



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el análisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo título es:

Determinación de los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico

presentado por:

**STEFANIA SOPHIA VARGAS APARCANA
JUDITH ANGELA SALAS ORTIZ**

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA QUIMICA Y PETROQUIMICA** obteniéndose como resultado una coincidencia de **6.75%** otorgándosele el calificativo de:


APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.


Observaciones:

El siguiente Borrador de Tesis ha sido **APROBADO** con un **6.75%** de coincidencias.

Ica, **3 de Abril de 2021**



**SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO
COORDINADOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y
PETROQUIMICA**



**RAUL GERARDO AVILA MEZA
ASESOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y
PETROQUIMICA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS
GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y
PETROQUÍMICA**

Tesis

**Determinación de los Cambios fisicoquímicos del aceite
comestible por tratamiento térmico**

Presentado por:

Salas Ortiz, Judith Angela

Vargas Aparcana, Stefania Sophia

Ica- Perú

2018

INTRODUCCIÓN

El proceso de fritura, en el cual el aceite es calentado a temperaturas superiores a los 180°C, es utilizado como un medio de procesamiento de alimentos altamente atractivo para los consumidores. Existen muchos tipos de materias grasas que pueden ser usados para freír, para la elección de aquella materia grasa más adecuada para soportar el calentamiento un factor a considerar es el grado de insaturación de esta y generalmente suelen utilizarse con este fin aceites vegetales o en mezcla con aceites de girasol, soya, palma oliva .

Durante el calentamiento del aceite o grasa entre las temperaturas cercanas a los 200°C, la materia grasa comienza a sufrir un deterioro irreversible al que contribuyen diversos factores propios del proceso y de la naturaleza de la grasa, observándose reacciones de tipo oxidativo, hidrolítico y térmico, las que producen una mezcla compleja de compuestos, identificada como "compuestos polares". Además, se ha postulado la posible formación de AGT durante el calentamiento, en especial si las temperaturas utilizadas son muy altas, planteándose que solo se producen pequeños cambios en el contenido de estos ácidos grasos si la temperatura no supera los 200°C, situación que cambia al aumentar la temperatura unos 20°C, en especial si se trata de aceites poliinsaturados e hidrogenados.

El tipo de materia grasa empleado como medio de fritura y sobre todo su grado de insaturación, calidad inicial son factores fundamentales en el desarrollo de los deterioros químicos señalados. La evaluación de estos cambios químicos ha sido pródigamente experimentada a través de la medición de diferentes parámetros, específicamente para el control de la degradación alcanzada por las materias grasas sometidas a un proceso de fritura se utilizan a menudo los llamados índices analíticos rápidos.

Adicionalmente es posible estudiar la variación del perfil de ácidos grasos de los aceites o mantecas que se utilizan en este proceso de manera de evaluar la pérdida o formación de algunos tipos de ácidos grasos.

Índice

	Pag.
Introducción	02
Índice	03
Capítulo I Generalidades	
1.1. Título	06
1.2. Personal que investiga	06
1.3. Fundamentación del estudio	06
1.3.1. Definición del problema	06
1.4. Objetivos	07
1.4.1. Objetivo General	07
1.4.2. Objetivos Específicos	07
1.5. Hipótesis	07
1.6. Productos del proyecto	07
1.7. Metodología	08
1.7.1. Variables	08
Capitulo II Marco Teórico	
2.1. Antecedentes	09
2.1.1. Antecedentes Internacionales	09
2.1.2. Antecedentes Nacionales Locales	10
2.2. Referencias Teóricas	12
2.2.1. Aceite	12
2.2.1.1. Aceites comestibles	12
2.2.2. Clasificación de los aceites	13
2.2.2.1 Aceite de Palma	13
2.2.2.2 Aceite de Coco	13
2.2.2.3 Aceite de Ricino	13
2.2.2.4 Aceite de Algodón	13
2.2.2.5 Aceite de Soya	14

2.2.3. Características químicas de los aceites	14
2.2.3.1.- Color	14
2.2.3.2.- Densidad	14
2.2.3.3.- Humedad	14
2.2.3.4.- Índice de Refracción	14
2.2.3.5.- Viscosidad	15
2.2.3.6.- Índice de acidez	15
2.2.3.7.- Índice de yodo	15
2.2.3.8.- Índice de saponificación	15
2.2.3.9.- Ácidos grasos libres	16
2.2.3.10.- Índice de Peróxidos	16
2.2.4. Refinación de los aceites	16
2.2.4.1.- Desgomado	17
2.2.4.2.- Neutralización	17
2.2.4.3.- Blanqueado	17
2.2.4.4.- Desodorización	17
2.2.4.5.- Hidrogenación	18
2.2.5.- Tratamiento térmico de los aceites	18
2.2.5.1.- Reacciones Químicas de los aceites durante el Proceso Térmico	20

Capitulo III Parte Experimental

3.1. Materiales, Reactivos e Instrumentos	22
3.2. Preparación de la Muestra	23
3.3. Métodos de Análisis del Aceite térmicamente tratado	23
3.3.1. Determinación de Proteínas	23
3.3.2. Análisis Organoléptico	25
3.3.3. Densidad Método del Picnómetro	26
3.3.4. Índice de Refracción	26
3.3.5. Punto de Fusión	27
3.3.6. Índice de Acidez en Caliente	27

3.3.7.- Índice de Saponificación	28
3.3.8. Índice de Yodo	29
3.3.9. Determinación de los ácidos grasos	31
Capítulo IV Tratamiento de Datos Experimentales	
4. 1. Resultados Obtenidos	34
4.1.1. De las propiedades físicas del aceite tratado térmicamente.	35
4.1.2. De las propiedades Químicas del aceite tratado térmicamente.	38
4.2. Interpretación de los Resultados	49
4.2.1.- De las Propiedades Físicas	49
4.2.2.- De las Propiedades Químicas	50
Conclusiones	52
Recomendaciones	56
Referencias	57
Anexos	59

Capítulo I

Generalidades

1.1.- Título

Determinación de los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico.

1.2.- Personal que investiga

Salas Ortiz, Judith Angela

Vargas Aparcana, Stefania Sophia

1.3.- Fundamentación del estudio

1.3.1.- Definición del problema

En las últimas décadas, el estilo de vida moderna, trajo consigo cambios tecnológicos en el procesamiento de alimentos y en la cocina. Desde su invención e incorporación en la transformación de alimentos, el uso del horno microondas ha ido en aumento gracias a sus múltiples ventajas, por ejemplo, influye en la capacidad para transmitir rápidamente el calor debido a su elevado poder de penetración, a la comodidad y facilidad de uso y en el ahorro de energía y tiempo.

El efecto del tratamiento térmico sobre los aceites vegetales hace que se formen especies radicalarias (radicales libres) que rápidamente reaccionan con el oxígeno atmosférico para producir hidroperóxidos y productos secundarios de oxidación.

Teniendo en consideración los aspectos antes vertidos, se formula el siguiente problema metodológico:

¿En qué medida se Determinan los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico?

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivo General

Determinación de los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico.

1.4.2.- Objetivos Específicos

Determinar las propiedades físicas del aceite comestibles por tratamiento térmico

Determinar las propiedades químicas del aceite comestibles por tratamiento térmico.

1.5.- Hipótesis

Se plantea la siguiente hipótesis:

Se Determinan los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico, empleando los métodos y procedimientos analíticos.

1.6.- Productos del proyecto

Como resultado del presente estudio se habrá logrado:

En la Determinación de los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico, establece que de los resultados de este proyecto tendrían inmediata aplicación en al considerar una vida útil del aceite más prolongado y la conveniencia o no de seguir utilizándolo.

1.7.- Metodología

1.7.1.- Variables

Las variables independientes son: Cambios fisicoquímicos del Aceite comestible.

Indicadores: Densidad, índice de refracción, índice de acidez, índice de saponificación, pH

La variable dependiente: .Tratamiento Térmico

Indicadores: Temperatura

Capítulo II

Marco Teórico

2.1.- Antecedentes

2.1.1- Antecedentes Internacionales

Arrubia V, Londoño G, & Toro S, (2008) **en el estudio de la Estabilidad Térmica del aceite de crisálida del gusano de seda bombyx mori linn. (Colombia)**

En el presente trabajo se utilizaron crisálidas frescas de gusano de seda, estas fueron sometidas a un proceso de sacrificio, secado y extracción. Para comparar la influencia del calentamiento sobre el aceite con y sin antioxidante se adicionó Vitamina E a una porción de la muestra, ambas se sometieron a las mismas temperaturas de calentamiento y se les realizaron los mismos análisis

Se realizaron pruebas físicas: densidad e índice de refracción; y pruebas químicas: índice de peróxidos, acidez, conductividad y perfil de ácidos grasos, realizando el último análisis solo a dos de las temperaturas. Los análisis demostraron que la composición del aceite no varía notablemente haciéndolo apto para su utilización en procesos que involucren el calentamiento del mismo

J. Cabrera Martín (1992) Estudio de la variación de algunas magnitudes reológicas, ópticas y térmicas de un aceite de oliva refinado termoxidado. (España)

Al calentar un aceite en presencia de oxígeno, se producen una serie de reacciones que van a motivar la aparición de nuevos componentes, los cuales van a ocasionar variaciones en sus magnitudes físicas.

El aceite que se ha utilizado en este estudio ha sido uno de oliva refinado, el cual se ha calentado a una temperatura de 180°C, hasta un límite de 72 horas.

Se ha determinado la concentración de triglicéridos no alterados por cromatografía en columna de sílice, calculando posteriormente la fracción molar correspondiente a cada tiempo de calentamiento.

Se han medido, el volumen específico, la viscosidad dinámica y el índice de refracción, ajustando estos valores a las ecuaciones que relacionan estas magnitudes con la temperatura.

Así mismo, también se ha medido la entalpía específica y la temperatura de fusión. Por último, se ha estudiado la variación que experimentan los parámetros que definen esas ecuaciones, con la alteración producida en el aceite.

2.1.2.- Antecedentes Nacionales Locales

Ramos Uribe, Hermes Alexander y Cayo Chacaliaza, Johana Lisseth(2009) Obtención y Caracterización del aceite a partir de la almendra del durazno (*Prunus pérsica*) Ica –Peru (tesis)

Las empresas productoras de frutas desechan en la mayoría de los casos grandes cantidades de materia orgánica, ya que en el caso del durazno solo se aprovecha la pulpa para obtener diferentes productos con mayor valor agregado.

Las semillas de durazno contienen en las almendras alto contenido de sustancias oleaginosas, que a partir de un procedimiento de extracción y refinación adecuado hace del aceite más estable aprovechándose así el posible valor agregado que se puede obtener de la semilla de durazno.

