

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Uso del aceite y torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como  
sustitutos de harina y grasa vegetal en la elaboración de galletas  
dulces**

**Margarita Guadalupe Chancay Pinargote**

**Ingeniería en Alimentos**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del  
título de Ingeniero en Alimentos

Quito, 07 de mayo de 2024

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Uso del aceite y torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustitutos de  
harina y grasa vegetal en la elaboración de galletas dulces**

**Margarita Guadalupe Chancay Pinargote**

Nombre del profesor, Título académico

Maria Jose Andrade Cuvi, PhD.

Quito, 07 de mayo de 2024

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Margarita Guadalupe Chancay Pinargote

Código: 00136073

Cédula de identidad: 1725511909

Lugar y fecha: Quito, 07 de mayo de 2024

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de torta y aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustitutos de harina de trigo y grasa vegetal en la elaboración de galletas dulces. Inicialmente se determinó la calidad del aceite de sachá inchi, el cual presentó estándares de calidad adecuados según la normativa nacional vigente, demostrando su seguridad para el consumo y su potencial como materia prima en la industria alimentaria. Se evaluaron diversas formulaciones con 0, 50 y 100% de sustitución de harina y grasa en la formulación de galletas. Los resultados indicaron que el reemplazo total de harina de trigo por torta de sachá inchi y el reemplazo parcial de grasa vegetal por aceite de sachá inchi producen cambios en las propiedades de humedad, color y textura de las galletas. La formulación con reemplazo total de harina por torta y sin aceite de sachá inchi obtuvo la mayor aceptabilidad global, posicionándose entre las categorías de "no me gusta ni me disgusta" y "me gusta". Sin embargo, las galletas con reemplazo total de grasa vegetal por aceite de sachá inchi presentaron una dureza significativamente mayor, afectando su aceptación sensorial. Las galletas con reemplazo total de harina de trigo por torta de sachá inchi mostraron un contenido elevado de proteínas (19.49%) y grasa total (31.24%). En conclusión, es viable la sustitución total de la harina de trigo por torta de sachá inchi en la elaboración de galletas, obteniendo un producto con buena aceptación sensorial y excelentes características nutricionales. Sin embargo, la sustitución completa de la grasa vegetal por aceite de sachá inchi no es recomendada debido a la dureza del producto final. Las galletas desarrolladas con torta de sachá inchi representan una alternativa nutricional atractiva, destacándose por su alto contenido proteico y grasas saludables, aunque su consumo debe ser moderado debido a su alto contenido calórico relacionado con el alto contenido de azúcar y grasa.

**Palabras clave:** sustitución de harina, galletas dulces, sachá inchi, torta y aceite de sachá inchi.

## ABSTRACT

The aim was to evaluate the use of sachu inchi (*Plukenetia volubilis*) cake and oil as substitutes for wheat flour and vegetable fat in the production of sweet cookies. Initially, the quality of sachu inchi oil was determined, which met the quality standards according to current national regulations, demonstrating its safety for consumption and its potential as a raw material in the food industry. Various formulations with 0, 50, and 100% substitution of flour and fat in the cookie formulation were evaluated. The results indicated that the total replacement of wheat flour with sachu inchi cake and the partial replacement of vegetable fat with sachu inchi oil produced changes in the moisture, color, and texture properties of the cookies. The formulation with total flour replacement by cake and no sachu inchi oil achieved the highest overall acceptability, falling between the categories of "neutral" and "like." However, cookies with total vegetable fat replacement by sachu inchi oil presented significantly higher hardness, affecting their sensory acceptance. Cookies with total wheat flour replacement by sachu inchi cake showed high protein content (19.49%) and total fat (31.24%). In conclusion, the total substitution of wheat flour with sachu inchi cake in cookie production is viable, resulting in a product with good sensory acceptance and excellent nutritional characteristics. However, the complete substitution of vegetable fat with sachu inchi oil is not recommended due to the increased hardness of the final product. Cookies developed with sachu inchi cake represent an attractive nutritional alternative, highlighted by their high protein and healthy fat content, although their consumption should be moderate due to their high caloric content related to the high sugar and fat content.

**Keywords:** flour substitution, sweet cookies, cake and oil sachu inchi.

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. METODOLOGÍA .....	16
2.2 Materia prima.....	16
2.3 Análisis de calidad del aceite .....	17
2.3.1 Índice de acidez (IA).....	17
2.3.2 Índice de peróxidos .....	17
2.3.3 Índice de yodo.....	18
2.3.4 Índice de refracción.....	18
2.3.5 Punto de fusión .....	19
2.3.6 Contenido de agua.....	19
2.3.7 Densidad relativa .....	19
2.4 Sustitución de harina de trigo y grasa vegetal por torta y aceite de sachá inchi en la elaboración de galleta .....	20
2.4.1 Proceso de elaboración de galletas.....	20
2.4.2 Diseño experimental y análisis estadístico .....	21
2.5 Calidad y aceptabilidad sensorial de galletas dulces .....	22
2.5.1 Análisis de humedad .....	22
2.5.2 Color .....	23
2.5.3 Porcentaje de extensión y de expansión/contracción.....	23
2.5.4 Dureza .....	23
2.6 Evaluación sensorial .....	23
2.7 Análisis proximal .....	24
2.7.1 Contenido de sodio .....	24
2.8 Etiqueta nutricional y propuesta de empaque .....	24
3. RESULTADOS.....	25
3.1 Parámetros de calidad del aceite de la semilla sachá inchi .....	25
3.2 Sustitución de harina de trigo y grasa vegetal por torta y aceite de sachá inchi en la elaboración de galleta .....	27
3.2.1 Humedad .....	27
3.2.2 Color.....	28
3.2.3 Análisis de parámetros de expansión/contracción y extensión y de masa.....	29
3.2.4 Dureza .....	31
3.3 Evaluación sensorial .....	32
3.4 Análisis Proximal.....	33

3.5 Diseño del producto .....	34
4. CONCLUSIONES .....	38
REFERENCIAS.....	39



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Formulación de galletas dulces.....	20
<b>Tabla 2.</b> Sustitución de harina y grasa vegetal por torta (T) y aceite (A) de sachá inchi. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de calidad del aceite sachá inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).....	25
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de color de las formulaciones de galletas. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Expansión/contracción y extensión de las formulaciones de galletas. ....	30
<b>Tabla 6.</b> Nivel de agrado de las formulaciones de galletas. ....	32
<b>Tabla 7.</b> Análisis proximal galletas elaboradas (T100A0).....	33
<b>Tabla 8.</b> Valor diario recomendado (VDR) para los nutrientes a declararse. ....	34
<b>Tabla 9.</b> Componentes y concentraciones permitidas. ....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> a) nuez de sachá inchi, b) ubicación de la zona de mayor producción de la Amazonía ecuatoriana. ....	12
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de galletas.....	21
<b>Figura 3.</b> Humedad de las formulaciones de galletas. ....	27
<b>Figura 4.</b> Dureza (N) de las formulaciones de galletas.....	31
<b>Figura 5.</b> Etiqueta nutricional para las galletas elaboradas (T100A0).....	35
<b>Figura 6.</b> Semáforo nutricional de las galletas elaboradas (T100A0).....	36
<b>Figura 7.</b> Embalaje de las galletas elaboradas (T100A0). ....	37

# 1. INTRODUCCIÓN

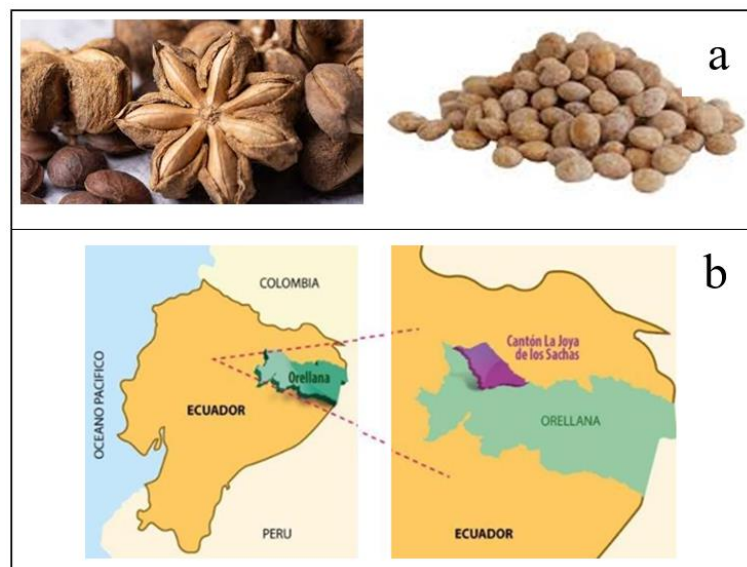
En un mundo en constante cambio, las necesidades y demandas alimentarias evolucionan de la mano de los avances tecnológicos, la conciencia ambiental y la preocupación por la salud. En este contexto, la búsqueda de alternativas saludables y sostenibles para la producción de alimentos se ha vuelto una prioridad global. Una de estas alternativas es el sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), una semilla nativa de la Amazonía peruana que ha despertado interés debido a su alto contenido de ácidos grasos, antioxidantes, proteínas y carbohidratos (Kim & Joo, 2023).

En términos de composición, la semilla destaca por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados como: ácido  $\alpha$ -linolénico (47.7-51.9%), ácido oleico (7.9-8.9 %) y ácido linoleico (34-37 %) y ácidos grasos saturados: palmítico y esteárico en concentraciones de 4.4% y 2.7%, respectivamente. Esta nuez también tiene antioxidantes como vitamina E:  $\alpha$ -tocoferol (50-114 mg/g de aceite) y  $\delta$ -tocoferol (30- 125 mg/g de aceite), fitoesteroles y  $\beta$ -carotenos. Además, presenta 27% de proteínas y 7.72 % de carbohidratos (Torres, Hernández & Gutiérrez, 2023).

