

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias
Alimentarias

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL
ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*) DEL ECOTIPO
PREDOMINANTE EN EL VALLE DEL RÍO APURÍMAC
(AYACUCHO) Y SU CARACTERIZACIÓN
FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL”

TESIS

Presentada por:

Bach. Dennys Sihuayro Larico

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Tacna – Perú

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL
ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) DEL ECOTIPO
PREDOMINANTE EN EL VALLE DEL RÍO APURÍMAC
(AYACUCHO) Y SU CARACTERIZACIÓN
FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL”

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 17 DE JUNIO DEL 2013, ESTANDO EL
JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

PRESIDENTE: _____
Dra. Liliana Lanchipa Bergamini

SECRETARIO: _____
Mgr. Luis Alberto Marín Aliaga

VOCAL : _____
Ing. Amelia Castro Gamero

ASESOR : _____
Msc. Samuel Cerro Ruiz.

DEDICATORIA:

A Dios, por darme la vida y fortaleza para culminar el presente trabajo.

A mis padres Hugo y Justina les dedico esta tesis por haberme brindado su comprensión, apoyo incondicional durante toda mi carrera, por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones y por creer en mí.

A Socorro y Máximo, por su bondad y brindarme el recurso principal para ejecutar la presente tesis.

A Wagner por demostrarme su preocupación y apoyo para que este trabajo quede de la mejor manera posible y a Meryleen Lineth quien es mi motivación, inspiración y felicidad.

A mis hermanas Janeth, Marleni y Naydely por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que fueron de valiosa ayuda para la realización del presente trabajo, al Msc. Samuel Cerro Ruiz; patrocinador de la presente tesis; por su apoyo constante y orientación para el logro de las metas propuestas, al Ing. Guillermo Salazar, por su apoyo incondicional en la ejecución del trabajo en laboratorio, a mi padre Hugo Sihuayro por el apoyo logístico.

A mis jurados por la paciencia y los consejos que me dieron para el buen desarrollo del presente trabajo y a todas las personas que extendieron su apoyo emocional a mi persona durante el desarrollo de esta investigación.

Muchas gracias

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
EL PROBLEMA	
1.1	Planteamiento del problema. 1
1.2	Formulación del problema. 2
1.3	Delimitación de la investigación. 3
1.4	Justificación. 3
1.5	Limitaciones. 5
1.6	Objetivos. 6
1.6.1	Objetivo general. 6
1.6.2	Objetivos específicos. 6
MARCO TEÓRICO.	
2.1	Aspectos generales del sachá inchi. 7
2.1.1	Origen. 7
2.1.2	Clasificación taxonómica. 8
2.1.3	Morfología general. 10
2.1.4	Características físicas de la semilla del sachá inchi. 11
2.1.5	Características químicas de la semilla. 12
2.1.6	Cosecha de la semilla de sachá inchi. 13

2.2.	Lípidos.	14
2.2.1	Clasificación de lípidos.	15
2.2.2	Composición y estructura química de las grasas y aceites.	16
2.2.3	Ácidos grasos.	18
2.2.4	Clasificación de los ácidos grasos.	19
2.2.5	Familia de ácidos grasos.	22
2.2.6	Importancia de los ácidos grasos esenciales.	24
2.3	Aceite de sacha inchi.	26
2.3.1	Clasificación del aceite de sacha inchi.	27
2.3.2	Importancia del aceite de sacha inchi.	28
2.4	Calidad de aceite.	32
2.4.1	Atributos de calidad de aceites.	33
2.4.2	Factores que influyen en la calidad de aceites.	36
2.5	La metodología de superficie de respuesta (msr).	37
2.5.1	Optimización.	37
2.6	Análisis sensorial	49
	HIPÓTESIS Y VARIABLES.	
3.1	Hipótesis.	41
3.2	Diagrama de variables.	41

3.2.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.	41
3.2.2	VARIABLES DEPENDIENTES.	42
3.3	INDICADORES DE LAS VARIABLES.	42

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1	Tipo de investigación.	43
4.2	Lugar de ejecución.	43
4.3	Población y muestra.	43
4.4	Materiales y métodos.	44
4.4.1	Materiales y equipos.	44
4.5	Metodología.	47
4.5.1	Pruebas preliminares a realizarse a la semilla.	47
4.5.2	Proceso de extracción del aceite de sacha inchi.	48
4.6	Métodos de análisis.	51
4.6.1	Análisis de la materia prima.	51
4.6.2	Análisis del producto final.	53
4.7	Diseño de la investigación (Diseño experimental).	53
4.8	Instrumentos de investigación.	55
4.8.1	Procesamiento estadístico.	56

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1	Análisis físico- químico de la materia prima.	58
5.2	Análisis de las variables de respuesta.	62

5.2.1	Análisis del rendimiento.	63
5.2.2	Análisis de las propiedades físico-químicas.	67
5.2.3	Optimización fisicoquímica.	73
5.2.4	Producto final.	76
5.3	Análisis sensorial comparativo	78
5.3.1.	Propuesta de análisis sensorial descriptivo	80
5.4	Balance de materia.	81
	CONCLUSIONES.	82
	RECOMENDACIONES.	84
	BIBLIOGRAFIA.	86
	ANEXOS.	94

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del sachá inchi	8
Cuadro 2. Composición de la semilla de sachá inchi.	12
Cuadro 3. Información nutricional de aceite de sachá inchi.	29
Cuadro 4. Comparativo de contenido de aceites y proteína de sachá inchi con otras oleaginosas.	30
Cuadro 5. Requisitos de calidad para el aceite de sachá inchi	42
Cuadro 6. Niveles de las variables independientes para el estudio de la extracción de aceite de sachá inchi.	55
Cuadro 7. Distribución del peso de las semillas de sachá inchi.	59
Cuadro 8. Distribución del diámetro y espesor.	60
Cuadro 9. Composición proximal de la almendra de sachá inchi.	61
Cuadro 10. Comparación de análisis proximal con otros autores.	62
Cuadro 11. Resultados experimentales según diseño centrado en las caras para las variable rendimiento en la extracción de aceite de sachá inchi.	64
Cuadro 12. Resultados experimentales, según diseño centrado en las caras, para las variables físico-químicas en la obtención de aceite de sachá inchi.	67

Cuadro 13	Optimización múltiple de las variables en estudio para la extracción de aceite de sachá inchi.	74
Cuadro 14	Balance de masa "prensado en frío".	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Semillas de las seis agrupaciones del género <i>Plukenetia</i> estudiados en la Amazonia peruana	9
Figura 2. Frutos del sacha inchi en proceso de maduración	11
Figura 3. Almendras de sacha inchi reducidas a diferentes tamaños, expresados en milímetros.	49
Figura 4. Prensa manual utilizada en la extracción de aceite de sacha inchi y detalle del escurrimiento.	50
Figura 5. Representación gráfica del diseño de la investigación para el presente estudio.	54
Figura 6. Semilla (izquierda) y almendra (derecha) de sacha inchi.	59
Figura 7. Curvas de nivel que relaciona las variables: presión de trabajo (bar) y tamaño de partícula (mm), en el rendimiento de extracción de aceite de sacha inchi.	65
Figura 8. Superficie de respuesta que relaciona las variables: presión de trabajo (bar) y tamaño de partícula (mm), en el rendimiento de extracción de aceite de sacha inchi.	66
Figura 9. Curvas de nivel que relaciona las variables presión de trabajo (bar) y tamaño de partícula (mm), con la acidez (% de ácido oleico) del aceite de sacha inchi.	69

- Figura 10. Superficie de respuesta que relaciona las variables presión de trabajo (bar) y tamaño de partícula (mm), con la acidez (% de ácido oleico) del aceite de sachá inchi. 70
- Figura 11. Curvas de nivel que relaciona las variables concentración Presión (bar) y tamaño de partícula (mm) con el índice de peróxidos (m-eq O₂/Kg de aceite) del aceite de sachá inchi. 71
- Figura 12. Superficie de respuesta que relaciona las variables presión de trabajo (bar) y tamaño de partícula (mm), con el índice de peróxidos (m-eq O₂/Kg de aceite) del aceite de sachá inchi. 72
- Figura 13. Curvas de nivel que relaciona las variables presión (bar) y tamaño de partícula (mm), con la combinación óptima según características fisicoquímicas del aceite de sachá inchi. 75
- Figura 14. Flujo de extracción por prensado en frío del aceite de sachá inchi en mejores condiciones. 77
- Figura 15. Promedios comparativos de la aceptabilidad sensorial para la muestra experimental y muestra comercial. 79

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Norma técnica peruana. Aceite de sachá inchi. Requisitos.	95
Anexo 2. Análisis estadístico de las variables respuesta de tipo fisicoquímico.	111
Anexo 3. Ficha para la evaluación sensorial del aceite de sachá inchi.	114
Anexo 4. Análisis estadístico de la aceptabilidad sensorial de muestra experimental (M) y comercial (C) del aceite de sachá inchi.	116
Anexo 5. Propuesta de análisis sensorial descriptivo.	117

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo, evaluar el efecto del tamaño de partícula y presión de trabajo sobre el rendimiento y características físico- químicas del aceite de sachá inchi obtenido por el método de prensado mecánico en frío.

Para ello se utilizó la metodología superficie de respuesta, en la que se aplicó un diseño factorial centrado en las caras para las dos variables independientes cuantitativas sobre las variables respuesta, con 11 ensayos, como diseño experimental.

Durante el proceso de extracción del aceite de sachá inchi, fueron estudiadas las variables independientes: presión de trabajo (160, 180, 200 bar) y tamaño de partícula (2, 4, 6 mm), siendo evaluada a través del rendimiento, índice de acidez e índice de peróxidos como variable dependiente.

Las mejores condiciones operacionales fueron: tamaño de partícula 3,9 mm, presión de trabajo 192,72 bar. Estas condiciones reportan un

rendimiento de 0,145 l/kg; índice de acidez de 0,092286 g de ácido oleico/100g de aceite e índice de peróxidos 0,892 m-eq O₂/kg aceite.

El producto final resultó con una aceptabilidad sensorial para los atributos color (6,4); olor (6,7) y sabor (4,7) de acuerdo a la escala hedónica de 9 puntos. El análisis sensorial comparativo realizado para la muestra experimental con una muestra comercial, determinó que no existe diferencia significativa entre ambas muestras.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), en los últimos años ha venido tomando importancia económica e industrial en el mercado local, nacional e internacional debido a la demanda de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linoléico y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9 respectivamente) y vitamina E, sustancias que las semillas de sachá inchi concentran en cantidades elevadas, con respecto a semillas de otras oleaginosas.

Desde el año 1988 el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” - Tarapoto; la sub dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, inicia las investigaciones relacionadas al cultivo del sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), con la colección, conservación

y evaluación de 06 ecotipos. Desde entonces investigadores de esta Estación Experimental vienen realizando actividades relacionadas a la colección, caracterización, evaluación y conservación de germoplasma; siendo necesario ampliar el campo de estudio abarcando procesos de industrialización, métodos de conservación, etc.

El presente estudio busca evaluar el rendimiento y características físico- químicas en la extracción del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) del ecotipo predominante en el valle del río Apurímac (Ayacucho), considerado como variables de proceso: tamaño de partícula (mm) y presión (bar), seguidamente realizar una caracterización físico-química y análisis sensorial del aceite.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo influye en el rendimiento, el tamaño de partícula y presión, en la extracción de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) del ecotipo predominante en el Valle del río Apurímac (Ayacucho)?

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente estudio se limita a estudiar la influencia de las variables de proceso: tamaño de partícula y presión, en el rendimiento y características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L*). Además realizar la caracterización físico-química y análisis sensorial del producto óptimo.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

Se ha determinado científicamente, que ésta oleaginosa silvestre, crece en la selva alta o ceja de selva, contiene un promedio de grasa de 48%, su concentrado proteico se obtiene de dos formas: polvo atomizado y harina desgrasada por prensado.

La composición de dicha planta ha sido corroborada por los análisis realizados en el instituto de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de Cornell de Estados Unidos de Norteamérica, muestra que el sachá inchi presenta un inusual nivel elevado de aceites (49%) y un contenido relativamente alto de proteínas (33%) con un alto valor de digestibilidad (Higuchi, 2004).

El aceite de esta semilla es muy rico en ácidos grasos polinsaturados omega, comparativamente con otras semillas oleaginosas, utilizadas para la extracción de aceites destinados al consumo humano. Además, posee el más alto contenido de ácido graso linolénico, el más valioso de los aceites omega presentes en la composición de las grasas.

Este elevado componente de omega 3, controla y reduce el colesterol, es fundamental en la formación de tejido nervioso y ocular, (más de la mitad del cerebro es omega 3, que interviene en la formación de membranas celulares y el transporte de nutrientes en el torrente sanguíneo), también, ayuda a mantener el equilibrio metabólico, contribuye a la regulación de la presión y de las funciones renales. (Higuchi, 2004).

Asimismo, las características nutritivas antes mencionadas del sachá inchi, han motivado que agricultores y empresas agroindustriales, inicien la explotación de esta semilla, con el propósito de exportar sus derivados principalmente aceite; sin embargo; la industrialización de este cultivo se realiza de manera artesanal y poco tecnificada.

La creciente demanda del aceite de sachá inchi, se manifiesta en que los consumidores, son cada vez más conscientes de la necesidad de una alimentación sana, nutritiva y equilibrada para evitar problemas de salud, en consecuencia, el menor consumo de grasas de origen animal.

En conclusión, el mercado demandante de productos naturales y saludables de origen vegetal, muestra grande crecimiento; sin embargo; la mayor necesidad del sachá inchi está en la investigación, desarrollo y la determinación de parámetros óptimos de extracción de aceite y derivados, dar a conocer sobre sus bondades en el organismo, a fin de incrementar su valor e industrialización.

1.5. LIMITACIONES.

La zona de producción de la materia prima es una dificultad debido a que éste, se produce sólo en la hoya amazónica, pero no es un impedimento para el desarrollo de la investigación. Asimismo se tiene que diseñar un prototipo de prensa hidráulica adecuada para el desarrollo del proyecto.

1.6. OBJETIVOS.

1.6.1. Objetivo general.

Evaluar el rendimiento, en la extracción del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) del ecotipo predominante en el valle del río Apurímac (Ayacucho), y su caracterización físico-química y sensorial.

1.6.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto del tamaño de partícula y presión en el rendimiento y características físico-químicas del aceite de sachá inchi obtenido por el método de prensado en frío.
- Determinar el tratamiento de mejores condiciones, que maximice el rendimiento de aceite, con el menor deterioro de sus características físico-químicas.
- Realizar un análisis sensorial comparativo del aceite de sachá inchi.
- Hacer un balance de materia del producto final de mejores condiciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ASPECTOS GENERALES DEL SACHA INCHI.

2.1.1. Origen.

El género *Plukenetia* comprende 17 especies de distribución pantropical, 12 en América, 03 en África, 01 en Madagascar y 01 en Asia (Gillespie, 1993, citado por Arévalo, 1995).

En América del sur, la presencia de (*Plukenetia volubilis* L.), está distribuida en el trópico latinoamericano desde el sur de México, Indias Occidentales, la Amazonia peruana y el Acre en Bolivia (Macbride, 1951, citado por Arévalo, 1995).

En el Perú, se encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Ucayali, Huánuco, Cusco, Amazonas, Loreto y Madre de Dios. En San Martín, se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la provincia de Lamas, en el Valle de Sisa, en Alto Mayo y Bajo Mayo. Crece desde los 100 hasta los 2 000 m.s.n.m. (Manco, 2006).

2.1.2. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica del sachá inchi, se expresa en el cuadro 1:

CUADRO 1: CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SACHA INCHI
(*Plukenetia Volubilis L.*)

Reino	: Vegetal
División	: Spermatophyta
Sub división	: Angiospermae
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: <i>Plukenetia</i>
Especie	: <i>volubilis</i>
Nombre común	: Sacha inchi, Maní del monte
Nombre Científico	: <i>Plukenetia volubilis</i>

Fuente: Arévalo (2000).

El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria en su banco de germoplasma, ha reportado 42 ecotipos de sacha inchi, que corresponden a 6 departamentos: Amazonas, Cusco, Huánuco, Loreto, San Martín y Ucayali. Paralelamente se estudian cinco especies del género *Plukenetia* en la Amazonía peruana: *P. brachybotrya*, *P. lorentensis*, *P. polyadenia*, *P. volubilis* y *P. huayllabambana*, representados en la figura 1 (Rodríguez et al., 2010).



Figura 1: Semillas de las seis agrupaciones del género *Plukenetia* estudiados en la Amazonía peruana: A= *P. brachybotrya*, B= *P. lorentensis*, C= *P. volubilis* (procedencia San Martín), D= *P. volubilis* (procedencia Cusco), E= *P. huayllabambana*. y F= *P. polyadenia*.

