, con el sufijo *-tiol* en lugar de *-ol*. El grupo -SH mismo se conoce como grupo **mercapto**:

Metanodiol, disulfuro de carbono, dimetil sulfuro, dimetil disulfuro, dietil disulfuro, metil etil sulfuro, metil etil disulfuro, tianisol, hidroxitianisol,

2.12.2 Aldehídos y cetonas

Los aldehídos y cetonas, junto con los ácidos carboxílicos, los ésteres, las amidas y los cloruros de ácido, se caracterizan por contener en su estructura el grupo funcional carbonilo (C=O).

1-metildio-2-butanona

2.12.3 Furanos

Compuestos heterociclicos, Su estructura básica la constituyen dos anillos aromáticos unidos por uno átomo de oxígeno, con distintos grados de sustitución por átomos de cloro. El grado de cloración de los anillos y de la posición de estos átomos de cloro es lo que confiere la toxicidad a cada molécula. Grupo químico: Compuesto organoclorado.

Furfural mercaptan, furfural metil sulfuro, difurfural sulfuro, furrural tioacetato, 5-metil-2-furfural metil sulfuro.

2.12.4 Tiofenos

Compuestos heterociclicos que contienen azufre en el anillo, tales compuestos presentan seis electrones pi y por lo tanto son aromáticos:

Tiofeno, 2-metil tiofeno, 2-metil-4-etil tiofeno, 3-vinilthiofeno, 2-hidroxi tiofeno, 2-formil tiofeno, 2-acetil tiofeno, 3-acetil tiofeno, 5-metil-2-formil tiofeno, ditiófeno, formaldehído, acetaldehído, dihidro-3(2H) tiofeno, 2-metildihidro-3(2H) tiofeno, 1,2-dieno, benzotiofeno.

2.12.5 Tiazoles

Compuestos heterocíclicos aromáticos de cinco átomos, en el cual se han sustituido átomos de carbono por átomos de nitrógeno y azufre:

5-metil tiazol, 2,4-dimetil tiazol, 4,5-dimetil tiazol, 2-etil tiazol, 4-etil tiazol, 5-etil tiazol, 5-etil-4-metil tiazol, 2-etil-4-metil tiazol, 4-etil-5-metil tiazol, 2,4,5-trimetil tiazol, 2,4-dietil tiazol, 2,5-dietil tiazol, 2,4-dimetil-5-etil tiazol, 2,5-dimetil-4-etil tiazol, 4,5-dimetil-2-etil tiazol, 4n-butil tiazol, 2-acetil-4-metil tiazol, benzotiazol,

2.12.6 Volátiles con sulfuro y su suceso en el café

Los sabores son un atributo importante de la calidad de alimentos. Ahora se reconoce como factor auxiliar de la dieta. La opinión del sabor es una sensación compleja de la participación del fenómeno, sensación olfativa, gustativa y tacto a la temperatura, e incluso sonido.

Los componentes gustativos y táctiles se refieren al gusto y al textura del alimento respectivamente. El componente olfativo trata del olor del alimento y consiste en dos factores distintos, el olor y el aroma. El olor es un factor importante que tiene la influencia más grande en sabor, es percibida cuando se huele el alimento, mientras que el aroma es detectado por los receptores olfativos durante comer y/o beber el alimento.

Los compuestos de sabor volátiles en alimentos ocurren con frecuencia en rastro de concentraciones rodeados por los otros materiales y agua orgánicos.

Tioles (mercaptanos): 2-furil-metanotiol,

Sulfuros: metil-etil sulfuro, metil-furfuril sulfuro

Tiofenos: tiofeno, 2-formil tiofeno, 2-acetil-tiofeno.

Pyrazinas: Compuestos heterociclicos aromáticos de seis átomos, dos de los cuales son de nitrógeno. Según los sustituyentes que presenten tendrán un umbral de percepción determinado, ya que son estos los causantes de numerosas reacciones químicas con la mucosa olfativa, y también a los que se debe la diversidad de esteroisómeros que como tales presenta propiedades distintas. El número, la naturaleza y la posición de los radicales, son los responsables de la calidad y de la intensidad del olor, originado por este tipo de compuestos:

Metilpirazina, 2,3-dimetilpirazina, 2,5-dimetilpirazina, 2,6-dimetilpirazina, etilpirazina, 2-etil-3-metilpirazina, 2-etil-5-metilpirazina, 2-etil-6-metilpirazina, trimetilpirazina, 2,5-dietilpirazina, 2,6-dietilpirazina, 3-etil-2,5-dimetilpirazina, 3-etil-2,6-dimetilpirazina, 2-etil-3,5,6-trimetilpirazina, Tetrametilpirazina,

2,3-dietil-5-metilpirazina, 2,6-dietil-3-metilpirazina, propilpirazina, 2-metil-5-propilpirazina, 2-metil-6-propilpirazina, 2-metil-5-isopropilpirazina, 2-etil-6-propilpirazina, 2-isobutil-3-metilpirazina, vinilpirazina, 2-metil-5-vinilpirazina, 2-metil-6-vinilpirazina, 2-etil-6-vinilpirazina, 2-isobutil-3-metoxipirazina, 2,5-dimetil-3-isobutilpirazina, 2-(2'-furyl)pirazina, 2-(trans-1-propenil)pirazina, 2-metil-5-(trans-1-propenil)pirazina, 2-metil-6-(trans-1-propenil)pirazina.

2.13 Cromatografía de gas – Espectrometría de masas.

El análisis de la fracción volátil del café ha ido progresando rápidamente en los últimos años gracias a la llegada de la cromatografía de gas y espectrometría de masas.

Un sistema de cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masas consta de un gas de arrastre, un puerto de inyección de la muestra, una columna, el horno que contiene a la columna, y un sistema espectrométrico de masas (fuente de ionización, analizador de masas y un detector). La muestra se volatiliza en el puerto de inyección y se inyecta con exactitud y precisión en la cabeza de la columna cromatográfica.

La elusión se produce por el flujo de una fase móvil del gas inerte, el cual no interacciona con las moléculas del analito; su única función es de transportarlo a través de la columna.

La columna por su parte, es el corazón de la cromatografía de gas. Posee una fase estacionaria en la cual se produce la retención de los analitos a diferentes proporciones como consecuencia de la adsorción física y produciendo luego la separación.

La elección de la fase estacionaria de la columna, depende de la naturaleza de los componentes de la muestra a ser separados.

Lo que concuerda con otros estudios que indican que el aroma del café tostado es muy complejo y está compuesto de muchos volátiles con características olóricas diferentes.

Es importante notar que personas que han tenido entrenamiento en química han tenido la oportunidad de oler únicos olores de químicos, tienen la ventaja en identificar algunas características y olores de café.

Al dejar salir el gas cromatográfico de químicos individuales y olores lo hace posible hablar de acetaldehídos o acético, ácido diacetil, mercaptan.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

- La extracción de aceite por prensado se llevó a cabo por medio de un tronillo prensa (extrusor), perteneciente a SAMTRA ubicada en la 2ª calle 5-67 zona 13, y la extracción por lixiviación en caliente con solvente se realizó con un equipo soxhlet, en el laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones, de la Facultad de Ingeniería.
- La cromatografía de gases se llevó a cabo en el laboratorio de Calidad de Aceites Olmeca ubicada en Km 16.5 carretera a El Salvador, Fraijanes Guatemala.
- La cromatografía de gases aplicado a espectrometría de Masas se llevó acabo en el CIAT Antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- La determinación de las propiedades fisicoquímicas e índices de calidad se determinaron en el laboratorio del área de Química de la Escuela de Ingeniería Química y en el laboratorio de Calidad de Olmeca.

3.2 Materiales y equipo:

Granos de café en oro tipo Genuino Antigua estrictamente duro, Altitud 1500-1700 metros (5000 – 6000 pies). Latitud 14° 33' 24"N, longitud 90° 44' 02"O, altitud 1 530 metros sobre el nivel del mar.

Los reactivos químicos utilizados se describen en cada una de las metodologías en la sección de metodología experimental.

Los equipos utilizados fueron:

- Tostador de cilindro con quemador de gas propano.
- Tornillo prensa (extrusor)
- Equipo de laboratorio instrumental (cromatógrafo de gases marca XL Perkin Elmer Clarus 500, con detector de masa, Integrador Pe Nelson).
- Equipo de laboratorio químico
 - Balanza analítica marca Ohaus Adventurer 0.0001 g.
 - Plancha de calentamiento marca Ohaus
 - Equipo de destilación por reflujo, marca Kimax 24'40
 - Viscosímetro, viscotester DC 6V Rion
 - Refractómetro
 - Centrifuga, IEC HN-S II, Centrifuge
- Equipo de extracción soxhlet 55/50 pyrex England No. 3840-LCO, balón de destilación 250 mL. Pirex 24/40 No. 4100

3.3 Recursos humanos:

Investigadora: Lourdes María Ramírez Ovalle

Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales

Revisor: Ing. Qco. César Alfonso García Guerra

Colaboradores: Sr. Julio Francisco Crespo Morales

Ing. Daniel Ramírez

Ing. Sergio Paz

Personal del laboratorio de calidad de aceites Olmeca

3.4 Metodología experimental

3.4.1 Tueste de los granos

Tueste oscuro:

Se tomaron dos lotes de 23 kilos de café en oro, se tostaron los granos de cada lote por separado, observando que la temperatura del tostador alcanzara los 200 °C, tomando el tiempo de tostado a una razón de tueste de 1.3 Lb/min, luego se sacó del horno tostador se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesaron ambos lotes.

Tueste liviano:

Se tomaron dos lotes de 23 kilos de café en oro, se tostaron los granos de cada lote por separado, observando que la temperatura del tostador alcanzara los 190 °C, tomando el tiempo de tostado a una razón de tueste de 1.5 Lb/min., se sacó del horno tostador se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesaron ambos lotes.

Tabla II **Tueste de café**
Tiempo y temperatura

| LOTE Café en oro | OSCURO | | LIVIANO | |
|---------------------|---------|-------------|---------|-------------|
| | TIEMPO | TEMPERATURA | TIEMPO | TEMPERATURA |
| 23 Kg | 45 min. | 200 °C | 38 min. | 190 °C |
| 23 Kg | 45 min. | 200 °C | 38 min. | 190 °C |

Fuente: Datos experimentales

Tabla III Cantidad de café tostado y porcentaje de pérdida de masa

| TUESTE | Cantidad de café en oro | Café tostado obtenido | % de pérdida de masa |
|---------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| OSCURO | 46 Kg | 37.65 Kg | 18.2% |
| LIVIANO | 46 Kg | 38.55 Kg | 16.2% |

Fuente: Datos experimentales

3.4.2 Diseño de tratamiento para la extracción de aceite

El rendimiento de la extracción del aceite se evaluó al someter, un lote de 12.5 kilos para el café tostado oscuro y 12.85 Kg para el tueste liviano con tres repeticiones cada uno para obtener un total de 6 muestras

3.4.3 Metodología de la extracción de aceite

3.4.3.1 Expresión o prensado

El tornillo prensa o extrusor fué puesto en funcionamiento introduciendo poco a poco el lote de café en la tolva, alcanzando 125 PSI de presión, logrando que el extrusor trabajara el 65% de su capacidad a razón de 1Lb/min. Obteniendo la temperatura de la torta de 108°C y temperatura del aceite de 80 °C

El aceite obtenido se filtró al vacío, a una temperatura entre 65 y 70 °C, el sobrante de la filtración se desechó y parte de la torta sobrante del prensado se utilizó para hacer la comparación con una extracción por lixiviación soxhlet.

3.4.3.2 Extracción de lixiviación en caliente soxhlet

Se realizó la extracción de lixiviación en caliente soxhlet con el objetivo de determinar el porcentaje de rendimiento de aceite extraído con solvente y compararlo con la extracción por prensado, las muestras fueron una de café tostado oscuro y una de café tostado liviano (fase inmóvil), así como también a dos muestras del residuo de ambos tuestes que se obtuvieron de la extracción en prensado, para lo cual se utilizó hexano como solvente (fase móvil).

Material y equipo:

- Soportes.
- Matraz de 500 mL de fondo plano.
- Cartuchos o dedos extractores.
- Refrigerantes con serpentín para la extracción.
- Embudo.
- Probeta 250 mL
- Pinzas
- Balanza
- Espátula.

Solvente:

n-Hexano (C₆H₁₄) grado reactivo al 96%, PG-RGH MERCK Código h1055-4 Lote KJnh10554

Procedimiento

- Se incorporó una cantidad de muestra seca y molida como fase inmóvil, según la capacidad del dedal de celulosa, se pesó y se dejó espacio para taparla con algodón.
- Se colocó el dedal en el tubo de extracción y adicionó el solvente como la fase móvil (300 mL) al matraz previamente tarado.
- Se extrajo la muestra de aceite con solvente logrando 19 ciclos en 8 horas.
- Se tomó la temperatura de extracción de 63°C.
- Cuando se completó la extracción se eliminó el solvente en el rotavapor evaporando con precaución todo el solvente.
- Se pesó la muestra separada.

Para la separación se llevó a cabo mediante el calentamiento de la sustancia (rotaevaporando), al tener distinto punto de ebullición el solvente se evaporó primero con lo cual se obtuvo la separación.

Determinación del rendimiento del proceso de extracción del aceite

Se realizó a partir de la cantidad de aceite extraído relacionada con el tamaño del lote o muestra utilizado y se expresó en porcentaje en peso.

4. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE CAFÉ

4.1 Descripción de las pruebas realizadas

A continuación se presenta cada prueba realizada, describiendo el procedimiento por el cual se llevó a cabo.

