

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS



**“EVALUACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DEL ACEITE OLEÍNA DE PALMA AL
ELABORAR SNACKS”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL
SUR OCCIDENTE –CUNSUROC-

POR:

T.U. LUIS ENRIQUE IMERI ORDOÑEZ
CARNÉ 201043157

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, JULIO 2016

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador académico

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edín Anibal Ortíz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ph.D. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Jorge Ruben Sosof Vásquez

Coordinador Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Celso Gonzales Morales

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA CUNSUROC

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera Periodística Profesional y Licenciatura en Ciencias de la comunicación.

MSc. Paola Marisol Rabanales

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario del Suroccidente

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

Rector

Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

MSc. Mirna Ninenth Hernández Palma

Directora Interina

Representante de Profesores

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Representante Graduado del Cunsuroc

Lic. Ángel Estuardo López

Vocal

Representantes Estudiantiles

TS. Elisa Raquel Martínez

Vocal

Br. Irrael Esduardo Arriaza

Vocal

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Por ser mi guía y mi fortaleza durante toda mi vida.
A LA VIRGEN MARÍA	Por ser mi intercesora todo el tiempo.
A MIS PADRES	Por apoyo, amor y consejos no sería el hombre y profesional que soy ahora. Este sueño cumplido es para ustedes.
A MI FAMILIA	Por brindarme su apoyo y su cariño durante toda mi vida. En especial a mi Abuelito papa Quique (Q.E.P.D).
A MIS AMIGOS	Quienes estuvieron allí para apoyarme y animarme durante este proceso, al Ingeniero Gustavo Solá por compartir y alimentarme de la palabra Divina.
A LA UNIVERSIDAD	Mi gloriosa alma mater que durante estos años me brindó el conocimiento, las destrezas y formación para desarrollarme como profesional.
A FRITO LAY Y CÍA. LTDA	Quien me abrió las puertas y me brindó la oportunidad para ejercer como profesional. En especial al Ingeniero Gerardo Ordoñez y a sus compañeros de trabajo por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS	Por ser mi guía y mi fortaleza durante toda mi vida.
A LA VIRGEN MARÍA	Por ser mi intercesora todo el tiempo.
A MIS PADRES	Por apoyo, amor y consejos no sería el hombre y profesional que soy ahora. Este sueño cumplido es para ustedes.
A MI FAMILIA	Por brindarme su apoyo y su cariño durante toda mi vida. Mis hermanos, Fernando y Flory que hemos compartido siempre. A mis abuelitas Mamá Blanqui y Mamá Norma. Tíos Quique, Paty, Colo, Chichi y Toto. Ya que todos forman parte de este triunfo.
A MI NOVIA	Quien durante estos dos años ha estado allí para apoyarme y animarme siempre. Así como a su familia.
A MIS AMIGOS	Quienes estuvieron allí para apoyarme y animarme durante este proceso, especialmente a Jairo García, Lourdes Guevara y Ricardo de León.
A LOS DOCENTES	A todos los profesionales con los cuales conviví por compartir sus conocimientos. En especial al Ing. Ángel Solórzano, Doctor PhD. Marco Del Cid. Msc. Astrid Argueta. Msc. Qco. Aldo de León. Por su paciencia y consejos compartidos.

ÍNDICE

1. RESUMEN	I
2. ABSTRACT	II
3. INTRODUCCIÓN.....	III
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	V
5. JUSTIFICACIÓN.....	VII
6. OBJETIVOS.....	IX
6.1 Objetivo general.....	IX
6.2 Objetivos específicos	IX
7. HIPÓTESIS.....	X
8. MARCO TEÓRICO.....	1
8.1. Aceites y grasas	1
8.2. Oleína de palma	4
8.3 Fritura	5
8.4. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de fritura de maíz.....	6
8.5. Descripción del proceso de fritura, producto a base de maíz.	7
8.6. Química de la fritura	9
8.6.2 Reacciones de degradación del aceite	10
8.7 Análisis de regresión	12
9. MARCO OPERATIVO	14
9.1 Materiales utilizados para las actividades previas al muestreo	14
9.2 Etapas previas al muestreo	14
9.3 Muestreo	18
9.4 Métodos	20
9.5 Recursos	22
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
15. CONCLUSIONES.....	34
16. RECOMENDACIONES	35
17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
18. ANEXOS	39
19. APÉNDICES	45
20. GLOSARIO	50

ÍNDICE DE TABLAS

1. Densidades del aceite respecto a la temperatura.....	32
2. Cuantificación de aceite nivel normal a bajo.....	32
3. Cuantificación de aceite nivel bajo a vacío total en freidora.....	33
4. Dimensiones tanque A.....	34
5. Dimensiones tanque B.....	34
6. Formato de inicio de proceso de aceite después de un lavado.	36
7. Resumen obtenido de los ácidos grasos libres obtenidos de las muestras de aceite del freidor y aceite reutilizado. Como el volumen del aceite reutilizado adicionado por cada corrida.....	38
8. Matriz general y matriz inversa del sistema de ecuaciones.....	39
9. Los valores de las incógnitas a, b, c y d encontrados, por un sistema de ecuaciones y ecuación de Yc.....	39 y 40
10. Matriz de dosificación de aceite.....	41
11. Ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza.....	39
12. Composición de ácidos grasos de aceites y grasas.....	40
13. Características físico-químicas del aceite oleína de palma.....	41
14. Datos obtenidos de los ácidos grasos libres obtenidos de las muestras de aceite del freidor y aceite reutilizado. Como el volumen del aceite reutilizado adicionado por cada corrida.....	47
15. Datos de operación.....	49

1. RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo principal de evaluar la reutilización del aceite oleína de palma, en una línea de proceso para la elaboración de snacks, de una planta de frituras en la ciudad de Guatemala. Los ácidos grasos libres (acidez) del aceite es la característica de vida de anaquel, en el uso del aceite de fritura, ya que representa la degradación.

Utilizar solo aceite nuevo en el proceso de freído, representa para la empresa un elevado costo financiero. Existe además una gran cantidad de aceite de descarte, con un índice de acidez en un rango entre (0,20–0,60), En la actualidad éste aceite reutilizado no se utiliza para el inicio de proceso por tal motivo es importante realizar balance de materiales para utilizar dicho aceite reutilizado después del lavado de equipo.

El aceite de descarte proveniente de varias líneas, es utilizado en cantidades mínimas, como insumo en forma alternada con aceite nuevo, para mantener el nivel de aceite en la freidora y los parámetros de calidad, sin embargo no se conocían las cantidades exactas a adicionar de aceite proveniente de otras líneas de proceso, por ende no se realizaba una dosificación constante de tal aceite y no se optimizaba éste recurso. Con esta forma de adición (realizando una matriz de dosificación de aceite reutilizado de diferente porcentaje de ácidos grasos libres), se reduce el consumo de aceite nuevo, ya que facilita la operación de adición de aceite reutilizado. La matriz se realiza por medio de un análisis de regresión por ajuste de mínimos cuadrados. Las cantidades calculadas a adicionar al freidor de aceite reutilizado en la matriz, no muestran diferencia estadísticamente significativa, con respecto a la adición real, logrando para ello mejorar el rendimiento del aceite reutilizado.

Se recomienda que cuando la mezcla llegue al límite máximo manejado por el operador de 0.35 de acidez, se dosifique por un lapso de tiempo prolongado aceite nuevo, y así disminuir la acidez del aceite para luego utilizar la matriz de dosificación de aceite reutilizado.

2. ABSTRACT

This investigation work was made with the principal object to improve the reuse of palm oleina oil, in one line of process for the making of snacks, of an industry of fritters in Guatemala City. The free fatty acids of the oil is the characteristic of shelf life, in the use of fritters oil, it represents the degradation.

Only use the new oil during the frying period represents for the industry one high financial cost, also a lot of discard oil, with an index of acidity in the range between (0, 20-0, 60). Actually this reuse oil is not used for the starting process because is important to make material balance to use that reused oil after washing equipment.

The discard oil comes from many lines and is used in minimum quantities like alternately supplies with new oil to keep the oil level on the fryer and quality parameters, nevertheless the exact amounts to add oil from others line process where unknown therefore not a constant dosage of such oil was made and not this resource was optimized. With this addition form, is reduced the consumption of the new oil so profits are improved similarly optimize the use of discard oil. The adding calculated amounts to fryer oil reused in the matrix, doesn't show any statistically significant Difference, according to the actual addition, achieving to improve the performance of the reused oil.

It is recommended that when the mixture came to the maximum limit managed by the operator of 0.35 of acidity, the period of time dragged on the new oil will be dosage, and then decrease the acidity of the oil for then use the dosage matrix of reused oil.

3. INTRODUCCIÓN.

Una fritura o snacks es un alimento elaborado a base de papa, trigo, sémola de maíz y endospermo de maíz, es llamado así, por el proceso o función que cumple el aceite como transporte de calor por medio de la inmersión al alimento. Esta investigación se desarrolló en una empresa dedicada a la producción de frituras de maíz, localizada en la Ciudad de Guatemala.

En la industria de frituras, la materia prima de mayor valor es el condimento, posteriormente el aceite por el alto costo. En la actualidad se utiliza aceite de descarte en cantidades mínimas debido al elevado porcentaje de ácidos grasos libres que contiene. Utilizándose una mayor cantidad de aceite nuevo debido a que el porcentaje de ácidos grasos libres que contiene, es mínimo.

Utilizar solo aceite nuevo implica un alto costo para la empresa, sin embargo, al utilizar un aceite de descarte de otras líneas aumenta la eficiencia de dicho insumo, disminuyendo los costos, controlando el parámetro de ácidos grasos libres del aceite presente en la freidora. El parámetro de ácidos grasos libres se mide a través del índice de acidez.

Al iniciar el proceso de fritura es recomendable, tener un formato de inicio de proceso, el cual indique la cantidad exacta medida en litros y porcentaje a adicionarse al equipo de fritura del aceite reutilizado y nuevo sin que la mezcla de ambos sobrepase el límite de inicio de proceso en la fritura que es de 0.20 de acidez, utilizando para ello dos valores de acidez en aceite reutilizado de 0.30 y 0.40.

El porcentaje de aceite nuevo y reutilizado que debe agregarse después del lavado de equipo, facilitará el trabajo a los operadores ya que ellos sabrán la cantidad exacta para iniciar el proceso.

Con la prioridad de mejorar el proceso de reutilización del aceite oleína de palma, en una línea de proceso para la elaboración de snacks, se desarrolló, una metodología (la que se explica con detalles más adelante) que optimizará el uso

del aceite de descarte en función del índice de acidez la cual al suministrar éste con el aceite presente en la freidora durante el proceso, brinden un porcentaje de ácidos grasos libres e índice de acidez aceptable en función del volumen agregado de aceite, y así no exceder el parámetro máximo de ácidos grasos libres impuesto por el departamento de control de calidad que es de 0,40 y posteriormente en la adición de aceite nuevo disminuir dicha acidez, mediante un análisis de regresión de datos por ajuste de mínimos cuadrados que fue la guía para lograr optimizar el uso de aceite de descarte, para lo cual se elaboró una matriz de utilización del mismo aceite, de fácil interpretación, favoreciendo el trabajo a los operadores que manejan el área del freidor.

La relación óptima entre aceite nuevo del freidor y aceite reutilizado, de acuerdo con la acidez del aceite en el proceso de freído recomendado por el Departamento de Control de Calidad, se puede observar en la matriz de utilización realizada.

Luego de haber realizado la parte práctica se elaboró una matriz en la cual se encuentran las variables: acidez del aceite en el freidor (columna), vs. la acidez de aceite reutilizado que se encuentra en los tanques (fila), lo que permitió determinar la cantidad ideal de aceite reutilizado con la acidez necesaria (celda) para la elaboración de la fritura.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aceite es el segundo insumo de más alto valor económico en una industria de frituras, no sólo por el elevado costo sino por la cantidad utilizada en el proceso, en la empresa donde se realizó el estudio, se utiliza oleína de palma para la fritura de snacks. El aceite sufre diferentes reacciones de degradación tales como: oxidación, polimeración e hidrólisis.

El aceite, al sufrir una degradación presenta un aumento de los ácidos grasos libres, peróxidos y compuestos aromáticos, los cuales son indicadores directos de la calidad del aceite. Es decir, que el aceite se vuelve rancio con el aumento de los ácidos grasos libres, reduciendo el tiempo de vida o anaquel del alimento frito que se procesa con este tipo aceite (Stauffer, 1996).