El aceite crudo contiene impurezas que lo hace deteriorarse rápidamente, siendo el más usual la oxidación primaria y secundaria de los lípidos presentes.

En el trabajo que se presenta a continuación se extrae, refina y caracteriza el aceite de la almendra del durazno y así recomendarlo su utilización desde el punto de vista químico y tecnológico

Bravo Quintana, Luisa Silvana, Surichaqui Condor y Gabi Beatriz (2011) Extracción y caracterización del aceite esencial de romero y sus propiedades antioxidantes. Ica-Perú (Tesis)

El crudo y refinado del aceite de romero se le practicaron una serie de análisis con la finalidad de caracterizarlos fisicoquímicamente y para que sirvieran de referencia al momento de comparar el aceite antes y después de la refinación, dichos aceites deben de cumplir con ciertos requisitos de identidad y de calidad. Se presentan los parámetros fisicoquímicos del aceite crudo y refinado del aceite de romero.

Los resultados de los valores obtenidos de densidad relativa, índice de refracción, índice de saponificación e índice de yodo tanto para el aceite crudo como para el aceite refinado del aceite de romero se encuentra dentro de los valores que está establecido dentro de las normas peruanas, para aceites vegetales comestibles, debido a que esta norma es utilizada como referencia en esta investigación con la finalidad de obtener un aceite de buena calidad.

Castillo Navarro, Cynthia Shirley y Flores Salvatierra, Giulhiana Marisol. (2010) Obtención y Caracterización del aceite a partir de la semilla del Tamarindo. (Tamarindus Indica) (Ica –Perú) Tesis

Las grasas o lípidos son primordiales para conservar un cuerpo sano, ya que componen una fuente de energía y contribuyen con nutrientes fundamentales. También, tienen un sustancial papel en la fabricación y elaboración de alimentos, ya que gracias a ellas la comida nos sabe mejor.

Las grasas de los alimentos tienen diferentes orígenes, de origen animal y vegetal, preferentemente se recomienda la ingesta de aceite de origen vegetal, debido a que son del tipo insaturado.

El presente trabajo de investigación consta de cuatro capítulos, iniciándose el mismo con las generalidades donde establecemos los objetivos y fines de la investigación.

El segundo capítulo se realiza una revisión bibliográfica de la materia prima, de los productos, se describe además los métodos más importantes de obtención de los aceites de origen vegetal, así como de sus propiedades químicas.

El tercer capítulo trata sobre cómo obtener a nivel de laboratorio el aceite a partir de la semilla de tamarindo siguiendo la secuencia de obtención y posterior análisis de sus propiedades físicas y químicas.

2.2.- Referencias Teóricas

2.2.1- Aceite

La expresión **aceite** (del árabe *az-zait*, el extracto de la aceituna, y éste del arameo *zayta*) es un vocablo genérico para escoger cuantiosos líquidos grasos de orígenes varios que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que ésta. Es equivalente de *óleo* (del latín *oleum*), pero este término se utiliza sólo para los sacramentos de la Iglesia Católica y en el arte de la pintura. (Wikipedia, 2021)

2.2.1.1.- Aceites comestibles

Los aceites vegetales comestibles son glicéridos de los ácidos grasos logrados por presión mecánica en frío o en caliente, u obtención por solventes de la materia prima, que los contenga, que sean líquidos a la temperatura de 20°C, de olor y sabor agradable y que cumplan con los requisitos generales del aceite vegetal comestible. (Perez Romero, 2008).

2.2.2.- Clasificación de los aceites

2.2.2.1.- Aceite de palma. El aceite de palma es obtenido a partir del fruto de la palma (*Elais Guineensis*), crece en tierras tropicales, siendo los países de Malasia e Indonesia los mayores productores a nivel mundial. “El aceite de palma se localiza en muchos productos, como pan embalado, cereales para el desayuno, margarinas, chocolates, helados, galletas y aperitivos, además se usa en detergentes domésticos, champús, cremas, jabón o lápices labiales y en biocombustible para automóvil”. (Rojas Ramos, 2019)

2.2.2.2.- Aceite de coco. El aceite de coco tiene significativa demanda en la industria cosmética, se obtienen productos como jabón, champús y cremas. Kirschenbauer, (1964), afirma “El aceite de coco se obtiene de las almendras de la nuez de la palma de cocos nucifera que crece cerca o en las costas tropicales” (p.217).

2.2.2.3.- Aceite de ricino. El aceite de ricino es usado para los problemas de salud, sobre todo en la diarrea, también es calificado un producto de belleza ideal para cuidar la piel. “El aceite de ricino es obtenido de las semillas de la planta *Ricinus Communis*, que crece, en forma silvestre, en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales, pero que es cultivado como cosecha anual en varios países productores” (Kirschenbauer, 1964, p.216).

2.2.2.4.- Aceite de algodón. El aceite de la pepa de algodón se extrae a partir de las semillas de la planta *Gossypium*, su uso principal es para la cocina ya que tiene un sabor neutro, su mayor empleo fue en el país de los Estados Unidos. “El aceite de algodón se adultera rara veces con aceites de cacahuete, sésamo y lino y sirve en cambio para adulterar los de oliva, sésamo, cacahuete, colza y pié de buey” (Novellas, 2011,p.149).

2.2.2.5.- Aceite de soya. Kirschenbauer, (1964), sostiene “La soya es una semilla de la planta leguminosa *Glycine Max*, natural del oriente, la planta crece en una gran variedad de condiciones climatológicas, pero prefiere veranos con un clima caliente y húmedo” (p.233).

2.2.3.- Características físico químicas de los aceites

2.2.3.1.- Color. Las grasas y aceites vegetales tienen colores característicos de acuerdo a sus procesos de industrialización. “El color característico de la mayor parte de las grasas Y de los aceites es, predominantemente, una mezcla de amarillo y rojo, y se debe en primer lugar a la presencia de pigmentos del tipo carotenoide” (Mehlenbacher, 1979, p.460). El color de los aceites vegetales tiende a cambiar de su color original cuando hay cambios en los métodos de hidrogenación.

2.2.3.2.- Densidad. La densidad es la relación entre la masa y el volumen de toda sustancia medible según Kirschenbauer, (1964) afirma “La densidad de los aceites y de las ceras varia de alrededor del 0.88 para el aceite a 0.99 para las ceras japonesas y de arrayan, la determinación puede llevarse a cabo por medio del hidrómetro” (p.68).

2.2.3.3.- Humedad. La totalidad de los productos naturales seguramente presentan algo de agua, y los aceites también. La solubilidad en el agua de los aceites y grasas oscila entre el 0,05 – 0,30%. Los análisis de humedad son importantes en el comercio, (Lawson, 1999). El agua es sólo levemente soluble en las grasas y por lo tanto, su presencia no es común excepto en pequeñas cantidades. Un ejemplo es el aceite de algodón que a temperaturas de 22,5°C presenta una cantidad de agua de 0,121% y a 54,5°C se tiene 0,138% de agua. (Mehlenbacher, 1979).

2.2.3.4.- Índice de Refracción. Los aceites y grasas tienen un índice de refracción característico que oscila generalmente entre 1,44 y 1,50; la medición de esta constante permite ayudar conjuntamente con otros índices a identificarlos o diferenciarlos de otros aceites. (Maier, 1981) . Los índices de refracción tanto de grasas y aceites como de ácidos grasos,

aumentan conforme aumenta la longitud de las cadenas de hidrocarburos y el número de enlaces dobles de las cadenas. (Bailey, 1961). Los índices de refracción en aceites y grasas varían de acuerdo a la temperatura. A temperatura de 25°C, el aceite de soya indica un índice de 1,472 a 1,474, aceite de girasol 1,467 a 1,469, aceite de algodón 1,466 a 1,472. (Bernardini, 1986).

2.2.3.5.- Viscosidad

La viscosidad de los aceites altamente polimerizados es mucho más elevada que los aceites normales. (Lawson, 1999). La viscosidad de los productos grasos es muy superior a la del agua, leche y jugos de frutas con comportamiento newtoniano. Varía en un intervalo relativamente estrecho de valores para cada aceite, sin importar el hecho de ser extraídos de productos cultivados en diferentes regiones y épocas del año o luego de ser refinados. (Alvarado J, 2001).

2.2.3.6.- Índice de acidez. “El índice de ácido mide la cantidad de ácido graso libre y es definido por el número de miligramos que se requiere de hidróxido de potasio para 18 Neutralizar los ácidos grasos libres en 1g de muestra”. (Kirschenbauer, 1964, p.73)

2.2.3.7.- Índice de yodo. El índice de yodo se usa particularmente para examinar los aceites comestibles, sobre todo las mantecas y las margarinas. “Esta constante es la medida de la no saturación de las grasas y se define como el número de gramos de yodo absorbidos por 100g de la sustancia” (Kirschenbauer, 1964, p.75). Este tipo de estudio es necesario para certificar la calidad de las grasas y aceites vegetales.

2.2.3.8.- Índice de saponificación. El índice de saponificación se usa para la disociación de la glicerina y los ácidos grasos para la producción de los jabones. “Es una medida del porcentaje de la grasa capaz de ser transformado en jabón mediante una reacción de saponificación con hidróxido potásico, el resultado se ofrece en miligramos de hidróxido de potásico necesarios para saponificar 1g de grasa o aceite” (Ortuño, 2006, p.186)..

2.2.3.9.- Ácidos grasos libres. Este valor también nos sirve para estimar la pérdida de un aceite crudo luego de la neutralización. (Adrian J, 2000). En casos de aceite de palma y coco se expresan en términos de ácido palmítico y láurico respectivamente, puesto que son los ácidos que predominan en estos dos tipos de aceites, (Mehlenbacher, 1979)). El contenido en ácidos grasos libres del aceite de oliva es muy variable. Los mejores aceites no contienen más que 0,5 – 1,5%, pero no es raro encontrar aceite con un contenido en ácidos libres del 3% (Bailey, 1961).

2.2.3.10.- Índice de Peróxidos. Un aceite crudo de buena calidad deberá tener un índice de peróxidos inferior a 5. (Kirschenbauer, 1964). En la grasa animal, el aumento en el contenido de peróxidos es muy lento y gradual hasta el final del período de inducción, en cambio los aceites vegetales, los aceites no presentan el mismo principio claro y el aumento a un máximo del contenido de peróxido es más gradual, después de lo cual, si el ensayo continua dicho contenido empieza a decrecer. (Mehlenbacher, 1979) .

