Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

AT_2024-FFBB-035

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Obtención y caracterización de aceite de *Lepidium peruvianum* (maca roja)

Presentado por:

HERNANDEZ GONZALES MARIA GESABELL

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA.** El resultado obtenido es **9%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20163856

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad. Observaciones:

Ica, 04 de diciembre de 2024

.....
Dra. JOSEFA BERTHA PARI OLARTE
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

POJB/hadp

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Obtención y caracterización de aceite de *Lepidium peruvianum* (maca roja)

Línea de investigación

Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

Autor:

Bach. HERNÁNDEZ GONZALES MARÍA GESABELL

Ica, Perú

2024

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por su guía constante, ayuda y protección.

A mi bella madre por su paciencia y apoyo incondicional.

A mis amorosos abuelos por su motivación y ayuda infinita.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor, por apoyarme en cada paso que realicé en esta obra investigativa, por su paciencia y dedicación.

A mis jurados revisores por su guía y contribución constante en el desarrollo de este gran paso para obtener mi título profesional.

Agradezco a la facultad de Farmacia y Bioquímica, a sus docentes, por sus enseñanzas y consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de cuadros	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	18
2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación	18
2.2 Población y muestra	18
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
2.4 Análisis de datos	28
2.5 Aspectos éticos	29
III. RESULTADOS	30
IV. DISCUSIÓN	34
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis sensorial y fisicoquímico de las muestras secas y molidas 40

Tabla 2. Extracción de aceite de maca por el método extracción por reflujo 41

Tabla 3: Extracción de aceite de maca por el método Soxhlet 43

Tabla 4: Análisis organoléptico de aceite de maca 44

Tabla 5 Análisis físicoquímicos 45

Índice de figuras

Figura 1. Procesos probados extracción por reflujo 21

Figura 2. Relación entre la masa de la muestra, el volumen del disolvente y el tiempo de extracción 22

Resumen

Título.

Obtención y caracterización de aceite de *Lepidium peruvianum* (maca roja).

Objetivo.

Determinar los parámetros óptimos para obtener aceite de *Lepidium peruvianum (*maca roja) y fijar las características de éste.

Método.

El material vegetal que se utilizó provino de la región Junín. Para la obtención de aceites esenciales las personas utilizan dos métodos: método de reflujo y extracción Soxhlet. Siempre se utiliza alcohol etílico como disolvente para encontrar una buena relación masa-volumen de la muestra, teniendo en cuenta el tiempo de extracción.

Resultados.

Los mejores parámetros para la extracción por reflujo de aceite de maca roja son un peso de muestra de 50,0 gramos, un volumen de disolvente de etanol de 400,0 ml y un tiempo de reflujo de aproximadamente 4 horas. Para el método de extracción Soxhlet, los parámetros óptimos fueron 50,0 g de muestra, 400,0 ml de disolvente y extracción durante 4 horas. Del polvo seco y polvo molido se obtuvo un 11,91% de aceite por el método de reflujo y un 10,87% por el método de extracción Soxhlet, utilizándose ambos casos etanol como disolvente.

Conclusiones.

El aceite de maca roja obtenido por ambos métodos tiene propiedades organolépticas típicas de los aceites vegetales. Las propiedades físicas y químicas del aceite de maca roja obtenido por ambos métodos indican que son aptos para uso humano.

Palabras clave. Aceites esenciales, parámetros, propiedades, maca roja.

Abstract

Title.

Obtaining and characterization of Lepidium peruvianum oil (red maca) .

Objective.

Determine the optimal parameters to obtain Lepidium peruvianum (red maca) oil and establish its characteristics.

Method.

The plant material that will be used will come from the Ica region. To obtain essential oils, people use two methods: reflux method and Soxhlet extraction. Ethyl alcohol is always used as a solvent to find a good mass-volume ratio of the sample, taking into account the extraction time.

Results.

The best parameters for reflux extraction of red maca oil are a sample weight of 50.0 grams, an ethanol solvent volume of 400.0 mL, and a reflux time of approximately 4 hours. For the Soxhlet extraction method, the optimal parameters were 50.0 g of sample, 400.0 ml of solvent and extraction for 4 hours. From the dry powder and ground powder, 11.91% oil was obtained by the reflux method. and 10.87% by the Soxhlet extraction method, both cases using ethanol as a solvent.

Conclusions.

Poppy seed oil obtained by both methods has organoleptic properties typical of vegetable oils. The physical and chemical properties of red maca oil obtained by both methods indicate that they are suitable for human use.

Keywords. Essential oils, parameters, properties, red maca.

I. INTRODUCCIÓN.

La maca es una planta originaria de los Andes centrales del Perú, domesticada hace más de 2,000 años. Su historia destaca su uso por las civilizaciones prehispánicas como alimento y medicina, así como su relevancia durante el periodo colonial. Pertenece a la familia Brassicaceae y es conocida científicamente como *Lepidium peruvianum*. Es una planta herbácea que se desarrolla en altitudes extremas, entre los 4,000 y 4,500 metros sobre el nivel del mar, lo que la hace única en su resistencia y adaptación a condiciones climáticas adversas.[1]

El crecimiento de la maca en altitudes elevadas bajo condiciones de alta radiación solar y bajas temperaturas influye en su composición química, destacando la importancia del medio ambiente en el desarrollo de sus propiedades bioactivas [2,3]. Con el auge del consumo global de productos naturales, la maca se ha posicionado como un producto de gran valor comercial, contribuyendo significativamente a las economías rurales en el Perú.

La maca es rica en nutrientes esenciales, como proteínas, aminoácidos esenciales, carbohidratos, vitaminas (B1, B2, y C) y minerales (calcio, hierro, zinc). También contiene compuestos bioactivos como glucosinolatos, macamidas y macaenos, responsables de sus propiedades medicinales. Entre las propiedades bioactivas que se le atribuyen se tiene, la regulación hormonal, estudios han asociado su consumo con la regulación del sistema endocrino en hombres y mujeres, particularmente en lo relacionado con el equilibrio hormonal y la mejora de la fertilidad, asimismo, debido a su alto contenido de proteínas y bioelementos, se considera una fuente natural de energía y también se considera que algunos compuestos presentes en la maca tienen efectos antioxidantes y pueden ayudar al organismo a adaptarse al estrés físico y emocional.

La maca popularmente es conocida por sus efectos positivos en la mejora del desempeño físico y mental, incrementar la fertilidad y la lívido y aliviar síntomas del síndrome premenstrual y la menopausia[4].

Estos aspectos teóricos enmarcan la importancia de la maca como recurso biológico, justificando su estudio desde una perspectiva científica y aplicada.

Este trabajo se presenta en cuatro secciones, la primera sección en la cual nos proporciona los antecedentes que nos ayudan a abordar el problema. La siguiente sección presenta los principales aspectos teóricos relacionados con el desarrollo del tema y fundamenta algunas de las investigaciones realizadas sobre esta planta, así como información sobre las especies vegetales cubiertas y un breve marco conceptual relacionado con este tema. La tercera sección presenta los aspectos metodológicos utilizados y las actividades diseñadas como parte experimental, que permitieron obtener y caracterizar el aceite de Maca.

La sección final presenta los resultados de nuestro trabajo y los analiza brevemente. En conclusión, proponemos incluir algunas recomendaciones que permitan formar parte de futuras investigaciones sobre esta planta. Esperamos que, al concluir la investigación, como se refleja en este informe final, tengamos información relevante para que se puedan realizar más investigaciones sobre el uso del aceite de *Lepidium peruvianum* (maca roja).

Se presentaron varios trabajos para informar la importancia de la maca por sus propiedades nutricionales y farmacológicas:

Escriben sobre la importancia de la maca por sus múltiples propiedades:

Sifuente G. (2016). Proporciona una descripción general de la maca, señalando que es originaria de los Andes en el centro de Perú y es resistente al granizo, el frío y la sequía prolongada. Se cultiva desde la época inca a una altitud de 3.800 a 4.500 m sobre el nivel del mar.

Esta hierba no sólo tiene un alto valor nutricional, sino que también es muy apreciada por sus efectos medicinales. Entre los componentes químicos de esta planta andina se encuentran relacionados con sus efectos medicinales, como aumento de la fertilidad, niveles de energía, efectos antioxidantes, mejora del deseo sexual y velocidad del crecimiento, es decir: glucosinolatos, esteroles, ácidos grasos (makeen) y las correspondientes amidas (macamidas), alcaloides (lepidilina A y B, macaridina) y polifenoles. [4]

Gonzáles G. (2015), proporciona una visión general y muestra que la maca (*Lepidium peruvianum*) es una planta que crece en altitudes superiores a los 4.000 metros en los Andes peruanos y tiene una variedad de propiedades. Los estudios destacan los efectos de la maca sobre la función sexual, la espermatogénesis, la función reproductiva en la mujer, la memoria, la depresión y la ansiedad, así como la hiperplasia prostática tónica y benigna, el adelgazamiento de los huesos y el síndrome metabólico. Tenga en cuenta que la maca roja proporciona los mejores resultados para reducir la espermatogénesis, la memoria y la fatiga, mientras que la maca roja tiene los mejores efectos para revertir la hiperplasia prostática benigna y la osteoporosis inducida por los alimentos causada por la experiencia. Además, la maca reduce los niveles de glucosa y su consumo se ha relacionado con una menor presión arterial y una mejor salud.