Los aislados de proteína proveniente de la semilla tienen capacidad de retención de agua y aceite en cantidades de 2.97 a 3.09 g/g de muestra, respectivamente; se han reportado diferencias en la digestibilidad de proteínas según el origen geográfico de la semilla. Debido a su contenido proteico, el sachá inchi tiene un buen potencial para elaborar aditivos proteicos o sustitutos de proteínas (Torres, Hernández & Gutiérrez, 2023).

Este alimento también conocido como "maní del inca", ha sido valorado durante siglos por las comunidades indígenas de Colombia, Ecuador y Perú debido a que se le atribuyen funciones nutricionales y medicinales (Vanegas & Gutiérrez, 2018). Sin embargo, su uso a nivel industrial ha sido limitado diversos factores sociales y económicos.

La disponibilidad de esta semilla es limitada por la baja estacionalidad de la producción y la demanda creciente. Según Vanegas & Gutiérrez (2018), la producción de sacha inchi se ve influenciada las condiciones climáticas y distribución geográfica. La nuez (figura 1a) se produce en climas tropicales, con temperaturas que oscilan entre los 20°C y 30°C. Se desarrolla mejor en áreas con estación seca y lluviosa bien definida. En Ecuador este alimento se produce en la región amazónica, la planta puede cultivarse a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m, pero se desarrolla mejor en altitudes de 200 y 1000 m.s.n.m. En la amazonia ecuatoriana la zona de principal de producción es la provincia de Francisco de Orellana, en la que destacan cantones como la Joya de los Sachas (figura 1b). Normalmente en estos sectores el sacha inchi es utilizado para la obtención de aceite que se utiliza únicamente para consumo doméstico local (Allo & Quille, 2024).



**Figura 1.** a) nuez de sacha inchi, b) ubicación de la zona de mayor producción de la Amazonía ecuatoriana.

El cultivo del sacha inchi requiere del uso intensivo de recursos naturales como agua y suelo. Esta planta se cultiva en suelos bien drenados y ricos en materia orgánica. Sin embargo, puede adaptarse a los suelos ácidos y pobres en nutrientes; bajo estas condiciones la planta produciría

una menor cantidad de semillas y serían de menor calidad. La planta se adapta bien en áreas con precipitaciones anuales de 1000 a 2000 mm (Kodahl, 2020).

En términos ambientales, la expansión de los cultivos de sacha inchi podría estar asociada con la deforestación y la pérdida de hábitats naturales, lo que afecta la biodiversidad local. Según un informe de la FAO (2020), es importante considerar medidas de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales al promover el cultivo de plantas nativas.

Se proyecta que el mercado de aceites destinados al consumo alimenticio experimentará un crecimiento constante, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) estimada en un 2,10%, según Wood (2017) para el año 2025 se alcanzará aproximadamente los 72.500 millones de dólares. Entre los aceites de origen vegetal más comunes se encuentran el de coco, semilla de algodón, oliva, palma, palmiste, maní, colza, soya y girasol, con una producción total que ascendió a cerca de 204,39 millones de toneladas en 2018 (Zhou et al, 2020). En el 2013 la Unión Europea aprobó el uso de aceite de sacha inchi en productos alimenticios, esto ha incrementado su demanda, que principalmente estaba destinada a fines cosméticos.

Como alimento funcional esta semilla ha sido ampliamente analizada, se le atribuyen beneficios para la salud como la reducción del riesgo de sufrir enfermedades coronarias ya que su consumo mejora la fluidez de las membranas celulares. También se le vincula como preventivo contra la depresión, y además se ha comprobado que regula las terminales nerviosas y los niveles de azúcar en sangre (Rodríguez & Hernández, 2023). Otros estudios también le atribuyen a esta semilla beneficios medicinales como prevención del Alzheimer, mejoría en la visión y aumento de la concentración mental asociado a su alto contenido de omega 3. Se han reportado valores del 49% de omega 3 en semillas cultivadas en la amazonia peruana (Abd et al, 2023).

Esta semilla se utiliza para la elaboración de diversos productos, no obstante, para un gran porcentaje de la población esta semilla es desconocida tanto como materia prima y como productos terminados. En las zonas en la que es procesa industrialmente se utiliza para la elaboración de tostadas tipo snack, aceite comestible, mantequilla, turrón, tamal, ají, torta proteica como base para elaborar otros alimentos, inchicapi, entre otros (Rodríguez et al, 2021). Por otro lado, Ismail & Fauzi (2022) reportan variedades con 54% de aceite y 29% de proteína, lo que convierte al sachá inchi en una materia prima altamente aprovechable.

El costo de los alimentos a base de sachá inchi puede ser más alto en comparación con los ingredientes convencionales utilizados en la industria alimentaria. Según un estudio de Yacila (2020), el procesamiento de sachá inchi conlleva altos costos de recolección de la materia prima, producción y procesamiento. Esto se debe a la distante localización de sus cultivos, la recolección que se realiza de manera manual y las características físicas de las semillas que demandan de máquinas especializadas para extraer el aceite (Villamil, Cortés & Gutiérrez, 2023).

La estabilidad de los productos elaborados con sachá inchi puede ser un desafío debido a su composición única y a la susceptibilidad a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en el aceite. La oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en productos elaborados a base de esta nuez puede afectar la calidad y la vida útil de sus productos derivados (Villamil, Cortés & Gutiérrez, 2023). Chirinos et al. (2016) registraron cambios en la textura al sustituir la harina tradicional por masa pulverizada de sachá inchi debido a su composición de proteínas.

Por otro lado, la aceptabilidad de productos elaborados con sachá inchi puede verse afectada por factores como el sabor y la textura. Se ha observado que algunos consumidores perciben un sabor ligeramente amargo en productos elaborados con esta semilla.

Es importante mencionar que el sachá inchi es un alimento poco común y su consumo puede causar reacciones alérgicas. La proteína responsable de la alergia aún no se ha identificado claramente, pero se ha sugerido que podría estar relacionada con proteínas similares a las de otros frutos secos como el maní. El sachá inchi se considera un fruto seco en términos botánicos, a pesar de que se lo conozca como semilla (Xi & Lei, 2020)

El procesamiento del sachá inchi debe tomarse en cuenta para el cálculo del precio final de los productos elaborados con este ingrediente. La implementación de infraestructura y tecnología adecuadas para la producción de las galletas puede requerir una inversión significativa. De igual manera se deben tomar en cuenta los costos de transporte y almacenamiento ya que al cultivarse en ciertas regiones geográficas, este rubro puede aumentar en comparación con los aceites y harinas comerciales que están más ampliamente disponibles (Chang et al., 2020).

La comercialización de galletas a base de sachá inchi puede verse afectada por la demanda y la aceptación del consumidor. Según Norhazlindah et al. (2023), la demanda de productos derivados de plantas nativas está influenciada por factores como el conocimiento del producto, el precio y la disponibilidad en el mercado; una encuesta realizada en Lima (Perú) indica que el 62% de los encuestados no conocen de la semilla y tampoco la han probado.

Con estos antecedentes, se debe tomar en cuenta que la introducción de galletas de sachá inchi en el mercado ecuatoriano puede verse afectada por la competencia de productos alimenticios tradicionales y bien establecidos (Norhazlindah et al., 2023). Según un informe de mercado de alimentos en Ecuador realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería los consumidores ecuatorianos prefieren productos alimenticios tradicionales y de bajo costo (Allo & Quille, 2024).

El presente estudio se enfoca en la elaboración de galletas utilizando aceite y harina de sachá inchi como sustitutos de los ingredientes tradicionales, como la mantequilla y la harina de trigo,

respectivamente. Este enfoque se basa en la premisa de que la inclusión del sachá inchi en la dieta puede aportar beneficios tanto para la salud como para el ambiente, al promover la diversificación de cultivos y reducir la dependencia de productos importados.

Desde una perspectiva global, esta investigación busca contribuir al desarrollo de alimentos más nutritivos y sostenibles, en línea con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. Asimismo, se espera que los resultados obtenidos puedan servir de base para futuros estudios relacionados con la incorporación del sachá inchi en otros productos alimenticios.

Con estos antecedentes, el objetivo general de esta investigación fue evaluar el uso de torta y aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustitutos de harina de trigo y grasa vegetal en la elaboración de galletas depositadas dulces. Como objetivos específicos se planteó: 1) establecer un perfil de calidad del aceite de sachá inchi para evaluar su idoneidad en aplicaciones alimenticias. 2) evaluar distintos grados de sustitución de harina de trigo y grasa por torta y aceite de sachá inchi sobre las características tecnológicas y aceptabilidad sensorial de galletas, y 3) determinar las propiedades nutricionales de un prototipo comercial de galletas dulces de sachá inchi.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.2 Materia prima**

Se utilizó la semilla de sachá inchi cultivada en la amazonia ecuatoriana, provincia de Francisco de Orellana, cantón La Joya de los Sachas (0.3014° S, 76.8571° W). El Instituto Superior Tecnológico Universitario Oriente, fue el encargado de acopiar y procesar las semillas de sachá inchi, debido a que dispone de una unidad de producción en la que se realiza el procesamiento de aceite adaptado a las características de la semilla. La torta utilizada como sustituto de la harina de trigo, es un residuo del proceso de extracción del aceite. Una vez obtenidos el aceite



y la torta de sachá inchi se trasladaron a la Planta Piloto de la USFQ (Quito), donde se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su uso.

### 2.3 Análisis de calidad del aceite

La calidad del aceite de sachá inchi se determinó mediante los índices de acidez, peróxidos, yodo y refracción, además se determinó el índice de refracción, el punto de fusión, el contenido de agua y la densidad relativa. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como el promedio  $\pm$  desviación estándar.