Fuente: Rodríguez, et al., 2010.

2.1.3. Morfología general.

- **Tallo:** Trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada.
- **Hojas:** Son alternas, de color verde oscuro, oval- elípticas aseruladas de 09 – 16 cm de largo y 06 – 10 cm ancho. Las nervaduras nacen en la base y orientándose al ápice; el cual; es puntiagudo y la base es plana (Manco, 2006).
- **Flores:** En la planta del sachá inchi, se observan 02 tipos de flores:
 - **Masculinas:** Son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos.
 - **Femeninas:** Se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores.
- **Fruto:** Es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm de diámetro, con 04 lóbulos aristados (tetralobados) dentro de los cuales se encuentran 4 semillas.
- **Semillas:** Son marrones de forma oval de 1,5 a 2 cm de diámetro, ligeramente abultada en el centro y aplastadas en los bordes. (Manco, 2006).

2.1.4. Características físicas de la semilla del sachá inchi.

Los frutos del sachá inchi, son cápsulas de 3 a 5 cm de diámetro, dehiscentes, color verde, que cuando maduran adoptan un color marrón negruzco, tal como se muestra en la figura 2 (Arévalo, 1995).

▪

Figura 2. Frutos de sachá inchi en proceso de maduración

Fuente: Carhuapoma, Mario (2010).

Usualmente, están formados por cuatro cápsulas, algunos frutos presentan cinco a siete cápsulas. Dentro de las cápsulas se encuentran las semillas de color marrón oscuro, con nervaduras notorias, ovales de 1,5 a 2 cm de

diámetro y de 48 a 100 g de peso, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes.

Al abrirlas, se encuentran los cotiledones a manera de almendras y cubiertos de una película blanquecina (Arévalo, 1990-1995; Valles, 1992).

2.1.5. Características químicas de la semilla.

La semilla de sacha inchi, presenta las características descritas en el cuadro 2, (Hazen & Stowessans y Duclos, citado por Anaya, 2003).

Cuadro 2. Composición de la semilla de sacha inchi

	Valores porcentuales
Cáscara	33,00
Almendra	67,00
Proteína (almendra)	28,52
Aceite	54,80
Humedad	6,37
Ceniza	2,10
Fibra	2,60
Carbohidratos	17,70
Ácidos grasos saturados	7,70
Ácidos grasos insaturados	91,60
Energía (kcal/100)	555,70
Vitamina E mg	5,41

Fuente: Hazen & Stowessans y Duclos, citado por Anaya.

Entre las proteínas presentes en la semilla, se puede mencionar el alto contenido de aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, lisina, valina) que no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y son necesarios en la dieta y aminoácidos no esenciales (asparragina, glutamina, arginina, glicina).

2.1.6. Cosecha de la semilla de sachá inchi.

La cosecha, tiene lugar cuando los frutos o cápsulas adoptan un color marrón oscuro, se realiza recolectando las cápsulas manualmente cada 15- 30 días (Manco, 2006). Luego de la cosecha, las cápsulas se exponen al sol y se realiza la trilla manual evitando que la semilla se parta.

Valles (1992), menciona que la cosecha se estabiliza a partir de los 14 meses. Generalmente, cuando se realiza la cosecha, se encuentran algunas cápsulas inmaduras, que todavía conservan algo de color verde y si se dejan en el campo para la siguiente cosecha, tal vez ya no se cosechen debido a su dehiscencia.

2.2. LÍPIDOS

Con el término “lípidos” se designa a una serie heterogénea de sustancias que tienen la propiedad común de ser insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos (metanol, etanol, acetona, éter, benceno, etc.) (Ruz *et al.*, 1996).

Los lípidos de los alimentos exhiben propiedades físicas y químicas singulares, su composición, estructura cristalina, propiedades de fusión y capacidad de asociarse con el agua y otras moléculas no lipídicas ofrecen especial importancia en relación con sus propiedades funcionales en numerosos alimentos (Fennema, 2000).

El organismo utiliza los lípidos de la dieta como energía metabólica inmediata. A su vez, desempeñan diversas funciones biológicas importantes actuando:

- Como componentes estructurales de las membranas.
- Como formas de transporte y almacenamiento de combustibles metabólicos.

- Como cubierta protectora.
- Como componentes de la superficie celular relacionados con el reconocimiento de células, la especificidad de la especie y la inmunidad de los tejidos (Ruz *et al.*, 1996).

2.2.1. Clasificación de lípidos.

Comúnmente los lípidos se dividen en tres grandes grupos en función de su estructura química: simples, compuestos y compuestos asociados. Los lípidos simples abarcan las grasas y los aceites y por lo tanto resultan ser los más abundantes e importantes. Los lípidos compuestos son aquellos que están integrados por una parte lipídica y otra que no lo es, unidas covalentemente; destacándose los fosfolípidos y los glucolípidos; donde en ocasiones también se incluyen las lipoproteínas.

Finalmente, los lípidos derivados o asociados son todos aquellos que no se ubican en ninguna de las subdivisiones anteriores; en esta categoría están los ácidos

grasos libres, los carotenoides, las vitaminas liposolubles, el colesterol, etc. (Badui, 1999).

De manera más simple Valenzuela *et al.* (1999) indican, que generalmente los lípidos se pueden dividir en dos grandes grupos estructurales; aquellos que contienen glicerol en su estructura (triglicéridos y fosfolípidos) y aquellos que no contienen este polialcohol como componente estructural (esteroles, fitoesteroles, ceras y alcoholes grasos).

2.2.2. Composición y estructura química de las grasas y aceites.

Los aceites y grasas, están formados fundamentalmente por mezclas de triglicéridos, es decir, ésteres del alcohol trihídrico glicerol y tres residuos de ácidos grasos que pueden, o no, ser idénticos.

Los triglicéridos simples poseen tres moléculas de ácidos grasos idénticos; los mixtos tienen más de una especie de ácido graso. Una grasa natural suele ser una

mezcla de un número bastante elevado de triglicéridos simples y mixtos (Coulate, 1998).

El glicerol tiene tres grupos hidroxilos reactivos, y los ácidos grasos un grupo carboxilo reactivo. Por lo tanto, con cada molécula de glicerol pueden combinarse tres moléculas de ácidos grasos, eliminándose tres moléculas de agua (Potter y Hotchkiss, 1999).

Los triglicéridos representan normalmente más del 95% en peso de la mayoría de las grasas y aceites alimentarios. Entre los constituyentes minoritarios se encuentran monoglicéridos y diglicéridos, ácidos grasos libres, fosfátidos, esteroides, alcoholes grasos, vitaminas liposolubles y otras sustancias (Ziller, 1996).

La posición a la cual se le une el ácido graso al glicerol es determinante de sus propiedades físicas (emulsificantes, por ejemplo), químicas (su estabilidad a la hidrólisis o a la oxidación) y nutricionales (los ácidos grasos ubicados en las posiciones 1 y 3 tendrán un destino

metabólico diferente del que ocupa la posición 2. De esta manera, en forma exacta se define a las grasas como mezclas de diferentes triglicéridos (Valenzuela *et al.*, 1999).

La diversidad de las diferentes grasas y aceites que se encuentran en la naturaleza o que son originadas industrialmente, radica en los ácidos grasos que forman parte de sus triglicéridos, siendo de esta manera los componentes más importantes, tanto desde el punto de vista estructural como nutricional (Harwood citado por Valenzuela *et al.*, 1999).

2.2.3. Ácidos grasos.

Con este término se conoce cualquier ácido monocarboxílico alifático que pueda liberarse por hidrólisis de las grasas naturales (Fennema, 2000). En cambio Badui (1999) indica que tradicionalmente, los ácidos grasos se definieron como ácidos monocarboxílicos de cadena alifática con número par de átomos de carbono, que podrían ser saturados o insaturados.

Las características físicas y químicas de los ácidos grasos (por ejemplo, su punto de fusión o su solubilidad en agua) y también sus propiedades nutricionales (contenido energético, digestibilidad, efectos metabólicos, etc.) dependen del número de carbonos que formen la molécula, del número de dobles enlaces que esta posea (uniones dobles entre carbono y carbono), de la posición que ocupen los dobles enlaces en la cadena y de la isomería que estos presenten (isomería *cis* o *trans*) (Valenzuela *et al.*, 1999).

2.2.4. Clasificación de los ácidos grasos.

Los ácidos grasos se pueden clasificar de acuerdo con la longitud de la cadena, el número, posición y configuración de dobles enlaces, así como por la existencia adicional de otros grupos funcionales.

Los ácidos grasos presentes en los aceites y grasas comestibles se clasifican por su grado de saturación en: ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados (Ziller, 1996).

Con respecto a la longitud de la cadena de carbonos Valenzuela *et al* (1999), señalan que los ácidos grasos asimismo se clasifican en: ácidos grasos de cadena corta (menos de 8 carbonos), ácidos grasos de cadena media (de 8 a 11 carbonos), ácidos grasos de cadena intermedia (de 12 a 15 carbonos) y ácidos grasos de cadena larga (igual o mayor de 16 carbonos).

a) Ácidos grasos saturados.

Generalmente son de cadena recta, principalmente con número par de átomos de carbono, pero también se han detectado ácidos grasos impares en materias grasas comestibles de origen animal y marino, como así mismo, se han encontrado algunos ácidos grasos ramificados (Masson y Mella, 1985). Contienen solamente enlaces carbono-carbono simples que se denominan saturados y son los menos reactivos químicamente (Ziller, 1996).

Los ácidos grasos saturados son sintetizados en el organismo y los más comunes son: palmítico (C: 16),

esteárico (C: 18), araquídico (C: 20), entre otros (Ruz *et al.*, 1996).

Los ácidos grasos saturados también se identifican como *SAFAs*, del inglés saturated fatty acids (Valenzuela *et al.*, 1999).

b) Ácidos grasos insaturados.

Se caracterizan porque en la cadena hidrocarbonada aparece una doble unión $C = C$, lo cual fuera de introducir una rigidez en la molécula, automáticamente complica la química de los ácidos grasos al presentarse dos tipos de isomerismos: uno de posición y otro geométrico de tipo *cis-trans* que le confiere propiedades diferentes a los ácidos grasos (Masson y Mella, 1985).

Cuando un ácido graso presenta un único doble enlace se le denomina “monoinsaturado”. Si contiene más de uno se le llama “poliinsaturado” (Ziller, 1996).

La presencia de dobles enlaces en la estructura de un ácido graso cambia notablemente sus propiedades químicas y físicas (Valenzuela *et al.*, 1999).

Los ácidos grasos mono insaturados también se identifican como *MUFAs*, del inglés mono unsaturated fatty acids y los poliinsaturados *PUFAs*, del inglés poly unsaturated fatty acids (Valenzuela *et al.*, 1999).

2.2.5. Familia de ácidos grasos.

Las relaciones estructurales entre los ácidos grasos no conjugados obtenidos por biosíntesis, se ponen de manifiesto claramente cuando se indica la posición del doble enlace a partir del grupo metilo terminal y se clasifican en el mismo grupo los ácidos grasos que tienen igual terminación metilo (se indica esta manera de contar añadiendo “ $\omega 1$ ”).

Se obtiene así tres familias $\omega 3$, $\omega 6$ y $\omega 9$, respectivamente, cuyos componentes más frecuentes son ácidos grasos C18 relacionados estructuralmente con unos

pocos compuestos de peso molecular más alto (Belitz, 1997).

Masson y Mella (1985), señalan que la presencia del doble enlace origina familias de ácidos grasos que tienen una misma estructura terminal y que les confieren propiedades y roles biológicos diferentes. Si se designa por la letra n (*omega* o ω) el grupo metilo terminal de la cadena del ácido graso y, desde este punto, se cuentan los carbonos hasta llegar al primer doble enlace, se tienen las siguientes familias:

- Familia del ácido oleico C18:1 ω 9.
- Familia del ácido linoleico C18:2 ω 6.
- Familia del ácido linolénico C18:3 ω 3.
- Familia del ácido cetoleico C22:1 ω 11.

De acuerdo a la posición del primer doble enlace en la cadena para la agrupación de las familias o series de ácidos grasos, Valenzuela *et al.*(1999) explican, que cuando el primer doble enlace está ubicado entre el C9 yC10 (contando desde el grupo metilo terminal), estas moléculas

originan la familia o serie de ácidos grasos denominada *omega-9*; existiendo otro grupo de ácidos grasos, ahora poliinsaturados, cuyo primer doble enlace está entre C6 y C7, dando origen a la serie de los *omega-6*.

Una tercera serie de ácidos grasos, cuyo primer doble enlace está ubicado entre el C3 y C4, origina la serie de los ácidos grasos *omega-3*.

2.2.6. Importancia de los ácidos grasos esenciales.

Los lípidos han sido considerados tradicionalmente como fuente de energía metabólica, sin embargo, hoy se sabe que ellos aportan algunos ácidos grasos específicos que son indispensables para la vida (Ruz *et al.*, 1996).

Los ácidos grasos esenciales son aquellos que deben suministrarse en la alimentación e incluyen miembros tanto de la serie *n-6* como de la serie *n-3* (FAO/OMS, 1997).

Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, porque no pueden ser biosintetizados y

son necesarios para importantes funciones corporales, como el crecimiento y el buen estado de la piel y el pelo, por este motivo deben ser proporcionados por la dieta (Lawson, 1999). De aquí se deduce la importancia de las familias de ácidos grasos nombrados, debido a que por una parte la estructura terminal permanece inalterable y por otra, no es posible el paso de un ácido graso de una familia a otra (Masson y Mella, 1985).

Algunas veces se han considerado esenciales los ácidos araquidónico (C20:4), eicosapentaenoico (C20:5) y docosahexaenoico (C22:6). Principalmente, son componentes esenciales de las membranas de la retina y sistema nervioso central y son precursores de los compuestos similares a hormonas, mediadores del sistema defensivo, como las prostaglandinas (Lawson, 1999).

Los ácidos grasos son cruciales para el desarrollo normal fetal e infantil de la población. El cerebro es grande comparado con el tamaño y el peso corporal.

La demanda de ácidos grasos esenciales por parte del feto es mayor hacia el final de la gestación. Se debe prestar atención a las dietas maternas antes de la concepción, durante la gestación y después en las fórmulas infantiles, principalmente en bebés prematuros (Lawson, 1999).

Los ácidos grasos esenciales son importantes en la síntesis de muchas estructuras celulares y varios compuestos de importancia biológica. Estudios recientes han demostrado los beneficios de otros ácidos grasos de cadena más larga en el crecimiento y desarrollo de los niños de corta edad. Los ácidos araquidónico y docosahexaenoico. (DHA) se deben considerar esenciales durante el desarrollo de los primeros años (Latham, 2002).

2.3. ACEITE DE SACHA INCHI.

Las denominaciones aceptadas por la Norma Técnica Peruana nº 151.400/2009 para los diferentes aceites de sacha inchi y sus definiciones, son:

a) Aceite de sachá inchi:

Aceite extraído de las semillas de sachá inchi del género *Plukenetia*. Caracterizado por su alto contenido de ácidos grasos insaturados (Omega 3, 6,9).

b) Aceite de sachá inchi vírgenes:

Se entiende por aceite de sachá inchi a los productos obtenidos, sin modificar su naturaleza. La extracción será por procedimientos mecánicos, por ejemplo: extrusión, prensado y otros. Podrán haber sido purificados por sedimentación, filtración y centrifugación. Se excluyen a los aceites obtenidos mediante disolvente, coadyuvante de acción química y bioquímica o por procedimiento de re-esterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza.

2.3.1. Clasificación del aceite de sachá inchi.

La clasificación establecida por Norma Técnica Peruana nº 151.400/2009 para el aceite de sachá inchi y sus definiciones son las siguientes:

a) Aceite de sachá inchi extra virgen:

Es el aceite virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico, es como máximo de 1 gramo por 100 gramos, extraído sin la aplicación de calor y cuyas demás características fijadas corresponden para esta categoría (NTP 151.400/2009).

b) Aceite de sachá inchi virgen:

Es el aceite virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico, es como máximo de 2 gramos por 100 gramos y cuyas demás características fijadas corresponden para esta categoría (NTP 151.400/2009).

2.3.2. Importancia del aceite de sachá inchi.

El aceite de sachá inchi es la fuente vegetal más rica en ácidos grasos insaturados (93%), de gran importancia para la nutrición por su alto contenido de ácidos grasos esenciales (84%) (Cuadro 3). Dentro de sus componentes se encuentran principalmente: proteínas, aminoácidos, ácidos

grasos esenciales (omegas 3, 6, y 9) y vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles).

Cuadro 3. Información nutricional de aceite de sachá inchi.