2.2.4.- Refinación de los aceites

El proceso de refinación de los aceites vegetales en su estado crudo tiene como finalidad eliminar las impurezas que pudieran causar toxicidad alterando el color, olor y sabor de los aceites, afectando de manera directa su calidad alimentaria (Moreno, 2016). Existen dos tipos de refinación de los aceites vegetales comestibles: la purificación física y la refinación química, la primera consiste en procesos de desgomado, decoloración y desodorizarían, en tanto que la segunda consiste en el proceso del desgomado, neutralización, decoloración y desodorizarían. Moreno (2016) afirma “El refinado físico es un método más moderno que utilizan especialmente las grandes industrias extractoras en comparación con el sistema químico, es un proceso menos largo y más económico” (p.7).

2.2.4.1 Desgomado. El proceso del desgomado en la refinación de los aceites tiene como finalidad eliminar sustancias que son distintas a los triglicéridos, evitando así, su alteración por lo que contribuyen al incremento del acidez del aceite. (Ojeda Gonzáles, 2014). Otros autores como Moreno (2016) afirma “El proceso de desgomado se basa en calentar el aceite, adicionarle una solución de ácido fosfórico [0,5 – 1%], mezclarlo todo por agitación por (10min) y centrifugarlo para separar las gomas coaguladas de dichas formas” (p.44).

2.2.4.2 Neutralización. La neutralización es un proceso necesario para la eliminación de impurezas, para ello se emplea generalmente el álcalis que tiene la propiedad de reaccionar con los ácidos grasos libres del aceite, siendo el álcalis más empleado la soda caústica (Universidad de Lima, 1986). El método de neutralización también es conocido como el proceso de des acidificación porque equilibra la acidez de los aceites vegetales, generalmente se lleva a cabo en calderas por cargas o procesos continuos.

2.2.4.3.- Blanqueado. El proceso del blanqueado en los aceites es similar al proceso de neutralización, según Kirschenbauer (1964) afirma “El blanqueado se lleva a cabo ya sea utilizando los efectos físicos predominantes de los absorbentes, tales como las arcillas naturales o activadas y de los carbones o por la aplicación de agentes químicos que tiene acciones oxidantes o reductoras” (p.101).

2.2.4.4.- Desodorización. El método de Desodorización se realiza con el propósito de descartar todo factor que favorezca la aparición de olores y sabores presentes en los aceites. Según Kirschenbauer, (1964) afirma “El proceso consiste en quitar con vapor o la destilación con vapor de los constituyentes odoríferos volátiles a elevadas temperaturas y presiones reducidas” (p.98).

2.2.4.5.- Hidrogenación. El método de hidrogenación tiene por objetivo la de convertir los aceites, en grasas semi solidas a temperatura ambiente, a través de la agregación del hidrógeno a temperaturas elevadas. “La hidrogenación produce aceites más estables a la luz y resistente al calor o la oxidación y también grasas sólidas, con un punto de fusión similar al de las mantequillas, pero más baratas” (Ortuño M., 2005, p.89). Los productos que se consiguen con el proceso de hidrogenación son las margarinas y mantequilla.

2.2.5.- Tratamiento térmico de los aceites

Son los procesos culinarios que implican una aplicación de calor que generalmente se conoce por cocción. Se define como la operación que transforma físicamente y químicamente el aspecto, la textura, el sabor, el peso, volumen, la composición y el valor nutricional de los alimentos, como así también la eliminación de bacterias y microorganismos patógenos, por acción del calor, transfiriéndolo de un cuerpo caliente a otro frío, que es el alimento. (Astiasarán I, 2003).

La fritura es un proceso físico-químico complejo en el cual, el producto a freír (papas, carne, pescado, productos empanados, etc.) se somete a una alta temperatura, con el propósito de modificar la superficie del producto, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior. De esta forma, es posible conservar muchas de las características propias del alimento, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, textura, aspecto y color. Así es posible obtener un producto con mayor aceptabilidad, lo cual sin lugar a dudas contribuye al éxito de consumo de los productos fritos (Valenzuela, 2003). Durante el freído suceden dos mecanismos de transmisión de calor: conducción y convección. La conducción insegura se realiza en el alimento sólido y depende de las propiedades físicas y la dimensión del material. Originalmente, el material alcanza temperaturas superiores al punto de ebullición del agua, debido a la presencia de solutos.

Cuando se inicia el burbujeo del aceite, se acrecienta la temperatura del alimento hasta llegar a la temperatura del medio. La convección ocurre entre el aceite y la superficie del alimento. Consecutivamente hay producción de burbujas, lo cual, al provocar turbulencia en el medio favoreciendo la transferencia de calor; sin embargo, la espuma formada disminuye la velocidad de transferencia de calor. Hay dos mecanismos que ocurren durante el freído: evaporación continúa del vapor del agua, donde domina la transferencia de calor; y evaporación decreciente, donde prevalece la difusión de agua del interior del alimento hacia la superficie (Fernández Cedi, sf). La primera fase del método involucra la transmisión de humedad. En el momento en que ocurre la inmersión del alimento en el aceite el flujo de calor ocurre del medio de freído a la superficie del alimento. Debido a la transferencia de calor, el agua de la superficie se evapora y escapa al medio de freído, y el agua del interior del alimento migra hacia la superficie (Fernández Cedi, sf). En la siguiente fase ocurre la transferencia de aceite. El agua que aflora a la superficie deja poros y 17 capilares vacíos que son ocupados después por el aceite. La celeridad de entrada del aceite en el alimento depende de la viscosidad y de la tensión superficial del aceite. En la parte externa se forma la costra de color sutilmente oscuro, como resultado de la reacción de Maillard, que es una característica de palatabilidad más importante. En la última fase la parte más interna del alimento se cuece, debido a la penetración de calor, más que a la absorción de aceite (Fernández Cedi, sf) La aplicación industrial del proceso de fritura, presenta amplias ventajas ya que al introducir el alimento en un medio de fritura constituido por una materia grasa calentada a temperaturas entre 170 - 180 °C por breve tiempo, cambia rápidamente sus características físicas, químicas y sensoriales. Sin embargo, la fritura no está libre de desventajas, porque la materia grasa empieza a sufrir un deterioro irreversible al que contribuyen diversos factores propios del proceso, sea continuo o discontinuo. El alimento al ser introducido en el baño a la temperatura de fritura, libera parte de su propia humedad, lo que va a favorecer el deterioro hidrolítico.

El oxígeno del aire en contacto con la superficie de la materia grasa, entra al medio de fritura, con lo cual se catalizan los procesos oxidativos y la alta temperatura inicia el deterioro de tipo térmico (Robert, 2001).

2.2.5.1 Reacciones Químicas de los aceites durante el Proceso térmico

Los aceites soportan cambios químicos que no simplemente reducen su valor nutritivo, sino que, además, originan olores y sabores indeseables en los alimentos freídos en ellos. El deterioro del aceite obedece a varios factores: el tipo del método de proceso de freído, la temperatura, la intermitencia entre enfriar y calentar, el grado de insaturación del aceite utilizado, el alimento, la luz, el mantenimiento del equipo de freído y el uso de filtros. A continuación, se visualizan algunas de las reacciones químicas que ocurren durante el proceso de fritura:

a. Hidrólisis: La hidrólisis es una reacción que tiene lugar en la unión entre los ácidos grasos y la porción del glicerol. Este mecanismo puede acelerarse por las altas temperaturas y presiones y una excesiva cantidad de agua. Esta reacción es especialmente importante en la preparación de alimentos fritos en profundidad, donde la grasa de 18 fritura puede estar a una temperatura de 350°F (176 °C) y el alimento que se fríe tiene un alto contenido en agua (Lawson, 1999). El resultado final de este proceso resulta en la generación de mono y diglicéridos, como también en la formación de glicerol y ácidos grasos libres (Lawson, 1999).

b.- Lipólisis o rancidez hidrolítica. La lipólisis es catalizada por lipasas y, en el caso del freído, por las altas temperaturas utilizadas, que, en presencia de agua, generan la hidrólisis del enlace éster de los triglicéridos y fosfolípidos, formando ácidos grasos libres, que son mucho más sensibles a la autoxidación que en forma esterificada (Fernández Cedi, sf).

c.- Oxidación: Esta reacción tiene lugar en los puntos de insaturación. A la oxidación inducida por el aire a temperatura ambiente se le denomina auto oxidación. Generalmente es un proceso lento; se necesita un tiempo considerable para producir una cantidad suficiente de peróxidos, para desarrollar sabores u olores desagradables.

Los productos que contienen una proporción más elevada de ácidos grasos insaturados son más propensos a la oxidación que los que contienen cantidades más bajas, debido a que los ácidos grasos con más insaturaciones necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de oxígeno que los ácidos grasos con menos insaturaciones (Lawson, 1999).

La velocidad de oxidación crece con un incremento en la temperatura, con la exposición al oxígeno del aire, presencia de luz y contacto con materiales que son considerados como pro-oxidantes. En la fritura en profundidad, donde la temperatura del aceite es elevada, es importante desde el principio, proteger a la grasa del contacto con el cobre, especialmente en la superficie, donde el aceite está también en contacto con el oxígeno del aire.

Los aceites y grasas naturales de origen vegetal contienen pequeñas cantidades de sustancias capaces de inhibir la oxidación en cierto grado. El alfa tocoferol es el antioxidante natural más importante y su distribución es casi universal (Lawson, 1999).

d.- Polimerización: Se caracteriza por una producción de uniones cruzadas entre cadenas de ácidos grasos no saturados, directamente o a través de átomos de oxígeno, y que pueden dar lugar a estructuras cíclicas. Están favorecidas por tratamientos térmicos altos, como el proceso de fritura. Esta reacción es la más problemática en la industria alimentaria por sus consecuencias de degradación sobre los lípidos. La polimerización puede ocurrir en la fritura de los alimentos en profundidad, generalmente cuando se utilizan temperaturas que van de 162 °C a 190 °C.

La reacción se acelera al freír a temperatura demasiado elevada (por la presencia de oxígeno), la utilización de un aceite para fritura de baja calidad y una mala práctica de fritura; por ejemplo, cuando se calienta el aceite durante períodos largos de tiempo con pocos o ningún alimento friéndose. Todas las grasas alimentarias de uso corriente en particular las de elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, tienden a formar estos polímeros cuando son calentadas a temperaturas extremas y durante un periodo de tiempo extremadamente largo (Lawson, 1999).

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1.- Materiales, Reactivos e Instrumentos

Materiales

Cápsulas de Porcelana, Estufa Eléctrica con termostato Regulable y termómetro, Desecador, Espátulas, Balanza Analítica, Estufa de vacío.