#### 2.3.1 Índice de acidez (IA)

Se pesaron 10 g de aceite en un Erlenmeyer, se añadieron 50 ml de alcohol etílico y se mezcló vigorosamente. Se añadieron 3 gotas de fenolftaleína y se valoró con NaOH 0.1 N, hasta obtener una coloración rosa pálido estable por 20 segundos. Los resultados se expresaron como IA correspondiente a la masa en mg de NaOH necesaria para neutralizar la acidez libre en 1 gramo de aceite, según la ecuación 1.

$$IA = \frac{V \times N \times PM(\text{NaOH})}{\text{peso de la muestra (g)}} \quad [1]$$

Donde:

V representa el volumen (ml) de NaOH consumido en la titulación,

N la normalidad del NaOH

PM es la masa molar del NaOH en g/mol.

#### 2.3.2 Índice de peróxidos

Se pesaron 5 g de muestra en un Erlenmeyer, se añadieron 30 ml de ácido acético-cloroformo (60 - 40), para evitar que se evapore se cubrió la parte superior del Erlenmeyer con parafilm, se agitó hasta disolver la muestra y se añadió 0.5 ml de solución saturada de KI. Esta solución se agitó durante un minuto y se añadió 25 ml de agua destilada. Se mantuvo en oscuridad por 5 minutos, luego se añadió 0.5 ml de solución indicadora de almidón. Por último, se tituló con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1 N hasta que la solución se tornó incolora. Para los cálculos se utilizó la ecuación 2.

$$\text{Índice peróxido} = \frac{V \times N \times 1000}{\text{peso de la muestra (g)}} \quad [2]$$

Donde:

IP representa al índice de peróxidos en m.e.q. O<sub>2</sub>/Kg

V es el volumen (ml) de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> usado en la titulación

N es la normalidad del Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 2.3.3 Índice de yodo

Se prepararon dos frascos secos y tapados (A: muestra y B: blanco). El peso de la muestra fue de entre 0.12 - 0.24 g. Se cada frasco se colocaron 5 mL de cloroformo medidos con una pipeta seca, para disolver la muestra. Se añadieron 10 mL exactos de la solución de Wijs con una pipeta cubierta con algodón en la parte superior). Se mezcló bien girando la solución y se colocó el tapón; el mismo se humedeció con KI al 10%.

A las soluciones se las dejó en reposo en la oscuridad por 30 minutos, después de este tiempo se añadieron 10 mL de KI al 10 % y 50 mL de agua destilada. Se valoró las muestras con Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1N. Durante la valoración, cada cierto tiempo se insertó el tapón en el frasco y se agitó. Cuando la capa acuosa se tornó amarillo pálido, se añadieron 0.5 ml de3 disolución de almidón al 10%, luego se continuó con la valoración, el punto final fue cuando la solución se tornó transparente. Los resultados se calcularon mediante la ecuación 3.

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(B-A) \times N \times 0.127}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad [3]$$

Donde:

A es el volumen en ml para la muestra

B es el volumen en ml para el blanco

N es la normalidad del Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

0.127 son los miliequivalentes del yodo

### 2.3.4 Índice de refracción

El índice de refracción se determinó por medio de un refractómetro de mesa marca Fisher Scientific modelo 334620. El aceite se añadió en el prisma de medición y se bloqueó en el refractómetro, luego se abrió la placa protectora y se cerró el espejo reflector, se modificó la rueda de ajuste girándola hacia la derecha o la izquierda, se verificó por medio del ocular que la muestra esté ubicada correctamente. El resultado se leyó en la ventana inferior cuando la línea entre la luz y la oscuridad en la ventana superior deben estar alineadas.

### **2.3.5 Punto de fusión**

El punto de fusión se determinó con el uso de tubos capilares con aceite de sacha inchi adaptados a un termómetro (con escala de -20 a 100°C). Los capilares se congelaron en nitrógeno líquido y se llevaron a temperatura ambiente. Se registró la temperatura cuando el aceite cambió a estado líquido.

### **2.3.6 Contenido de agua**

Se realizó el análisis de contenido de agua por el método de Karl Fischer utilizando un titulador volumétrico KF Metter Toledo. Se introdujo la muestra en mezclas de KF-HF y  $\text{KHF}_2$ . El principio del método consiste en hacer reaccionar el agua del aceite con el reactivo KF, en el momento que se agota el agua se produce una corriente eléctrica en la solución siendo la señal para que se interrumpa adición de reactivo KF. El volumen de KF es proporcional al contenido de agua en la muestra.

### **2.3.7 Densidad relativa**

La densidad relativa se calculó por medio de un picnómetro limpio, seco y calibrado. Se determinó el peso del picnómetro, el peso de este con agua a 25 °C y el picnómetro con el aceite a 20 °C. Se eliminó el exceso de aceite y se registraron los tres pesos. A continuación, el peso del picnómetro vacío se restó del peso del picnómetro lleno con aceite y agua.

La gravedad específica del aceite se obtuvo dividiendo la densidad del aceite y la del agua. La gravedad de la muestra se determinó utilizando ecuación 4.

$$\text{Densidad relativa (\%)} = \frac{\text{densidad del aceite } \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}}\right)}{\text{densidad del agua } \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}}\right)} \quad [4]$$

## 2.4 Sustitución de harina de trigo y grasa vegetal por torta y aceite de sachá inchi en la elaboración de galleta

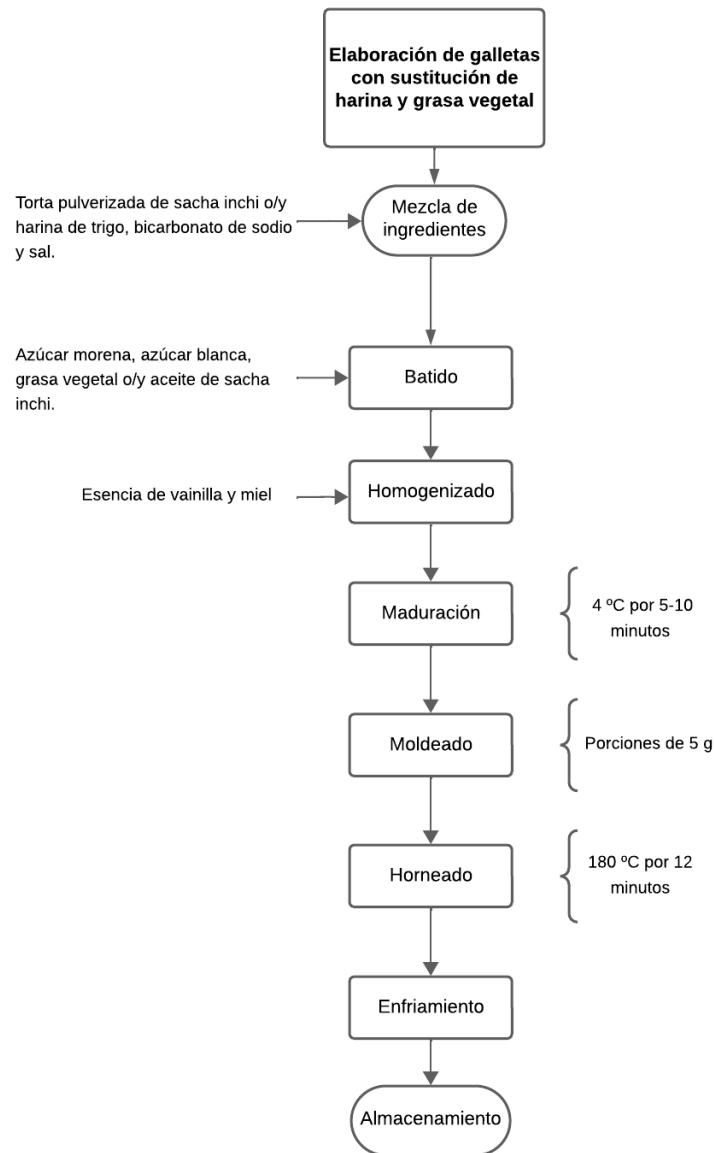
### 2.4.1 Proceso de elaboración de galletas

Las galletas se elaboraron basándose en métodos descritos por Castro & Silva (2016). En la Tabla 1 se presentan las cantidades de cada ingrediente usadas para la elaboración de las galletas. El porcentaje de harina, grasa vegetal, torta o aceite sachá inchi, varió según el grado de sustitución, según el diseño experimental planteado.

*Tabla 1. Formulación de galletas dulces.*

Ingredientes	%
Harina de trigo	100
Grasa vegetal	66.67
Azúcar morena	55.56
Huevo	27.78
Miel	2.33
Esencia de vainilla	1
Bicarbonato de sodio	1.39
Huevo	27.78
Azúcar blanca	27.78
Sal	1.39

Para la elaboración de las galletas dulces se mezclaron los ingredientes secos: harina de trigo o/y torta pulverizada de sachá inchi, bicarbonato de sodio y sal, la mezcla se reservó a temperatura ambiente. Por otro lado, se batieron por 2 minutos: azúcar morena, azúcar blanca, grasa vegetal o/y aceite de sachá inchi. Se añadió esencia de vainilla y miel, la mezcla se batió por otros 2 minutos. Esta mezcla se unió a los ingredientes secos y se homogenizó hasta conseguir una masa homogénea que se refrigeró a 4 °C por 5-10 minutos. La masa se dividió en porciones de 5 g, que se depositaron en una bandeja previamente engrasada. Las galletas se hornearon a 180 °C por 12 minutos aproximadamente. Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su análisis. El proceso de elaboración de las galletas se describe en la figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de flujo de la elaboración de galletas.

### 2.4.2 Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial  $3^2$ . En este tipo de diseño se estudian todos los niveles posibles de cada factor y todas las combinaciones de niveles de los factores, lo que permite analizar no solo los efectos individuales de cada factor, sino también las interacciones entre los factores.

Los factores fueron: harina y grasa vegetal, los mismos fueron sustituidos por torta de sachá inchi (T) y su aceite (A). Los niveles fueron: 0%, 50% y 100% (Tabla 2). Siendo dos factores, tres niveles y tres repeticiones, se obtuvo un total de 27 unidades experimentales aleatorizadas.

Los niveles de sustitución de harina y grasa vegetal se plantearon tomando como base trabajos en los que se utilizan sachá inchi y lúcumá en porcentajes entre 7 y 25% para elaborar galletas (Tolentino & Chavez, 2018).

