



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

APROVECHAMIENTO DEL ACEITE SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis*) PARA USO AGROINDUSTRIAL

AUTORA

Cynthia Stefany Castro Gaibor

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

APROVECHAMIENTO DEL ACEITE SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis*) PARA USO AGROINDUSTRIAL.

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los
requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniera
Agroindustrial y de Alimentos”

Profesor Guía
PhD. Janeth Fabiola Proaño Bastidas

Autora
Cynthia Stefany Castro Gaibor

Año
2019

DECLARACION DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber guiado este trabajo, Aprovechamiento del aceite Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) para uso agroindustrial, a través de reuniones periódicas con la estudiante Cynthia Stefany Castro Gaibor, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Janeth Fabiola Proaño Bastidas

Doctora en Ingeniería Industrial

C.C:1706515564

DECLARACION DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Aprovechamiento del aceite Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) para uso agroindustrial, de la estudiante Cynthia Stefany Castro Gaibor, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Santiago Mauricio Olmedo Ron

Magister en Gestión de la Producción

C.C:1705972394

DECLARACION DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Cynthia Stefany Castro Gaibor

C.C: 2100540778

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, a mis padres y todas las personas que me han acompañado en el proceso de mis estudios brindándome su apoyo y confianza.

DEDICATORIA

A mis padres y familia
que siempre creyeron
en mí.

RESUMEN

El estudio de la investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad de las Américas, con el objeto de aprovechar el aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en la agroindustria. Se extrajo el aceite en el equipo tornillo sin fin, luego se realizó 5 frituras con papas a 180°C y 10 minutos de cocción tanto para aceite Sacha Inchi como el aceite de Oliva. Se propusieron 10 tratamientos, los 5 primeros pertenecen a las cinco frituras con el aceite Sacha Inchi y los 5 restantes a las frituras con el aceite de oliva. Para esto, se comparó el aceite de Oliva con el aceite de Sacha Inchi por medio de las pruebas físico-químicas como: índice de peróxidos, índice de yodo y prueba de Kreis. El análisis estadístico de los datos reflejó que sólo existen diferencias significativas en la prueba de Kreis para el aceite de Sacha Inchi y aceite de Oliva concluyendo así que los aceites estudiados son similares y presentan casi los mismos comportamientos frente al proceso de fritura.

Palabras claves: extracción, aceite de sachá Inchi, aceite de oliva, fritura.

ABSTRACT

The study of the research was carried out in the laboratories of the University of the Americas, in order to take advantage of Sacha Inchi oil (*Plukenetia volubilis*) in the agroindustry. The oil was extracted in the worm gear, then made 5 fritters with potatoes at 180 ° C and 10 minutes of cooking for both Sacha Inchi oil and olive oil. Ten treatments were proposed, the first 5 belong to the five fritters with the Sacha Inchi oil and the remaining 5 to the frying with the olive oil. For this, olive oil was compared with Sacha Inchi oil through physical-chemical tests such as: peroxide index, iodine index and Kreis test. The statistical analysis of the data showed that there are only significant differences in the Kreis test for Sacha Inchi oil and Olive oil, thus concluding that the oils studied are similar and present almost the same behaviors as the frying process.

Keywords: extraction, Sacha Inchi oil, olive oil, frying.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCION	1
1.1	Alcance	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3.	MARCO TEORICO	3
3.1	Lípidos.....	3
3.1.1	Concepto	3
3.1.2	Clasificación.....	4
3.1.3	Análisis físico y químico.....	5
3.1.4	Métodos de extracción de los aceites.....	7
3.1.5	Deterioro de los lípidos	8
3.2	Sacha Inchi	9
3.2.1	Condiciones del cultivo Sacha Inchi	10
3.2.2	Poda del cultivo Sacha Inchi.....	10
3.2.3	Cosecha del cultivo Sacha Inchi	11
3.2.4	Morfología del Sacha Inchi	11
3.2.5	Características del Sacha Inchi	12
3.2.6	Características físico – químicas del Sacha inchi.....	15
3.2.7	Producción del Sacha Inchi	15
3.2.8	Usos del Sacha Inchi	17
3.2.9	Beneficios del Sacha Inchi en la salud	19
3.2.10	Oferta y demanda.....	20
3.3	Oliva.....	21
3.3.1	Valor nutricional del aceite de oliva	22
3.3.2	Tipos de aceite de oliva	24

3.3.3	Producción del aceite de oliva	24
3.4	Frituras	25
3.4.1	Temperaturas de fritura	26
3.4.2	Preparación del alimento	27
3.4.3	Tipos de equipos de fritura por inmersión.....	27
3.4.4	Problemas principales del proceso de fritura por inmersión.	27
3.4.5	Almacenamiento de patatas	30
3.4.6	Preparación de las patatas fritas	30
4.	METODOLOGIA	30
4.1	Diseño experimental.....	30
4.2	Hipótesis	34
4.3	Obtención del aceite Sacha Inchi	35
4.4	Proceso de frituras	37
4.5	Variables de estudio	39
4.5.1	Caracterización de las grasas.....	39
5.	RESULTADOS Y DISCUSION	41
5.1	Resultados del índice de yodo para el aceite de Sacha Inchi.....	41
5.2	Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Sacha Inchi.....	43
5.3	Resultados de Kreis del aceite de Sacha Inchi.....	45
5.4	Resultados del índice de yodo para el aceite de Oliva.	46
5.5	Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Oliva.....	48
5.6	Resultados de Kreis para el aceite de Oliva.	50
5.7	Resultados del índice de yodo para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.	52
5.8	Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.	52

5.9	Resultados de Kreis para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.....	53
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6.1	Conclusiones.....	55
6.2	Recomendaciones.....	58
	REFERENCIAS.....	59
	ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que influyen en la oxidación de los lípidos.....	9
Tabla 2. Perfil de aminoácidos del Sacha Inchi.....	13
Tabla 3. Características comparativas de semillas oleaginosas (%).....	14
Tabla 4. Pruebas físico-químicas del aceite de Sacha Inchi	15
Tabla 5. Países importadores de aceite	17
Tabla 6. Precio del Sacha Inchi.....	20
Tabla 7. Precio del aceite de Sacha Inchi.	21
Tabla 8. Clasificación de los tipos de aceituna habituales en España	22
Tabla 9. Información nutricional de ácidos grasos del aceite de Oliva (Olea europea).....	23
Tabla 10. El Olivar en el mundo	25
Tabla 11. Factores del modelo experimental.....	31
Tabla 12. Tratamientos del modelo experimental.....	31
Tabla 13. Cuadro del ANOVA del modelo experimental	32
Tabla 14. Descripción de las variables del modelo experimental.....	32
Tabla 15. Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite de Sacha Inchi.....	42
Tabla 16. Resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del Sacha Inchi.....	42
Tabla 17. Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite de Sacha Inchi.....	43
Tabla 18. Resultados del promedio y desviación estándar del índice de peróxidos del Sacha Inchi.	44
Tabla 19. Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite de Sacha Inchi.....	45
Tabla 20. Resultados del promedio y desviación estándar de Kreis del Sacha Inchi.....	45
Tabla 21. Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite de Oliva.....	47
Tabla 22. Resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del aceite de Oliva.....	47
Tabla 23. Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite de Oliva.....	48
Tabla 24. Resultados del promedio y desviación estándar del índice de peróxidos del aceite de Oliva.....	49
Tabla 25. Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite de Oliva.....	50
Tabla 26. Resultados del promedio y desviación estándar de Kreis del aceite de Oliva.....	51

Tabla 27. Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite Sacha Inchi-Oliva.....	52
Tabla 28. Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite Sacha Inchi-Oliva.....	53
Tabla 29. Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite Sacha Inchi-Oliva.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta del Sacha Inchi.....	11
<i>Figura 2.</i> Exportaciones del producto Sacha Inchi según sus principales mercados en el 2017	17
<i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo de la obtención del Aceite Sacha Inchi.....	36
<i>Figura 4.</i> Obtención del aceite Sacha Inchi por el método tornillo sin fin.	37
<i>Figura 5.</i> Diagrama de flujo del proceso de fritura del Aceite Sacha Inchi y del aceite de Oliva.....	38
<i>Figura 6.</i> Proceso de fritura con el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva.	39
<i>Figura 7.</i> Gráfico de los tratamientos para el aceite de oliva en la prueba de Kreis.	51
<i>Figura 8.</i> Gráfico de los tratamientos para el aceite de oliva y sachá inchi en la prueba de Kreis.	55

1. INTRODUCCION

1.1 Alcance

Los aceites vegetales son estructuras orgánicas derivadas de las semillas y de otras estructuras de los vegetales cuyos tejidos dan origen a la energía. Están compuestos por triglicéridos, ácidos grasos libres, diglicéridos, tocoferoles, vitaminas, pigmentos y esteroides (Kiritsakis 1992, Lucía 2018). Los aceites vegetales son usados en alimentación, producción de biodiesel y como materiales naturales en la fabricación de cosméticos. Las principales fuentes de aceites vegetales están en el fruto de la palma, soya, higuera, cacahuate, maíz, Sacha inchi, entre otras oleaginosas.

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*), es una oleaginosa de origen amazónico del Perú, es nombrada también como el "maní del inca" por su historia. Sus semillas tienen grandes cantidades de omega 3, 6 y 9, incluso más que los pescados azules. Este aceite es de buena calidad y es conocido como un ácido graso esencial para la vida (Peter & Spohn, 2013).

La propiedad que más resalta de la semilla de sachá Inchi en relación a otras oleaginosas es su gran cantidad de aceites (54%) y proteínas (33%), asimismo la cantidad elevada de linolénico-omega 3 (48,6%), ácido graso linoleico- omega 6 (36,80%), ácido oleico- omega 9 (8,28%) (Bedor, Calderón, Saltos, & Sánchez, 2017; Huamaní & Flores, 2009).

Entre sus propiedades benéficas tenemos: reducción de obesidad, ayuda en los tratamientos contra el cáncer, previene la diabetes, disminuye enfermedades del corazón, equilibra la presión arterial, ayuda la disfunción eréctil y combate el estrés.

Después de todo, previene el Alzheimer, impulsa el desarrollo infantil, incrementa la concentración mental, mejora la visión y fortalece el sistema inmunológico, dado que el 49% de su composición química pertenece al omega 3 (Huamaní & Flores, 2009).

Visto desde el punto negativo; los aceites vegetales también afectan la salud humana, por ejemplo, el aceite más utilizado en el mundo es el aceite de palma; este aceite nutricionalmente no es bueno para la salud, debido a que es un aceite rico en grasas saturadas (en torno a un 50%), según los expertos, las grasas saturadas incrementan los niveles de colesterol, fomentando la obstrucción de las arterias y causando problemas coronarios graves. (Mundo, 2018).

Los aceites al ser sometidos a procesos de frituras cambian sus propiedades fisicoquímicas convirtiendo un aceite de buena calidad en malo. Por esa razón, el estudio del presente trabajo parte de la obtención del aceite Sacha Inchi en la prensa tornillo sin fin; continúa con la caracterización del aceite Sacha Inchi y aceite de Oliva después de haber sufrido 5 ciclos de fritura a temperatura constante de 180°C y tiempo de 10 minutos; los procesos se harán en los laboratorios de la Universidad de las Américas ubicado en la ciudad de Quito.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Aprovechar el aceite Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) para uso agroindustrial.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar cinco pruebas de fritura con el aceite Sacha Inchi y Oliva.
2. Caracterizar a los aceites usados en el proceso de frituras (índice de yodo, índice de peróxido, kreis)
3. Comparar la caracterización de grasas de los dos aceites.

3. MARCO TEORICO

3.1 Lípidos

3.1.1 Concepto

Los lípidos son compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y cadenas alifáticas que contienen fósforo y nitrógeno; son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos como cloroformo, hexano y éter de petróleo (Badui, 2013).

En los alimentos los lípidos son usados por 3 aspectos importantes: calidad, nutrición y biológico.

Calidad: las grasas forman parte de las membranas biológicas de los alimentos mejorando la estructura por la presencia de los fosfolípidos y el colesterol. Además; es un vehículo que otorga sabor, olor y textura al alimento.

El principal objetivo de un lípido es la palatabilidad que ofrece al consumidor, es decir, si es palatable es aceptado por el que lo consume (Haro, 2019).