Crisol de Metal con tapa, Equipo Kjeldahl, Equipo de destilación, Erlenmeyer de 250, 500 y 1000 cc, Calentador Eléctrico o a gas, Equipo de Filtración, Probetas Graduadas, Tubos de Ensayo, Lunas de Reloj, Vasos de precipitado, Mechero Bunsen, Pinza metálica para crisoles, Equipo de Baño maría, Soporte universal, Papel filtro

Reactivos

Silicagel, Acido Sulfúrico, Sulfato Cálcico Anhidro, Oxido de Mercurio P.A, Sulfato Potásico P.A, Tiosulfato de Sodio P.A, Zinc en Granallas P.A, Indicador Rojo de Metilo P.A, Acido Clorhídrico P.A, Hidróxido de Sodio P.A, Sulfato de Cobre P.A, Cromo en polvo P.A, Silicona Antiespuma 14 x P.A, Sulfuro de Potasio P.A Agua destilada, Eter de petróleo, Acetona , Tetracloruro de carbono, Benceno

3.2.- Preparación de la Muestra

Se seleccionaron tres marcas de aceites comerciales que se expenden en los mercados de la ciudad de Ica. De cada marca se dividen 5 muestras en envases color ámbar.

Se sometió el contenido de cada tipo de aceite durante 2 horas a temperaturas de 125, 150, 175 y 200°C, mediante baño maría en aceite mineral, dejando una de las muestras fuera del proceso, con el fin de comparar las propiedades del aceite sometido a calentamiento con las del aceite sin calentar

Posteriormente se realizaron las determinaciones físicas y químicas más importantes, y que a continuación se detallan en los acápite siguientes.

Luego de someterlas a tratamiento térmico, las muestras fueron guardadas en un refrigerador a 4°C, aisladas de la luz.

3.3.- Métodos de Análisis del Aceite térmicamente tratado

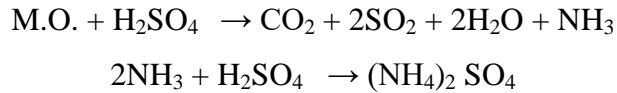
3.3.1.- Determinación de Proteínas

El método empleado es el semi micro Kjeldahal, cuyo objetivo es la de determinar la cantidad de nitrógeno total de una muestra de semilla de durazno. Se fundamenta en la destrucción de la materia orgánica, ya sea de un concentrado, forraje o cualquier compuesto nitrogenado, por acción del ácido sulfúrico en caliente, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual después es destilado a amoníaco.

El procedimiento comprende tres fases: digestión, destilación y titulación

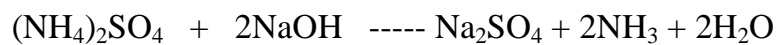
a) Digestión de la muestra.- Por ebullición con ácido sulfúrico concentrado y en presencia de catalizadores, la materia orgánica se oxida a CO₂ y agua, mientras que en una parte del ácido se reduce a SO₂.

El nitrógeno es transformado en NH₃, se combina con la parte restante del ácido sulfúrico para formar sulfato de amonio.



b) Destilación: Mediante esta operación el nitrógeno que está en forma de sulfato de amonio, se ataca con álcali fuerte que es la soda cáustica, para liberar el amoniaco.

El vapor de agua arrastra el amoniaco y después de la condensación lograda con la ayuda del refrigerante, el hidrato de amonio se recibe en un erlenmeyer.



El erlenmeyer contiene: ácido bórico, con los siguientes indicadores de pH: rojo de metilo y verde de cromo cresol, formándose borato de amonio.

c) Titulación. - Se hace con ácidos clorhídrico de normalidad conocida. El ácido clorhídrico reacciona con el borato de amonio. En el punto final ya no hay borato de amonio y un pequeño exceso de ácido clorhídrico provocará un cambio del pH y el consiguiente viraje de la mezcla.

d) Procedimiento. - Pesar 0.30 gramos de la muestra, luego agregar 1 gramo del catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción limpiar con un poco de agua el cuello, del matraz de digestión, agregar 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado y colocar el matraz en la cocina de digestión. La digestión termina cuando el contenido del matraz es completamente cristalino.

Colocar la muestra dirigida en el aparato de destilación, agregar 5 ml de hidróxido de sodio concentrado e inmediatamente conectar el vapor para que se produzca la destilación. Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un erlemeyer conteniendo 5 ml de la mezcla de ácido bórico más indicadores de pH. La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y hay viraje del indicador. Luego se procede a la titulación con ácido clorhídrico valorando (aprox. 0.05 N)

Cálculos.- La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene por la siguiente fórmula:

$$N \% = \frac{Va. N. meq N \times 100}{P}$$

donde :

Va - ml de Hcl gastados

N - Normalidad

meq.N - Miliequivalente del Nitrógeno

p - peso de la muestra. Para obtener la cantidad de proteína bruta se multiplica por el factor 5.40

3.3.2.-Análisis Organoléptico.

El estado físico (líquido, semilíquido, pastoso, sólido) se reconoce al observar la muestra teniendo en cuenta la temperatura por lo menos de una manera aproximada, puesto que las sustancias grasas que solidifican o se funden dentro de los límites de las temperaturas medias más comunes pueden presentarse en diversas formas según la época del año.

El color también se aprecia observando la muestra. Si es líquido se observa en una probeta o en un vaso de vidrio incoloro notándose de la misma manera la limpidez.

El olor se aprecia perfectamente frotando una pequeña cantidad de grasa entre las palmas de las manos, o calentándose ligeramente en un matraz cónico.

El sabor se aprecia degustando una pequeña cantidad de la muestra. Tratándose de aceites comestibles, sobre un poco de grasa del matracito cónico en que han observado el color y la limpidez, y se paladea el aceite, notando el sabor que deja en la boca, las sensaciones que se notan en la garganta, ya sea en la deglución, ya después de cierto tiempo. Si se tiene que hacer varios ensayos consecutivos de distintas muestras, conviene, entre uno y otro ensayo, enjuagarse la boca con agua fresca, masticar y deglutir parcialmente una tajada de manzana o pera no perfumadas o una hoja de endibia y volver a enjuagarse después con agua.

3.3.3.- Densidad Método del Picnómetro.

Primero se pesa el picnómetro vacío (p), luego lleno de agua (P') y finalmente lleno de aceite obtenido (p''), antes de cada pesada hay que mantener el picnómetro en baño María a la temperatura de 20 °C durante 30 minutos. La densidad se calcula con la fórmula:

$$D = \frac{p'' - p}{P' - p}; \text{ g/cm}^3$$

3.3.4.- Índice de Refracción

El índice de refracción del aceite se determina con ayuda del refractómetro de ABBe. Se coloca una gota del aceite sobre el prisma. Se cierra con el otro prisma de refracción total, dejando pasar la luz a través de ellos. Con las perillas de regulación se sitúan los campos en el cruce del aspa de selección y se lee en la escala graduada el índice de refracción del aceite en prueba.

3.3.5.- Punto de Fusión.

El método más sencillo y práctico para la determinación de estos caracteres es el siguiente. En un tubito de vidrio de paredes delgadísimas e hinchado en forma de bola hacia su mitad se aspira la muestra de aceite en cantidad suficiente para llenar la bola hasta la mitad; luego se dobla en “U” una rama del tubito libre de aceite fundiéndola ligeramente al calor de una llamita, dejase en reposo por un tiempo bastante largo. (A ser posible por veinticuatro horas) y manteniéndolo en un lugar fresco, si el aceite funde a baja temperatura. Luego se asegura el tubito, por medio de un alambre de platino o de aro de goma elástica, a un termómetro, de modo que el aceite venga a hallarse en la parte superior de la bola, y se va calentando lentamente. A cierta temperatura, la grasa comienza a fundir (entonces se suspende el calentamiento del baño) y escurre a lo largo de las paredes de la bola, pasando a reunirse en la parte inferior. Léanse las temperaturas indicadas por el termómetro cuando el aceite comienza a fundir y cuando se ha reunido toda en la parte inferior de la bola. Estas temperaturas representan los límites de temperatura entre los cuales funde el aceite, es decir, su punto de fusión. Luego se deja enfriar lentamente y se lee la temperatura a que el aceite comienza a solidificarse, y aquella a que ha quedado el aceite enteramente solidificada: así se tiene el punto de solidificación.

3.3.6.- Índice de Acidez en Caliente

1.-Número de acidez en caliente.- En un matracito de fondo plano se pesan exactamente alrededor de 5 g de sustancia grasa, se agregan 50-60 cm³ de alcohol de 95 ° ; se calienta al baño maría, agitando bien hasta que el alcohol empiece a hervir; se agregan 7-8 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína al 1 por 100 en alcohol de 95 ° , y se valora con una solución deci normal de potasa, agregándole gota a gota, mientras se agita sin cesar el matracito, hasta desaparición del color rojo persistente.

Si durante la valoración se deposita grasa sólida (cuando se trata de grasas concretas, se vuelve por algún tiempo el matracito al baño María, hasta que la grasa se haya fundido.

El índice de acidez se calcula multiplicando por 5,61 el gasto de la solución de KOH 0,1N y dividiendo el producto por el peso del aceite de prueba. El ácido oleico, a partir de los cm^3 de KOH se calcula con la fórmula:

$$X = \frac{n \times 0,0282}{P} \times 100$$

donde : n = gasto de KOH 0,1 N

p = peso de la sustancia

x = es el porcentaje del ácido oleico

3.3.7.- Índice de Saponificación.

Por el número de saponificación se entiende el número de miligramos de hidróxido de potasio KOH necesarios para saponificar completamente 1 g de sustancia grasa. De este número se puede deducir la cantidad de los ácidos totales, así estén en estado libre como el de combinación, contenidos en grasa. Esta determinación se practica del siguiente modo.

Reactivos.- Precisan los siguientes líquidos:

1. Solución alcohólica hidróxido de potasio (aproximadamente seminormal). Prepárese disolviendo en un poco de agua unos 32 g de KOH purísimo y diluyendo hasta 1 litro con alcohol de 95°. exento de fusel . Consérvese en una botella cerrada con tapón de goma atravesado por el tubo de una pipeta de 25 cm^3 .
2. Ácido Clorhídrico seminormal.
3. Solución alcohólica de fenolftaleína (al 1 por 100 en alcohol de 95°)

Modo de Operar.- En un matraz cónico de 150 a 200 cm³ se pesan 1-2 g de aceite agregando 25 cm³ de la solución alcohólica de KOH procurando dejar caer de la pipeta, una vez vacía, siempre el mismo número de gotas para todos los ensayos; se cierra el matraz con un tapón atravesado por un tubo de vidrio de 1 mm. aproximadamente de longitud, que desempeña el papel de refrigerante de reflujo; se pone el matraz en un baño de María en ebullición y se deja, agitando de cuando en cuando, por media hora o algo más. Se separa el matraz del baño, se agrega 8-10 gotas de la solución de fenolftaleína y se valora el exceso de potasa que queda libre mediante el ácido clorhídrico seminormal.

Simultáneamente con la determinación descrita, se lleva a cabo con testigo es decir, con 25 cm³ de KOH en solución alcohólica, sin adición de sustancia grasa operando en idénticas condiciones.

