

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de
sacha inchi sobre características de calidad y contenido de proteína de pan de
molde

INGE-2257

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros en Alimentos

Presentado por:

Victor Fernando Morales Avilés

Raquel Natalia Ramos Rodríguez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

A Dios por brindarme su amor incondicional.

A mi padre, cuyo esfuerzo y cariño se ha convertido en mi fuente de inspiración.

A mi madre por ser una mujer valiente que ha enfrentado cada adversidad a mi lado.

A mis hermanos por su apoyo constante y siempre estar a mi lado.

A Raquel, mi compañera, le dedico mi especial agradecimiento por su amor y apoyo inquebrantable.

A mi familia y amigos por creer en mi a lo largo de todas las etapas de mi vida.

A Millo, mi fiel compañero canino que con su llegada ha iluminado mi vida.

Victor Fernando Morales Aviles

Dedicatoria

A Dios por guiarme, bendecirme y haberme permitido culminar mi carrera profesional.

A mis padres Antuco y Lorena; mis hermanas Lorena, Rebeca, Viancca y Antonella por brindarme los cimientos necesarios para convertirme en la persona que soy. Por su amor incondicional y apoyo a lo largo de mi vida y formación académica.

A mi abuelita Pepita y mi ñaña Ellin por su amor absoluto y siempre dedicar una oración para mí.

A mi ñaña Ketty que desde el cielo me inspira y ayuda a seguir adelante.

A Victor por siempre estar a mi lado y brindarme su amor y apoyo desde el inicio de mi carrera.

Raquel Natalia Ramos Rodríguez

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestra tutora de tesis, MSc. Verónica Guadalupe Moncayo y profesora de materia integradora, Ph.D. Tania Guzmán, por su preciada guía en este proyecto. A nuestros profesores por su valiosa orientación en nuestra formación profesional.

A nuestros familiares y amigos que nos apoyaron en todo momento y de manera indirecta, fueron parte fundamental en la concreción de este proyecto.

Victor & Raquel

Declaración Expresa

Nosotros Victor Fernando Morales Aviles y Raquel Natalia Ramos Rodríguez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 4 de febrero del 2024.



Victor Fernando Morales

Aviles

0943453191



Raquel Natalia Ramos

Rodríguez

0954869194

Evaluadores

Ph.D. Tania María Guzmán Armenteros

MSc. Verónica Rafaela Guadalupe Moyano

Resumen

La extracción de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) genera un valioso subproducto denominado torta desgrasada, rica en proteínas y comúnmente desaprovechada por el ser humano. El propósito del proyecto radica en evaluar el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de sachá inchi, aprovechando la torta como materia prima para la elaboración de pan de molde. Se evaluaron panes con tres sustituciones: 100/0, 95/5, y 90/10. Los análisis bromatológicos y físicos revelaron diferencias significativas en la actividad de agua y contenido proteico, destacando el pan con sustitución 90/10 por su elevada concentración proteica. Se registraron variaciones en el volumen específico, siendo más bajo el pan con mayor sustitución. El desarrollo alveolar no manifestó diferencias significativas, mientras que el color tendió a tonalidades más marrones con el aumento de sachá inchi. La textura del pan se vio adversamente afectada por la harina de sachá inchi, limitando su vida útil a tres días. Aunque se observaron disparidades en color y apariencia, no se identificaron diferencias significativas en aroma, sabor y textura, resultando aceptable para los consumidores. En conclusión, la sustitución incide positivamente en la concentración proteica y tiene aceptabilidad sensorial, mientras que, por otro lado, se reduce la vida útil debido a las propiedades texturales.

Palabras Clave: Torta Desgrasada de sachá inchi, Harina de Trigo, Concentración Proteica, Sustitución Parcial, Pan de Molde.

Abstract

The extraction of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil generates a valuable by-product called defatted cake, rich in proteins and commonly wasted by humans. The purpose of the project is to evaluate the impact of the partial replacement of wheat flour with sacha inchi flour, taking advantage of the cake as a raw material to produce sliced bread. Breads were evaluated with three substitutions: 100/0, 95/5, and 90/10. Bromatological and physical analyzes revealed significant differences in water activity and protein content, highlighting the bread with 90/10 substitution for its high protein concentration. Variations were recorded in the specific volume, with the bread with greater substitution being lower. Alveolar development did not show significant differences, while color tended towards more brown tones with increasing sacha inchi. The texture of the bread was adversely affected by the sacha inchi flour, limiting its shelf life to three days. Although disparities were observed in color and appearance, no significant differences were identified in aroma, flavor and texture, making it acceptable to consumers. In conclusion, the substitution positively affects the protein concentration and has sensory acceptability, while, on the other hand, the shelf life is reduced due to the textural properties.

Keywords: Defatted Sacha Inchi Cake, Wheat Flour, Protein Flour, Partial Substitution, Sliced Bread.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	IX
ÍNDICE DE PLANOS	X
Capítulo 1	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3. Justificación del problema.....	4
1.4 Objetivos	4
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	4
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	4
1.5 Marco teórico	5
<i>1.5.1 Sacha inchi</i>	5
<i>1.5.2 Lípidos y aceite de sachá inchi</i>	6
<i>1.5.3 Torta de sachá inchi</i>	6
<i>1.5.4 Harina de sachá inchi</i>	7
<i>1.5.5 Harina de trigo</i>	7
<i>1.5.6 Antinutrientes</i>	7
<i>1.5.6.2 Saponinas</i>	9
<i>1.5.7 Proteína</i>	9
<i>1.5.8 Pan de molde</i>	9
<i>1.5.9 Levadura</i>	10
<i>1.5.10 Agua potable</i>	10

1.5.11 Azúcar.....	11
1.5.12 Sal.....	11
1.5.13 Margarina	11
Capítulo 2	13
2.1 Metodología.....	14
2.1.2 Materia prima e ingredientes	14
2.1.3 Diseño experimental.....	14
2.1.4 Elaboración de la harina (tratamiento térmico).....	15
2.1.5 Elaboración del pan	16
2.1.6 Propiedades físicas	16
2.1.6.1 Volumen específico.....	16
2.1.6.2 Color.....	17
2.1.6.3 Desarrollo alveolar	17
2.1.7 Análisis bromatológicos	17
2.1.8 Vida útil	18
2.1.9 Evaluación sensorial	18
2.1.10 Análisis estadístico	19
Capítulo 3	20
3. Resultados y análisis	21
3.1 Características bromatológicas del pan de molde	21
3.2 Calidad del pan de molde	22
3.3 Vida útil del pan de molde	24
3.4 Aceptabilidad del pan de molde	26
3.5 Diseño de planta	28
3.6 Costos	29
Capítulo 4	31
4.1 Conclusiones y recomendaciones.....	32

4.1.1 Conclusiones	32
4.1.2 Recomendaciones	32
Referencias	34
Apéndices	41
Apéndice A: Métodos para la elaboración del pan	42
Apéndice B: Material para la prueba sensorial	43
Apéndice C: Desglose de rubros	44