Nutrición: el contenido energético de los lípidos es de 9 kcal/g por esa razón cumple muchas funciones en el organismo; por ejemplo, absorbe y transporta las vitaminas liposolubles e interviene en procesos de fisiología celular. Además contiene ácidos

grasos esenciales como el omega 3 y 6 que son ácidos que el hombre debe consumir para mejorar las funciones de su cuerpo (Carbajal, La Nutrición en la red, 2013).

Biológico: los lípidos son mensajeros químicos que pueden infiltrar membranas para llevar señales a otras células; también, ayudan a la protección y al aislamiento contra el frío, promueven la formación del colesterol que es pionero de la producción de la bilis, vitamina D y hormonas esteroidales (Mandal, 2019).

3.1.2 Clasificación

Se clasifican en dos tipos generales: grasas y ceras que contienen enlaces ésteres y se hidrolizan, colesterol y otros esteroides que no pueden hidrolizarse y no contiene enlaces ésteres.

3.1.2.1 Ceras, grasas y aceites

Son mezclas de ácidos carboxílicos de cadena larga (número par de carbonos del 16-36) con alcoholes de cadena larga (número par de carbonos del 24-36).

Las grasas animales y vegetales se encuentran en la naturaleza de diferentes maneras: sólidas como la mantequilla y manteca, líquidas como el aceite de maíz y cacahuete.

Las grasas y los aceites son triacilglicéridos es decir 3 moléculas de glicerol con 3 ácidos grasos. Existe alrededor de 100 ácidos grasos diferentes; entre ellos están los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos insaturados.

Los ácidos grasos saturados comprenden entre 4-26 átomos de carbono, su punto de fusión aumenta con el peso molecular y su solubilidad en agua es inversamente proporcional al peso molecular; los más comunes son el ácido palmítico y el esteárico.

Los ácidos grasos insaturados son cadenas de 16 carbonos en adelante, su punto de fusión disminuye al aumentar el número de dobles enlaces; los más comunes son el ácido oleico (monoinsaturado) y linoleico (poliinsaturado) (McMurry, 2012).

3.1.2.2 Esteroides

El esteroles más abundante en el reino animal es el colesterol representando el 95% en la naturaleza; sus anillos son alifáticos, y su fusión pueden ser CIS o TRANS. Por otro lado; los fitoesteroles ayudan a reducir el colesterol sanguíneo y se recomienda un consumo de 1 a 2 gramos para obtener beneficio (Morrison & Boyd, 1998).

3.1.3 Análisis físico y químico

Las características físico-químicas de los aceites y grasas dependen del origen de la semilla, de la planta, del grado de insaturación (índice de yodo), del tamaño de las cadenas de carbono, de las formas isoméricas de los ácidos grasos, de la estructura molecular de los triglicéridos y de su elaboración. A continuación, se describe de lo que se trata cada uno.

- El índice de yodo: mide la concentración de grasas insaturadas y se define como el número de gramos de yodo que reaccionan con los dobles enlaces de 100g de grasa. Entre mayor índice de yodo mayor nivel de insaturación.
- Punto de fusión: es el proceso en el cual una grasa sólida se transforma en aceite líquido, mientras más larga sea la cadena de ácidos grasos mayor será el punto de fusión; por lo tanto, en su mayoría los ácidos grasos saturados tienen un punto de fusión más elevado que los insaturados. Para los shortenings vegetales y para shortenings fluidos el punto de fusión completa está alrededor de 49°C (120°F).
- Punto de solidificación: es la temperatura a la cual un lípido se hace sólido por la presencia del alto contenido de ácidos grasos saturados, depende de la orientación de las moléculas en estado sólido, del origen del aceite, de los procesos de elaboración, del temperado y de las condiciones de almacenamiento (Lawson, 1999).
- Índice de refracción: relaciona la velocidad de una onda luminosa en el aire con la velocidad en la sustancia grasa. La velocidad de la luz en el aire es siempre mayor que velocidad de la luz en el aceite, por lo tanto, el índice siempre será mayor o igual que la unidad, cuanto mayor es el índice de refracción absoluto de una sustancia, más lento viajará la luz por su interior (Alton, 1984).
- Índice de peróxido: Mide el grado de oxidación de un aceite o grasa, se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa. La reacción se produce debido a que los dobles enlaces de sus ácidos grasos estructurales reaccionan con el oxígeno del aire originando otros compuestos distintos con características de olor y sabor desagradable, esto se conoce como rancidez; el olor rancio se debe por la presencia de aldehídos de

cadena corta y depende del grado de insaturación del aceite y de la longitud de cadena del ácido. Por ejemplo, el índice de peróxido de la grasa de cerdo es de 20 mEq y del aceite de girasol es de 60-80 mEq (Alarcón, Pánez, Ramos, Valle, & Yon Yong, 2010).

- Índice de saponificación: es el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar 1 g de grasa a condiciones específicas, saponificar significa formar jabón; la reacción produce la separación del glicerol con las sales del ácido graso que forman el lípido (Odeon, 2019).
- Temperatura de formación de humo: es la temperatura a la cual un aceite se quema, la mayoría de los aceites vírgenes se queman a temperaturas más bajas que los aceites refinados por sus componentes. Los aceites refinados superan los 200°C (Lawson, 1999).

3.1.4 Métodos de extracción de los aceites.

Existen varios métodos para extraer aceites vegetales, entre ellos tenemos los siguientes (Baley, 1951):

- Extracción por Prensado (frio o caliente)
- Extracción por solventes
- Extracción combinada

Los aceites sometidos a una prensa en caliente son más estables con rendimientos altos en comparación con la prensa en frío; sin embargo, sus propiedades nutricionales bajan.

3.1.5 Deterioro de los lípidos

Los aceites sufren cambios químicos que alteran el valor nutritivo produciendo compuestos volátiles; estas variaciones se dividen en dos grupos: lipólisis o rancidez hidrolítica y oxidación o rancidez oxidativa.

3.1.5.1 Lipólisis o rancidez hidrolítica

La lipólisis es la separación de los enlaces éster de los lípidos obteniendo la glicerina y los ácidos grasos; esta separación se produce por acción enzimática o por calentamiento en presencia de agua. La lipólisis es una de las principales reacciones que se producen durante la fritura de los alimentos, debido a la gran cantidad de agua del producto y a las altas temperaturas del proceso, dando lugar a sabores y olores desagradables conocido como rancidez (Díaz, 2010).

3.1.5.2 Oxidación o rancidez oxidativa.

Es la más común y se trata de la oxidación de los ácidos grasos insaturados; además de las vitaminas A y E y los carotenoides.

La oxidación se produce cuando un átomo cede un electrón a otro mediante un proceso de reducción química. Las grasas insaturadas se oxidan más rápido que

las grasas saturadas. Por ejemplo; algunos sistemas catalíticos como la luz, temperatura, enzimas, pigmentos pueden acelerar la oxidación de los lípidos por la presencia de radicales libres u oxígeno, la oxidación se puede producir tanto en la oscuridad como en presencia de la luz, dependiendo de los componentes químicos que tenga el alimento (Morales, 2012).

Los factores que influyen en la oxidación en enlistan en la tabla 1.

Tabla 1.

Factores que influyen en la oxidación de los lípidos.

Promotores	Inhibidores
Temperaturas altas	Refrigeración
Metales, Cu, Fe	Secuestradores
Peróxidos de grasas oxidadas	Antioxidantes
Lipoxigenasa	Escaldado
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz UV, azul	Empaque opaco
<u>Poliinsaturación</u>	Hidrogenación de ácidos insaturados
Radiaciones ionizantes	Antioxidantes

Tomado de (Bernardini, 1961)

3.2 Sacha Inchi

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*), es una oleaginosa amazónica propia del Perú, mencionada también como el "maní del inca" por la importancia en la historia. Sus semillas tienen fuentes importantes de omega 3, 6 y 9 del mundo, por encima de los llamados pescados azules. Es un aceite de buena calidad perteneciente al grupo de los ácidos grasos esenciales (Ramos, 2013).

3.2.1 Condiciones del cultivo Sacha Inchi

El Sacha Inchi tiene una periodicidad de 5-10 años, sus primeras cosechas son a los 6 meses; es una planta trepadora que requiere de tutores para su crecimiento.

Esta oleaginosa requiere ciertas condiciones idóneas, desde un suelo con pH de 5,0- 6,0; hasta una altitud de 100- 1500 m. s. n. m. Necesita precipitaciones que van de 1000 a 1250 m. m. Por otro lado; para alcanzar la máxima fructificación, el cultivo debe estar expuesto a los rayos solares, con un promedio de humedad relativa 78% y una temperatura media de 26 °C. Con los datos mencionados las plantaciones de Sacha Inchi se encuentran en algunas zonas del Perú y del mundo como Brasil, Colombia, Ecuador y las Islas de Barlovento.

La preparación del terreno se inicia con un rasqueteado, nicho e ignición; luego se realiza la propagación de la semilla con agua permanente, continúa con la colocación del grano en cada hueco y se usa una técnica de tutoraje vivo. Se maneja alrededor de 1 kg de germen/hectárea, con separaciones de 2,5-3 m entre hileras y de 3 m de distancia entre cada árbol. El interior de cada plantación es de 2-3 cm.

3.2.2 Poda del cultivo Sacha Inchi

La poda de formación se lleva a cabo a los 60 días, y sus podas de mantenimiento se realizan cada 30-45 días con el objetivo de controlar la altura de la planta. La fertilización utiliza abono orgánico como gallinaza, mantillo de lombriz y excremento de corral (es recomendable usar 2 kg de abono orgánico/ m²) y suplemento de magnesio y calcio (250 mg) para equilibrar la acidez del suelo. Las etapas de

fertilización recomendada es 100-70-70 (Nitrógeno-Fósforo-Potasio), empezando con la mitad en la siembra y el restante a los 45 días.

3.2.3 Cosecha del cultivo Sacha Inchi

Después de 9 meses, la recolección se realiza manualmente, se recolecta las semillas cuando el pericarpio es marrón oscuro, las semillas se colocan en una trilla para partirla o se deja en el sol por un tiempo.



Figura 1. Planta del Sacha Inchi.

Tomado de (Manzaneda, 2016).

3.2.4 Morfología del Sacha Inchi

El Sacha Inchi es una liana trepadora semileñosa con hojas alternas, oval elípticas y pinnatinervias de color verde oscuro, mide entre 9-16 cm de largo y 6-10 cm de ancho; su ápice es en forma de punta y su base es llana.

Las flores masculinas presentan un color blanquecino en forma de racimos, en cambio las flores femeninas contienen 1 o 2 flores lateralmente ubicadas en su base.

Sus frutos son cápsulas dehiscentes con un diámetro de 3.5 a 4.5 cm que contiene 4 lóbulos aristados dentro de los cuales se encuentran 4 semillas.

Las semillas son ovaladas de color marrón oscuro, ligeramente voluminoso en el centro y achatado hacia el borde. Su diámetro varía entre 1.3 y 2.1 cm. La semilla está formada con 33-35% de cáscara y 65-67% de almendra. (Huamaní & Bautista, 2009).

3.2.5 Características del Sacha Inchi

La semilla Sacha Inchi en comparación a otras oleaginosas sobresale por la cantidad de aceites (54%) y proteínas (33%), además contiene un valor elevado de alfa linolenico-omega 3 (48,6%), ácido graso linoleico- omega 6 (36,80%), ácido oleico- omega 9 (8,28%) (Bedor, Calderón, Saltos, & Sánchez, 2017; Huamaní & Flores, 2009).

El omega 3 y omega 6 son ácidos grasos esenciales que necesita nuestro cuerpo para funcionar de mejor manera. El ácido alfa-linolénico conocido como omega 3 ayuda en el funcionamiento cerebral y ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares. El ácido linoleico llamado también omega 6 produce beneficios en la salud en compañía del omega 3; se recomienda consumir en proporción 2:1 para obtener resultados; se lo encuentra en semillas de calabaza, girasol, cártamo, pistachos, aceite de oliva, etc. Finalmente; el ácido oleico (omega-9) es un ácido graso no esencial debido a que el cuerpo lo produce en presencia suficiente de omega 3 y 6, su función es evitar la cardiopatía disminuyendo el colesterol, además ayuda la función inmunológica y evita el endurecimiento de las arterias (Reardon & Troxler, 2016).

En relación a todas las oleaginosas, el Sacha Inchi contiene 93, 6% de ácidos grasos insaturados y 6,39% de ácidos grasos saturados. El contenido de proteínas depende del método de extracción y del ensayo de proteínas.