**Tabla 2.** *Sustitución de harina y grasa vegetal por torta (T) y aceite (A) de sachá inchi.*

<b>Sustitución de harina por torta (%)</b>	<b>Sustitución de grasa vegetal por aceite (%)</b>	<b>Codificación del tratamiento</b>
	0	T0A1
0	50	T0A50
	100	T0A100
	0	T50A0
50	50	T50A50
	100	T50A100
	0	T100A0
100	50	T100A50
	100	T100A100

El diseño factorial y la aleatorización se realizó en el software estadístico Minitab 19. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Tukey, con una significancia de 0.05.

## **2.5 Calidad y aceptabilidad sensorial de galletas dulces**

Se determinó el efecto de la sustitución de harina y grasa por torta y aceite de sachá inchi sobre características de calidad de galletas como: humedad, color, porcentaje de expansión/contracción y excentricidad, dureza. De las nueve formulaciones desarrolladas se seleccionaron cuatro con las mejores características de calidad y entre estas se evaluó la aceptabilidad sensorial.

### **2.5.1 Análisis de humedad**

Se colocaron aproximadamente 3 g de muestra en un plato de aluminio previamente tarado. Se colocó la muestra en la estufa a 105 °C por 5 horas. El porcentaje de humedad se determinó por diferencia de peso según la ecuación 5.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{muestra inicial} - \text{muestra final}}{\text{muestra inicial}} * 100 \quad [5]$$

### 2.5.2 Color

Se determinó usando un colorímetro Konica Minolta CR-400. Los parámetros medidos en la escala de color fueron: L (luminosidad: blanco a oscuro), a (rojo a verde) y b (amarillo a azul), Cr (cromaticidad) y H (tonalidad) (Pritsch et al. 2017).

### 2.5.3 Porcentaje de extensión y de expansión/contracción.

Se midieron los diámetros mayor y menor de las galletas antes y después del horneado, utilizando un calibrador pie de rey medido en mm. Con estos valores se calculó el índice de excentricidad e índice de expansión expresados como porcentaje, según se muestra en las ecuaciones 6 y 7, respectivamente.

$$\text{Excentricidad (\%)} = \frac{\text{Diámetro final} - \text{diámetro inicial}}{\text{diámetro inicial}} \times 100 \quad [6]$$

$$\text{Expansión/contracción (\%)} = \frac{\text{Espesor final} - \text{espesor inicial}}{\text{espesor inicial}} \times 100 \quad [7]$$

### 2.5.4 Dureza

Se utilizó un texturómetro TX-700-UK02/2023, Lamy Rheology, junto con el software Rheo Tex. Se realizó un análisis de compresión para conocer el valor de la fuerza con condiciones para la velocidad de compresión: 1 mm/s, fuerza de inicial: 1 N, distancia: 3 mm, posición de espera: 4 mm, velocidad de subida: 2.5mm/s y probe: TX-CY2H355. Los resultados se expresaron en N (Newtons).

## 2.6 Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial afectiva entre las 11h30 y 13h30. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (siendo 1 = me gusta mucho y 5 = me disgusta mucho) con 70 jueces no entrenados con edades entre 18 y 45 años. Las formulaciones para analizar se codificaron con un conjunto de números de tres cifras. Las muestras se presentaron a los jueces de manera monádica y aleatorizada. Los resultados recopilados evaluaron atributos de: color, olor, dureza

en la boca, sabor y aceptabilidad global. Los resultados se analizaron por medio de un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA). El consentimiento informado y el cuestionario utilizados se encuentran en los anexos A y B, respectivamente.

## **2.7 Análisis proximal**

El análisis proximal se realizó con la formulación con mayor aceptabilidad, según los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990): para humedad AOAC 964.22, para ceniza AOAC 923.03, para proteína AOAC 955.39, para grasa 920.39C y los carbohidratos totales se determinaron por diferencia.

### **2.7.1 Contenido de sodio**

El contenido de sodio se cuantificó por volumetría, según lo descrito por Avila-Hernandez et al. (2018). Se pesaron 10 gramos de muestra y se añadieron 15 ml de agua destilada a 50-55°C, se llevó a 100 ml en un balón aforado. Se tomaron 50 ml y se agregó 1 ml de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. La titulación se realizó con AgNO<sub>3</sub> 0,1M hasta tener una coloración marrón-rojiza. Se utilizó agua destilada como blanco. El porcentaje de sodio en la muestra se calculó según la ecuación 8.

$$\text{Na (\%)} = \frac{(\text{VAgNO}_3 - \text{Vblanco}) \times \text{N}(\text{AgNO}_3) \times \text{pmeq Na}}{\text{muestra (gramos)}} \times 100 \quad [8]$$

Donde:

VAgNO<sub>3</sub> es el volumen consumido en la titulación

Vblanco es el volumen en ml para el blanco

N es la normalidad del AgNO<sub>3</sub>

0.023 son los miliequivalentes del sodio

## **2.8 Etiqueta nutricional y propuesta de empaque**

Para la elaboración del embalaje se tomó en cuenta la información nutricional, es decir el contenido de macronutrientes y micronutrientes para un tamaño de porción igual de 30 gramos. Además, se calculó el valor diario recomendado (VDR) considerando una dieta de 2000 Kcal/día y conforme a la legislación nacional vigente se diseñó el semáforo nutricional.

Para el diseño del empaque se propuso un embalaje primario y un embalaje secundario con la información pertinente al producto según la normativa actual.



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Parámetros de calidad del aceite de la semilla sachá inchi

Los resultados de los análisis de calidad del aceite de sachá inchi se muestran en la tabla 3. El índice de acidez (IA) indica la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el aceite, un valor de 2.29 mg/g sugiere que el aceite tiene una acidez relativamente baja. Un IA bajo indica una buena calidad y frescura del aceite, este valor se incrementa durante un almacenamiento prolongado debido a que los triglicéridos se descomponen (Damodaran et al., 2017). Por otro lado, el índice de peróxidos indica el nivel de oxidación del aceite, el mismo es causado por la exposición al aire, luz o alta temperatura, un resultado de 9.30 mEq/kg sugiere que el aceite está relativamente fresco y no ha experimentado una oxidación significativa.

**Tabla 3.** Parámetros de calidad del aceite sachá inchi (*Plukenetia volubilis*).

Parámetros	Contenido
Índice de acidez (mg/g)	2.29±0.18
Índice de peróxidos (mEq/kg)	9.30±1.15
Índice de yodo (%)	65.39±0.51
Índice de refracción	1.48±0
Punto de fusión (°C)	-6.67 ± 0.57
Contenido de agua (%)	0.07±0.01
Densidad relativa (g/ml)	0.93±0.00

El índice de yodo es un indicador de la presencia de ácidos grasos insaturados. El aceite de sachá inchi presenta un índice de yodo de 65.39 %, lo que indica una alta capacidad para absorber yodo es decir que el aceite posee un alto contenido de ácidos grasos insaturados (Moreda-Martino et al, 2014). Si bien un alto contenido de ácidos grasos insaturados y especialmente si estos son omegas 3, 6 y 9, dan al aceite una característica de alimento funcional, también lo hacen susceptible a sufrir reacciones de oxidación.

El índice de refracción indica la velocidad a la que la luz se mueve a través del aceite; este valor es importante para determinar la pureza y la composición del aceite. El aceite de sachá inchi presenta un valor de 1.48, que es similar a los índices de refracción de aceites como el de

maní y aceite de oliva virgen que presentan valores de 1.462 y 1.467, respectivamente. Es importante tomar en cuenta que el índice de refracción depende de la temperatura, presión atmosférica y composición química del aceite (Wiege et al., 2020; Badui, 2006).

El punto de fusión del aceite de sacha inchi de  $-6.67^{\circ}\text{C}$  sugiere que este presenta una consistencia líquida incluso a temperatura ambiente y a temperaturas relativamente bajas, lo cual es típico de los aceites vegetales. Este parámetro es importante porque está relacionado con la estabilidad del aceite durante el procesamiento y el almacenamiento, además de influir en la consistencia, textura y apariencia del producto final en el que se utilice (Badui, 2006).

La estabilidad y calidad de un aceite está influenciado directamente por la presencia de agua. Su determinación es un análisis básico de calidad que indica la posibilidad de formar sedimentos y acelerar reacciones de degradación que pueden hacer aparecer sabores rancios y reducción de la vida útil del producto (Damoradan et al., 2017). El aceite analizado presentó un contenido de agua de 0.07%, si bien es bajo, supera los valores máximos permitidos para aceites de girasol y soya que es de 0,05% (NTE INEN 064 y 33, respectivamente) y es más resistente a la degradación y de buena calidad.

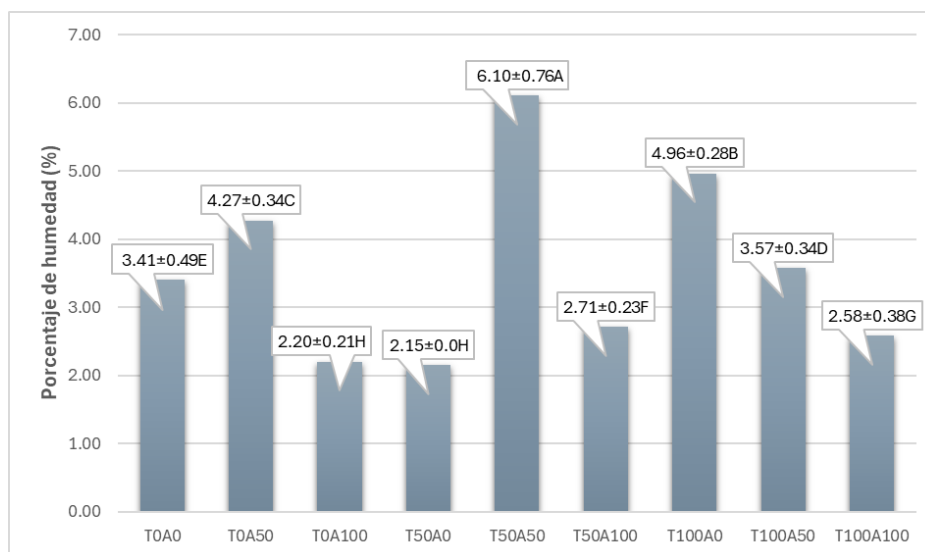
Otro parámetro que está relacionado con la pureza de un aceite es la densidad. El aceite de sacha inchi presentó una densidad relativa de 0.93 g/ml, esto sugiere que el aceite es menos denso que el agua, lo cual es típico de los aceites vegetales (Hidalgo et al, 2019).