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, a Acuicultura y Pesca
FAO	Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
TPA	Texture Profile Analysis
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
Aw	Actividad de Agua
HSI	Harina de Sacha Inchi
HT	Harina de Trigo
HR	Humedad Relativa

Simbología

kg	Kilogramo
cm	Centímetro
mm	Milímetro
ml	Mililitro
g	Gramo
°C	Grado Celsius
%	Porcentaje
N	Newton
mJ	MiliJoule
min	Minuto
μm	Micras
m	Metro
m ²	Metro Cuadrado

Índice de figuras

Figura 3.1. Panes de molde con sustitución parcial de harina de sachu inchi.	23
Figura 3.2. Curvas de vida útil del pan de molde.....	26
Figura 3.3. Diagrama radial de la evaluación sensorial de pan de molde con sustitución parcial de harina de sachu inchi.	28

Índice de tablas

Tabla 1. Formulación del pan de molde.	15
Tabla 2. Análisis bromatológicos del pan de molde con sustitución de sachá inchi.	22
Tabla 3. Características físicas del pan de molde con sustitución de sachá inchi.	24
Tabla 4. Resultados del panel sensorial de pan de molde con sustitución parcial de harina de sachá inchi.	27

Índice de planos

PLANO 1 Layout para la construcción de una planta procesadora de pan de molde.

Capítulo 1

1.1 Introducción

El pan es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, siendo un componente fundamental en la dieta diaria de muchas culturas y es considerado una fuente importante de energía, ya que 100 gramos de pan proporcionan aproximadamente 244 a 285 kilo calorías (Gutiérrez, 2014).

Sin embargo, hoy en día, en un mundo en constante búsqueda de opciones de alimentos más nutritivos y saludables, ha obligado a que la industria alimentaria afronte múltiples desafíos en la innovación y optimización de recursos (León, 2015). Uno de los retos más apremiantes en las industrias es la reducción de desperdicios provenientes de procesos de producción, ya que afectan tanto al medio ambiente y a la economía de las industrias (León, 2015).

Uno de los escenarios en los que se presenta esta problemática es en la extracción de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), una semilla originaria de la Amazonía peruana, donde se encuentra la mayor producción de sacha inchi (Flores & Lock, 2012). En Ecuador, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, a Acuacultura y Pesca (MAGAP) (2014), los cultivos de sacha inchi han incrementado principalmente en la provincia de Morona Santiago, donde hay un punto de recolección en el cual se pueden procesar hasta 400 quintales diarios. También, la sacha inchi es cultivada en provincias de El Oro, Esmeraldas, Manabí y Pichincha, teniendo un total de 813 hectáreas de cultivo en el país (Burbano & Noriega. 2015).

La sacha inchi es valorada por sus ácidos grasos poliinsaturados, omega-3 y omega-6 y su alto nivel de proteínas, siendo su aceite utilizado en la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia (Flores & Lock, 2012). No obstante, esta obtención de aceite genera un subproducto conocido como “torta desgrasada”, que al igual que su materia prima, tiene un gran contenido proteico (Ríos, 2019), con un porcentaje de 50.18% aproximadamente (Sánchez *et al.*, 2020). Esta torta generalmente es utilizada para alimentación animal (Sánchez *et al.*, 2020), siendo un subproducto muy valioso por sus propiedades y nivel nutricional. Asimismo, la harina derivada

de la torta se puede reconocer como una fuente rica en fibra, proteína, ácidos grasos, vitaminas, etc. (Vásquez, Hincapié, Cardona, Jaramillo, & Vélez, 2017).

1.2 Descripción del problema

Según el diario El Comercio (2022), en Ecuador al año aproximadamente 939 ton de alimentos son desperdiciados y tan solo en las ciudades de Guayaquil y Quito esta cifra asciende a 655 toneladas. Esto sucede debido a alimentos perecederos, como frutas, verduras, pan, entre otros; lo que resulta en consecuencias perjudiciales como el incremento de precios, la degradación del medio ambiente, la pobreza, desnutrición, entre otras (FAO, 2012).

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura (FAO) (2012), indica que a pesar de que a nivel global la producción de alimentos es suficiente para las necesidades de toda la población, cada año 1300 millones de toneladas de alimentos son desperdiciadas. Esa pérdida sucede ya que no existen estrategias preventivas durante la cadena de suministro, desde la producción en el campo hasta que llega a los consumidores; además de que los recursos renovables y no renovables en el proceso de producción no son aprovechados debidamente (FAO, 2012).

El proyecto tiene como objetivo aprovechar la gran cantidad de subproducto que surge durante el proceso de extracción de aceite de sachá inchi; debido a que, dependiendo del método de prensado utilizado se puede generar más del 50% de torta desgrasada; así como en el prensado en frío, se genera el 68% de subproducto (Mora, Romero, Landines, Ordoñez, & Valdez, 2020). Por lo cual se calcula que se obtienen alrededor de 0.75kg de torta desgrasada por kilogramo de semilla cruda pelada (García & Gallego, 2022).

Además, según Burbano y Noriega (2015), en el 2014, Ecuador exportó a 15 países un promedio de 76.43 toneladas de aceite (Burbano & Noriega, 2015), lo que quiere decir que se produjo un total de 162.4 toneladas de torta en ese año; esto indica una gran cantidad de subproducto desaprovechado por el ser humano.

1.3. Justificación del problema

Esta investigación busca aprovechar las cualidades nutricionales de la semilla de sachá inchi elaborando un pan de molde con sustitución parcial de harina de sachá inchi (HSI) obtenida de la torta, subproducto de la extracción de aceite.

La propuesta del proyecto busca cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2 (Hambre Cero), 3 (Salud y Bienestar) y 12 (Producción y Consumo Responsables).

Al utilizar la torta desgrasada de sachá inchi para la producción de harina y pan, se reduciría significativamente el desperdicio, promoviendo de esta manera prácticas sostenibles en la producción de alimentos, de acuerdo con el ODS 12. De la misma manera, al incorporar harina de sachá inchi, una excelente fuente de proteínas y grasas saludables, se buscará mejorar la calidad nutricional del producto, motivando a los consumidores a adoptar dietas más nutritivas y saludables que a la vez tengan un menor impacto ambiental, reduciendo las consecuencias perjudiciales del desperdicio de alimentos, tales como la pobreza y desnutrición en la población, como lo indica el ODS 2 y 3.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de sachá inchi sobre la aceptabilidad, contenido proteico y perfil de textura del pan de molde, para validar el aprovechamiento de la torta de sachá inchi como materia prima.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un pan de molde a partir de la torta de sachá inchi, subproducto de la extracción de aceite.
2. Analizar las propiedades fisicoquímicas y contenido de proteínas del pan de molde con sustitución de harina de sachá inchi.