Según datos proporcionados por el departamento de control de calidad de la empresa donde se realizó el estudio, existe un parámetro de ácidos grasos libres, medido como índice de acidez de 0,40 máximo, en el aceite que se utiliza para freír, en dicha línea de producción con el cual, el tiempo de vida de anaquel del snacks proveniente de dicha línea de producción no se reduce de forma significativa.

Utilizar solo aceite nuevo en el proceso de freído, representa para la empresa un elevado costo. Existe además una gran cantidad de aceite de descarte, con un índice de acidez en un rango entre (0,20–0,60), proveniente de otras líneas de procesos que por ser aceite de descarte, debido a que ya no cumple con los parámetros de calidad exigidos para otras líneas de procesos, es enviado a la planta de tratamiento de aguas residuales, ocasionando un costo adicional, debido a su tratamiento, pues de no ser tratado previo a verterse, provocaría un alto grado de contaminación ambiental.

En la actualidad, el aceite de descarte proveniente de varias líneas es utilizado en cantidades mínimas, como insumo en forma alternada con aceite nuevo, para mantener el nivel de aceite en la freidora y los parámetros de calidad, específicamente un índice de acidez no mayor 0,40 parámetro máximo permitido,

con el que se trabaja en la freidora. El aceite de descarte se está utilizando en cantidades mínimas, debido a que se ha determinado que al usar solo aceite de descarte por largos períodos de tiempo, llega un momento en el cual se eleva tanto el índice de acidez en la freidora, que luego por más que se agregue aceite nuevo es muy difícil descender este índice de acidez. Situación que podría provocar incluso que todo el aceite en la freidora se tenga que descartar.

Anteriormente no se había realizado ninguna investigación en la empresa, que optimizara el uso del aceite de descarte, respetando los parámetros exigidos por el departamento de control de calidad en el procesamiento de freído. En consecuencia el uso del aceite de descarte, sigue utilizándose de manera empírica, a criterio del encargado de turno.

Por lo que surgió la siguiente interrogante:

¿Es posible evaluar la reutilización del aceite oleína de palma, en una línea de proceso para la elaboración de snacks, de una planta de frituras en la ciudad de Guatemala?

5. JUSTIFICACIÓN

El aceite es utilizado en la industria de frituras como medio de cocción, por ende es el precursor de reacciones físicas dentro del alimento, las cuales brindan características sensoriales agradables a dichos productos (Badui Dergal, 2006).

Para efectuar el proceso de fritura de estos productos, el volumen de aceite utilizado es importante, puesto que una proporción del aceite es transferido a los alimentos y otra se degrada en el proceso (Matz, 1993).

El uso frecuente del aceite produce una degradación del mismo, por lo que no se puede seguir utilizando de manera total, lo ideal sería renovarlo completamente por aceite nuevo, sin embargo, ello representaría un alto costo.

Tampoco es conveniente la reutilización total del aceite de descarte en el proceso de fritura, porque como tiene diferente grado de degradación, se transfiere rancidez al producto disminuyendo la vida de anaquel del mismo (Matz, 1993).

En la planta industrial de frituras donde se realizó el estudio, se ha comprobado en la práctica que al hacer mezcla entre aceite nuevo y aceite de descarte de otras líneas de procesos, se disminuye la acidez en el freidor antes del proceso de freído, se eleva considerablemente la acidez luego del proceso de freído. Por ende en la realización de este tipo de mezcla existe un mayor consumo de aceite nuevo, sin la optimización del recurso del aceite de descarte que se reutiliza. Esto imposibilita un trabajo eficiente a los operarios de dicha línea de producción.

También se ha comprobado que, al dosificar en el freidor cierta cantidad de aceite de descarte por largos periodos de tiempo, y después adicionarle aceite nuevo se consume un alto volumen de aceite de descarte en consecuencia se reduce el consumo de aceite nuevo, y se mejoran las utilidades.

En la empresa, no existe ningún estudio que indicara cual tenía que ser la relación ideal entre aceite del freidor y aceite de descarte reutilizado, en función de sus respectivos ácidos grasos libres medidos como índice de acidez.

El objeto de esta investigación es indicar, cual es la relación entre el volumen de aceite de descarte reutilizado y la acidez del mismo, la acidez resultante de la mezcla antes del proceso de freído y la acidez del aceite de la freidora antes del proceso de nivelación de la misma. Para optimizar el uso del recurso de aceite de descarte y mejorar el proceso de reutilización del aceite oleína de palma, en la línea de proceso para la elaboración de snacks. Al final disminuir costos y aumentar las utilidades de la empresa, con el uso eficiente de los recursos.

En este orden de ideas se hizo necesario realizar la investigación titulada “Evaluación de la reutilización del aceite oleína de palma, en una línea de proceso para la elaboración de snacks, de una planta de frituras en la ciudad de Guatemala”.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

6.1.1 Evaluar la reutilización del aceite oleína de palma (*Elaeis guineensis J.*) en una línea de proceso para la elaboración de snacks, de una planta industrial de frituras en la ciudad de Guatemala

6.2 Objetivos específicos

6.2.1 Determinar la cantidad ideal y el porcentaje de aceite reutilizado y aceite nuevo que, debe agregarse al freidor para cumplir el parámetro inicial de proceso de freído, después del lavado del equipo.

6.2.2 Identificar la relación óptima entre aceite nuevo del freidor y aceite reutilizado, de acuerdo con la acidez del aceite en el proceso de freído recomendado por el Departamento de Control de Calidad.

6.2.3 Elaborar una matriz que relacione la acidez del aceite en el freidor con la acidez y volumen del aceite reutilizado.

7. HIPÓTESIS

Es posible evaluar la reutilización del aceite oleína de palma (*Elaeis guineensis* J.), al elaborar snacks, utilizando el método de regresión para encontrar la relación adecuada entre el volumen de aceite en la freidora y el de aceite de reutilización, que busque aumentar el consumo de aceite reutilizado y que a la vez mantenga el porcentaje de ácidos grasos libres por debajo de 0.35-0.40.

8. MARCO TEÓRICO

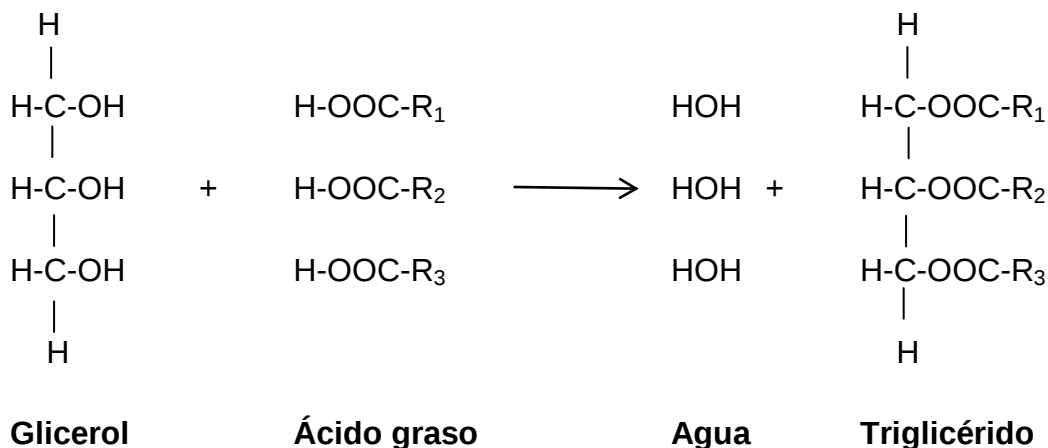
8.1. Aceites y grasas

8.1.1. Definiciones

- Los aceites y grasas son compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Sin embargo también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno. Son insolubles en agua, pero solubles en disolventes no polares, como éter, cloroformo y benceno. El término aceite se usa para referirse a los materiales líquidos a temperatura ambiente, mientras que los sólidos se denominan grasas (Nations, 2015).
- *“Los aceites y las grasas son sustancias de origen vegetal o animal, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina (propanotriol, glicerol o glicerina ($C_3H_8O_3$)) con los ácidos grasos, es decir, triglicéridos”.*

“Desde el punto de vista estructural, un triglicérido puede considerarse formado por la condensación de una molécula de glicerol con tres de ácidos grasos, para dar tres moléculas de agua y una de un triglicérido”. Por ejemplo.

FORMACIÓN DEL TRIGLICÉRIDO



Si los tres ácidos grasos son idénticos, se obtiene un triglicérido simple y si son diferentes uno mixto (Bailey, 1984).

8.1.2 Características químicas

Las grasas y aceites forman los lípidos más abundantes e importantes en el estudio de los alimentos. Ambos grupos están constituidos por 100% de triglicéridos.

Los ácidos grasos presentes en la alimentación humana se dividen en dos grupos principales: saturados y no saturados. El último grupo incluye ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados. Los ácidos grasos saturados tienen el mayor número de átomos de hidrogeno que la estructura química permite. Todas las grasas y aceites que consumen los seres humanos son una mezcla de ácidos grasos saturados y no saturados. En general, las grasas de animales terrestres contienen más ácidos grasos saturados que los de origen vegetal, que tienen más ácidos grasos no saturados (Nations, 2015).

Se han aislado muchos ácidos grasos de diferentes especies. Todos poseen una larga cadena hidrocarbonada y un grupo carboxilo terminal ($-\text{COOH}$). La cadena puede ser saturada o puede poseer uno, o más, dobles enlaces; unos pocos ácidos grasos contienen enlaces triples. Los ácidos grasos difieren entre sí, en primer lugar, en la longitud de la cadena, y también en el número y posición de los enlaces insaturados. Casi todos los ácidos grasos naturales poseen un número par de átomos de carbono, y tienen cadenas cuya longitud oscila entre 14 y 22 átomos de carbono; los que contienen 16 ó 18 carbonos son los más abundantes.

En general, los ácidos grasos insaturados predominan sobre los de tipo saturado. En la mayor parte de los ácidos grasos insaturados, existe un doble enlace entre los átomos de carbono 9 y 10; aparecen habitualmente dobles enlaces adicionales entre dicho punto y el grupo metilo terminal de la cadena. Los ácidos grasos saturados entre C_{12} y C_{24} , son sólidos que poseen una consistencia cerosa. Los ácidos grasos no saturados, son líquidos aceitosos a la temperatura ambiente (Lehninger, 1985).

Se conocen más de 40 ácidos grasos; Véase *anexo 1 y 2 en página 39 y 40*. Con fórmula general $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_n \text{COOH}$; donde n varía en función del ácido graso y determina la longitud de la cadena de átomos de carbono (Aylón, 2003).

8.1.3. Características físicas de los aceites y grasas

Las propiedades físicas de los triacilglicéridos están relacionadas con el tipo y estructura de los ácidos grasos dentro de las moléculas. Las más importantes son:

- Punto de fusión: esta propiedad tiene énfasis en las grasas animales y transformadas, pero no exactamente para los aceites vegetales, ya que estos son líquidos a temperatura ambiente. El punto de fusión de la grasa o aceite es menor cuando hay más ácidos grasos de cadena corta y a medida que aumenta el grado de insaturación además de los hidrógenos.
- Viscosidad: está en función de las dimensiones de la molécula y su orientación. Crece con el incremento de la longitud de la cadena de los ácidos grasos y disminuye al aumentar la insaturación (Fennema, 1982).

8.1.4. Tipos de aceites vegetales comestibles

En general el término grasa, hace referencia a las sustancias que son sólidas o semisólida a temperatura ambiente, debida a que en su estructura predominan los ácidos grasos saturados; mientras que el término aceite hace referencia a las sustancias líquidas a temperatura ambiente o inferiores al mismo, esto porque contienen una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados. Como ejemplo de aceites están el de canola, girasol, soja, maíz, oliva y palma (Torres, 2013).

8.2. Oleína de palma

8.2.1 Generalidades

Fracción líquida del aceite de palma, obtenida a partir del primer fraccionamiento del aceite después del proceso de cristalización a temperatura controlada, la cual es sometida a blanqueo y refinación física. Se caracteriza por ser un producto líquido a temperaturas cálidas, es utilizada para aceites líquidos comestibles de forma pura o en mezcla con otros aceites líquidos. Por la composición de ácidos grasos, principalmente monoinsaturada es un aceite muy estable a alta temperatura, hecho que lo ha posicionado en frituras industriales (Acepalma, 2009).