Los índices de calidad evaluados en el aceite de sacha inchi indican que es una materia prima de buena calidad. Este análisis permite evaluar su calidad y autenticidad por lo que sería interesante utilizar estos parámetros para continuar con el estudio de calidad del aceite de sacha inchi producido en la zona de Joya de los Sachas y compararlo con aceite de otras zonas de producción, o evaluar su estabilidad durante el almacenamiento o al ser utilizado en procesos de fritura.

## 3.2 Sustitución de harina de trigo y grasa vegetal por torta y aceite de sacha inchi en la elaboración de galleta

### 3.2.1 Humedad

La humedad de productos como galletas influye en su textura y vida útil, según la norma INEN 2 085 la humedad máxima debe ser 10%. La humedad de las galletas con aceite y torta de sacha inchi varió entre 2.15 y 6.10 %. Como se puede ver en la Figura 3 el tratamiento con mayor contenido de agua fue el T50A50 y se encontró diferencia significativa entre todos los tratamientos excepto en T0A100 y T50A0. La diferencia de humedad entre las formulaciones puede asociarse con diferencias en el producto, ya que presentarán diferencias en sus características organolépticas y en el perfil de textura, y probablemente habrá un efecto directo en la aceptabilidad del consumidor.



**Figura 3.** Humedad de las formulaciones de galletas.

Los datos representan el promedio y la desviación estándar ( $n=6$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Se debe tomar en cuenta que el contenido de humedad de la masa influye en la procesabilidad de un producto ya que afecta a la facilidad de mezcla, moldeo y horneado. En el proceso de elaboración de galletas de sacha inchi se observaron diferencias en estas características según el porcentaje de sustitución de harina y de grasa vegetal. Las formulaciones en las que se logró

un mejor manejo de la masa fueron aquellas con un menor porcentaje de sustitución de aceite de sachá inchi. Este comportamiento estaría relacionado con la capacidad emulsificante tanto de la torta como del aceite de sachá inchi.

### 3.2.2 Color

Se encontró diferencia significativa en todos los parámetros de color analizados, todas las formulaciones se mantienen en un rango de color amarillo claro. Como se observa en la Tabla 4, a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de la harina por torta de sachá inchi, la C\* baja, en tanto que la tonalidad del color (Hue), la luminosidad y b\* se mantienen prácticamente estables, además se observan ligeros incrementos del valor de a\*. Los tratamientos con mayor luminosidad, es decir galletas con mayor brillo, son los de 50% de torta, en tanto que las formulaciones con 100% de sustitución de torta tienden a un color más rojizo. Al comparar las formulaciones con igual porcentaje de sustitución de torta no se encontró diferencia significativa (H100A50 y H100A100); la formulación con H100A0 presenta los mayores valores de L\*, b\* y C\*. En la tabla 5 se puede observar la apariencia de las galletas elaboradas con torta y aceite de sachá inchi.

**Tabla 4.** Parámetros de color de las formulaciones de galletas.

	L*	a*	b*	C*	h
T0A0	57.92 ± 1.09 <sup>C</sup>	1.91 ± 0.06 <sup>AB</sup>	28.93 ± 0.25 <sup>ABC</sup>	29.0 ± 0.25 <sup>AB</sup>	86.23 ± 0.14 <sup>A</sup>
T0A50	65.86 ± 0.65 <sup>A</sup>	1.52 ± 0.76 <sup>B</sup>	31.67 ± 1.83 <sup>AB</sup>	31.72 ± 1.86 <sup>A</sup>	87.29 ± 1.19 <sup>AB</sup>
T0A100	61.21 ± 1.44 <sup>BC</sup>	1.58 ± 0.15 <sup>B</sup>	29.30 ± 0.54 <sup>ABC</sup>	29.35 ± 0.55 <sup>AB</sup>	86.92 ± 0.24 <sup>AB</sup>
T0A0	59.41 ± 1.53 <sup>BC</sup>	2.96 ± 0.36 <sup>AB</sup>	30.47 ± 0.16 <sup>ABC</sup>	30.58 ± 0.21 <sup>AB</sup>	84.44 ± 0.69 <sup>ABC</sup>
T0A50	58.60 ± 2.06 <sup>BC</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>B</sup>	23.52 ± 0.77 <sup>D</sup>	23.53 ± 0.77 <sup>C</sup>	88.05 ± 0.02 <sup>A</sup>
T0A100	56.76 ± 3.47 <sup>C</sup>	4.04 ± 2.02 <sup>A</sup>	31.19 ± 2.10 <sup>AB</sup>	31.50 ± 2.33 <sup>A</sup>	80.46 ± 0.83 <sup>C</sup>
T0A0	63.08 ± 1.55 <sup>AB</sup>	3.03 ± 0.24 <sup>AB</sup>	28.49 ± 0.23 <sup>BC</sup>	28.65 ± 0.25 <sup>AB</sup>	83.94 ± 0.45 <sup>BC</sup>
T0A50	60.08 ± 0.55 <sup>BC</sup>	2.12 ± 0.57 <sup>AB</sup>	27.83 ± 0.63 <sup>C</sup>	27.92 ± 0.67 <sup>B</sup>	85.67 ± 1.06 <sup>ABC</sup>
T0A100	60.64 ± 1.05 <sup>BC</sup>	1.99 ± 0.39 <sup>AB</sup>	27.79 ± 0.60 <sup>C</sup>	27.86 ± 0.63 <sup>B</sup>	85.92 ± 0.72 <sup>ABC</sup>

Los datos representan el promedio y la desviación estándar (n=6). Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).








































Los cambios que se presentan en los parámetros de color analizados están relacionados con la forma en la que la presencia de la torta y el aceite de sachá inchi podrían influir en procesos como la gelatinización del almidón, formación de compuestos coloreados relacionados con productos de pardeamiento y reacción de Maillard (Barragán-Martínez, et al., 2022).

### **3.2.3 Análisis de parámetros de expansión/contracción y extensión y de masa.**

En la Tabla 5 se puede observar que las todas las formulaciones de galleta se contrajeron y ninguna muestra se expandió. Las formulaciones que presentaron un menor índice de contracción fueron aquellas sin sustitución de torta sachá inchi. Los resultados indican que a medida que se aumenta el contenido de torta el porcentaje de contracción disminuye. Este comportamiento físico se debe a que la torta tendría una alta capacidad de retención de agua lo que da como resultado una masa más densa y resistente a la deformación. La harina de trigo contiene gluten y este proporciona elasticidad a la masa lo que hace que su forma tienda a dispersarse. Las formulaciones T50A50 y T50A100 no mostraron diferencia significativa entre sí, al igual que las formulaciones T100A0 y T100A50; esto demuestra que la expansión o contracción de las galletas está determinado por la torta o harina y no por el aceite (Kim, Iida & Joo, 2023).

Con respecto a la excentricidad, estos valores fueron proporcionales a los resultados de contracción; es decir las formulaciones que más se contrajeron, también son las que tienen mayor porcentaje de excentricidad.

**Tabla 5.** Expansión/contracción y extensión de las formulaciones de galletas.

Cruda		Horneada	Cruda		Horneada
<b>T0A0</b>			<b>T0A50</b>		
	Contracción (%):	$-63.31 \pm 1.35^F$		Contracción (%):	$-65.51 \pm 1.41^G$
					
	Excentricidad (%):	$63.31 \pm 0.66^A$		Excentricidad (%):	$62.26 \pm 1.96^A$
					
<b>T0A100</b>			<b>T50A0</b>		
	Contracción (%):	$-56.22 \pm 2.17^E$		Contracción (%):	$-24.61 \pm 1.70^C$
					
	Excentricidad (%):	$53.25 \pm 2.18^B$		Excentricidad (%):	$24.42 \pm 1.11^E$
					
<b>T50A50</b>			<b>T50A100</b>		
	Contracción (%):	$-39.75 \pm 1.95^D$		Contracción (%):	$-39.65 \pm 1.70^D$
					
	Excentricidad (%):	$39.36 \pm 1.11^E$		Excentricidad (%):	$41.85 \pm 1.11^E$
					
<b>T100A0</b>			<b>T100A50</b>		
	Contracción (%):	$-4.69 \pm 1.95^B$		Contracción (%):	$-4.21 \pm 1.41^B$
					