3. Evaluar el tiempo de vida útil del pan de molde con sustitución de harina de sachá inchi considerando las propiedades de textura como índice de frescura.
4. Evaluar las características organolépticas y aceptabilidad del pan de molde con sustitución de harina de sachá inchi por medio de pruebas sensoriales.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Sachá inchi

La planta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), perteneciente a la familia de las Euphorbiaceae, se distribuye desde América Central hasta Sudamérica (Osorio, Ramírez, Llanos, & Acosta, 2017). Desde tiempos remotos hasta el presente, los nativos de la población indígena han cultivado esta planta en la Amazonía peruana (Hidalgo, Eduardo, Valdiviezo & Bonilla, 2019).

El fruto de la planta sachá inchi presenta una forma estrellada con dimensiones aproximadas de 3 a 5 cm. A medida que el fruto madura, experimenta un cambio de coloración, pasando de verde a marrón. En el interior de dicho fruto se encuentra la semilla de sachá inchi, la cual posee una forma ovalada y color marrón, con dimensiones que se encuentran entre 1.5 y 2 cm (Wang, Zhu & Kakuda, 2018).

Con respecto a su valor nutricional la semilla de sachá inchi presenta un elevado contenido de grasas (41 – 54%) y proteínas (25-27%) (Rodríguez, Avellaneda, Pardo, Villanueva & Aguirre, 2018). La planta se desarrolla en altitudes que van desde los 200 hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar, en climas que son cálidos con temperaturas aproximadas entre los 10 a 37 °C. También se adaptan a suelos húmedos y requieren de precipitaciones de 850 a 1000 mm. Las semillas sembradas bajo condiciones óptimas germinan en un período de 2 semanas; posteriormente, la planta florece a los 6 meses y desarrolla cápsulas de frutos a los 8 meses (García & Gallego, 2022).

1.5.2 *Lípidos y aceite de sachá inchi*

La extracción de aceite de las semillas de sachá inchi comúnmente se lleva a cabo mediante dos métodos principales que son el prensado en frío y la expulsión por tornillo. Aunque el método de expulsión por tornillo generalmente produce un mayor rendimiento de extracción, los aceites obtenidos mediante el prensado en frío se caracterizan por su mayor calidad. Esto se debe a la preservación de compuestos termolábiles, como los tocoferoles, durante el proceso de prensado en frío (Torres, Hernández & Gutiérrez, 2023). El aceite de sachá inchi tiene un alto contenido de ácidos grasos polinsaturados (85%) que son conocidos como omega-3 y omega-6 (Rodríguez, Avellaneda, Pardo, Villanueva & Aguirre, 2018). Existen otras semillas con contenido de aceite similar, como son la de canola (38-44%), maní (44-56%), chía (27-35%), soya (16,5-17,5%) y nueces de macadamia (63-72%) (Wang, Zhu & Kakuda, 2018).

1.5.3 *Torta de sachá inchi*

La torta de sachá inchi surge como un subproducto resultante del procedimiento de obtención de aceite de su materia prima. Presenta un alto contenido proteico, que varía entre el 30% y el 59% en base seca en ambos casos (Taípe, Fernández, Villanueva & Gómez, 2022). Después de la extracción, la torta de sachá inchi puede retener entre un 5% y un 25% de lípidos, siendo la cantidad específica dependiente del método de extracción utilizado. Además, contiene un porcentaje de carbohidratos que oscila entre el 4,97% y el 26,80% (Torres, Hernández & Gutiérrez, 2023)

A pesar de su elevado valor nutricional, el uso de la torta de sachá inchi sigue siendo limitado, principalmente debido a la presencia de antinutrientes, como taninos y saponinas, que le confieren un sabor amargo y astringente característico (Taípe, Fernández, Villanueva & Gómez, 2022).

1.5.4 Harina de sacha inchi

La harina de sacha inchi es un producto derivado de la torta residual resultante de la extracción de aceite de la semilla de sacha inchi. Su proceso de elaboración consta de seis etapas: remojo, cocción, filtrado, secado, molido y tamizado. El producto resultante es un polvo fino de color beige, un aroma y sabor representativo de la semilla (Erazo & Figueroa, 2021). En cuanto a su composición química, presenta un elevado contenido de proteína, alcanzando el 64.13%. Además, contiene un 4.19% de grasas, un 4.14% de fibra y un 16.43% de carbohidratos (Osorio, Ramírez, Llanos, & Acosta, 2017).

1.5.5 Harina de trigo

La harina de trigo (HT) es un producto obtenido a través de la molienda o trituración de granos de trigo de la especie (*Triticum aestivum L*) o trigo ramificado (*Triticum compactum Host*), o combinación de ambos. Durante este proceso, se separa parte del salvado y del germen, y lo que queda se muele hasta alcanzar una textura fina adecuada (CODEX-STAN 152, 2021).

La harina de trigo contiene componentes que facilitan la formación de masa, siendo fundamentales la proteína y el gluten. Al mezclarla con agua, se genera una masa consistente. Durante el proceso de amasado, interactúan dos proteínas cruciales: la glutenina y la gliadina, que combinadas forman el gluten. Este componente confiere a la masa características distintivas como elasticidad y retención de gases, elementos esenciales para la calidad y textura final de productos horneados (Montoya, Giraldo & Lucas, 2012).

1.5.6 Antinutrientes

Los antinutrientes están presentes en varios alimentos y se asocian principalmente con compuestos o sustancias, ya sean de origen sintético o natural, que interfieren en la absorción de nutrientes reduciendo la digestión y aprovechamiento de estos, lo que puede ocasionar efectos adversos (Popova & Mihaylova, 2019). Estos compuestos se encuentran en la mayoría de los alimentos, especialmente en semillas, cereales, legumbres, hojas, plantas y oleaginosas (Popova

& Mihaylova, 2019), y en su mayoría poseen propiedades venenosas, actuando como mecanismo de defensa para evitar su consumo. Es importante destacar, dado que estos antinutrientes se encuentran en proporciones bajas, generalmente no causan daño a la salud del consumidor (Jithender, Upendar & Rathod, 2019).

Los factores antinutricionales se dividen en categorías según su composición química y su naturaleza (Jithender, Upendar & Rathod, 2019), englobando componentes como taninos, fitatos, fitoestrógenos, oxalatos, saponinas, lectinas, entre otros (Petroski & Minich, 2020). Según estudios se ha observado que en muchas semillas oleaginosas se encuentran compuestos con propiedades anti nutricionales, como inhibidores de tripsina, aflatoxinas, compuestos fenólicos, ácido oxálico, ácido clorogénico, inhibidores de proteasa, saponinas, lectinas, alérgenos y ácido fítico (Petroski & Minich, 2020). Los antinutrientes presentes en las semillas de sacha inchi incluyen saponinas, taninos, fitatos, así como alcaloides, glicósidos cianogénicos e inhibidores de tripsina (Saldaña, 2018).