Determinación de las propiedades físicas y químicas del aceite de café

Sobre la naturaleza y la calidad de un aceite se puede juzgar a partir de sus constantes físicas y químicas o sus números (índices). Las propiedades físicas de un aceite más importantes son su temperatura de fusión o endurecimiento y la viscosidad; entre las químicas se destacan el número ácido (índice de acidez), el índice de yodo, valor de peróxidos y el número o índice de saponificación, etc. Las cuales fueron determinadas en el laboratorio de Calidad de Aceites Olmeca por el método oficial American Oil Chemistry Society (AOCS),

4.1.1 Número ácido o índice de acidez basado en el método oficial AOCS Ca 5a - 40

El número ácido caracteriza la presencia de ácidos grasos libres en la grasa. El número ácido se expresa en cantidad de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 g. de grasa. Este índice es uno de los indicadores más importantes de la calidad de la grasa.

Materiales y equipo:

- Botella de muestra de aceite
- Soporte
- Pinzas para bureta
- Agitador electromagnético

Reactivos y soluciones:

- Alcohol etílico 95%
- Fenolftaleína 1%
- Hidróxido de sodio 0.25 N (estandarizada)

Procedimiento

1. La muestra debe estar bien mezclada y completamente líquida antes del pesado; nunca caliente la muestra más de 10 °C arriba de su punto de fusión.
2. Pese aprox. 5 a 10 g. de muestra
3. Adicione la cantidad especificada de alcohol (75 mL) caliente neutralizado y 2 mL del indicador.
4. Titule la solución estándar de hidróxido de sodio, agitando vigorosamente hasta que aparezca el primer color rosado permanente, el color debe persistir por 30 segundos.

$$\% \text{ ácidos grasos} = \frac{\text{mL base} \times \text{N} \times 25.6}{\text{pm}} \quad [\text{ec. 1}]$$

Donde:

mL base = mL de NaOH gastados en la titulación

N = normalidad del NaOH

pm = peso de la muestra

4.1.2 Índice de yodo basado en el método oficial AOCS Cd 1-25

Se denomina índice de yodo la cantidad de gramos de yodo que pueden combinarse con 100 g de grasa. Este número permitió evaluar el grado de no saturación de la grasa provocado por la presencia de glicéridos con ácidos grasos de dobles enlaces, la capacidad de la grasa para la oxidación, para la reducción y otras reacciones. Cuanto mayor es el contenido de ácidos grasos no saturados en la grasa, tanto mayor es su índice de yodo.

Materiales y equipo:

- Earlenmayer de boca ancha de 250 mL con tapón
- Earlenmayer de 100 mL con tapón
- 3 pipetas de 5, 20 y 25 mL de capacidad c/u
- Pinzas de bureta y soporte

Reactivos y soluciones

- Yoduro de potasio 10%
- Solución de wijs
- Tiosulfato de sodio 0.1N
- Yoduro de potasio
- Tetracloruro de carbono
- Dicromato de potasio
- Solución soluble de almidón.

Procedimiento:

1. Estandarizar la solución de tiosulfato de sodio con dicromato de potasio
2. Derrita la muestra si ésta no es líquida, luego filtrar con papel para remover algunas impurezas y trazas, completamente seca o libre de humedad.
3. Pesar 1 g. de muestra dentro de un earlenmayer de 500 mL y añadir 15 mL de tetracloruro de carbono, agitar hasta que la muestra este completamente disuelta
4. Pipetear 25 mL de solución de wijs y adicionarlo a la muestra. Tapar el earlenmayer y agitar hasta obtener una mezcla homogénea.
5. Almacenar la muestra en un lugar oscuro por 30 minutos a 25 °C.
6. Después de los 30 min. Sacar el frasco donde se almacenaba y añadirle 20 mL de solución de yoduro de potasio y 150 mL de agua destilada.
7. Preparar y conducir por lo menos un blanco con cada grupo de muestras simultáneamente y similar en todo respecto a las muestras.
8. Titular con solución 0.1M de tiosulfato de sodio cuidadosamente y agitando constantemente. Continuar esta titulación hasta que tenga un color amarillo claro, anadir 1 a 2 mL de indicador almidón continuar la titulación hasta que se decolore por completo.

$$\text{Índice de yodo} = \frac{((B - S) \times N \times 12.69)}{pm} \quad [\text{ec.2}]$$

Donde:

B = gasto de titulación del blanco (mL)

S = gasto de titulación de la muestra

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

pm = peso de la muestra

4.1.3 Índice de saponificación basado en el método oficial AOCS Cd 3-25

Número de saponificación se denomina el número de miligramos de hidróxido potásico que se necesita para neutralizar todos los ácidos grasos (libres y ligados en forma de glicéridos) que se contienen en 1 g de grasa.

Materiales y equipo:

- 2 condensadores
- 1 pipeta de 50 mL
- 2 balones de 150 mL
- 1 pipeta de 1 mL
- 1 bureta
- Pinzas para bureta
- Balanza analítica
- Estufa
- Soporte y pinzas.

Reactivos y soluciones:

- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína 1%
- Alcohol etílico 95%
- Acido clorhídrico 0.5N

Procedimientos:

1. Pesar 5 g. de muestra y agregar 50 mL de la solución de hidróxido de potasio alcohólica con una pipeta.
2. Preparar un blanco de forma simultánea a la muestra

3. Colocar los balones (blanco y muestra) en el condensador hasta que la saponificación sea completa (aprox. 1 hora). Evitar pérdidas.
4. Después de obtener la muestra colectada, lavar el condensador con una cantidad mínima de agua destilada (de 1 a 2 mL)
5. Titular con la solución de ácido clorhídrico utilizando el indicador fenolftaleína.
6. calcular el índice de saponificación utilizando la siguiente fórmula:

[ec.3]

$$\text{SAP} = \frac{56.1 * N(\text{HCl}) * (\text{titulación en blanco mL} - \text{titulación muestra mL})}{\text{pm}}$$

Donde:

- SAP = mg. de KOH requeridos para saponificar
- N(HCl) = normalidad del HCl
- pm = peso de la muestra

4.1.4 Índice de peróxidos basado en el método oficial AOCS Cd 8-53

Este método determinó todas las sustancias, en términos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g. de muestra, que oxidan el yoduro de potasio bajo condiciones de la prueba. Generalmente se asume que las sustancias son peróxidos u otras sustancias similares que oxidan a la grasa.

Materiales y equipo:

- Pipeta de 0.5 mL o cualquier otro aparato volumétrico capaz de medir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio.
- Earlenmayer de 250 mL con tapones de vidrio
- Estufa
- Balanza analítica.

Reactivos y soluciones:

- Ácido acético
- Cloroformo
- Yoduro de potasio (solución saturada)
- Almidón 1%
- Tiosulfato de sodio 0.1N
- Dicromato de potasio 2.5%

Soluciones

- ácido acético - cloroformo (3:2 v/v)

Procedimiento

1. Estándarizar la solución de tiosulfato de sodio con dicromato de potasio
2. Pesar 5 g. de muestra en un earlenmayer de 250 mL con un tapón de vidrio y agregue 30 mL de solución de ácido acético-cloroformo. Agite para disolver la muestra.
3. Agregue 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio
4. Deje que la solución repose, agitando ocasionalmente 1 min. exacto y luego inmediatamente agregue 30 mL de agua destilada.
5. Titule con tiosulfato de sodio adicionándolo gradualmente, agitando constantemente, continúe la titulación hasta que el color amarillo casi desaparezca.

6. Agregue 0.5 mL de la solución de almidón y continúe, cerca del punto final agregue el tiosulfato en gotas hasta que desaparezca el color azul.
7. Haga una determinación con un blanco.

$$\text{Valor de peróxido (meq. / 1000 gr.)} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{Pm} \quad [\text{ec. 4}]$$

Donde:

B = titulación del blanco, mL

S = titulación de la muestra, mL

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

4.1.5 Materia insaponificable basado en el método oficial AOCS Ca 6a -40

La materia insaponificable es la parte de una grasa que no puede usarse como base para jabones.

Material y equipo

- Cilindro graduado de extracción
- Frasco soxhlet 250 mL
- Ampolla de separación
- Sifón

Reactivos y soluciones

- Éter de petróleo
- Fenolftaleína
- Alcohol al 95%

- Solución acuosa de hidróxido de potasio (KOH) 50% de peso
- Solución de hidróxido de sodio

Procedimiento:

- Pesar 5g de muestra dentro de un earlenmayer o frasco soxhlet, agregue 30 mL de alcohol (95%) y 5 mL de KOH (50%) y poner a reflujo en condensador por 1 hora, hasta completar la saponificación.
- Trasfiera al cilindro de extracción y lave el frasco soxhlet con 40 mL con alcohol (95%, complete la transferencia con agua destilada, lave el frasco soxhlet con pequeñas cantidades de éter y agréguelo al cilindro, enfríe el cilindro y el contenido y agregue 50 mL de éter
- Inserte el tapón y agite vigorosamente por 1 min. Para que se separen las dos fases.
- Las fracciones de éter son drenadas y acumuladas en la ampolla de decantación
- Repita la extracción usando éter en porciones de 50 mL hasta completar 6 a 7 extracciones, luego agite vigorosamente, con cada extracción.
- Lávelos en forma combinada, los extractos en el separador con lavadas de 25 mL de cada uno,(hacerlo 3 veces), estos lavados hacerlos con alcohol al 10% en agua destilada, agitar vigorosamente y drenar el alcohol después de cada lavado no remueva el éter
- Trasfiera la capa de éter a un beacker tarado y evapore el contenido en baño maría y complete el secado en el horno de 75 a 80 °C, conerlos en desecador y pesar.
- Después de pesar agregue el residuo del beacker 50mL de alcohol al 95% caliente (50°C) neutralizando y titulando con NaOH 0.02 N usando fenolftaleína de indicador.

- Hacer un blanco por prueba de materia insaponificable sin grasa o aceite presente.

$$\% \text{ materia insaponificable} = \frac{A - (B + C) \times 100}{pm} \quad [\text{ec. 4}]$$

Donde:

A = peso del residuo

B = peso de grasa ácida (usando 1 mL de 0.02 N de NaOH es equiv. a 0.0056 g de ácido oleico)

4.1.6 Presencia de gomas basado en el método oficial AOCS

La prueba determinó la cantidad total de fosfátidos y sustancias pegajosas que no interfieren de forma clara con la acidez del aceite. Se basa en un proceso de desgomado a escala laboratorio en donde los fosfátidos son hidratados para hacerlos insolubles en el aceite y por centrifugación separarlos. Las gomas producen pérdidas en el refinado y disminuye la vida de almacenada de un producto

Materiales y equipo

- Beacker de 400 mL
- Pipeta de 10 mL
- 1 gotero
- 1 tubo de ensayo
- Balanza analítica
- Estufa con agitador magnético
- Centrifuga

Reactivos y soluciones

- Ácido fosfórico
- Hexano

Procedimiento:

1. Pesar 100 g. de muestra y colocarlos en el beacker
2. Agregar a la muestra 1 gota de ácido fosfórico y 10 mL de agua destilada hervida.
3. Calentar la mezcla a 70 °C con agitación durante 10 min,
4. Tarar y llenar un tubo de ensayo con la muestra (o los que sean necesarios), para colocarlo en la centrífuga durante 15 minutos
5. Trasvasar el aceite separado en la centrifuga.
6. Realizar dos lavados consecutivos con hexano a las gomas depositadas en el tubo de ensayo y agregarlas a un beacker de 250 mL
7. Terminar de sacar todas las gomas del tubo de ensayo con espátula y destilar el hexano, calentando la muestra a 70 °C en el horno.
8. Pesar el beacker de 250 mL conteniendo las gomas secas
9. Calcular el porcentaje de gomas de acuerdo ala siguiente fórmula:

$$\% \text{ GOMAS} = (\text{PG} - \text{PB}) * 100 / 100 \quad [\text{ec. 5}]$$

Donde:

PG = peso del beacker de 250 mL + peso de gomas secadas

PB = peso del beacker de 250 mL

4.1.7 Valor p- anisidina basado en el método oficial AOCS Cd 18-90

El valor de p-anisidina es definido por convección como 100 veces la densidad óptica medida a 350 nm en una celda de 1 cm, de una solución conteniendo 1 g de aceite en 100 mL de solución de solvente.

Este método determinó la cantidad de aldehídos (principalmente 2 alquenos y 2,4 dienos) en aceites y grasas, animal y vegetal por reacción en una solución de ácido acético, de los aldehídos contenidos en un aceite y la p-anisidina y luego midiendo la absorbancia a 350 nm

Materiales y equipo

- Tubos de ensayo, con tapón de fondo de vidrio o tapadera de teflón
- Matraz volumétrico de 25 mL
- Pipeta o bureta (capaz de medir exactamente 1 mL o 5 mL)
- Espectrofotómetro para observación 350 nm
- Celdas de vidrio de 1 cm.

Reactivos y soluciones:

- Isooctano (2,2,4-trimetilpentano) ópticamente claro
- Ácido acético glacial – calidad reactivo
- p-Anisidina – calidad reactivo
- Solución (0.25 g de p-anisidina en 160 mL de ácido acético glacial)

Procedimiento:

1. Pese de 0.5 a 4 g. de muestra en un matraz volumétrico de 25 ml. diluir a volumen con isooctano.

2. Mida la absorbancia (A_b) de la solución a 350 nm, en una celda, con el espectrofotómetro, usando de referencia la celda llena de solvente como blanco.
3. Pipetee exactamente 5 mL de la solución aceitosa en un tubo de ensayo y exactamente 5 mL de solvente en un segundo tubo de ensayo. Utilizando una pipeta automática, adicione exactamente 1 mL del reactivo p-anisidina (solución) para cada tubo y agite.
4. Luego de 10 min. Exactamente mida la absorbancia (A_s) del solvente en el primer tubo de ensayo en una celda a 350 nm, usando la solución del segundo tubo de ensayo como blanco en la celda de referencia.

$$p - A. V. = \frac{25 \times (1.2 A_s - A_b)}{pm} \quad [ec. 6]$$

Donde:

A_s = absorbancia de la solución aceitosa después de la reacción con el reactivo

p-anisidina.

A_b = absorbancia de la solución de aceite

pm = peso de la muestra

4.1.8 Determinación de fosfolípidos basado en el método oficial AOCS Ca 19-86

El método nephelométrico determinó la turbiedad en la mezcla debido a los fosfolípidos. La turbiedad está correlacionada para el nivel de fósforo. Este método es aplicable a crudos, desgomados, refinados, blanqueados y deodorizado.