De la diferencia, entre la cantidad de ácido clorhídrico seminormal empleado en la prueba testigo y el empleado en la prueba con la materia grasa, se deduce la cantidad de potasa necesaria para la saponificación completa de las sustancias grasas; calculando tal cantidad de potasio en miligramos por gramo de sustancia grasa, se tendrá el número de saponificación.

3.3.8.- Índice de Yodo.

Por el número de yodo se entiende la cantidad de gramos de yodo que puede ser fijada por 100 gr. De una sustancia grasa, en determinadas condiciones. La determinación de esta constante se puede realizar según los métodos siguientes:

1. Método de Hanus.- Reactivos. Se necesitan los siguientes líquidos: solución de yodo, solución de yoduro de potasio, solución de almidón, solución de tiosulfato sódico y cloroformo.

Modo de Operar.- Se procede del siguiente modo. En una ampolla de vidrio delgado se pesa el aceite de prueba en examen, previamente deshidratada y filtrada, en cantidad de 0,1-0,2 g se pone la ampollita en un frasco de vidrio de medio litro con tapón esmerilado de cierre hermético, y sacudiendo el frasco con un golpe seco, manteniéndolo en posición inclinada, se rompe la ampolla. Se agregan 15 cm³ de la mezcla en volúmenes iguales de las dos soluciones de yodo y cloruro mercúrico, preparada unas cuarenta y ocho horas antes, procurando dejar caer la pipeta, una vez vacía, siempre el mismo número de gotas (por ejemplo, tres) en todos los ensayos que se practiquen. Agítese con cuidado, ciérrase el frasco y se guarda en un sitio oscuro y fresco (temperatura 15 -18°C) por unas cuatro o seis horas.

Transcurrido el tiempo, se introduce en el frasco 15- 20 cm³ de la solución de yoduro potásico, lavando con ella el tapón, cuello y paredes de la vasija; y a continuación unos 200 cm³ de agua destilada, con la que se prosigue el mismo lavado. Luego se valora el exceso de yodo con la solución de hiposulfito, dejándola caer por pequeñas porciones de una bureta, mientras se agita continuamente el contenido del frasco, hasta que el líquido acuoso y el cloroformo subyacente aparezcan sólo levemente coloreados por el yodo que tienen en disolución. En tal momento se agrega unos 5 cm³ de la solución de almidón y se prosigue la valoración, la cual se dará por terminada cuando una gota de hiposulfito determine la desaparición del último vestigio de color azul en el líquido.

Al mismo tiempo que se procede a la prueba con la sustancia grasa (operación que deberá hacerse siempre por duplicado), se verifican dos pruebas en blanco o testigo, en las mismas proporciones y en condiciones idénticas a las señaladas, pero sin sustancia grasa. Las valoraciones del yodo de las dos pruebas testigo se llevan a cabo antes y otra después de la valoración con la sustancia grasa, y se toma el promedio de los dos resultados como título de la solución de yodo.

A diferencia entre la cantidad media de hiposulfito consumido en las dos pruebas testigo, y la media consumida en dos pruebas con la grasa, referida a la correspondiente cantidad de yodo, absorbido por la grasa sometida al ensayo, de la cual se deduce luego el tanto por ciento de yodo absorbido por la misa grasa, es decir el número de yodo.

3.3.9.- Determinación de los ácidos grasos.

Se saponifican del modo habitual 20 g de sustancia grasa; el jabón se disuelve en agua y se neutraliza con ácido acético, sirviendo como indicador algunas gotas de solución de fenolftaleína. Entre tanto, en un matraz cónico, se pone a hervir 300cm³ de una solución acuosa de acetato neutro de plomo al 7 por 100 y, sobre el líquido plúmbeo se mantiene en continua agitación, hecho esto se sumerge en un matraz en agua fría, manteniéndolo en ella, sin dejar de agitar, unos diez minutos, con lo que el jabón de plomo se pega a fondo y las paredes del matraz, y el líquido queda limpio. Decántese el líquido, y se lava el jabón por tres veces con 200 cm³ de agua caliente (a 70- 80°C) cada vez; se deja escurrir toda el agua, se enfría bien, quitando, con un papel, las gruesas gotas de agua que han quedado adheridas al jabón, y se vierten en el matraz 220 cm³ de éter. Habiendo agitado bien, se enlaza el matraz a un refrigerante de reflujo y se calienta a suave ebullición, en baño María, por veinte minutos, agitando de vez en cuando. Se sumerge el matraz en agua fría, a 4.5°C, por dos horas. Se filtra el éter limpio a través de un filtro, recogiendo el filtrado en un embudo separador, procurando dejar caer al filtro la menor cantidad posible de jabón sin disolver se vierte en el matraz otros 100 cm³ de éter, repítase el caldeo, con refrigerante de reflujo, por veinte minutos, y luego se tapa el matraz y se deja aparte sumergido en agua fría.

Entre tanto se lava el filtro con un poco de éter muy frío, que se deja caer en el embudo separador para unirlo al líquido etéreo ya filtrado; se deja aparte el filtro bien tapado, y al líquido etéreo contenido en el embudo separador se agrega 150 cm³ de ácido clorhídrico al 20 %, para descomponer el jabón plúmbico de los ácidos líquidos. Agítese fuertemente, y se deja en reposo.

Cuando el éter se ha acumulado en la superficie en forma de un extracto acuoso subyacente, junto con el cloruro de plomo que se precipita. Repítase el mismo tratamiento de ácido clorhídrico, y luego se lava por tres veces la solución etérea con agua destilada (150 cm³ cada vez). Por fin se destila la mayor parte del éter y se expulsan las últimas porciones, calentando en baño de María mientras se hace pasar una corriente de anhídrido carbónico. Los ácidos grasos líquidos así obtenidos se pesan y se refieren a 100 gr de la sustancia en examen. El jabón plúmbico de los ácidos grasos sólidos, que han quedado sin disolver en el matraz que se ha dejado sumergido en agua fría, se recoge en filtro que se dejó aparte como se ha dicho; lávese bien con éter muy frío y luego se hace caer en un embudo separador, donde se agita con éter y ácido clorhídrico, del mismo modo que se ha hecho para separar los ácidos líquidos.

La solución etérea de los ácidos grasos sólidos se destilan; el residuo se deseca en estufa a 100°C y se pesa, para mayor exactitud, se puede agregar al peso hallando la cantidad de ácidos sólidos (esteárico y palmítico) correspondiente a la porción de su jabón de plomo que se ha disuelto en el éter sabiendo que 50 cm³ de éter anhidro, a la temperatura ordinaria, disuelven 0,0074 g de estearato y 0,0092 g de palmitato de plomo, correspondiente a 0,0054 g de ácido esteárico y a 0,0065 g de ácido palmítico. Los ácidos sólidos así separados se pueden aprovechar después para otras investigaciones, por ejemplo de los ácidos aráquico y lignocerínico.

Reacciones Cromáticas

1. Reacción de Heydenreich.- En una cápsula de porcelana de fondo plano se vierte unos 5 cm^3 de ácido sulfúrico purísimo de 66°Be , y sobre él se deja caer, por medio de una pipeta, 5 a 6 gotas del aceite. Al poco tiempo las gotas de aceite se esparcen en la superficie del ácido, y al cabo de unos 3 minutos forma una capa delgadísima. Hay que observar la coloración que se produce en este tiempo en la zona de contacto entre el aceite y el ácido.
2. Reacción de Hauchecorne.- Agítese fuertemente en un tubo de ensayo 6 cm^3 de aceite, con 2 cm^3 de ácido nítrico (preparado con tres volúmenes de ácido nítrico purísimo de 40°Be y un volumen de agua). Observarse la coloración que toma el aceite agitado con el ácido por unos 2 minutos, y luego la coloración del mismo aceite después de haber mantenido la mezcla por 20 minutos en un baño de agua hirviente.
3. Reacción de Brullé.- En un tubo de ensayo se vierte 10 cm^3 de aceite, 0,1 g de albúmina de huevo seco, en polvo finísimo, y 2 cm de ácido nítrico purísimo preparado como para la reacción de Hauchecorne, caliéntese cuidadosamente el conjunto de un modo uniforme, hasta que el ácido comienza a hervir, y entonces se agita un poco, y se sigue calentando hasta que la albúmina se haya disuelto completamente lo cual se consigue en pocos segundos.
4. Reacción de Belleir.- En una probeta de vidrio graduada y con tapón esmerilado, se introduce 5 cm^3 de aceite filtrado 5 cm^3 de ácido nítrico puro, incoloro, de $D = 1.4$ y 5 cm^3 de una solución saturada en frío de resorcina en el benzol, y se agita durante 10 segundos, observando el color que toma la mezcla durante la agitación, y enseguida después de ella, es decir antes de transcurrir de 10 a 15 segundos. En lugar de la solución benzólica de resorcina se puede emplear una solución etérea al 1 por 1000 de floroglucina (KREIS).

CAPITULO IV

TRATAMIENTO DE DATOS EXPERIMENTALES

4. 1. Resultados Obtenidos

En los siguientes cuadros se pueden apreciar los resultados obtenidos en el análisis físico y químicos del tratamiento térmico de los aceites comestibles y que son la densidad, Índice de refracción, Viscosidad, índices de acidez, Índice de Iodo, Índice de saponificación, Índice de peróxidos

4.1.1. De las propiedades físicas del aceite tratado térmicamente.

Cuadro N° 02
Densidad de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.82	0.91	0.90
	0.82	0.92	0.91
	0.83	0.91	0.91
	0.83	0.92	0.89
	0.82	0.91	0.91
125	0.91	0.92	0.93
	0.92	0.93	0.94
	0.90	0.94	0.95
	0.90	0.93	0.94
	0.91	0.92	0.95
150	0.92	0.94	0.95
	0.94	0.95	0.94
	0.93	0.94	0.94
	0.93	0.95	0.95
	0.94	0.95	0.95
175	0.92	0.94	0.94
	0.93	0.95	0.95
	0.93	0.95	0.95
	0.94	0.94	0.94
	0.93	0.94	0.95
200	0.93	0.95	0.95
	0.92	0.94	0.94
	0.94	0.94	0.96
	0.93	0.94	0.95
	0.93	0.95	0.94

Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 03**Índice de Refracción de los aceites tratados térmicamente**

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	1.45	1.45	1.42
	1.44	1.46	1.43
	1.45	1.46	1.43
	1.44	1.45	1.42
	1.44	1.45	1.42
125	1.46	1.46	1.43
	1.47	1.47	1.44
	1.47	1.47	1.44
	1.46	1.48	1.43
	1.46	1.48	1.44
150	1.46	1.48	1.44
	1.46	1.49	1.43
	1.47	1.49	1.44
	1.47	1.48	1.43
	1.47	1.48	1.44
175	1.47	1.48	1.43
	1.48	1.48	1.44
	1.47	1.48	1.44
	1.48	1.47	1.45
	1.48	1.47	1.43
200	1.48	1.48	1.44
	1.49	1.49	1.45
	1.49	1.49	1.44
	1.48	1.48	1.44
	1.48	1.49	1.43

Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 04
Viscosidad de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	50.09	57.68	71.45
	50.34	57.55	71.46
	50.44	57.88	71.51
	50.34	57.65	71.51
	50.29	57.73	71.55
125	50.64	58.12	72.16
	50.63	58.13	72.18
	50.65	58.15	72.16
	50.62	58.12	72.19
	50.65	58.16	72.17
150	51.42	58.34	72.62
	51.44	58.33	72.63
	51.43	58.36	72.65
	51.42	58.35	72.64
	51.44	58.34	72.66
175	51.87	58.66	72.86
	51.86	58.67	72.87
	51.89	58.68	72.86
	51.87	58.65	72.85
	51.90	58.68	72.85
200	52.51	58.89	73.12
	52.53	58.87	73.15
	52.54	58.86	73.14
	52.53	58.87	73.15
	52.53	58.85	73.16

Fuente: Elaborado por las autoras

4.1.2. De las propiedades Químicas del aceite tratado térmicamente.

Cuadro N° 05

Acidez de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	2.61	3.19	2.72
	2.62	3.17	2.73
	2.63	3.16	2.73
	2.64	3.16	2.73
	2.63	3.18	2.72
125	2.44	3.22	2.74
	2.43	3.23	2.75
	2.43	3.24	2.74
	2.45	3.23	2.75
	2.46	3.24	2.76
150	2.32	3.35	2.82
	2.34	3.34	2.81
	2.32	3.36	2.83
	2.35	3.36	2.82
	2.35	3.37	2.83
175	2.25	3.45	2.87
	2.23	3.46	2.88
	2.25	3.45	2.89
	2.24	3.47	2.84
	2.25	3.46	2.83
200	2.15	3.52	2.89
	2.14	3.54	2.87
	2.13	3.55	2.88
	2.14	3.54	2.87
	2.17	3.53	2.88

Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 06
Índice de Iodo de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	112.01	122.16	75.10
	113.11	122.17	75.12
	113.13	122.18	75.12
	114.21	122.18	75.10
	112.34	122.19	75.13
125	113.43	123.44	76.03
	113.43	123.43	76.04
	113.45	123.45	76.05
	113.44	123.46	76.03
	113.45	123.42	76.05
150	118.32	124.54	77.23
	118.33	124.55	77.24
	118.34	124.57	77.23
	118.35	124.54	77.24
	118.36	124.55	77.25
175	120.56	125.62	78.18
	120.57	125.65	78.19
	120.56	125.64	78.20
	120.55	125.66	78.18
	120.58	125.64	78.17
200	128.33	127.17	79.24
	128.34	127.18	79.23
	128.35	127.19	79.25
	128.34	127.18	79.22
	128.33	127.17	79.23

Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 07

Índice de Saponificación de los aceites tratados Térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	179.14	186.24	184.26
	179.15	186.25	184.27
	179.14	186.26	184.28
	179.16	186.24	184.29
	179.17	186.26	184.27
125	181.06	186.71	184.75
	181.07	186.72	184.76
	181.07	186.73	184.77
	181.06	186.73	184.75
	181.06	186.74	184.76
150	183.32	187.55	185.17
	183.33	187.56	185.18
	183.34	187.57	185.16
	183.35	187.55	185.17
	183.36	187.54	185.19
175	186.44	188.16	185.87
	186.45	188.17	185.88
	186.43	188.18	185.89
	186.44	188.17	185.87
	186.46	188.18	185.89
200	186.44	188.86	186.34
	186.45	188.87	186.35
	186.93	188.88	186.36
	186.94	188.87	186.35
	186.96	188.88	186.35

Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 08

Índice de Peróxidos de los aceites tratados Térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	1.31	4.12	3.01
	1.32	4.13	3.02
	1.33	4.12	3.03
	1.32	4.14	3.03
	1.32	4.14	3.04
125	1.35	4.32	3.31
	1.36	4.32	3.32
	1.37	4.33	3.33
	1.36	4.34	3.303
	1.37	4.35	3.34
150	1.41	4.67	3.51
	1.42	4.67	3.52
	1.42	4.66	3.53
	1.43	4.68	3.53
	1.44	4.69	3.54
175	1.52	5.33	3.71
	1.53	5.34	3.72
	1.53	5.34	3.73
	1.54	5.35	3.73
	1.55	5.36	3.74
200	1.58	5.84	3.91
	1.57	5.85	3.92
	1.57	5.84	3.93
	1.56	5.86	3.93
	1.59	5.82	3.94

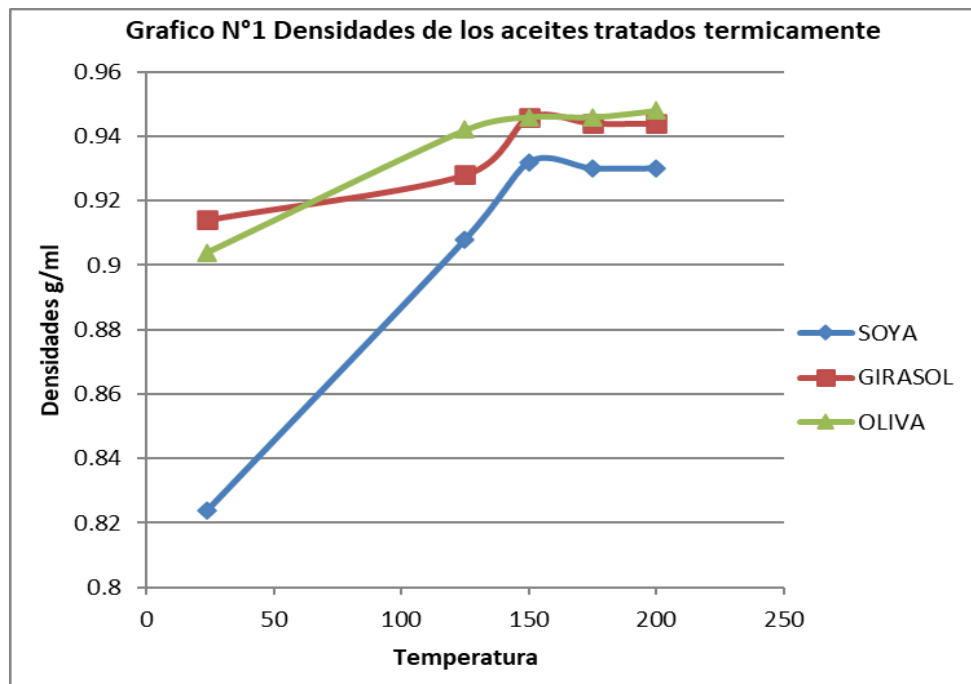
Fuente: Elaborado por las autoras

Cuadro N° 09

Densidad promedio de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.824 0.00489898	0.914 0.00489898	0.904 0.008
125	0.908 0.00748331	0.928 0.00748331	0.942 0.00748331
150	0.932 0.00748331	0.946 0.00489898	0.946 0.00489898
175	0.93 0.00632456	0.944 0.00489898	0.946 0.00489898
200	0.93 0.00632456	0.944 0.00489898	0.948 0.00748331

Fuente: Elaborado por las autoras

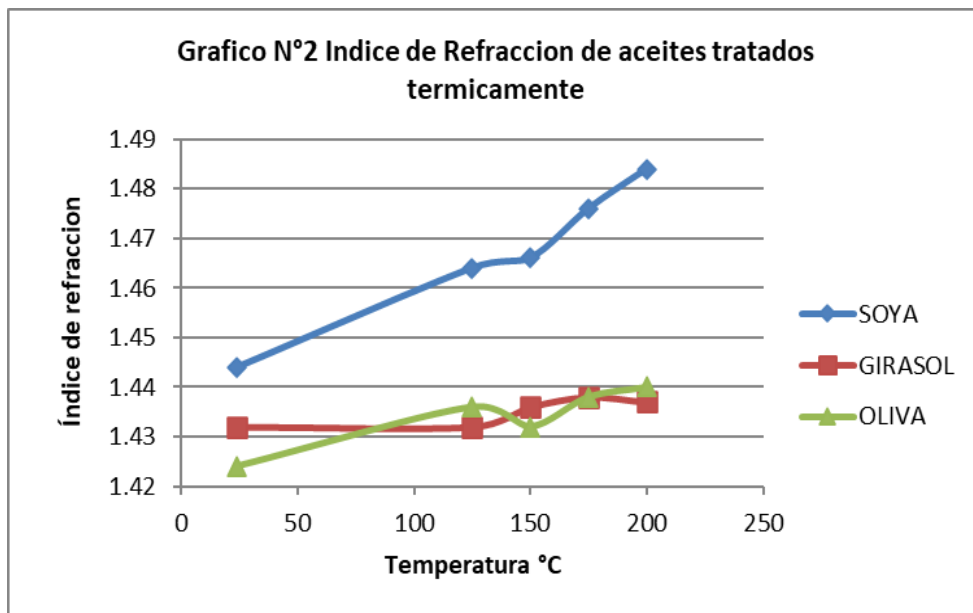


Cuadro N° 10

Índice de Refracción promedio de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	1.444 0.00489898	1.454 0.00489898	1.424 0.00489898
125	1.464 0.00489898	1.472 0.00748331	1.436 0.00489898
150	1.466 0.00489898	1.436 0.00489898	1.432 0.00748331
175	1.476 0.00489898	1.438 0.00748331	1.438 0.00748331
200	1.484 0.00489898	1.486 0.00489898	1.44 0.00632456