1.5.6.1 Taninos

Los taninos forman una amplia categoría de compuestos polifenólicos con un elevado peso molecular (500-3000 Dalton). Están presentes en alimentos vegetales que se consumen habitualmente y son los responsables de ese característico sabor astringente a muchos de estos alimentos (Petroski & Minich, 2020). Por otra parte, los taninos se dividen en dos grupos: Taninos condensados y taninos hidrolizables (Petroski & Minich, 2020). El impacto de los taninos se debe a su habilidad para formar conexiones con las proteínas, lo que disminuye su digestibilidad y resulta en un aumento de los niveles de nitrógeno en las heces. También presentan algunos compuestos que inhiben las enzimas digestivas como las proteasas y amilasas (Saldaña, 2018).

1.5.6.2 Saponinas

Son compuestos glucósidos triterpénicos o esteroides, pueden ser utilizadas como alimento, pero en otros casos presentan toxicidad. Las saponinas con un sabor amargo resultan ser tóxicas en concentraciones elevadas y pueden interferir en la absorción de nutrientes al inhibir enzimas, tanto metabólicas como digestivas (Popova & Mihaylova, 2019).

1.5.7 Proteína

El contenido de proteína en la semilla de sachá inchi se sitúa entre 25% y 27% (Rodríguez, Avellaneda, Pardo, Villanueva & Aguirre, 2018). En cuanto a la torta desgrasada entre 30% y 59% en base seca (Taípe, Fernández, Villanueva & Gómez, 2022). Otros estudios mencionan que el porcentaje de proteína de la sachá inchi (27%) es ligeramente menor a la de la soya (28%), pero mayor que a otras semillas como algodón (33%), maní (23%) y girasol (24%) (Wang, Zhu & Kakuda, 2018). En una publicación, se establece que el contenido promedio de proteína es del 22.56%, destacándose la albumina con un 16.37%, seguida de las glutelinas con un 5.87% y la prolamina con un 0.33% (García & Gallego, 2022).

En investigaciones más recientes, se ha observado que en la harina de sachá inchi desgrasada, la albumina es la proteína predominante, representando un 43,7%. A esta le sigue la glutelina con un 31,9%, la globulina con un 27,3%, y finalmente, la prolamina con un 3% (García & Gallego, 2022).

1.5.8 Pan de molde

De acuerdo con la norma NTE INEN 2945 en 2016, el pan es un producto alimenticio resultante de la cocción de una masa, ya sea fermentada o no, elaborada con harina y agua potable. Puede llevar o no la adición de levadura, así como la presencia o ausencia de sal y otras sustancias permitidas para este tipo de productos alimenticios. El pan es un alimento básico en la mayoría de los países ofreciendo proteína, minerales y energía, pero su calidad proteica es

insuficiente por los bajos contenidos de lisina que se encuentran en la harina de trigo. Es por esto que otras investigaciones realizan sustituciones parciales de harina de trigo con harinas con alto contenido de proteína, aunque resulta un reto porque carecen de proteínas formadoras de gluten, y son menos funcionales que la harina de trigo (Rodríguez, Avellaneda, Pardo, Villanueva & Aguirre, 2018).

Los sustitutos, como la linaza, sésamo, quinua y soya tienen un elevado contenido proteico. Tanto la harina de soya como la de sachá inchi, ya sea desgrasada o no desgrasada, se utilizan como fuentes proteicas en la elaboración de panificaciones, mejorando la absorción y retención de humedad. Sin embargo, en la formulación, una sustitución superior al 20% de la harina de trigo puede afectar a las proteínas que forman el gluten, ocasionando problemas en el volumen, la textura y la miga del pan (Rodríguez, Avellaneda, Pardo, Villanueva & Aguirre, 2018) (Tarazona & Flores, 2021).

1.5.9 Levadura

Pertenecientes al reino de los hongos, las levaduras son organismos unicelulares que juegan un papel crucial en diversos procesos, como la fermentación del pan, la elaboración de cerveza, la vinificación y la destilación. Una de las especies más utilizadas en la industria cervecera es conocida como la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Esta variedad de levadura contribuye a la fermentación de los azúcares presentes en los cereales, generando alcohol y dióxido de carbono como productos finales (Clavijo, Rodríguez & Estupiñán, 2015).

1.5.10 Agua potable

Es el agua que ha pasado por un proceso de tratamiento, ajustando sus características físicas, químicas y microbiológicas con la finalidad de que sean aptas para el consumo humano (NTE INEN 1 108, 2006). En la elaboración de pan de molde se debe utilizar agua potable que

cumplan los estándares y requisitos para el consumo humano. El agua es parte de los ingredientes para la elaboración del pan de molde (Erazo & Figueroa, 2021).

1.5.11 Azúcar

Según la norma CODEX-STAN 212 en 1999, el azúcar es un producto cristalizado obtenido a través de la cocción del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Consiste en cristales de sacarosa cubiertos por una capa de su miel original madre. El azúcar constituye la principal fuente de energía, la cual la levadura transforma en dióxido de carbono durante el proceso de fermentación de la masa (Singh & Goyal, 2011).

1.5.12 Sal

La sal de mesa, comúnmente utilizada en la elaboración de pan, se incorpora a la fórmula del pan en un rango de entre el 1,5% y el 2% con respecto al peso de la harina, según indican varios autores. Aunque su función principal es proporcionar sabor al producto final, desempeña un papel crucial en diversas funciones tecnológicas, tales como conferir estabilidad a la masa, mejorar la capacidad de retención de gases durante la fermentación y aportar firmeza a la masa. La concentración de sal influye directamente en el proceso de fermentación, afectando su velocidad: a mayor concentración de sal, menor será la velocidad de fermentación con un nivel constante de levadura, y viceversa. Por último, la sal contribuye al desarrollo de la estructura del gluten durante la fermentación de la masa (Singh & Goyal, 2011; Erazo & Figueroa, 2021).

1.5.13 Margarina

Según NTE INEN 276 en 2005, hace referencia al alimento con una textura plástica en forma de emulsión líquida, generalmente de tipo agua en aceite, obtenida por completo a partir de grasas y aceites no lácteos utilizados comúnmente en la industria alimentaria. Se trata de un producto derivado de la hidrogenación de aceites vegetales, ampliamente consumido y

demandado como sustituto de la mantequilla, principalmente debido a su procesamiento y costo más bajo (Valenzuela, Yáñez & Golusda, 2010).

Las grasas empleadas en la elaboración de productos de panificación desempeñan un papel fundamental en la obtención de una consistencia suave en el producto final, ya que tienen la capacidad de cubrir las proteínas del gluten presentes en la harina, lo que contribuye a evitar el endurecimiento de la estructura final del pan (FAO, 2013). Además, desempeñan una función crucial en la aireación de productos que han experimentado procesos fermentativos, mejorando sus atributos sensoriales en términos de sabor y textura (FAO, 2013).