Materiales y equipo

- Papel filtro - 12 cm whatman No 2
- Embudo
- Beackers
- Matraz
- Turbidímetro - HACH – modelo 18900-00
- Celdas para turbidímetro
- Equipo de celtas estándares
- Horno de microondas o estufa.

Reactivos y soluciones

- Acetona – grado espectral

Procedimiento:

1. Encender el turbidímetro y permitir que este encendido 15 minutos antes de usarlo
2. Calibrar el turbidímetro de acuerdo a las instrucciones de manufactura y llevar a cabo un blanco sobre la acetona.
3. Calentar la muestra de aceite a 50 °C en una estufa.
4. Filtrar la muestra
5. Pesar una cantidad apropiada de aceite (0.33 g. para aceite crudo) en un earlenmayer de 50 mL
6. Añadir acetona hasta los 50 mL
7. Tapar y mezclar bien y verter la mezcla e una celda turbidimétrica cerca de 30 mL o al nivel de la celda.
8. Tapar la celda y agita por 10 segundos.
9. Limpiar la celda con un papel fino y colocarla dentro del trubidímetro
10. Elegir el rango correcto de turbiedad: cualquiera 2.20 o 200 unidades nephelométricas de turbiedad (NTU).

11. Tomar la lectura de la turbiedad después de 5 minutos exactamente
12. Sustraiga el valor NTU para el blanco (acetona), de la lectura obtenida para la muestra.
13. El nivel de fósforo en mg / L (ppm) para una clase de aceite puede ser determinado nephelometricamente ya sea estimando el fósforo directamente de una curva fósforo vrs. NTU

$$P = (5.89 \times \text{NTU}) + 3163.4 \quad [\text{ec. 7}]$$

Donde.

P = fósforo (ppm)
NTU = turbiedad

$$\text{Contenido de fosfátidos (ppm)} = P \times 30$$

4.1.9 Prueba del frío basado en el método oficial AOCS Cc 11-53

Este método determinó la resistencia de la muestra a la cristalización y es comúnmente utilizado como un índice de winterización y proceso de eliminación de estearina. Es aplicable a todos los aceites normales animales y vegetales refinados y secos.

Material y equipo:

- Botella de muestra de aceite - 115 mL , completamente limpia y seca.
- Baño de agua - mantenido a 25 °C
- Baño de agua con hielo picado a 0 °C , agregando agua fría suficiente para llenar hasta el nivel de la botella.

Reactivos

- Ninguno

Procedimiento:

1. Filtre una cantidad suficiente de muestra (200 a 300 mL) por medio de papel filtro y luego caliente una porción filtrada. Agite la muestra continuamente muestra caliente y quite del calor inmediatamente cuando la temperatura llegue a 130 °C
2. Llene una botella de muestra completamente y colóquele un tapón cuidadosamente. Ajuste la muestra y la botella a 25 °C en un baño de agua y luego selle con parafina.
3. Introduzca la botella de muestra en el baño de agua con hielo hasta que la botella esté completamente cubierta con agua y hielo.
4. Rellene con hielo tan a menudo como sea necesario para guardar la solidéz del baño, de otra manera la temperatura se elevará arriba de 0°C es indispensable que el baño se mantenga a 0°C.
5. Al pasar 5.5 horas saque la botella del baño y examine cuidadosamente los cristales grasos o nublamientos.

4.1.10 Prueba de presencia de jabón en aceites basado en el método oficial AOCS Cc 17-79

El método de titulación determinó la alcalinidad de la muestra como oleato de sodio.

Material y equipo:

- Earlenmayer de 500 mL
- Bureta 100 ml, graduada de 0.05 mL

Reactivos y soluciones

- Acetona al 98 %
- Acido clorhídrico 0.01N estandarizada exactamente
- Azul de bromofenol solución indicadora 0.4% en agua.

Procedimiento:

1. Colocar 100 mL de la solución acetona –agua en un earlenmayer de 500 mL, añadir 0.5 mL de solución indicadora de azul de bromofenol.
2. Neutralizar la mezcla acetona – agua para titulación a el punto final (presencia del color amarillo con 0.01 N de HCl)
3. Añadir aproximadamente 100 g. de muestra filtrada y bien mezclada a la solución neutralizada.
4. Titular hasta el punto final (color amarillo con 0.01 N de HCl)

$$\text{Cantidad de jabón como oleato de sodio (ppm)} = \frac{(\text{mL} * \text{N} * 304400)}{\text{Pm}} \quad [\text{ec. 8}]$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{mL} &= \text{mL de HCl obtenidos en el paso de titulación.} \\ \text{N} &= \text{normalidad de HCl} \end{aligned}$$

4.1.11 Prueba de presencia de ceras basado en el método oficial AOCS

Este método determinó la cantidad de ceras presentes en el aceite. Las ceras pueden ser eliminadas de forma parcial durante la refinación para evitar que el aceite se nuble.

Materiales y equipo

- 2 Tubos de ensayo
- Turbidímetro Hach
- Balanza analítica.

Reactivos:

- Acetona

Procedimiento:

1. Se prepara el primer tubo de ensayo aforado con acetona, verificando que se encuentre libre de impurezas
2. Se lee el valor de NTU en el turbidímetro para la acetona. Ajustando el aparato de escala 2.
3. Se tara el segundo tubo de ensayo, y se pesan 4.6 g. de muestra.
4. Se agita la muestra preparada con acetona hasta formar una mezcla homogénea.
5. Se realiza la primera lectura de la muestra en el turbidímetro a una escala de 2, si no existiese resultado aumentar la escala a 20 o a 200 si es necesario.
6. Se procede a hacer el cálculo de ceras por medio de la siguiente fórmula

$$\text{CERA (ppm)} = (\text{NTU muestra} * \text{NTU blanco}) * 39.2 + 40.1 \quad [\text{ec. 9}]$$

Donde:

NTU muestra = turbidez de la muestra

NTU blanco = turbidez del blanco.

4.1.12 Punto de fusión basado en el método oficial AOCS Cc 2-38

El punto de fusión de Wiley fue la temperatura, bajo condiciones de esta prueba, a la que la muestra de disco asume una forma esférica y ésta dio un índice de la temperatura a que la muestra funde. Este método es aplicable a todo tipo de grasa normal, pero el método no es conveniente para grasas fritas.

Materiales y equipo:

- Tubos de la prueba exacta: exacta longitud de aproximadamente 300 mm
- Beacker de vidrio: altura aproximada 200 mm diámetro 85 mm
- Aparato enfriador
- Plato de acero aprox. 10 mm de espesor y 150 mm por lado para enfriar la muestra.
- Termómetro, rango 2-68 °C que se debe calibrar.

Reactivos y soluciones:

- Alcohol etílico
- Agua

Procedimiento:

1. Preparar una mezcla alcohol-agua con densidad exactamente igual como la muestra. Llevar a ebullición, separadamente, agua destilada y 95% alcohol etílico por 10 minutos para eliminar gases disueltos.
2. Llenar el tubo largo de la prueba medio-lleño con el agua caliente y después agregar alcohol caliente, vertiendo el alcohol por los lados del tubo para evitar la mezcla excesiva. Si el plato de acero se va a usar, se debe poner en el refrigerador para que este completamente frío cuando se use.

3. Fundir la muestra y filtrarla con papel filtro, para remover cualquier impureza y el último rastro de humedad.
4. Coloque la muestra en los agujeros en el plato de aluminio y que permanezca en el refrigerador o en contacto con el baño por lo menos 2 horas.
5. Corte lo que excede de la muestra sobre el nivel del plato de aluminio, remover el disco y trasladar a una mezcla de alcohol-agua en el tubo de la prueba, el cual ha sido enfriado previamente o por lo menos 10°C a bajo del punto de fusión de la muestra.
6. Coloque el tubo de la muestra en un beacker que contenga agua fría, inserte el termómetro debajo de la burbuja, es justamente debajo del disco graso. Rotar el termómetro despacio alrededor del disco para mantener una temperatura uniforme mientras el calor es aplicado debajo del beacker. Caliente el agua despacio y continuamente agitar con el aire presente.
7. Como la temperatura de la mezcla del alcohol-agua se incrementa, el disco graso cambiará gradualmente de forma. Cuando empieza a hacer esto, bajar el termómetro hasta el centro de la burbuja y dejar así.
8. Continuar rotando el termómetro y regular el calor para que aproximadamente se requieran de 10 minutos para subir aprox. 2°C de temperatura.
9. Observar la temperatura mientras el disco graso llega a ser completamente esférico.
10. La primera determinación es exploratoria, establece el rango del punto de fundición.

4.1.13 Valor de totox basado en el método oficial Alfa Laval

Este método designó un valor que indica la calidad de una grasa o aceite, determinando si su grado de oxidación no es tal que dificultaría su proceso de refinación. Se aplica principalmente a aceites.

Materiales y equipo:

- Ninguno

Reactivos y soluciones:

- Ninguno

Procedimiento:

1. Determinar el valor de peróxidos y de p-anisidina de acuerdo con los métodos oficiales AOCS.
2. Obtener el valor de todos de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Totox} = 2 (\text{índice de peróxidos} + \text{valor de p-anisidina}) \quad [\text{ec. 10}]$$

4.1.14 Índice de DOBI basado en el método original Tirtiaux

Este método fue determinado como un índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (Deterioration of Bleach Ability Index) o DOBI, como se le conoce consiste en a relación de carotenos respecto al resto de carotenos oxidados. Las moléculas de caroteno absorben la luz a 446 nm, mientras que sus productos oxidados absorben a 270 nm.

Materiales y equipo:

- 2 Celdas para espectrofotómetro de 1 cm
- 1 Balón de 10 ml
- 1 Beacker de 100 ml
- Estufa
- Espectrofotómetro SPECTRONIC

Reactivos:

- Isooctano

Procedimiento:

1. Fundir la muestra y mantenerla al calor para eliminar la humedad, luego filtrar la muestra para eliminar impurezas.
2. Pesar 100 mg de muestra y aforar en un balón de 10 ml con ayuda de isooctano.
3. Preparar una celda de 1 cm con isooctano puro y otra con la muestra preparada.
4. Medir las absorbancias de la muestra a 446 nm y 270 nm, utilizando el isooctano como blanco.
5. Calcular el DOBI:

$$\text{DOBI} = \text{Abs } 446 \text{ nm} / \text{Abs } 270\text{nm} \quad [\text{ec. 11}]$$

6. Calcular la cantidad de carotenos en la muestra únicamente realizar la siguiente operación.

$$\text{Caroteno (ppm)} = 383 \times \text{Abs } 446\text{nm} \quad [\text{ec. 12}]$$

Donde:

Abs. 446nm = es la absorbancia de la muestra a 446 nanómetros

Abs. 270nm = es la absorbancia de la muestra a 270 nanómetros

4.1.15 Humedad basado en el método oficial AOCS

Se realizó por diferencia de peso bajo condiciones de presión atmosférica de 640 mmHg, y temperatura de calentamiento de 70°C, durante un tiempo de aproximadamente 15 minutos. En el laboratorio de Calidad de Aceites Olmeca.

4.1.16 Determinación de metales pesados, Fe, Zn, Cu, Pb, basado en el método oficial de adaptación-Kit de Merck

Los metales pesados presentes en un aceite, que pudieron interferir en el método de extracción.

4.1.17 Perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa basado en el método oficial AOCS Ce-1-62.

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos alifáticos de cadena larga con un número par de átomos de carbono. Son los constituyentes de las grasas animales y vegetales diferenciándolas debido a la existencia de unos y no de otros ácidos grasos, así como la composición en que éstos se encuentran.

Materiales y equipo

- 5 Papel filtro Whatman No 44
- 6 Beacker de 100 mL
- 7 Balon Aforado de 25 mL

- 8 Pipetas pasteur
- 9 Pipetas sexológicas de 5 mL
- 10 Cromatógrafo de gases XL PERKIN ELMER
- 11 Estufa o plancha de calentamiento
- 12 Integrador PE NELSON

Reactivos

- 13 Solución de hidróxido de sodio 20 g en 1000 mL de metanol
- 14 Trifloruro de boro
- 15 Heptano
- 16 Solución saturada de cloruro de sodio
- 17 Sulfato de sodio anhidro

Procedimiento

- 18 Condiciones del cromatógrafo de gas (Integrador / Metodo ACGRASO.MTH)
 - Columna: SP 2380 capillary column 2-4152, 30 m * 0.25mm, 0.20 μ m FILM
 - Gas: nitrógeno a 6.0 psi
 - Detector: FID 260 °C rango 1 atten 4
 - Temperatura de inyector 250 °C
 - Temperatura de horno 180 °C isotérmica
 - Start time 0
 - End time 25
 - Narrowest peak: 1.4 – 3.2 segundos
 - Peak Width: fixed
 - Lockout time: 5.0 minutos
 - Base treatment B to B

- Area sensitivity: 1700
- Base sensitivity: 1700
- Skim sensitivity: 0.0

- **Condiciones del cromatógrafo de gas (Method 1)**
 - Temp 1: 180 °C
 - Tiempo 1:25.0 minutos
 - Temperatura inicial 250 °C
 - Time: 1:999.0 min
 - Press 1:6.0 psi
 - Split 1 initial: on
 - Split 2 initial: on
 - Valve 3 initial: off
 - FID temp: 260 oC range initial 1
 - FID temp: 150 oC range initial 1
 - Int 1 output initial FID 1
 - Int 1 atten initial 4

- **Preparación de la muestra**
 - Se calienta la muestra para fundirla y hacerla fluida, para luego filtrarla por medio del papel filtro con el objetivo de eliminar impurezas.
 - Se colocan de 0.10 a 0.11 gramos de muestra del aceite en un balón de 25 mL.
 - Agregar 2.5 mL de solución de NaOH, calentar la mezcla en la estufa sin aplicar calor directo y agitar constantemente para eliminar la humedad.
 - Agregar 1.75 mL de trifloruro de boro
 - Mezclar con 2 mL de heptano

- Aforar con una solución saturada de NaCl
- Agregar de 0.5 a 1.0 gramos de sulfato de sodio anhidro, como absorbente de humedad, dentro del vial listo para inyectar.
- Preparar de 1 a 3 μ L de la muestra para realizar la inyección.