Información nutricional por 100 g de aceite	
Vitamina A	681 b ug.
Vitamina E	17 mg
ÁCIDOS GRASOS	%
Palmítico C 16:0	3,65
Esteárico C 18:0	2,54
Oleico C 18:1 W9	8,28
Linoléico (omega 6) C 18:2 W6	36,80
Linolénico (omega 3) C 18:3 W3	48,61
Total saturados	6,19
Total insaturados	93,69

Fuente: Agroindustrias Amazónicas, 2001

En comparación a los aceites de otras semillas de oleaginosas utilizadas en el mundo, para consumo humano (cuadro 4), el sachá inchi es el más rico en ácidos grasos insaturados, llega hasta 93,68% (IIAP, 2009).

Cuadro 4: Comparativo de contenido de aceites y proteína de sachá inchi con otras oleaginosas.

NUTRIENTE	CONTENIDO DE ACEITES Y PROTEÍNA DE SACHA INCHI CON OTRAS OLEAGINOSAS							
	Sacha Inchi (%)	Oliva (%)	Soy a (%)	Maíz (%)	Maní (%)	Girasol (%)	Algodón (%)	Palma (%)
PROTEÍNA	33,30	1,60	28,0	-	23,0	24,00	32,00	-
ACEITE TOTAL	54,00	22,0	19,0	-	45,0	48,00	16,00	-
PALMÍTICO Saturado	3,85	13,0	10,7	11,0	12,0	7,50	18,00	45,00
ESTEÁRICO Saturado	2,54	3,00	3,30	2,00	2,20	5,30	3,00	4,00
TOTAL SATURADOS	6,00	16,0	14,0	13,0	14,0	13,00	21,00	49,00
OLEICO Monoinsaturado	8,20	71,0	22,3	28,0	43,3	29,30	18,70	40,00
LINOLEICO Omega 6	36,80	10,0	54,5	58,0	36,8	57,90	57,50	10,00
LINOLÉNICO Omega 3	48,60	1,00	8,30	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00
ÁCIDOS GRASOS esenciales	85,40	11,0	62,8	59,0	36,0	57,90	58,00	10,00
TOTAL INSATURADOS	93,60	83,0	85,1	87,0	80,1	87,72	76,70	50,00

Fuente: Agroindustrias Amazónicas. 2001.

Es un aceite de alta calidad para la alimentación y la salud. Es el mejor aceite para consumo humano doméstico, industrial, cosmético y medicinal.

Tiene muchos usos, como: reductor del colesterol, aceite de mesa, de cocina, en la industria para enriquecer con omega 3 los alimentos producidos industrialmente, en la producción de cosméticos, nutracéuticos y medicina.

Los aceites omega 3 son muy escasos en la naturaleza y son indispensables para la vida y la salud, por lo que siempre deben estar presentes en la dieta, sobre todo el omega 3 alfa linolénico, debido a que el organismo no puede sintetizarlo a partir de los alimentos que ingiere, se le denomina ácido graso esencial linolénico.

Es de suma importancia el consumo de aceite omega 3 en la salud y alimentación debido a que:

- Previene y mantiene la salud.
- Controla y reduce el colesterol.

- Fundamental en la formación del tejido ocular.
- Esencial en la formación de la estructura de las membranas celulares, más de la mitad del cerebro contiene omega 3.
- Favorecen el incremento y la agilización de las diferentes funciones cerebrales que se encuentran estrechamente ligadas a la memoria, la inteligencia y el razonamiento.
- Transporta los nutrientes en el torrente sanguíneo.
- Favorece el mejor funcionamiento del sistema digestivo y fortifica los huesos y el sistema óseo en general.
- Contribuye a mantener el equilibrio del metabolismo.
- Potencia las funciones motoras del cuerpo.
- Favorece los regímenes alimenticios para bajar de peso.

2.4. CALIDAD DE ACEITE.

La calidad de todo producto alimentario es una medida del grado de adecuación del mismo al uso esperado, es decir, que la calidad de un alimento puede ser diferente según su uso final (Barranco, Fernández, 2000).

2.4.1. Atributos de calidad de aceites.

Los criterios objetivos de calidad, se miden por métodos de laboratorio y se refieren a las determinación de parámetros, que ponen en manifiesto los deterioros habidos en el aceite o la existencia de causas próximas que los van a producir (Civantos, 1998). A continuación, se toman como referencia, los parámetros que intervienen en la clasificación de los aceites de oliva, especialmente, aquellos incluidos en la normativa de la comisión europea.

a) Acidez libre.

Determina el contenido en ácidos grasos libres presentes en un aceite y se expresa en % de ácido oleico (Hermoso, 1995). Las hidrólisis provocadas, sobre todo por la actividad microbiológica, son las que elevan la acidez. Este parámetro alerta sobre determinadas alteraciones sufridas por los aceites. La acidez se expresa en porcentaje de ácido oleico y se determina según norma.

b) Índice de peróxidos.

Se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite. La cantidad de oxígeno activo contenido en el aceite evalúa el estado de oxidación primaria. Las moléculas de peróxidos corresponden a hidroperóxidos, con una molécula de oxígeno. El índice de peróxidos detecta la oxidación incipiente, antes de que se hayan formado carbonilos, y por tanto, antes de que haya manifestación de malos olores y sabores.

Al avanzar el estado de oxidación de un aceite, desaparecen los peróxidos, dando lugar a otros productos. Es posible que un aceite muy alterado dé un bajo índice de peróxidos. La información completa sobre el estado de oxidación se adquiere con la determinación, además, del K-270 (Civantos 1992).

c) Absorbancia a la radiación ultravioleta (K-232 y K-270).

Los ácidos grasos poliinsaturados son sensibles a las oxidaciones autocatalíticas, induciendo la extensión de este proceso a otros ácidos grasos.

En primer lugar aparecen hidroperóxidos, poco estables, que absorben cerca de una longitud de onda de 232 nm. A continuación son las diacetonas y las cetonas alfa-insaturados que absorben cerca de los 270 nm. También puede formarse otras funciones oxigenadas, hidroxilos y carbonilos, que incrementan la absorbancia de la radiación UV entre 260 y 280 nm, con un máximo alrededor de 270 nm (Hermoso, 1995).

El coeficiente de extinción específica, aumenta conforme la alteración oxidativa es mayor, hasta fases muy avanzadas. Por esto complementa la información obtenida con el índice de peróxidos (Hermoso, 1995).

2.4.2. Factores que influyen en la calidad de aceites.

Civantos (1992), indica que los factores que favorecen el proceso oxidativo son:

- El contacto con el aire, agitación, trasiegos, vertido en depósitos, la superficie de contacto, son aspectos a cuidar.
- Al principio el proceso es lento gracias a los antioxidantes naturales, pero una vez alcanzado un nivel de peróxidos, la velocidad se acelera y se hace presente al sabor rancio.
- El efecto del calor favorece la formación de peróxidos y destrucción de estos, originando productos cetónicos. El aceite debe almacenarse en ambientes a temperaturas no superiores de 288-289°K.
- El efecto de la luz; al igual que el calor favorece las reacciones del aceite con el oxígeno. Se deben utilizar recipientes opacos.

- El efecto de las trazas metálicas; en cantidades muy pequeñas, origina una aceleración de la autooxidación y disminuyendo su estabilidad. Se debe usar acero inoxidable para su almacenamiento.

2.5. LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR).

Es una técnica que ha sido aplicada con éxito en trabajos científicos de análisis y en la optimización de procesos alimenticios, y consiste en un grupo de procedimientos matemáticos y estadísticos que son usados para estudiar la relación entre una o más respuestas (variable dependiente) y un número de factores (variables independiente). Usando esta técnica para los ensayos experimentales, es posible estimar los efectos principales de las variables en la respuesta o variable dependiente (Catarina, 2008).

2.5.1. Optimización.

Los métodos de optimización dependen de la relación o modelo entre los factores y la respuesta; si es una relación

definida en forma mecánica se tienen métodos analíticos, si está definida casuísticamente se tienen métodos estadísticos. En el caso que la función sea casuística (aproximada) se aplican los métodos de optimización estadística tales como el gráfico convencional, el gráfico mejorado, la función deseada y el procedimiento de respuesta de superficie extendida.

El método de la función deseada es una técnica analítica desarrollada para la optimización de sistemas de múltiples factores y múltiples respuestas. Cada respuesta (y_n) se estandariza en funciones deseadas d_n del tipo:

$$d_n = h_n(y_n)$$

El valor de d_n incrementa de 0 (mínimo) a 1 (máximo) cuando la respuesta asociada se aumenta. Un alto valor de d indica las mejores funciones deseadas del sistema, lo que se traduce en soluciones óptimas de dicho sistema (Aguirre et al 2005).

2.6. ANÁLISIS SENSORIAL.

La evaluación sensorial de los alimentos constituye una de las más importantes herramientas en la industria alimentaria (Sancho, 1999). A nivel de consumidor se aplica para comprender la importancia de las propiedades de aceptación-rechazo, preferencia y nivel de agrado, en relación con los atributos del mismo producto (Espinoza, 2003).

El nivel de agrado por los alimentos en respuesta a cómo cumple con las expectativas se evalúa con escalas hedónicas a partir de la apreciación de agrado o desagradado de potenciales consumidores (Sancho, 1999). Los test sensoriales, se desglosan en:

a) Test de preferencia.

Realizados por los consumidores para evaluar la aceptabilidad del producto en el mercado. Los métodos utilizados en los test discriminatorios tienen como finalidad clasificar las muestras por orden de intensidad de cada uno

de los atributos; el test del perfil sensorial aporta el sello distintivo del producto y se utiliza para evaluar características sensoriales como la apariencia, el color, el olor, el sabor y las propiedades texturales.

Pueden utilizarse escalas hedónicas, gráficas o numéricas. Por lo general, los intervalos de la escala son de 9 a 10 puntos; intervalos demasiado cortos (inferiores a cinco puntos) podrían menoscabar la validez de los resultados (Cabañas, 2008).

b) Test analíticos de discriminación y descripción.

Efectuados por catadores entrenados para analizar y medir las diferencias de caracteres organolépticos o para describir el perfil sensorial de un producto. El reclutamiento, la selección y el entrenamiento de los catadores son etapas fundamentales. Los preseleccionados son entrenados para que se familiaricen con el producto y mejorar su capacidad de reconocer los atributos sensoriales, su sensibilidad y memoria (Cabañas, 2008).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS.

Sí es posible, evaluar el rendimiento en la extracción del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) con las variables de proceso: tamaño de partícula (mm) y presión (bar), realizar la caracterización físico- química y análisis sensorial.

3.2. DIAGRAMA DE VARIABLES.

3.2.1. Variables independientes.

- Parámetros óptimos en la extracción:
 - Tamaño de partícula : 2, 4, 6 (mm)
 - Presión : 160, 180, 200 (Bar)

3.2.2. Variables dependientes.

- Rendimiento:
 - o Volumen de aceite (ml)
- Características físico-químicas:
 - o Índice de acidez (% ácido oleico)
 - o Índice de peróxidos (meq-O₂/kg de aceite)

3.3. INDICADORES DE LAS VARIABLES.

Se tomarán como indicadores, los establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 151.400/2009, denominada aceite de sacha inchi: Requisitos (anexo 1):

Cuadro 5. Requisitos de calidad para el aceite de sacha inchi.

Requisitos	Mínimo	Máximo
Densidad a 293 ° K (20°C)	0,926	0,931
Índice de peróxido, miliequivalentes de oxígeno/ kg de aceite.	--	10,0
Índice de acidez libre, % de ácido oleico.		
Aceite extra virgen	--	1,0
Aceite virgen	--	2,0
Índice de refracción a 293 ° K(20°C)	1,478	1,481

Fuente: Norma Técnica Peruana N° 151.400/2009

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tecnología aplicada.

4.2. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo, fue realizado en los laboratorios de la Escuela de Industrias Alimentarias, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

Fue utilizada la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) de la variedad predominante en el Valle del río Apurímac, la

muestra fue tomada exactamente en el distrito de Santa Rosa, departamento de Ayacucho.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.4.1. Materiales y equipos.

a) Materiales.

- Placas petri
- Desecador con silica gel
- Algodón
- Papel filtro Whatman
- Espátula de metal
- Balón kjeldhal
- Pipetas volumétricas de 0,2 – 10 ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 – 500 ml
- Bureta de 25 ml
- Probetas de 10- 100 ml
- Piceta con agua destilada
- Embudo Bushner
- Matraz Kitasato

- Crisoles de porcelana
- Embudo de vidrio
- Picnómetro
- Vasos precipitados de 25- 500 ml
- Cápsulas de porcelana
- Material de plástico
- Proformas de plástico
- Bolsas de grado alimentario Ziploc brand
- Botellas de vidrio, color ámbar de diferentes capacidades 60-250 ml
- Bandejas de polietileno desechables

b) Equipos.

- Prensa hidráulica, capacidad de 1 Kg
- Estufa rango de temperatura 303- 493 ° K (30 – 220°C) marca Memmert. Alemana.
- Balanza analítica Metler AJ 150±0,1 mg de sensibilidad. Alemana.
- Extractor Soxhlet. Lab – Line Instruments Inc. modelo 5000-1. USA.

- Digestor microkjeldall, marca Labconco Corporation, modelo 60300-01.USA.
- Cocina eléctrica Thermolyne Type 2200-USA
- Bomba de vacío modelo N° 0211 –V45M – G218C, GAST. USA.
- Mufla, Thermolyne Type 1500, rango de temperatura 0- 1473 ° K (0-1200°C). USA.
- Centrífuga. USA.
- Molino manual marca Corona. Perú.
- Juego de tamices, Standard Testing Sieve. USA
- Análisis sensorial: copas de vidrio, manzana verde.

c) Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico
- Tiosulfato sódico 0,002 N
- Cloroformo
- Ácido acético glacial

- Yoduro potásico
- Almidón soluble
- Éter dietílico
- Etanol
- Indicador Fenolftaleína
- Benceno

4.5. METODOLOGÍA.

4.5.1. Pruebas preliminares a realizarse a la semilla.

Considerando que este ecotipo no está identificado, se hace un análisis físico a la semilla, tomando como muestra de manera aleatoria 10 unidades considerando: peso de la semilla, peso de almendra, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial y espesor; a su vez; se halla una relación cáscara/almendra.

Para el proceso de extracción de aceite, las semillas de sachá inchi deben ser sometidas a una operación de descascarillado, extrayendo la almendra.

4.5.2. Proceso de extracción del aceite de sachá inchi.

Se plantea el tipo de extracción mecánica en frío haciendo uso de un prototipo de prensa hidráulica, centrifugación y posterior filtrado del producto obtenido.

a) Materia prima: Se utilizaron almendras de sachá inchi de la variedad (*Plukenetia volubilis L.*), de buena calidad (semillas limpias, sin presencia de plagas u hongos), proveniente de la distrito de Santa Rosa (Ayacucho) perteneciente al valle del río Apurímac.

b) Selección: Las almendras fueron sometidas a una limpieza de toda partícula extraña o restos de cápsula; así mismo de almendras en mal estado con presencia de plagas y mohos.

c) Molienda: Las almendras de sachá inchi, fueron reducidas utilizando un molino de discos, que se realizó manualmente, donde el tamaño de partícula se determinó por medio de los tamices.



Figura 3. Almendras de sachá inchi reducidas a diferentes tamaños, expresados en milímetros.

Fuente: Recolección propia (2013).

d) Tamizado: De acuerdo al delineamiento experimental se consideraron tres niveles de estudio con tamaños de partícula de 2, 4 y 6 mm, tal como se aprecia en la figura 3. Para ello se usaron tamices de 5, 10, 14 mesh, de los cuales se obtenía los tamaños deseados.

e) Prensado: Se realizó haciendo uso de una prensa hidráulica (figura 4), siguiendo el delineamiento experimental se trabajaron tres niveles de presión 160, 180, 200 bar; con un tiempo de extracción de 15 minutos.



Figura 4. Prensa manual utilizada en la extracción de aceite de sachá inchi y detalle del escurrimiento.

Fuente: Recolección propia (2013).

f) Centrifugado: Se realizó en una centrifuga a 3500 rpm; posteriormente, el aceite, que se deposita en la parte superior del tubo de la centrifuga, se separa en una probeta con el fin de determinar la cantidad exacta de aceite en ml.

g) Filtrado: El aceite crudo de sachá inchi obtenido con partículas finas en suspensión se sometió a un filtrado con bomba de vacío; de esa manera se logró obtener un aceite más puro y límpido.

h) Envasado: En frascos de vidrio de color ámbar de diferentes capacidades.

4.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS.