Según Hamaker et al. (1992), la leucina (64%) es el aminoácido esencial predominante de la proteína de la semilla, seguido de tirosina, isoleucina, lisina, treonina y valina (55, 50, 43, 43 y 40 mg / g, respectivamente).

Los aminoácidos pertenecientes a la proteína del Sacha Inchi se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Perfil de aminoácidos del Sacha Inchi

Aminoácidos	En 100g de harina (%)	En 100g de proteína (%)
Triptófano	0,77	2,88
Ácido aspártico	2,97	11,12
Treonina	1,16	4,34
Serina	1,70	6,37
Ácido glutámico	3,55	13,30
Prolina	1,30	4,83
Glicina	3,16	11,84
Alanina	0,95	3,56
Cisteína	0,67	2,51
Valina	1,07	4,01
Metionina	0,33	1,24
Isoleucina	1,33	4,98
Leucina	1,70	6,37
Tirosina	1,46	5,47
Fenilalanina	0,64	2,40
Histidina	0,70	2,62

Lisina	1,16	4,34
Arginina	1,48	5,54

Tomado de (Vela, 1995)

Todas las oleaginosas contienen nutrientes similares como son proteínas, aceites totales, palmítico saturado, esteárico saturado, total de saturados, oleico mono insaturado, omega 6, omega 3, ácidos grasos esenciales, total de insaturados. Al observar elevado nivel de ácidos grasos insaturados (Carbajal, 2013), compara en la tabla 3 la semilla Sacha Inchi con otras oleaginosas con iguales características para medir la calidad.

Tabla 3.

Características comparativas de semillas oleaginosas (%)

Nutrientes	Sacha Inchi	Oliva	Soya	Lino	Canola	Maní	Girasol	Algodón	Palma
Proteínas	33	2	28	26	21	23	24	32	0
Aceite total	54	22	19	35	49	45	48	16	0
Palmítico saturado	3,85	13	11	6	4	12	7,5	18	45
Esteárico saturado	2,54	3	3,3	3	2	2,2	5,3	3	4
Total de saturados	6	16	14	9	6	14	13	21	49
Oleico monoinsaturado	8,28	71	22	19	56	43	29,3	19	40
Linoleico omega 6	36,8	10	55	14	15	37	57,9	58	10
Linoleico omega 3	48,6	1	8,3	58	10	0	0	0,5	0

Ácidos grasos esenciales	84,9	11	63	0	48,6	36	57,9	58	10
Total de insaturados	93,6	83	85	91	92,6	80	87,7	77	50

Tomado de (Bedor, Calderón, Saltos, & Sánchez, 2017).

3.2.6 Características físico – químicas del Sacha inchi

El Sacha Inchi al ser una oleaginosa con gran cantidad de lípidos saturados e insaturados recibe un análisis fisicoquímico como índice de yodo, punto de fusión, punto de solidificación, índice de refracción, índice de peróxido, índice de saponificación y temperatura de formación de humo para caracterizar su calidad después de ser sometido a cualquier proceso, los conceptos fueron explicados en el párrafo de análisis físico-químico de los lípidos en el punto 3.1:

La tabla 4 muestra los valores de las pruebas físico-químicas del Sacha Inchi.

Tabla 4.

Pruebas físico-químicas del aceite de Sacha Inchi

Características físico-químicas	
Índice de yodo (g I ₂ /100 g)	193.1 ± 1.0
Índice de saponificación (mg KOH/g)	185.2 ± 0.5
Índice de refracción(25°C)	1.4791 ± 0.0009
Densidad 25°C (g/cm ³)	0.9187 ± 0.02
Viscosidad 20°C (mPaxs)	35.4 ± 0.4

Tomado de (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011)

3.2.7 Producción del Sacha Inchi

En el 2005 Perú producía 1,8 mil toneladas de Sacha Inchi en diferentes zonas como San Martín, Ucayali, Huánuco, Amazonas, Madre de Dios y Loreto; en el 2012 se apreció 2000 hectáreas sembradas incrementándose un 150%.

Según el MAGAP, Ecuador cuenta con 813 hectáreas cultivadas en diferentes provincias obteniendo un promedio de 3.5 toneladas anuales por hectárea; lo que significa que en todo el país existe una producción total de sachá inchi de 2845.5 toneladas, y en su mayoría la provincia de Manabí fija el 30.75% de la producción (Bedor, Calderón, Saltos, & Sánchez, 2017). Ecuador exporta \$ 13 mil de Sacha Inchi sin especificar los países destino (Vilgicito, 2013).

El Centro de Comercio Exterior (CCEX) y la Cámara de Comercio de Lima (CCL) reporta datos de exportaciones finales de Sacha Inchi en sus diferentes presentaciones, siendo sus principales mercados China, Corea del Sur, EE.UU., Italia, Brasil, Alemania, México Canadá y Francia; en el 2018 su rendimiento se incrementa a 258%, las exportaciones tuvieron un crecimiento de 370% en China (García, 2018).

La siguiente gráfica nos indica los porcentajes de los países importadores de Sacha Inchi en el mercado de distintas presentaciones.

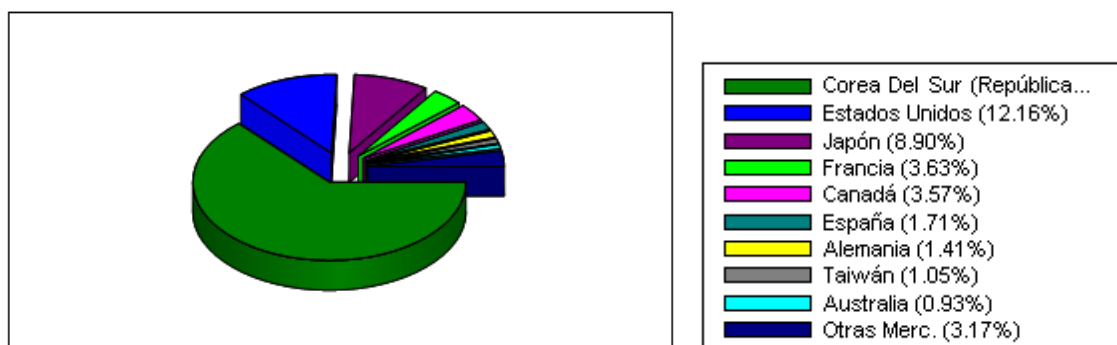


Figura 2. Exportaciones del producto Sacha Inchi según sus principales mercados en el 2017

Tomado de (SUNAT, 2016)

Por otro lado, el principal país exportador de aceite Sacha Inchi es Perú y abarca el 20% en el mercado de Estados Unidos.

La tabla 5 presenta los mejores países importadores de aceites.

Tabla 5.

Países importadores de aceite

Importadores	De pescado	Oliva virgen	Soya	Canola	Total
Estados Unidos	45127	858318	7364	308133	1218942
Francia	26665	362450	61011	115392	565518
Japón	45389	157604	49492	46331	298816
Alemania	18792	201343	62250	314850	597235

Tomado de (Chirinos, y otros, 2017)

3.2.8 Usos del Sacha Inchi

El sachá inchi es utilizado como potenciador cognitivo a través de estudios in vivo con roedores de la especie *Mus musculus*; los animales fueron distribuidos en 4 grupos: al tratamiento negativo se le dio agua, al tratamiento positivo Ginkgo Biloba y los dos grupos restantes recibieron dosificación de aceite de Sachá Inchi. A los 42 días de pruebas aplicando el método Laberinto acuático de Morris y Laberinto Radial de 8 brazos, mostró que no existen diferencias significativas; sin embargo, los estimadores de kernel Gaussianos estimaron un poder cognitivo en dosis de 974,16mg/KG del aceite Sachá Inchi (Tobar, 2018).

El aceite de Sachá Inchi se utilizó en la preparación de un aderezo tipo italiano, utilizando la lecitina como emulsificante y jugo de limón con vinagre como acidificante. La formulación fue la siguiente: 667,884 ml de aceite de sachá inchi; 107,404 ml de jugo de limón; 104,596 ml vinagre; 10,233g lecitina; 28g de albahaca; 21 g sal; 21g ajo molido y 5g de glutamato monosódico. Las propiedades físico-químicas mostraron que es un fluido no newtoniano con gran aceptabilidad en el mercado por su sabor (Caycho, 2012).

En Colombia, realizaron una colada a base de la torta residual que se obtiene en la extracción del aceite Sachá Inchi, para lo cual se sustituyó por el almidón de maíz en 0%,25% y 50%. Las formulaciones fueron analizadas físicoquímicas, microbiológicas y sensorialmente. Los resultados fueron aceptados aportando más proteína que un producto tradicional (Vásquez, Hincapié, Cardona, Jaramillo, & Vélez, 2017).

(González, Medina, Garay, & Mendieta, 2017), realizó un estudio en la fabricación de películas comestibles a partir de proteínas extraídas de la pasta de Sachá Inchi; las soluciones formadoras de películas fueron deshidratadas y evaluadas sensorialmente para determinar la concentración de proteínas y sorbitol. La mezcla

de sorbitol y proteína a un pH 12 fue ideal para obtener películas permeables y de baja solubilidad con propiedades biodegradables y comestibles.

La producción pecuaria de Colombia se vio en la necesidad de crear un nuevo recurso alimentario a partir de torta de Sacha Inchi para la producción animal ya que está afectada por la competencia de los recursos alimentarios que consume el hombre. Los experimentos mostraron un porcentaje de proteína de 59% y 46% de ácido linoleico en *P.volubilis* y ácido linolénico en *P. huayllabambana*; la torta de sachá inchi sustituyó el 10% de la harina de pescado en la dieta de tilapia roja juveniles; en las aves de postura disminuyó el lumen de los espacios sinusoides de los hepatocitos afectando los niveles de hemoglobina, finalmente en rumiantes hubo un efecto inhibitorio en la producción de metano pero sin efecto aditivo en la biohidrogenación (Henao & Barreto, 2016) .

3.2.9 Beneficios del Sacha Inchi en la salud

Entre sus propiedades benéficas tenemos: reducción de obesidad, ayuda en los tratamientos para combatir el cáncer, regula la presión arterial, previene la diabetes, evita las enfermedades del corazón, controla la disfunción eréctil y disminuye el estrés. Después de todo, evita el Alzheimer, refuerza el sistema inmunológico, ayuda a la visión, incrementa el desarrollo infantil y refuerza la concentración mental debido a su composición química de omega 3 (Huamaní & Flores, 2009).

Visto desde el punto negativo; los aceites vegetales también afectan la salud humana como muestra la pirámide nutricional de las grasa, por ejemplo el aceite de palma se ubica en el segundo escalón de la pirámide siendo un aceite de mala calidad; nutricionalmente es malo, ya que es un aceite con gran porcentaje de grasas saturadas; según los expertos, el aceite de palma eleva los niveles de

colesterol, provocando la obstrucción de las arterias y causando problemas coronarios (Vázquez, Cos, & López, 2005).

3.2.10 Oferta y demanda

En Colombia existen tres clases de semillas: INCA 1, NUKAK-3 y CATIO 2. El kilo de semilla seleccionada de cualquiera de estas variedades que ofrece Colombiana de Biocombustibles S.A. es de \$26.34. El precio por kilo de semilla variedad INCA 1 es de \$26.34 a octubre de 2013 (Andino, 2013).

En Cambio, en Perú, el precio depende de los costos del transporte.

Sin embargo, en productos similares el precio es una barrera para los competidores potenciales, tal como podemos apreciar en el siguiente cuadro:

Tabla 6.

Precio del Sacha Inchi.

SACHA INCHI		PRECIOS	
Variedad:	Emp. Agro selva	Casa naturista	Por internet
Tostado			
25g	\$1,80	\$2,20	\$2,70
100g	\$7,00	\$7,00	\$10,00

Tomado de (Huamaní & Flores, 2009)

Tabla 7.

Precio del aceite de Sacha Inchi.

Marcas de Sacha Inchi	PRECIOS EN AUTOSERVICIOS		
Aceite 250g	Metro	Plaza Vea	Wong
INCA INCHI	\$30,00	\$30,00	\$32,00

Tomado de (Huamaní & Flores, 2009)

3.3 Oliva

La oliva (*Olea europea*) es una de las grasas vegetales de origen mediterráneo, es un fruto noble por las propiedades beneficiosas que ofrece a la salud. España es el primer productor y exportador a nivel mundial, se extiende por la península de Italia y el norte de África (Hidalgo Masaquiza, 2018).