Fuente: Elaborado por las autoras

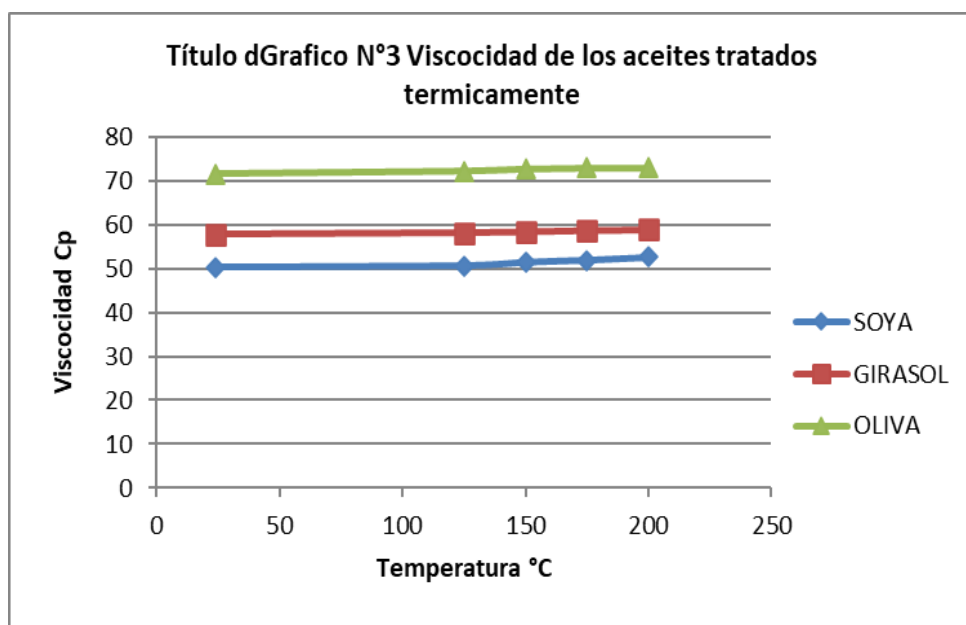


Cuadro N° 11

Viscosidad promedio de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	50.3 0.11575837	57.698 0.10833282	71.496 0.03666061
125	50.638 0.0116619	58.136 0.01624808	72.172 0.0116619
150	51.43 0.00894427	58.344 0.01019804	72.64 0.01414214
175	51.878 0.01469694	58.668 0.0116619	72.858 0.00748331
200	52.5275 0.01089725	58.868 0.0132665	73.14 0.01224745

Fuente: Elaborado por las autoras

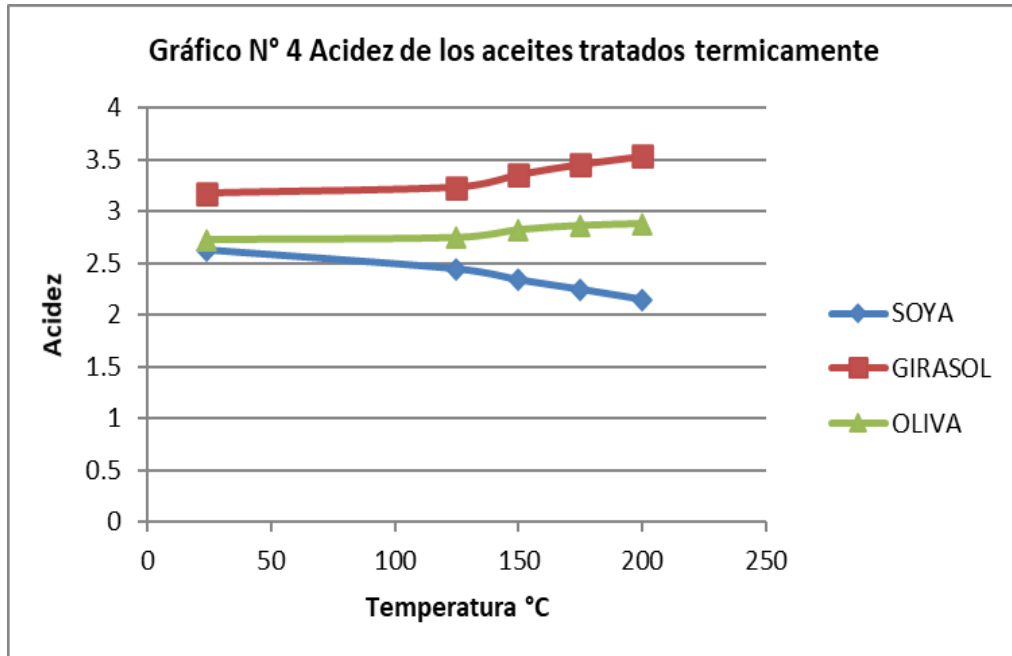


Cuadro N° 12

Acidez promedios de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.01019804 2.626	0.0116619 3.172	0.00489898 2.726
125	0.0116619 2.442	0.00748331 3.232	0.00748331 2.748
150	0.01356466 2.336	0.01019804 3.356	0.00748331 2.822
175	0.008 2.244	0.00748331 3.458	0.02315167 2.862
200	0.01356466 2.146	0.01019804 3.536	0.00748331 2.878

Fuente: Elaborado por las autoras

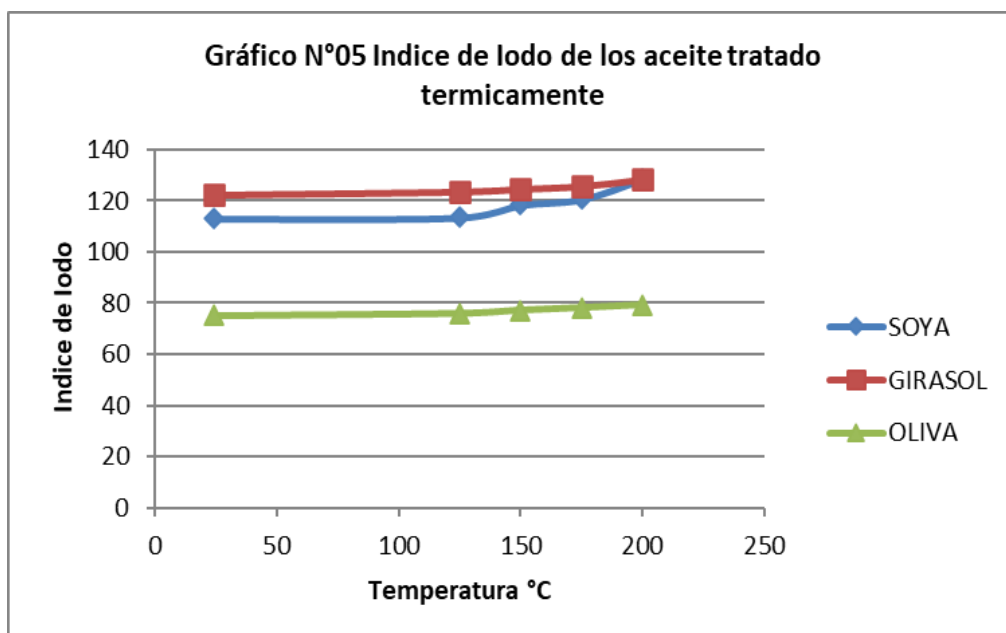


Cuadro N° 13

Índice de Iodo promedios de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.76168235 112.96	0.01019804 122.176	0.012 75.114
125	0.00894427 113.44	0.01414214 123.44	0.00894427 76.04
150	0.01414214 118.34	0.01095445 124.55	0.00748331 77.238
175	0.01019804 120.564	0.0132665 125.642	0.01019804 78.184
200	0.00748331 128.338	0.00748331 128.338	0.01019804 79.234

Fuente: Elaborado por las autoras

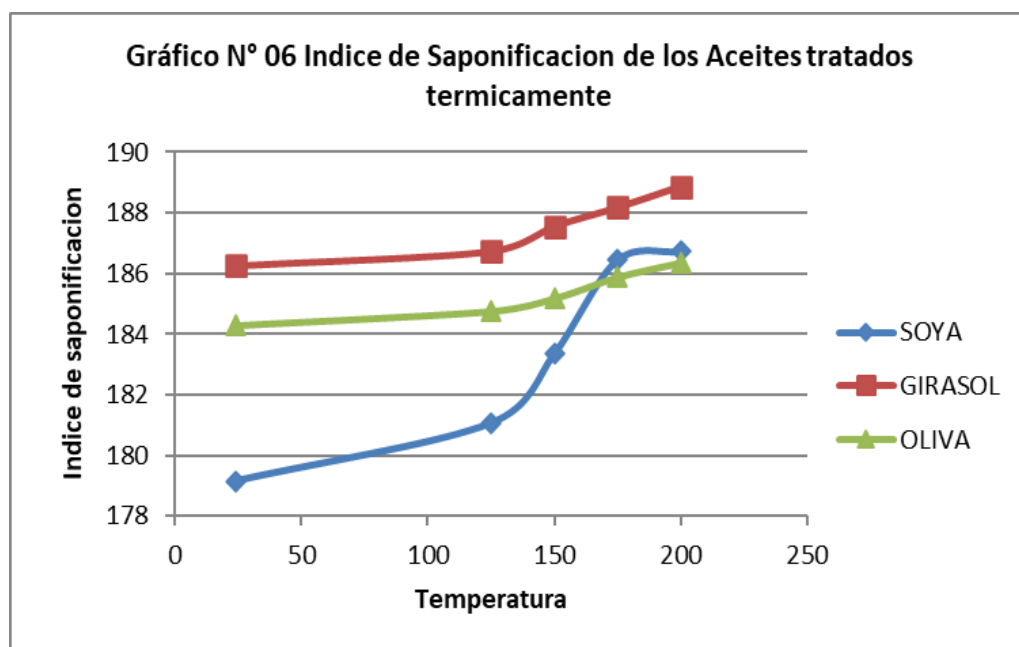


Cuadro N° 14

Índice de Saponificación promedio de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	179.152 0.0116619	186.25 0.00894427	184.29 0.01019804
125	181.064 0.00489898	186.726 0.01019804	184.758 0.00748331
150	183.34 0.01414214	187.554 0.01019804	185.174 0.01019804
175	186.444 0.01019804	188.172 0.00748331	185.877483 0.00894427
200	186.744 0.24434402	188.87 0.00707107	186.35 0.00632456

Fuente: Elaborado por las autoras

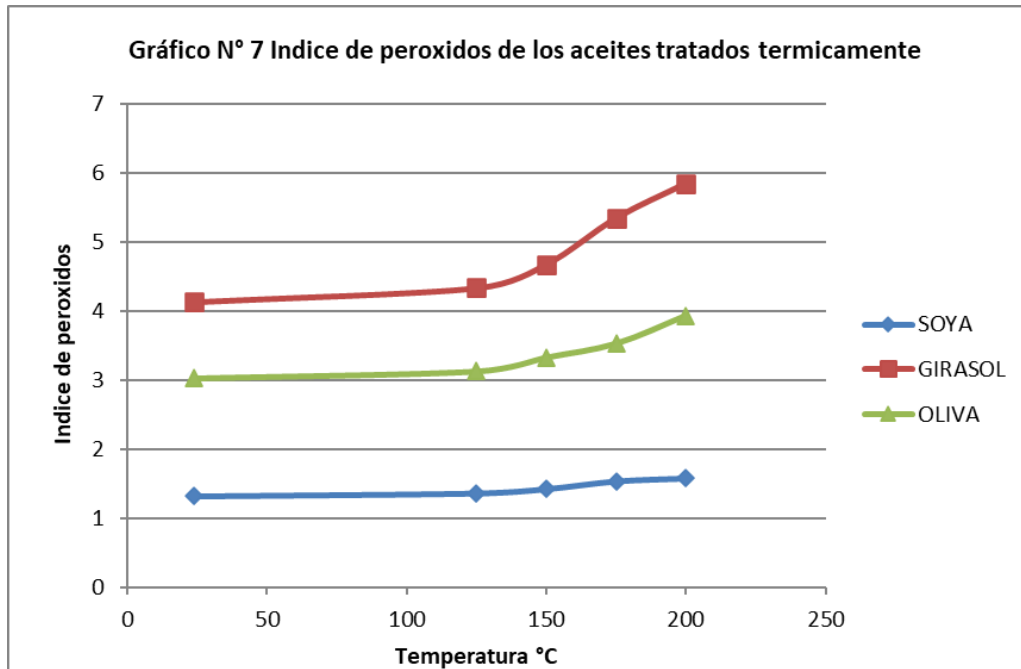


Cuadro N° 15

Índice de Peróxidos promedio de los aceites tratados térmicamente y su desviación estándar