Detección de los ácidos grasos

Los tiempos en que cada uno de los ácidos grasos son retenidos se describen a continuación.

Tabla IV Tiempos de retención para cada ácido graso en el cromatógrafo de gases

| Nomenclatura del Ácido Graso | Nombre del ácido graso | Tiempo de retención (min) |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| C0:60 | Caproíco | 5.700 |
| C08:0 | Caprílico | 5.900 |
| C10:0 | Cáprico | 6.200 |
| C12:0 | Láurico | 6.650 |
| C14:0 | Mirístico | 7.700 |
| C14:1 | Miristoleico | 8.300 |
| C15:0 | Pentadecanoico | 8.700 |
| C16:0 | Palmítico | 9.400 |
| C16:1 | Palmitoleico | 10.300 |
| C17:0 | Margárico | 10.600 |
| C17:1 | Margaroleico | 11.500 |
| C18:0 | Esterarico | 12.500 |
| C18:1 | Oleico | 14.000 |
| C18:2 | Linoléico | 16.000 |
| C18:3 | Linolénico | 19.000 |
| C20:0 | Araquídico | 22.303 |
| C20:1 | Gadoleico | 23.000 |
| C22:0 | Behenico | 26.490 |
| C22:1 | Erucico | 20.138 |

Fuente: Metodo AOCS

4.1.18 Cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas

Con esta técnica se puede lograr la identificación de mezclas complejas en una sola operación, como lo es materia volátil y ácidos grasos presentes. Se realizó en la Unidad de Toxicología del Centro de Información y Asesoría Toxicológica CIAT.

4.1.19 Índice de refracción a 22.5 °C

El índice de refracción de una sustancia es la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío a la velocidad de la luz a través de la sustancia. Por conveniencia práctica se refiere la relación aire sustancia.

4.1.20 Prueba de inflamabilidad

Se realizó con el método de la llama y su resultado es positivo

4.1.21 Solubilidad de las grasas

Procedimientos para el reconocimiento de aceite, para lo cual se utilizaron 4 diferentes solventes: agua, alcohol, benceno y cloroformo. La mezcla en los tubos de ensayo se agita enérgicamente. Se observan los siguientes cambios: en el primer tubo se forma una emulsión inestable que se separa rápidamente; en el segundo, una disolución turbia, que indica la mala solubilidad del aceite en alcohol; en el tercero y el cuarto tubos de ensayo se forman disoluciones homogéneas debido a una buena solubilidad del aceite en benceno y cloroformo.

5. RESULTADOS

5.1 Características generales

Características físicas del grano verde de Café tipo Genuino Antigua.

Tabla V Humedad y densidad de los granos verdes determinados experimentalmente

| | |
|---|------|
| % Humedad, determinada a 105 °C por 15 min. | 8.74 |
| Densidad (ρ) aparente g/cc | 1.14 |

Fuente: Datos experimentales

El aceite de café tipo Genuino Antigua fue extraído de dos tipos de granos tostados oscuro y liviano, en perfecto estado de conservación. No contiene ningún otro aceite mezclado y está exento de cualquier otra sustancia o agua separada.

5.2 Cantidad de aceite extraído

Se extrajeron tres lotes de aceite del tueste oscuro y liviano obteniéndose las siguientes cantidades

**Tabla VI Cantidad de aceite extracción por prensado
tueste oscuro**

| Prueba | Lote | Cantidad de aceite |
|---------------|-------------|---------------------------|
| 1 | 12.55 Kg | 0.8537 Kg |
| 2 | 12.55 Kg | 0.8728 Kg |
| 3 | 12.55 Kg | 0.9281 Kg |

Fuente: Datos experimentales

**Tabla VII Cantidad de aceite extracción por prensado
tueste liviano**

| Prueba | Lote | Cantidad de aceite |
|---------------|-------------|---------------------------|
| 1 | 12.85 Kg | 0.7631 Kg |
| 2 | 12.85 Kg | 0.7588 Kg |
| 3 | 12.85 Kg | 0.7998Kg |

Fuente: Datos experimentales

5.3 Rendimiento de extracción

El rendimiento obtenido es analizado en base a el tamaño del lote y la cantidad de aceite obtenido en kilogramos.

Tabla VIII Porcentaje de rendimiento de aceite extraído por prensado para un tueste oscuro

| Prueba | Lote | % rendimiento de aceite |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1 | 12.55 Kg | 6.802% |
| 2 | 12.55 Kg | 6.955% |
| 3 | 12.55 Kg | 7.395% |
| | Promedio (X) | 7.051% |
| | Desviación (σ) | 0.3078 |

Fuente: Datos experimentales

Tabla IX Porcentaje de rendimiento de aceite extraído por prensado para un tueste liviano

| Prueba | Lote | % rendimiento de aceite |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1 | 12.85 Kg | 5.938% |
| 2 | 12.85 Kg | 5.905% |
| 3 | 12.85 Kg | 6.224% |
| | Promedio (X) | 6.022% |
| | Desviación (σ) | 0.1754 |

Fuente: Datos experimentales

Tabla X Porcentaje de rendimiento de la extracción de lixiviación en caliente soxhlet

Relación de extracción: 19 ciclos en 480 minutos.

Coeficiente de extracción (C.E): $\left(2.063\right)_{480}^{19}$

| Muestra | Cantidad | Cantidad de Aceite extraído | % rendimiento de aceite extraído |
|---------------------|-----------------|------------------------------------|---|
| Café tueste oscuro | 30.5 g | 3.00 g. | 9.83% |
| Café tueste liviano | 25.4 g. | 1.55 g | 6.10% |
| torta de café | 74.73 g. | 4.25 g | 5.68% |
| torta de café | 76.66 g. | 5.00 g | 6.52% |

Fuente: Datos experimentales

Tabla XI Comparación del rendimiento de la extracción

| Grado Tueste | Extracción por prensado % promedio | Extracción de lixiviación % promedio | Cambio en relación al proceso de extracción (Δe) | % de variación (lixiviación-prensado) |
|---|---|---|---|--|
| Liviano | 6.02 | 6.10 | 0.08 | 1.31% |
| Oscuro | 7.05 | 9.83 | 2.78 | 28.28% |
| Cambio en relación al grado de tueste (Δt) | 1.03 | 3.73 | | |
| % de variación (liviano-oscuro) | 14.60% | 37.95% | | |

Fuente: Muestra de cálculo.

Tabla XII Índice de extracción.

| | Tueste Oscuro - Liviano | Extracción Lixiviación - Prensado |
|-----------------------------|--|---|
| Índice de extracción | 35 veces más extraíble el aceite de tueste oscuro que el liviano | 4 veces más extraíble el aceite por lixiviación que por el proceso de prensado |

Fuente: Muestra de cálculo.

5.4 Propiedades sensoriales

Tabla XIII Las propiedades sensoriales u organolépticas que presenta el aceite de café extraído del tipo Genuino Antigua son:

| Propiedad | Característica |
|------------------|---|
| Olor | Posee un olor característico a café tostado |
| Sabor | Característico aceitosos amargo intenso. |
| Color | Café oscuro. |
| Aspecto | El producto, a temperatura ambiente consiste en un líquido viscoso oscuro brillante |

5.5 Propiedades físicas

El aceite de Café tipo Genuino Antigua presenta las propiedades descritas en el siguiente cuadro.

Tabla XIV Propiedades físicas determinadas experimentalmente al aceite de café.

| Prueba | Resultado Tueste oscuro | Resultado Tueste Claro |
|---|---|--|
| Densidad(ρ), en gramos por centímetro cúbico a 23.2 °C | 0.923 | 0.927 |
| Índice de Refracción a 22.5°C | 1.478 | 1.4785 |
| pH a 22° C | 4.58 | 4.78 |
| Solubilidad | Agua: negativa Etanol: negativa Benceno: positiva Cloroformo: positiva | |
| Prueba en frío | Presentó turbidez en un tiempo de 8 min a 0 °C | Presentó turbidez en un tiempo de 8 min a 0 °C |
| Porcentaje de humedad | 0.37565% | 0.3767% |
| Punto de fusión | 15°C | 15°C |
| Viscosidad (μ) a 26.2°C en deci pascales por segundo | 1 | 1 |

Fuente: Datos experimentales

5.6 Propiedades químicas

El aceite extraído presenta las propiedades químicas, que se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla XV. Propiedades químicas determinadas experimentalmente al aceite de Café tipo Genuino Antigua.

| Prueba | Resultado |
|---|-------------------|
| Índice de Acidez, en porcentaje de ácidos grasos | 02.992 |
| Índice de Yodo | 96.500 |
| Índice de Peróxidos, en miliequivalentes de oxígeno peróxido por gramo de gramos de muestra | 0.749 |
| Índice de Saponificación, en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) por gramo de muestra | 286.100 |
| Índice de DOBI | 0.025 |
| Carotenos, en ppm por gramo de muestra | 38.032 |
| Materia Insaponificable, en porcentaje | 1.680 |
| Valor de Fósforo, en ppm por gramo de muestra | 334.700 |
| Valor de Fosfátidos, en ppm por gramo de muestra | 10,039.800 |
| Valor de p-Anisidina en ppm por gramo de muestra | 42.260 |
| Valor de Totox | 86.018 |
| Ceras, en ppm por gramo de muestra | 502.660 |
| Jabón, en ppm por gramo de muestra | 353.950 |
| % de Gomas | 72.840 |
| Metales pesados | No se encontraron |
| Prueba de inflamabilidad | Positiva |

Fuente: Datos experimentales Laboratorio Aceites Olmeca

5.7 Composición de ácidos grasos del aceite de Café tipo Genuino Antigua

El perfil de ácidos grasos se presenta en porcentaje en masa de ácidos grasos, denominados con nombre común y nombre IUPAC

Tabla XVI Ácidos grasos saturados determinados experimentalmente al aceite de Café tipo Genuino Antigua

| Nombre Común | Nombre IUPAC | Fórmula | Porcentaje |
|---------------------------|---------------------|--------------------|------------|
| Ácido palmítico C16:0 | Ácido hexadecanoico | $C_{15}H_{31}COOH$ | 35.33% |
| Ácido esteárico C18:0 | Ácido octadecanoico | $C_{17}H_{35}COOH$ | 7.72% |
| Ácido araquídico C20:0 | Ácido eicosanoico | $C_{19}H_{39}COOH$ | 2.95% |

Fuente: Perfil de ácidos grasos, cromatografía gaseosa, Aceites Olmeca

Tabla XVII Ácidos grasos monoinsaturados determinados experimentalmente al aceite de Café tipo Genuino Antigua

| Nombre Común | Nombre IUPAC | Fórmula | Porcentaje |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------|
| Ácido Oleico C18:1 | Ácido <i>cis</i> -9-octadecenoico | $CH_3(CH_2)_7CH:CH(CH_2)_7COOH$ | 7.63 |

Fuente: Perfil de ácidos grasos, cromatografía gaseosa, Aceites Olmeca

Tabla XVIII Ácidos grasos poliinsaturados determinados experimentalmente al aceite de Café tipo Genuino Antigua

| Nombre Común | Nombre IUPAC | Fórmula | Porcentaje |
|---------------------------|--|--|-------------------|
| Ácido linoleíco C18:2 | Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecadienoico | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}:\text{CHCH}_2\text{CH}:\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | 44.39 |
| Ácido linolenico C18:3 | Ácido <i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadecatrienoico | $\text{CH}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ | 1.50 |

Fuente: Perfil de ácidos grasos, cromatografía gaseosa, Aceites Olmeca

Tabla XIX Total de ácidos grasos presentes determinados experimentalmente al aceite de Café tipo Genuino Antigua

| Ácidos grasos | Total (%) |
|----------------------|------------------|
| Saturados | 46.00% |
| Monoinsaturados | 7.63% |
| Poliinsaturados | 45.89% |
| Sin identificar | 0.48% |

Fuente: Perfil de ácidos grasos, cromatografía gaseosa, Aceites Olmeca

Tabla XX Algunos compuestos encontrados en el aceite de café por cromatografía de gases-espectrometría de masas para compuestos con peso molecular entre 50 -550 utilizando la librería o base de Datos de Wiley.

| Tueste claro | Tueste oscuro |
|--|---|
| Cafeina, 1H-purina-2-6 dione | Cafeina, 1H-purina-2-6 dione |
| Ácido hexadecanoico, metil ester | Ácido hexadecanoico, metil ester |
| Ácido octadecadienoico, metil ester | Ácido octadecadienoico, metil ester |
| Ácido octadecanoico, metil ester | Ácido octadecanoico, metil ester |
| 3,20-DIMETHYL-A-NOR-17. ALPHA.-PREGNA-3(5),14-DIENE | Acido heptadecanoico, metil ester |
| Dicyclopenta[a,f]naphthalene, A-norpregna-3(5),14-diene deriv. | 7 alfa-hidroxy-3-metoxiestra-1 |
| 1,1-Diphenyl-2-(2,4,6-trimethylphenyl)ethene | 10,11-(4',5'dimethylbenzo)[3.2]paracyclophane |
| | 2-phenyl-3-(4-methoxyphenyl)indene |

Fuente: Cromatografía gaseosa- aplicado espectrometría de masas, CIAT

Tabla XXI Grupos al que pertenecen algunos de los compuestos encontrados

| Grupo | Compuesto |
|--------------|----------------------------------|
| Alcaloides | Cafeína, 1H-purina-2-6-dione |
| Ésteres | Ácido hexadecanoico, metil ester |
| | Ácido octadecanoico, metil ester |
| | Ácido eicosanoico, metil ester |
| | Ácido decanoico, metil ester |

Fuente: Cromatografía gaseosa- aplicado espectrometría de masas, CIAT

6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de caracterizar el aceite extraído por prensado de los granos de café, se utilizó para el estudio el Café genuino Antigua estrictamente duro, considerando dos tipos de tueste oscuro y liviano, comparando este rendimiento con una extracción por lixiviación en caliente soxhlet. Los granos de café en oro fueron obtenidos en buen estado, de tamaño uniforme y se mantuvieron en un lugar fresco y seco. Previo a su utilización se determinó la densidad aparente de los granos que indica que son más densos que el agua y la humedad de 8.74% presente en ellos, ésta es eliminada en los primeros 15 minutos del proceso de tueste (16) de un total de 45 minutos. El tamaño de los lotes para el tostado fueron iguales para ambos tuestes, donde el tueste oscuro presenta una mayor pérdida en masa (Tabla III), puesto que fue tostado a una temperatura mayor que el tueste liviano, sin embargo estas muestras presentan una superficie más brillante por la presencia de los ácidos grasos a obtener, y con ello el mayor rendimiento promedio 7.05% para la extracción en prensado (Tablas VIII y IX).