Los estudios experimentales han demostrado que el uso a corto y largo plazo no causa toxicidad tanto in vivo como in vitro. Aunque los estudios experimentales han demostrado que la maca roja tiene algunos efectos beneficiosos, se necesitan más estudios clínicos para confirmar estos resultados. [5]

Córdova H. (2022). Se dice que la maca ha ganado atención mundial como un poderoso estimulante que mejora la salud física y mental, lo que mejora la fertilidad. Gracias a estos informes, examinaron los metabolitos secundarios de la raíz de maca roja, encontrándose derivados benzoílo, glucosinolatos, glucotropeolina y m-metoxiglucotropaleolina. [6]

Leiva J. (2014) mencionó que la maca roja se usa comúnmente con fines afrodisíacos y de fertilidad, y también se usa ampliamente para aliviar los síntomas de la menopausia.

Por lo tanto, presentamos un estudio para evaluar los efectos del extracto etanólico de semillas de maca roja sobre la osteoporosis posmenopáusica en ratas ovariectomizadas. Las ratas hembra Sprague-Dawley se dividieron en cuatro grupos: los grupos ovariectomizados y simulados recibieron cantidades iguales de agua destilada, y los grupos ovariectomizados restantes recibieron extracto de maca por vía oral en dosis de 0,096 y 0,24 g/kg durante 28 semanas.

Los resultados basadosen la densidad mineral ósea y los parámetros biomecánicos, bioquímicos e histopatológicos mostraron que el extracto de etanol de semillas de maca roja en dosis más altas fue eficaz para prevenir la pérdida ósea debido a la deficiencia de estrógeno. [7]

Bernuy J. (2017) dio por alimento maca en polvo a ratas y demostró que aumentaba el número de apareamientos y apareamientos de hembras en las ratas tratadas.

También trató a ratas macho con disfunción eréctil, demostrando los efectos afrodisíacos de la planta. [8]

Canales M. (2000) presentan un estudio que muestra que un extracto acuoso oral de maca roja-amarilla aumenta la espermatogénesis y el recuento de espermatozoides del epidídimo.

El propósito del estudio fue determinar los efectos de la maca roja sobre diversos parámetros reproductivos de ratas hembras en edad reproductiva. Se determina inyectando una solución de extracto de semilla de maca roja en ratones hembra adultos aumentará el número de camadas. Además, este tratamiento aumentó el peso uterino en animales esterilizados. Informan que este estudio es el primero en confirmar ciertos usos tradicionales de las semillas de maca roja para mejorar la fertilidad de las mujeres. [9]

Oré M. (2008) indica que Lepidium peruvianum (maca roja) es una planta peruana de la familia Brassicaceae, cultivada desde hace más de 2.000 años y utilizada como complemento alimenticio, así como por sus propiedades medicinales tradicionalmente descritas en su sistema. Desde la década de 1990, el interés por los productos de semillas de maca roja ha aumentado en muchas partes del mundo. Durante la última década, las exportaciones peruanas de maca han aumentado de 1.415.000 dólares en 2001 a 6.170.000 dólares en 2010. La evidencia científica empírica ha demostrado que la maca tiene propiedades nutricionales, tónicas y medicinales para la fertilidad, así como efectos sobre la disfunción sexual, la osteoporosis y el agrandamiento de la próstata, memoria y salud. Ejercita y protege la piel de los rayos ultravioleta. Los estudios clínicos han demostrado que la maca es eficaz en el tratamiento de la disfunción sexual y en el aumento del recuento y la motilidad de los espermatozoides. [10]

Yábar E. (2019) presenta un estudio que evalúa los efectos estrogénicos y androgénicos de Lepidium peruvianum (maca roja) y su impacto en el perfil hormonal y los síntomas de las mujeres posmenopáusicas. [11]

Se encontró que las concentraciones séricas de estradiol, hormona estimulante del folículo, hormona luteinizante y globulina fijadora de hormonas sexuales no fueron diferentes entre el tratamiento inicial, el tratamiento con maca roja y el placebo.

La Escala Climática de Greene mostró una reducción significativa de los síntomas psicológicos, incluida la ansiedad, la depresión y la disfunción sexual después del consumo de maca en comparación con el valor inicial y el placebo. concluyeron que los resultados preliminares indican que *Lepidium peruvianum* (macadamia roja) (3,5 g/día) reduce los síntomas psiquiátricos, incluida la ansiedad y la depresión, y reduce la incidencia de disfunción sexual en mujeres posmenopáusicas, independientemente de la actividad de estrógenos y andrógenos.

Formulación del Problema

Problema principal

¿Cuáles son los parámetros óptimos para obtener y cuáles son las características del aceite esencial de *Lepidium peruvianum* (maca roja)?

Problemas específicos

¿Cuál sería la relación óptima peso de muestra versus volumen de solvente considerando el tiempo de extracción?

¿Qué características organolépticas, físicas y químicas presenta el aceite de maca?

Descripción de la realidad problemática

Nuestro país se ha beneficiado y se sigue beneficiando de la naturaleza ya que contamos con diversas regiones geográficas, lo que nos permite disfrutar de una gran biodiversidad. Esto a pesar de que zonas silvestres como Puna y Sunni se encuentran a una altitud de 3.800 a 4.300 metros sobre el nivel del mar. Estos territorios también adquirieron mucha importancia porque los antiguos peruanos domesticaron allí varios cultivos agrícolas, que han sobrevivido hasta nuestros días y sirven como fuente de alimento para los colonos hasta el día de hoy. El cultivo con mayor ventaja económica es el *Lepidium peruvianum*, conocido como Maca, que etimológicamente hace referencia al delicioso alimento que se consume. Este valioso producto también tiene muchos beneficios adicionales para la salud, el más notable de los cuales es la regulación hormonal, disfunción sexual tanto en hombres como en mujeres, corrige la disfunción eréctil y el aumento de la espermatogénesis en los hombres, equilibra los niveles de estrógenos y el deseo sexual en las mujeres.

Hay algunas opiniones que intentan atribuir esta propiedad a alguno de los compuestos químicos presentes en esta raíz tuberosa, sugiriendo que se trata de glucosinolatos, alcaloides o macamidas. Sin embargo, históricamente se ha informado que comer fruta entera es beneficioso para los problemas de salud. Tanto su actividad energética general como sus propiedades sexuales deben estar relacionadas con la presencia de compuestos químicos con un núcleo común, que en la

mayoría de los casos resultan ser liposolubles, por lo que el aceite de maca es la parte donde se concentran la mayoría de las propiedades beneficiosas de la maca. están concentrados. Hoy en día, la maca se puede comprar prácticamente en cualquier lugar de nuestro territorio, ya que su reputación ha propiciado su comercialización en nuestro territorio y en todo el mundo. Para consumir maca se debe superar el estigma asociado a su olor y sabor desagradable, por lo que se han realizado varios esfuerzos para introducir productos de maca que conserven el valor nutricional del producto y sean de fácil acceso.[5,6,7]

No hay productos en el mercado que contengan únicamente aceite de semilla de maca roja, por ejemplo, en forma de cápsula blanda. En cuanto a las propiedades del aceite de semilla de maca roja, no se han realizado investigaciones en nuestro medio, por lo que se desarrolla el presente estudio como: "Obtención y caracterización de aceite de *Lepidium peruvianum*", del cual dejamos información de cómo tomar y cuáles son las propiedades del aceite de maca roja.

Justificación e importancia de la investigación

Algunos estudios demuestran que el consumo de maca roja regula la actividad de las hormonas masculinas y femeninas, y que estos compuestos son de naturaleza lipófila, por lo que es necesario separar esta fracción de maca y recomendar su uso. Las propiedades del aceite de maca roja son necesarias para recomendar un consumo seguro en función del producto obtenido. No existen estudios en el área que caractericen el aceite de maca roja y aseguren su uso seguro. El aceite de maca roja aislado puede formar la base para otras pruebas químicas y biológicas para separar la fracción insaponificable del aceite de la fracción saponificable para separar los fitoesteroles.

Objetivos:

Objetivo general

Determinar los parámetros óptimos para obtener aceite de maca roja *y* fijar cuales son las características de este producto.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros óptimos: peso de material, volumen de solvente y tiempo de extracción para obtener aceite de maca roja.
- Determinar las características organolépticas y físico químicas del aceite de maca roja.

Hipótesis y Variables de la Investigación.

Hipótesis General

- Hipótesis alterna: La extracción por reflujo con etanol como solvente permite un rendimiento de entre 6,5 – 8,5 % de aceite de maca roja.

- Hipótesis Nula: La extracción por reflujo con etanol como solvente no permite un rendimiento de entre 6,5 – 8,5 % de aceite de maca roja.