4.6.1. Análisis de la materia prima.

Fue realizado con la finalidad de conocer la composición proximal de la almendra de sachá inchi utilizada como muestra.

a) Humedad: Se determinó la pérdida de peso en la muestra, al someterse a calentamiento en estufa a 378° K (105° C), hasta alcanzar un peso constante (Método pérdida de peso A.O.A.C. 1984).

b) Lípidos: El contenido en grasa bruta de un producto se define convencionalmente como la parte del mismo extraíble por éter de petróleo o benceno en condiciones determinadas (Método soxhlet, A.O.A.C 1984).

c) Proteínas: El contenido en proteína bruta de un producto es el resultado de multiplicar el contenido de nitrógeno, determinado por el procedimiento Kjeldahl, por un factor (5,7) de transformación del nitrógeno en proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C.1984).

d) Fibra cruda: Tratar la muestra, sin grasa si es necesario, con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido potásico de concentraciones conocidas. Separar el residuo por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble (Método tratamiento ácido-alcalino, A.O.A.C.1982).

e) Cenizas: Residuo obtenido por incineración a una temperatura de 823 ± 283 °K (550 ± 10 °C), hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante. (Método por calcinación, A.O.A.C. 1984).

f) Carbohidratos totales: Se calcula los carbohidratos, por diferencia porcentual.

4.6.2. Análisis del producto final.

De acuerdo a lo descrito por el método indicado en las Normas Técnicas Peruanas:

- ITINTEC 209.004: Aceites y Grasas Comestibles, método de determinación de acidez libre.
- ITINTEC 209.004: Aceites y Grasas Comestibles, método de determinación del índice de peróxidos.
- NTP 209.128: Aceites y Grasas Comestibles, método de determinación de la densidad relativa.
- Balance de materia del producto optimizado.

4.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es de tipo experimental, en la cual se muestran las operaciones que se escogieron como variables independientes y las variables respuesta, según se muestran en el flujograma básico de extracción de aceite de sachá inchi, con sus variables de estudio (Figura 5).

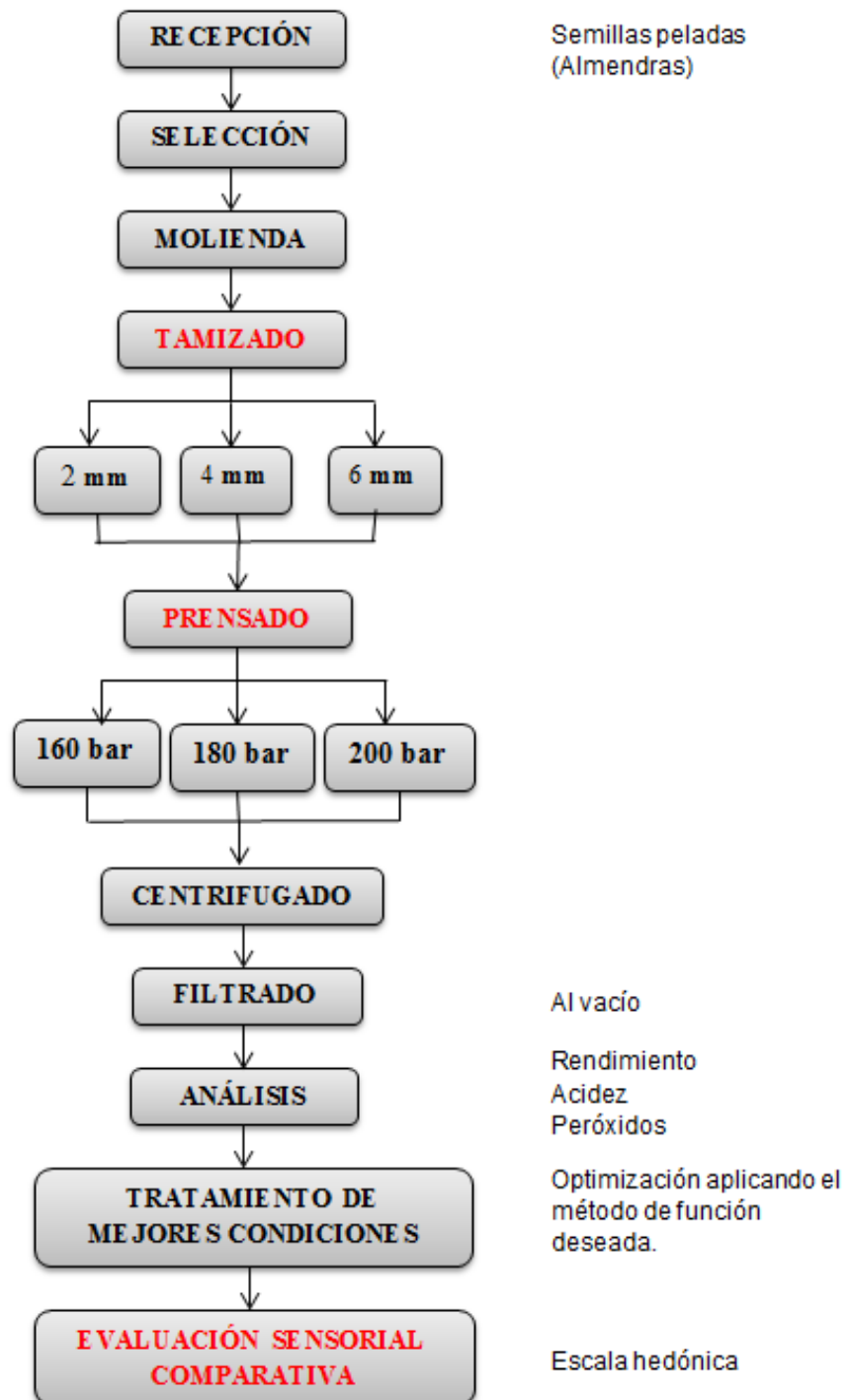


Figura 5. Representación gráfica del diseño de la investigación para el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia (2013).

4.8. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Se empleó el diseño factorial centrado en las caras, para las dos variables independientes cuantitativas, sobre las variables respuesta. Los niveles de las variables y el total resultante de los tratamientos se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Niveles de las variables independientes para el estudio de la extracción de aceite de sachá inchi.

N° ensayo	Variables independientes			
	Codificadas		Reales	
	X1	X2	Tamaño de partícula (mm)	Presión (Bar)
1	-1	-1	2	160
2	0	-1	4	160
3	1	-1	6	160
4	-1	0	2	180
5	0	0	4	180
6	1	0	6	180
7	-1	1	2	200
8	0	1	4	200
9	1	1	6	200
10	0	0	4	180
11	0	0	4	180

Fuente: Elaboración propia (2013).

4.8.1. Procesamiento estadístico.

El promedio de los datos de cada uno de los 11 experimentos para la variable respuesta, fueron tratados por la metodología de superficie de respuesta, que consistió en desarrollar un modelo matemático de primer y segundo orden conteniendo términos lineales, cuadráticos y de interacción.

El efecto significativo del modelo fue tratado por análisis de varianza. En ella se observó el grado de significación de la regresión y de la falta de ajuste al 95 % de confianza, con la ayuda de la prueba de F, y el análisis del coeficiente de determinación (R^2).

Debe indicarse, según (Montgomery 1991), el modelo es considerado útil con fines de interpretación entre la relación de las variables independientes y dependiente cuando presenta regresión significativa y falta de ajuste no significativo al nivel del 95% de confianza además de un alto valor R^2 (más próximo de 1 a 100).

Para la determinación del tratamiento óptimo de mejores condiciones (Y_i), se aplicó el método de la optimización de Respuestas Múltiple o Función deseada (desirability), los cálculos se desarrollaron mediante el Software Design Expert 8.0 para Windows. Para las pruebas comparativas finales se aplicó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95 % de confianza.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA.

Se realizó el análisis de las almendras antes del proceso de extracción que se detallan a continuación:

a. Peso de cáscara y almendra.

Se pesaron las semillas enteras y sin cáscara (almendras), para tener el peso referencial en la determinación del rendimiento en extracción tal como se observan en la figura 6.

Los pesos registrados se muestran en el cuadro 7, donde se reportan los pesos y su distribución porcentual. Se destaca que en promedio el peso de la almendra representa el 67,75 % de la semilla.



Figura 6. Semilla (izquierda) y almendra (derecha) de sachá inchi.
Fuente: Recolección propia (2013).

Cuadro 7: Distribución del peso de las semillas de sachá inchi.

Muestra	Peso bruto (g)	Peso almendra (g)	Almendra %	Cáscara %
AF.01	1,22	0,820	67,32348	32,7
AF.02	1,54	1,065	69,15584	30,8
AF.03	1,36	0,890	65,44118	34,6
AF.04	1,37	0,910	66,39416	33,6
AF.05	1,38	0,916	66,35507	33,6
AF.06	1,52	1,084	71,31579	28,7
AF.07	1,23	0,825	67,05691	32,9
AF.08	1,41	0,959	68,01418	32,0
AF.09	1,38	0,926	67,10145	32,9
AF.10	1,37	0,940	68,64964	31,4
promedio	1,38	0,934	67,75004	32,2

Fuente: Elaboración propia (2013).

Al respecto, el instituto de investigación de la amazonia peruana (1990), mencionan que la almendra de sachá inchi, tiene un peso variable entre 0,771 y 0,774 gramos.

Fantástico (1984), menciona que el peso y tamaño de la semilla de los frutos es muy variable y característica de la variedad, clima, suelo, cultivo entre otros factores.

b. Tamaño y forma.

El resultado promedio de las mediciones del diámetro longitudinal (20,7 mm) y ecuatorial (17,2 mm) vistas en el cuadro 8, muestran que las semillas, son de forma ovalada y de poco espesor (8,96 mm), ligeramente abultadas en el centro.

Cuadro 8. Distribución del diámetro y espesor.

Muestra	Diámetro longitudinal (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Espesor (mm)
AF.01	21,6	18,00	7,8
AF.02	21,6	18,42	9,0
AF.03	21,0	17,08	9,0
AF.04	21,58	17,26	9,0
AF.05	20,0	17,00	9,52
AF.06	21,38	18,44	9,0
AF.07	19,6	16,68	8,64
AF.08	19,0	16,48	9,62
AF.09	20,4	16,68	9,0
AF.10	21,0	16,28	9,0
promedio	20,716	17,232	8,96

Fuente: Elaboración propia (2013).

Fantástico (1984) menciona que las almendras de sachá inchi tiene un espesor entre 7.7 a 8.3 mm, diámetro entre 14.8 y 15.2 mm. Asimismo, Valles (1995), refiere que las almendras de sachá inchi son de forma oval, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas en los bordes, lo que concuerda con la presente investigación.

c. Composición proximal.

La composición proximal de la almendra (cuadro 9), muestra un elevado contenido de materia grasa, probando que se trata de semillas cosechadas y que con el tiempo de almacenamiento, la pérdida de agua ha favorecido la concentración del aceite.

Cuadro 9. Composición proximal de la almendra de sachá inchi.

Almendra	Porcentaje (%)
Humedad	4,0046
Grasas	45,6725
Ceniza	2,5494
Proteína	27,3394
Fibra	13,0142
Carbohidratos	7,4198

Fuente: Elaboración propia (2013).

Asimismo, su contenido de humedad y cenizas es bajo en comparación con resultados reportados por otros autores visto en el cuadro 10.

Cuadro 10: Comparación de análisis proximal con otros autores.

COMPOSICIÓN PROXIMAL	1	2	3	4
Proteína	27,33	33,3	25,07	24,21
Humedad	4,00	4,2	6,09	6,37
Grasas	45,67	48,70	45	51,4
Carbohidratos	7,42	9,5	6,76	4,03
Fibras	13,01	1,6	13,09	11,3
Ceniza	2,55	2,70	2,85	2,69

Fuente: Elaboración propia (2013). (1)Sihuayro(2013); (2)Hazen&Stoewesand (1980) y Duclos; (3)Adrianzén, Rojas & Linares (2011);(4) García (1990) citado porprom-amazonia.

5.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

La determinación de los modelos matemáticos y el estudio de la variabilidad de las variables dependientes son como se mencionó anteriormente en el procesamiento y análisis estadístico.

- El análisis de los resultados se realizó con los niveles reales de los diferentes tratamientos planteados, por la metodología de superficie de respuesta.

- Se asume que las respuestas, con las variables independientes se puede aproximar con un polinomio de segundo orden.
- El análisis de coeficientes de los diferentes modelos de regresión que explican el efecto en el rendimiento, acidez e índice de peróxidos se realizó mediante las pruebas de t–student (anexo 2), con 2 grados de libertad para el error y 5 % de nivel de significancia.
- La evaluación de los modelos de regresión fue mediante el análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 % (anexo 2).

5.2.1. Análisis del rendimiento.

El proceso de extracción consideró como base a la almendra de sachá inchi, sometida a molienda, selección y prensado en frío; es decir que no se sometió a la acción directa o indirecta de fuente de calor como posible coadyuvante tecnológico. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 11 en L de aceite/kg de almendra de sachá inchi.

De acuerdo con el análisis del grado de significación del modelo completo (anexo 2), se observa que el rendimiento en la obtención de aceite no fue influenciado significativamente, por los efectos lineales y el efecto de interacción de presión (X_2) ni tamaño promedio de partícula.

Cuadro 11. Resultados experimentales según diseño centrado en las caras para las variable rendimiento en la extracción de aceite de sachá inchi.

X1:Tamaño (mm)	X2: Presión (bar)	Y1: Rendimiento (l/kg)
2	160	0,093
2	200	0,172
6	160	0,084
6	200	0,168
4	160	0,100
4	200	0,166
2	180	0,142
6	180	0,113
4	180	0,121
4	180	0,102
4	180	0,113

Fuente: Elaboración propia (2013).

En la figura 7, se presenta el diagrama de las curvas de superficie de respuesta, del modelo completo; donde se muestra la variación del rendimiento de obtención de aceite, en función de las variables independiente de presión y

tamaño promedio de partícula, y se observa que se tiene una región de máxima respuesta donde el rendimiento es mayor de 0,16 (16%); cuando la presión aumenta independientemente del tamaño de la partícula.

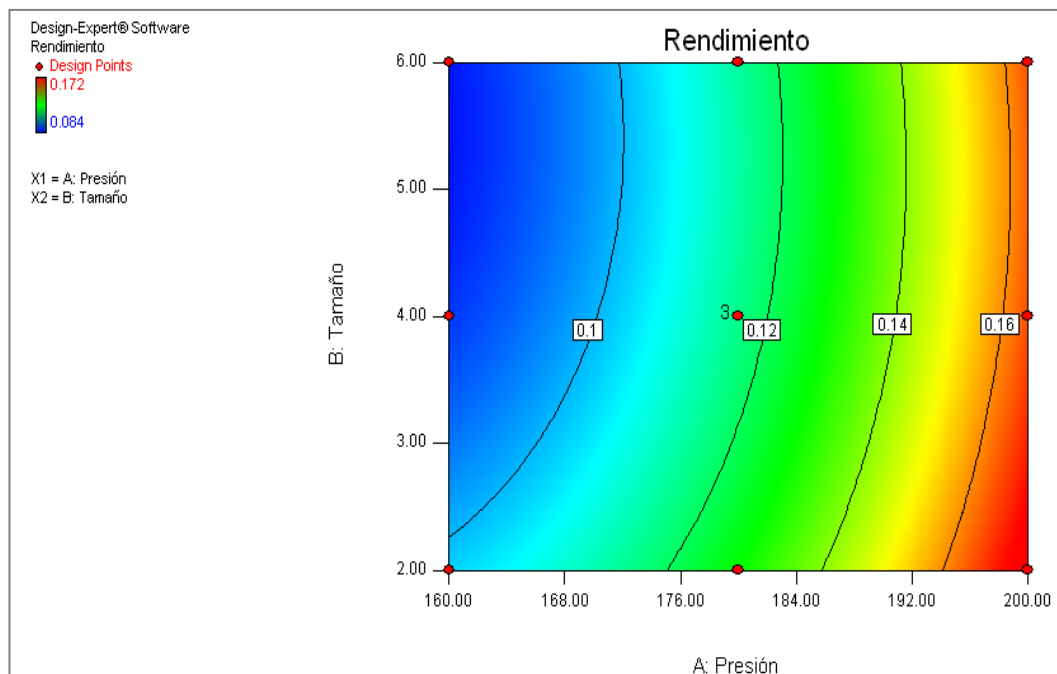


Figura 7. Curvas de nivel que relaciona las variables: presión (bar) y tamaño de partícula (mm), en rendimiento de extracción de aceite de sachá inchi.
Fuente: Elaboración propia (2013).

En la figura 8, se presenta el diagrama de las curvas de superficie de respuesta, del modelo completo; muestra como la presión es determinante en su influencia sobre el rendimiento, dejando casi imperceptible la influencia del

tamaño de la partícula; sin embargo según el ANVA al 95 % de confianza, muestra que el modelo conformado por ambas variables son necesarias para explicar el rendimiento.