Existen 260 especies de cultivares de olivo que proporciona diferentes características según su aptitud aceitera. A continuación, tenemos algunas variedades de aceituna (Verema, 2012).

Tabla 8.

Clasificación de los tipos de aceituna habituales en España

Tipos de aceituna	Variedades
Aceituna de almazara	Picual
	Cornicabra
	Lechín sevillana
	Verdial de Badajoz
	Empeltre
	Arbequina
	Picudo
Aceituna de mesa	Manzanilla de Sevilla
	Gordal
Aceituna de doble aptitud (mesa y almazara)	Hojiblanca

Tomado de (Pinto Fontanillo & MArtínez Álvarez, 2005)

El árbol crece en suelos arenosos, calizos y bien drenados soportando temperaturas mayores a 45°C y menores a 10°C; sus precipitaciones anuales van entre 250-450 mm y soporta valores elevados de salinidad (Sanz Cortéz , 2019).

3.3.1 Valor nutricional del aceite de oliva

Visto desde el punto químico, el aceite de oliva se divide en fracciones saponificables e insaponificables. La fracción saponificable constituye el 97-99% del aceite total conforma radicales libres y una cantidad de triglicéridos; la segunda fracción conforma del 1-3% del aceite total y tiene sustancias no glicéridas dando estabilidad y calidad al aceite. El mayor ácido graso de la oliva es el ácido oleico 55-

83%, seguido del palmítico y esteárico. La cantidad de ácidos grasos depende de la variedad de la aceituna, condiciones agroclimáticas, latitud y grado de madurez de la aceituna.

La tabla 9 muestra los datos nutricionales de los ácidos grasos del aceite de oliva.

Tabla 9.

Información nutricional de ácidos grasos del aceite de Oliva (Olea europea)

Ácido graso	Límites
Mirístico	0-0,1
Palmítico	7,5-20
Palmitoleico	0,3-3,5
Heptanodecanoico	0-0,5
Heptanodecenoico	0-0,6
Esteárico	0,5-5
Oleico	55-83
Linoleico	3,5-21
Linolénico	0-1,5
Araquidónico	0-0,8
Eicosanoico	No especificado
Behénico	0-0,2
Lignocérico	0-1

Tomado de (Fennema, 1982)

El aceite de oliva también contiene otros compuestos responsables de las propiedades organolépticas como son los polifenoles (sabor), pigmentos clorofílicos y carotenoides (color) y volátiles (aroma); su contenido proteico varía entre 0,07-2,40 mg/kg según el tipo de aceite es decir ya sea virgen, extra virgen o refinado (Krebesová, Castro, & Alche, 2015).

3.3.2 Tipos de aceite de oliva

3.3.2.1 Aceite de oliva virgen extra

Es el aceite obtenido directamente de la oliva a través de métodos mecánicos, su calidad se debe a que sus propiedades no son alteradas por ningún proceso; su acidez es menor a 1% expresada en ácido oleico (Lázaro Arteaga, 2012).

3.3.2.2 Aceite de oliva virgen

Es el segundo aceite de mejor calidad ya que si sufre alteraciones analíticas y sensoriales, también se obtiene mecánicamente y según la norma UE debe tener una acidez menor a 2% expresada en ácido oleico (Lázaro Arteaga, 2012).

3.3.2.3 Aceite de oliva

Es la mezcla del aceite de oliva refinado de propiedades neutras con una proporción de aceite de oliva virgen o extra virgen, su acidez debe ser menor a 1,5% expresada en ácido oleico (Lázaro Arteaga, 2012).

3.3.2.4 Aceite de Orujo de Oliva

Es una mezcla de aceite orujo de oliva refinado con aceite virgen o extra virgen (Lázaro Arteaga, 2012).

3.3.3 Producción del aceite de oliva

España es el primer productor mundial y tiene gran cantidad de cultivares de olivo; tiene más de 215 millones de árboles de los 1000 millones de olivos sembrados en

toda el área mediterránea. La siguiente tabla muestra los cultivares de olivo en el mundo.

Tabla 10.

El Olivar en el mundo

Región	Nº de olivos	Hectáreas
Africa	110.650.000	2.006.200
América	8.460.000	80.904
Asia	20.000.000	128.000
Australia	210.000	2.000
Europa	805.730.000	5.518.506
Oriente medio	132.980.000	1.362.272

Tomado de (Pinto Fontanillo & Martínez Álvarez, 2005)

La escuela de negocios EAE publica que existe 1200 miles de toneladas de exportaciones del aceite de oliva, con 3.727 millones de euros en ventas y con un crecimiento del 18% anual. Sus principales destinos son Francia, Alemania, Italia, Portugal, Reino Unido, Marruecos, Japón, México y Corea del Sur. España a pesar de ser el mayor productor, importa aceite de oliva debido al incremento de sus exportaciones. Las importaciones se han fijado en Túnez, Turquía y Grecia, pero recientemente la entrada en producción de nuevas plantaciones de olivar en Marruecos y Portugal han hecho que los operadores nacionales acudan a estos últimos países (Molina, 2018).

3.4 Frituras

Las industrias alimenticias usan aceites y grasas para preparar varios platos de hostelería y restauración. Entre ellos están los ya preparados, los que necesitan

cocción adicional, estables, congelados, parcialmente cocinados, los que precisan recalentarse y los que necesitan reconstruirse u hornearse (Montes, y otros, 2016). La fritura por inmersión es el método más importante y más económico, implica la transferencia directa de calor del aceite al alimento frío; además es rápido, práctico y conservador de propiedades. Cuando el alimento frío se coloca en el aceite caliente ocurren varias cosas:

- El calor continúa en el alimento incluso de ser retirado del recipiente.
- La temperatura de la grasa disminuye y se necesita energía adicional hasta llegar a la temperatura inicial.
- Se forma vapor por la humedad del alimento formándose burbujas en el proceso.
- El alimento toma un color caramelizado o dorado.
- En el proceso de fritura el alimento absorbe grasa de 4-30%, añadiendo calidad comestible y textura.
- A medida que se utiliza el aceite se van produciendo cambios fisicoquímicos (Lawson, 1999).

3.4.1 Temperaturas de fritura

La temperatura ideal de fritura es de 325-375°F (163-191°C); temperaturas superiores a 400°F (204°C) producen pardeamiento superficial. En algunos

alimentos las temperaturas superiores son justificadas por el tiempo corto de cocción. Las altas temperaturas aceleran la oxidación formando espuma, oscurecimiento de color y humo (Lawson, 1999).

3.4.2 Preparación del alimento

La vida útil del shortening depende de las condiciones del alimento, los mariscos ayudan el rápido oscurecimiento y oxidación de las grasas, así como los empanados y rebozados. Por otro lado, los donuts causan oscurecimiento excesivo del aceite por la presencia de bicarbonato amónico y huevo (Lawson, 1999).

Para una preparación adecuada se debe eliminar: el exceso de humedad antes de colocar el alimento a la grasa, retirar migajas de pan rallado o galleta antes de introducir el alimento al aceite, mantener una temperatura de 150°F (66°C) o superior para el proceso de filtrado, para asegurar uniformidad las porciones de alimentos deben ser fritos al mismo tiempo y ser servidos inmediatamente (Ayuso, 2015).

3.4.3 Tipos de equipos de fritura por inmersión

Las freidoras deben ser del tamaño adecuado con las siguientes características: fuente de energía, velocidad de recuperación de temperatura, capacidad de conservar energía y seguridad. Existen dos tipos de freidoras; mesa montada sobre la superficie de las mesas de trabajo y suelo montado directamente sobre el mismo. La mesa montada sobre la superficie de las mesas de trabajo tiene una capacidad de 4,5-13,6 kg se shortening; en cambio las montadas sobre el suelo tienen capacidad de 13,6-27,2 kg (Gutiérrez, 1998).

3.4.4 Problemas principales del proceso de fritura por inmersión.

Cuando se realiza alimentos fritos por inmersión ocurren los siguientes problemas:

3.4.4.1 Oscurecimiento excesivo del aceite de fritura

Las causas son: uso de aceite de mala calidad, sobrecalentamiento del aceite, filtrado inadecuado, limpieza incorrecta, mala preparación del alimento.

Las soluciones son: utilizar un aceite de buena calidad, freír a 350°F (177°C), filtrar el aceite diariamente, limpiar el equipo por lo menos una vez a la semana, preparar bien el alimento, la superficie del recipiente debe estar cubierta de aceite.

3.4.4.2 Formación excesiva de humo por la grasa de fritura

Las causas son: alto nivel de ácidos grasos libres, filtrado inadecuado, alimentos mal preparados, uso de aceite de mala calidad, fallo del termostato, limpieza incorrecta, lugares calientes de fritura, ventilación escasa.

Las soluciones son: filtrar el aceite diariamente, eliminar el exceso del empanado antes de ser fritos, utilizar aceite de buena calidad y estable, freír a 350°F (177°C), limpiar el equipo una vez a la semana, mantener las llamas de tuberías reguladas, ventilación adecuada.

3.4.4.3 Agotamiento de la grasa

Las causas son: excesiva espuma, recipiente sobre nivel, temperatura baja del termostato, mala preparación del alimento, falta cocción del alimento.

Las soluciones son: usar un aceite que no produzca espuma, baja temperatura de fritura, eliminar el exceso de humedad, tiempo adecuado de recuperación, tiempo de cocción correcto.

3.4.4.4 Formación de espuma excesiva y prematura por el aceite de fritura

Las causas son: uso de aceite de mala calidad, sobrecalentamiento del aceite, aceite a temperatura de fritura por largo tiempo sin freírse alimentos, recipientes demasiado grandes, cuidado incorrecto del aceite.

Las soluciones son: usar un aceite de calidad, freír a temperatura correcta 350°F (177°C), superficie cubierta de aceite, bajar temperatura del aceite cuando o se esté usando, tener recipientes acordes a lo que se va a freír, filtrar el aceite constantemente.

3.4.4.5 Alimentos fritos que resultan grasos

Las causas son: temperaturas demasiado bajas, sobrecarga de alimentos en la freidora, aceite formador de espuma, alimento preparado inadecuadamente, escurrido incorrecto, recuperación de temperatura lenta.

Las soluciones son: temperatura inicial correcta 320°F (160°C), asegurarse que el aceite éste friéndose en el aceite no en la espuma, control de agua en el alimento, escurrido correcto, recuperar temperatura antes de volver a freír.

3.4.4.6 Grasas con olor o sabor desagradable

Las causas son: aceite de mala calidad, exceso de migajas en el recipiente, goteo de grasa desde la campana.

Las soluciones son: usar un aceite de buena calidad, controlar el olor de los alimentos, retirar materiales quemados, limpiar campanas correctamente (Lawson, 1999).

3.4.5 Procedimiento de fritura para papas fritas

3.4.5.1 Selección de patatas frescas

Las papas deben tener un alto contenido de sólidos, las variedades más comunes a esta propiedad son la Cobbler Irlandesa, la Russet Burbank, la Russet Rural, Sebago y Kennebec.

3.4.5 Almacenamiento de patatas

Las papas frescas deben almacenarse a temperaturas de 50-60°F (10-15,6°C); a temperaturas menores a 50°F (10°C) produce degradación en los almidones que trae como consecuencia un oscurecimiento excesivo. No obstante, a temperaturas mayores a 60°F (15,6°C) se producen brotes, enmohecimiento y putrefacción.

3.4.6 Preparación de las patatas fritas

Primero se retira toda la cáscara y todos los defectos antes de cortarlo en tiras, las tiras deben tener un corte uniforme; colocar las tiras en agua fría para mantener la frescura del alimento, luego retirar todo el exceso de agua, colocar las patatas en el recipiente con una porción de aceite de 4,5 kg por cada 450g de producto con una temperatura de 350°F (177°C), retirar la espuma del aceite constantemente, retirar las patatas fritas en los cestillos, quitar el exceso de aceite y servir inmediatamente para conservar el sabor (Wuth, 2019).

4. METODOLOGIA

4.1 Diseño experimental

Esta investigación se realizó en el laboratorio de química de la Universidad de las Américas. El diseño experimental se creó a partir del número de repeticiones y de las pruebas de caracterización de grasas. El proceso duró 7 meses partiendo de la extracción del aceite Sacha Inchi, pruebas de fritura con papas y caracterización de los aceites usados del Sacha Inchi y oliva.