	Excentricidad (%):	$4.69 \pm 1.11^E$		Excentricidad (%):	$4.21 \pm 1.11^E$
					
<b>T100A0</b>					
	Contracción (%):	$-1.15 \pm 2.44^A$			
					
	Excentricidad (%):	$1.15 \pm 1.11^E$			
					

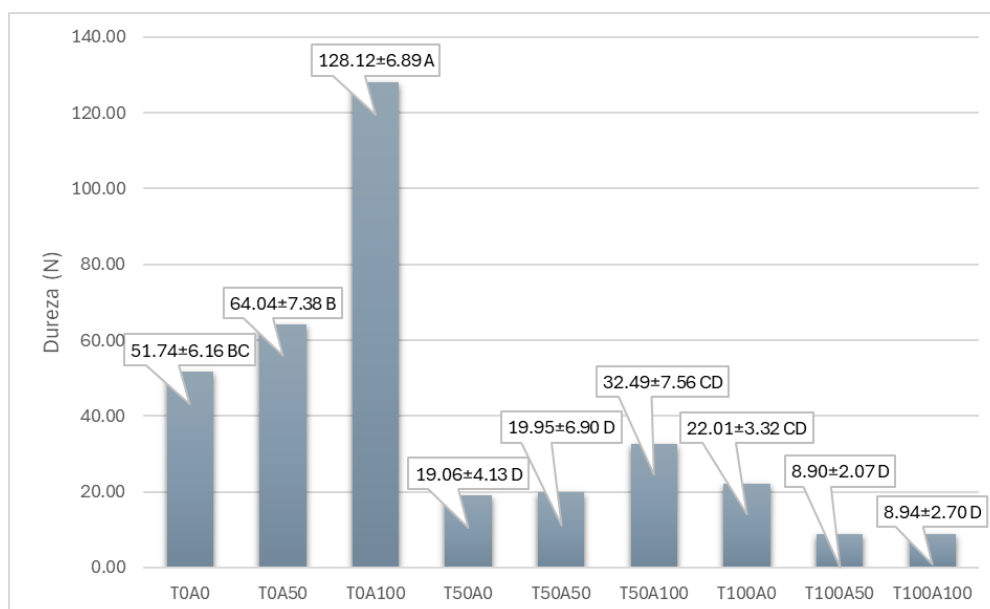
Valores porcentuales negativos representan contracción de masa, positivos representan expansión de masa. Los datos representan el promedio y la desviación estándar (n=6). Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Los índices de expansión/contracción y el porcentaje de excentricidad son importantes porque proporcionan información sobre cómo puede cambiar el tamaño y forma de las galletas durante el horneado, los cambios encontrados en las formulaciones de galletas con torta y aceite de sachá inchi permiten entender cómo estas materias primas afectan a la matriz alimentaria haciendo que las galletas sean más o menos gruesas, más o menos anchas respecto a la muestra

que no contiene torta y aceite, ya que estas diferencias estarán directamente relacionadas con la aceptabilidad del consumidor.

### 3.2.4 Dureza

En la figura 4, se presentan los resultados de dureza de las galletas analizados mediante el TPA (Textural Profile Analysis). Las formulaciones con harina de trigo y sin sustitución de torta sachá inchi presentaron mayor dureza; este factor también se ve afectado por el porcentaje de aceite sachá inchi ya que a medida que aumenta su sustitución, también aumentó su dureza. Las galletas con sustitución al 50% y 100 % de torta (T50A0, T50A50, T50A100, T100A0, T100A50 y T100A100) tuvieron los valores de dureza más bajos.



**Figura 4.** Dureza (N) de las formulaciones de galletas.

Los datos representan el promedio y la desviación estándar ( $n=6$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Según los resultados obtenidos en el análisis de la humedad, dureza y coeficientes de expansión/contracción y extensión, se seleccionaron cuatro formulaciones: T0A0, T50A50, T100A0 y T100A100. Estas fueron evaluadas sensorialmente para conocer la aceptabilidad del consumidor. En la formulación con mayor aceptación se analizó sus características nutricionales mediante el análisis proximal.

### 3.3 Evaluación sensorial

Por medio de un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) se realizó la evaluación sensorial afectiva, escala hedónica, con el fin de evaluar la aceptabilidad de los productos. Las muestras se presentaron de manera monádica y aleatorizadas. Los atributos evaluados fueron de: color, olor, dureza en la boca, sabor y aceptabilidad global, los resultados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Nivel de agrado de las formulaciones de galletas.

Atributos	Formulaciones de galletas			
	T0A0	T50A50	T100A0	T100A100
Color	3.49 ± 0.96 <sup>A</sup>	3.5 ± 0.90 <sup>A</sup>	3.44 ± 0.99 <sup>A</sup>	3.22 ± 0.84 <sup>A</sup>
Olor	3.61 ± 0.91 <sup>A</sup>	3.14 ± 0.86 <sup>B</sup>	3.67 ± 0.88 <sup>A</sup>	3.08 ± 0.81 <sup>B</sup>
Dureza	3.15 ± 1.22 <sup>B</sup>	3.58 ± 0.92 <sup>A</sup>	3.8 ± 1.08 <sup>A</sup>	2.94 ± 1.10 <sup>B</sup>
Sabor	3.85 ± 1.01 <sup>A</sup>	3.58 ± 0.88 <sup>A</sup>	3.87 ± 0.98 <sup>A</sup>	3.14 ± 1.05 <sup>B</sup>
Global	3.58 ± 0.96 <sup>A</sup>	3.51 ± 0.81 <sup>A</sup>	3.81 ± 0.86 <sup>A</sup>	3.03 ± 1.08 <sup>B</sup>

*Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).*

Las formulaciones de T50A50 obtuvieron la mayor calificación con respecto al color; es importante destacar que esta formulación obtuvo los valores más bajos en los parámetros de color en la medida instrumental (con valores de  $L^*=58.60$ ,  $a^*=0.80$ ,  $b^*=23.52$  y  $C^*=23.53$ ), con respecto a la tonalidad esta formulación obtuvo el mayor valor (Hue=88.05).

En términos de olor y sabor la formulación T100A0 fue la mejor calificada, con una media de olor de  $3.67 \pm 0.88^A$ , dureza de  $3.8 \pm 1.08^A$  y sabor de  $3.87 \pm 0.98^A$ , valores que ubican al producto en la categoría de “no me gusta ni me disgusta” a “me gusta”. La formulación de T100A100 obtuvo la menor calificación, mientras que la formulación T100A0 fue la mejor calificada. Algunos de los comentarios de los jueces incluyeron observaciones en la dureza de las galletas, y la presencia de regusto luego de la deglución.



La mayor aceptabilidad global en base al criterio de los jueces fue para las galletas T100A0, con una media de  $3,81 \pm 0.86^A$  (“no me gusta ni me disgusta” a “me gusta), lo que significa que es posible la sustitución de harina de trigo por torta de sachá inchi para la obtención de un producto con buena aceptabilidad por el consumidor. Existen muchos factores que afectan en la selección de alimentos por parte de los consumidores como los ingresos económicos, el nivel cultural, religión y conocimientos sobre salud y alimentación. Algunos estudios sugieren que el principal atributo por el que se selecciona un alimento es la palatabilidad por lo que se sugiere optimizar procesos de elaboración de productos para generar una alta palatabilidad (Din et al., 2024, Manalu et al., 2024).

Según el análisis de resultados globales del análisis sensorial y medición de dureza de las galletas, se seleccionó la formulación con sustitución al 100% de torta de sachá inchi y sustitución al 0% de aceite de sachá inchi (T100A0) para el análisis proximal y diseño del producto.

### 3.4 Análisis Proximal

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos en g/100g de galleta con sustitución (100 % torta de sachá inchi y 0 % aceite sachá inchi). El reemplazo total de harina de trigo por torta de sachá inchi produjo una galleta con humedad de 4.96% y proteína del 19.49%, cumpliendo con los requisitos bromatológicos según la norma INEN 2085 que exige un máximo de 10% de humedad y un mínimo de 3% de proteína. Tomando en cuenta que la galleta es elaborada únicamente con torta de sachá inchi se puede destacar su alto contenido proteico y de grasa comparado al contenido de estos nutrientes en galletas elaboradas con 50% torta de sachá inchi y 50% harina de trigo, según reportan Allo & Quille (2024).

**Tabla 7.** Análisis proximal galletas elaboradas (T100A0).

Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Grasa total (%)	C.H. Totales (%)
$4.96 \pm 0.28$	$2.31 \pm 0.05$	$19.49 \pm 0.31$	$31.24 \pm 0.70$	41.84

*Los datos representan el promedio y la desviación estándar (n=3).*

Actualmente existe la necesidad del consumo de alimentos saludables y funcionales, más allá de los requerimientos nutricionales básicos. La torta de sachá inchi es un subproducto de la extracción de aceite que, como se mencionó anteriormente, es utilizado como alimento animal. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de la torta para la elaboración de galletas permite obtener un producto con mejores características nutricionales que una galleta de harina de trigo que presenta valores promedio de 8% de proteína, 12 % de grasa y 70% de carbohidratos (Oguntoyinbo et al., 2021). Debido a las características composicionales de las proteínas y grasa del sachá inchi resultaría interesante continuar los estudios respecto al aporte nutricional con relación al contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, así como vitaminas y antioxidantes que aporta la torta de sachá inchi que hace una opción saludable para consumidores de productos libres de gluten.

### 3.5 Diseño del producto

Conforme a lo obtenido en el análisis proximal se elaboró la etiqueta nutricional para un tamaño de porción de 30 gramos. Para el cálculo del aporte calórico se consideraron 9 y 4 Kcal/g que aportan los lípidos, y proteínas y carbohidratos, respectivamente. Con respecto al Valor Diario Recomendado (VDR) se calculó el porcentaje que aporta el producto para una dieta de 2000 Kcal/día, los valores diarios recomendados se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.** Valor diario recomendado (VDR) para los nutrientes a declararse.

<b>Nutrientes a declararse</b>	<b>Unidad</b>	<b>Niños mayores de 4 años y adultos</b>
Grasa total	g	65
Sodio	mg	2400
Carbohidratos totales	g	300
Proteína	g	50

En la figura 5 se presenta el diseño de la etiqueta nutricional. Tanto el diseño de la etiqueta como los parámetros presentados están sujetos a la Norma NTE INEN 1334-2:2011 sobre el rotulado de productos alimenticios para el consumo humano. Rotulado nutricional, requisitos.

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>		
Tamaño de la Porción: 6 galletas (30g)		
Porciones por empaque: 6		
<b>CALORÍAS: 154 kcal</b>		<b>CALORÍAS DEGRASA: 81 kcal</b>
<b>% Valores Diarios*</b>		
Grasa Total	9g	12%
Sodio	54 mg	2%
Carbohidratos	12,55 g	4%
Proteínas	5,89 g	12%
<small>El Porcentaje de Valores Diarios está basado en una dieta de 2000 calorías. Los valores diarios varían dependiendo de las necesidades calóricas de cada persona.</small>		
<small>ENVASADO POR PESO, NO POR VOLUMEN. SIN COLORES ARTIFICIALES.</small>		


*Figura 5. Etiqueta nutricional para las galletas elaboradas (T100A0).*

El semáforo nutricional en base a lo establecido por el Ministerio de Salud Pública a través de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), basado en el Reglamento Sanitario Sustitutivo de Etiquetado de Alimentos Procesados para el Consumo Humano (Acuerdo No. 00005103) (figura 5), establecen rangos dependiendo de la concentración en el alimento.