La oleína de palma prácticamente no tiene grasas trans, éstas se forman por el agregado de hidrógeno a muchos aceites poliinsaturados para hacerlos semi-sólidos. Las grasas trans tienen efectos negativos para la salud del corazón. La oleína de palma puede hacerse más sólida mediante la adición de estearina de palma, la otra fracción del aceite de palma. Es innecesaria la incorporación de hidrógeno (Lee, 2015).

Este aceite se emplea en fritura industrial, por su precio económico y mayor resistencia a la oxidación en relación a grasas más insaturadas. Su porcentaje de grasas saturadas no lo hacen muy beneficioso para una dieta saludable, especialmente si se consume en exceso (Ortuño, 2006).

8.2.2 Oleína de palma y su relación con las frituras

Éste aceite que contiene un número relativamente pequeño de dobles enlaces es el más estable a la acción del oxígeno, soporta temperaturas elevadas de proceso, ya que existe un mínimo ataque del oxígeno a los dobles enlaces la fritura prevalece un buen sabor. A medida que aumenta el número de dobles enlaces en el ácido graso, aumenta también la velocidad de oxidación, si se toma como 1 la velocidad de oxidación del ácido oleico, entonces la velocidad del ácido linoléico será de 10 y la del ácido linolénico será de 100, esto es indicativo del por

qué los diferentes aceites tienen diferentes estabilidades oxidativas y por qué los aceites poliinsaturados se oxidan más rápidamente (Cenipalma, 2010).

Los ácidos grasos poliinsaturados como el linoléico y linolénico, aunque son buenos para la salud, son más susceptibles a oxidación y degradación, debido a la facilidad que tienen para formar radicales libres, por lo que es bueno consumirlos en forma cruda. *Ver anexo 3 página 41*. El ácido oleico, por ser monoinsaturado, requiere más energía para oxidarse, resultando mejor que el linoléico o el linolénico para el proceso de freído (Morales, 2010).

8.3 Fritura

En los procesos de fritura, el aceite es el medio de transferencia de calor entre el equipo y el alimento. La mayor parte de fritura en alimentos, se realiza por medio de la inmersión total o parcial en el aceite, por cierta cantidad de tiempo, realizando así una transferencia de calor del aceite al alimento (Stauffer, 1996).

En este lapso de tiempo se realizan reacciones químicas y físicas en el alimento, algunos de estos cambios son precisos para que el producto frito adquiriera las propiedades sensoriales típicas. Por otro lado, una descomposición muy acusada, debido a un control inadecuado de la operación de fritura, puede perjudicar no sólo la calidad sensorial del alimento, sino también el valor nutritivo (Fennema, 1982).

8.4. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de fritura de maíz.



Fuente: elaboración propia, 2016

Véase “Descripción del proceso de fritura, producto a base de maíz” página 7 y 8.

8.5. Descripción del proceso de fritura, producto a base de maíz.

8.5.1. Recepción de materia prima: el maíz crudo es almacenado en silos hasta que se requiera para su procesamiento. El primer paso en el proceso es la limpieza del maíz, el cual consiste en eliminar partículas pequeñas y grandes asegurando que para el proceso se utilizará maíz con el tamaño requerido sin impurezas.

8.5.2. Cocción de maíz: una cantidad medida de maíz es mezclada con cantidades específicas de cal y agua. Esta mezcla es cocinada con vapor caliente por un periodo de tiempo preestablecido y a una temperatura predeterminada.

Nota: el cocimiento consta de las siguientes etapas.

- Elevación: se realiza de (9-20) minutos con una temperatura máxima de 94°C.
- Cocimiento: se realiza de (8-10) minutos y de (28-30) minutos, con una temperatura de (94-92) °C.
- Enfriamiento: (3-5) minutos y con una temperatura de 60°C.
- Agitación: 5 minutos.
- Descarga: se realiza de (49-54) °C.

8.5.3. Reposo de maíz: posterior a la cocción se realiza el traslado, el maíz cocido después se reposa por un periodo de tiempo para incrementar el contenido de humedad, suavizar los granos y aflojar la cascarilla.

8.5.4 Lavado de maíz: el maíz reposado es lavado con agua espreada a alta presión para remover la cascarilla, cal y pequeños pedazos de maíz. La temperatura correcta de la masa en la tortilladora es controlada mediante el ajuste de la temperatura del agua de espreado en el lavado de maíz.

8.5.5 Molienda de maíz: el maíz lavado es molido entre dos piedras en el molino y convertido en “masa”, una pasta de maíz suave y manejable. En el molino se agrega agua para alcanzar el contenido correcto de humedad para el tortillado. El molino produce suficiente masa para mantener la correcta producción de hojuelas en la tortilladora.

8.5.6 Extruido de maíz: se realiza la aglomeración de la masa por medio de presión constante a un cilindro.

8.5.7 Fritura de hojuela: las hojuelas horneadas son freídas en aceite vegetal a una temperatura determinada y durante el tiempo de residencia necesario para lograr el contenido correcto de humedad y aceite en la base frita.

8.5.8 Sazonado de hojuela: a las hojuelas fritas se les aplica una capa uniforme de sal o condimento, dependiendo del producto que se está produciendo. Si se aplica condimento, se esprea previamente una capa de aceite sobre la superficie de las hojuelas para ayudar a que el condimento se adhiera. El producto terminado es transportado al empaque.

8.5.9 Empaque de producto: operación en la cual el granel es distribuido en diferentes maquinas las cuales empacan diferentes presentaciones de peso.

8.6. Química de la fritura

Los alimentos fritos contribuyen significativamente al contenido calórico de la dieta media. A lo largo de la fritura profunda, los alimentos entran en contacto con aceite a unos 180°C y se exponen parcialmente al aire, durante variados períodos de tiempo. Por ello, la fritura es el método de preparación de alimentos con mayor potencialidad de provocar cambios químicos en las grasas, de las que el alimento arrastra consigo cantidades considerables de grasa. (En términos de peso).

Durante la fritura de un alimento, tienen lugar en él los siguientes sucesos.

- Se libera continuamente agua, que migra del alimento al aceite caliente, produciéndose un efecto de arrastre en corriente de vapor de los productos volátiles de la oxidación del aceite. El agua liberada agita el aceite y acelera la hidrólisis. La capa de vapor de agua formada sobre la superficie del aceite tiende a reducir la cantidad de oxígeno disponible para la oxidación (Fennema, 1982).
- Las grasas se separan en ácidos grasos libres, por la humedad del producto, el oxígeno del aire y las altas temperaturas. una excesiva degradación se evidencia en el aceite por una alta cantidad de humeo, coloraciones oscuras y formación de espumas en la superficie. la filtración para reducir partículas que degradan y dan color al aceite, pero esto no retarda la oxidación y la formación de ácidos grasos libres (Matz, 1993).
- Cabe citar el incremento de la viscosidad y del contenido en ácidos grasos libres, el desarrollo de un color oscuro (Fennema, 1982).

El aceite en la fritura contribuye al sabor del producto final. Por esta razón, en el freidor es importante reemplazar cada cierto tiempo pequeñas cantidades de aceite viejo por aceite nuevo y así alcanzar un estado de equilibrio. Esto produce características satisfactorias en el producto final (Matz, 1993).

8.6.1 Aceite de fritura

El aceite con el cual se realiza la fritura influye considerablemente en las características del snacks frito y en la fecha de caducidad. La temperatura de fritura depende de las características del snack y varía generalmente entre los (180-200) °C. Por la elevada temperatura de proceso, es necesario utilizar aceites con un elevado grado de estabilidad térmica, (punto de humeo) (Lusas).

Los triglicéridos se componen de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

Los aceites ricos en ácidos grasos saturados presentan una elevada estabilidad térmica pero al consumo dejan un sabor residual de “grasa” en la boca. Además sobre la base de recientes pautas dietéticas y saludables, no se recomiendan desde el punto de vista nutritivo.

Los aceites ricos en ácidos grasos monoinsaturados presentan una elevada estabilidad térmica y buena resistencia al proceso de fritura hasta (195-200) °C. Tienen un gusto neutro y no presentan alguna contraindicación dietética.

Los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados presentan una escasa resistencia al calor, el punto de humeo es bajo, y tienden rápidamente a formar peróxidos con consecuente ranciedad precoz de los productos. Además tienden a formar depósitos poliméricos sobre la superficie de las máquinas, freidoras y cintas (Mafin, 2011).

8.6.2 Reacciones de degradación del aceite

Los aceites, los cuales están formados de triglicéridos y contienen ácidos grasos insaturados, están sujetos a varias reacciones químicas de degradación, las cuales cambian sus características. La tasa de degradación aumenta al doble por cada 10 °C que se aumente la temperatura, por lo que reducir el calentamiento de los aceites cuando estos no son utilizados aumenta su tiempo de vida.

- Hidrólisis: el agua, introducida al aceite por parte del alimento, causa la hidrólisis de las uniones de los ácidos grasos, produciendo diglicéridos, monoglicéridos y ácidos grasos libres. Estos últimos dos son emulsificantes, los cuales, son promotores de la hidrólisis. La reacción de hidrólisis es promovida por los compuestos alcalinos por lo que el freidor debe ser lavado con un ácido y agua, luego de ser sometidos a una limpieza con compuestos alcalinos.
- Oxidación: la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados lideran una variedad de reacciones de degradación en el aceite, las cuales forman compuestos polares: aldehídos y cetonas reaccionan con las proteínas de los alimentos e incrementan las reacciones de color en el alimento frito. El oxígeno del aire es introducido de varias maneras:
 - ✓ Turbulencia, cuando el aceite es agregado al freidor.
 - ✓ Salpicaduras, cuando es agregado aceite o alimento.
 - ✓ Aireación, por parte del sistema de filtración de bombeo.
 - ✓ Difusión, a través de la superficie del aceite. (Stauffer, 1996)
- Polimerización: los ácidos grasos insaturados del aceite pueden ser aglomerados por reacciones químicas (polimerización). Las cadenas poliinsaturadas pueden pasar directamente a su polimerización. Cuando la reacción continua, estos compuestos forman un barniz que acumula en las superficies de los equipos de fritura, la polimerización también es catalizado por iones metálicos.
- Humeo: cuando la concentración de ácidos grasos libres en los freidores aumenta, la temperatura de humeo y el punto de ignición disminuye. Los ácidos grasos son volátiles y debido a esto entre una mayor degradación y mayor sea la concentración de estos compuestos existe un mayor humeo del freidor y aumenta el peligro de incendio del freidor. Para mantener este punto peligroso controlado, se debe mantener el aceite con la menor degradación posible (Stauffer, 1996).

- Índice de acidez: es la suma de los ácidos grasos no combinados, resultado de la acción del calor, aire, humedad, material extraño y contaminaciones las cuales el aceite es dependiente. La acidez de las sustancias grasas es muy variable, generalmente las grasas frescas que no han sido sometidas a las variables mencionadas anteriormente no contienen ácidos grasos libres. Son las causas por las cuales se separan los ácidos grasos de la molécula de triglicérido. A mayor cantidad de ácidos grasos libres indica que la acidez va en aumento y el pH va descendiendo.

8.7 Análisis de regresión

Cuando existe dependencia funcional entre dos variables, es posible predecir los valores de una de ellas a partir de valores conocidos de la otra. Sin embargo, en muchas ocasiones una de las variables depende de otra sin que esta dependencia sea funcional. En estos casos se puede recurrir a las técnicas estadísticas para predecir los valores de la variable Y en función de los valores de la variable X.

8.7.1 Análisis de regresión y ajuste por mínimos cuadrados

Consiste en obtener un modelo de dependencia promedio que explique lo mejor posible la variable Y en función de las variables X.

La teoría de la regresión tiene dos objetivos básicos:

- Establecer una relación de dependencia entre las variables X y Y mediante alguna función matemática (una recta, parábola, etc.), y obtener esa función a partir de un conjunto de datos.
- Predecir los valores de la variable dependiente a partir de ciertos valores de la variable independiente.

En función al primero de los objetivos, se tiene que determinar qué tipo de función expresa mejor la relación entre la variable dependiente Y y la variable independiente o explicativa X. el proceso de ajuste se basa en encontrar la

ecuación de la curva que mejor se aproxime a la nube de puntos. De esta manera se plantea un doble problema:

- Determinar la forma de la función.
- Calcular los parámetros que la caracterizan.