En la tabla 11 se indica los factores con cada nivel respectivo del modelo experimental. Se realizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 5*2 con 3 repeticiones.

Tabla 11.

Factores del modelo experimental

FACTORES	DESCRIPCIÓN	NIVELES	CODIFICACIÓN
F1	Reutilización del aceite	Fritura 1	F1
		Fritura 2	F2
		Fritura 3	F3
		Fritura 4	F4
		Fritura 5	F5
F2	Tipo de aceite	Sacha Inchi	SI
		Oliva	O

La tabla 12 refleja los 10 tratamientos del modelo experimental con su descripción y nomenclatura.

Tabla 12.

Tratamientos del modelo experimental

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA
T1	Fritura 1- Sacha Inchi	F1SI
T2	Fritura 2- Sacha Inchi	F2SI
T3	Fritura 3- Sacha Inchi	F3SI
T4	Fritura 4- Sacha Inchi	F4SI
T5	Fritura 5- Sacha Inchi	F5SI
T6	Fritura 1 - Oliva	F1O
T7	Fritura 2- Oliva	F2O
T8	Fritura 3- Oliva	F3O
T9	Fritura 4- Oliva	F4O
T10	Fritura 5- Oliva	F5O

La tabla 13 nos indica el ANOVA del modelo experimental con los grados de libertad de cada uno de los factores de varianza.

Tabla 13.

Cuadro del ANOVA del modelo experimental

F de V	gl
Total	29
F1	4
F2	1
F1*F2	4
E*E	20
CV%	

La siguiente tabla describe las variables de cada característica fisicoquímica que se utilizó en el análisis de los aceites.

Tabla 14.

Descripción de las variables del modelo experimental.

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN
Índice de yodo	No tiene unidades	La prueba se realiza luego del proceso de fritura; para esto primero se deja enfriar el aceite, luego se pesa 0,5g de muestra, 10 ml de diclorometano, 25 ml reactivo de Hanus, se reposa por 30 min luego

		se agita constantemente y se incorpora 10 ml KI con 100ml de agua hervida y fría, finalmente se agrega 1ml de solución de almidón y se titula con tiosulfato de sodio 0,1N hasta quedar transparente.
Índice de peróxido	meq.O ₂ /kg.mg	La prueba se realiza luego del proceso de fritura; para esto primero se deja enfriar el aceite, luego se pesa 5g de muestra, 25 ml de solución ácido acético/diclorometano (3:2), 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio, se reposa por 60 segundos luego se agrega 75ml de agua destilada, finalmente se adiciona 0,5 ml de solución de almidón y se titula con tiosulfato de sodio 0,1N hasta quedar transparente.

Kreis	absorbancia	El análisis se realiza luego del proceso de fritura; en un tubo de ensayo se disuelve 50 mg de grasa en 5ml de diclorometano, se añade una solución de ácido tricloroacético al 30% en ácido acético glacial y 1 mol de floroglucinol al 1% en ácido acético; la mezcla se coloca en baño maría por 15 min a 45 °C se deja enfriar y se agrega 4 ml de etanol. Finalmente se mide la absorbancia en el espectrofotómetro (Model: G10S UV-Vis; Serial NO: 2L5U329206) a 540nm frente a un blanco de reactivos
-------	-------------	--

4.2 Hipótesis

Ha: La temperatura de fritura afecta las propiedades físico-químicas del aceite de Sacha Inchi.

Ho: La temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas del aceite de Sacha Inchi.

4.3 Obtención del aceite Sacha Inchi

Se extrajo el aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) por el método de prensado con el equipo de tornillo sin fin con temperatura $\geq 180^{\circ}\text{C}$. Se partió de las semillas previamente tostadas como se explica en el siguiente diagrama de flujo:

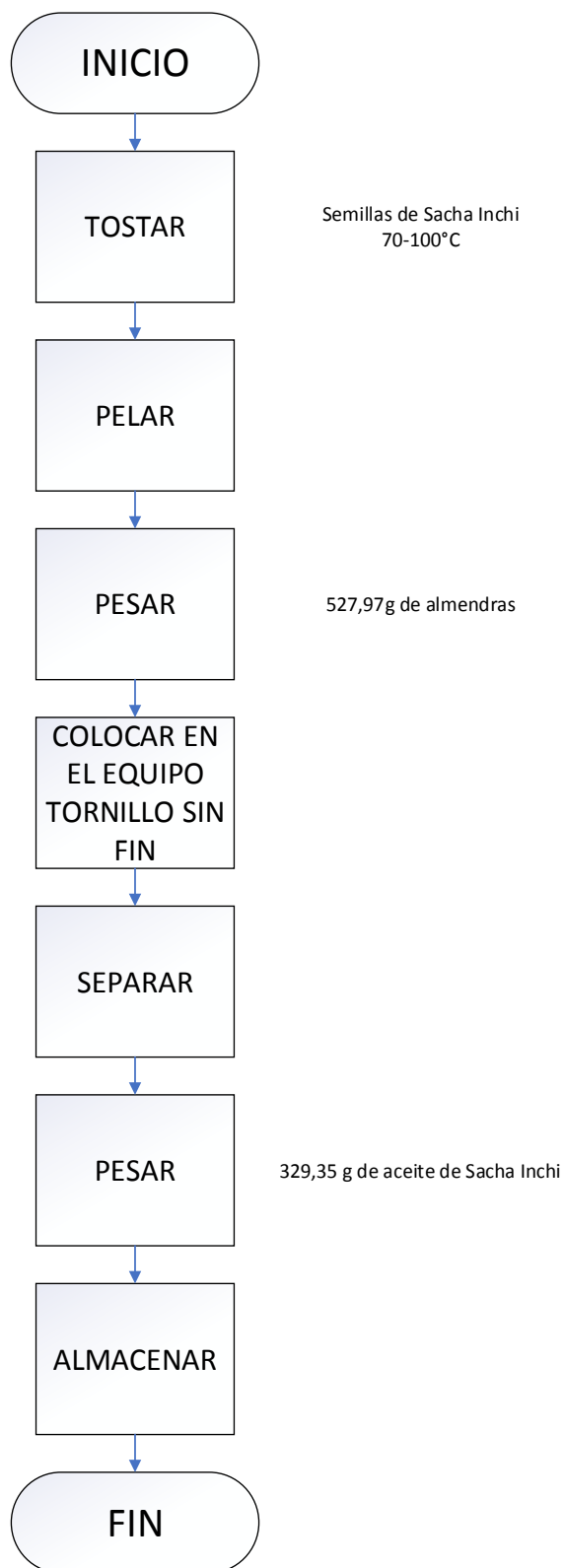


Figura 3. Diagrama de flujo de la obtención del Aceite Sacha Inchi.



Figura 4. Obtención del aceite Sacha Inchi por el método tornillo sin fin.

Para calcular el rendimiento del aceite Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) se utilizó la siguiente ecuación1.

(Ecuación 1)

%Rendimiento= (g de aceite de Sacha Inchi)/(g de las semillas de Sacha Inchi)*100

%Rendimiento= (239,35g de aceite de Sacha Inchi)/(527,97g de las semillas de Sacha Inchi)*100

%Rendimiento= 45,33

4.4 Proceso de frituras

El proceso de fritura fue por inmersión en un recipiente con un diámetro de 12cm y 2cm de profundidad; se utilizó 100ml de cada aceite a una temperatura de 180°C ideal para el proceso, la unidad experimental fueron papas de variedad semi chola con un peso de 5 a 6 gramos. El tiempo de cocción fue de 10 min por la cantidad de

5 papas, además cada aceite fue utilizado 5 veces para poder caracterizarlo. Según el siguiente diagrama de flujo.

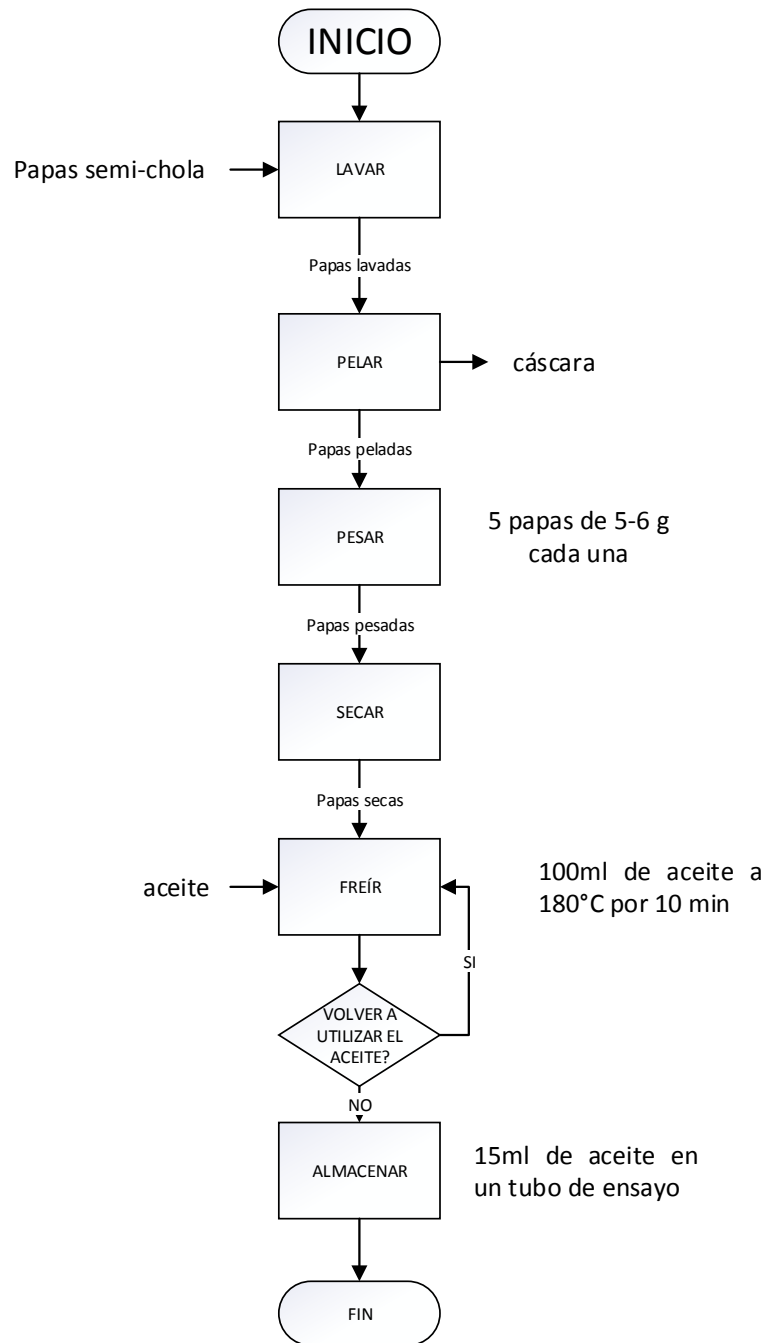


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de fritura del Aceite Sacha Inchi y del aceite de Oliva.



Figura 6. Proceso de fritura con el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva.

Las papas retienen en su papel un promedio de 0,2-0,7 g de aceite que se pierde en el proceso de fritura.

4.5 Variables de estudio

Se realizaron pruebas físico-químicas como: índice de yodo, índice de peróxidos y prueba de kreis para cada uno de los aceites usados (Sacha Inchi y Oliva) en las frituras.

4.5.1 Caracterización de las grasas

4.5.1.1 Peso específico

El picnómetro es pesado vacío y seco; luego se llena con aceite de Sacha Inchi u Oliva, en baño maría se calienta a 25°C por 30 min, finalmente se seca y se pesa. El resultado final es la diferencia de pesos entre el picnómetro lleno de aceite y vacío.

4.5.1.2 Índice de refracción

El índice de refracción es la relación de la velocidad de la luz en el aire con respecto a la velocidad de luz del aceite, se mide directamente del refractómetro a 25°C.

Para esto, se coloca la muestra en los prismas del refractómetro ya calibrado, se cierra la tapa, se lee la escala en la intersección de los campos, se toma la lectura y se elimina la muestra suavemente con papel.

4.5.1.3 Acidez titulable

La acidez titulable mide los ácidos grasos libres en la muestra.

En un matraz se coloca 0,5g de lípido con 25 ml de alcohol y 5 gotas de fenolftaleína a 0,1%, se deja en baño maría a 100 °C por 15 minutos, luego agitar fuertemente y titular con KOH 0,0025N.