En consecuencia, se puede afirmar, que para obtener un máximo rendimiento en aceite de sachá inchi, se debe operar a presiones mayores a 200 bar y tamaño inferior a 2 mm. Los menores porcentajes de extracción se dan cuando se opera a presión menor a 160 bar y tamaño de partícula superior a 6 mm.

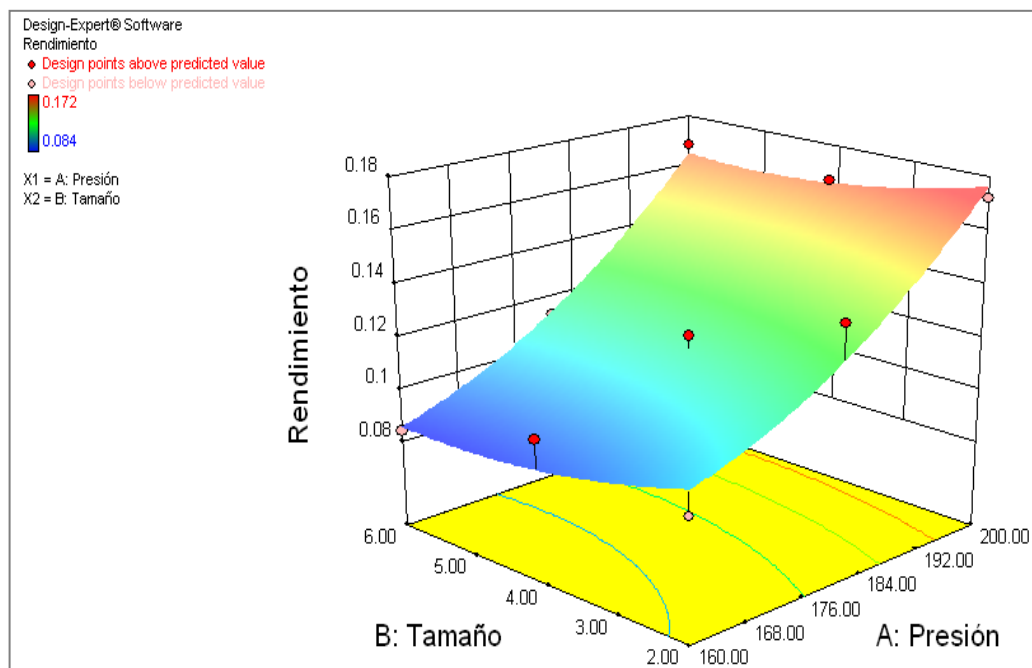


Figura 8. Superficie de respuesta que relaciona las variables: presión (bar) y tamaño de partícula (mm), en el rendimiento de extracción de aceite de sachá inchi.
Fuente: Elaboración propia (2013).

Este comportamiento demuestra, que si bien, un tamaño menor reduce el espacio de recorrido del aceite para salir de la partícula, es la presión el factor que controla la intensidad del volumen de aceite extraído.

5.2.2. Análisis de las propiedades físico-químicas.

Los resultados experimentales de las propiedades físico-químicas, tales como son el índice de acidez e índice de peróxidos, se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Resultados experimentales, según diseño centrado en las caras, para las variables físico-químicas en la obtención de aceite de sachá inchi.

X1 Tamaño (mm)	X2 Presión (Bar)	Y2:Acidez %ácido oleico	Y3: Peróxidos m-eq. O ₂ /kg de aceite
2	160	0,281558	1,366
2	200	0,056256	3,904
6	160	0,281058	1,8
6	200	0,225363	1,738
4	160	0,056256	1,49
4	200	0,168603	1,98
2	180	0,112429	1,397
6	180	0,112576	1,195
4	180	0,112506	1,239
4	180	0,112527	1,49
4	180	0,112545	1,49

Fuente: Elaboración propia (2013).

Los resultados obtenidos, difieren mucho con los presentados por Ángeles (2002), sobretodo en el índice de acidez (0,712 % de ácido linolénico); ésta diferencia no se refleja mucho en el índice de peróxidos (1,704m-eq. O₂/kg) ya que los resultados obtenidos en la presente investigación son muy próximos (1,2 – 1,9 m-eq. O₂/kg).

a) Análisis de acidez.

En la figura 9, se muestra el diagrama de curvas de nivel de superficie de respuesta del modelo completo; muestra la variación de la acidez en el aceite de sacha inchi, en función de las variables independientes, presión y tamaño de partícula, se observa que se tiene una región de máxima respuesta, la acidez es mayor de 0,2 % en regiones extremas, donde simultáneamente, los niveles de las variables del proceso se hacen máximas o mínimas.

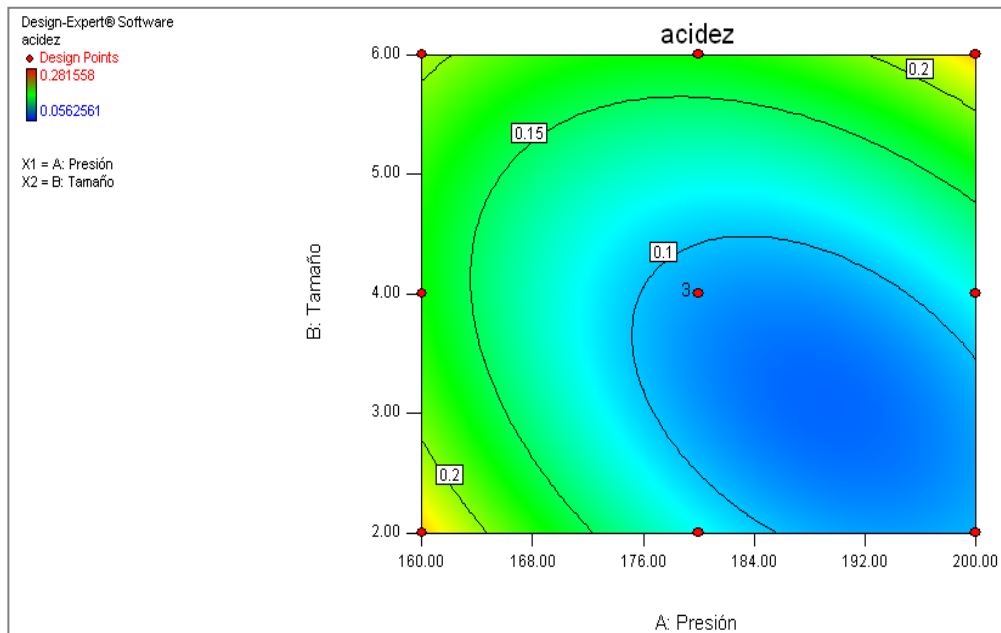


Figura 9. Curvas de nivel que relaciona las variables presión (bar) y tamaño de partícula (mm), con la acidez (% de ácido oleico) del aceite de sachu inchi.
Fuente: Elaboración propia (2013).

En la figura 10, se presenta el diagrama de curvas de nivel de superficie de respuesta del modelo completo, dejando evidente el efecto combinado de la presión y el tamaño de la partícula, en su influencia sobre la acidez; sin embargo según el ANVA al 95 % de confianza el modelo conformado por ambas variables no es significativo para explicar la variación de la acidez.

Asimismo, la figura 10 muestra una región de mínima acidez (azul) es decir que se puede extraer aceite

de sachá inchi con condiciones de mínima acidez hasta por debajo de 0,1 % de ácido oleico.

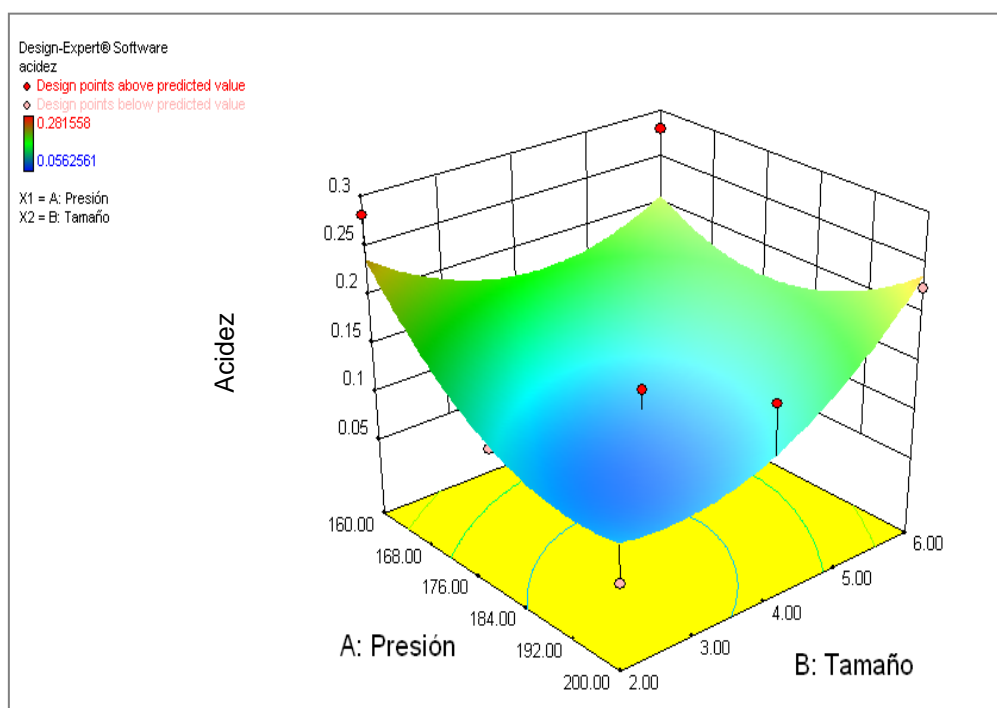


Figura 10. Superficie de respuesta que relaciona las variables presión (bar) y tamaño de partícula (mm), con la acidez (% de ácido oleico) del aceite de sachá inchi.
Fuente: Elaboración propia (2013).

Una probable explicación de la poca influencia de dichas variables, es que la acidez se ve influenciada por factores físico-químicos, como el agua, la temperatura o el oxígeno, pero, considerando que todos están en un rango de calidad aceptable, se puede afirmar, que el proceso de extracción no altera la calidad del aceite.

b) Análisis de índice de peróxidos.

En la figura 11, se muestra el diagrama de curvas de nivel de superficie de respuesta del modelo completo; muestra la variación del índice de peróxidos en el aceite de sachá inchi en función de las variables independiente presión y tamaño de partícula, se observa que se tiene una región de máxima respuesta de índice de peróxidos, que es mayor de 3 m-eq O₂/kg de aceite, en regiones extremas donde el nivel de la presión es máxima y mínimo el tamaño de partícula.

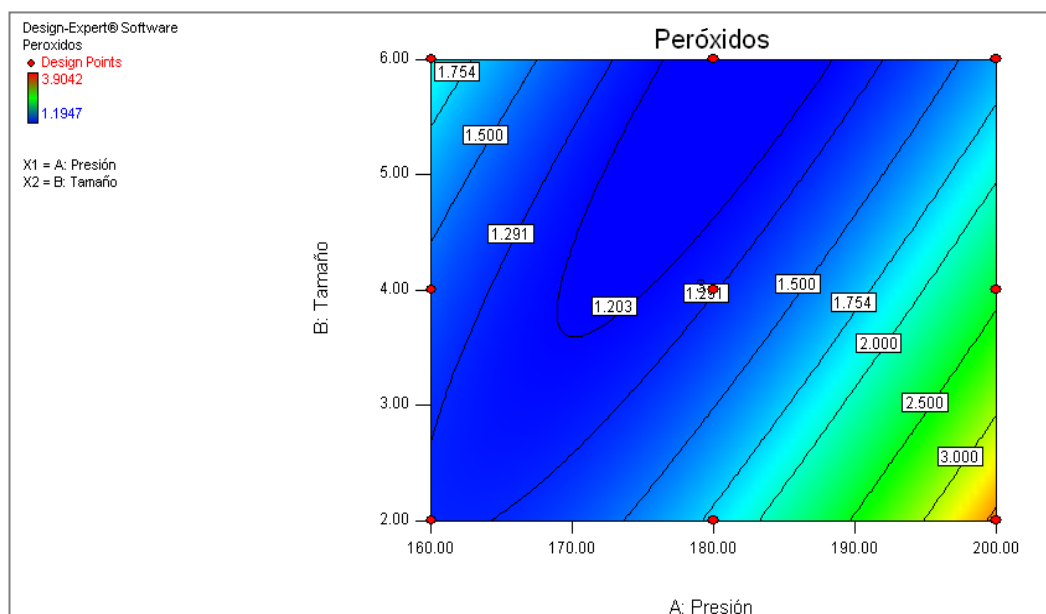


Figura 11. Curvas de nivel que relaciona las variables Presión (bar) y tamaño de partícula (mm) con el índice de peróxidos (m-eq O₂/Kg de aceite) del aceite de sachá inchi. Fuente: Elaboración propia (2013).

En la figura 12, se presenta el diagrama de curvas de nivel de superficie de respuesta, del modelo completo; dejando evidente, el efecto combinado de la presión y el tamaño de la partícula en su influencia sobre el índice de peróxidos; sin embargo; según en ANVA al 95 % de confianza el modelo conformado por ambas variables no es significativo para explicar la variación del índice de peróxidos.

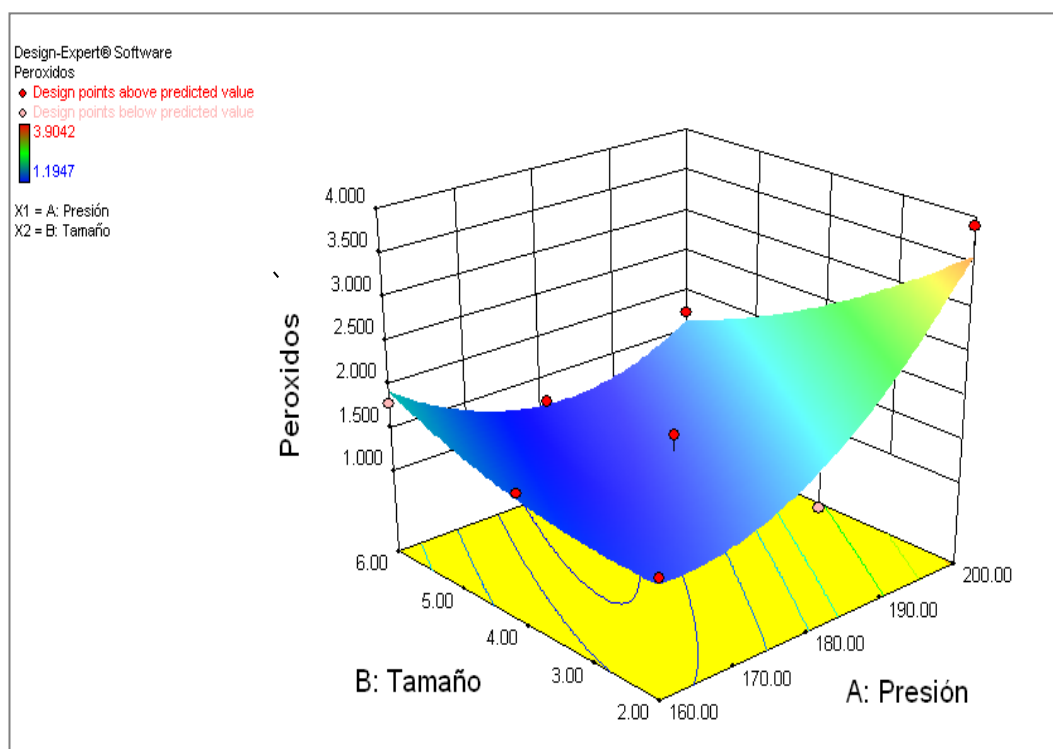


Figura 12. Superficie de respuesta que relaciona las variables presión (bar) y tamaño de partícula (mm), con el índice de peróxidos (m-eq O₂/Kg de aceite) del aceite de sachá inchi. Fuente: Elaboración propia (2013).

Asimismo dicha figura muestra una región de mínimo índice de peróxidos (azul), es decir, que se puede extraer aceite de sachá inchi con condiciones de mínimo índice de peróxidos hasta por debajo de 1 m-eq O₂/ kg de aceite.

5.2.3. Optimización fisicoquímica.

Para determinar el tratamiento de mejores condiciones en la extracción de aceite de sachá inchi, se aplicó el método de optimización múltiple según Coello (2005), con el cual se buscó la combinación de las variables en estudio que cumplan los siguientes criterios:

- Factor tamaño de partícula: en rango.
- Factor presión de extracción: en rango
- Factor rendimiento: maximizar.
- Factor acidez: minimizar
- Factor peróxidos: minimizar

Estas combinaciones, buscan al tratamiento que

obtenga la máxima cantidad de aceite extraído; pero al mismo tiempo, el mínimo grado de deterioro de su calidad fisicoquímica. Para la obtención de los cálculos de optimización se usó el software Design Expert 8.0.1. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Optimización múltiple de las variables en estudio para la extracción de aceite de sachá inchi.