La nube de puntos puede proporcionar una primera aproximación, de cuál es la relación que mejor puede explicar el comportamiento conjunto de ambas variables. En cuanto al segundo de los problemas, será preciso establecer un criterio o método de ajuste y determinar posteriormente los parámetros que caracterizan a esa función de ajuste previamente establecida (Sarabia Alegría, 2005).

9. MARCO OPERATIVO

9.1 Materiales utilizados para las actividades previas al muestreo

- Regla de acero inoxidable
- Regla especial para calibración de sensor de freidora
- Termómetro
- Recipientes de acero inoxidable para la toma de muestras
- Estufa eléctrica
- Probeta de 100 ml
- Balanza analítica
- Erlenmeyer de 250 ml
- Cinta métrica

9.2 Etapas previas al muestreo

La toma de muestras del aceite de la freidora fue parte importante de la investigación, pero antes de tomar las muestras, fue necesaria la adaptación con el proceso, para determinar lo siguiente:

- **Conocer el porcentaje de acidez máximo en freidor con el que se fríe el snack en estudio**

Esta actividad se realizó al entrevistar al operador de la freidora, y consultar al Departamento de Control de Calidad, y así conocer la acidez máxima con la cual se puede producir el snack en estudio. Este dato fue indispensable para determinar que las mezclas de aceite usado con aceite del freidor no sobrepasaran el límite de acidez impuesto por el Departamento de Control de Calidad que es de 0.40.

- **Calibración de sensor de freidora**

Se realizó la calibración del sensor del nivel de aceite, con el procedimiento que dicta el manual de auditoría (manual de producción) para esta línea de producción en estudio. El nivel de aceite dentro del freidor debe mantenerse entre

(1,00-1,25) pulgadas arriba de la banda sumergidora. Para tal acción fue necesario elevar la tapadera del freidor y medir con una regla especial dicho nivel, con la utilización de equipo de protección personal adecuado, ya que el freidor contiene aceite con temperatura de proceso. La importancia de esta fase fue establecer que para la adquisición de muestras el freidor este calibrado.

- **Medición de densidad en aceite a temperatura de (30-40) °C, y (190-200) °C.**

Se realizó un muestreo para conocer la densidad del aceite a una temperatura de (30-40) °C y a (190-200) °C.

Para medir la densidad a (30-40) °C, se taró la probeta en una balanza analítica y se midieron 100 mL del aceite, luego de conocer el peso del mismo se utilizó la fórmula $\rho = m/v$. ahora para la densidad del aceite a (190-200) °C, primero el aceite se elevó a esa temperatura y la densidad se midió siguiendo el mismo procedimiento anterior. Véase en sección de resultados en tabla 1, página 23.

- **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea de frío**

La freidora tiene dos niveles, siendo estos el normal y el bajo. El normal indica que la cantidad de aceite en la freidora es la adecuada, el bajo indica que se le debe de adicionar aceite para evitar que el producto salga con parámetros inadecuados. Esta cuantificación se debe realizar antes del paro de proceso.

- **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea, en nivel normal a nivel bajo:** con una bomba se vació el aceite de nivel normal a nivel mínimo, se transportó al tanque B de almacenamiento de aceite, en el cual se determinó la distancia en que el nivel de aceite a (190-200) °C aumentó en el tanque, para después calcular la cantidad de aceite con la fórmula de volumen de un cilindro: $V_c = \pi r^2 h$. Se estableció a V_c (190-200) °C y luego se convirtió al equivalente de V_c (30-40) °C, Véase en sección de resultados en tabla 2, página 23.

Es importante conocer ambos niveles de la freidora para realizar la dosificación inicial de aceite nuevo y reutilizado para iniciar el proceso de freído, después del lavado del equipo. Y es necesario que los niveles de la freidora se mantengan cuando se esté en el proceso.

- **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea, de nivel bajo a vacío total en freidora:** el mismo procedimiento anterior, se utilizó para calcular la cantidad de volumen de aceite del freidor del nivel bajo hasta el vacío total de la freidora. Es decir, una vez trasladado todo el aceite al tanque, se midió la distancia que subió el nivel de aceite en el mismo y utilizando la misma fórmula de volumen del cilindro. Se calculó el volumen de aceite, para luego hacer la corrección respectiva. Véase en sección de resultados en tabla 3, página 24.

El volumen encontrado se encuentra a $^{\circ}T = (190-200)^{\circ}C$, es necesario calcularlo a temperatura ambiente de $^{\circ}T = (30-40)^{\circ}C$, con la fórmula siguiente.

$$V_c (30 - 40)^{\circ}C = \frac{V_c (190 - 200)^{\circ}C * \rho (190 - 200)^{\circ}C}{\rho (30 - 40)^{\circ}C}$$

Fue necesario calcular el volumen del aceite a temperatura ambiente debido a que al iniciar un proceso y durante el mismo, el aceite se agrega a esa temperatura.

- **Cuantificación de volumen de aceite en tanque A y tanque B de almacenamiento de línea.**

Para establecer la capacidad de los tanques se midió la altura y el diámetro de cada uno. Véase en sección de resultados en tabla 4 y 5, página 25.

- **Determinar el porcentaje de adición de aceite reutilizado y aceite nuevo, después de un lavado.**

Al tener conocimiento del volumen de aceite que puede agregarse al freidor, se realizó un balance de materiales, que determinaran la cantidad de aceite reutilizado y aceite nuevo que deben mezclarse y obtener un porcentaje de acidez de 0,20 con el que se inicia el proceso después de un lavado. Véase *apéndice 1 y 2, página 45 y 46*.

- **Determinación del porcentaje de adición de aceite reutilizado y aceite nuevo, después de un lavado, para el inicio de proceso con un porcentaje de ácidos grasos libres de 0.30, en el aceite reutilizado.**
- **Determinación del porcentaje de adición de aceite reutilizado y aceite nuevo, después de un lavado, para el inicio de proceso con un porcentaje de ácidos grasos libres de 0.40, en el aceite reutilizado.**

Luego de realizar el balance de materiales se elaboró una tabla, con el resumen de estos valores y las cantidades en litros a adicionar de cada uno de los tanques así como el similar de pies lineales Véase *en sección de resultados en tabla 6, página 27*.

9.3 Muestreo

9.3.1 Materiales utilizados para las actividades de muestreo

- Carretilla en la cual se ubicaron las muestras, tanto las del volumen mínimo, como el máximo y el aceite usado.
- Cinta métrica
- Regla de acero inoxidable
- Recipientes de acero inoxidable para la toma de muestras
- Termómetro

9.3.2 Toma de muestras

Las muestras se tomaron tanto a nivel bajo como a nivel normal, de la siguiente manera:

- **Número de muestras**

Se tomaron siete muestras por cada intervalo de porcentaje de acidez, ya que seis muestras es el mínimo número de grados de libertad que se requieren para el error estadístico. Por ende, siete es un número significativo de muestras.

- **Nivel bajo**

Cuando se inició la corrida en cada una de las siete muestras del aceite a analizar, se registró el nivel bajo que marca el sensor del freidor, con una regla de acero inoxidable. Luego se obtuvo la muestra de aceite de la parte del catch box del freidor en un recipiente especial de acero inoxidable, éste se depositó en una carretilla especial, hasta completar el total de muestras que son siete y se les llamará ($V_{\text{bajo } 1}$), ($V_{\text{bajo } 2}$), ($V_{\text{bajo } 3}$), ($V_{\text{bajo } 4}$), ($V_{\text{bajo } 5}$), ($V_{\text{bajo } 6}$), y ($V_{\text{bajo } 7}$).

Luego se programó el llenado en automático en el panel de control del freidor, para que se dosifique aceite hasta el nivel normal.

A cada una de las muestras depositadas en la carretilla especial, en el laboratorio se les efectuó un análisis del porcentaje de acidez del aceite, al terminar la corrida.

- **Nivel normal**

Mediante la adición de aceite usado, se obtuvieron tres muestras ($V_{\text{usado 1}}$), ($V_{\text{usado 2}}$), y ($V_{\text{usado 3}}$), por medio de la tubería de dosificación, las que se colocaron por separado en recipientes especiales de acero inoxidable; para luego determinar en el laboratorio el porcentaje de acidez.

Después de la adición de aceite usado, se programó llenado manual en el panel de control para evitar la dosificación automática, Ya que el nivel de aceite disminuye en función de la producción.

Se registró el nivel normal que marca el sensor del freidor con una regla de acero inoxidable. Luego se obtuvo la muestra de aceite de la parte del catch box del freidor, en un recipiente especial de acero inoxidable éste se depositó en una carretilla especial, hasta completar el total de muestras que son siete y se les llamó ($V_{\text{normal 1}}$), ($V_{\text{normal 2}}$), ($V_{\text{normal 3}}$), ($V_{\text{normal 4}}$), ($V_{\text{normal 5}}$), ($V_{\text{normal 6}}$), y ($V_{\text{normal 7}}$).

A las muestras depositadas en la carretilla especial, se les efectuó en el laboratorio el análisis de determinación del porcentaje de acidez del aceite, al terminar la corrida.

Se utilizó esta metodología para conocer la variación del porcentaje de acidez en el aceite del freidor, en función del volumen de aceite usado agregado; en cada una de las adiciones que se efectuaron en el freidor.

- **Diferencia en centímetros del tanque de almacenamiento de aceite**

Al inicio de la corrida se conoció la altura del aceite en el tanque de almacenamiento y se fue verificando la misma en función de cada una de las adiciones que se realizaban al freidor. Para así conocer los centímetros que se le hubieren adicionado al freidor y con ello el volumen, ese volumen dividiéndolo entre la densidad del aceite a (30-40) °C que es de 0.8884 g/mL.

- **Muestreo de aceite usado**

Al iniciar las corridas se determinó el porcentaje de acidez en aceite que estaba en el tanque de almacenamiento A o B, también se tomaron tres muestreos del mismo aceite, proveniente del tanque en la tubería entrante a la freidora para confirmar los datos.

- **Determinación del porcentaje de acidez en aceite en nivel bajo, normal y usado del total de muestras**

Los recipientes de acero inoxidable que se utilizaron para las siete muestras de nivel bajo y nivel normal, y los recipientes de acero inoxidable de las tres muestras de aceite usado estuvieron debidamente rotulados. Véase *apéndice 3, página 47*.

9.4 Métodos

9.4.1 Métodos de análisis

Para la medición de los ácidos grasos libres durante la investigación, se utilizó el método de laboratorio llamado: determinación de ácidos grasos libres. Véase *anexo 4, página 42*.

9.4.2 Diseño estadístico

El método estadístico de análisis de regresión por el ajuste de mínimos cuadrados, fue el que se utilizó. Consistió en obtener un modelo de dependencia promedio que explique lo mejor posible la variable Y en función de las variables X. Ésta teoría de la regresión tiene dos objetivos básicos, que es establecer una relación de dependencia entre las variables X y Y, mediante alguna función matemática (una recta, parábola, etc.) y obtener esa función a partir de un conjunto de datos.

Se obtuvo una ecuación de la siguiente forma.

$$Y_c = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$$

Para obtener esta ecuación es necesario realizar un sistema de ecuaciones de 4 x 4, respectivamente siendo éste:

$$\sum Y = na + b\sum X_1 + c\sum X_2 + d\sum X_3$$

$$\sum X_1 * Y = a\sum X_1 + b\sum (X_1)^2 + c\sum X_1 * X_2 + d\sum X_1 * X_3$$

$$\sum X_2 * Y = a\sum X_2 + b\sum X_1 * X_2 + c\sum (X_2)^2 + d\sum X_2 * X_3$$

$$\sum X_3 * Y = a\sum X_3 + b\sum X_1 * X_3 + c\sum X_2 * X_3 + d\sum (X_3)^2$$

Y así poder elaborar la matriz en función de la acidez del aceite de freidor en proceso (columna), vs. acidez del aceite usado proveniente de los tanques (fila), dando como resultado el volumen en litros del aceite usado a adicionar (celda resultante de la intersección entre columna y fila).

Siendo éstos:

n= cantidad de valores

X_1 = porcentaje de ácidos grasos libres, en freidora nivel bajo.

X_2 = porcentaje de ácidos grasos libres, en freidora nivel normal (se utilizó la limitante de 0.35, en la elaboración de matriz de dosificación de aceite).