4.5.1.4 Índice de yodo

El índice de yodo mide el nivel de insaturación de los lípidos.

En un matraz de 250 ml cubierto de papel aluminio se coloca 0,5 g de muestra, 10ml de diclorometano y 25ml de reactivo de Hanus; se reposa por 30 minutos y se agrega 10ml de KI al 15% con 100ml de agua hervida y fría. Finalmente se titula con tiosulfato de sodio 0,1N hasta que el color amarillo desaparezca, se adiciona solución de almidón y se continúa titulado hasta obtener una mezcla transparente. Se registra el volumen gastado de tiosulfato de sodio y se aplica en la fórmula para conocer el resultado final.

4.5.1.5 Índice de peróxidos

El índice de peróxido mide los miliequivalentes de peróxido por kilogramo de grasa.

En un matraz de 250 ml cubierto de papel aluminio se coloca 5 g de muestra, 25 ml de una solución de ácido acético/diclorometano (3:2), 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio; se deja reposar por 60 segundos y se adiciona 75 ml de agua destilada. Finalmente se titula con tiosulfato 0,1N hasta obtener un color amarillo pálido, se agrega 0,5 ml de solución de almidón y se continúa titulando hasta obtener una mezcla transparente.

Se registra el volumen gastado de tiosulfato de sodio y se aplica en la fórmula para conocer el resultado final.

4.5.1.6 Kreis

En un tubo de ensayo disolver 50 mg de grasa en 5ml de diclorometano, se añade una solución de ácido tricloroacético al 30% en ácido acético glacial y 1 mol de floroglucinol al 1% en ácido acético; la mezcla se coloca en baño maría por 15 min a 45 °C se deja enfriar y se agrega 4 ml de etanol. Finalmente se mide la absorbancia con el espectrofotómetro (Model: G10S UV- Vis; Serial No: 2L5U329206) a 540nm frente a un blanco de reactivos y se registra los datos.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Resultados del índice de yodo para el aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 10 tratamientos de los cuales 5 tratamientos eran para el aceite de Sacha Inchi. En esta investigación es importante conocer las diferencias entre el índice de yodo del aceite Sacha Inchi después de las 5 frituras. Se realizó un ANOVA de bloques al azar obteniendo los siguientes resultados en el INFOSTAT.

Tabla 15.

Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite de Sacha Inchi.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	1166,55	194,43	2,59	0,1064
Tratamiento	4	465,62	116,40	1,55	0,2760
Repeticiones	2	700,93	350,47	4,68	0,0452
Error	8	599,72	74,97		
Total	14	1766,27			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es mayor que 0.05, no hay diferencias significativas, esto se comprueba con la prueba de significancia de tukey. Indicando que después de realizar las 5 frituras con papas por un periodo de 10 minutos cada una, el índice de yodo no cambia significativamente (tabla 16). Por lo tanto, se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Sacha Inchi.

Tabla 16.

Resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del Sacha Inchi.

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	48,40±11,47	A
T2	33,11±5,61	A
T3	33,79±6,32	A
T4	41,03±11,30	A
T5	40,14±10,14	A

En la tabla 16, se demuestran los resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del aceite Sacha Inchi, se observa que entre la reutilización del aceite no existen diferencias significativas, lo que indica que se satura rápidamente con el calor por su bajo índice de yodo (Zumbado, 2002), los datos obtenidos en la

investigación no coinciden con los resultados obtenidos por Flores y Lock que encontraron valores comprendidos entre 176-186 (Flores & Lock, 2013). Sin embargo, la Universidad Agraria La Molina presenta datos del índice de yodo 41,639 (Mejía, 1997); estos resultados son similares a los datos obtenidos, los diferentes resultados se pueden dar por las diferencias edafoclimáticas en la que se desarrolla las plantas de Sacha Inchi y por el tipo de semilla (Pérez, 2008). Otra razón de encontrar el índice de yodo bajo es quizás porque la extracción con el tornillo sin fin se la realizó a 160 grados y la recomendación de Bernardini es prensar las semillas de oleaginosas a temperaturas no superiores a 40°C para asegurar la estabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados (Bernardini, 1961), pero en la práctica se realizó con temperatura de 160 °C causando alteraciones en la calidad del aceite final.

5.2 Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 5 tratamientos del aceite de Sacha Inchi para el análisis de peróxidos, se tomó datos después de realizar 5 frituras de 10 minutos cada una, para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de ANOVA en el INFOSTAT (Tabla 17).

Tabla 17.

Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite de Sacha Inchi.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	0,11	0,02	0,37	0,8803
Tratamiento	4	0,07	0,02	0,34	0,8412
Repeticiones	2	0,04	0,02	0,42	0,6737
Error	8	0,41	0,05		
Total	14	0,53			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es mayor que 0.05 por lo tanto no hay diferencias significativas y esto se verifica con la prueba de significancia de tukey. Indicando que después de las 5 frituras el índice de peróxidos no ha cambiado significativamente, como se puede ver en la tabla 14. Por lo tanto se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Sacha Inchi.

Tabla 18.

Resultados del promedio y desviación estándar del índice de peróxidos del Sacha Inchi.

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	0,324±0,379	A
T2	0,127±0,076	A
T3	0,160±0,042	A
T4	0,163±0,004	A
T5	0,204±0,004	A

El índice de peróxidos se ve vinculado con la estabilidad de un aceite, es decir con la inalterabilidad de sus componentes químicos luego del proceso y el largo tiempo de almacenamiento influyendo directamente en su aplicación y uso (Badui, 2013). Según la norma CODEX para aceites vírgenes el índice de peróxidos debe ser menor a 5 (FAO, 2017), por lo tanto, los resultados de la investigación indican que el aceite Sacha Inchi tiene pocos ácidos grasos libres dando a comprender un excelente estado fitosanitario y manejo postcosecha de las semillas. Por otro lado, el índice de peróxidos es la segunda etapa de la degradación lipídica por la formación de hidroperóxidos (Villacrés, 2016), quizás el contenido elevado de antioxidantes naturales como los tocoferoles (Follegatti, Piantino, Grimaldi, & Cabral, 2009) justifique el bajo grado de deterioro del aceite pese a la alta temperatura de extracción utilizada.

5.3 Resultados de Kreis del aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 5 tratamientos con el aceite de Sacha Inchi. Siendo T1 la fritura inicial hasta T5 fritura número 5. El estudio se basa en conocer las diferencias de Kreis del aceite Sacha Inchi después del proceso de frituras a 180°C y 10 minutos. Los resultados dieron un ANOVA de bloques al azar en el INFOSTAT (Tabla 19).

Tabla 19.

Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite de Sacha Inchi.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	0,61	0,10	0,93	0,5237
Tratamiento	4	0,19	0,05	0,44	0,7761
Repeticiones	2	0,42	0,21	1,90	0,2118
Error	8	0,88	0,11		
Total	14	1,48			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es mayor que 0.05, no existen diferencias significativas entre los tratamientos, los datos son verificados con la prueba de significancia de tukey. Dando a entender que después de las 5 frituras Kreis no cambia significativamente (Tabla 20). Por lo tanto se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Sacha Inchi.

Tabla 20.

Resultados del promedio y desviación estándar de Kreis del Sacha Inchi

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	2,65±0,02	A
T2	2,65±0,02	A
T3	2,65±0,02	A
T4	2,75±0,34	A
T5	2,94±0,56	A

El nivel de deterioro de una grasa depende del tipo de aceite o grasa, mientras más dobles enlaces posea en su estructura será más oxidativo; los aceites vegetales ocupan el segundo lugar de los lípidos más susceptibles a la oxidación (Esquivel, Castañeda, & Ramírez, 2014). Las temperaturas altas ayudan a incrementar la oxidación de los ácidos grasos, mayor a 60°C la velocidad de oxidación se duplica por cada 15°C, es decir empieza la formación de los radicales libres; el aroma propio, el olor rancio y los gustos no deseables son características de este aceite (Ciappini, Gatti, Cabreriso, & Chaín, 2016); por esa razón las propiedades sensoriales del aceite de la investigación no eran ideales porque en su proceso de fritura superaba los 60°C deteriorando el aceite. El tiempo de la fritura produce también deterioro (Juárez, 2007), en un estudio realizado en El Salvador el punto máximo de absorbancia para el aceite de mazola es 1,9227 Abs/g en 12 horas de fritura, en esas condiciones el aceite ya tiene compuestos carbonílicos producidos por el proceso (González, Klee, Valle, & Artiga, 2019). En los datos del estudio el aceite de Sacha Inchi supera ese valor por lo tanto el aceite se encontraba deteriorado.

5.4 Resultados del índice de yodo para el aceite de Oliva.

El aceite de oliva fue sometido a 5 tratamientos, en los cuales T1 es el aceite inicial o primera fritura, T2 es la segunda fritura, T3 es la tercera fritura, T4 es la cuarta fritura y T5 la quinta fritura o quinta vez que se utiliza el aceite por 10 min a 180°C. En la investigación es importante conocer las diferencias del índice de yodo del aceite de Oliva después de las 5 frituras. Los resultados son expresados en el ANOVA de bloques al azar en el INFOSTAT (Tabla 21).

Tabla 21.

Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite de Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	1989,25	331,54	1,75	0,2277
Tratamiento	4	421,70	105,42	0,56	0,7014
Repeticiones	2	1567,56	783,78	4,13	0,0586
Error	8	1518,48	189,81		
Total	14	3507,74			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los cinco tratamientos es mayor que 0.05, no existen diferencias significativas, se ejecuta la prueba de significancia de tukey para comprobar los resultados. Los datos demuestran que después de utilizar cinco veces el aceite en el proceso de fritura de las papas a 180°C por 10 minutos el índice de yodo no cambia significativamente (Tabla 22). Por lo tanto, se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva.

Tabla 22.

Resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del aceite de Oliva.

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	56,59±14,27	A
T2	53,64±7,76	A
T3	42,82±11,91	A
T4	43,73±12,92	A
T5	45,44±21,35	A

En la tabla 22, se demuestra los resultados del promedio y desviación estándar del índice de yodo del aceite de Oliva, se observa que entre la reutilización del aceite no existen diferencias significativas, indicando que al realizar la primera fritura bajó el índice de yodo, es decir el aceite se saturó al tener contacto con la temperatura llegando al rango del aceite de palma 50-55 (FAO, 2017). El aceite de palma no es bien visto por la EFSA debido a que presenta ésteres glicídicos causantes del carácter genotóxico y carcinogénico que se forman por altas temperaturas habituales del proceso de extracción para eliminar su apariencia roja y mejorar sus características organolépticas (Revenga, 2017). Los resultados también son afectados por la temperatura de extracción, manipuleo de los aceites y almacenaje de la materia prima antes, durante y después del proceso (Lawson, 1999). La temperatura afecta directamente la calidad de los aceites, cuanto mayor sea la temperatura mayor es su poder disolvente separando las materias albuminoides y mucilaginosas (Acosta López, 1987). La termo oxidación afecta el índice de yodo del aceite de oliva, sus valores van disminuyendo a medida del tiempo y la temperatura que está expuesto el aceite al calor como explican en el estudio de la degradación de los aceites de oliva sometidos a fritura (Ancin Azpilicueta & Martínez Remirez, 1990).

5.5 Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Oliva.

Para el índice de peróxidos en el aceite de oliva se realizaron 5 tratamientos. En este estudio es vital conocer las diferencias del índice de peróxidos del aceite de Oliva después de las 5 frituras. Se realizó un ANOVA de bloques al azar para los resultados en el INFOSTAT (Tabla 23).

Tabla 23.

Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite de Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	0,08	0,01	1,16	0,4115
Tratamiento	4	0,04	0,01	0,92	0,4983

Repeticiones	2	0,04	0,02	1,64	0,2531
Error	8	0,09	0,01		
Total	14	0,17			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es mayor que 0.05, no hay diferencias significativas, la prueba de significancia de tukey permite verificar los datos de la investigación. Demostrando que después de utilizar cinco veces el aceite de oliva en el proceso de frituras el índice de peróxidos no sufre ningún cambio significativo (Tabla 24). Por lo tanto se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva.

Tabla 24.

Resultados del promedio y desviación estándar del índice de peróxidos del aceite de Oliva.