Factor	Criterio	Nivel mínimo	Nivel máximo	Óptimo
X1:Tamaño	en rango	2	6	3,9
X2:Presión	en rango	160	200	192,72
Y1:Rendimiento	maximizar	0,084	0,172	0,145045
Y2:Acidez	minimizar	0,05626	0,281558	0,092286
Y3:Peróxidos	minimizar	1,1947	3,9042	1,892
Función deseada				0,756

Fuente: Elaboración propia (2013).

La figura 13, de curvas de nivel, para la optimización múltiple de las variables respuesta, muestra una tendencia de ubicar la región, donde se encuentra el tratamiento de mejores condiciones de máxima aceptabilidad de los atributos rendimiento, acidez e índice de peróxidos, que se consigue cuando se trabajan a nivel de presión de 192, 72 bar y 3,9 mm de tamaño de partícula.

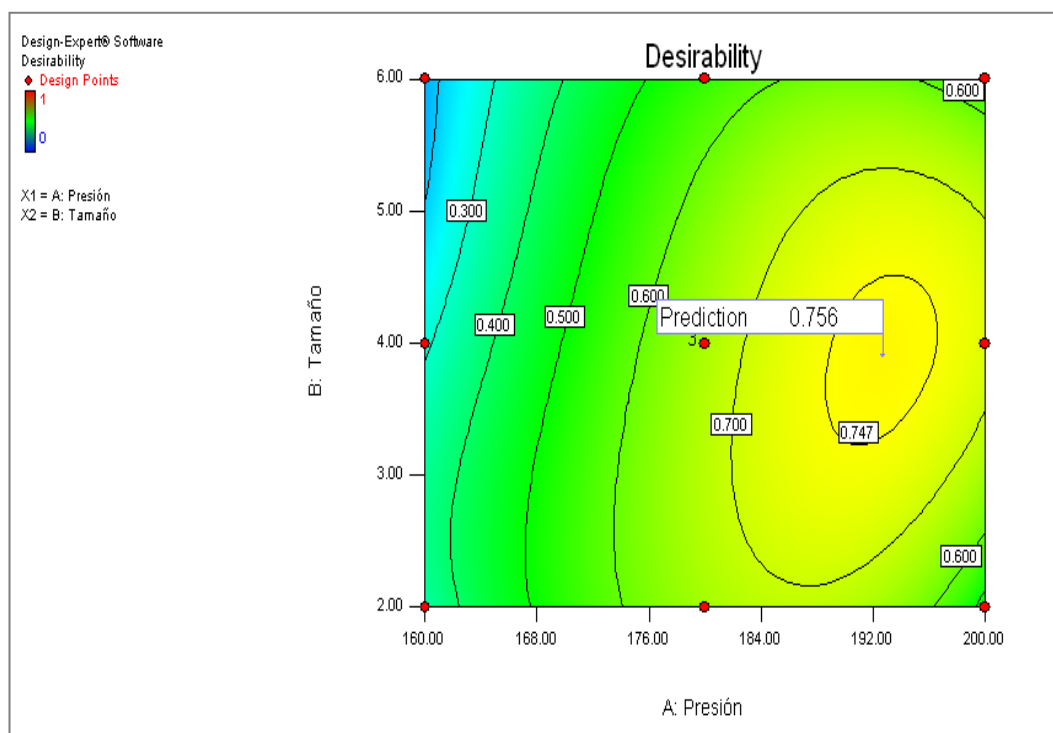


Figura 13. Curvas de nivel que relaciona las variables presión (bar) y tamaño de partícula (mm), con la combinación óptima según características físico-químicas del aceite de sacha inchi.

Fuente: Elaboración propia (2013).

El resultado obtenido, ofrece las características deseables de máximo aceite extraído, con el mínimo deterioro fisicoquímico posible, pero sin tomar en cuenta las características sensoriales de aceptación. Asimismo, el nivel de función deseada obtenida (0,756) muestra que es posible repetir el experimento con probabilidad de obtener el resultado optimizado, aunque si se desea aumentar el rendimiento se deben escoger otras variables de proceso.

5.2.4. Producto final.

El flujo definitivo del producto final, se muestra en la figura 14, que revela el tratamiento óptimo para el proceso de extracción de aceite de sachá inchi, con tamaño de partícula de 3,9 mm y presión aplicada al prensado de 192,72 bar. Con el cual se obtiene 14,51 % de rendimiento.

Las características físico-químicas del aceite obtenido son: índice de acidez 0,09229 % de ácido oleico, índice de peróxidos 1,892 m-eq O₂/ kg de aceite, clasificando al aceite obtenido como extra virgen de acuerdo a los parámetros establecidos por la norma técnica peruana.

Al respecto, un estudio realizado por el instituto de investigación de la amazonia peruana reporta un rendimiento en la extracción de aceite de 17,66% y características físicoquímicas de índice de acidez de 1,28 % de ácido oleico e índice de peróxidos de 4,14 m-eq O₂/ kg de aceite (aceite virgen). Sin embargo, este alto rendimiento (17,66 %) afecta

directamente la calidad del aceite, reflejándose en un alto índice de acidez y peróxidos.

Asimismo se realizó el análisis de densidad relativa a 20 °C resultando 0,9300 g/ml, éste resultado está dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana que mantiene un margen de 0,926 g/ml como mínimo y 0,931 g/ml como máximo.



Figura 14. Flujo de extracción por prensado en frío del aceite de sachá inchi en mejores condiciones.

Fuente: Elaboración propia (2013).

5.3. ANÁLISIS SENSORIAL COMPARATIVO

Para el análisis sensorial de producto final, se desarrolló el análisis de muestras pareadas para la aceptabilidad sensorial entre la muestra experimental y una muestra comercial.

El análisis de los atributos: color, olor y sabor, implicó una evaluación de la aceptabilidad por parte de los panelistas semi entrenados con respecto a su preferencia para cada atributo.

Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagradan los atributos: color, olor y sabor del producto, esto lo informa de acuerdo a un test hedónico, con una escala verbal-numérica del 1 (me disgusta muchísimo) al 9 (me gusta muchísimo) como se puede ver en el anexo 3.

El análisis estadístico ($P > 0,05$) determinó la diferencia significativa en el color (0,43), del olor (0,19) y el sabor (0,056) demostrando que no existe diferencias importantes entre ambas muestras (anexo 4). Es decir que el método de extracción aplicado no influyó en la aceptabilidad sensorial del aceite de sachá inchi.

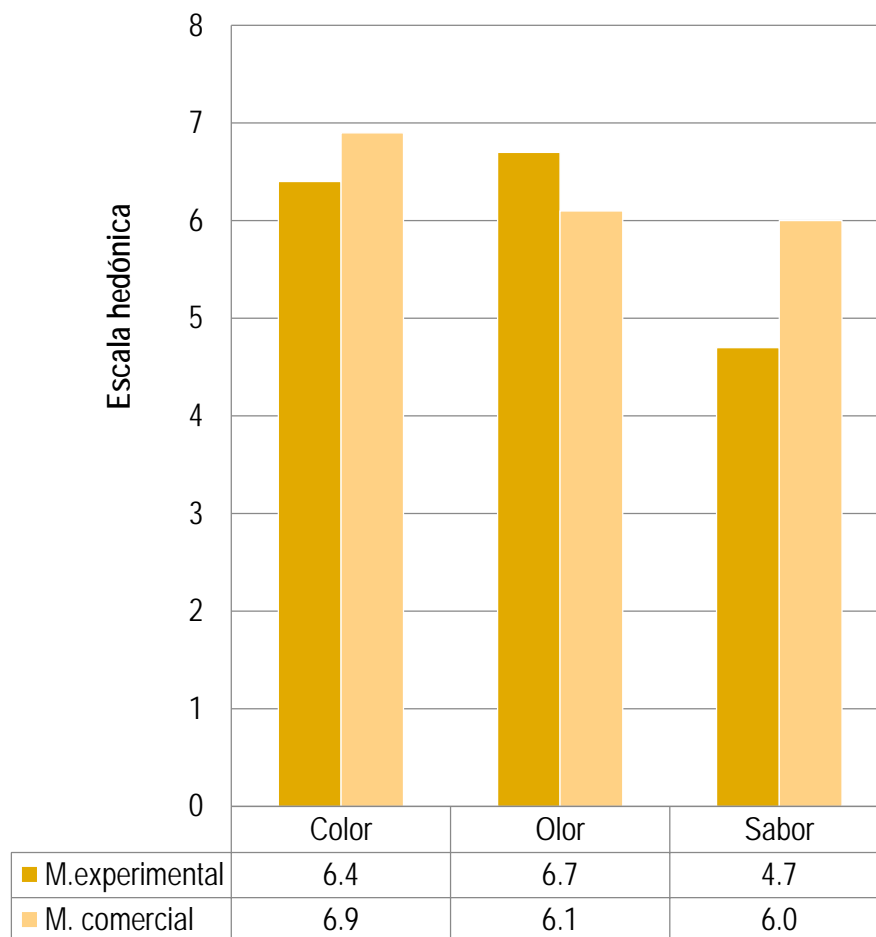


Figura 15: Promedios comparativos de la aceptabilidad sensorial para la muestra experimental y muestra comercial.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Sin embargo, es de destacar que la muestra experimental presentó mayor aceptabilidad del olor, esto se puede explicar tal vez, a que la muestra comercial provenga de procesos de elaboración en la cual se aplicó calor antes del proceso de prensado, lo que permitió tal vez mayor rendimiento pero pérdidas

de componentes volátiles. Componentes que fueron del agrado del panelistas en la muestra experimental por ser este aceite elaborado por prensado en frío.

El producto final, resultó con una aceptabilidad sensorial para los atributos color: 6,4 (me gusta un poco); olor: 6,7 (me gusta ligeramente) y sabor: 4,7 (me es indiferente) de acuerdo a la escala hedónica de 9 puntos.

5.3.1. Propuesta de análisis sensorial descriptivo.

Se desarrolló un análisis sensorial descriptivo a fin de identificar descriptores que ayuden a caracterizar y describir sensorialmente al aceite de sachá inchi, para ello se utilizó una cartilla de libre elección o cartilla de perfil libre a fin de que los catadores entrenados en evaluación sensorial de aceite de oliva, propongan descriptores que perciban en el aceite de sachá inchi y así poder establecer el perfil sensorial del aceite de sachá inchi obtenido por prensado en frío. Los resultados obtenidos se muestran en el anexo 5.

5.4. BALANCE DE MATERIA DEL PRODUCTO FINAL.

El cuadro 14 muestra el balance de materia del producto final optimizado (aceite de sachá inchi extra virgen envasado en frascos de vidrio de color ámbar).

Cabe destacar que el rendimiento del proceso es 13,66%, que es diferente al rendimiento de extracción (variable dependiente, materia de estudio de la presente investigación).

Cuadro 14. Balance de materia

OPERACIONES	Entrada (g)	Pérdidas (g)	Continua (g)
Recepción	695	0	695
selección	695	7	688
Molienda	688	3	685
Tamizado	685	15	670
Prensado	670	565	97,65
Centrifugado	97,65	1,8	95,85
Filtrado	95,85	0,9	94,95
Envasado final	94,95		
Rendimiento		0,1366 l/kg (13,66%)	

Fuente: Elaboración propia (2013).

CONCLUSIONES

1. El máximo rendimiento obtenido en la extracción de aceite de sachá inchi fue de 0,172 l/kg (17,2%) que reportó un índice de acidez 0,056256 % de ácido oleico e índice de peróxidos 3,904 m-eq O₂/kg; mientras que el mínimo rendimiento que se obtuvo fue de 0,084 l/kg (8,4%) que obtuvo un índice de acidez 0,281058 % de ácido oleico e índice de peróxidos 1,8 m-eq O₂/kg. Los aceites obtenidos se clasifican como extra virgen según la norma técnica peruana.
2. El efecto del tamaño de partícula no fue significativo sobre el rendimiento, mientras que la presión mostró una relación directa sobre el rendimiento.
3. El efecto del tamaño de partícula y presión, no fue significativo sobre las características físico-químicas, índice de acidez e índice de peróxidos.
4. El tratamiento optimizado en la extracción de aceite de sachá inchi es el siguiente: tamaño de partícula 3,9 mm, presión 192,72 bar; dichas condiciones reportan un rendimiento de 0,145 l/kg (14.5%); índice de

acidez 0,092286 % de ácido oleico e índice de peróxidos 0,892 m-eq O₂/kg y densidad a 20°C de 0,93 g/ml; clasificando al aceite obtenido como extra virgen según la norma técnica peruana.

5. El análisis sensorial comparativo realizado para la muestra experimental con una muestra comercial, determinó que no existe diferencia significativa entre ambas muestras.
6. El producto final resultó con una aceptabilidad sensorial para los atributos color (6,4); olor (6,7) y sabor (4,7) de acuerdo a la escala hedónica de 9 puntos.
7. El balance de materia del producto final reporta un rendimiento de 13,66%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los investigadores:

1. Realizar la caracterización sensorial descriptiva del aceite de sachá inchi, con la finalidad de identificar los descriptores sensoriales presentes en el aceite y a su vez medir el grado de intensidad de los mismos.
2. Optimizar el proceso de extracción tomando en cuenta el efecto de la temperatura como variable de proceso a fin de determinar cuál es la más adecuada para maximizar la aceptabilidad sensorial y el rendimiento.
3. Realizar más estudios sobre el uso de la torta restante en la extracción de aceite de sachá inchi, destinado para consumo humano, debido al gran contenido proteico altamente digerible que contiene.

Se recomienda a los agricultores y autoridades en general:

1. Ampliar la frontera agrícola del cultivo de sachá inchi, debido a la importancia económica y nutricional que representa, como alimento de alto contenido proteico y aceite con elevado porcentaje de ácidos grasos esenciales.
2. Se plantea el cultivo de sachá inchi como cultivo alternativo a la hoja de coca en zonas vulnerables pertenecientes al valle del río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).
3. Incluir al sachá inchi, y sus derivados en los programas de alimentación escolar y pre- escolar, por el alto contenido de ácido linolénico presente en el aceite de sachá inchi, es fundamental en la formación de la estructura y desarrollo del sistema nervioso central (cerebro).

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

1. BADUI, S. 1999. Química de los Alimentos. Editorial Addison Wesley Longman de México. México D.F.
2. BARRANCO, D.; FERNANDEZ R. 2004. El cultivo del olivo. 5ta edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid- España.
3. BELITZ, G. 1997. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
4. CABAÑAS, José A. 2008. Mecánica de la Cata.
5. CIVANTOS, L., Contreras, R., Grana, R. 1992. "Obtención del aceite virgen", Editorial Agrícola Española, Madrid – España.
6. CHIRINOS, Octavio y otros. 2009. Exportación de aceite de sacha inchi al mercado de Estados Unidos. Ediciones ESAN. Lima-Perú.
7. COELLO, Carlos. 2005. Introducción a la optimización multiobjetivo usando metaheurísticas. Editorial Roche. México.
8. COULTATE, T. 1998. Manual de química y bioquímica de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
9. DIJKSTERHUIJNS, GB, GROWER, J.C. 1991. The Interpretation Of Generalized Procrustes Analysis And Allied Methods, Foods Quality And Preference. Print Elsevier. USA.

10. ESPINOZA E. 2003. Evaluación sensorial de los alimentos, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
11. FENNEMA, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
12. HAMAKER, B. R. 1992. Perfiles de aminoácidos y ácidos grasos del «maní del inca (*Plukenetia volubilis* L.). Fayetteville, AR: Universidad de Arkansas. USA.
13. HAZEN Y SIDEWESSAND. 1980. Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sachá inchi. Universidad de Cornell. USA.
14. HERMOSO M., UCEDA M. 1995. El cultivo del olivo Junta de Andalucía / ediciones Mundi-Prensa. España.
15. LATHAM, M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. FAO, Roma - Italia.
16. LAWSON, H. 1999. Aceites y grasas alimentarios. Editorial Acribia. Zaragoza- España.
17. MONTGOMERY C. DOUGLAS. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamerica. México.
18. NORMA TÉCNICA PERUANA. 2010. NTP 151.400. 2009. Aceite de sachá inchi. Requisito. Lima- Perú.
19. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO) y ORGANIZACION

- MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1997. Las grasas y aceites en la nutrición humana. Informe de una consulta de expertos (19-26 de Octubre de 1993). FAO/OMS, Roma- Italia.
20. POTTER, N. y HOTCHKISS, J. 1999. Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza- España.
21. ROJAS, J.I. 1997. Estudio histórico-Tecnológico de molinos y prensas para la fabricación de aceite de oliva; aplicación al estudio en detalle y reconstrucción gráfica de una prensa de viga y quintal. Jaén- España.
22. SANCHO J., E. BOTA, J.J. de Castro. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Universidad de Barcelona.
23. VALENZUELA, A. 1999. Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Departamento de Nutrición y Salud Humana. División de Vitaminas Roche México. N°1.
24. VALENZUELA, A. 1999. Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Departamento de Nutrición y Salud Humana. División de Vitaminas Roche México. N°2.
25. VILLAVICENCIO, Mariano. 1996. Bioquímica I. Editorial Española Mundo, Madrid – España.
26. ZILLER, S. 1996. Grasas y aceites alimentarios. Editorial Acribia. Zaragoza- España.