Hipótesis especificas

- Los caracteres organolépticos de la muestra de maca roja: como su coloración, de aspecto homogéneo aceitoso, con sabor tenue picante y olor suigéneris es referencia de ser un producto apto para consumo humano.
- Las características físicas y químicas del producto nos darían la referencia de ser apto para ser consumido.

Variables.

Variable Independiente

Lepídium peruvianum (maca roja)

Variable Dependiente

- Relación peso de material-Solvente- tiempo de extracción
- Características organolépticas y físicas químicas del aceite de maca.

Operacionalización de variables.

Posición de la variable	Nominación de la variable	Indicador	Índice
Variable independiente	***Lepidium peruvianum*** (hipocótilos)	Características morfológicas	Color, aspecto, sabor, olor
Variable dependiente	-Relación peso de material-Solvente–tiempo de extracción. -Características: organolépticas del aceite	g de material – ml de solvente-minutos de extracción Color, olor, sabor, aspecto -Rendimiento -Humedad -Densidad	Rendimiento ml/100 g Excelente, bueno, regular, malo % %

Variable dependiente	Físicas químicas	- Acidez - Cenizas -Índice de peróxido - Índice de iodo - Índice de saponificación	g/ml meq/100 ml % mg/100 ml mg/100 ml mg/100 ml

DESCRIPCIÓN.

Lepidium peruvianum

ORÍGENES

Proviene de Perú. Es un maravilloso ejemplo de una planta domesticada por los antiguos peruanos que contribuyó a proporcionar alimento al pueblo de Chinchaysuyo en bajas temperaturas y fuertes vientos. En estas zonas, estos factores climáticos limitan el cultivo de otras especies.[16]

BASE HISTÓRICA

Don Pedro Cieza de León en 1553 en su obra Crónica General del Perú, hace mención a las propiedades medicinales de la maca. En 1598, Vázquez de Espinosa, en su recopilación y descripción de las Indias Occidentales, calificó a la maca como un excelente producto alimenticio, y el Padre Bernabé Cobo en 1603-1629 en su Historia del Nuevo Mundo, mencionó que, en la única provincia Most de Chinchaycocha, una planta que no crece de la tierra se llama maca, debido a las frecuentes nevadas y heladas, allí no se cultiva ninguna otra planta para consumo humano. Raíces de cerezas en forma de pera, blancas por dentro como rábanos, que se usan para hacer pan, verdes y secas porque se almacenan durante todo el año.

Tiene una extraña propiedad, ya que no sólo crecen en ciertas provincias del Perú, sino que además se multiplican cada día, por lo que consideran que esta raíz tiene poder. Al ver el valor de los alimentos, los recolectores de tributos en España pidieron a los residentes de la provincia de Chinchaycocha que les pagaran con árboles de maca. Como lo hizo durante su gira por las provincias centrales del Perú entre los años 1777-1778, el español Hipólito Ruiz señaló que las zonas de producción y consumo de maca eran las ciudades de Carhuamayo, Pampa de los Reyes, Ninacaka y sus anexos de la división de Junín. Dice que son hojuelas o raíces de tubérculos del tamaño de avellanas, muy sabrosas, pero ardientes y afrodisíacas. Por ello, mucha gente cree

que favorece la fertilidad tanto en hombres como en mujeres.[17,18]

TAXONOMÍA

La maca es la única planta crucífera que se cultiva para producir almidón. Se clasifica según:

- ✓ Familia: Brassicaceae
- ✓ Tribu: Lepidieae
- ✓ Sección: Monoploca
- ✓ Género: *Lepidium*

CARACTERIZACIÓN

Planta bienal, rara vez anual, con órganos de almacenamiento subterráneo (raíces tubulares) y tallo débilmente ramificado, de eje de 3-10 (20) cm de largo, con roseta en la base. Las hojas tienen forma de roseta, grandes, de 3 a 8 cm de largo, carnosas, biseccionadas o pinnadas, a menudo más o menos en forma de lira. Las hojas superiores son enteras, lobuladas o profundamente estriadas. Las inflorescencias se agrupan en panículas, las flores son pocas, de 1-2(-5) cm de largo, a menudo parcialmente cubiertas de hojas. El cáliz tiene cuatro segmentos con sépalos blancos o verdes; La corona tiene 4 pétalos blancos. Los estambres tienen dos estambres fértiles con anteras amarillas abiertas verticalmente y cuatro nectarios verdes colocados en la base del ovario, con dos estambres a cada lado. El fruto tiene forma de disco, de 4-5 mm de largo, agrietado, con dos cámaras en forma de cuña, cada una de las cuales contiene semillas. Las semillas son ovaladas, de 2 a 2,5 mm de largo, de color rojo grisáceo.[18]

DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA

Actualmente distribuida en los Andes Centrales de Perú, Bolivia y Argentina. Vive a 3.800-4.800 metros de altitud en las estepas de gran altura más duras de los Andes, donde las temperaturas son extremas, desde calor intenso por la mañana hasta heladas por la noche, con vientos gélidos, nevadas continuas, alta radiación solar y acidez.[19]

CARACTERÍSTICAS DE NUTRICIÓN Y FARMACOLOGÍA

La raíz fresca de maca hipocótila contiene agua (80%), carbohidratos (55-60%), proteínas (10-12%), fibra (8-9%) y lípidos (2-3%). La maca contiene altas cantidades de aminoácidos esenciales y altos niveles de hierro y calcio. La propiedad más importante conocida en la tradición andina desde el siglo XVI es su efecto sobre la fertilidad; Esta es la principal característica que se le atribuye a la maca desde el siglo XVI. También se utiliza para tratar la

apatía, la impotencia y la debilidad mental. El efecto de la maca sobre la fertilidad ha sido demostrado en ratas, donde se observó un aumento de la espermatogénesis, maduración folicular, etc., aumentando el número de crías al darles extractos de alcaloides de la maca.

También hay informes sobre el uso de recetas tradicionales en el tratamiento de la infertilidad en mujeres y hombres. Las propiedades de mejora de la fertilidad de la maca pueden deberse a la presencia de isotiocianatos biológicamente activos obtenidos de la hidrólisis de glucosinolatos, especialmente isotiocianato de bencilo y p-metoxibencilisotiocianato (la maca también se conoce como afrodisíaco, tratamiento de la frigidez en las mujeres y cura para la impotencia en mujeres). Es posible que la maca también tenga efectos anticancerígenos. La maca también se utiliza tradicionalmente como regulador sanguíneo, tratando los trastornos menstruales y la menopausia, y aliviando el insomnio y las deficiencias auditivas y visuales.[20]

LA MACA EN EL COMERCIO

El mercado de la maca está creciendo rápidamente. Las características de este producto natural y orgánico y sus propiedades científicamente comprobadas hacen de la maca un producto con un gran potencial. La tendencia actual en Europa, América y Japón, donde los consumidores están muy preocupados por su salud, es consumir productos naturales, permitiendo el uso de alimentos con alto contenido energético como la maca y los nutracéuticos.[21]

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.

Tipo de investigación:

Esta investigación es de naturaleza experimental porque establece una relación de causa y efecto para confirmar la verdad o falsedad de las hipótesis y, además, porque se controlan las variables que afectan la producción.

Nivel de investigación

Por la naturaleza de la información buscada, esta investigación es de carácter fundamental, ya que, en base a los resultados obtenidos, existe posibilidad de producir este aceite a mayor escala, posiblemente con fines comerciales.

Diseño de la investigación

Este es un diseño experimental que intenta encontrar una relación de variables independientes en función de los resultados de la variable dependiente.

2.2 Población y muestra

Población:

Especie vegetal *Lepidium peruvianum* (maca roja).

Muestra:

Este será de aproximadamente 15 kg.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizará la técnica de entrevista y una revisión bibliográfica sobre la producción y propiedades de los aceites vegetales.

Especie estudiada

Para desarrollar la parte experimental, se trabajó con la planta *Lepidium peruvianum*, proveniente de la región Carhuamayo de Junín. Se compraron 30 kg de maca roja (fresco) y de inmediato se inició el procesamiento para extraer el aceite.