X_3 = porcentaje de ácidos grasos libres, en aceite reutilizado.

Y= Volumen real de aceite reutilizado en litros.

Y_c = Volumen calculado de aceite reutilizado en litros.

a, b, c, d: incógnitas a encontrar, por un sistema de ecuaciones.

9.5 Recursos

9.5.1 Humanos.

9.5.1.1. Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Alimentos, T.U. Luis Enrique Imeri Ordoñez.

9.5.1.2 Operadores de línea de maíz.

9.5.1.3 Coordinador de Mejora Continua/ Ing. Gerardo Ordoñez

9.5.1.4 Asesor principal. /Inga. Astrid Argueta Del Valle

9.5.1.5 Asesor adjunto. /Ing. Aldo de León Fernández

9.5.2 Institucionales

9.5.2.1. Línea de producción de un snack.

9.5.3 Económicos

9.5.3.1 La empresa donde se realizó el estudio, apoyó con los gastos de los análisis experimentales: químicos de laboratorio, materia prima, etc.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Medición de densidad en aceite a temperatura de (30-40) °C, y (190-200) °C.**

Tabla 1

Densidades del aceite respecto a la temperatura

$\rho_{(30-40)^\circ\text{C}}$	0.8884 g/mL
$\rho_{(190-200)^\circ\text{C}}$	0.831 g/mL

Fuente: elaboración propia, 2016

Según (Bailey, 1984) la densidad mide masa en comparación con el volumen. Un líquido que tiene el mismo volumen como en estas densidades medidas que se midieron 100 mL de las muestras ocuparon diferente cantidad de espacio pero la muestra de $\rho_{(30-40)^\circ\text{C}}$ fue más pesada, ya que la temperatura afecta a la densidad de los líquidos directamente.

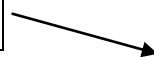
- **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea de freído**
 - **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea, en nivel normal a nivel bajo:**

Tabla 2

Cuantificación de aceite nivel normal a bajo

CUANTIFICACIÓN DE ACEITE I

DE NIVEL	
NORMAL	106 cm
A NIVEL BAJO	<u>101 cm</u>
Diferencia	5 cm



$$V_{C(190-200)^\circ\text{C}} = \pi r^2 h$$

$$V_{C(190-200)^\circ\text{C}} = \pi (91.1)^2 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm}$$

$$V_{C(190-200)^\circ\text{C}} = 130.36 \text{ L}$$

Fuente: elaboración propia, 2016

El volumen de aceite correspondiente de nivel normal a bajo a una temperatura de $(190-200)^\circ\text{C}$ es de 130.36 L.

Se debe conocer ambos niveles de la freidora, para realizar la dosificación inicial de aceite nuevo y reutilizado para iniciar el proceso de freído, después del lavado de equipo y es necesario que se mantengan cuando se esté procesando.

- **Cuantificación de volumen de aceite en toda la línea, de nivel bajo a vacío total en freidora:**

Tabla 3

Cuantificación de aceite nivel bajo a vacío total en freidora

CUANTIFICACIÓN DE ACEITE II	
DE NIVEL BAJO	101 cm
A VACIO TOTAL	— 19 cm
Diferencia	82 cm

$\rho_{(30-40)^\circ\text{C}} =$	0.8884	g/mL
$\rho_{(190-200)^\circ\text{C}} =$	0.831	g/mL

Total

$V_{c(190-200)^\circ\text{C}} = \pi r^2 h$
 $V_{c(190-200)^\circ\text{C}} = \pi (91.1)^2 \text{ cm} \cdot 82 \text{ cm}$
 $V_{c(190-200)^\circ\text{C}} = 2137.96 \text{ L}$
 $V_{c(190-200)^\circ\text{C}} = + 38.4 \text{ L}$
 $V_{c(190-200)^\circ\text{C}} = 2306.73 \text{ L}$

El volumen de aceite que corresponde de nivel bajo a vacío total en freidora a una temperatura de $(190-200)^\circ\text{C}$ es de 2137.96 litros, agregándole 38.4 litros de aceite residual que se encuentra en el sistema de intercambiador de calor y tuberías. Haciendo un total de 2306.73 litros correspondiente de volumen de aceite en toda la línea, de nivel bajo a vacío total en freidora.

El volumen encontrado se encuentra a $^{\circ}\text{T} = (190-200)^\circ\text{C}$, es necesario calcularlo a temperatura ambiente de $^{\circ}\text{T} = (30-40)^\circ\text{C}$, utilizando la fórmula siguiente.

$$V_{c(30-40)^\circ\text{C}} = \frac{V_{c(190-200)^\circ\text{C}} * \rho_{(190-200)^\circ\text{C}}}{\rho_{(30-40)^\circ\text{C}}}$$

$$V_c (30 - 40)^{\circ}C = \frac{V_c (2306.73) L * \rho (0.831) Kg/L}{\rho (0.8884) Kg/L}$$

$$V_c (30 - 40)^{\circ}C = 2157.68 L$$

Fue necesario calcular el volumen del aceite a temperatura ambiente debido a que al iniciar un proceso y durante el mismo, el aceite se agrega a esa temperatura.

Según (Bailey, 1984) a mayor temperatura más dispersas se encuentran las moléculas del líquido por tal motivo se logra observar que a temperatura de p₍₁₉₀₋₂₀₀₎ °C se determina una cantidad de aceite de 2306.73 litros mayor a la cantidad de aceite a temperatura de p₍₃₀₋₄₀₎ °C de aceite de 2157.68 litros.

- **Cuantificación de volumen de aceite en tanque A y tanque B de almacenamiento de línea.**

Tabla 4

Dimensiones tanque A

Tanque A		
Altura a = hA	234	cm
Diámetro = D	134.24	cm

Fuente: elaboración propia, 2016

Tabla 5

Dimensiones tanque B

Tanque B		
Altura a = hA	106.5	cm
Diámetro = D	182.2	cm

Fuente: elaboración propia, 2016

Existen dos tanques con diferente capacidad, cualquiera de los dos puede tener aceite usado. Al iniciar el proceso puede utilizarse el aceite de cualquiera de los dos tanques, y la cantidad a utilizar es la que resulta luego de haberse realizado el balance de materiales.

- **Determinar el porcentaje de adición de aceite usado y nuevo, después de un lavado, con el parámetro máximo de inicio de proceso de 0.20 de acidez.**

- **Determinación del porcentaje de adición de aceite nuevo y reutilizado, después de un lavado, para el inicio de proceso con un porcentaje de ácidos grasos libres de 0.30, en el aceite reutilizado.**

Luego de realizar el balance de materiales, Véase *apéndice 1, página 45*, en resumen tabla 6, página 27, y de acuerdo a los resultados obtenidos, cuando se tenga un aceite reutilizado con acidez de 0.30 es necesario mezclar 60 % de aceite reutilizado (equivalente a 1294.60 litros o 3.00 pies lineales en tanque A). O bien 1.63 pies lineales del tanque B, que equivalen al mismo porcentaje y al mismo volumen anterior). El aceite restante 40 % (equivalente a 863.09 litros) para llegar al nivel normal se cubre con aceite nuevo proveniente del tanque de almacenamiento respectivo.

- **Determinación del porcentaje de adición de aceite nuevo y reutilizado, después de un lavado, para el inicio de proceso con un porcentaje de ácidos grasos libres de 0.40, en el aceite reutilizado.**

De la misma manera se realizó un balance de materiales, Véase *apéndice 2, página 46*, en resumen véase *tabla 6, página 27*, cuando la acidez de aceite reutilizado sea de 0.40. Y de acuerdo a los resultados obtenidos, es necesario mezclar 43 % de aceite reutilizado (equivalente a 924.71 litros o 2.14 pies lineales en tanque

A). O bien 1.16 pies lineales del tanque B, que equivalen al mismo porcentaje y al mismo volumen anterior). El aceite restante 57 % (equivalente a 1232.97 litros) para llegar al nivel normal se cubre con aceite nuevo proveniente del tanque de almacenamiento respectivo.

Luego de obtener los resultados anteriores, es decir, conociendo la cantidad de aceite nuevo y reutilizado que hay que mezclar se elaboró la siguiente tabla, que resume la altura medida en pies lineales de aceite a utilizar de los tanques A y B, así como el equivalente en litros.

Tabla 6

Formato de inicio de proceso de aceite después de un lavado.

Porcentaje de ácidos grasos libres	Porcentaje de aceite reutilizado	Porcentaje de aceite nuevo	Aceite usado			
			Tanque A		Tanque B	
0.30	60.00%	40.00%	3.00 Pies lineales	1294.60 litros	1.63 Pies lineales	1294.60 L
0.40	43.00%	57.00%	2.14 Pies lineales	924.71 L	1.16 Pies lineales	924.71 L
Observaciones: por ejemplo si se tiene una acidez de 0.30 en el tanque A, se debe de agregar 3 pies de aceite al freidor y 1.63 pies del tanque B. De la misma manera con la acidez de 0.40.						

Fuente: elaboración propia, 2016

Con el parámetro máximo de inicio de proceso, después de un lavado de equipo de 0.20 de acidez. Ver *apéndice 1 y 2* página 45 y 46. Usualmente el aceite que se

encuentra en los tanques de almacenamiento de aceite para iniciar el proceso después de un lavado de equipo se encuentran en los rangos de 0.30 y 0.40, por tal motivo se realizó el análisis para estos valores específicos de acidez, sin embargo si el valor de acidez de aceite reutilizado no se encuentra en estos valores se debe de realizar un balance de materiales como lo muestra el apéndice 1 y 2.

- **Elaboración de una matriz que facilite la adición de aceite reutilizado, respecto a la acidez del freidor, vs. la acidez del aceite reutilizado, sin sobrepasar el parámetro del operador de 0.35.**

El parámetro máximo permitido por el departamento de calidad para la fritura continua es un aceite con una acidez de 0.40. Sin embargo la matriz se realizó con un límite de parámetro de acidez de 0.35 (debido a que se debe evitar que el aceite de fritura adquiriera acidez del freidor igual o mayor a 0.40, se arriesga a desechar todo el aceite de la freidora) ya que éste es el parámetro del operador, con el cual opera el equipo de freído.

La matriz se realizó analizando los datos véase *apéndice 3, página 47*, en la cual se optó, por realizar un resumen de los datos véase *tabla 7, página 29*, que es la regresión de datos del total de una corrida ya que en esta se brinda el porcentaje inicial de la acidez del nivel bajo, el porcentaje final de acidez normal (es la acidez real de la mezcla de todas las dosificaciones) y la cantidad total de aceite reutilizado dosificado, que son los valores que se utilizaron para realizar la tabla de análisis de regresión.

Tabla 7

Resumen obtenido de los ácidos grasos libres obtenidos de las muestras de aceite del freidor y aceite reutilizado. Como el volumen del aceite reutilizado adicionado por cada corrida.

Datos de operación resumen			
Y	x ₁	x ₂	x ₃
660.329340667	0.35	0.37	0.15
836.38	0.31	0.36	0.23
660.33	0.24	0.31	0.33
740.80	0.21	0.33	0.46
828.42	0.28	0.42	0.58

Fuente: elaboración propia, 2016

Los datos de la tabla de operación completa, con la cual se realizó el sistema de ecuaciones de la regresión por ajuste de mínimos cuadrados se encuentra en *apéndice 4, página 49*.

Sistema de ecuaciones

Para obtener esta ecuación es necesario realizar un sistema de ecuaciones de 4 x 4, respectivamente siendo éste:

$$\sum Y = na + b\sum X_1 + c\sum X_2 + d\sum X_3$$

$$\sum X_1 * Y = a\sum X_1 + b\sum (X_1)^2 + c\sum X_1 * X_2 + d\sum X_1 * X_3$$

$$\sum X_2 * Y = a\sum X_2 + b\sum X_1 * X_2 + c\sum (X_2)^2 + d\sum X_2 * X_3$$

$$\sum X_3 * Y = a\sum X_3 + b\sum X_1 * X_3 + c\sum X_2 * X_3 + d\sum (X_3)^2$$

$$Yc = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$$

Tabla 8

Matriz general y matriz inversa, del sistema de ecuaciones.

matriz general				
5.00 a	1.40 b	1.78 c	1.74 d	3726.25
1.40 a	0.41 b	0.50 c	0.46 d	1044.38
1.78 a	0.50 b	0.64 c	0.63 d	1334.89
1.74 a	0.46 b	0.63 c	0.73 d	1325.92

matriz inversa			
18.41	138.78	-200.80	41.34
138.78	16114.85	-17654.48	4685.70
-200.80	-17654.48	19489.60	-5145.02
41.34	4685.70	-5145.02	1371.50

Fuente: elaboración propia, 2016

Para elaborar la matriz fue necesario encontrar Y_c , según la ecuación $Y_c = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$, ésta ecuación fue determinada para encontrar la relación entre la acidez del aceite en el freidor (nivel mínimo) (X_1), acidez del aceite en el freidor (nivel normal) (X_2) y la acidez del aceite reutilizado a agregar (X_3), con él volumen medido en litros respecto a la última acidez (Y_c).