REVISTAS

1. ADRIANZÉN, Néstor y otros. Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío. Trujillo. Revista Agroindustrial Science N° 2. 2011.
2. CARHUAPOMA, Mario. 2010. Sachá inchi (Inca peanut) moléculas biofuncionales y cosméticas. Revista: Plantas útiles del Perú. Serie N° 2. CONCYTEC. Lima- Perú.
3. MASSON, L. y MELLA, M. 1985 .Materia grasa de consumo habitual y potencial en Chile: Composición de los ácidos grasos. Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
4. RODRIGUEZ, A. y otros. 2010. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (*Euphorbiaceae*) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie. Revista Peruana de Biología.
5. VALENZUELA, A. El ácido docosahexaenoico (DHA) su esencialidad y requerimientos. Revista Chilena de Nutrición. 1999.

TESIS

1. AGUIRRE et al. 2005. Efecto de películas de quitosano en la vida útil de mango (*mangífera indica*) mínimamente procesado. Lambayeque-Perú.
2. ÁNGELES, Jeann. 2002. Determinación de la estabilidad del aceite crudo y semi-refinado de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) sometido a temperaturas variables de almacenamiento. Tesis (pre-grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.
3. BENAVIDES, S y otros. 1994. Caracterización del aceite y proteínas del cultivo sachá inchi o maní del monte (*Plukenetia volubilis L.*) como alternativa para la alimentación humana y animal”.
4. MEJÍA, Margarita. 1997. Extracción y Refinación de Aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) Tesis (pre-grado). Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima.
5. VELA, S.L. 1994. Ensayos para la extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en el departamento de San Martín. Tesis (pre-grado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú

PUBLICACIONES

1. ANAYA J. 2003. Proyecto Omega Plan de Comercialización de aceite y harina de sachá inchi. Lima-Perú.
2. AGROINDUSTRIAS AMAZÓNICAS. 2005. Información clasificada de Agroindustrias Amazónicas. Lima-Perú.
3. ARÉVALO, Gloria. 1990-1995. Informes de Resultados de Investigación. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. E.E. «El Porvenir». Tarapoto - Perú.
4. ARÉVALO, Gloria. 2000. El cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Tarapoto: INIA, Pronargeb, I. E. A. “El Porvenir”, Tarapoto - Perú.
5. CENTRO DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN Y DESARROLLO CIED. 2008. Protocolo del cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). La Merced-Perú.
6. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA. 2009. Estudio de viabilidad económica del cultivo de (*Plukenetia Volubilis* Linneo), Sachá Inchi, en el departamento de San Martín. Iquitos-Perú. Disponible en www.iiap.org.pe/promamazonia/SBiocomercio/Upload/Lineas/.../402.pdf

7. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA. 2007. Catálogo de las colecciones nacionales- Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB-INIEA. Lima-Perú.
8. MANCO, Emma. 1996 – 2003. Informes de Resultados de Investigación. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. E.E. “El Porvenir”. Lima-Perú. Disponible en: perubiodiverso.pe/assets/Manual-de-producción-de-sacha-inchi.pdf
9. MANCO, Emma. 2006. Cultivo de sachá inchi. San Martín-Perú. Disponible en: perubiodiverso.pe/assets/Monografía-del-cultivo-de-sacha-inchi.pdf
10. METODOLOGIA DE SUPERFICIES DE RESPUESTA vinculado a http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/peregrina_p_pm/capitulo2.pdf
11. RUZ, M. 1996. Nutrición y salud, Departamento de nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago-Chile.
12. HIGUCHI, Susana. 2004. Ley que declara al sachá inchi como patrimonio genético nacional y producto alternativo en la lucha contra la pobreza. Congreso de la República. Lima- Perú. Disponible en: www.incainchi.es/pdf/11367.pdf

13. VALLES, C. 1992. El «sacha inchi», planta nativa de importancia proteica y aceitera promisoría para la selva alta. Lima- Perú.
14. VALLES, C. 1995. Sacha Inchi, Importante Oleaginosa Selvática. Pura Selva, Lima-Perú.
15. VASQUES RAMIREZ. 2007. Investigaciones de Sacha Inchi. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP. Ponencia en Bionegocios. Lima- Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Norma Técnica Peruana. ACEITE DE SACHA

INCHI. Requisitos

ACEITE DE SACHA INCHI. Requisitos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos de calidad e inocuidad que debe cumplir el aceite extraído de la semilla de sacha inchi del género *Plukenetia*¹ para su consumo directo y/o uso industrial.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Internacionales

2.1.1	ISO 5555:2001	Animal and vegetable fats and oils. Sampling
2.1.2	ISO 3960:2007	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of peroxide value -- Iodometric (visual) endpoint determination
2.1.3	ISO 660:2009	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of acid value and acidity
2.1.4	ISO 662:1998	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of moisture and volatile matter content

¹ A la fecha se comercializa aceite de Sacha Inchi proveniente de las especies *Plukenetia volúbilis* L. y *Plukenetia huayllabambana*; siendo la primera la de mayor producción en el país.

2.1.5	ISO 663:2007	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of insoluble impurities content
2.1.6	ISO 5508:2009	Animal and vegetable fats and oils -- Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids
2.1.7	ISO 5509:2000	Animal and vegetable fats and oils -- Preparation of methyl esters of fatty acids
2.1.8	ISO 12228:1999	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of individual and total sterols contents -- Gas chromatographic method
2.1.9	ISO 3656:2002	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of ultraviolet absorbance expressed as specific UV extinction
2.1.10	ISO 9936:2006	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of tocopherol and tocotrienol contents by high-performance liquid chromatography
2.1.11	ISO 12193:2004	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of lead by direct graphite furnace atomic absorption spectroscopy
2.1.12	ISO 8294:1994	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of copper, iron and nickel contents -- Graphite furnace atomic absorption method
2.1.13	CODEX STAN 1:1985 Emd. 6:2008	Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados
2.1.14	CAC/RCP 1:1969 Rev. 4:2003	Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos

2.1.15	CAC/GL 21:1997	Principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos para los alimentos
2.1.16	ISO 6883:2007	Animal and vegetable fats and oils -- Determination of conventional mass per volume (litre weight in air)
2.2	Norma Técnica Peruana	
2.2.1	NTP 209.038:2003	ALIMENTOS ENVASADOS. Rotulado
2.2.2	NTP 209.057:1980	ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación de la materia insaponificable
2.3	Normas Técnicas de Asociación	
2.3.1	AOAC 920.158	Iodine Absorption Number of Oils and Fats
2.3.2	AOAC 952.13	Arsenic in food. Silver diethyldithiocarbamate method
2.3.3	AOAC 942.17	Arsenic in food. Molibdenum Blue Method
2.3.4	AOAC 986.15	Arsenic, cadmium, lead, selenium and zinc in human and pet foods
2.3.5	AOAC 994.02	Lead in edible oils and fats. Direct Graphite Furnace. Atomic Method
2.3.6	AOCS Ca 18c-91 Reapproved 2009	Determination of Lead by Direct Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry
2.3.7	AOCS Ch 2-91 Reapproved 2009	Determination of Fatty Acids in Olive Oils by Capillary GLC
2.3.8	AOCS Ce 1f-96 Reapproved 2009	Determination of <i>cis</i> - and <i>trans</i> - Fatty Acids in Hydrogenated and Refined Oils and Fats by Capillary GLC
2.3.9	AOCS Ce 2-66 Reapproved 2009	Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids

2.3.10	AOCS Ce 5b-89 Reapproved 2009	Triglycerides in Vegetable Oils by HPLC
2.3.11	AOCS Ch 6-91 Reapproved 2009	Determination of the Composition of the Sterol Fraction of Animal and Vegetable Oils and Fats by TLC and Capillary GLC
2.3.12	AOCS Ch 5-91 Reapproved 2009	Determination of Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption
2.3.13	AOCS Ca 2b-38 Reapproved 2009	Moisture and Volatile Matter Hot Plate Method
2.3.14	AOCS Ca 3a-46	Reapproved 2009 Insoluble Impurities
2.3.15	AOCS Cd 3d-63	Reapproved 2009 Acid Value
2.3.16	AOCS Ca 5a-40	Reapproved 2009 Free Fatty Acids
2.3.17	AOCS Cd 8b-90	Reapproved 2009 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane Method
2.3.18	COI/T.20	MÉTODOS ADOPTADOS POR EL CONSEJO OLEICOLA INTERNACIONAL PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS ACEITES DE OLIVA Y DE LOS ACEITES DE ORUJO DE OLIVA
2.3.19	AOCS Cc 7-25	Reapproved 2009 Refractive Index

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al aceite extraído de las semillas de Sacha Inchi del género *Plukenetia*.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

- 4.1 **aceite de sacha inchi:** Aceite extraído de las semillas de Sacha Inchi del género *Plukenetia*. Caracterizado por su alto contenido de ácidos grasos insaturados (omega 3, 6 y 9).
- 4.2 **aceite de sacha inchi vírgenes:** Se entiende por aceites vírgenes de Sacha Inchi a los productos obtenidos, sin modificar su naturaleza. La extracción será por procedimientos mecánicos, por ejemplo, extrusión, prensado y otros. Podrán haber sido purificados por sedimentación, filtración y centrifugación. Se excluyen a los aceites obtenidos mediante disolvente, coadyuvante de acción química o bioquímica o por procedimiento de reesterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza.
- 4.2.1 **aceite de sacha inchi extra virgen:** Es el aceite virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico, es como máximo de 1 gramo por 100 gramos, extraído sin la aplicación de calor y cuyas demás características fijadas corresponden para esta categoría.
- 4.2.2 **aceite de sacha inchi virgen:** Es el aceite virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico, es como máximo de 2 gramos por 100 gramos y cuyas demás características fijadas corresponden para esta categoría.
- 4.3 **omega 3:** son ácidos grasos esenciales, polinsaturados, que se encuentran en alta proporción en los tejidos de ciertos pescados, y en algunas fuentes vegetales como el sacha inchi del género *Plukenetia*.
- 4.4 **sacha inchi:** Nombre común que se le da al género *Plukenetia*, originaria de la selva peruana. La especie de mayor producción en el Perú es la identificada taxonómicamente como *Plukenetia volubilis* L.
- 4.5 **semilla de sacha inchi:** Es una semilla oleaginosa obtenida del fruto de forma estrellada, caracterizada por su contenido de omegas.

NOTA: Otros nombres comunes con que se le conoce a esta especie son Sacha Inchik, Inchic, Sacha maní; Maní del monte; Maní del inca; Inca Inchic, etc.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos generales

5.1.1 El aceite de Sacha Inchi deberá estar libre de materiales extraños.

5.1.2 El aceite de Sacha Inchi deberá ser fabricado en condiciones higiénicas de acuerdo con las buenas prácticas de manufactura.

5.2 Requisitos organolépticos

5.2.1 El aceite de Sacha Inchi deberá cumplir los requisitos organolépticos de:

- Color: característico del producto designado.
- Olor y sabor: característicos del producto designado, deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

5.3 Requisitos específicos

5.3.1 Requisitos de identificación

5.3.1.1 El aceite de Sacha Inchi deberá cumplir los requisitos de identificación establecidos en la Tabla 1.

5.3.1.2 El perfil de ácidos grasos deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 2A y Tabla 2B, según la especie correspondiente.

TABLA 1 – Requisitos para el aceite de sachá inchi de *Plukenetia volúbilis* y *Plukenetia huayllabambana*

Requisitos	Mínimo	Máximo
Densidad a 20 °C	0.926	0.931
Índice de yodo (Solucion HANUS)	183	199
Índice de saponificación	192	196
Índice de refracción a 20 °C	1.478	1.481

TABLA 2 A – Perfil de ácidos grasos del aceite de sachá inchi de *Plukenetia volúbilis* L.

Nombre	Nivel mínimo (%)
Oleico	8.9
Linoleico	32.1
Linolénico	44.7

TABLA 2 B – Perfil de ácidos grasos del aceite de sachá inchi de *Plukenetia huayllabambana*

Nombre	Nivel mínimo (%)
Oleico	7,9
Linoleico	24,0
Linolénico	55,0

5.3.2 Requisitos de calidad

5.3.2.1 El aceite de Sachá Inchi deberá cumplir los requisitos de calidad indicados en la Tabla 3.

TABLA 3 – Requisitos de calidad

Requisitos	Mínimo	Máximo
Materia insaponificable, en %	--	0.36
Acidez libre expresada como ácido oleico, en %:		
Aceite extra virgen	--	1.0
Aceite virgen	--	2.0
Índice de peróxido, miliequivalentes de oxígeno/kg de aceite	--	10.0
Tocoferoles mg/kg (gama y delta tocoferol)	1900	--
Humedad y materias volátiles, %	--	0.14
Impurezas insolubles, %	--	0.02

6. DISPOSICIONES SOBRE LA PRESENTACIÓN

6.1 Homogeneidad

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente de aceite de Sacha Inchi del mismo origen y calidad.

La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

7. ENVASADO

El aceite de sachu inchi deberá envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido de la luz, el calor y el oxígeno, y se garantice la hermeticidad del envase. El material utilizado deberá ser suficientemente inerte a la acción del producto. Así también, deberá considerarse los códigos de buenas prácticas en materia de higiene y demás códigos de prácticas.

7.1 Descripción de los envases

Los materiales utilizados deberán ser los adecuados para la conservación y manipulación del producto, no comunicarán a éste sabores, colores u olores extraños y podrán ser de dimensiones variadas. Por otro lado, deberán ser también de primer uso, libres de materias extrañas y ser de calidad tal que permita la conservación del mismo.

8. ETIQUETADO

El producto se etiquetará de acuerdo a los requisitos de la NTP 209.038 y/o con arreglo a la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1), la cual menciona las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Naturaleza del producto

8.1.1 La designación deberá decir: “Aceite de Sacha Inchi”

8.2 Denominación del aceite de Sacha Inchi

- Aceite de Sacha Inchi virgen.
- Aceite de Sacha Inchi extra virgen.

8.3 Identificación de la empresa:

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor.

8.4 Origen del producto:

País y facultativamente la región de origen.

8.5 Descripción comercial

8.5.1 Peso neto

8.6 Declaraciones facultativas

Los siguientes requisitos son facultativos, pero podrán convertirse en obligatorios dependiendo de las regulaciones de los países de destino:

8.6.1 Volumen neto y/o peso bruto;

8.6.2 Valor Nutricional;

8.6.3 Indicar el tipo de alérgenos cuando sea aplicable;

8.6.4 Indicar **organismos** modificados genéticamente cuando sea aplicable.

8.6.5 Indicar el lote de producción y la fecha de vencimiento.

9. CONTAMINANTES

9.1 Residuos de plaguicida

El aceite de Sacha Inchi no deberá exceder los límites máximos para residuos que se establezcan por la legislación nacional vigente o en su defecto por la Comisión del Codex Alimentarius para aceites y/o el país de destino.

9.2 Metales pesados

El aceite de sacha inchi no deberá exceder los límites máximos para metales pesados establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para aceites y/o el país de destino.

10. HIGIENE

10.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente NTP se preparen y traten en conformidad con la CAC/RCP 1, y otros textos pertinentes del Codex, como los códigos de prácticas de higiene y demás códigos de prácticas.

10.2 Los productos deberán cumplir con todos aquellos criterios microbiológicos establecidos conforme a los principios para el establecimiento y aplicación de criterios microbiológicos para alimentos. (CAC/GL 21).

11. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

11.1 Toma de muestras

Se efectúa de acuerdo a la norma ISO 5555. Los planes de muestreo o tomas de muestras diferentes a las indicadas por la norma, pueden ser acordados por las partes.

11.2 Criterios de aceptación y rechazo

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta NTP, se rechazará el lote. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra previamente reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

12. ENSAYOS

12.1 Determinación del índice de peróxido (método con cloroformo)

De conformidad con ISO 3960 ó AOCS Cd 8b-90.

12.2 Determinación de la proporción de agua y de materias volátiles

De conformidad con ISO 662 ó AOCS Ca 2b-38.

12.3 Determinación de la proporción de impurezas insolubles

De conformidad con ISO 663 ó AOCS Ca 3a-46.