A pesar que el tueste liviano presentó menor pérdida en masa (Tabla III), el rendimiento promedio de extracción de aceite fue de 6.022 %, se comprueba que la presencia de aceite se forma por reacciones químicas dentro del grano a una temperatura relativamente alta para formar los componentes odoríferos por lo tanto incremento en la concentración de componentes volátiles en la etapa de tueste.

Para comparar el rendimiento de aceite se realizó una extracción de lixiviación (extracción soxhlet), para el tostado oscuro se obtuvo 9.83% y para el tueste liviano el 6.10%, analizando los rendimientos obtenidos por ambas extracciones (Tabla XI), se puede decir que existe poca variación (1.31%) entre el proceso de prensado y lixiviación para el tueste liviano, no así para el tueste oscuro existe una diferencia significativa (28.28%) entre ambos procesos.

Mientras que el porcentaje de variación de la extracción entre un tueste liviano y oscuro fue de 14.61% en el proceso de prensado y de 37.95% en el proceso de lixiviación, estas variaciones y cambios comprueban el índice de extracción (Tabla XII) de 35 veces más extraíble aceite del tueste oscuro que del liviano y en cuanto a el proceso de 4 veces más extraíble aceite por el proceso de lixiviación (a nivel laboratorio) que por el proceso de prensado (a nivel planta piloto), con la diferencia que el aceite extraído tiene muy poco aroma a café, además de que la extracción es muy lenta según lo muestra su coeficiente de extracción de 2.063 en relación a los 19 ciclos en 480 minutos.

El utilizar un método u otro resultará efectivo según de los recursos que se disponga y del estudio que se quiera realizar.

En la extracción por prensado, se obtuvo una torta de ambos tuestes oscuro y liviano juntos, en el cual se esperaba que hubieran trazas de aceite, para lo cual se tomaron dos muestras de torta y se extrajo aceite por soxhlet y se determinó un rendimiento promedio de 6.1%, con el cual se comprueba que dicha torta contenía aceite. Se puede evaluar obtener el aceite de la torta por agotamiento, pero se tendrá que realizar un estudio económico para determinar si el porcentaje de rendimiento compensa el costo de extracción.

Las propiedades sensoriales del aceite fueron realizadas en el laboratorio de Calidad de aceites Olmeca, el mismo poseía el olor y color característicos a una taza de café, en tanto que su aspecto y sabor es aceitoso.

Entre las propiedades físicas medidas está la densidad de 0.927 g/cm^3 centímetro cúbico medida a $23.2 \text{ }^\circ\text{C}$. Esta densidad es menor que la del agua a esta temperatura, comparado con la tabla XXXIII del apéndice E se encuentra en el rango de densidades del aceite de maíz y el aceite de pepitas de uva.

El índice de refracción es un promedio de varias medidas entre $1.4780 - 1.479$, este dato es muy cercano al índice de refracción del aceite de uva (Apéndice E)

En cuanto a las mediciones de solubilidad el aceite no fue soluble en agua, parcialmente soluble en etanol tomando la prueba como negativa, mientras que en benceno y cloroformo fue soluble completamente mostrando una solución homogénea, por poseer ácidos carboxílicos afines a las moléculas de benceno y cloroformo.

La prueba en frío es la resistencia de la muestra a la cristalización es comúnmente utilizado como índice de winterización y procesos de eliminación de estearina, la prueba es aceptada si la muestra después de 5 horas no presenta turbidez está clara y brillante, esta prueba fue negativa para el aceite de café en el que presentó turbidez a los 8 minutos y por lo tanto su cristalización a las 5 horas, lo cual comprueba la presencia de gomas y otras sustancias que pueden fácilmente solidificarse a bajas temperaturas, se encontró un porcentaje de gomas de 72.84% , determinado como la presencia de sustancias pegajosas que no interfieren en forma directa con la acidez del

aceite, la presencia de gomas produce pérdidas en el refinado y disminuye la vida de almacenado de un producto.

El punto de fusión, se realizó solidificando una muestra de aceite que tomó la forma de un disco, el cual después se le determinó la temperatura de fusión en una solución alcohol-agua, el cual fue de 15°C.

La viscosidad determinada para el aceite fue a 26.2°C, que muestra un resultado de 1 dP.s.

En cuanto a las propiedades Químicas, el índice de acidez comprueba la presencia de ácidos grasos libres que existen en la muestra como lo indica el perfil de ácidos grasos que fueron identificados por cromatografía de gases (Tablas XVI-XVIII).

El índice de peróxidos, este indicó la presencia de peróxidos en miliequivalentes por 1000 gramos de muestra, según la cantidad o presencia de peróxidos puede determinarse el estado de un aceite ya que este puede oxidarse. Para el aceite de café fue 0.749, este valor varia según el almacenamiento del aceite y el tiempo de haberse extraído, se encuentra en el rango permisible según la norma del codex alimentarius (**CODEX-STAN 210(Enmendado 2003, 2005)**)

El índice de yodo muestra la medida de insaturación de los ácidos grasos, es decir el porcentaje de yodo absorbido para romper insaturación fue de 96.5%, según el perfil de ácidos grasos el porcentaje de saturados es muy cerca al porcentaje de los insaturados, este valor puede ser comparado con los índices de aceite de maní y semilla de mostaza (ver apéndice E).

El índice de saponificación indica la cantidad de álcali necesario para saponificar un gramo de aceite de café, en este caso es de 286.10 mg de KOH para saponificar un gramo de aceite.

El índice de DOBI 0.0248 viene del cociente de los valores de absorción de la luz 0.0993 a una longitud de onda 446 nm y 4.00 a una longitud de onda 270 nm, lo cual indica que si la absorbancia a 446nm (0.0993) es menor que una absorbancia a 270 nm (4.00), se interpreta como la mayor cantidad de productos oxidados que se hará difícil remover la pigmentación, es decir para su blanqueo, el aceite de café catalogado dentro de los índices de DOBI menores a 2 es pobre de calidad para el proceso de blanqueo, con lo que para el aceite de café no se podría hacer un blanqueo debido a la pigmentación del aceite.

La presencia de carotenos en el aceite son identificados por una constante de 383 por la absorbancia a 446 en la que los carotenos absorben la luz. Este resultado da positivo como 48.03 ppm en la muestra de aceite de café, lo cual comprueba también la aplicación industrial en bloqueadores solares debido a que se encuentra en el rango de espectro ultravioleta suave (11).

La parte del aceite que no puede usarse como base para jabones es en base a la cantidad en porcentaje de materia insaponificable, que es de 1.68%.

El aceite de café presenta la presencia de fósforos, el cual está relacionada con la turbiedad de la mezcla debido a los fosfolípidos (AOCS Ca 19-86) y el nivel de fósforo el cual es de 334 ppm, y de 10039,8 ppm de contenido en fosfátidos.

El valor de p-anisidina, determinó la cantidad de aldehídos (principalmente 2-alquenos y 2,4 dienos) en aceites y grasas de origen animal y vegetal (AOCS Cd 18-90) por reacción en una solución de ácido acético, la p-anisidina reacciona con los aldehídos contenidos en el aceite, siendo este valor de 42.26 ppm por gramo de muestra.

El valor de totox indicó la calidad del aceite, determinando si su grado de oxidación no es tal que dificultaría su proceso de refinación, tomando en cuenta el valor de peróxidos y el valor de p-anisidina (aldehídos) obteniendo un valor de 86.01, que según el método oficial, valores mayores a 10, como es el caso del aceite de café no son adecuados para refinar.

En el aceite de Café se determinó la presencia de ceras con valor de 502.66 ppm, el cual se eliminarían si el aceite se refinara, las cuales son las que inducen a que el aceite se nuble.

También se determinó la presencia de Jabón como ppm determinada por la alcalinidad de la muestra como sal de ácido carboxílico como lo es el oleato de sodio, en el café se encontraron 353.95 ppm de jabón el cual comprueba la presencia de ésteres (Tablas XX y XXI)

Se realizaron pruebas para la determinación de metales pesados según el método oficial de adaptación-Kit de Merck, en el cual no se encontraron metales pesados como Cu, Fe, Pb, y Zn.

Debido a la gran diversidad de compuestos orgánicos presentes en el café la prueba de inflamabilidad resultó positiva.

Según el perfil, los dos ácidos grasos mayoritarios son el Linoleico (C18:2) con 44% y el palmítico (C16:0) con 35.33% lo cual concuerda con los antecedentes que encontraron a C16:0 con 34% y a C18:2 con 40% (15), luego el esteárico (C18:0) con 7.72% y el Oleico (C18:1) con 7.63%, el araquídico (C20:0) con 2.95%, el linolénico (C18:3) con 1.50% que son minoritarios y un 0.48% de un ácido que está en forma de traza por el bajo porcentaje, que no se logro identificar por el Método Oficial AOCS ni por el análisis de cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas.

Encontrándose de esa manera tres ácidos grasos saturados, un monoinsaturado, dos poliinsaturados y uno sin identificar para un total de siete ácidos grasos, que corresponde al aceite de café.

El aceite de café obtenido, además de contener ácidos grasos, contiene una serie de compuestos característicos al olor y sabor.

Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas se lograron identificar algunos compuestos de peso molecular entre 50 y 550 presentes en el aceite, logrando clasificarlos como, alcaloides ejemplo la cafeína y otros compuestos como esterés, aldehídos, compuestos heterocíclicos, furanos, con lo cual se comprueba la presencia de aceite esencial en el aceite como lo son los terpenos (lípidos no relacionados con ácidos grasos) y materia insaponificable presente según los análisis químicos para aceites.

APLICACIONES INDUSTRIALES

El aceite de café extraído del tipo Genuino Antigua estrictamente duro por prensado puede tener diferentes usos, entre ellos se puede mencionar.

- **Como aceite en pastelería o chocolatería**

Debido a que contiene ácidos grasos un olor y aroma característicos, puede ser utilizado para ampliar la variedad en sabores de postres a base de leche u otras grasas, en el que predomine el sabor a café, en postres o flanes o coberturas de chocolate, frutas etc.

- **En bebidas**

El aceite de café extraído aparte de poseer ácidos grasos contiene una alta carga volátil aroma a café (aceite esencial) que puede ser utilizado para bebidas, como lo es el café embotellado o enlatado, es una bebida que ha sido popular en países asiáticos durante muchos años, en especial en Japón y Corea del Sur, en el que han utilizado esencia de café, así como también para enriquecer el olor a los cafés instantáneos pobres en aroma.

- **El aceite de café en confitería**

El aceite de café puede ser empleado en confitería y en heladerías para aromatizar helados, bombones, así como para hacer el moka tradicional (un bizcocho cubierto de una gruesa capa de crema con mantequilla, azúcar y café).

- **Como componente de productos de limpieza.**

El aceite se puede emplear en la fabricación de jabones opacos, cremas bloqueadoras, y como aromatizantes ambientales de cocina.

- **Para cosméticos**

Empleado en bloqueadores solares

CONCLUSIONES

1. La capacidad de extraer aceite de un tueste oscuro es más factible que para un tueste liviano, según lo muestra del índice de extracción de 35, pues muestra un mayor rendimiento.
2. Para los tuestes más intensos se promueve la formación de aceite y con ello el mayor rendimiento
3. El método de lixiviación a nivel laboratorio fue cuatro veces más extraíble el aceite que a nivel planta piloto por prensado, ya que muestra mayor rendimiento.
4. En la extracción por prensado no se logra obtener la totalidad de extracto contenido en los granos, puesto que en la extracción de aceite de la torta por lixiviación se encontró un porcentaje entre 5 al 6% de aceite presente.
5. El aceite de café resulta difícil para el proceso de blanqueo y refinación, según los valores de DOBI y Totox respectivamente, puesto que los valores no se encuentran en el rango de una aceite vegetal amarillo, y a el alto porcentaje de ceras y gomas en el aceite.
6. La presencia de lípidos relacionados con ácidos grasos como palmítico, estearico, araquidico, margarico, oleico, linoleico y linolenico, caracterizan al aceite como un aceite fijo de café.

7. La presencia de lípidos no relacionados con ácidos grasos como son los terpenos encontrados, caracterizan que en el aceite de café la carga volátil encontrada es debido a su aceite esencial y que esta no pudo ser identificada por CG-SM, pues los compuestos son de alto peso molecular.

8. La presencia de ácidos grasos saturados 46.5% como insaturados 45.6% es muy parecida, por lo que se puede decir que para el aceite de café ambos se encuentran en proporción 1:1.

RECOMENDACIONES

1. Para que el rendimiento sea significativo se puede ampliar el rango de temperaturas en el tostador y observar una mayor diferencia en el rendimiento con base al tipo de tostado.
2. Se sugiere realizar extracción por agotamiento de la torta, es decir que se vuelva a pasar por el tornillo prensa, para obtener mayor rendimiento y una mejor eficiencia en el método.
3. El método de extracción por prensado requiere de mayores recursos como la energía eléctrica y mantenimiento de equipo, ya que es compensado con la cantidad de aceite, el cual es recomendado para cuando se requiera extraer cantidades mayores de aceite.
4. El método de extracción por lixiviación (soxhlet) puede perder parte del aceite esencial, al realizar la rota evaporación en la separación aceite-solvente.
5. Realizar un estudio económico para determinar el costo de la extracción, tanto por prensado como en solvente y el rendimiento a obtener.
6. Se recomienda, posterior al filtrado de aceite la separación de gomas y ceras por centrifugado.