Capítulo 2

2.1 Metodología

En esta investigación se evalúa el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de sachá inchi en el pan de molde. Se elaboraron panes a los cuales se analizaron sus propiedades físicas, análisis bromatológicos incluyendo el contenido proteico, la aceptabilidad sensorial y la vida útil del producto. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de procedimientos estadísticos como la prueba de bondad de ajuste y Shapiro-Wilk; ANOVA; prueba de Múltiples Rangos con el método LSD de Fisher; la prueba de Kruskal-Wallis; y análisis de correlación con el coeficiente de Pearson.

2.1.2 Materia prima e ingredientes

Se emplearon dos materias primas para la elaboración del pan de molde. Se utilizó harina de trigo sin polvo de hornear marca “Santa Lucía” y la torta desgrasada de sachá inchi que fue transformada posteriormente en harina. La torta fue suministrada por la empresa Agroindustrias Ecuador G2 en la provincia de Pichincha. Los ingredientes utilizados fueron, azúcar blanca granulada “San Carlos”; sal de mesa “Cris-Sal”; levadura activa “La Reposterita”; margarina “Bonella”; y agua potable.

2.1.3 Diseño experimental

En el diseño experimental se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de sachá inchi sobre características del producto final. La variable experimental fue el porcentaje de sustitución, con tres niveles específicos: 95/5 (95% HT, 5% HSI), 90/10 (90% HT, 10% HSI) y 100/0 (100% HT como control).

El procedimiento incluyó la preparación de muestras de pan de molde según las formulaciones correspondientes a cada nivel de sustitución (Tabla 1). Posteriormente, se llevó a cabo la evaluación de las variables respuesta, que incluyeron: la cantidad de proteína, contenido de humedad, actividad de agua (A_w), volumen específico, desarrollo alveolar, color, textura y

grado de aceptación organoléptica. Por cada experimento se desarrollaron 3 muestras y a cada una de ellas se le realizó una lectura por cada variable respuesta (n=3).

Tabla 1.

Formulación del pan de molde.

Ingredientes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Harina de trigo	100%	95%	90%
Harina de sachá inchi	0%	5%	10%
Agua Potable	60%	60%	60%
Azúcar blanca	6%	6%	6%
Margarina	6%	6%	6%
Sal de mesa	2%	2%	2%
Levadura activa	2%	2%	2%

2.1.4 Elaboración de la harina (tratamiento térmico)

Con el propósito de reducir la presencia de antinutrientes en la torta desgrasada de sachá inchi, se realizó un tratamiento térmico según metodologías descritas en investigaciones anteriores por Silva, Cibej, Salvá, Guevara & Pascual, (2018) y Calisto, (2009), con modificaciones (ver Apéndice A1). Inicialmente, se llevó a cabo un remojo con agua destilada en una proporción de 1/10 mediante baño maría (marca Thermo Scientific) y se mantuvo una temperatura de $55^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 20 min. Seguidamente, se realizó una cocción en una cocina (marca Mabe) a 100°C durante 15 min. Posteriormente, la muestra se colocó en el horno a 70°C durante 6 h hasta que se alcanzó un contenido de humedad menor o igual a 5%. Finalmente, se sometió la muestra a un proceso de molienda en un molino de martillo (marca Laboratory Mill modelo 3100) y se tamizó en una malla de $240\mu\text{m}$ con el equipo tamizador (marca Advantech

Manufacturing modelo DT258 Duratap.) La harina se almacenó en un recipiente sellado herméticamente a temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

2.1.5 Elaboración del pan

La formulación del pan se realizó de manera sencilla, sin el uso de aditivos, con el objetivo de analizar el comportamiento de las harinas. El pan se compuso de harina de trigo y sachá inchi (según el nivel de sustitución), agua (60%), azúcar (6%), margarina (6%), levadura activada (2%), hidrocoloide (2%), y sal (2%) (Tabla 1).

El proceso de elaboración del pan (ver Apéndice A2) se inició con el pesado de ingredientes en una balanza de precisión (marca RADWAG). Se mezclaron los ingredientes secos, incluidos la harina de trigo, harina de sachá inchi, sal y azúcar. Seguidamente, se llevó a cabo el mezclado y amasado a mano durante 30 min con los ingredientes húmedos, que consistió en la incorporación del agua, margarina y levadura previamente activada. La primera etapa de fermentación se ejecutó a temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 65% HR) por un periodo de 30 min. Posteriormente, se dividió y moldeó la masa para colocarla en los moldes. La segunda fermentación se realizó en la incubadora a una temperatura controlada de $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa del 90%, durante 45 min. Finalmente, se horneó a 170°C durante 35 min en un horno electrónico (marca HML-16840 modelo Teka) y se enfrió durante 2 h a temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 65% HR).

2.1.6 Propiedades físicas

2.1.6.1 Volumen específico

La determinación del volumen se llevó a cabo mediante la aplicación del principio de desplazamiento de volumen, empleado en un envase lleno con semillas de mostaza. El volumen específico se calculó con la ecuación 2.1.

$$VE = \frac{\text{Volumen del pan}}{\text{Masa del pan}} \text{ (ml/g)} \quad (2.1)$$

2.1.6.2 Color

La determinación del color de la miga del pan se llevó a cabo mediante el uso del colorímetro digital 3nh (modelo NH300). Los parámetros de color evaluados abarcaron los valores de luminosidad (L*), tonalidad en el eje rojo-verde (a*), y tonalidad en el eje amarillo-azul (b*).

2.1.6.3 Desarrollo alveolar

El área alveolar y número de alvéolos fueron identificados a través de un análisis de imagen utilizando el enfoque propuesto por Sánchez-Pardo y colaboradores en 2008, con adaptaciones. Las muestras se escanearon con un dispositivo marca Brother modelo DCP-T510W. Por medio del software ImageJ, las imágenes fueron transformadas a una profundidad de píxeles de 8 bits en tonos de gris. Se empleó la función de umbral manual para calcular tanto la cantidad como el porcentaje del área de los alvéolos.

2.1.7 Análisis bromatológicos

La medición del porcentaje de humedad en la miga se realizó mediante el método termogravimétrico. El equipo utilizado para este método fue el medidor de humedad electrónico (marca Sartorius modelo MA37). La medición de la actividad de agua en la miga se llevó a cabo con el equipo medidor de actividad de agua AquaLab (marca Series 3 TE modelo Decagon Devices). Por último, para la evaluación del contenido de proteínas se contrató el servicio en el laboratorio externo acreditado PROTAL y el método utilizado fue el de Kjeldahl (AOAC 21st 920.87).

2.1.8 Vida útil

Para la evaluación de la vida útil, el pan se almacenó a temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dentro de bolsas de polietileno de baja densidad con cierre hermético, y se analizó durante un periodo de 5 días mediante el perfil de textura de la miga y se empleó la metodología de Análisis de Perfil de Textura (TPA, por sus siglas en inglés) con texturómetro con sonda cilíndrica (marca CT3 modelo Brookfield). Se realizaron mediciones de dureza, resiliencia y masticabilidad.