MÉTODOS

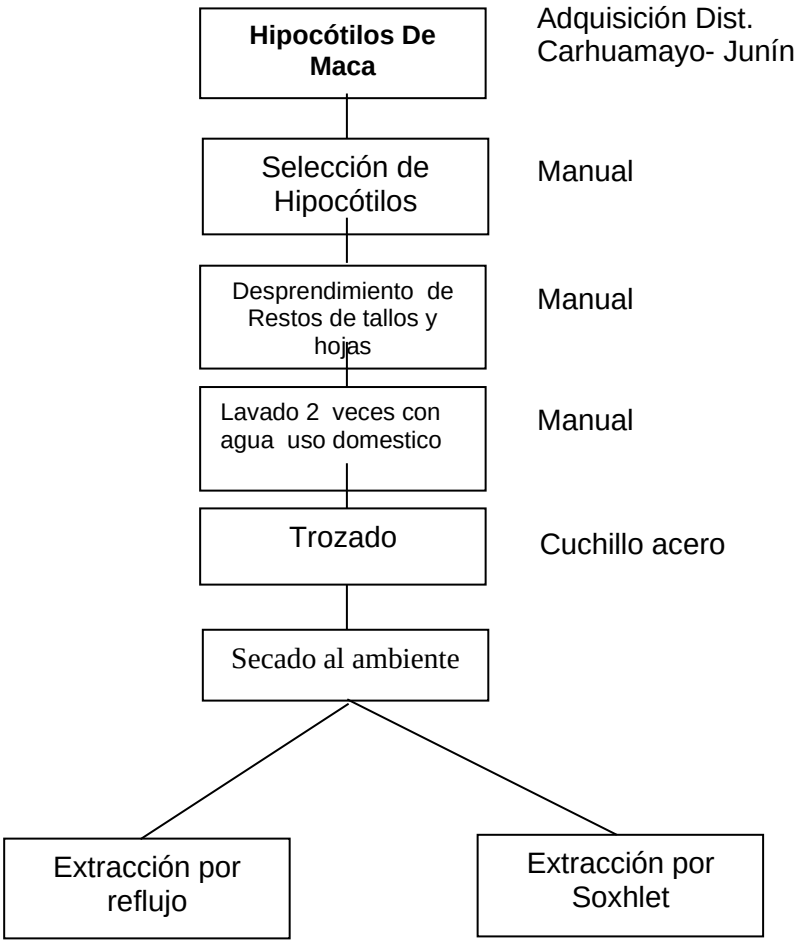
TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

A) Obtención de Maca seca y molida

El proceso de producción de maca en polvo seco y molido, se presenta el siguiente diagrama tecnológico:

FLUJOGRAMA 01

PROCESOS PARA OBTENER MACA SECA Y MOLIDA



CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL SECO Y MOLIDO.

A. Análisis Organoléptico

Se determinó el color, olor, sabor y aspecto.

B. Análisis fisicoquímico

HUMEDAD

Método gravimétrico.

Procedimiento: Se pesa 10 g de la muestra analítica y colocarla en una cápsula cerámica de masa conocida. Llevar al horno (100°C) /2 horas. Se saca y se mete en un desecador hasta enfriamiento. Se pesa para determinar la pérdida de de humedad, se expresa como porcentaje.

Cálculo:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{(g perdida)}}{\text{Cantidad de muestra (g)}} \times 100$$

Dónde:

Humedad % = g de agua por 100 g de muestra

g pérdida = pérdida de peso

g de muestra analizada

100 = referido a porcentaje

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Método Gravimétrico

1° Fundamento:

Primer procedimiento:

Se destilan los componentes orgánicos a una temperatura de 550-560°C y el residuo es decir la parte inorgánica restante, las cenizas, se pesa y se expresa en %.

Segundo procedimiento:

Se toma 5 g de material analítico (material seco). Se colocan en una cápsula de masa conocida y se exponen a baja temperatura para encoger primero la muestra. Hasta que deje de fumar. Se colocan en una cápsula de peso conocido y se lleva a la acción del calor suave, primero para carbonizar la muestra. Hasta cuando cese el desprendimiento de humo.

La cápsula que contiene el material carbonizado se coloca en una mufla a una temperatura de 550-560°C durante 2 horas. Luego se transfiere el tiempo a un desecador para que se enfríe y luego se pesa.

Tercer procedimiento: Cálculos

$$\% \text{ Cen} = \frac{\textit{Ceniza}\ \text{hallada}\ \text{x}\,100}{5}$$

Donde:

% Cen = g de cenizas en 100 g del material a analizar

Ceniza hallada = diferencia de peso entre cápsula con cenizas y peso de cápsula vacía.

5 = g de material analizado

100 = para referir a porcentaje

PRODUCCIÓN DE ACEITE DE MACA

Para obtener aceite de maca roja se utilizan dos métodos: el primero es el reflujo, el segundo es la extracción mediante dispositivo Soxhlet. En ambos casos se utiliza etanol como disolvente y el objetivo es encontrar la mejor relación masa-volumen de la muestra en función del tiempo de extracción.

A) EXTRACCIÓN POR REFLUJO

PROCESO	PROCESO ESPECIFICO	PESO DE MUESTRA (g)	VOLUMEN DE SOLVENTE (ml)	TIEMPO DE EXTRACCIÓN (minutos)
1	A	50	200	120
	B	50	200	180
	C	50	200	240
	D	50	200	300
2	A	50	300	120
	B	50	300	180
	C	50	300	240
	D	50	300	300
3	A	50	400	120
	B	50	400	180
	C	50	400	240
	D	50	400	300
4	A	50	500	120
	B	50	500	180
	C	50	500	240
	D	50	500	300

Figura 1. Procesos probados extracción por reflujo

La figura muestra que, para la misma masa de muestra de 50 g, se probaron cuatro procedimientos. Para cada procedimiento, se probó la relación entre la masa de la muestra y

el volumen del disolvente. Por lo tanto; 50 g - 200 ml, 50 g - 300 ml, 50 g - 400 ml y 50 g - 400 ml de disolvente respectivamente. Y cada una de estas pruebas deberá someterse a tres extracciones con una duración de 120, 180, 240 y 300 minutos respectivamente. El método de extracción por reflujo implica pesar la muestra a procesar y colocarla en la esfera del aparato de extracción, luego agregar el volumen apropiado de solvente, conectar el refrigerante y permitir que la energía se transfiera desde la placa calefactora. El tiempo de extracción se controla desde la primera gota de disolvente de reflujo hasta que transcurre el tiempo establecido, tras desconectar la alimentación de la olla a presión. Después de esperar a enfriar y filtrar, el filtrado se recoge en un vaso de vidrio y se coloca en un horno a una temperatura de 60-65°C hasta que el volumen se reduce a 1/4 o 1/5 del volumen original. Luego, este extracto se transfiere a un vaso de precipitados de peso conocido y se coloca en un horno estabilización de la masa.

B) EXTRACCIÓN CON EQUIPO SOXHLET

Extracción continua hasta agotamiento, Se toma en cuenta los resultados de la relación masa de muestra/volumen de disolvente observada previamente.

Nº DE PROCESO	MUESTRA (g)	VOLUMEN DE SOLVENTE (mL)	TIEMPO DE EXTRACCIÓN (minutos)
1	50	200	Por observar
2	50	300	Por observar
3	50	400	Por observar
4	50	500	Por observar

Figura 2. Relación entre la masa de la muestra, el volumen del disolvente y el tiempo de extracción

Para este procedimiento de extracción, los procedimientos 1 y 2 utilizan un extractor Soxhlet de 500 ml; y para los procedimientos 3 y 4, el volumen de extracción es de 1000 mL.

3.2.4. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE MACA

El aceite de maca se obtuvo hasta una masa constante determinada de la siguiente manera:

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Determinación de color y aspecto: Se colocan 2 ml de la muestra de aceite para análisis en un vial y se analiza su color y apariencia.

Determinación del sabor. Utilice una pipeta para tomar 3 gotas de la muestra de prueba y colóquela en la lengua del analista para evaluar el sabor.

Determinación del olor: Se colocan 2 ml del material analizado en un vaso de reloj, que se coloca cerca de la nariz del analista para que se pueda evaluar el olor.

CARACTERÍSTICAS FÍSICA QUÍMICAS

Se introducirán las siguientes definiciones:

PRIMERO: RENDIMIENTO

Mide la eficiencia del proceso en términos de producción de aceite y se expresa como ml de aceite obtenido por 100 g de material vegetal procesado. Los materiales vegetales pueden ser frescos o secos y luego molidos.

SEGUNDO:

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO

a) Fundamento

Este método consiste en expulsar agua del sistema analizado bajo la influencia del punto de ebullición del agua, perdiendo la masa original de la muestra analizada. Lo que se expresa en %.

b) Procedimiento

1) Tomar un vaso de 50 ml de peso conocido. La muestra a tratar se homogeneiza y se colocan 10,00 ml en un vaso de precipitados de masa conocida.

2) Se lleva al horno a 100°C durante 15 minutos, sácalo y déjalo enfriar en un desecador.

3) Volver a colocar en el horno a 100°C durante 15 minutos para mantener la masa constante. Esto significa que ya no se produce una pérdida de peso comprobada.

c) cálculos

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Pérdida de peso x 100}}{\text{Peso de la muestra}}$$

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD:

MÉTODO DEL PICNÓMETRO

a) Materiales

- ✓ Jeringuilla
- ✓ Picnómetro limpio y seco
- ✓ Vaso de 100ml (Vaso precipitado)

b) Procedimiento

1. Se registró el valor del volumen del picnómetro en la pared de la botella.
2. Se ajustó la báscula a 0,0000 g.
3. Se ha pesado el picnómetro vacío, asegurándose de que esté completamente seco y limpio.