12.4 Determinación de la acidez libre

De conformidad ISO 660 ó AOCS Cd 3d-63 ó AOCS Ca 5a-40.

12.5 Determinación del índice de yodo (método Hanus)

De conformidad con AOAC 920.158.

12.6 Determinación de la proporción de materias insaponificables (métodos por extracción con óxido dietílico)

De conformidad con la NTP 209.057

12.7 Determinación de la proporción de cobre por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (EN ISO 8294)

12.8 Determinación de la proporción de hierro por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (EN ISO 8294)

12.9 Determinación de la composición en ácidos grasos

De conformidad con COI/T.20/Doc. n° 24 y ISO 5508 y AOCS Ch 2-91 o AOCS Ce 1f-96.
Para la preparación de muestras ISO 5509 ó AOCS Ce 2-66

12.10 Determinación de los tocoferoles en los aceites vegetales y en las grasas por cromatografía líquida de alto rendimiento (EN ISO 9936)

12.11 Medición de la masa volúmica a 20 °C

De conformidad con ISO 6883.

12.12 Medición del índice de refracción a 20 °C

De conformidad con AOCS Cc 7-25

12.13 Cálculo de la diferencia entre el contenido real y el contenido teórico en triglicéridos con ECN 42

De conformidad con COI/T.20/Doc. n° 20 o AOCS Ce 5b-89.

12.14 Determinación de la composición y del contenido en esteroides

De conformidad con COI/T.20/Doc. n° 10 o ISO 12228: 1999 o AOCS Ch 6-91.

12.15 Determinación de la absorbancia en el ultravioleta

De conformidad con ISO COI/T.20/Doc. N° 19 o ISSO 3656: 2002 o AOCS Ch 5-91.

12.16 Determinación del alfa-tocoferol

De conformidad ISO 9936.

12.17 Determinación del contenido en arsénico

De conformidad con AOAC 952.13 o AOAC 942.17 o AOAC 986.15.

12.18 Determinación del contenido en plomo

De conformidad con AOAC 994.02 o ISO 12193: 2004 o AOCS Ca 18c-91

12.19 Detección de trazas de disolventes halogenados

De conformidad con COI/T.20/Doc. n° 8. CONSEJO OLEICOLA INTERNACIONAL

13. ANTECEDENTES

- | | | |
|------|--|---|
| 13.1 | CODEX STAN 33-1981
REV. 2-2003 | NORMA PARA LOS ACEITES DE
OLIVA Y ORUJO DE OLIVA |
| 13.2 | NB 34051:2006 | Aceites y grasas – aceite crudo de girasol
– requisitos |
| 13.3 | NTP 209.013:2008 | ACESITES Y GRASAS
COMESTIBLES. Aceite de oliva.
Definiciones, requisitos y rotulado |
| 13.4 | Resultados de análisis físico químico de muestras de sachá inchi | |

ANEXO A
(INFORMATIVO)

TABLA 1 – Perfil de otros ácidos grasos del aceite de sachá inchi de *Plukenetia volúbilis* L. y *Plukenetia huayambana*

Nombre	Nivel
Palmítico	3.8-4.1
Palmitoléico	<0.1
Heptadecanoico	0.1
Cis-10 Heptadecanoico	<0.1
Estéarico	2.7-3.3
Araquídico	0.1
Gadoléico	0.2-0.3
Saturados	6.7-7.6
Monoinsaturados	9.2-10.9
Poliinsaturados	81.6-83.7
Total Ácidos grasos	99.3-99.7

Anexo 2. Análisis estadístico de las variables respuesta de tipo físicoquímico.

2.1. Rendimiento

	Regressn		Std.Err.	
	Coeff.	PureErr	t(2)	p
Mean/Interc.	0,710868	0,48609	1,46241	0,281147
(1)PRE (L)	-0,007998	0,00542	-1,47607	0,277926
PRE (Q)	0,000027	1,5E-05	1,81339	0,211449
(2)TAM (L)	-0,019862	0,02466	-0,8054	0,505124
TAM (Q)	0,001342	0,0015	0,89572	0,464926
1L by 2L	0,000031	0,00012	0,26207	0,81779

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob> F	
Model	0,00953	5	0,001905	14,33	0,0055	significant
Residual	0,00066	5	0,000133			
Lack of Fit	0,00048	3	0,000161	1,77	0,3811	notsignificant
Pure Error	0,00018	2	0,000091			
Cor Total	0,01000	10				

Std. Dev.	0,012	C.V. %	9,23
Mean	0,12	R-Squared	0,9348

2.2. Acidez

	Regressn	Std.Err.		
	Coeff.	PureErr	t(2)	p
Mean/Interc.	5,457217	0,001	5486,68	0
(1)PRE (L)	-0,052289	1,1E-05	-4716,07	0
PRE (Q)	0,00013	0	4226,02	0
(2)TAM (L)	-0,280543	0,00005	-5559,65	0
TAM (Q)	0,012975	3E-06	4231,97	0
1L by 2L	0,00106	0	4344,61	0

	Sum of	Mean	F	p-value		
Model	0,035000	5	0,007052	1,18	0,4292	notsignificant
Residual	0,030000	5	0,005964			
Lack of Fit	0,030000	3	0,009939	2,73E+07	< 0.0001	significant
Pure Error	0,000000	2	0,000000			
Cor Total	0,065000	10				

Std. Dev.	0,077	C.V. %	52,06
Mean	0,15	R-Squared	0,5418

2.3. Peróxidos

	Regressn	Std.Err.		
Mean/Interc.	37,78919	7,38435	5,11747	0,036128
(1)PRE (L)	-0,47956	0,08232	-5,82585	0,028222
PRE (Q)	0,00158	0,00023	6,94723	0,020097
(2)TAM (L)	2,37678	0,37463	6,34434	0,023955
TAM (Q)	0,04838	0,02276	2,12556	0,167439
1L by 2L	-0,01625	0,00181	-8,97078	0,012199

	Sum of	Mean	F	p-value	
Model	5,1500	5 1,03000	8,8	0,0161	significant
Residual	0,5900	5 0,12000			
Lack of Fit	0,5400	3 0,18000	8,67	0,1052	notsignificant t
Pure Error	0,0420	2 0,02100			
Cor Total	5,7400	1 0			

Std. Dev.	0,34	C.V. %	19,72
Mean	1,74	R-Squared	0,898

**ANEXO 3: FICHA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ACEITE
DE SACHA INCHI.**

Procedimiento.

Solicitamos su colaboración, para realizar el siguiente análisis organoléptico, agradecemos de antemano su atención.

Frente a usted hay dos muestras codificadas de aceite de sacha inchi, las cuales debe probar una a la vez, marque con una X su juicio sobre cada muestra.

GRACIAS

NOMBRE Y APELLIDO:**FECHA:**

ATRIBUTO: COLOR

ESCALA		MUESTRAS	
		473	284
9	Me gusta muchísimo		
8	Me gusta mucho		
7	Me gusta moderadamente		
6	Me gusta un poco		
5	Me es indiferente		
4	Me disgusta un poco		
3	Me disgusta moderadamente		
2	Me disgusta mucho		
1	Me disgusta muchísimo		

Comentarios:.....

.....

.....

ATRIBUTO: OLOR

ESCALA		MUESTRAS	
		473	284
9	Me gusta muchísimo		
8	Me gusta mucho		
7	Me gusta moderadamente		
6	Me gusta un poco		
5	Me es indiferente		
4	Me disgusta un poco		
3	Me disgusta moderadamente		
2	Me disgusta mucho		
1	Me disgusta muchísimo		

Comentarios:.....
.....

ATRIBUTO: SABOR

ESCALA		MUESTRAS	
		473	284
9	Me gusta muchísimo		
8	Me gusta mucho		
7	Me gusta moderadamente		
6	Me gusta un poco		
5	Me es indiferente		
4	Me disgusta un poco		
3	Me disgusta moderadamente		
2	Me disgusta mucho		
1	Me disgusta muchísimo		

Comentarios:.....
.....

ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE MUESTRA EXPERIMENTAL (M) Y COMERCIAL (C) DEL ACEITE DE SACHA INCHI.

ATRIBUTOS						
	Color		Olor		Sabor	
	M	C	M	C	M	C
PUNTUACIÓN PROMEDIO	5	5	8	6	4	5
	8	6	6	5	5	7
	8	6	7	7	4	6
	7	9	7	6	4	8
	4	8	6	8	5	6
	6	7	6	5	3	6
	7	8	7	7	7	4
	5	7	8	6	4	6
	7	7	5	6	4	5
	7	6	7	5	7	7
Media	6,40	6,90	6,7	6,1	4,7	6
Varianza	1,82	1,43	0,9	0,989	1,7889	1,3333
Observaciones	10,00	10,00	10	10	10	10
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	9		9		9	
Estadístico t	-0,83		1,406		-2,177	
P(T<=t) dos colas	0,43		0,19		0,056	
Valor crítico de t (dos colas)	2,26		2,262		2,2622	

ANEXO 5: PROPUESTA DE ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO.

Análisis de color.

Se puede describir al aceite de sachá inchi como brillante, translúcido y ligeramente amarillo.

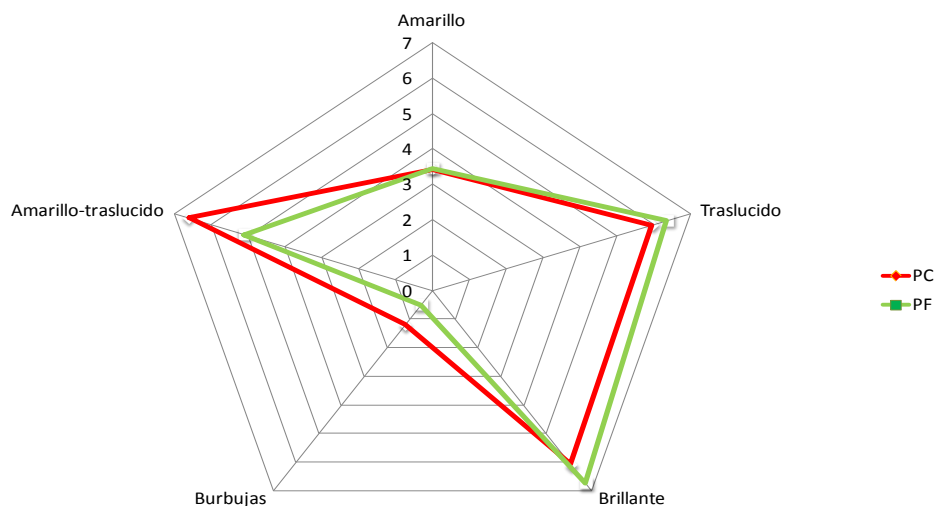


Figura 15. Perfil sensorial descriptivo color del aceite de sachá inchi extraído por prensado en frío (PF) y con temperatura (PC).

Fuente: Elaboración propia (2013).

Análisis de olor.

Destacan atributos que sólo son propios del aceite obtenido por prensado en frío; como ser: tallo verde, hierba fresca, es decir, demostrando la naturaleza fresca del aceite. Así también el aceite

obtenido con temperatura destacan: pasto, semillas y frutado maduro, como características propias de un previo proceso térmico.

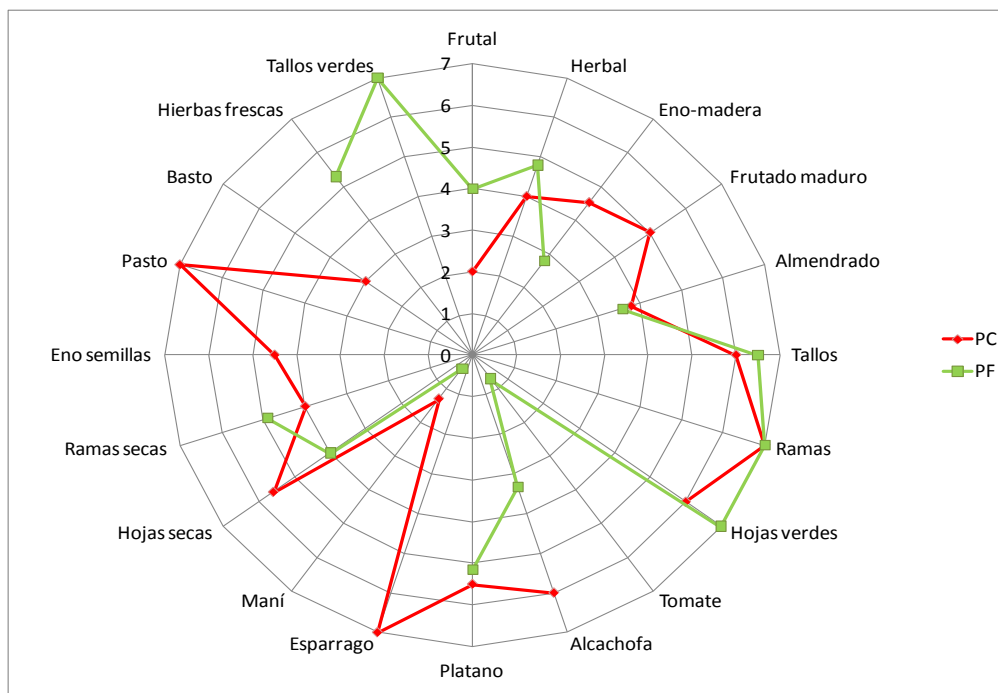


Figura 16. Perfil sensorial descriptivo del olor del aceite de sacha inchi extraído por prensado en frío (PF) y con temperatura (PC).
Fuente: Elaboración propia (2013).

Análisis de sabor.

Dentro de los cuales, los correspondientes al aceite obtenido por prensado en frío corresponden a los atributos Maní-frejol y Eno-madera como los más destacables.

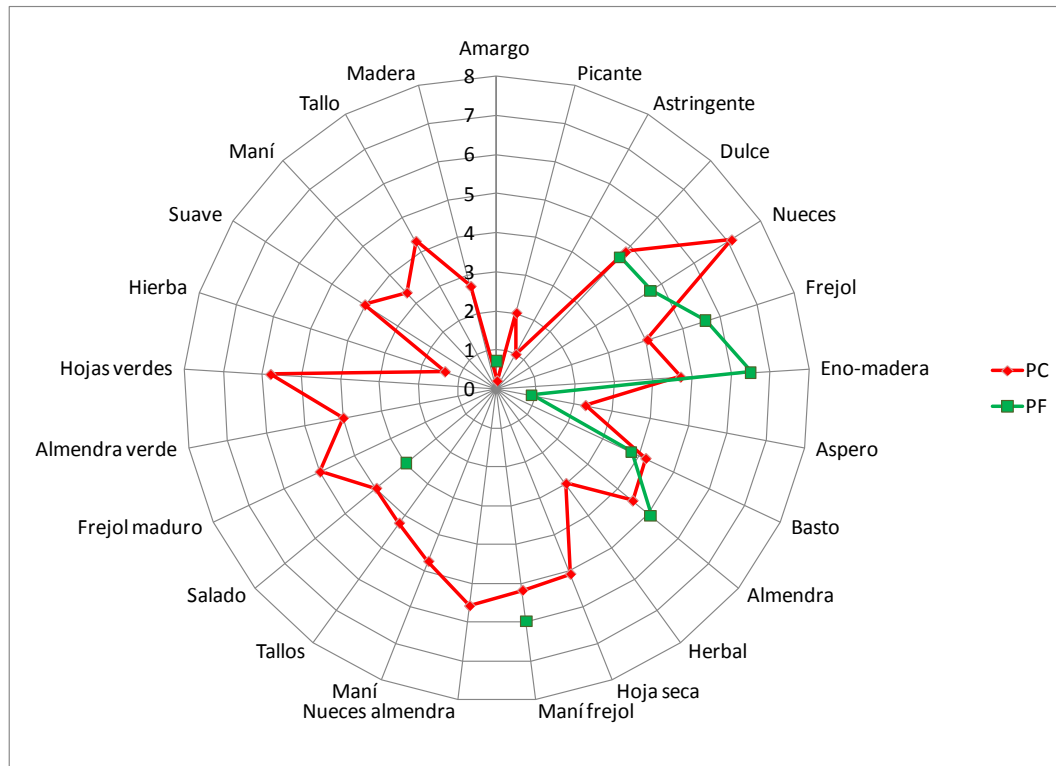


Figura 17. Perfil sensorial descriptivo del sabor del aceite de sachá inchi extraído por prensado en frío (PF) y con temperatura (PC). Fuente: Elaboración propia (2013).

Este resultado demuestra claramente la influencia de la temperatura en las características sensoriales del producto final, tal es así que el aceite extraído en caliente, revela sabores intensos como la nuez, frejol, maní y almendra; que sensorialmente dan indicios de un proceso de enranciamiento.