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.00632456	4.13	3.026
	1.32	0.00894427	0.01019804
125	1.362	4.332	3.123
	0.00748331	0.0116619	0.00125519
150	1.424	4.674	3.326
	0.01019804	0.01019804	0.01019804
175	1.534	5.344	3.526
	0.01019804	0.01019804	0.01019804
200	0.01019804	5.842	3.926
	1.574	0.0132665	0.01019804

Fuente: Elaborado por las autoras



4.2.- Interpretación y Discusión de los Resultados

4.2.1.- De las Propiedades Físicas

De la densidad

En el cuadro N° 09 se puede apreciar los valores promedios de las densidades de los diferentes aceites sometidos al tratamiento térmico a diferentes temperaturas.

Se ha trabajado con aceites de soya cuyo valor inicial es de 0.824 g/ml, ya l realizársele el tratamiento calórico este aumento, de igual forma tanto en el aceite de girasol y el de oliva sufrieron un aumento en sus valores de la densidad debido a la formación de ciertos polímeros que le confieren mayor peso.

Índice de Refracción

En el Cuadro N° 10 se puede apreciar el Índice de Refracción promedio de los aceites con tratamiento térmico.

El índice de refracción del Aceite de Soya, Girasol y de oliva se encuentra dentro de los límites establecido ya que este valor (promedio) es de 1.475, mientras que el valor estándar es 1.472-1474, aunque el valor es muy cercano al límite superior ya que la diferencia es de 0.001

Viscosidad

En el Cuadro N° 11 se puede observar la viscosidad promedio de los aceites tratados térmicamente, notándose claramente que hay un incremento de esta propiedad desde 50.3 cp hasta 52.52 cp para el aceite de soya.

En tanto para el aceite de Girasol hay una pequeña variación desde 57.698 cp hasta 58.868 cp.

Por otra parte en el aceite de oliva también se ha determinado un ligero incremento desde 71.496 cp hasta 73.14 cp

4.2.2.- De las Propiedades Químicas

Cambios en la acidez.

En el cuadro N° 12 se puede apreciar los promedios del aceite tratado térmicamente, desde 24° C hasta 200 °C , es así que el aceite de soya oscila entre 2.626 hasta un valor de 2.146 de acidez, notándose un decremento de estos valores, debido a las reacciones químicas ocurridas durante el calentamiento.

El tratamiento en el aceite de Girasol sus valores varían entre 3.172 y 3.536 grado de acidez.

Finalmente en el aceite de oliva al someterse al tratamiento térmico su acidez es más pequeña en su variación desde 2.726

Como puede observarse, en los aceites que presentaron inicialmente valores de Acidez relativamente bajos, los tratamientos térmicos no produjeron cambios significativos en dicho parámetro, esta tendencia también ha sido observada por otros autores, los cuales estudiaron la estabilidad del aceite cuando este es tratado a diferentes tiempos de calentamiento.

Índice de Iodo

En el cuadro N° 13 se puede observar los valores promedios del Índice de Iodo de los aceites tratados térmicamente cuyos valores están dentro de los establecidos por el codex alimentarios.

El Índice de iodo es una propiedad química relacionada con la insaturación, con el Índice de Refracción y con la densidad: (a mayor Índice de yodo, mayor Índice de refracción y mayor densidad).

Índice de Saponificación

En el Cuadro N° 14 se puede observar los valores promedios de los aceites tratados térmicamente desde 24 °C hasta 200°C, observándose que los valores están dentro del rango establecidos en la literatura.

Cambios en el Índice de peróxidos (IP).

En el cuadro N° 15 se aprecia los valores promedios del Índice de Peróxido de los aceites tratados térmicamente

Para los aceites antes de realizar los tratamientos objeto de estudio, se enmarcan dentro de la categoría de aceite comestibles. En el caso del aceite de soya se observa una ligera disminución en los valores, de IP a medida que se aplican los diferentes tratamientos térmicos.

Este aumento, en general, del valor del IP puede relacionarse con el calentamiento rápido debido al tratamiento térmico, expuesto en este estudio, haciendo que disminuya la disponibilidad de oxígeno disuelto y desplazando el equilibrio de reacción de oxidación hacia la formación de compuestos secundarios de oxidación.

En la literatura se encuentran resultados contradictorios a cerca de la evolución del IP en aceites tratados térmicamente. Además se observó un pequeño incremento en el valor de IP para aceite de oliva, girasol y Soya virgen extra después de un calentamiento 150°C durante 120 min, mientras que disminuye el IP en un aceite de oliva.

Conclusiones

Se ha determinado los Cambios fisicoquímicos del aceite comestible por tratamiento térmico.

Se ha determinado las propiedades físicas como la densidad, índice de refracción y de la viscosidad.

Densidad promedio de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	0.824	0.914	0.904
125	0.908	0.928	0.942
150	0.932	0.946	0.946
175	0.93	0.944	0.946
200	0.93	0.944	0.948

Índice de Refracción promedio de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	1.444	1.454	1.424
125	1.464	1.472	1.436
150	1.466	1.436	1.432
175	1.476	1.438	1.438
200	1.484	1.486	1.44

Viscosidad promedio de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	50.3	57.698	71.496
125	50.638	58.136	72.172
150	51.43	58.344	72.64
175	51.878	58.668	72.858
200	52.5275	58.868	73.14

Se ha determinado las propiedades químicas más importantes como son- la acidez, el índice de Iodo, índice de saponificación, el índice de peróxidos.

Acidez promedios de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	2.626	3.172	2.726
125	2.442	3.232	2.748
150	2.336	3.356	2.822
175	2.244	3.458	2.862
200	2.146	3.536	2.878

Índice de Iodo promedios de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	112.96	122.176	75.114
125	113.44	123.44	76.04
150	118.34	124.55	77.238
175	120.564	125.642	78.184
200	128.338	128.338	79.234

Índice de Saponificación promedio de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	179.152	186.25	184.29
125	181.064	186.726	184.758
150	183.34	187.554	185.174
175	186.444	188.172	185.877483
200	186.744	188.87	186.35

Índice de Peróxidos promedio de los aceites tratados térmicamente

Temperatura °C	Muestras		
	Soya	Girasol	Oliva
24	1.32	4.13	3.026
125	1.362	4.332	3.123
150	1.424	4.674	3.326
175	1.534	5.344	3.526
200	1.574	5.842	3.926

Recomendaciones

Se recomienda implementar y equipar los laboratorios con equipos y reactivos para realizar mejores determinaciones analíticas en investigaciones sobre aceites comestibles, en nuestra Facultad.

Referencias

- A., B. (1961). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona: Reverte.
- Adrian J, P. J. (2000). *Análisis nutricional de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Alvarado J, A. J. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de*. Zaragoza: Acribia.
- Arrubia V, J. P., Londoño G, C., & Toro S, A. C. (2008). Estudio de la estabilidad termina del aceite de crisalida del gusano de seda *Bombix mori* linn. *Scientia ET Technica*, 2(39), 410-415. doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.3259>
- Astiasarán I, M. H. (2003). *Alimentos composición y propiedades*. Madrid: Mc Graw Hill-Interamericana.
- Bailey, A. (1961). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona: Reverte.
- Bernardini, E. (1986). *Tecnología de aceites y grasas*. Madrid: Alhambra.
- Fernández Cedi, L. d. (sf). *Deterioro de aceite de Soya y Oleina de Palma durante el freido de papas a la francesa*.
- Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. Madrid: Panamericana.
- Kirschenbauer, H. G. (1964). *Grasas y Aceites, Química y Tecnología*. Distrito Federal: Continental.
- Lawson, H. (1999). *Aceites y grasas alimentarios, tecnología, utilización y nutrición*. Zaragoza: Acribia.
- Lewis, M. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Zaragoza: Acribia.
- Maier, H. (1981). *Métodos modernos de análisis de alimentos* (Vol. Tomo I). Zaragoza: Acribia. Recuperado el 05 de 03 de 2021

- Mehlenbacher, V. (1979). *Análisis de grasas y Aceites*. Bilbao: URMO.
- Moreno, A. (2016). *Obtención de aceites de Oliva Refinados*. Paraninfo.
- Novellas, F. (2011). *Falsificaciones y Alteraciones de los Productos Industriales y*. Valladolid: Maxtor.
- Ojeda Gonzáles, R. C. (2014). *Obtención de Aceites de Oliva*. IC.
- Ortuño, M. (2005). *La Cara Oculta de Alimentos y Cosméticos*. Aiyana.
- Ortuño, M. (2006). *Manual Práctico de aceites esenciales, Aromas y perfumes*. España: Aiyana.
- Perez Romero, L. F. (2008). *Evaluación de cuatro temperaturas de prensado en la calidad del aceite virgen de Sacha Inchi(Plukenetia volubilis L)*. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias, Satipo. Recuperado el 05 de 03 de 2021, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2634>
- Robert, P. M. (2001). *Fritura industrial de patatas críps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento*. .
- Rojas Ramos, K. M. (2019). *Obtención y extracción de aceites vegetales*. Monografía, Universidad Nacional de Educación- Enrique Guzmán y Valle, Escuela Profesional de Industria Alimentaria y Nutrición, Lima. Recuperado el 05 de 03 de 2021, de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3861/MONOGRAF%c3%8dA%20-%20ROJAS%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- V., M. (1961). *Análisis de grasas y aceites*. Bilbao: Urmo.
- Valenzuela, A. S. (2003). Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites. *Revista A&G*, 13(4), 568-573.
- Wikipedia. (05 de 03 de 2021). *Wikipedia La Enciclopedia Libre*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite>

Anexos



Equipos para las determinaciones analíticas



Determinación del Índice de refracción usando el refractómetro



Determinación del índice de saponificación



Determinación del Índice de Peróxidos



Las autoras en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química y Petroquímica