4. El picnómetro se llena con agua destilada usando una jeringa. Después de cerrar la tapa, se derrama algo de líquido, lo que permite que el exterior de la caja se seque por completo.
5. Se pesó el picnómetro con agua destilada. Esta determinación se repite tres veces y el valor medio de las tres determinaciones se obtiene como masa volumétrica de agua en el picnómetro.
6. El mismo picnómetro se secó en el horno a 50 – 55°C durante 30 minutos.
7. Se llenó un picnómetro de masa conocida con una muestra (aceite de maca), se secó completamente y se pesó. Esta tarea se repitió tres veces. Determine la masa promedio de aceite a partir de tres determinaciones volumétricas con picnómetro.

d) Cálculos

$$DM = \frac{P.aceite}{P.agua}$$

Donde:

DM = Densidad de la muestra.

P. aceite = Peso promedio (tres determinaciones)

P. agua = Peso promedio (tres determinaciones), del agua destilada

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO PIROLÍTICO

Se fundamenta en la destilación de materia orgánica, que se analiza mediante exposición a altas temperaturas (quema de materia orgánica).

La ceniza es un elemento mineral que queda después de quemar la materia viva y sus compuestos orgánicos. Estos elementos se convertirán en óxidos altamente calcificados.

Procedimiento

1. Se tomó tres pastillas de peso conocido.
2. Se colocó 5,00 g de material de prueba previamente homogeneizado.
3. Se posiciona en una estufa eléctrica y calentar suavemente hasta que se carbonice la materia orgánica.
4. Se ubicó en una mufla a 550-560°C durante dos horas, se transfiere a un desecador para que se enfríe y se pesa.
5. Se regresó al horno y recalentó por 30 minutos, enfriar en desecador y pesar. El proceso se repite hasta obtener una masa constante.

Cálculos

$$\%\ de\ cenizas\ = \frac{P\ de\ ceniza\ x\ 100}{Peso\ muestra\ analizada}$$

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ

MÉTODO DE ANÁLISIS VOLUMÉTRICO ÁCIDO - BASE

Considerando la siguiente ecuación:

$C_3H_5(OOC.R)_3 + 3H_2O$ ---------- $C_3H_5(OH)_3 + 3\ HOOC.R$

Los ácidos grasos libres se pueden expresar como número de acidez o porcentaje de acidez. Se determina a través de la cantidad de miligramos de KOH necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa. % acidez - número de gramos de ácidos grasos libres presentes en 100 gramos de grasa. Generalmente se expresa como ácido oleico.

Procedimiento

- ✓ Se pesó 2 g de muestra de aceite en un matraz Erlermeyer de 250 mL.
- ✓ Se añadió 50 ml de alcohol neutro y dos gotas de indicador: Fenolftaleína.
- ✓ Se valoró con NaOH 0,1 N hasta que aparezca un color rosa pálido.
- ✓ Se repitió la operación dos veces más, se registran los tres caudales y se calcula el valor promedio (tres determinaciones) como consumo de álcali en el material analizado.

Cálculos

$$Índice\ de\ acidez = \frac{Gasto\ x\ N\ x\ 56{,}1}{Peso\ de\ muestra}$$

Gasto = promedio de tres determinaciones

N= Normalidad de solución de NaOH

56,1 = Equivalente químico de KOH

Peso de Muestra = 1 g

ÍNDICE DE YODO

MÉTODO VOLUMÉTRICO REDOX

El método se basa en la interacción de los dobles enlaces presentes en el material que se analiza con una solución de monocloruro de yodo disuelto en una mezcla de cloroformo y ácido acético glacial ("solución de Weiss").

Procedimiento

1. Se pesó 1,00 g de la muestra de aceite analizada y colocarlo en un matraz Erlermeyer de cuello esmerilado de 125 mL.

2. SE agregó 10 mL de cloroformo y luego agregue 10 mL de ácido acético.
3. Se añadió 10 mL de reactivo de Weiss y dejar en oscuridad durante 1 hora.
4. Se agregó 10 mL de KI al 15%, seguido de 50 ml de agua destilada. La solución de yodo al 5° formada durante la digestión del reactivo de Weiss se tituló con una solución de valoración de tiosulfato de sodio (TS) 0,1 N.
5. Paralelamente a lo descrito en los pasos 1-5, se utilizó un blanco que contenga todo menos la muestra y utilizar el mismo procedimiento antes de titular con tiosulfato de sodio 0,1 N.

Cálculos:

$$I.Y. = \frac{(\text{VB} - \text{VM}) \text{ x N x } 0.127\text{g/meq x } 100}{Peso\ de\ muestra\ en\ gramos}$$

I.Y. = g Yodo absorbidos /100 g de muestra

VB = Volumen de tiosulfato de sodio gastado en la valoración del blanco.

VM = Volumen de TS gastado en la valoración de la muestra

N = Normalidad del TS

Valor del meq de yodo: 0.127

Peso de muestra = 1 g

DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE PERÓXIDO

El índice de peróxido es el contenido de oxígeno activo, expresado en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa, estimado mediante titulación del yodo liberado con tiosulfato de sodio, titulado después del tratamiento de la muestra en condiciones específicas con una solución de yoduro de potasio. ácido acético glacial y nos da información sobre el estado de oxidación del aceite. Esta técnica se basa en la reacción de un grupo peróxido con yoduro de potasio, dando lugar a la formación de alcohol y yodo elemental.

El peróxido reacciona con yoduro de potasio (KI) en solución ácida según el siguiente esquema:

$H_2O_2 + 2H+ + 2I- \ I_2 + 2H_2O$

El yodo liberado se titula con tiosulfato de sodio.

Procedimiento:

Muestra de aceite de maca

1. Se pesó 1,00 g de muestra y se colocó en un matraz Erlermeyer de 125 mL con tapa esmerilada.

2. La segunda muestra se disolvió inmediatamente en 10 ml de cloroformo. El tercer matraz Erlermeyer se selló, se agitó vigorosamente y se mantuvo en un lugar protegido de la luz durante 10 días.
3. Pasados los 10 minutos, se añadió 50 ml de agua destilada al matraz Erlermeyer, cerrar la tapa y agitar vigorosamente.
4. El yodo liberado se mezcla con solución de tiosulfato de sodio 0,01 N hasta que adquiera un color amarillo pajizo. Luego, se añadió una solución indicadora de almidón, el sistema se volvió azul y se continuó la titulación con tiosulfato de sodio hasta que el color desaparezca y quede incoloro.
5. Paralelamente a los procedimientos descritos en los pasos 1 a 5, se realizó un análisis blanco en el que se omitió a la muestra.

Cálculos

$$Índice\ de\ peróxido = \frac{(M - B) \times N \times 1000}{W}$$

Donde:

I.P. = Índice de peróxido (meq O_2/kg de grasa)

M = Gasto de la solución de tiosulfato en la muestra

B = Gasto de la solución de tiosulfato en el blanco

W = Peso de la muestra en g.

ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Se define como la masa en miligramos de hidróxido de potasio necesaria para saponificar 1 gramo de grasa.

Procedimiento

1. Se pesa con precisión unos 2 gramos de muestra en un vaso Erlenmeyer de 250 mL triturado.
2. Agregar exactamente 25 mL de solución de hidróxido de potasio 0.1 N a la solución de alcohol, ajustar el reflujo.
3. Se hierve y se deja por 60 minutos.
4. Se apaga la estufa y se agrega 4 o 5 gotas de indicador de fenolftaleína; Titulación en caliente con solución de HCl 0,1 N.
5. Se realizó una prueba en blanco en las mismas condiciones.

Cálculo

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V - V') \times N \times 56{,}1}{m}$$

Donde:

N = Normalidad: disolución de HCl

V = mL utilizados de disolución de HCl (ensayo en blanco).

V' = mL utilizados de disolución de HCl (ensayo de la muestra).

m = 1 g de muestra

2.3 Análisis de los datos.

- **Certificación Taxonómica**

  Se llevará a cabo en el Departamento de Biología de la Universidad Nacional de San Luis Gonzaga en Ica.

- **Métodos analíticos:**

  Humedad (AOAC. Métodos analíticos formales)

  Consiste en secar las plantas en un horno y se basa en la diferencia de peso de los materiales secos y húmedos.

  Cenizas totales (Método gravimétrico)

  Esto sugiere una posible manipulación; Aquí la muestra se tritura, se tamiza y se carboniza (quema).

Obtención de aceite vegetal de maca

- ✓ Por reflujo
- ✓ Extracción por Soxhlet

Caracterización del aceite de maca

Características organolépticas: Los indicadores sensoriales están determinados por los sentidos: color, olfato, gusto y apariencia.

Determinación de la acidez

Fundamento

Aquí se determinan los ácidos grasos libres presentes en aceites y grasas, formados durante la hidrólisis de los triglicéridos.

Índice de yodo

Fundamento

Consiste en que los dobles enlaces reaccionan con una solución de exceso de monocloruro

de yodo en ácido acético glacial ("solución de Weiss"). Para acelerar la reacción, se añaden iones de mercurio. Una vez completada la reacción, el exceso de monocloruro de yodo se descompone en yodo añadiendo una solución de yoduro de potasio, que luego se titula con una solución estándar de tiosulfato de sodio.