7. Un análisis de cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas con una base de datos o librería más amplia, podría determinar compuestos ya sea volátiles o no, para una mejor caracterización tanto de sabor como de olor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOCS (American Oils Chemist's Society), Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. Fifth edition, second printing. Editors of analytical methods; Chicago Illinois.
2. De Blanco Estrada, Adela. Algunas características del mucilago del café. Trabajo de graduación Licenciatura en Química. universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Noviembre 1973.
3. Dibert, K. y Andrieu, J. "Solvent extraction of oil and chlorogenic acid from green coffee". **Journal of Food Engineering**. Oxford Part II (10):199-214. 1989.
4. Fenaroli, Giovanni. **Handbook of flavours ingredients**. (Second Edition; Italy: Centre for studies of aromatic substances University of Milano, CRC press, 1975)
5. Garza Sagastume, Miguel Orlando. Estudio del efecto del grado de torrefacción sobre algunos componentes químicos de los granos de café de la especie coffea arabica. Trabajo de graduación Químico Farmacéutico, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Febrero 1982.
6. Hernandez Losada, Diego Fernando. "El profesor de ingeniería, profesional de la formación de ingenieros". **Convocatoria de trabajos de Ingeniería e Investigación con tradición y excelencia**, ISSN 0120-5609, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería. (27): 25-30. abril 2007

7. Illy, Andrea y Rinantonio Viani. **Espresso coffee, the chemistry of quality.** (First Edition; San Diego C.A 92101: Academic Press Limited, U.S. Edición Published by Academic Press Inc, 1995.)
8. López Fontal, Elkin Mauricio y José Jaime Castano Castrillón "Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino" **Revista del centro nacional de investigaciones de café, universidad nacional de Colombia Cenicafe.** (50):66-77. 1999.
9. López Fontal, Elkin Mauricio y José Jaime Castano Castrillón "Características del aceite esencial obtenido de subproductos de la trilla de café pergamino" **Revista del centro nacional de investigaciones de café universidad nacional de Colombia Cenicafe** (50): 119-125. 1999.
10. Macarulla, Jose y Felix Goñi M., **Biomoléculas, lecciones de bioquímica estructural.** (1ra. Edición; España: Editorial Reverté S.A., 1978) pg.: 56-66.
11. Matheu Gonzáles, Jose Mauricio, Extracción apolar y polar del rechazo de café para la manufactura de bloqueadores solares. Trabajo de graduación Ingeniero Químico, universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Junio 1998.
12. Nascimento, Evandro y otros. "Constituyentes volátiles de café tostado" **Revista Ceres, Vicoso** (49):295-307. 2002.
13. Norma para Aceites Vegetales especificados CODEX-STAN 210 (enmendado 2003,2005)
14. Portillo Sandoval, Heli Maritza. Determinación de adulterantes en café tostado y molido de consumo interno. Trabajo de graduación Químico Farmacéutico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Abril 1991.

15. Turatti, Jane M. "Extracción y caracterización de aceite de café"
Simposio Brasileño de Pesquisa dos Cafés de Brasil Anais.
Brasília, D.F. : Embrapa Café. 1533-1539. 2001.
16. <http://html.cafesitton.com/proceso.html>
El proceso de café tostado.
17. <http://positivelycoffee.org>
Composicion del café
18. http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases
Cromatografía de gases. Ácidos grasos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calle Vélez, Hernan. **Subproductos del café.** (Colombia: Federación Nacional de cafeteros, Centro Nacional de Investigaciones de café, Departamento de Agronomía y Tecnología, Sección Química Industrial, Una publicación de la sección de divulgación científica –CENICAFE-1977).
2. Kirk Raymond. **Enciclopedia de tecnología química.** (1ra. edición en español TOMO I. México: Unión tipográfica editorial Hispanoamericana, 1961).
3. Sivetz, Michael. “Coffee Quality”. **Coffee consultant manufacturer of roasting machinery,** Science in Chemical Engineering. Febrero 1989
4. Staub, Carl. **Roast color clasification system.** (Angtron / SCAA, year 1995)

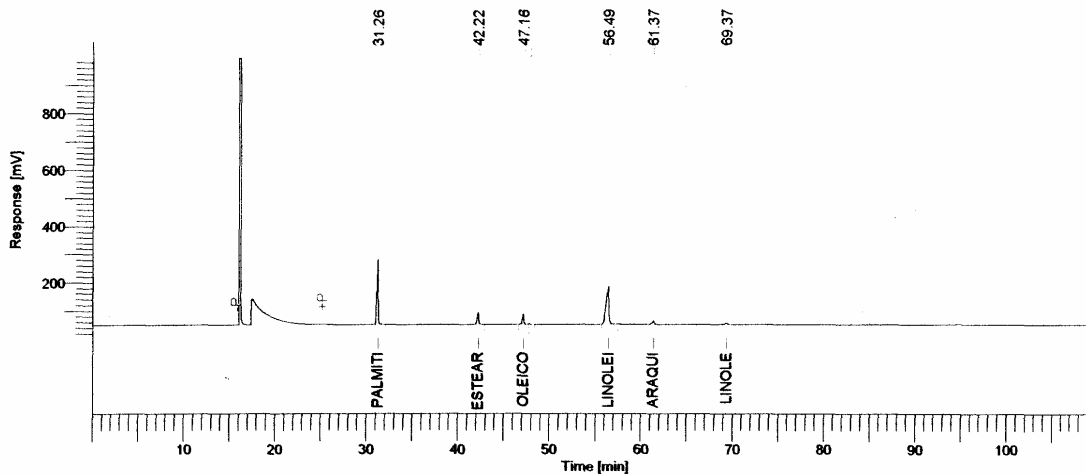
APÉNDICE A

RESULTADOS CROMATOGRAFÍA GASEOSA

Page 1 of 2

| | |
|-------------------------------|--|
| Software Version : 6.3.1.0504 | Date : 28/09/2006 11:29:10 a.m. |
| Sample Name : ACEITE DE CAFE | Data Acquisition Time : 27/09/2006 04:29:45 p.m. |
| Instrument Name : Clarus | Channel : A |
| Rack/Vial : 0/0 | Operator : manager |
| Sample Amount : 1.000000 | Dilution Factor : 1.000000 |
| Cycle : 1 | |

Result File :
 Sequence File : C:\Documents and Settings\TCPROCESS\Mis documentos\Cromatografias\Secuencias\Perfil de Acidos Grasos 03.seq



OLMECA S.A.

Perfil de Acidos Grasos

| Numero de pico | Nombre del Componente | Tiempo [min] | Area [uV*sec] | Area [%] |
|----------------|-----------------------|--------------|---------------|----------|
| 1 | PALMITICO | 31.255 | 2395701.23 | 35.33 |
| 2 | ESTEARICO | 42.218 | 523709.70 | 7.72 |
| 3 | OLEICO | 47.164 | 517430.52 | 7.63 |
| 4 | | 47.828 | 32449.33 | 0.48 |
| 5 | LINOLEICO | 56.487 | 3010182.69 | 44.39 |
| 6 | ARAQUIDICO | 61.371 | 200327.25 | 2.95 |
| 7 | LINOLENICO | 69.366 | 101421.30 | 1.50 |
| | | | 6781222.01 | 100.00 |

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de CC. QQ. y Farmacia
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA
"Julio Valladares Márquez"
Centro de Información y Asesoría Toxicológica
— CIAT —
Laboratorio de Toxicología

INFORME No.
L.2677.11.06

Página. 1/1

INFORME DE LABORATORIO DE TOXICOLOGIA

SOLICITANTE: Br. Lourdes Maria Ramirez O.
ENTIDAD: Facultad de ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala
ANALISIS SOLICITADO: Análisis de CG-MS

FECHA DE INGRESO: 06/11/2006
FECHA DE ENTREGA: 16/11/2006
TIPO DE MUESTRA: ACEITE DE CAFÉ TUESTE OSCURO
CONDICIONES DE LA MUESTRA: Identificada como No. 30
contenida en un frasco de vidrio color ambar.

RESULTADO :

SE ADJUNTA COPIA DEL CROMATROGRAMA A ESTE INFORME.

Se devuelve el excedente de la muestra.

Estos resultados corresponden únicamente a la muestra tal y como se recibió.


Licda. María del Carmen de Arnola Ms.T.
ANALISTA PROFESIONAL II



ESTE DOCUMENTO ES VALIDO UNICAMENTE EN ORIGINAL

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de CC. QQ. y Farmacia
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA
"Julio Valladares Márquez"
Centro de Información y Asesoría Toxicológica
— CIAT —
Laboratorio de Toxicología

INFORME No.
L.2679.11.06

Página. 1/1

INFORME DE LABORATORIO DE TOXICOLOGIA

SOLICITANTE: Br. Lourdes María Ramírez O.
ENTIDAD: Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala
ANALISIS SOLICITADO: Análisis de CG-MS

FECHA DE INGRESO: 06/11/2006
FECHA DE ENTREGA: 16/11/2006
TIPO DE MUESTRA: ACEITE DE CAFÉ TUESTE CLARO
CONDICIONES DE LA MUESTRA: Identificada como No. 2C
contenida en un frasco de vidrio color ambar.

RESULTADO :

SE ADJUNTA COPIA DEL CROMATOGRAMA A ESTE INFORME.

Se devuelve el excedente de la muestra.

Estos resultados corresponden únicamente a la muestra tal y como se recibió.


Licda. María del Carmen de Arriola Ms.T.
ANALISTA PROFESIONAL II



ESTE DOCUMENTO ES VALIDO UNICAMENTE EN ORIGINAL

RESULTADOS DE LA CROMATOGRAFÍA DE GASES APLICADO A ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Figura 6 Tueste de café oscuro (muestra 1)

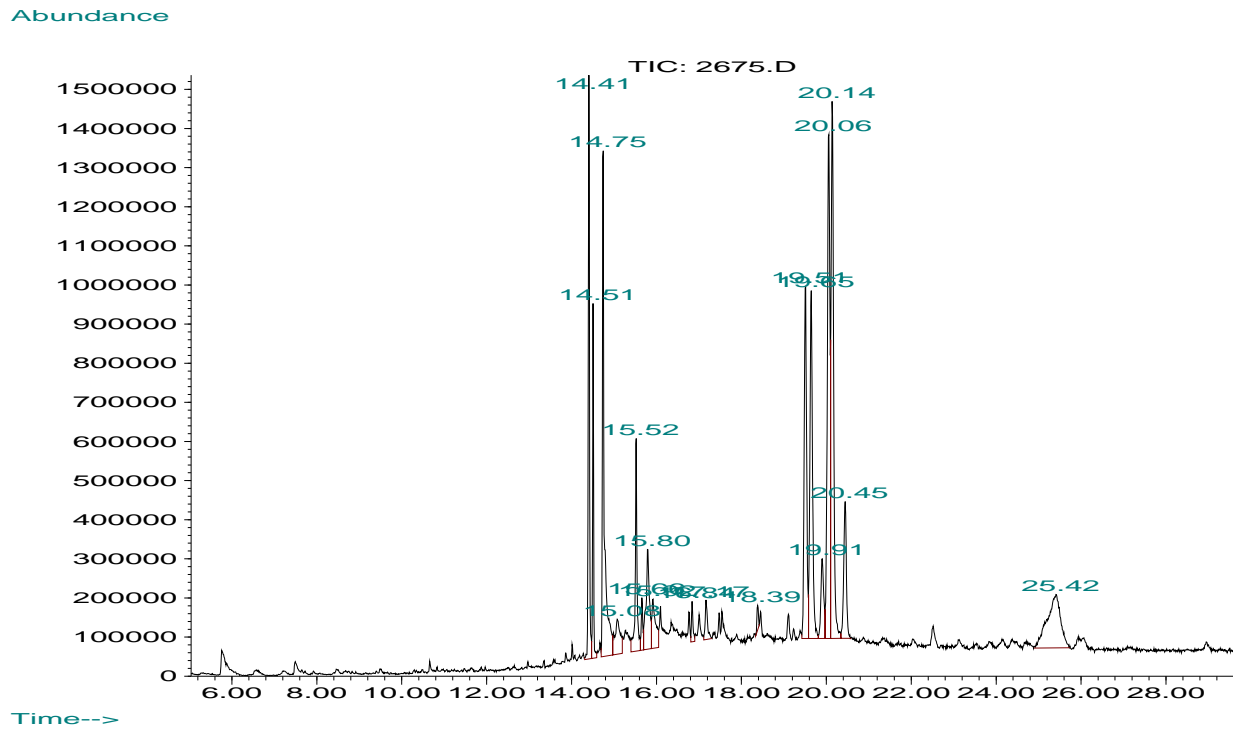


Figura 7 Tueste de café oscuro (muestra 2)