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	0,105±0,085	A
T2	0,018±0,001	A
T3	0,165±0,180	A
T4	0,098±0,050	A
T5	0,157±0,0012	A

Los compuestos de oxidación del aceite de oliva dependen del origen de la semilla, si fue maltratada la almendra y del contacto con la luz; mientras más alto es el valor del índice de peróxidos menor es su capacidad antioxidante (Esquivel, Castañeda, & Ramírez, 2014). El CODEX establece para el aceite de oliva virgen un índice de peróxido ≤ 20 meq de oxígeno activo/ kg de aceite y para el aceite de oliva refinado ≤ 5 meq de oxígeno activo/ kg de aceite (FAO, 2017); los datos de la investigación si se encuentran en ese intervalo debido a que se utilizó la combinación de un aceite virgen y refinado. Al tener un índice de peróxidos menor a 1 indica que el aceite es

de buena calidad y tiene una buena conservación (Comesaña, Costas, & Olivera, 2017).

5.6 Resultados de Kreis para el aceite de Oliva.

De los 10 tratamientos planteados inicialmente, 5 tratamientos son para el aceite de Oliva. Esta investigación nos permite conocer las diferencias de Kreis del aceite de Oliva después de realizar las 5 frituras. Los resultados están expresados en el ANOVA en el INFOSTAT (Tabla 25).

Tabla 25.

Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite de Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	6	4,46	0,74	12,03	0,0013
Tratamiento	4	4,33	1,08	17,49	0,0005
Repeticiones	2	0,13	0,07	1,09	0,3820
Error	8	0,49	0,06		
Total	14	4,96			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es menor que 0.05, si hay diferencias significativas, los datos son verificados con la prueba de significancia de tukey. Los resultados demuestran que después de las 5 frituras Kreis cambia significativamente para el aceite de oliva (Tabla 26). Por lo tanto se comprueba la hipótesis alterna, la temperatura de fritura si afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva.

Tabla 26.

Resultados del promedio y desviación estándar de Kreis del aceite de Oliva.

TRATAMIENTO	PM±DE	TUKEY
T1	1,28±0,04	A
T2	1,28±0,04	A
T3	1,28±0,04	A
T4	1,62±0,25	A
T5	2,67±0,38	B

La prueba de kreis también llamada índice de rancidez indica la cantidad de aldehídos producidos (Pastrana, 2016). El aceite de oliva al tener alto contenido de ácido oleico lo hace más resistente a la oxidación (Taipicaña Padilla, 2015); sin embargo, Kreis está ligado con la acidez y en los estudios realizados en España la acidez aumenta conforme sube la termo oxidación (Ancin Azpilicueta & Martínez Remirez, 1990), indicando que los aceites en el segundo ciclo de reutilización empieza a deteriorarse (González, Klee, Valle, & Artiga, 2019). Según la norma INEN 29:1974 el aceite crudo de oliva tiene un máximo de acidez del 2% (FAO, 2017) con valores superiores presentan rancidez; en los resultados de la investigación en el ciclo 5 de fritura ya sobrepasa estos límites por esa razón tiene diferencias significativas (Figura 7).

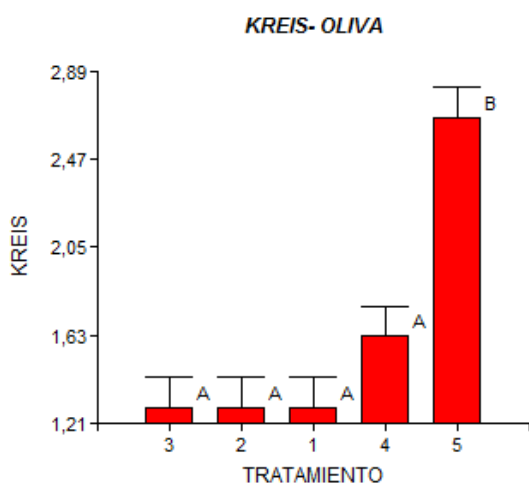


Figura 7. Gráfico de los tratamientos para el aceite de oliva en la prueba de Kreis.

5.7 Resultados del índice de yodo para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 10 tratamientos con el aceite de Sacha Inchi y el aceite de Oliva para la determinación del índice de yodo. Los aceites reciben un proceso de fritura de papas a 180°C por 10 minutos. Es importante conocer las diferencias del índice de yodo entre el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva después de los cinco ciclos de reutilización. Se realiza un ANOVA para el análisis de los resultados en el INFOSTAT (Tabla 27).

Tabla 27.

Cuadro de análisis de varianza del índice de yodo para el aceite Sacha Inchi-Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	11	3643,74	331,25	2,58	0,0362
Tratamiento	9	1571,19	174,58	1,36	0,2768
Repeticiones	2	2072,55	1036,27	8,06	0,0032
Error	18	2314,15	1288,56		
Total	29	5957,89			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es mayor que 0.05, no hay diferencias significativas, los resultados se confirman con la prueba de significancia de tukey. Los datos del índice de yodo para el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva señalan que no hay cambios significativos después de las 5 frituras con cada tipo de aceite. Por lo tanto se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva y el aceite Sacha Inchi.

5.8 Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 10 tratamientos de los cuales 5 tratamientos eran para el aceite de Oliva y 5 para el aceite de Sacha Inchi. En esta investigación nos interesa conocer las diferencias del índice de peróxidos entre el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva después de los 5 ciclos de reutilización. Se realiza un ANOVA para expresar los resultados en el INFOSTAT (Tabla 28).

Tabla 28. Cuadro de análisis de varianza del índice de peróxidos para el aceite Sacha Inchi-Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	11	0,24	0,02	0,79	0,6501
Tratamiento	9	0,17	0,02	0,67	0,7279
Repeticiones	2	0,08	0,04	1,33	0,2894
Error	18	0,51	0,03		
Total	29	0,75			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los 10 tratamientos es mayor que 0.05, no hay diferencias significativas constatando los datos con el ensayo de tukey. Lo que indica que después de las 5 frituras el índice de peróxidos no ha cambiado significativamente. Por lo tanto se comprueba la hipótesis nula, la temperatura de fritura no afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva y el aceite Sacha Inchi.

5.9 Resultados de Kreis para el aceite de Oliva y el aceite de Sacha Inchi.

Se realizaron 5 tratamientos para el aceite de Oliva y 5 tratamientos para el aceite de Sacha Inchi. En la investigación es importante conocer las diferencias de Kreis entre estos dos aceites después de sufrir un proceso de fritura por 5 veces durante

10 minutos cada una. Se realiza un ANOVA de bloques al azar para fijar los datos en el INFOSTAT (Tabla 29).

Tabla 29.

Cuadro de análisis de varianza de Kreis para el aceite Sacha Inchi-Oliva.

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	11	13,90	1,26	14,16	<0,0001
Tratamiento	9	13,59	1,51	16,92	<0,0001
Repeticiones	2	0,31	0,16	1,76	0,1998
Error	18	1,61	0,09		
Total	29	15,51			

Nota: Gl=grados de libertad; SC =Suma de cuadrados totales; CM=Cuadrados medios; F=Fisher

El pvalor de los tratamientos es menor que 0.05, existe diferencias significativas comprobadas con el test de significancia de tukey. Demostrando que después de las 5 frituras Kreis cambia significativamente (Figura 8). Por lo tanto se comprueba la hipótesis alterna, la temperatura de fritura si afecta las propiedades físico-químicas entre los tratamientos de aceite de Oliva y el aceite Sacha Inchi.

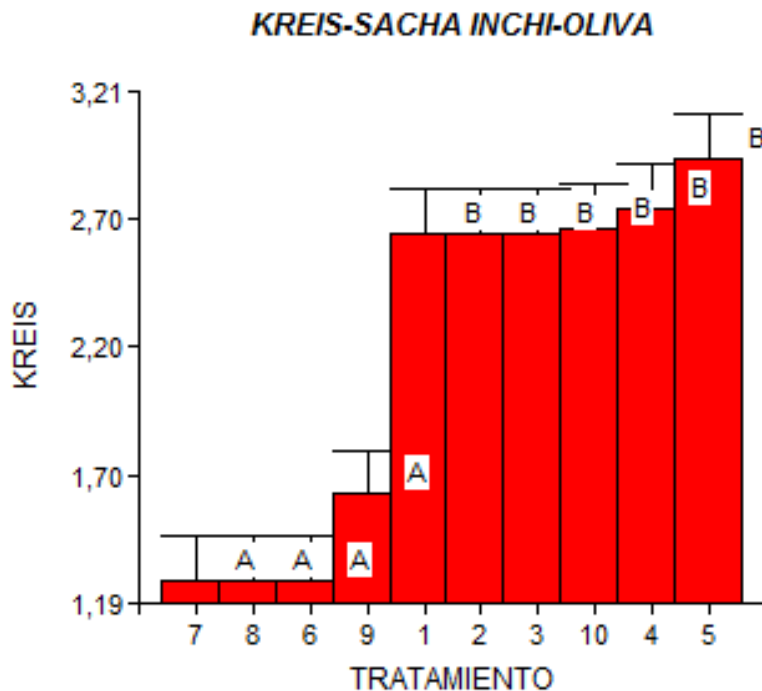


Figura 8. Gráfico de los tratamientos para el aceite de oliva y sachá inchi en la prueba de Kreis.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El aceite de Sacha Inchi en la primera fritura muestra un valor de índice de yodo de $48,40 \pm 11,47$ que cambia a $40,14 \pm 10,14$ produciéndose saturación de los ácidos grasos presentes en el aceite, mientras más bajo es el índice de yodo más deteriorado está el aceite.

El aceite de Sacha Inchi por tener un índice de peróxidos bajo es considerado un aceite de alta calidad con pocos ácidos grasos libres, la presencia de los tocoferoles evita su oxidación inmediata pese a las altas temperaturas de los procesos.

Los resultados de la prueba de Kreis del aceite Sacha Inchi tiene valores mayores a un aceite deteriorado de mazola 1,9227 Abs/g, por lo tanto, confirma el deterioro del aceite desde la primera fritura por las altas temperaturas que se utiliza.

En el aceite de Oliva el índice de yodo cambió de 75 a 56.59 ± 14.27 , produciéndose saturación de los ácidos grasos desde la primera fritura, estos resultados fueron afectados por las altas temperaturas del proceso.

El aceite de Oliva fue una mezcla de aceite virgen y refinado, se obtuvo un índice de peróxido menor a 1, lo que indica que el aceite no se oxidó por las frituras.

El índice de Kreis para el aceite de Oliva presentó diferencias significativas, los tratamientos del 1 al 4 son similares, pero el tratamiento 5 es diferente a los demás. Este representa la quinta fritura del aceite de oliva con un valor de 2.67 ± 0.38 demostrando un deterioro del mismo.

Al comparar los resultados del índice de yodo del aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva, no presentan diferencias significativas, demostrando que después de la quinta fritura los dos aceites presentaron similares características.

Los datos del índice de peróxidos del aceite Sacha Inchi y aceite de Oliva fueron bajos mostrando una capacidad antioxidante alta.

En los resultados de la prueba de Kreis para el aceite Sacha Inchi y el aceite de Oliva se presentan diferencias significativas desde la primera fritura, registrando valores de 2.65 ± 0.02 hasta 2.94 ± 0.56 en el aceite de Sacha Inchi y de 1.28 ± 0.04 hasta 2.67 ± 0.38 en el aceite de oliva.

El aceite de Sacha Inchi a altas temperaturas no conserva sus características fisicoquímicas; sin embargo, en a temperaturas bajas puede ser aprovechado nutricionalmente.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda en las próximas investigaciones reutilizar más veces el aceite y emplear más tiempo de fritura para que la significancia sea mayor.

Se recomienda comparar con otros aceites vegetales para medir el deterioro con el calor de las frituras.

Se recomienda utilizar otro carbohidrato o proteína en los procesos de fritura para comparar resultados con los de esta investigación.

Se recomienda usar el aceite Sacha Inchi en ensaladas, emulsiones, cosmetología, productos de aseo como jabones para aprovechar las propiedades que contiene.

El aceite Sacha Inchi no contiene propiedades organolépticas buenas por lo que se recomienda realizar una desodorización con vapor o carbón activado.