Los criterios mencionados a continuación se fundamentaron en estudios realizados por Guadalupe & Cornejo, (2022) con modificaciones. En el análisis TPA, se aplicó una compresión de 5 mm con una velocidad de 1 mm/s, a lo largo de dos ciclos y carga de activación de 0,049 N. Se empleó la sonda de acrílico TA11/1000 con una medida de 25,4 mm de diámetro, y la base INU. 62830. En la ejecución de esta evaluación, se tomó la rebanada central del pan con medidas de 1 cm de grosor, 4 cm de ancho y 5 cm de longitud.

2.1.9 Evaluación sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo con la participación de 52 panelistas no entrenados (especialmente seleccionados entre consumidores habituales de pan). Se asignaron cabinas individuales a cada evaluador con buena iluminación con el fin de eliminar distracciones potenciales y para limpiar el paladar entre muestras, se colocaron vasos de agua.

La evaluación se realizó mediante prueba afectiva de grado de aceptación para cada nivel de la experimentación. La hoja de evaluación (ver Apéndice B1) se diseñó con una escala hedónica de 7 puntos, donde el valor 1 representaba "me disgusta mucho" y el valor 7 indicaba "me gusta mucho". A los panelistas se les instruyó que no evaluaran la corteza del pan.

2.1.10 Análisis estadístico

El análisis estadístico de datos se realizó en el programa Statgraphics Centurion XVIII (versión de prueba). La evaluación de la normalidad de los datos se llevó a cabo mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de bondad de ajuste. Para detectar posibles diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA). La verificación de la igualdad entre las medias se realizó a través del Test de Rangos Múltiples con el enfoque LSD (Least significant difference por sus siglas en inglés) de Fisher. Se optó por el test de Kruskal-Wallis para analizar los datos no normales, y se empleó diagrama de caja para identificar discrepancias significativas en las medianas. (Guadalupe & Cornejo, 2022).

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Características bromatológicas del pan de molde

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los análisis bromatológicos de los panes de molde. No se evidenció diferencia significativa en los valores de humedad de las muestras ($P > 0.05$). Sin embargo, se identificaron diferencias significativas tanto en la A_w como en el contenido de proteínas ($p < 0.05$). En cuanto a la actividad de agua (A_w), se observan ligeras variaciones entre los grupos, siendo el pan de control (0.94 ± 0.00) superior al pan 90/10 (0.93 ± 0.00). No obstante, a pesar de que estas diferencias son estadísticamente significativas, la proximidad de los valores de las desviaciones estándar podría sugerir que la variación puede ser tan pequeña que carezca de relevancia práctica. El contenido proteico se incrementó significativamente con el porcentaje de sustitución de HSI. La sustitución del 90% (16.47 ± 0.00) exhibió la concentración proteica más elevada, seguida por la sustitución del 95% (15.30 ± 0.00) y, finalmente el control (12.64 ± 0.00).

En un estudio realizado por Duda, Jeżowski, Radzikowska & Kowalczewski en 2019, se observó que la adición proporcional de harina sin gluten resultó en una disminución en el contenido de humedad. No obstante, en niveles bajos de sustitución, no se detectaron diferencias significativas en el contenido de humedad. Los valores de A_w oscilaron entre 0.9 y 0.94, lo cual se consideró muy aceptable para productos de panificación, según lo señalado por Cordero et al. en 2020. Asimismo, en un estudio adicional realizado por Wang, Lao, Bao, Guan & Li en 2021, se utilizó harina de quinua como sustituto parcial de la HT, se observó un aumento significativo en el porcentaje de contenido de proteína a medida que se incorporaba la harina proteica de quinua.

Tabla 2.

Análisis bromatológicos del pan de molde con sustitución de sachá inchi.

Características	Sustitución (%)		
	100/0 (Control)	95/5	90/10
Humedad (%)	37.88±0.01 ^a	37.61±0.01 ^a	36.41±0.01 ^a
Aw	0.94±0.00 ^a	0.93±0.00 ^{ab}	0.93±0.00 ^b
Proteína (%)	12.64±0.00 ^c	15.30±0.00 ^b	16.47±0.00 ^a

Nota. Los resultados se exhiben como la media más la desviación estándar para los datos normales. La presencia de letras indica diferencias significativas ($P < 0.05$). Datos obtenidos por los autores.

3.2 Calidad del pan de molde

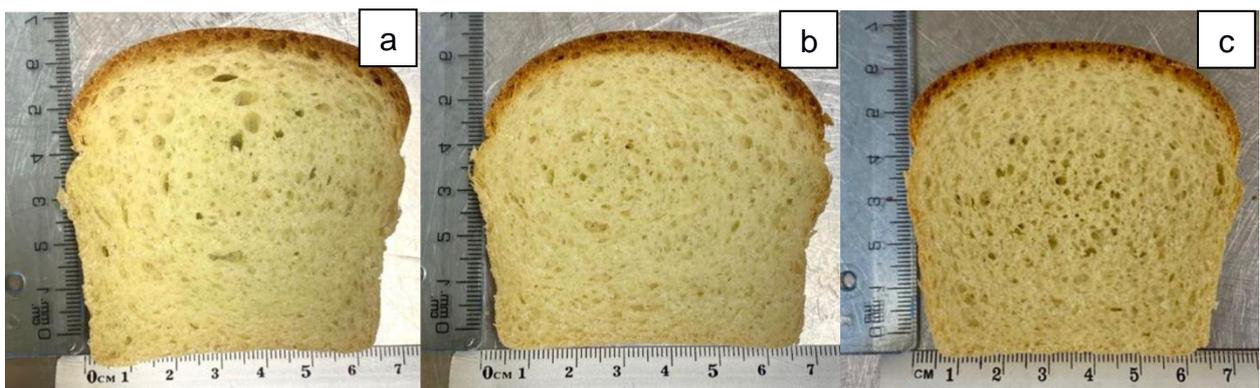
En la Figura 3.1 se aprecia el pan control y los panes con sustituciones de 95/5 y 90/10. Se observaron ligeras variaciones en términos de altura y color entre ellos. La Tabla 3 muestra los resultados de las características físicas del pan de molde. El volumen específico, exhibió diferencias significativas entre las tres muestras ($p < 0.05$), siendo superior el control (3.31 ± 0.04 ml/g) en comparación con el pan 95/5 (2.91 ± 0.01 ml/g) y el pan 90/10 (2.71 ± 0.04 ml/g). Sin embargo, el número de alveolos y el área no se vieron afectados significativamente ($p > 0.05$). En relación con el análisis de color, se evaluó la característica de luminosidad (L^*), revelando que no existen diferencias significativas entre el pan control con sustituciones 95/5 y 90/10 ($p > 0.05$). En cuanto al enrojecimiento (a^*), se observó que el valor del pan control fue inferior al de la sustitución 95/5, seguido por la sustitución 90/10, demostrando diferencias significativas entre las tres muestras ($p < 0.05$). Además, el componente amarillento (b^*) disminuyó conforme se incrementó el porcentaje de sustitución HSI, sin que se evidenciaran diferencias significativas entre las sustituciones 95/5 y 90/10.