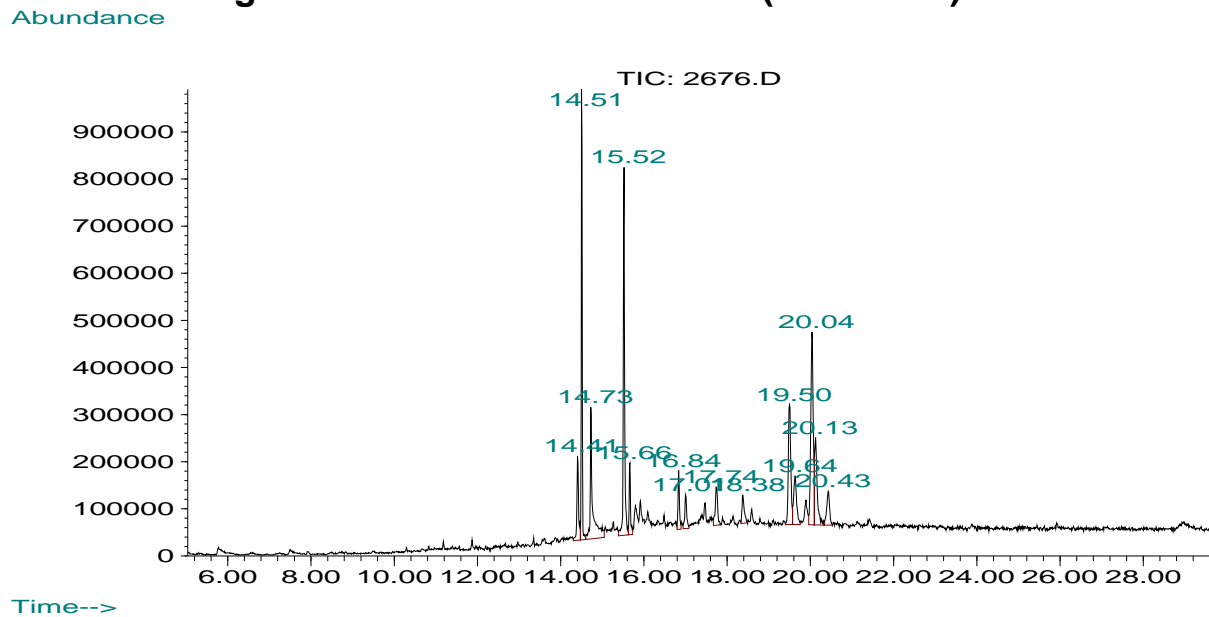


Figura 8 Tueste de café oscuro (muestra 3)

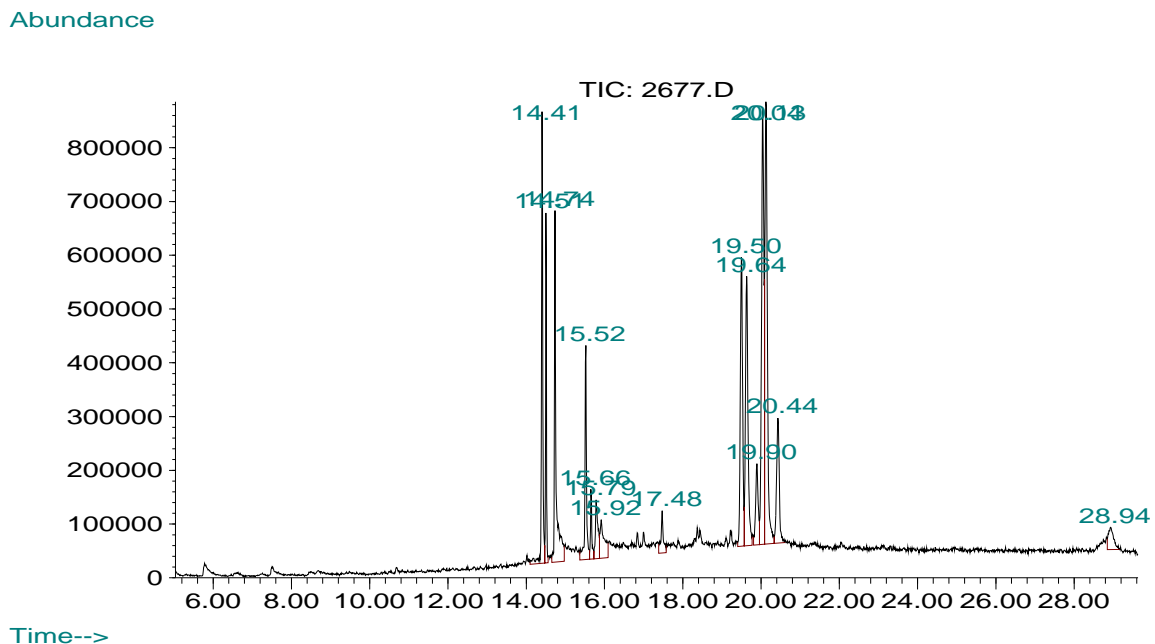


Figura 9 Tueste de café liviano (muestra 1)

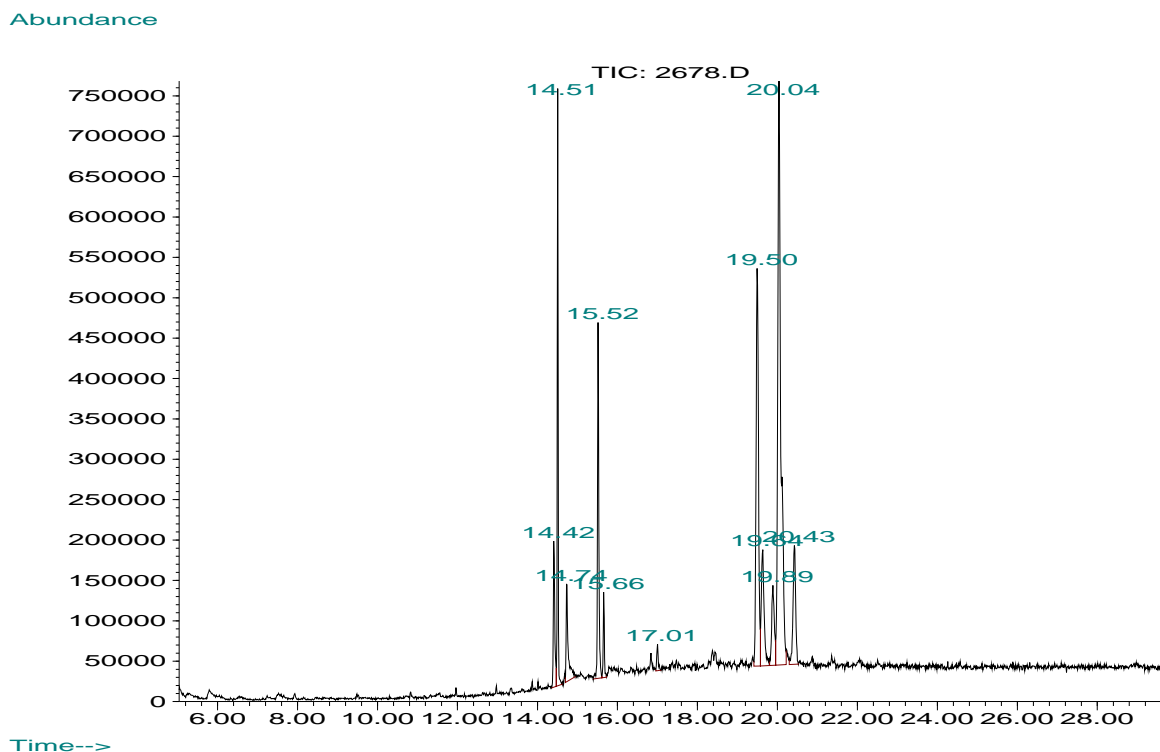


Figura 10 Tueste de café liviano (muestra 2)

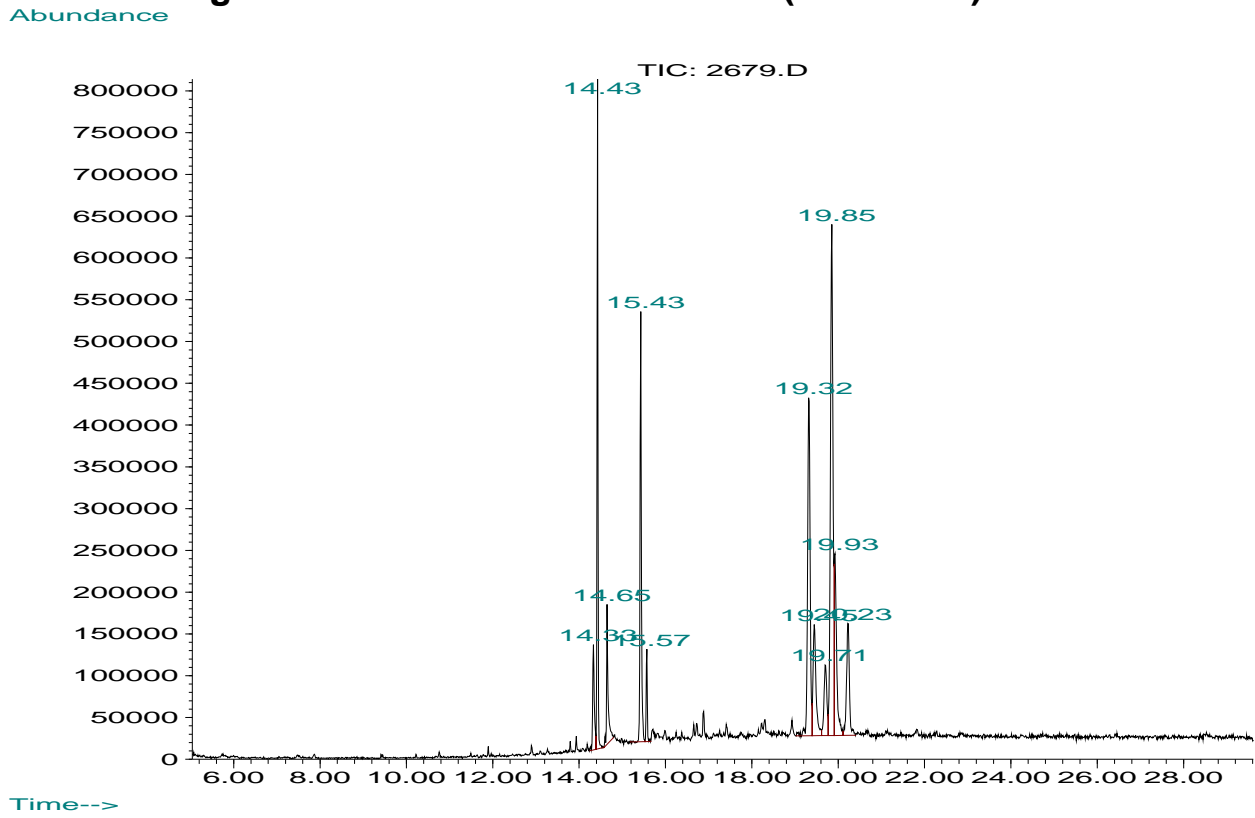
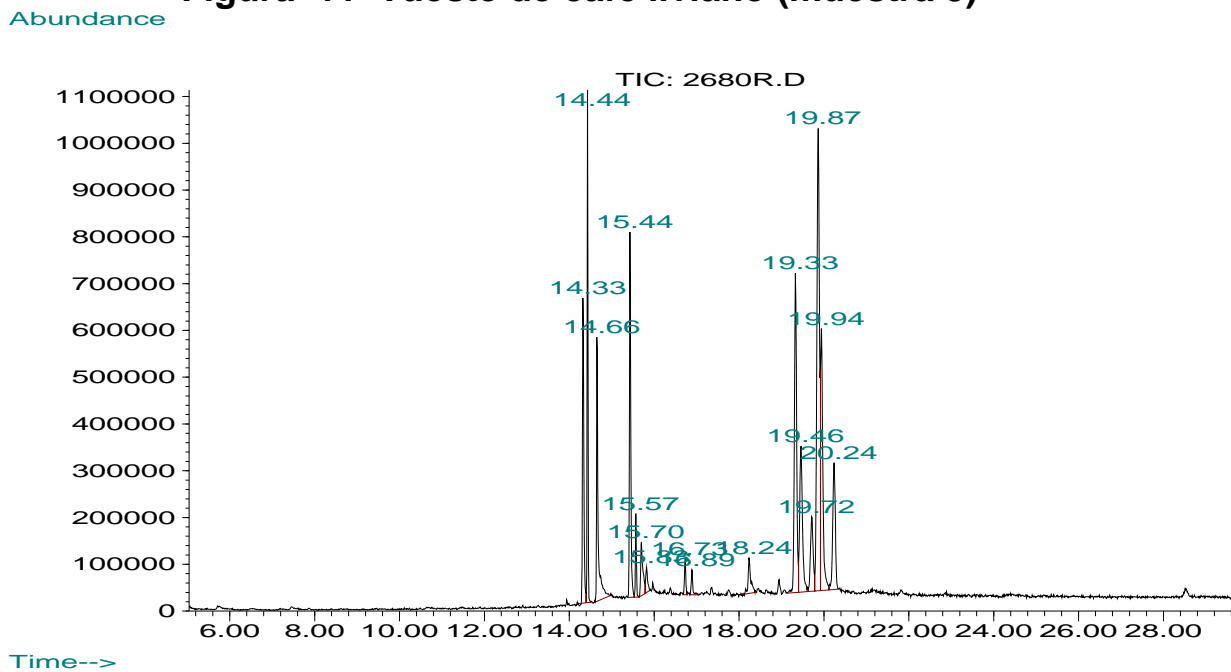


Figura 11 Tueste de café liviano (muestra 3)



APÉNDICE B

DATOS ORIGINALES

Tabla XXII Datos obtenidos durante la determinación del índice de yodo

| | Aceite de café |
|-----------------------------|-----------------------|
| Titulación en blanco | 48 mL |
| Titulación de la muestra | 9.3 mL |
| Concentración del titulante | 0.10N |
| Peso de la muestra | 0.5012 |
| cg de I/ g muestra | 97.98 |

Tabla XXIII Datos obtenidos durante la determinación del índice de acidez

| | Aceite de café |
|--------------------------|-----------------------|
| Titulación de la muestra | 3.3 MI |
| Normalidad | 0.25 N |
| Peso de la muestra | 7.0159 |
| mg de KOH/ g muestra | 2.992 |

Tabla XXIV Datos obtenidos durante la determinación de índice de peróxidos

| | Aceite de café |
|-----------------------------|-----------------------|
| Titulación en blanco | 0.0 mL |
| Titulación de la muestra | 0.4 mL |
| Concentración del titulante | 0.1 N |
| Peso de la muestra | 5.340 |
| Meq / Kg | 0.749 |