Tabla 9

Los valores de las incógnitas a, b, c y d encontrados, por un sistema de ecuaciones y ecuación de Y_c

Solución	
a	305.53
b	-6850.69
c	8435.46
d	-1849.86

Los valores encontrados se sustituyen en la siguiente ecuación:

$Y_c = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$, quedando de la siguiente manera

$$Y_c = 305.53 - 6850.69 X_1 + 8435.46 X_2 - 1849.86 X_3$$

Fuente: elaboración propia, 2016

Tabla 10

Matriz de dosificación de aceite

Acidez del aceite en	Acidez del aceite en tanque reutilizado																				
	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60
Freidor	2066	2029	1992	1955	1918	1881	1844	1807	1770	1733	1696	1659	1622	1585	1548	1511	1474	1437	1400	1363	1326
0.12	1929	1892	1855	1818	1781	1744	1707	1670	1633	1596	1559	1522	1485	1448	1411	1374	1337	1300	1263	1226	1189
0.14	1792	1755	1718	1681	1644	1607	1570	1533	1496	1459	1422	1385	1348	1311	1274	1237	1200	1163	1126	1089	1052
0.16	1655	1618	1581	1544	1507	1470	1433	1396	1359	1322	1285	1248	1211	1174	1137	1100	1063	1026	989	952	915
0.18	1518	1481	1444	1407	1370	1333	1296	1259	1222	1185	1148	1111	1074	1037	1000	963	926	889	852	815	778
0.20	1381	1344	1307	1270	1233	1196	1159	1122	1085	1048	1011	974	937	900	863	826	789	752	715	678	641
0.22	1244	1207	1170	1133	1096	1059	1022	985	948	911	874	837	800	763	726	689	652	615	578	541	504
0.24	1107	1070	1033	996	959	922	885	848	811	774	737	700	663	626	589	552	515	478	441	404	367
0.26	970	933	896	859	822	785	748	711	674	637	600	563	526	489	452	415	378	341	304	267	230
0.28	833	796	759	722	685	648	611	574	537	500	463	426	389	352	315	278	241	204	167	130	93
0.30	696	659	622	585	548	511	474	437	400	363	326	289	252	215	178	141	104	67	30	-7	-44
0.32	559	522	485	448	411	374	337	300	263	226	189	152	115	78	41	4	-33	-70	-107	-144	-181
0.34	422	385	348	311	274	237	200	163	126	89	52	15	-22	-59	-96	-133	-170	-207	-244	-281	-318
0.36	285	248	211	174	137	100	63	26	-11	-48	-85	-122	-159	-196	-233	-270	-307	-344	-381	-418	-455
0.38	148	111	74	37	0	-37	-74	-111	-148	-185	-222	-259	-296	-333	-370	-407	-444	-481	-518	-555	-592
0.40																					

Fuente: elaboración propia, 2016

Observaciones: el límite máximo de acidez del aceite en el freidor según el departamento de control de calidad es de 0.40, sin embargo por sugerencia del supervisor de producción se utilizó un máximo de 0.35 en este estudio. Y la intersección de la columna vs fila, son los litros a adicionar.

- Para utilizar la ecuación y matriz anterior, se va sustituyendo los valores de la columna (X_1), el valor constante de proceso, que es el parámetro del operador de ($X_2=0.35$), y el valor de la fila (X_3). Para encontrar la celda (Y_c) mediante la intersección de la columna, vs. la fila.

$$Y_c = 305.5 - 6850.69 \text{ (0.12)} + 8435.46 \text{ (0.35)} - 1849.86 \text{ (0.20)}$$

$$Y_c = \mathbf{2066 \text{ litros}}$$

Es decir, que cuando se relaciona 0.12 de acidez del aceite en freidor en nivel bajo (siendo éste el nivel en el cual el freidor necesita del suministro de aceite) y 0.20 de acidez del aceite reutilizado en tanque de almacenamiento, se obtiene la cantidad de 2066 litros de aceite reutilizado que hay que agregar. De esta misma manera se fueron relacionando todos los valores y se elaboró la matriz.

16.CONCLUSIONES

- 16.1** Se confirma la hipótesis planteada ya que si es posible evaluar la reutilización del aceite oleína de palma, en la elaboración de snacks, utilizando el método de análisis de regresión por ajuste de mínimos cuadrados. Para encontrar la relación adecuada entre el volumen de aceite en la freidora y el de aceite de reutilización, que logre aumentar el consumo de aceite reutilizado y que a la vez mantenga el porcentaje de ácidos grasos libres de la mezcla por debajo de 0.40.
- 16.2** Al operador se le facilitará adicionar la cantidad de aceite reutilizado al iniciar el proceso, sin sobrepasar el porcentaje de acidez de 0.20 en la mezcla inicial de proceso; con la utilización de la tabla que relaciona la adición de aceite reutilizado y aceite nuevo después de un lavado de equipo. Véase *tabla 6 página 27*, “Formato de inicio de proceso de aceite después de un lavado”.
- 16.3** La ecuación que expresa la relación óptima entre aceite en proceso del freidor, aceite reutilizado y la adición del aceite reutilizado de acuerdo con la acidez del aceite en el proceso de freído recomendado por el Departamento de Control de Calidad es $Y_c = 305.53 - 6850.69 X_1 + 8435.46 X_2 - 1849.86 X_3$.
- 16.4** Se elaboró una matriz que relaciona la acidez del aceite en el freidor con la acidez y volumen del aceite reutilizado, véase *tabla 10, página 32*, sin sobrepasar el límite establecido de fritura del snack de 0.40.

17.RECOMENDACIONES

- 17.1** Adicionar después de un lavado de equipo, en primera instancia el aceite reutilizado proveniente del tanque A ó B, ya que éste aceite si se puede cuantificar, adicionando a continuación el aceite nuevo.
- 17.2** Utilizar un índice de acidez de 0.35 a 0.40 para la fritura de snack, ya que es el parámetro máximo de fritura.
- 17.3** Dosificar aceite nuevo cuando el índice de acidez asciende a 0.35.
- 17.4** Capacitar a los operarios sobre la utilización de la matriz de dosificación de aceite.
- 17.5** Capacitar a los operarios sobre la utilización de la matriz de dosificación de aceite elaborada.

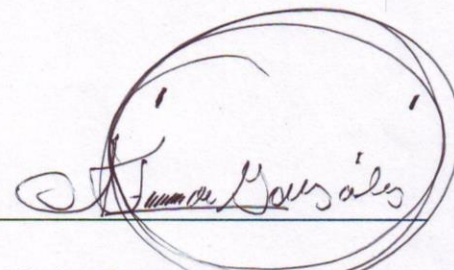
18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acepalma. S.A, A. (2009). Recuperado el 29 de septiembre de 2015, de <http://www.acepalma.com/Productos.php#TopServicios>
2. Aylón, M. A. (2003). *Estudio de utilizacion de aceite para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas*. Barcelona, ES.
3. Badui Dergal, S. (2006). *Quimica de los Alimentos*. (4ta. ed) México, D.F. : Pearson Education.
4. Bailey, A. E. (1984). *Industrial oil and fat products*, .Barcelona, ES.: Reverté.
5. Barreto, G. K. (marzo de 2012). *Determinación del método óptimo para la medición del contenido de ceras del aceite de girasol, blanqueado y desencerado*. Universidad de Carabobo Facultad de Ciencias y Tecnologia Departamento de Química, Licenciatura Química. Recuperado el 30 de septiembre de 2015.
6. Cenipalma. (2010). *Lípidos y Salud*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de http://www.portalpalmero.com/bigdata/lapalma/pdf/lipidos_y_salud_Numero_2.pdf
7. Council, T. E. (2015). *EU FIC*. Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de <http://www.eufic.org/index/en/>
8. Fennema, O. R. (1982). *Introduccion a la Ciencia de los Alimentos*. (4ta. ed) España: Reverté. Recuperado el 20 de octubre de 2015, de <http://www.cianciadealimentos.com/>
9. Lee, L. W. (5 de Enero de 2015). Reverté. *eHow*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, Recuperado de http://www.ehowenespanol.com/oleina-palma-hechos_152723/
10. Lehninger, A. L. (1985). *Curso breve de Bioquimica*. Barcelona, ES.: Omega, S.A.

11. López, S. C. (2015). *Determinación de ácidos grasos libres*. Guatemala GT.: Departamento de Control de Calidad/Pepsico, Inc/Frito Lay.
12. Lusas, E. R. (s.f.). *Snack food processing*.(1. ed).Estados Unidos: CRC PRESS. 639p.
13. Mafin. (2011). *Mafin*. Recuperado el 27 de marzo de 2015, de <http://www.mymafin.com/>
14. Matz, S. A. (1993). *Snack Food Technology*. Westport, USA.: Pan Tech Intl.
15. Morales, M. S. (28 de Mayo de 2010). *Deterioro de aceite de soya y oleina de palma durante el freido de papas a la francesa*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://andeguat.org.gt/wp-content/uploads/2015/03/DETERIORO-DE-ACEITE-DE-SOYA-Y-OLEINA-DE-PALMA-DURANTE-EL-FREIDO-DE-PAPAS-A-LA-FRANCESA-.pdf>
16. Nations, F. F. (2015). *Nutrición Humana en el mundo en desarrollo. Depósito de documentos de la FAO. Macronutrientes*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0d.htm#bm13x>
17. Ortuño, M. F. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Madrid, ES.: Aiyana.
18. Riqué, J. B. (2004). *Aceite de soya, su uso en la fabricación de aceites y grasas comestibles*. Madrid, ES.: Asociación Americana de Soya, A.C.
19. Sandra, R. D. (30 de julio de 2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria*.Recuperado el 29 de septiembre de 2015, de An analysis of the properties of oil palm in the development of the its industry

20. Sarabia Alegría, J. M. (2005). *Curso Básico de Estadística para Economía y Administración de Empresas*. Santander. Cantabria, ES.: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
21. Stauffer, C. E. (1996). *Fats & Oils*. St. Paul, Minnesota, USA: Eagan Press Handbook Series.
22. Torres, A. D. (2013). *Procesos de Cereales y Oleaginosas*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado el 29 de septiembre de 2015,
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211615/Modulo_exe/211615_Mexe/index.html
23. Vegetales, (2014). *Aceite de Maíz y Canola Guatemala*, GT.:
24. Vegetales, (2014). *Aceite de Oliva. Guatemala*, GT.:

VoBo:



Licda. Teresa González

Biblioteca CUNSUROC .



ANEXOS

Anexo 1: ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza.

Tabla 11

Ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza

Átomos de carbono	Estructura	Nombre Trivial
Ácidos grasos saturados		
12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Ácido láurico
14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Mirístico
16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Palmítico
18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Esteárico
20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Araquídico
24:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Lignocérico
Ácidos grasos no saturados (insaturado)		
16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Palmitoleico
18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Oleico
18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linoleico
18:3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linolénico
20:4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Araquidónico

Fuente: (Aylón, 2003)

Los ácidos grasos Palmitoleico y Oleico, pertenecen al grupo de los ácidos grasos monoinsaturados, porque contienen solamente un doble enlace. Y los ácidos grasos Linoléico, Linolénico y Araquidónico pertenecen al grupo de los ácidos grasos poliinsaturados, porque contienen dos o más dobles enlaces en la estructura.