La disminución en el volumen específico se puede deber a diversas razones, como la interacción de las harinas utilizadas ya que la incorporación de HSI, que no contiene gluten,

puede afectar la correcta formación de la red, influyendo en la estructura y el tamaño del pan (Duda, Jeżowski, Radzikowska & Kowalczewski, 2019). En relación con el número y área de los alveolos, no se observaron diferencias significativas, lo cual podría atribuirse a que los porcentajes de sustitución son muy bajos, lo que no afectó la retención de dióxido de carbono generado durante la fermentación. Esta situación podría estar relacionada con el hecho de que se siguió el mismo procedimiento con el pan de control (Marchessi, Chamorro, Alonso & Benavidez, 2023). En estudios previos llevados a cabo por Moawad, Rizk, Kishk & Youssif en 2018, se evaluó el impacto de la sustitución de la HT por la de quinua. Se observó que el valor de luminosidad experimentó una disminución al aumentar los porcentajes de sustitución elevados de harina de quinua, atribuido a la reacción de Maillard. Simultáneamente, el enrojecimiento en el pan con sustitución de harina de quinua mostró valores más elevados que los del control. Por último, el valor del eje amarillo-azul experimentó una disminución gradual a medida que se incrementaba la proporción de harina sin gluten.

Figura 3.1.

Panes de molde con sustitución parcial de harina de sachu inchi.



Nota. Cortes de rebanas del centro del pan: a, pan control; b, pan con sustitución 95/5; c, pan con sustitución 90/10. Fotos obtenidas por los autores.

Tabla 3.

Características físicas del pan de molde con sustitución de sachá inchi.

Característica	Sustitución (%)		
	100/0 (Control)	95/5	90/10
Volumen específico (ml/g)	3.31±0.04 ^a	2.91±0.01 ^b	2.71±0.04 ^c
Número de alveolos	182.33±21.46 ^a	177.67±4.73 ^a	196.00±29.46 ^a
Área (%)	44.41±0.47 ^a	48.83±3.27 ^a	44.69±2.11 ^a
L*	69.39±1.26 ^{ab}	70.60±0.38 ^a	68.56±0.81 ^b
a*	0.71±0.20 ^c	1.55±0.04 ^b	2.10±0.05 ^a
b*	17.03±0.37 ^b	18.17±0.72 ^a	18.58±0.41 ^a

Nota. Los resultados se exhiben como la media más la desviación estándar para los datos normales. La presencia de letras indica diferencias significativas ($P < 0.05$). Datos obtenidos por los autores.

3.3 Vida útil del pan de molde

En la vida útil del pan de molde, en la Figura 3.2 se exhiben las curvas correspondientes a los parámetros evaluados mediante el análisis del perfil de textura (TPA). En la gráfica “a” se evidencia como cambia la dureza (N) de las tres muestras a lo largo de los cinco días de evaluación. Se observó un incremento en la dureza del pan conforme aumentaba el porcentaje de HSI, destacándose que la muestra con sustitución 90/10 alcanzó el valor máximo de dureza en el día 5 (20.72 ± 3.64 N). A partir del día 3 se mostró un crecimiento exponencial en la dureza de dicho pan. Contrariamente, la dureza del pan con sustitución de 95/5 y del control, se mantuvieron cercanas en el día 5 (13.31 ± 6.32 N y 10.53 ± 2.99 N, respectivamente), comparado con la dureza del pan 90/10 en ese mismo día.

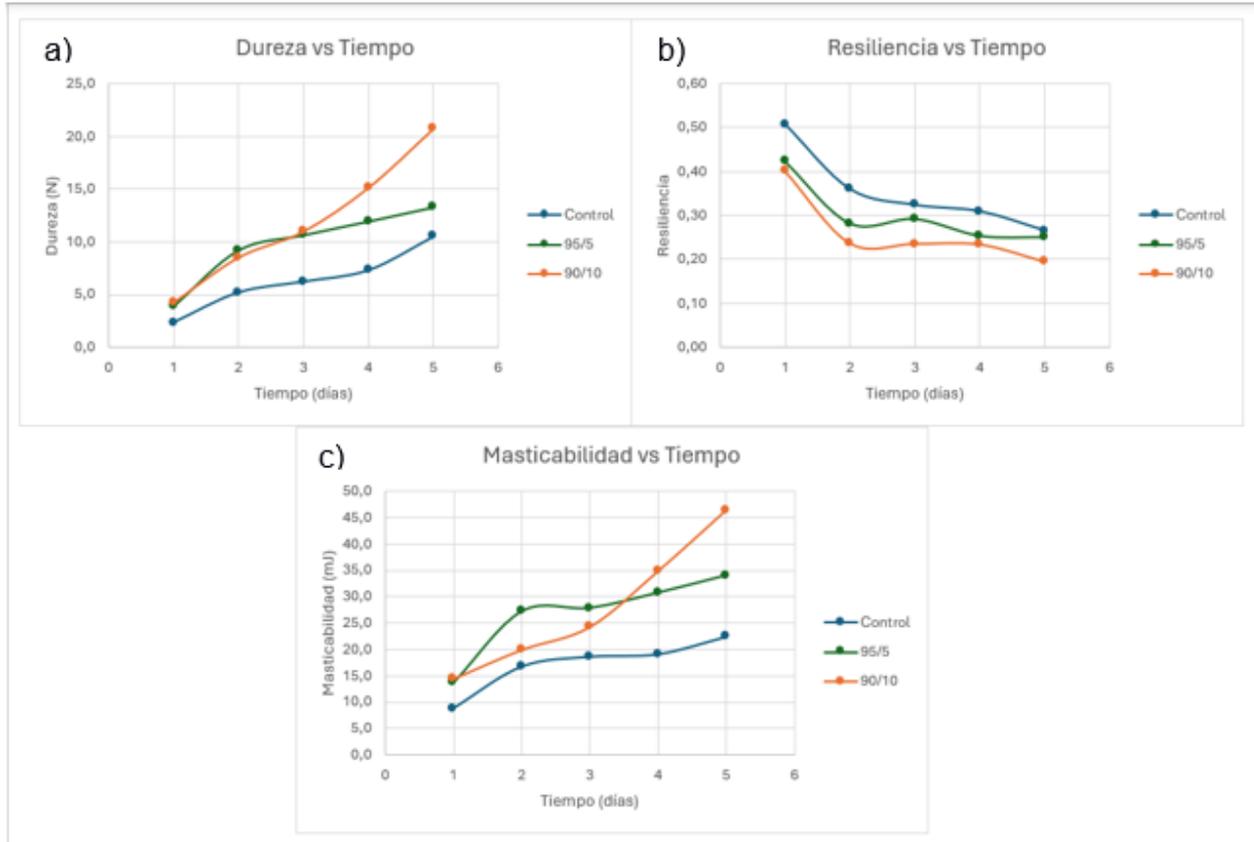
Con respecto a la resiliencia del pan de molde, en la gráfica “b”, las curvas revelan una disminución progresiva en los valores de resiliencia a lo largo de los cinco días para todas las muestras. En la muestra control, la resiliencia inicial (día 1) fue de 0.507 ± 0.093 , experimentando una disminución gradual hasta alcanzar 0.266 ± 0.093 en el día 5. El pan con

sustitución 95/5 muestra un perfil similar, con una resiliencia inicial de 0.423 ± 0.071 en el día 1 y un descenso constante hasta 0.251 ± 0.071 en el día 5. En la muestra con sustitución 90/10, se observa una resiliencia inicial de 0.401 ± 0.081 , seguida de una marcada reducción hasta 0.195 ± 0.081 en el día 5.