Tabla XXV Datos obtenidos durante la determinación de índice de DOBI

| | Aceite de café |
|----------------------|-----------------------|
| Absorbancia 270 nm | 0.0993 |
| Absorbancia a 446 nm | 4.0000 |
| Peso de la muestra | 0.113 g |
| Índice de DOBI | 0.2480 |

Tabla XXVI Datos obtenidos durante la determinación de índice de Totox

| | Aceite de café |
|----------------------|-----------------------|
| Valor de p-anisidina | 42.26 |
| Valor de peróxido | 0.749 |
| Índice de totox | 86.018 |

Tabla XXVII Datos obtenidos durante la determinación de materia insaponificable

| | Aceite de café |
|-----------------------------|-----------------------|
| Peso del residuo | 0.0968 g |
| Peso de grasa ácida | 0.01232 g |
| Contenido del blanco | 0 mL |
| Peso de la muestra | 5.003 g |
| Gasto de NaOH | 2.2 mL |
| Normalidad de solución NaOH | 0.02 N |
| % materia insaponificable | 1.68% |

Tabla XXVIII Datos obtenidos durante la determinación de gomas

| | Aceite de café |
|----------------|-----------------------|
| Tara al inicio | 93.8885 |
| Tara al final | 94.6169 |
| % de gomas | 72.84% |

Tabla XXIX Datos obtenidos durante la determinación de p-anisidina

| | Aceite de café |
|------------------------------------|-----------------------|
| Absorbancia después de la reacción | 3.21 |
| Absorbancia antes de la reacción | 2.88 |
| Peso de la muestra | 0.5750 |
| Valor de p-anisidina | 42.26 ppm |

Tabla XXX Datos obtenidos durante la determinación de fósforo y fosfátidos presentes en el aceite.

| | Aceite de café |
|------------|-----------------------|
| NTU | 3.1 |
| Fósforo | 334.659 ppm |
| Fosfátidos | 10.0398ppm |

Tabla XXXI Datos obtenidos en el proceso de extracción de lixiviación (soxhlet)

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Temperatura extracción | 63 °C |
| Temperatura de ebullición | 68.7 °C |
| Tiempo (primer ciclo) | 25 min. |
| Tiempo total de extracción | 480 min. |
| Volumen total de hexano | 225 mL |
| Volumen de hexano (ciclos) | 95.5 mL |
| Densidad de hexano | 0.66 g/mL |

Tabla XXXII Datos obtenidos en el proceso de extracción por prensado

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Temperatura tueste oscuro | 200 °C |
| Temperatura tueste liviano | 190 °C |
| Tiempo de tostación | 45 minutos |
| Velocidad de tueste | 1.3 lb/min. |
| Temperatura de aceite extraído | 80 °C |
| Temperatura torta | 108 °C |
| Relación de carga | 1 Lb/min. |
| Presión de tornillo | 125 PSI |

APÉNDICE C

Muestra de Cálculo

- Determinación del coeficiente de extracción (C.E) de lixiviación soxhlet

$$\text{Gramos de hexano} = 95.5 \text{ mL} * \frac{0.66 \text{ g.}}{1 \text{ mL}} = 63.03 \text{ g.}$$

Muestra de café en el dedal 30.55 gramos.

$$\text{C.E} = \frac{\text{(g. Hex)}}{\text{(g muestra)}} = \frac{\text{(63.03 g)}}{\text{(30.55 g)}} = 2.063$$

- Determinación del número de ciclos en la extracción.

$$480 \text{ min.} * \frac{1 \text{ ciclo}}{25 \text{ min.}} = 19.2 \text{ ciclos}$$

- Determinación del porcentaje de variación en relación al proceso de extracción (prensado - lixiviación) según datos de rendimiento de la tabla XI.

Tueste liviano:

$$\frac{\text{(Proceso prensado)}}{\text{(proceso lixiviación)}} = \frac{6.02}{6.1} * 100 = 98.69 \%$$

$$\text{Variación de proceso (prensado-lixiviación)} = 100 - 98.69 = 1.31\%$$

Tueste oscuro:

$$\frac{\text{(Proceso prensado)}}{\text{(proceso lixiviación)}} = \frac{7.05}{9.83} * 100 = 71.72 \%$$

$$\text{Variación de proceso (prensado-lixiviación)} = 100 - 71.72 = 28.28\%$$

- Determinación del porcentaje de variación en relación al grado de tueste (oscuro – Liviano) según datos de rendimiento promedio de la tabla XI .

Proceso de prensado:

$$\frac{\text{(tueste liviano)}}{\text{(tueste oscuro)}} = \frac{6.02}{7.05} * 100 = 85.39 \%$$

$$\text{Variación de rendimiento (oscuro-liviano)} = 100 - 85.39 = 14.60\%$$

Proceso de lixiviación:

$$\frac{\text{(tueste liviano)}}{\text{(tueste oscuro)}} = \frac{6.10}{9.83} * 100 = 62.05 \%$$

$$\text{Variación de rendimiento (oscuro-liviano)} = 100 - 62.05 = 37.95\%$$

- Determinación del índice de extracción de un tueste oscuro a un tueste liviano según datos de diferencias en relación al proceso de extracción de la tabla XI.

$$\text{Índice de extracción (oscuro – liviano)} = \frac{2.78}{0.08} = 34.75 \approx 35$$

- Determinación del índice de extracción del proceso de prensado al proceso de lixiviación según datos de diferencias en relación al grado de tueste de la tabla XI

$$\text{Índice de extracción (prensado-lixiviación)} = \frac{3.73}{1.03} = 3.62 \approx 4$$

- De acuerdo con la ecuación No. 1 se determino el índice de acidez en porcentaje de ácidos grasos libres existentes en la muestra

$$\% \text{ ácidos grasos} = \frac{3.3\text{mL} \times 0.25 \times 25.6}{7.0159 \text{ g}} = 2.992 \text{ mgKOH / g de muestra}$$

- El índice de yodo se determino con la ecuación No. 2

$$\text{Índice de yodo} = \frac{((48 - 8.8) \times 0.1 \times 12.69)}{0.5012} = 96.5 \text{ cg/ g muestra}$$

- De acuerdo con la ecuación No 4 se determino el valor de peróxidos presentes en la muestra.

$$\text{Valor de peróxido (meq. / 1000 gr.)} = \frac{(0.4 - 0) \times 0.01 \times 1000}{5.340} = 0.749 \text{ meq/kg}$$

- Las gomas fueron determinadas en porcentaje de acuerdo con la ecuación No. 5

$$\% \text{ GOMAS} = (94.6169 - 93.8885) \times 100 / 100 = 72.84\% \text{ gomas}$$

- El valor de p-anisidina fue determinado por la ecuación No. 6 como sigue

$$p - A. V. = \frac{25 \times (1.2 (3.21) - 2.88)}{0.5750} = 42.26 \text{ ppm /g de muestra}$$

- De acuerdo con la ecuación No. 7 la determinación de fósforo y fosfátidos

se determinaron como sigue:

$$P = (5.89 \times 3.1) + 316.4 = 334.659 \text{ ppm de fósforo}$$

$$\text{Contenido de fosfátidos (ppm)} = 334.66 \times 30 = 10039.8 \text{ ppm}$$

- De acuerdo con la ecuación No. 8 se determinó la cantidad de jabón presente en el aceite.

$$\text{Cantidad de jabón como oleato de sodio (ppm)} = \frac{(0.5 \text{ mL} * 0.1 * 304400)}{43 \text{ g}}$$

$$\text{Cantidad de jabón como oleato de sodio (ppm)} = 353.95 \text{ ppm de jabón}$$

- La cantidad de ceras presentes en el aceite fueron determinadas a partir de la ecuación No. 9

$$\text{CERA (ppm)} = (11.9 * 0.1) * 39.2 + 40.1 = 502.66 \text{ ppm}$$

- el valor de totox fue determinada a partir de la ecuación No. 10

$$\text{Totox} = 2 (0.749 + 42.26) = 86.018$$

- De acuerdo con la ecuación No. 11 y 12 se determinó el índice de DOBI y carotenos presentes en el aceite respectivamente.

$$\text{DOBI} = 0.0993 / 4.00 = 0.0248$$

$$\text{Caroteno (ppm)} = 383 \times 0.0993 = 38.0319$$

- Porcentaje de rendimiento de la extracción

$$\text{Rendimiento de extracción} = \frac{\text{peso de aceite en Kg}}{\text{Peso de los granos}} * 100\% \quad [\text{Ec. No 13}]$$

Peso de los granos

$$\frac{0.8728 \text{ kg}}{12.55 \text{ kg}} * 100 = 6.802 \% \text{ de rendimiento}$$

APÉNDICE D

FOTOS TOMADAS EN EL ANÁLISIS DE ACEITE

Figura 12 Niveles de tueste del café



Figura 13 Equipo de extracción Soxhlet



Figura 14 Separación de ceras y gomas por centrifugación



Figura 15 Preparación para la determinación del índice de yodo



Figura 16 Titulación para determinar el índice de yodo



Figura 17 Preparación de muestras a reflujo para el índice de saponificación



Figura 18 Preparación de reactivos para la determinación del contenido de jabón en el aceite de café



APÉNDICE E

OTROS FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN

El presente texto está destinado a su aplicación voluntaria por los socios comerciales y no por los gobiernos.

1. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

1.1 El color, olor y sabor de cada producto deberán ser característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

| | <u>Dosis máxima</u> | |
|-----|--------------------------------------|--|
| 1.2 | Materia volátil a 105°C | 0,2% m/m |
| 1.3 | Impurezas insolubles | 0,05% m/m |
| 1.4 | Contenido de jabón | 0,005% m/m |
| 1.5 | Hierro (Fe): | |
| | Aceites vírgenes | 1,5 mg/kg |
| | Aceites vírgenes | 5,0 mg/kg |
| 1.6 | Cobre (Cu): | |
| | Aceites refinados | 0,1 mg/kg |
| | Aceites vírgenes | 0,4 mg/kg |
| 1.7 | Índice de ácido: | |
| | Aceites refinados | 0,6 mg de KOH/g de aceite |
| | Aceites prensados en frío y vírgenes | 4,0 mg de KOH/g de aceite |
| | Aceites de palma vírgenes | 10,0 mg de KOH/g de aceite |
| 1.8 | Índice de peróxido: | |
| | Aceites refinados | hasta 10 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite |
| | Aceites prensados en frío y vírgenes | hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite |

TABLA XXXIII Características químicas y físicas de aceites vegetales crudos

| | Aceite de maní | Aceite de babasú | Aceite de coco | Aceite de semilla de algodón | Aceite de pepitas de uva | Aceite de maíz | Aceite de semilla de mostaza | Aceite de palma | Aceite de almendra de palma | Oleína de palma² |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Densidad relativa (x° C la agua a 20°C) | 0.912-0.920 x=20°C | 0.914-0.917 x=25°C | 0.908-0.921 x=40°C | 0.918-0.926 x=20°C | 0.920-0.926 x=20°C | 0.917-0.925 x=20°C | 0.910-0.921 x=20°C | 0.891-0.899 x=50°C | 0.899-0.914 x=40°C | 0.899-0.920 x=40°C |
| Densidad aparente (g/ml) | | | | | | | | 0.889-0.895 (50°C) | | 0.896-0.898 at 40°C |
| Índice de refracción (ND 40°C) | 1.460-1.465 | 1.448-1.451 | 1.448-1.450 | 1.458-1.466 | 1.467-1.477 | 1.465-1.468 | 1.461-1.469 | 1.454-1.456 at 50°C | 1.448-1.452 | 1.458-1.460 |
| Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite) | 187-196 | 245-256 | 248-265 | 189-198 | 188-194 | 187-195 | 168-184 | 190-209 | 230-254 | 194-202 |
| Índice de yodo | 86-107 | 10-18 | 6.3-10.6 | 100-123 | 128-150 | 103-135 | 92-125 | 50.0-55.0 | 14.1-21.0 | ≥ 56 |
| Materia insaponificable (g/kg) | ≤ 10 | ≤ 12 | ≤ 15 | ≤ 15 | ≤ 20 | ≤ 28 | ≤ 15 | ≤ 12 | ≤ 10 | ≤ 13 |
| Relación de isótopo de carbono estable* | | | | | | | -13.71 to -16.36 | | | |

APÉNDICE F
DIAGRAMA CURRICULAR LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA
CONOCIMIENTOS APLICADOS EN LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

“EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE FIJO DE CAFÉ TOSTADO TIPO GENUINO ANTIGUA OBTENIDO POR EL PROCESO DE PENSADO”

| LICENCIATURA EN INGENIERIA QUIMICA | AREA | TEMA GENERICO | TEMA ESPECIFICO | ESPECIFICACION | PROBLEMA | HIPOTESIS | TEMARIO A DESARROLLAR |
|------------------------------------|------------------------|--|---|--|---|--|---|
| | Química | Química Orgánica | caracterización de ácidos grasos | Cromatografía Espectrometría (CG-SM) | Extraer y caracterizar el rendimiento de aceite de café tostado extraído por lixiviación y prensado | Existen variaciones de rendimiento de aceite de café oscuro y liviano y en los dos procesos de extracción utilizados | Índice de ilustraciones Lista de símbolos Glosario Resumen Objetivos Hipótesis Introducción Antecedentes 1. Marco teórico 2. Metodología 3. Caracterización 4. Resultados 5. Interpretación de resultados 7. Conclusiones 8. Recomendaciones 9. Referencias bibliográficas 10. Bibliografía Apéndice |
| | | Análisis Cuantitativo | Métodos analíticos | Índices de calidad de Aceites | | | |
| | Operaciones unitarias | Transferencia de Masa en etapas de contacto Continuo (I.Q-5) | Contacto interfacial Sólido - líquido (nivel laboratorio) | Extracción por Lixiviación en caliente soxhlet | | | |
| | Ciencia complementaria | Operaciones Unitarias complementarias (I.Q-6) | Manejo de sólidos | Tostacion de granos de café. | | | |
| | | Procesos Químicos Industriales | Extracción de Aceites | Extracción de aceite fijo Por prensado | | | |