Anexo 2: composición de ácidos grasos de aceites y grasas

Tabla 12:

Composición de ácidos grasos de aceites y grasas

Aceite o grasa	Proporción Insat/Sat.	Ácidos grasos saturados					Monoinsaturados	Poliinsaturados	
		Ácido Cáprico C10:0	Ácido Láurico C12:0	Ácido Mirístico C:14:0	Ácido Palmítico C16:0	Ácido Esteárico C18:0		Ácido Linoleico (Ω6) C18:2	Ácido linolénico (Ω3) C18:3
Canola	15.7	-	-	-	4	2	62	22	10
Girasol	7.3	-	-	-	7	5	19	68	1
Soja	5.7	-	-	-	11	4	24	54	7
Maiz	6.7	-	-	-	11	2	28	58	1
Oliva	4.6	-	-	-	13	3	71	10	1
Palma	1.0	-	-	1	45	4	40	10	-
Oleína de palma	1.3	-	-	1	37	4	46	11	-

Fuente: (Barreto, 2012)

Anexo 3: características físico-químicas del aceite oleína de palma

Tabla 13

Características físico-químicas del aceite oleína de palma

ANÁLISIS	PARÁMETRO
Índice de yodo	56.0 – 61.0 gm I ₂ /100 g
Índice de peróxidos	1.0 Meq/Kg Máximo
Ácidos grasos libres (oleico)	0.050 % máximo
Color (Lovibond)	5.0 rojo máximo
Punto de fusión	17.0- 24.0 °C
Olor y sabor	3.5-5.0
Impurezas	Negativo

Fuente: (Barreto, 2012)

Análisis opcional

PERFIL DE ACIDOS GRASOS	RANGO (%)
Ácido láurico	0.1-0.6
Ácido Mirístico	0.85-1.40
Ácido palmitoléico	38.0-42.9
Ácido palmitoléico	0.1-0.3
Ácido esteárico	4.0-5.0
Ácido Oléico	39.8-44.0
Ácido linoléico	9.50-13.40
Ácido linolénico (indefinido)	0.1-0.6
Ácido arácídico	0.2-0.6

Fuente: (Barreto, 2012)

Anexo 4: manual de operación

CLASIFICACIÓN: MÉTODO ANALÍTICO

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS LIBRES

RESPONSABLE: CONTROL DE CALIDAD

1. FUNDAMENTO

El índice de acidez es una medida del grado al cual se han descompuesto los glicéridos de aceite por acción de la lipasa o alguna otra causa. La descomposición es acelerada por el calor y la luz. Se expresa generalmente como porcentaje de ácidos grasos calculados en términos del ácido oleico; es el número de miligramos de NaOH necesarios para neutralizar la acidez libre de 1 gramo de muestra.

2. ALCANCE

Como la rancidez se acompaña usualmente de formación de ácidos grasos libres, la determinación es, con frecuencia, usada como una indicación general de la condición y comestibilidad de los aceites. Se aplica a los aceites en recepción y de freído.

3. DEFINICIONES

No aplica

4. RESPONSABILIDADES

Del químico analista de cc: elaborar o actualizar el documento. Del facilitador de cc: revisar y emitir el documento. Del gerente de sistemas de soporte: distribuir y controlar el documento. Del gerente de calidad: cumplir y hacer cumplir el presente. Del personal técnico: aplicar el mismo.

5. MÉTODO

5.1 SOLUCIONES Y REACTIVOS

5.1.1 Alcohol isopropílico.

5.1.2 Solución indicadora de fenolftaleína al 1% en alcohol al 95%

5.1.3 Solución valorada de hidróxido de sodio 0,1 N (Ver MA-LC-113)

5.2 PRECAUCIONES

5.2.1. Debido a que la titulación debe ser en caliente, es conveniente el uso de guantes de tela para prevenir quemaduras.

5.3 MATERIAL Y EQUIPO.

5.3.1. Termómetro digital

5.3.2. Pipeta de 5 ml

5.3.3. Balanza analítica capacidad de 1000 g

5.3.4. Bureta de 25 ml

5.3.5. Matraz Erlenmeyer de 250 ml

5.3.6. Parrilla

5.3.7. Probeta de 50 ml

5.4. PROCEDIMIENTO

5.4.1. La muestra debe estar enteramente líquida y bien mezclada. En un Erlenmeyer de 250 ml pesar 28.2 g en el caso de aceite nuevo y 14.1 g para aceite usado.

5.4.2. En un matraz por separado, neutralizar el alcohol con NaOH 0,1 N adicionando de 2 a 4 gotas de fenolftaleína, como indicador. Adicionar NaOH hasta la aparición de un color rosa (el color debe persistir por 30 segundos).

5.4.3. Añadir 50 ml de alcohol neutralizado a la muestra y dos gotas de indicar, calentar en baño maría agitando ocasionalmente.

5.4.4. Titulación con NaOH 0,1 N agitando vigorosamente hasta la aparición de color rosa.

5.5 CÁLCULOS

El porcentaje de ácidos grasos libres se calcula multiplicando los mililitros de álcali utilizados por el factor correspondiente. En el caso de aceite nuevo 0.1 y para aceite usado 0.2

Ejemplo:

Aceite nuevo +0,5 mililitros de hidróxido de sodio utilizados.

$0,5 * 0,1 = 0,05\%$ AGL.

5.6 NOTAS

5.6.1. No calentar la muestra arriba de 65°C ya que puede evaporar el alcohol.

19. APÉNDICES

Apéndice 1: Balance de materiales acidez en aceite reutilizado 0.30

Nomenclatura		
R: Aceite Reutilizado	XR ^a Acidez en aceite reutilizado	0.30
N: Aceite Nuevo	XN ^a Acidez en aceite Nuevo	0.05
F: Mezcla Final	XF ^a Acidez de la mezcla	0.20

Balance General		
R +	N =	F
R +	N =	2157.68
	N =	2157.68 - R
Balance Parcial de Acidez		
R * XRa +	N * XNa =	F * XF _a
R * 0.3 +	(2157.69-R) * 0.05 =	2157.70 * 0.20
0.30 R + 107.89 -	0.05 R =	431.54
	0.25 R =	323.65
	R =	1294.60 litros
	R =	60.00%

Sustituyendo el valor de aceite reutilizado en el balance general

Balance General		
R +	N =	F
R +	N =	2157.68
	N =	2157.68 - R
	N =	2157.68 - 1294.60
	N =	863.09 litros
	N =	40.00%

Fuente: elaboración propia, 2016

Apéndice 2: Balance de materiales acidez en aceite reutilizado 0.40

Nomenclatura		
R: Aceite Reutilizado	XR ^a Acidez en aceite reutilizado	0.40
N: Aceite Nuevo	XN ^a Acidez en aceite Nuevo	0.05
F: Mezcla Final	XF ^a Acidez de la mezcla	0.20

Balance General		
R +	N =	F
R +	N =	2157.68
	N =	2157.68 - R

Balance Parcial de Acidez						
R *	XR _a +		N *	XN _a =	F *	XF _a
R *	0.40 +	(2157.69-R) *	0.05	=	2157.68 *	0.20
0.40 R +	107.89 -	0.05 R =	431.54			
		0.35 R =	323.65			
		R =	924.71 litros			
		R =	43.00%			

Sustituyendo el valor de aceite reutilizado en el balance general

Balance General		
R +	N =	F
R +	N =	2157.68
	N =	2157.68 - R
	N =	2157.68 - 924.71
	N =	1232.97 litros
	N =	57.00%

Fuente: elaboración propia, 2016

Apéndice 3: datos obtenidos de los ácidos grasos libres obtenidos de las muestras de aceite del freidor y aceite reutilizado. Como el volumen del aceite reutilizado adicionado por cada corrida.

Tabla14

Nivel bajo (plg)	Nivel Normal (plg)	X ₁ porcentaje de acidez nivel bajo	X ₂ porcentaje de acidez nivel normal	Volumen (Y) Litros	X ₃ porcentaje de acidez aceite reutilizado
4. 6/16	4. 10/16	0.35	0.35	117.39	0.14
4. 7/16	4. 10/16	0.36	0.36	73.37	0.16
4. 6/16	4 1/2	0.36	0.35	88.04	0.15
4. 6/16	4 1/2	0.37	0.36	102.72	0.14
4. 3/16	4 1/2	0.38	0.38	73.37	
4. 5/16	4. 10/16	0.37	0.38	102.72	
4. 6/16	4. 10/16	0.37	0.37	102.72	
				660.33	0.15

4. 5/16	4. 11/16	0.31	0.32	87.62	0.22
4. 6/16	4. 11/16	0.31	0.32	111.52	0.23
4. 6/16	4. 11/16	0.32	0.33	159.31	
4. 3/16	4 3/4	0.33	0.33	159.31	
4. 4/16	4. 11/16	0.33	0.32	119.48	
4. 1/2	4. 10/16	0.34		87.62	
4. 5/16	4. 10/16	0.35	0.36	111.52	
				836.38	0.23

4. 5/16	4. 10/16	0.24	0.23	73.37	0.32
4. 6/16	4. 9/16	0.24	0.24	117.39	0.34
4. 7/16	4. 9/16	0.24	0.24	58.70	
4. 6/16	4. 11/16	0.26	0.25	73.37	
4. 1/4	4. 10/16	0.28	0.27	176.09	
4. 6/16	4. 11/16	0.30	0.30	102.72	
4. 7/16	4. 1/2	0.29	0.31	58.70	
				660.33	0.33

4. 5/16	4. 11/16	0.21	0.23	151.35	0.46
4. 7/16	4. 11/16	0.22	0.25	103.55	
4. 7/16	4 3/4	0.25	0.27	103.55	0.47
4. 7/16	4 3/4	0.26	0.28	79.66	
4. 7/16	4. 11/16	0.28	0.29	103.55	
4. 7/16	4. 11/16	0.30	0.32	127.45	0.44
4. 1/4	4. 11/16	0.32	0.33	71.69	
				740.80	0.46

4. 5/16	4. 11/16	0.28	0.30	143.38	0.58
4. 6/16	4. 10/16	0.29	0.31	135.41	
4. 7/16	4.11/16	0.32	0.34	111.52	
4. 7/16	4 3/4	0.34	0.36	135.41	
4. 5/16	4 3/4	0.35	0.38	151.35	
4. 5/16	4 3/4	0.39	0.42	151.35	
				828.42	0.58

Fuente: elaboración propia, 2016

Una corrida representa siete muestras en cada nivel del freidor siendo éstos niveles, el bajo y el normal. Y en cada intervalo de porcentaje de acidez que son, (0,10-0,19), (0,20-0,29), (0,30-0,39), (0,40-0,49), (0,50-0,59).

Tabla 15

Apéndice 4

Datos de operación

Datos de Operación													
Y	Yc	x ₁	x ₂	x ₃	(x ₁) ²	x ₁ *x ₂	x ₁ *x ₃	(x ₂) ²	x ₂ *x ₃	(x ₃) ²	x ₁ *y	x ₂ *y	x ₃ *y
660.33	731.42	0.35	0.37	0.15	0.13	0.13	0.05	0.14	0.05	0.02	233.76	244.32	96.41
836.38	739.37	0.31	0.36	0.23	0.10	0.11	0.07	0.13	0.08	0.05	262.62	297.75	189.02
660.33	660.88	0.24	0.31	0.33	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	157.16	203.38	218.57
740.80	768.37	0.21	0.33	0.46	0.04	0.07	0.10	0.11	0.15	0.21	155.57	241.50	339.78
828.42	826.21	0.28	0.42	0.58	0.08	0.12	0.17	0.18	0.24	0.34	235.27	347.93	482.14
Σ	3726.25	1.40	1.78	1.74	0.41	0.50	0.46	0.64	0.63	0.73	1044.38	1334.89	1325.92

Fuente: elaboración propia, 2016

20.GLOSARIO

1. **Aceite crudo:** se obtiene por el proceso de extracción mecánica o por solventes (Cenipalma, 2010).
2. **Aceite nuevo:** es el aceite oleína de palma que no ha sufrido alguna degradación a sus propiedades físicas o químicas, es el aceite que se encuentra en los tanques de materia prima y es dosificado a las líneas de producción. Tienen un porcentaje de acidez de (0,05-0,07) (Cenipalma, 2010).
3. **Aceite usado o de descarte:** es el aceite oleína de palma que ha sufrido degradaciones en sus propiedades físicas o químicas, ya que ha sido procesado y contiene diferentes grados de porcentaje de acidez que varía entre (0,10-0,50) (Cenipalma, 2010)
4. **Ácidos grasos libres:** son un grupo de compuestos químicos caracterizados por poseer una cadena hecha de carbón e hidrógeno y que poseen un grupo de ácido carboxílico (COOH) en un extremo de la molécula. Se diferencian entre ellos por el número de átomos de carbono y el número y posición de los enlaces dobles en la cadena. Cuando no se encuentran unidos a otros compuestos se denominan ácido grasos libres (Bailey, 1984).
5. **Ácidos grasos insaturados:** son aquellos ácidos grasos en los cuales los carbonos están unidos por enlaces dobles($\text{C}=\text{C}$) (Bailey, 1984).
6. **Ácidos grasos monoinsaturados:** es un ácido graso que tiene un doble enlace ($\text{C}=\text{C}$) en la cadena de carbón. Un ejemplo es el ácido linoléico (Bailey, 1984).
7. **Ácidos grasos poliinsaturados:** es un ácido graso que tiene más de un enlace doble ($\text{C}=\text{C}$) en la cadena de carbono. Un ejemplo es el ácido linoléico (Bailey, 1984).
8. **Ácidos grasos saturados:** se trata de una cadena de carbón en la cual los carbonos están conectados por un enlace simple uno al otro, identificado como $\text{C}-\text{C}$. no tiene enlaces dobles carbón-carbón (Bailey, 1984) .