En la tabla 9 se muestran las concentraciones que corresponden para cada rango (baja concentración, media concentración y alta concentración), bajo los cuales se calcularon las cantidades para grasa total, azúcares y sal (sodio), los resultados se presentan en la figura 6.

**Tabla 9.** Componentes y concentraciones permitidas.

Componentes	Concentración “BAJA”	Concentración “MEDIA”	Concentración “ALTA”
Grasas totales	Menor o igual a 3 g en 100 gramos.	Entre 3 - 20 g en 100 gramos.	Igual o mayor a 20 g en 100 gramos.
Azúcares	Menor o igual a 5 g en 100 gramos.	Entre 5 - 15 g en 100 gramos.	Igual o mayor a 15 g en 100 gramos.
Sal (sodio)	Menor o igual a 120 mg de sodio en 100 gramos.	Entre 120 - 600 mg de sodio en 100 gramos.	Igual o mayor a 600 mg de sodio en 100 gramos.

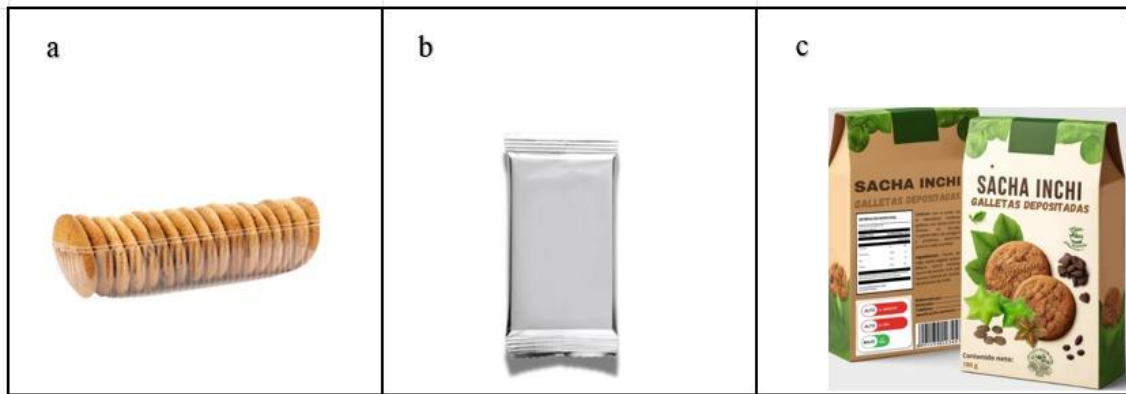
Carbohidratos totales (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Sodio Total (mg/100g)	
41.84	31.24 ± 0.70	115.67 ± 1.99	
“ALTO”	“ALTO”	“BAJO”	

**Figura 6.** Semáforo nutricional de las galletas elaboradas (T100A0).

Por las características de las galletas, considerando su baja dureza se presenta el diseño de un portagalletas de 12 unidades, de tereftalato de polietileno, para generar una protección primaria del alimento (Figura 7a). Se consideraron las medidas de las galletas con un espesor aproximado de 1.5 cm y un diámetro de 5 cm. El portagalletas se coloca dentro de un embalaje hecho de polipropileno (Figura 7b) para proteger al producto de daños físicos o posible contaminación.

El embalaje secundario es de cartón (Figura 7c), en el que se encuentra la información del producto: fecha de elaboración, de caducidad, lote, nombre de la empresa, nombre del producto, ingredientes, condiciones de almacenamiento, contenido neto, tabla nutricional, semáforo nutricional, código de barras (si aplica), código de registro sanitario y dirección de la

empresa que elaboró el producto. También en la parte frontal pueden ir los ingredientes más relevantes.



**Figura 7.** Embalaje de las galletas elaboradas (T100A0).

*El diseño fue elaborado en la plataforma PlayGround y editado en Adobe Photoshop 2024 por el Autor.*

## 4. CONCLUSIONES

El aceite presenta estándares de calidad de acuerdo con los límites de aceptabilidad establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana 2688, esto significa que su consumo es seguro, convirtiéndolo en una materia prima de interés para el desarrollo de nuevos productos además de generar la necesidad de complementar estudios sobre su estabilidad en el almacenamiento y potencial uso industrial para fritura, de forma que se pueda promover su producción y consumo. Por otro lado, la sustitución de harina de trigo y grasa vegetal por torta y aceite de sachá inchi en la formulación de galletas dulces produce cambios en la humedad y afecta ligeramente a los parámetros de color, es probable que la interacción entre la torta y aceite de sachá de inchi aumente la capacidad de retención de agua en la masa y afecte a las reacciones producidas durante el horneado, responsables de la diferencia de color entre las formulaciones. El reemplazo parcial de harina de trigo por torta produce cambios en la contracción y expansión de las galletas por la presencia de cantidades de gluten en la harina de trigo, lo que le otorga a elasticidad a la masa para expandirse. En contraste, no es posible el reemplazo total de la grasa vegetal en la formulación de galletas por el aceite de sachá inchi, ya que se produce un aumento considerable de la dureza del producto, en tanto que reemplazo de total de la harina de trigo por torta de sachá inchi genera un producto con buena aceptación de los consumidores. Si bien el producto desarrollado tuvo una aceptación categorizada entre “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta”, es necesario realizar estudios que permitan mejorar la aceptabilidad de los consumidores tomando en cuenta que la dureza es una de las principales características consideradas por los consumidores. No obstante, las galletas constituyen una alternativa nutricional llamativa respecto al contenido de proteína y grasa, con un aporte calórico equivalente a productos similares que se encuentran en el mercado, por lo que es recomienda su consumo moderado debido a ser un producto alto en azúcar, alto en grasa y bajo en sal.

## REFERENCIAS

- Abd Rahman, I. Z., Nor Hisam, N. S., Aminuddin, A., Hamid, A. A., Kumar, J., & Ugusman, A. (2023). Evaluating the Potential of *Plukenetia volubilis* Linneo (Sacha Inchi) in Alleviating Cardiovascular Disease Risk Factors: A Mini Review. *Pharmaceuticals*, 16(11), 1588.
- Allo Guevara, D. P., & Quille Milan, M. L. (2024). Aprovechamiento de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la extracción de aceite y obtención de harina a partir de la torta residual (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agroindustrial).
- Aylas, A. D. T., Pingus, M. R., & Alva, D. M. G. (2015). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en las propiedades reológicas de la masa de pan dulce. *Ciencia & Desarrollo*, (20), 16-21.
- Barragán-Martínez, L. P., Román-Guerrero, A., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2022). Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29, 100563.
- Cárdenas Sierra, D. M., Gómez Rave, L. J., & Soto, J. A. (2021). Biological Activity of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) and Potential Uses in Human Health: A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 59(3), 253–266. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.03.21.6683>.
- Chang, M., Y. Xu, X. Li, F. Shi, R. Liu, Q. Jin, and X. Wang. 2020. Effects of stigmasterol on the thermal stability of soybean oil during heating. *European Food*

Research and Technology 246 (9):1755–1763. doi: 10.1007/s00217-020-03528-6.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-020-03528-6>.

Cheseto, X., Baleba, S. B., Tanga, C. M., Kelemu, S., & Torto, B. (2020). Chemistry and sensory characterization of a bakery product prepared with oils from African edible insects. *Foods*, 9(6), 800.

Chirinos, R., Necochea, O., Pedreschi, R., & Campos, D. (2016). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) shell: an alternative source of phenolic compounds and antioxidants. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(4), 986–993. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13049>.

Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food chemistry*, 141(3), 1732-1739. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>.

Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). *Fennema Química de los alimentos* (5ta. ed.). Barcelona: Acribia.

Gutiérrez, L. F., Quiñones-Segura, Y., Sanchez-Reinoso, Z., Díaz, D. L., & Abril, J. I. (2017). Physicochemical properties of oils extracted from  $\gamma$ -irradiated Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Food chemistry*, 237, 581-587.

Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., & Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites* (Sevilla), 62(1), 76–83. <https://doi.org/10.3989/gya044510>.

Hadzich, A., Gross, G. A., Leimbach, M., Ispas, A., Bund, A., & Flores, S. (2020). Characterization of *Plukenetia volubilis* L. fatty acid-based alkyd resins. *Polymer Testing*, 82, 106296. <http://www.elsevier.com/locate/polytest>.



- Hidalgo, R., Eduardo, L., Valdiviezo Rogel, C. J., & Bonilla Bermeo, S. M. (2019). Characterization of Sacha Inchi seed oil (*Plukenetia volubilis*) from "Canton San Vicente, Manabí, Ecuador", obtained by non-thermal extrusion processes. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 30(2), 77-87.
- Hidalgo, R., Eduardo, L., Valdiviezo Rogel, C. J., & Bonilla Bermeo, S. M. (2019). Characterization of Sacha Inchi seed oil (*Plukenetia volubilis*) from "Canton San Vicente, Manabí, Ecuador", obtained by non-thermal extrusion processes. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 30(2), 77-87. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962019000200077&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962019000200077&script=sci_abstract&tlng=en).
- Ismail, M. N., Ismail, N. I., & Fauzi, B. (2022). Antioxidant Activities of Malaysian *Plukenetia volubilis*. Multidisciplinary Applied Research and Innovation, 3(2), 18-24.
- J. Mercado, C. Elías, G. Pascual, Obtención de un aislado proteico de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales. An Cient 76, 160–167 (2015).
- Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Prieto, M., & Simal-Gandara, J. (2020). Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. Foods, 9(8), 1014. <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1014>
- Kim, D., Iida, F., & Joo, N. (2023). Nutritional composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) according to cooking method and its application as an elder-friendly drink. International Journal of Food Science & Technology, 58(2), 841–850. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16249>.

- Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta*, 251(4), 80-. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03377-3>.
- Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta*, 251(4), 80-. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03377-3>.
- Lu, W. C., Chiu, C. S., Chan, Y. J., Mulio, A. T., & Li, P. H. (2023). New perspectives on different Sacha inchi seed oil extractions and its applications in the food and cosmetic industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2276882>.
- Lu, W. C., Chiu, C. S., Chan, Y. J., Mulio, A. T., & Li, P. H. (2023). New perspectives on different Sacha inchi seed oil extractions and its applications in the food and cosmetic industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2276882>.
- Mancera-Rodriguez, L., A. P. Munoz-Ramirez, J. H. Lopez-Vargas, and J. Simal-Gandara. 2022. Development, characterization and stability of a white cachama pate-type product (*Piaractus brachypomus*). *Food Chemistry* 375:131660. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131660. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621026662>.
- Maya, I., Winardi, D. O., Amalia, E., Mita, S. R., Kusumawulan, C. K., Putriana, N. A., & Sriwidodo, S. (2023). Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Profile, and In Vitro Antioxidant Activity Evaluation of Sacha Inchi Seed Oil from Indonesia. *Cosmetics*, 10(6), 171. <https://www.mdpi.com/2079-9284/10/6/171>.
- Medina-Mendoza, M., R. J. Rodriguez-Perez, E. Rojas-Ocampo, L. Torrejon-Valqui, A. B. Fernandez-Jeri, G. Idrogo-Vasquez, I. S. Cayo-Colca, and E. M. Castro-

- Alayo. 2021. Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon* 7 (2):e06154. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06154.
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo, I., & Castro-Alayo, E. M. (2021). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, 7(2). [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(21\)00259-0.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(21)00259-0.pdf).
- Moreda-Martino, W., Pérez-Camino, M. D. C., Guinda-Marín, Á., Del-Aguila, C., Yácono-Llanos, J. C., Gómez-Coca, R., & Chasquibol-Silva, N. (2014). Characterization of Glyceridic and Unsaponifiable Compounds of Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana* L.) Oils. In *Native Crops in Latin America* (pp. 185-208). CRC Press.
- Mosquera, J., O. F. M. Viteri, J. Arcia, and S. N. S. Llaguno. 2022. Study of vegetable oils of Sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*), sesamum indicum and peanuts (*Arachis hypogaea*) and their influence on making vegetable sausages type “frankfurt” considering bromatological and organoleptic characteristics. *Journal of Pharmaceutical Negative Results* 13 (3):623–627.
- Norhazlindah, et al. (2023). Techniques for extraction, characterization, and application of oil from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed: a review. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 17(1), 904–915. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01663-0>.
- NTE INEN 2085:2005. Galletas. Requisitos. 1era edición. Primera revisión 2005-05.
- Oguntoyinbo, O. O., Olumurewa, J. A. V., & Omoba, S. O. (2021). Physico-chemical and sensory properties of cookies produced from composite flours of wheat and banana peel flours. *Journal of Food Stability*, 4(3), 1-21. DOI: 0.36400/J.Food.Stab.4.3.2021-0055

- Penagos-Calvete, D., Duque, V., Marimon, C., Parra, D. M., Restrepo-Arango, S. K., Scherf-Clavel, O., Holzgrabe, U., Montoya, G., & Salamanca, C. (2019). Glycerolipid composition and advanced physicochemical considerations of sacha inchi oil toward cosmetic products formulation. *Cosmetics*, 6(4), 70.
- GASTON, P. (2020). *Tratado de Química Física*, A.F.A, Segunda Época. Primera Edición, 2000. [https://www.academia.edu/33269726/FISICO\\_QUIMICA\\_CAMASI](https://www.academia.edu/33269726/FISICO_QUIMICA_CAMASI).
- Prasert, W., Pantoa, T., Chitisankul, W. T., & Pengpinij, W. (2022). Effects of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil and extrusion process conditions on physicochemical properties of fortified omega-3 fibrous high moisture meat analogs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12). doi/abs/10.1111/jfpp.17227
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>
- Rodríguez, J. N., Rodríguez, M. M., Ne Fatty Acid Profile, and In Vitro Antioxidant Activity Evaluation of Sacha Inchi Seed Oil from Indonesia, P. P., Garcia, C. A., Rodríguez, J. C., & Verjel, M. G. (2021). Análisis financiero de la cadena productiva de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L) en el departamento Norte de Santander, Colombia. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, 7(14), 1727-1740.
- Rodríguez-Cortina, A., & Hernández-Carrión, M. (2023). Microcapsules of Sacha Inchi seed oil (*Plukenetia volubilis* L.) obtained by spray drying as a potential ingredient to formulate functional foods. *Food Research International*, 170, 113014.
- Salih, A. W., Najim, S. M., & Al-Noor, J. M. (2021). Some physical, chemical and sensory properties of fish oil extracted from fish wastes by physical and chemical

- methods. *Biological and applied environmental research*, 5(1), 152-162.  
<https://doi.org/10.51304/baer.2021.5.1.152>.
- Šimat, V., Vlahović, J., Soldo, B., Mekinić, I. G., Čagalj, M., Hamed, I., & Skroza, D. (2020). Production and characterization of crude oils from seafood processing by-products. *Food bioscience*, 33, 100484.
- Torres, E., Hernández-, B., & Gutiérrez, L. (2023). Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. *Food Reviews International*, 39(1), 148–159.  
<https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>.
- Vanegas-Azuero, A.-M., & Gutiérrez, L.-F. (2018). Physicochemical and sensory properties of yogurts containing sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and  $\beta$ -glucans from *Ganoderma lucidum*. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1020–1033.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13235>.
- Vicente, J., de Carvalho, M. G., & Garcia-Rojas, E. E. (2015). Fatty acids profile of Sachu Inchi oil and blends by <sup>1</sup>H NMR and GC–FID. *Food Chemistry*, 181, 215-221.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.092>.
- Villamil, R., Cortés, L., & Gutiérrez, L. (2023). Physicochemical and sensory properties of Sachu Inchi oil-functionalised stirred yogurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(7), 3681–3692. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16470>.
- Wiege, B., Fehling, E., Matthäus, B., & Schmidt, M. (2020). Changes in physical and chemical properties of thermally and oxidatively degraded sunflower oil and palm fat. *Foods*, 9(9), 1273.
- Wongpattananukul, S., U. Nungarlee, A. Ruangprach, S. Sulong, P. Sanporkha, S. Adisakwattana, and S. Ngamukote. 2022. Effect of inca peanut oil on omega-3

polyunsaturated fatty acids, physicochemical, texture and sensory properties in chicken sausage. *Lwt* 163:113559.

Wood, L. 2017. Global cooking oils & fats market analysis & trends 2017-2025: Recent technological developments & growth opportunities/investment opportunities - research and markets. <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-cooking-oils-fats-market-analysis-trends-2017-2025-recent-technological-developments-growth-opportunitiesinvestment-opportunities-research-and-markets-300465604.html>.

Xi, W., and Y. Lei. 2020. Apricot. In *Nutritional composition and antioxidant properties of fruits and vegetables*, 613–629.

Yacila, L. (2020). *Elaboración de una galleta integral con adición parcial de harina de Camote (Ipomoea batatas L.) y aceite de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis)* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

Zhou, Y., W. Zhao, Y. Lai, B. Zhang, and D. Zhang. 2020. Edible plant oil: Global status, health issues, and perspectives. *Frontiers in Plant Science* 11:1315. doi: 10.3389/fpls.2020.01315. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.01315/full>.

## Anexos

### ANEXO A: ACUERDO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### Acuerdo de consentimiento para la participación en la evaluación sensorial

Fecha: \_\_\_\_\_

Yo \_\_\_\_\_ con número de cédula de identidad (C.I): \_\_\_\_\_ acepto de forma voluntaria mi participación en la evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina y aceite vegetal por: harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y su aceite, con el conocimiento que algunos de los ingredientes que consumiré pueden ser asociados con problemas de salud, tales como: azúcar, gluten y grasa. Por lo tanto, confirmo no tener ninguna restricción personal o médica (sensibilidad al gluten, diabetes y problemas cardiovasculares) relacionados con los elementos mencionados. De igual manera se recomienda evitar realizar la prueba a las personas alérgicas al huevo y maní.

---

Firma

## ANEXO B: ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

**Ficha de escala hedónica para la prueba de evaluación sensorial de galletas con sustitución de harina de trigo y aceite vegetal por: torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y su aceite.**

Nombre:

Fecha:

Edad:

Sexo: M ( ) F ( )

Por favor, pruebe las muestras y marque con (X) su nivel de agrado, anote su respuesta según el código de cada muestra. Después de cada muestra espere 15 segundos y beba un sorbo de agua.

Característica	Puntaje	Alternativa	Formulación			
			741	379	946	487
Color	1	Me disgusta mucho				
	2	Me disgusta				
	3	No me gusta ni me disgusta				
	4	Me gusta				
	5	Me gusta mucho				
Olor	1	Me disgusta mucho				
	2	Me disgusta				
	3	No me gusta ni me disgusta				
	4	Me gusta				
	5	Me gusta mucho				
Dureza (en la boca)	1	Me disgusta mucho				
	2	Me disgusta				
	3	No me gusta ni me disgusta				
	4	Me gusta				
	5	Me gusta mucho				
Sabor	1	Me disgusta mucho				
	2	Me disgusta				
	3	No me gusta ni me disgusta				
	4	Me gusta				
	5	Me gusta mucho				
Aceptabilidad global	1	Me disgusta mucho				
	2	Me disgusta				
	3	No me gusta ni me disgusta				
	4	Me gusta				
	5	Me gusta mucho				

Observaciones:

---



---



---