Determinación de peróxidos

Fundamento

Se trata de la determinación de sustancias, expresadas en miliequivalentes de oxígeno activo por 100 g de muestra, que oxidan el yoduro de potasio en las condiciones de prueba. Se cree que el agente oxidante yoduro de potasio es peróxido u otros productos similares de oxidación de aceites.

2.4 Aspectos éticos

Las muestras se procesan después de obtener los certificados de clasificación adecuados. Siempre recordamos que esta investigación contribuye a la felicidad humana.

III. RESULTADOS

3.1. De la especie estudiada

La especie estudiada es *Lepidium peruvianum*, comúnmente conocida como maca roja. Se ha trabajado con una fábrica originaria de la provincia de Junín.

3.2. Del tratamiento a la especie estudiada

Por cada 1 kg de maca después del tratamiento se obtuvieron 104,50 gramos de muestra seca y molida.

3.3. Características de la muestra seca y molida

Tabla 1.- Análisis sensorial y fisicoquímico de las muestras secas y molidas.

Análisis	Color	Olor	Sabor	Aspecto
Organoléptico	Ámbar transparente	Suigeneris	Agri dulce, picoso	Pulvurento granulado
Físicoquímico	Humedad: 9,10%		Cenizas: 3,90%	

Fuente: elaboración propia

3.4. Obtención del aceite de maca

A) Extracción por reflujo

Tabla 2. Extracción de aceite de maca por el método extracción por reflujo

Proceso		**Muestra**	**Solvente**	**Extracción**	**Rendimiento**
Nº	Especifico	**(g)**	**(mL)**	**(minutos)**	**g/%**
1	A	50	200	120	2,14
	B	50	200	180	3,08
	C	50	200	240	7,12
	D	50	200	300	8,21
2	A	50	300	120	3,06
	B	50	300	180	5,96
	C	50	300	240	9,31
	D	50	300	300	10,12
3	A	50	400	120	4,23
	B	50	400	180	6,44
	C	50	400	240	11,91
	D	50	400	300	11,97
4	A	50	500	120	4,88
	B	50	500	180	7,36
	C	50	500	240	11,76
	D	50	500	300	11,94

Fuente: elaboración propia

El método 3C según los resultados es la mejor manera de obtener aceite de maca, utilizando 50 g de maca seca y triturada, expuesta a 400.0 mL de etanol como solvente y un tiempo de reflujo de aproximadamente 4,0 horas. Esto produce 11.91% rendimiento de aceite de maca. Con el

mismo peso de muestra y 500 ml de disolvente, en el 4C el rendimiento fue de 11,76% después de reflujo durante 4 h y de 11,94% en el 4D después de reflujo de 5 h, lo cual es muy cercano al valor obtenido en el proceso 3C que consume menos energía, menos tiempo (1 hora) y reduce la cantidad de disolvente en 100 ml.

B) Extracción con Soxhlet

Los resultados de la obtención de aceite de maca mediante el dispositivo Soxhlet se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Extracción de aceite de maca por el método Soxhlet

Proceso	**Muestra (g)**	**Solvente (mL)**	**Extracción (minutos)**	**Rendimiento g/%**
1	50	200	190	8,32
2	50	300	260	10,04
3	50	400	240	10,87
4	50	500	300	10,98

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, la mejor eficiencia para obtener aceite de maca es el proceso 4 con una eficiencia del 10.98%, sin embargo, existe una ligera diferencia de eficiencia respecto al método 3 con una eficiencia del 10.87% y utiliza menos de 100 ml. solvente. El tiempo de exposición al calor se ha reducido en 60 minutos, por lo que creemos que el procedimiento más efectivo es el 3.

3.5. Aceite de maca: Propiedades

A) Análisis organoléptico

Tabla 4. Análisis organoléptico del aceite de maca

Muestra	Color	Olor	Sabor	Aspecto
Reflujo 3C	Amarillento claro	agradable	picante	Uniformizado
Soxhlet 3	Amarillento claro	agradable	picante	Uniformizado

Fuente: elaboración propia.

Aquí vemos que las propiedades del aceite obtenido por ambos métodos son las mismas.

B) ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Tabla 5. Análisis fisiocoquimicos

Evaluación	Muestra	
	Aceite de maca por reflujo 3C	Aceite de maca por E. Soxhlet 3
Rendimiento	11,91	10,87
Humedad	0,96	0,98
Densidad	0,95	0,96
Cenizas	0,01	0,01
Índice de acidez	0,47	0,46
INDICE DE IODO (g de I/100 de aceite)	72,16	73,78
Indice peróxidos (meq O_2/kg)	92,0	89,0
Indice saponificación (mg de KOH/g aceite)	192,2	190,7

Fuente: elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

El uso de recursos naturales para prevenir o tratar la disfunción humana es una práctica que se transmite de generación en generación. La necesidad de proporcionar alimentos y medicinas a miles de soldados que participaron en las guerras mundiales de principios del siglo XX llevó al desarrollo de la industria alimentaria y farmacéutica, que producía grandes cantidades de alimentos y medicinas.

Sin embargo, desde las dos últimas décadas del siglo XX hasta hoy, las personas han vuelto a utilizar productos naturales con el argumento de que los alimentos y medicamentos solucionan problemas de salud, cuando en realidad, a la larga, sus efectos secundarios no pueden resolverse. A menudo, estos se encuentran relacionados con nuestro entorno y vinculados a enfermedades degenerativas. *Lepidium peruvianum* es una planta utilizada por los antiguos peruanos desde la antigüedad, y su uso continúa en la actualidad.

Lamas (1994) demostró que se han realizado muchos estudios sobre esta planta, la mayoría de los cuales han demostrado sus propiedades medicinales, calmantes, reguladoras del sueño y gastrointestinales. Yonge (2006), Ruiz (2005) y Brooks (2008) reportaron estas propiedades y en la mayoría de estos trabajos, extractos o aceites esenciales contribuyeron a estas propiedades. Este hallazgo nos impulsó a estudiar los parámetros óptimos para la producción de aceite de maca roja, en los que utilizamos etanol como solvente. Nuestra razón para usar este solvente es que después de separar la parte liposoluble de la planta, destilamos el solvente para obtener un extracto liposoluble, es decir, aceite de maca, aunque contiene una pequeña cantidad de solvente no es dañino para las plantas ni cuando es utilizado por humanos. En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados del proceso de investigación utilizando los métodos de extracción por reflujo y Soxhlet para obtener una relación de 50 g de muestras secas y molidas por 400 ml de etanol con un tiempo de extracción de 4 horas. Puede obtener un beneficio del 10,87% y del 11,91%. Se encontró que el proceso de extracción por reflujo dio mejores resultados, posiblemente porque la pequeña cantidad de componentes liposolubles no podía colorear el solvente de etanol y por lo tanto detuvo el proceso, mientras que la extracción por Soxhlet da como resultado una exposición mayor y más prolongada al solvente caliente. Ambos productos obtenidos tienen propiedades organolépticas y fisicoquímicas similares y se parecen a los aceites vegetales domésticos.

Por tanto, concluimos que estos productos pueden utilizarse inmediatamente después del envasado y beneficiarse de la parte lipófila de esta especie.

V. CONCLUSIONES

- Los parámetros óptimos para la extracción de aceite de maca por el método de reflujo son 50 g de muestra, 400 mL de solvente etanol y tiempo de reflujo 4 horas, mientras que para extracción Soxhlet los parámetros óptimos son 50 g de muestra, 400 mL de disolvente y extracción, 4 horas.
- Por reflujo se obtuvo 11,97% de aceite de maca y 10,98% por extracción Soxhlet utilizando etanol como solvente.
- El aceite de maca roja obtenido por estos dos métodos tiene propiedades organolépticas propias de los aceites vegetales.
- Las propiedades físicas y químicas de los aceites obtenidos por estos dos métodos demuestran que son aptos para el consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones para identificar, caracterizar y cuantificar los componentes del aceite esencial de *Lepidium peruvianum*.
- Realizar investigaciones para identificar, describir y determinar el contenido específico y la proporción de compuestos que contienen el aceite esencial de *Lepidium peruvianum.*
- Continuar investigando este producto para un uso específico como producto alimenticio, ya que es un producto que necesita conservar todas las propiedades de los metabolitos secundarios de esta raíz tuberosa.
- Investigación de los subproductos que quedan tras la extracción del aceite maca roja.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Meissner H, Mscisz A, Piatkowska E, Baraniak M, Mielcarek S, Kedzia B, et al. Peruvian Maca (Lepidium peruvianum): (II) Phytochemical Profiles of Four Prime Maca Phenotypes Grown in Two Geographically-Distant Locations. Int J Biomed Sci. 2016 Mar;12(1):9-24. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4841986/
2. Bower-Cargill C, Yarandi N, Petróczi A. A systematic review of the versatile effects of the Peruvian Maca Root (Lepidium meyenii) on sexual dysfunction, menopausal symptoms and related conditions, Phytomedicine Plus, 2022;**2(**4):100326. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667031322001075?pes=vor&getft_integrator=wiley
3. Núñez C, Cantero J. Las plantas medicinales del Sur de la Provincia de Córdoba. Ed. Fundación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto. 2020. 144 pp. Disponible en: https://diariocorreo.pe/edicion/huanuco/promueven-elconsumo-de-los-granos-de-quinua-tarwi-kiwicha-y-canihua-758921/
4. Sifuentes G., León S., Páucar M. (2016). Estudio de la Maca (Lepidium meyenii Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria*, *6*(2), 131-140. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.06
5. Gonzales G, Villaorduña L, Gasco M, Rubio J, Gonzales C. Maca (Lepidium meyenii Walp), una revisión sobre sus propiedades biológicas. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2014;31(1):100–10. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000100015.
6. Córdova H; Valverde A, Campos M. (2022) "La maca raíz nutritiva de los Andes." Biblioteca Nacional el Perú. [Internet]. 2022. Disponible en: https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2022/05/LBRO-MACA-CON-ISBN-APROBADO-pubicado-21052022.pdf
7. Leiva J, Guerra F, Olcese P, Lozada I, Rubio J, Gonzales C, et al. Efecto de la maca roja (*Lepidium meyenii*) sobre los niveles de ifn-γ en ratas ovariectomizadas [Internet]. Scielosp.org. Disponible en: https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2014.v31n4/683-688/es.
8. Bernuy J. (2017). Efecto del extracto metanólico y las fracciones acuosa y butanólica de *Lepidium meyenii* variedad roja sobre la función renal en ratas sprague-dawley macho tratadas durante 90 días. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima; 2017. Disponible en:

https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/863/Efecto_BailonGonzales_Nataly.pdf?sequence=3&isAllowed=y

9. Canales M, Aguilar J, Prada A, Marcelo A, Huamán C, Carbajal L. Evaluación nutricional de Lepidium meyenii (MACA) en ratones albinos y su descendencia. Arch Latinoam Nutr [Internet]. 2000;50(2):126–33. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200003.
10. Oré M. Efectos hipolipémico y antioxidante de Lepidium meyenii Walp en ratas [Internet]. Edu.pe. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1022e10e-9627-4173-a911-0b7682587ef7/content.
11. Yábar Villanueva E. La maca (*Lepidium meyenii walpers*) alimento funcional andino: bioactivos, bioquímica y actividad biológica. Rev Investig Altoandinas - J High Andean Res [Internet]. 2019;21(2):139–52. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-95720190002000005&script=sci_arttext
12. Pineda C, Camiloaga E, Zuñiga S. Actividad Antibacteriana del extracto de hojas de Chincho (Tagetes elliptica L.) contra Salmonella typhimurium en cobayos (Cavia porcellus L.). Investigación Valdizana. 2007; 1 (1): 10-13 7.
13. Tereschuk ML. Actividad biológica de flavonoides de Especies de tagetes más representativas del noroeste argentino (tesis doctoral). Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán; 2005.
14. Rojas R, Bustamante B, Bauer J, Fernández I, Albán J, Lock O. Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants J Ethnopharmacol. 2003; 88 (2- 3): 199–204.
15. Brako L, Zarucchi JL. Catálogo de plantas con flores y gimnospermas del Perú. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.45 Lima.1993
16. Jorgersen PM, León-Yánez S. Catálogo de Plantas vasculares del Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.75 Ecuador.1999
17. Zuloaga F, Morrone O. catálogo de plantas vasculares de la República de Argentina I. Pteridophyta, gimnospermas y angiosperma (Monocotyledonae), II Dicotyledonae. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.60, 74. 1999
18. Zekaria D. Los Aceites Esenciales, una alternativa de los Antimicrobianos. (Monografía en Internet) Laboratorios Calier; 2007 (Citado el 21 de febrero de 2013) Disponible en: http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word__Aceites_esen_como_promotores.pdf
19. Tereschuk ML. Actividad biológica de flavonoides de Especies de tagetes más representativas del noroeste argentino (tesis doctoral). Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán; 2005. 8.

20. Rojas R, Bustamante B, Bauer J, Fernández I, Albán J, Lock O. Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants J Ethnopharmacol. 2003; 88 (2- 3): 199–204.
21. Zuloaga FO, Morrone O. catálogo de plantas vasculares de la República de Argentina I. Pteridophyta, gimnospermas y angiosperma (Monocotyledonae), II Dicotyledonae. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.60, 74. 1999
22. Lock O. Investigaciones Fitoquímicas. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. 1992.
23. Hernández Sampieri. Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Hill; 1997

VIII. ANEXOS.

Título: Obtención y caracterización de aceite de *Lepidium peruvianum* (maca roja)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	VARIABLES	OBJETIVOS	ESTRATEGIA METODOLÓGICA
Problema principal ¿Cuáles son los parámetros óptimos para obtener y cuáles son las características del aceite esencial de *Lepidium peruvianum* (Maca Roja) ?	**- General.** – Ho: La extracción por reflujo con etanol como solvente permite un rendimiento de entre 6,5 – 8,5 % de aceite de maca roja – La extracción por reflujo con etanol como solvente no permite un rendimiento de entre 6,5 – 8,5 % de aceite de maca roja - **Especificas** -Las características organolépticas del aceite de maca roja: color amarillo tenue, aspecto homogéneo oleoso, sabor algo picante y olor agradable y suigéneris lo sindica como un buen producto. -Las características físicas y químicas del aceite de maca lo sindican como un aceite vegetal apto para consumo humano.	**Variable Independiente** *Lepidium peruvianum* (Maca Roja) **Variables Dependientes** - Relación peso de material-Solvente-tiempo de extracción - Características organolépticas y físicas químicas del aceite de maca.	**Objetivo general** Determinar los parámetros óptimos para obtener aceite esencial de *Lepidium peruvianum (Maca)* y fijar cuales son las características de este producto. **Objetivos específicos** Determinar los parámetros óptimos: peso de material, volumen de solvente y tiempo de extracción para obtener aceite esencial de *Lepidium peruvianum* (Maca Roja) Determinar las características organolépticas y físico químicas del aceite esencial de *Lepidium peruvianum* (Maca Roja)	**Tipo de investigación: Exploratoria y Explicativa.** El investigador observará la muestra en estudio para describirla, aportando nuevos conocimientos sobre el tema. **Nivel de investigación: Básica.** Se efectuará sobre un tema poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión inicial aproximada, es decir, un nivel superficial de conocimiento. Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. **Diseño de investigación: Experimental** Se realizará la observación de las características de la muestra en estudio en una única ocasión.

Otros recursos disponibles para la realización del estudio

- **Locales y laboratorios.**
  - ✓ Biblioteca:
  - ✓ Biblioteca de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga
  - ✓ Biblioteca de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, UNMSM
  - ✓ Biblioteca de la Facultad de Agricultura
  - ✓ Laboratorios:
  - ✓ Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica
  - ✓ Laboratorio de análisis de equipos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.
- **Materiales, Equipos y Reactivos.**

Materiales de Laboratorio

- ✓ Pera bromo
- ✓ Equipo de destilación
- ✓ Anteojos
- ✓ Tubo de ensayo 10 x 130 mm
- ✓ Viola 50 100ml
- ✓ Erlermeyer
- ✓ agitador
- ✓ sustancia cristalina
- ✓ Tanque desecante
- ✓ Tubo de ensayo
- ✓ Pipeta
- ✓ Tubo de ensayo 5 x 60 mm
- ✓ Papel de filtro
- ✓ Bolsas de papel
- ✓ Papel plateado

Material de Limpieza

- ✓ Delantal
- ✓ Toalla
- ✓ Detergentes

Equipos de Laboratorio

- ✓ Balance analítico
- ✓ Estufa eléctrica
- ✓ Parrilla

- ✓ Refrigerador: espectrómetros
- ✓ Refrigerador: espectrómetros

Reactivos.

- ✓ Hexano
- ✓ Diclorometano
- ✓ Acetato de etilo
- ✓ Etanol
- ✓ Ácido sulfúrico
- ✓ Hidróxido de potasio
- ✓ Sulfato de sodio anhidro
- ✓ Cloruro de hierro
- ✓ Gelatina salada
- ✓ Yoduro de potasio
- ✓ Nitrato de bismuto
- ✓ Ácido pícrico
- ✓ Sulfato de sodio anhidro
- ✓ Ácido acético
- ✓ Anhídrido acético
- ✓ Aserrín de magnesio
- ✓ Alcohol amílico

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Materiales:

1) Plancha mediante el termostato.

2) Desecador con agente secante.

3) Frasco de cristal de 100ml.

Procedimiento:

1) Se midió en un vaso de 100 ml a 0,1 mg.
2) Se añadió de 4 a 5 g de muestra completamente homogeneizada.
3)Se colocó en la parrilla y calentar suavemente.
4) Se enfrío en desecador y pesar.