- 9. A.G.L. Porcentaje de acidez, acidez, índice de acidez:** es una medida del grado al cual se han descompuesto los glicéridos de aceite por acción de la lipasa o alguna otra causa. La descomposición es acelerada por el calor y la luz. Se expresa generalmente como porcentaje de ácidos grasos calculados en términos del ácido oleico; es el número de miligramos de NaOH necesarios para neutralizar la acidez libre de 1 gramo de muestra (Cenipalma, 2010).
- 10. Álcali:** cualquier sustancia soluble que puede neutralizar los ácidos. Tiene un pH mínimo de 7,0 (Council, 2015).
- 11. Antioxidante:** compuestos que pueden inhibir el desarrollo de la oxidación que es la causante de la rancidez de los productos terminados (Council, 2015).
- 12. Banda sumergidora:** faja metálica, la cual se encuentra dentro del freidor y está sumerge al snack para su correcta adsorción de aceite, brindando una fritura óptima.
- 13. Blanqueado (decoloración):** se suele hacer con tierras decolorantes (bentonitas) o carbón activo que absorben los colorantes naturales y otras materias en suspensión, jabones, fosfátidos, agua y metales residuales en caso de grasas hidrogenadas. La eficacia aumenta con la temperatura, evitando reacciones de pardeamiento (Fennema, 1982).
- 14. Catch box:** caja de recirculación de aceite, del freidor al intercambiador de calor, la cual contiene una llave y se puede adquirir una muestra de aceite para su análisis.
- 15. Cadena hidrocarbonada:** cadena de átomos de carbono unidos entre sí a través de enlaces simples, dobles o triples; cada uno de los cuales a su vez unidos a átomos de hidrógeno u otros radicales que pueden o no ser otras cadenas hidrocarbonadas (Council, 2015).
- 16. Ceras:** son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga (Council, 2015).
- 17. Depósitos poliméricos:** moléculas orgánicas unificadas provenientes de monómeros (Lusas).

- 18. Desgomado:** se realiza con la finalidad de separar restos de proteínas, hidratos de carbono, fosfátidos y el agua (Fennema, 1982).
- 19. Desodorizado:** vertiendo la grasa o aceite caliente en una torre de vacío por la que circula vapor a contracorriente, que arrastra las sustancias odoríficas indeseables como aldehídos y cetonas y elimina peróxidos, carotenoides y ácidos grasos libres residuales (Fennema, 1982).
- 20. Diglicéridos:** un compuesto que tiene una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos (Council, 2015).
- 21. Emulsificantes:** material que disminuye la energía superficial entre dos fases inmiscibles (aceite y agua) de manera que facilita la dispersión de una fase sobre la otra (Council, 2015).
- 22. Extracción mecánica:** se refiere al proceso de molienda de las oleaginosas donde básicamente el aceite disponible en ellas es removido usando prensas expeller para exprimir el aceite y dejar la pasta prensada con un contenido de aceite residual (Lusas).
- 23. Extracción por solventes:** se utiliza compuestos como hexano como solvente, extrayendo el aceite de las harinas con un cierto tiempo de retención en el extractor (Lusas).
- 24. Fraccionamiento:** ésta técnica permite aislar las diversas clases de triglicéridos sin cambiar la distribución de la posición de los ácidos grasos. El objetivo es modificar su textura y punto de fusión (Lusas).
- 25. Fosfolípidos:** componente natural de las grasas, que tiene un fosfato éster asociado con el glicérido. Es un surfactante que ayuda en la emulsificación (Badui Dergal, 2006).
- 26. Freído:** proceso de cocción de alimentos por inmersión en un aceite o grasa comestible que está a una temperatura superior al punto de ebullición del agua, por lo general (160-200) °C. Se da una deshidratación del alimento, lo que ocasiona la absorción de aceite en los espacios que deja el agua. Cuando está bien realizado el proceso y a la temperatura adecuada, el resultado es un alimento seco, crujiente y dorado (Bailey, 1984).

- 27. Freidor:** es el equipo principal en el cual se desarrolla la fritura, este consta de dos partes, freidor e intercambiador de calor, por medio del cual recircula el aceite para que éste no descienda de temperatura.
- 28. Glicéridos:** compuesto que tiene uno o más ácidos grasos unidos al glicerol (Council, 2015).
- 29. Glicerol:** es una cadena de tres carbonos en la que cada carbono contiene alcohol. Uno, dos o tres ácidos grasos pueden estar unidos al glicerol (Council, 2015).
- 30. Grupo metilo:** es un sustituyente formado por la separación de un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado (Matz, 1993).
- 31. Hidrólisis:** se trata de una reacción química en la cual una sustancia reacciona con el agua de manera que es convertida en una o más sustancias. Tal como sucede con las grasas naturales que se transforman en glicerol y ácidos grasos (Matz, 1993).
- 32. Llenado de aceite automático:** opción que maneja el freidor en el panel de control de manejo de aceite, para realizar dosificaciones automáticas de aceite en función de la absorción de aceite del snack, cuando el freidor se encuentre en nivel bajo (elaboración propia, 2016).
- 33. Llenado de aceite manual:** opción que maneja el freidor en el panel de control en la opción de manejo de aceite, para no dosificar aceite cuando este en nivel bajo (elaboración propia, 2016).
- 34. Mesocarpio:** es la capa intermedia del pericarpio, esto es, la parte del fruto situada entre endocarpio y epicarpio (Barreto, 2012).
- 35. Monoglicérido:** es un compuesto que tiene una molécula de glicerol unido a un ácido graso (Badui Dergal, 2006).
- 36. Nivel bajo en freidora:** es el nivel que marca el sensor del freidor cuando es necesaria la dosificación de aceite (elaboración propia, 2016).
- 37. Nivel normal en freidora:** es el nivel que marca el sensor del freidor cuando éste está con la cantidad total de aceite necesaria para el proceso de fritura.

- 38. Oxidación:** reacción química en la cual el enlace doble de la molécula del lípido reacciona con el oxígeno produciendo una variedad de productos químicos. Las consecuencias de esta reacción son una disminución del valor nutricional el alimento y la formación de sabores no deseables acompañados de rancidez (Bailey, 1984).
- 39. Panel de control freidor:** pantalla con todas las funciones que se le pueden hacer al freidor (elaboración propia, 2016).
- 40. Pellet:** es una denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado y/o comprimido (elaboración propia, 2016).
- 41. Punto de fusión:** se trata de la temperatura a la cual un sólido se convierte en líquido debido a la mezcla de compuestos, ellas tienden a derretirse en un rango amplio de temperaturas. La temperatura de fusión específica se determina cuando se calienta una grasa y se anota la temperatura a la cual se observa el evento específico que coincide con su conversión a la fase líquida (Council, 2015).
- 42. Punto de humeo (estabilidad térmica):** es la temperatura en la que se forman compuestos de degradación, visibles y depende de los ácidos grasos libres en la grasa. Son compuestos volátiles otorgan al alimento un gusto desagradable. Por encima del punto de humeo surge el punto de ignición, donde comienza la combustión (Council, 2015).
- 43. Punto de ignición:** se denomina punto de ignición o punto de inflamación de una materia combustible al conjunto de condiciones físicas (presión, temperatura) necesarias para que la sustancia empiece a arder y se mantenga la llama sin necesidad de añadir calor exterior (Council, 2015).
- 44. Rancidez oxidativa:** es el deterioro más común en las grasas y aceites y se refiere a la oxidación de los ácidos grasos insaturados pero también se presentan en otros compuestos de interés biológico, como vitamina A y carotenoides. En la oxidación se generan compuestos que mantienen y

aceleran compuestos de degradación que transfieren el olor típico de grasas oxidadas (Council, 2015).

- 45. Refinación o neutralización:** para eliminar los ácidos grasos libres originados por lipólisis antes de la extracción, materias en suspensión y colorantes, homogeneizándolos con soluciones de sosa caústica en presencia de los disolventes de extracción (la solución de aceites e impurezas se denomina miscela) con posterior centrifugación y lavado con agua. Por último, se eliminan los disolventes por evaporación (Cenipalma, 2010).
- 46. Surfactante:** es un compuesto químico que disminuye la tensión superficial entre dos fases, ejemplo aceite y agua (Fennema, 1982).
- 47. Snack:** son un tipo de alimento que no es considerado como uno de los alimentos principales del día, éstos contienen grandes cantidades de edulcorantes, conservantes y un porcentaje de (5-40) % de grasa. Un sin número de alimentos pueden ser utilizados como snacks, siendo los más populares las papas fritas, frituras de maíz, pretzels, nueces y snacks extruidos (Lusas).
- 48. Tanque de almacenamiento de aceite A:** es el tanque de almacenamiento de aceite de la línea de producción donde se realizará la investigación (elaboración propia, 2016).
- 49. Tanque de almacenamiento de aceite B:** es el tanque de almacenamiento de aceite de la línea de producción donde se realizará la investigación.
- 50. Triglicéridos:** son tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol. Si los tres ácidos grasos son iguales, se trata de un triglicérido simple. Si los tres ácidos grasos son diferentes, se trata de un triglicérido mixto o compuesto. Los triglicéridos mixtos son los más comunes de grasas y aceites (Fennema, 1982).



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Sur Occidente
-CUNSUROC-USAC-

Mazatenango, Such. 25 de mayo de 2016

Señores Miembros
Comité de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
Centro Universitario del Sur Occidente

Estimados señores:

Atentamente, nos dirigimos a ustedes deseándoles éxitos en sus actividades diarias.

El objeto de la presente es para indicarles que como evaluadores, hemos revisado el seminario II del trabajo de graduación titulado "**Evaluación de la reutilización del aceite oleína de palma al elaborar snacks**", elaborado por el estudiante T.U. **Luis Enrique Imeri Ordoñez** con carné **201043157**, el cual consideramos llena los requisitos del reglamento de trabajo de graduación, por lo que considero que puede seguir con el trámite correspondiente.

Agradeciéndoles la atención, nos suscribimos deferentemente,

Doctor PhD. Marco Del Cid

Ing. Marvin Sánchez

MSc. Sammy Ramirez

Id y Enseñad a Todos

Mazatenango 07 de julio de 2016

Doctor Marco Antonio del Cid
Coordinador de Carrera
Ingeniería en alimentos
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Doctor del Cid:

Cumpliendo con el reglamento del Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniería en Alimentos, le informo que el estudiante: **Luis Enrique Imeri Ordoñez**, con número de Carné **201043157**, ha sustentado el examen de Seminario II con el informe final del Trabajo de Graduación Titulado "**Evaluación de la reutilización del aceite oleína de palma al elaborar snacks**", el cual ha sido aprobado, y cumple con los requisitos que exige el reglamento para su debido trámite.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Inga. Aurora Carolina Estrada Elena
Secretaría Comité de Trabajo de Graduación





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CUNSUROC/USAC-I-29-2016

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, 26 de julio de dos mil dieciséis_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes de la Comisión de Tesis y del Secretario del comité de Tesis, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DEL ACEITE OLEÍNA DE PALMA AL ELABORAR SNACKS" del estudiante: Luis Enrique Imeri Ordoñez, carné 201043157 de la carrera Ingeniería en Alimentos.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSC. MIRNA NINETH HERNÁNDEZ PALMA
DIRECTORA INTERINA



/gris