REFERENCIAS

- Acosta, E. (1987). Ensayo experimental de extracción y refinación de aceite del fruto de unguurahui. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de <https://docplayer.es/77158158-Tesis-faiia-1-acosta-lopez-edgar-rafael-ensayo-experimental-de-extraccion-y-refinacion-de-aceite-del-fruto-de-ungurahui-jessenia-polycarpa-2.html>.
- Ancin, M. y Martínez, M. (1990). Estudio de la degradación de los aceites de oliva sometidos a fritura.(2.^a ed). Pamplona, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Andino, B. (2013). Análisis sectorial sachá inchi en Colombia. Recuperado el 6 de octubre de 2018 de <http://biocomercioandino.org/wp-content/uploads/2014/10/8.ANALISIS-SECTORIAL-SACHA-INCHI.pdf>.
- Ayuso, M.(2015). El confidencial. Recuperado el 18 de mayo de 2019 de https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2015-05-18/si-a-los-fritos-tecnicas-y-recetas-para-una-fritanga-saludable_728979/
- Badui, S. (2013). Química de los alimentos. Coyoacán, México: PEARSON.
- Baley, A. (1951). Aceites y grasas industriales. Obra indispensable a químicos e ingenieros interesados en la producción y fabricación de aceites y grasas. Barcelona, España: Reverté.
- Bedor, J., Calderón, G., Saltos, A. y Sánchez, S. (2017). Análisis de las exportaciones de sachá inchi al mercado sueco y los beneficios económicos para Ecuador. Recuperado el 13 de febrero de 2019 de <http://ciani.bucaramanga.upb.edu.co/wp-content/uploads/2017/10/SACHA-INCHI-PDF-1.pdf>
- Bernardini, E. (1961). Tecnología de aceites y grasas. Madrid, España: Reverté.
- Carbajal, Á. (2013). Departamento de nutrición. Recuperado el 2 de abril de 2019 de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>
- Castaño, L., Valencia, M., Murrillo, E., Mendez, J. y Eras, J. (2011). Composición de ácidos grasos de Sachá Inchi y su relación con la bioactividad del vegetal. Tolima, Colombia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria.

- Caycho, C. (2012). Características fisicoquímicas y sensoriales de un aderezo tipo italiano elaborado con aceite de Sacha Inchi. Huánuco, Perú: UNAS.
- Chirinos, O., Adachi, L., Calderón, F., Díaz, R., Larrea, L., Mucha, G. y Roque, L. (2017). Exportación de sachá inchi al mercado de Estados Unidos. Recuperado el 11 abril de 2019 de https://www.esan.edu.pe/publicaciones/Descargue_el%20documento%20completo.pdf.
- Ciappini, M., Gatti, M., Cabreriso, M. y Chaín, P. (2016). Modificaciones fisicoquímicas y sensoriales producidas durante las frituras domésticas sobre el aceite de girasol refinado y aceite de oliva virgen extra. Buenos Aires, Argentina: ISSN
- Comesaña, B., Costas, N. y Olivera, N. (2017). Determinación del índice de peróxido en distintas muestras de aceites. Montevideo, Uruguay: Consejo de Educación Técnico Profesional.
- Esquivel, A., Castañeda, A. y Ramírez, J. (2014). Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud. Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- FAO. (2017). Normas internacionales de los alimentos. Recuperado el 15 de junio de 2019 de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B210-1999%252FCXS_210s.pdf.
- Fennema, O. (1982). Introducción a la ciencia de los alimentos. Madrid, España: Reverté.
- Flores, D. y Lock, O. (2013). Revalorando el uso milenario del sachá inchi para la nutrición, salud y cosmética. Lima, Perú: ISSN
- Follegatti, L., Piantino, C., Grimaldi, R. y Cabral, F. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Elsevier*, 323-329.
- García, C. (2018). El Economista América.com. Recuperado el 21 de enero de 2019 de <https://www.economistaamerica.pe/economia-eAmperu/noticias/9160313/05/18/EI-79-de-las-exportaciones-de-sacha-inchi-se-dirige-a-Corea-del-Sur.html>

- Gómez, G. y Monjaras, M. (2003). Comprobación de pureza de los aceites comestibles de diferentes marcas comerciales en el área metropolitana. Recuperado el 9 de febrero de 2019 de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5600/>
- González, J., Klee, R., Valle, F. y Artiga, A. (2019). Evaluación de parámetros de deterioro de aceites comestibles salvadoreños en el freído. Nejapa, El Salvador: Departamento de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".
- González, J., Medina, M., Garay, R. y Mendieta, O. (2017). *Desarrollo de películas comestibles a partir de proteínas extraídas de la torta de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.)*. San Martín-Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Group, E. (2012). *Global Healing Center*. Recuperado el 30 de abril de 2019 de <https://www.globalhealingcenter.net/salud-natural/acidos-grasos-omega-3-6-9-epa-dha.html>
- Gutiérrez, J. (1998). *Ciencia y tecnología culinaria*. Madrid-España: Díaz de Santos.
- Henao, J. y Barreto, O. (2016). *Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá inchi (Plukenetia volubilis)*. Tolima-Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Hidalgo, D. (2018). *Proceso de extracción artesanal de aceite de oliva (Olea Europea Sativa) en la provincia de Tungurahua*. Ambato-Ecuador: UNIANDES.
- Huamaní, P. y Flores, E. (2009). ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL SACHA INCHI. Recuperado el 3 de julio de 2019 de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/890>
- Juárez, M. (2007). El deterioro de los aceites durante la fritura. *INSIBIO-CONICET*, 82-94.
- Krebesová, R., Castro, J. y Alche, J. (2015). Identificación de las proteínas presentes en el aceite de oliva virgen extra y determinación de su origen tisular. Madrid, España: ISBN.
- Lawson, H. (1999). *Aceites y grasas alimentarios*. Zaragoza-España: ACRIBIA.
- Lázaro, D. (2012). *Plan de empresa para la creación de una planta de elaboración de aceite de oliva orgánico*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Manzaneda, F. (2016). Sacha Inchi y los aceites funcionales omega. *UMSA*, 96-100.
- McMurry, J. (2012). Química orgánica. San Mateo, México: Cengage Learning.
- Mejía, M. (1997). *Extracción y refinación de aceite de sachá inchi (Plukenetia volubilis)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Molina, J. (2018). Herpasur sa. Recuperado el 17 de junio de 2019 de <https://www.mercacei.com/noticia/48438/actualidad/el-aceite-de-oliva-producto-estrella-de-las-exportaciones-agroalimentarias-en-2017.html>
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G. y Valenzuela, R. (2016). *Scielo*. Recuperado el 3 marzo de 2019 de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Morrison, R y Boyd, R. (1998). Química orgánica. Ciudad de México, México: Addison Wesley Longman.
- Parada, E. (2005). Caracterización del aceite y la fibra dietética obtenidos a partir de semilla de arándano. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.
- Pastrana, L. (2016). Análisis de la calidad del aceite de oliva virgen: relación entre la estabilidad oxidativa y la composición fenólica. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Pérez, L. (2008). Evaluación de cuatro temperaturas de prensado en la calidad del aceite virgen de Sacha Inchi. Satipo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Peter, M. y Spohn, S. (2013). *Guía para la elaboración de un Dossier Novel Food*. Lima, Perú: PROMPeru.
- Pinto, J. y Martínez, J. (2005). El aceite de oliva y la dieta mediterránea. *Nutrición y Salud*, 3-43.
- Revenge, J. (2017). El Comidista. Recuperado el 20 de febrero de 2019 de https://elcomidista.elpais.com/elcomidista/2017/02/16/articulo/1487259154_419212.html
- Rodney, M., Ayton, J. y Graham, K. (2010). *The Influence of Growing Region, Cultivar and Harvest Timing on the Diversity of Australian Olive Oil*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 884.
- Salgado, R. (2018). La ciencia del aceite de oliva. Recuperado el 23 de abril de 2019 de <https://rafaelsalgado.com/noticia/que-es-la-acidez-en-un-aceite-de-oliva/>

- Sanz, J. (2019). Agro.es. Recuperado el 13 de junio de 2019 de <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-frutales-y-fruticultura/olivo/cultivo-del-olivo/275-olivo-clima-y-suelo>
- SUNAT. (2016). SUNAT. Recuperado el 31 de julio de 2019 de <http://www.sunat.gob.pe/>
- Taipicaña, D. (2015). *Estudio comparativo del grado de estabilidad del aceite de unguahua (Oenocarpus bataua) con otros aceites en la fritura*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Tobar, A. (2018). *Aceite de Sacha Inchi como potenciador cognitivo*. Quito, Ecuador: UCE.
- UNE. (2010). *Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez*. Madrid-España: AENOR.
- Universidad Politécnica Salesiana. (2018). Recuperado el 9 de septiembre del 2019 de <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=12496883>
- Vásquez, D., Hincapié, G., Cardona, M., Jaramillo, D. y Vélez, L. (2017). *Formulación de una colada empleando harina de Sacha Inchi*. Medellín-Colombia: UDEA.
- Vela, L. (1995). Tesis de la Universidad Nacional de San Martín. Recuperado el 3 febrero de 2019 de https://www.esan.edu.pe/publicaciones/Descargue_el%20documento%20completo.pdf.
- Verema. (2012). Verema. Recuperado el 3 de julio de 2019 de <https://www.verema.com/blog/aceite-oliva/984330-variedades-aceitunas-utilizadas-para-produccion-aceite-oliva>
- Vilgicito, R. (2013). La agroindustria. Recuperado el 1 junio de 2019 de <http://vigilagroindustria.blogspot.com/2013/06/sacha-inchi-para-el-mundo.html>
- Villacrés, D. (2016). *Determinación del índice de peróxidos en aceites usados en la preparación de papas fritas de ocho diferentes restaurantes con el objetivo de determinar posibles efectos en la salud*. Quito, Ecuador: USFQ.
- Wuth, H. (2019). *ImChef*. Recuperado el 3 de junio de 2019 de <http://www.imchef.org/4-tecnicas-para-realizar-papas-fritas/>

Zumbado, H. (2002). Análisis químico de los alimentos: Métodos clásicos. Habana-Cuba: Editorial Universitaria.

ANEXOS

Anexo1. Resultados del índice de yodo para el aceite Sacha Inchi

SACHA INCHI		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	YODO
1	1	63,35
2	1	29,141
3	1	35,478
4	1	33.144
5	1	33
1	2	35,476
2	2	29,141
3	2	25,34
4	2	32,942
5	2	32,942
1	3	46,3722
2	3	41,0508
3	3	40,544
4	3	57,015
5	3	54,481

Anexo 2. Resultados del índice de peróxidos para el aceite Sacha Inchi

SACHA INCHI		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	PERÓXIDOS
1	1	0,86
2	1	0,022
3	1	0,1
4	1	0,16
5	1	0,21
1	2	0,02
2	2	0,16
3	2	0,194
4	2	0,16

5	2	0,2
1	3	0,094
2	3	0,2
3	3	0,188
4	3	0,17
5	3	0,204

Anexo 3. Resultados de la prueba de Kreis para el aceite Sacha Inchi

SACHA INCHI		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	KREIS
1	1	2,62
2	1	2,62
3	1	2,62
4	1	2,99
5	1	3,08
1	2	2,65
2	2	2,65
3	2	2,65
4	2	2,982
5	2	3,55
1	3	2,68
2	3	2,68
3	3	2,68
4	3	2,271
5	3	2,196

Anexo 4. Resultados del índice de yodo para el aceite de Oliva

OLIVA		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	YODO
1	1	63,35
2	1	63,35
3	1	27,874
4	1	30,5
5	1	23,8
1	2	36,743
2	2	44,345
3	2	43,5848
4	2	44,5984
5	2	38,01
1	3	69,685
2	3	53,214
3	3	57,015
4	3	62,083
5	3	74,5

Anexo 5. Resultados del índice de peróxidos para el aceite de Oliva

OLIVA		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	PERÓXIDOS
1	1	0,218
2	1	0,019
3	1	0,42
4	1	0,067
5	1	0,156
1	2	0,086
2	2	0,017
3	2	0,037
4	2	0,17

5	2	0,158
1	3	0,012
2	3	0,02
3	3	0,038
4	3	0,058
5	3	0,159

Anexo 6. Resultados de la prueba de Kreis para el aceite de Oliva

OLIVA		
TRATAMIENTO	REPETICIONES	KREIS
1	1	1,32
2	1	1,32
3	1	1,32
4	1	1,87
5	1	2,98
1	2	1,3
2	2	1,3
3	2	1,3
4	2	1,721
5	2	2,141
1	3	1,23
2	3	1,23
3	3	1,23
4	3	1,275
5	3	2,89