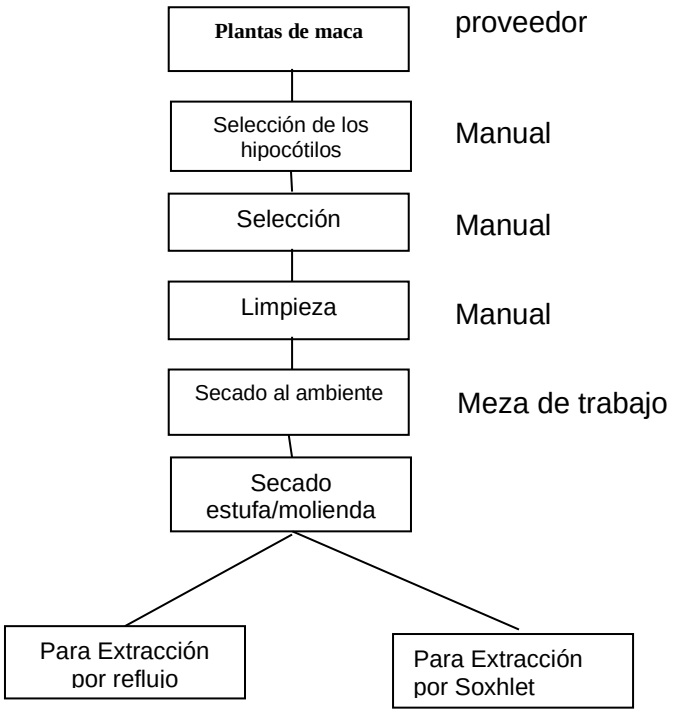
Cálculo:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{PERDIDA DE PESO} \times 100}{\text{PESO DE MUESTRA}}$$

% de Humedad = g de agua por 100 de muestra
g perdidas = g de pérdida de peso
g de muestra analizada
100 = para referir a porcentaje

FLUJOGRAMA N° 01

PROCESOS PARA OBTENER LAS HOJAS SECAS Y MOLIDAS



CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA A ANALIZAR.

El color, el olor, el gusto y la forma pueden ser determinados por los sentidos.

OBTENCIÓN DE ACEITE VEGETAL DE *Lepidium peruvianum* (Maca Roja)

A) POR REFLUJO

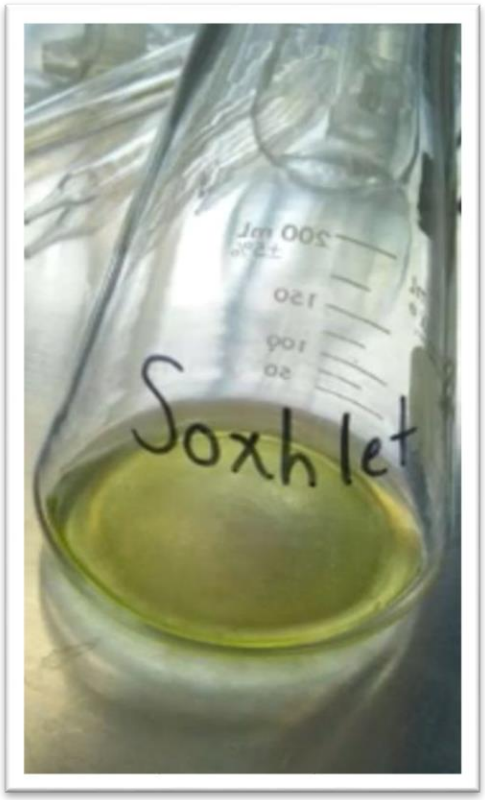
Se determinará la relación: volumen de material – Disolvente – tiempo de extracción. Las sugerencias son las siguientes:

- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 3 litros de etanol durante 30 minutos.
- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 1,5 litros de etanol durante 30 minutos.
- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 3 litros de etanol durante 60 minutos.
- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 1,5 litros de etanol durante 60 minutos.
- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 3 litros de etanol durante 30 minutos.
- ✓ 0,5 kg de ingredientes con 1,5 litros de etanol durante 60 minutos.

Dependiendo de las observaciones de comportamiento, la cantidad de solvente y/o el tiempo requerido para obtener el mejor rendimiento de aceite vegetal variará.

Imágenes de los procedimientos realizados.

Distrito de Carhuamayo – Provincia de Junín


Soxhlet

CÁLCULOS PARA DETERMINACIÓN DE CENIZAS

d) cálculos

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de ceniza x 100}}{\text{Peso de muestra analizada.}}$$

Cálculos para la determinación de acidez

$$\textbf{INDICE DE ACIDEZ} = \frac{\text{GASTO x N x 56,1}}{\text{PESO DE MUESTRA}}$$

GASTO= promedio de las tres determinaciones

N= Normalidad de solución de NaOH

56,1 = Equivalente químico de KOH

Peso de Muestra = 1,0 g

Procedimiento para determinar Índice de Yodo

1. Se pesó 1,0 g de la muestra de aceite a analizar y se colocó en un vaso Erlenmeyer molido de 125,0 ml.
2. Se añadió 10,0 ml de cloroformo, luego se agregó 10,0 ml de ácido acético.
3. Se añadió 10,0 ml de reactivo de Weiss y se dejó en oscuridad durante 1,0 hora.
4. Se añadieron 10,0 ml de KI al 15%, seguido de 50,0 ml de agua destilada.
5. La solución de yodo formada durante la descomposición del reactivo de Weiss se titula con una solución de tiosulfato de sodio titulada al 0,1 Normal
6. Paralelamente a lo descrito en los pasos 1-5, utilizando un blanco que contenga todo menos la muestra y utilizar el mismo procedimiento antes de titular con tiosulfato de sodio 0,1 N

e) Cálculos:

$$I.Y = \frac{(VB-VM)\ XNX0.127g/meqx100}{\text{Peso muestra en gramos}}$$

I.Y. = g Yodo absorbidos /100 g de muestra

VB = Vol. de tiosulfato de sodio gastado en la valoración del blanco.

VM = Vol. de tiosulfato de sodio gastado en la valoración de la muestra

N= Normalidad del tiosulfato de sodio

0.127= valor del meq de yodo

Materiales y métodos para Determinación del índice de peróxidos

- ✓ Muestra de aceite de maca
- ✓ La solución de ácido butírico está helada.
- ✓ Sol. cloroformo
- ✓ San Ki
- ✓ Sol. Índice de almidón 1%
- ✓ Solución de tiosulfato de sodio 0,01 N.
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 250ml. con cubierta mate
- ✓ Bureta 25ml. Pipetear de 5 a 10 ml

a) Procedimiento:

1. Se pesó 1,00 g de muestra y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 125 ml con tapa esmerilada. La muestra del se disolvió inmediatamente en 10 ml de cloroformo.
2. Se cerró herméticamente el Erlenmeyer, se agitó vigorosamente y se mantuvo en un lugar protegido de la luz durante 10
3. Pasados los 10 minutos, se añadió 50 ml de agua destilada al matraz Erlenmeyer, cerrar la tapa y agitar vigorosamente.
4. El yodo liberado se mezcla con solución de tiosulfato de sodio 0,01 N hasta que adquiera un color amarillo pajizo.
5. Luego, se añadió una solución indicadora de almidón, el sistema se volvió azul y se continuó la titulación con tiosulfato de sodio hasta que el color se volvió azul. Viernes. Paralelamente a los procedimientos de los pasos 1 a 5, se realizó un análisis ciego, en el que solo se omitió la muestra.

b) Cálculos

$$I.P = \frac{(M - B) \times N \times 1000}{W}$$

Donde: I.P. = Índice de peróxido (meq O_2/kg de grasa)

M = Gasto de la solución de tiosulfato en la muestra

B = Gasto de la solución de tiosulfato en el blanco

W = Peso de la muestra en g.

Material y procedimiento para el índice de saponificación

- ✓ Balance analítico.
- ✓ Bureta. matraces
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 250ml
- ✓ Pipeta.
- ✓ Placa calefactora
- ✓ dispositivo de reflujo

c) Reactivos

- ✓ HCl 0,1N
- ✓ KOH 0,1 N en disolvente de etanol
- ✓ Fenolftaleína

d) Procedimiento

1. Se pesó con precisión unos 2 g de muestra en un plato Erlenmeyer de 250 ml triturado.
2. Se añadió exactamente 25 ml de solución de hidróxido de potasio 0,1 N al alcohol para ajustar el condensador de reflujo.
3. Se hirvió y dejó reposar por 60 minutos.
4. Se apagó la estufa y agregó 4 o 5 gotas de indicador de fenolftaleína; Titulación en caliente con solución de HCl 0,1 N.
5. Se realizó una prueba en blanco en las mismas condiciones.

e) Cálculos

El resultado es la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar 1 g de grasa y se expresa como "índice de saponificación":

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56'1 \bullet N \bullet (V - V')}{m}$$

Donde:

N = Normalidad de la disolución de ácido clorhídrico

V = Volumen utilizado (en ml) de disolución de ácido clorhídrico en el ensayo en blanco.

V' = Volumen utilizado (en ml) de disolución de ácido clorhídrico en el ensayo de la muestra.

M = 1 g de muestra