La masticabilidad (mJ), (gráfica “c”), al igual que en la dureza, aumentó conforme se incrementaba el porcentaje de HSI, es decir que el pan 90/10. Se obtuvo mayor masticabilidad (mayor energía necesaria) en el día 5, con un valor de 45.41 ± 12.72 mJ. En contraste el control, obtuvo en el mismo día valores de 22.44 ± 5.10 mJ, seguido del pan 95/5 con un valor de 34.04 ± 7.75 mJ. De igual manera se evidenció un notable aumento en el día 3 para la muestra con mayor sustitución.

Las curvas reflejaron una tendencia negativa en textura según aumenta el porcentaje de sustitución en el tiempo, indicando una posible pérdida de frescura y esponjosidad en las muestras de pan de molde a partir del tercer día. Las curvas de dureza y masticabilidad presentan una relación intrínseca, dado que un incremento en la dureza del pan implica un mayor requerimiento energético durante el proceso de masticación. En consecuencia, los resultados sugieren que la presencia de HSI está ejerciendo un impacto significativo en la cinética de retrogradación. Esto podría estar asociado al contenido proteico de la HSI, que contribuye a una textura más densa y resistente en el producto final.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto coinciden con los hallazgos del estudio realizado por Rodríguez, Avellaneda, Villanueva & Aguirre en el 2018, donde se evaluó la textura de la miga en distintos panes parcialmente sustituidos con torta extruida de sachá inchi. Dichos resultados indicaron que conforme se aumentó el contenido de torta, se observó un impacto negativo en la textura del pan, asociando el incremento de firmeza a la debilitación del gluten al incorporar harinas proteicas en la formulación.

Figura 3.2.*Curvas de vida útil del pan de molde*

Nota. Curvas de TPA con respecto al tiempo: gráfica a, curva de dureza; b, curva de resiliencia; c, curva de masticabilidad. Datos obtenidos por los autores.

3.4 Aceptabilidad del pan de molde

Los resultados del análisis sensorial mostrados en la Tabla 4, indicaron que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las tres muestras para los atributos de aroma, sabor y textura, es decir, que son igualmente aceptables. No obstante, para los atributos de color y apariencia ambos panes con sustitución de sachá inchi tuvieron diferencias significativas con el control ($p < 0.05$), teniendo este último la calificación superior.

La Figura 3.3 revela que las calificaciones de los panelistas para cada atributo exhiben una baja dispersión. A pesar de las diferencias significativas en el color y la apariencia entre los panes 95/5 y 90/10 con el control, ambos obtuvieron una aceptabilidad favorable por parte del público, con valores iguales o superiores a 5 (me gusta ligeramente). Esta tendencia positiva se observa en los demás atributos evaluados, que se mantuvieron dentro del rango mencionado.

En un estudio realizado por Rodríguez, Avellaneda, Villanueva & Aguirre en el 2018, evaluaron la aceptabilidad para los atributos de color, apariencia, aroma, textura y sabor del pan de molde con sustitución parcial de torta extruida de sachá inchi. Los resultados obtenidos indicaron que no se observaron diferencias significativas entre la muestra de control y la formulación que incorporaba un 6.3% de torta de sachá inchi en ninguno de los atributos evaluados. En el caso de la muestra con un 8.3% de torta, solo se registraron diferencias significativas en el atributo de apariencia. Sin embargo, se evidenciaron diferencias significativas entre el control y las formulaciones que contenían un porcentaje más elevado de torta de sachá inchi. Estos resultados concuerdan con los del presente proyecto, destacando la necesidad, particularmente en el desarrollo de productos con atributos funcionales, de que la incorporación de un agente no ejerza influencia en los atributos sensoriales del producto.

Tabla 4.

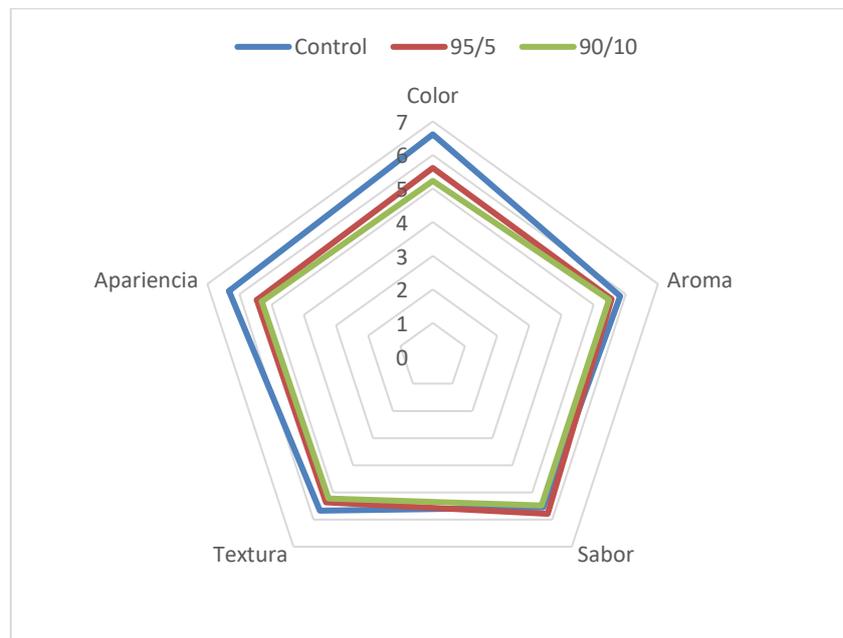
Resultados del panel sensorial de pan de molde con sustitución parcial de harina de sachá inchi.

Atributo	Sustitución (%)		
	100/0 (Control)	95/5	90/10
Color	7 ^a (6-7)	6 ^b (5-6)	5 ^b (4-6)
Aroma	6 ^a (5-7)	6 ^a (5-6)	6 ^a (4-7)
Sabor	6 ^a (4-7)	6 ^a (5-7)	6 ^a (5-6.5)
Textura	6 ^a (5-7)	5 ^a (4-6)	5 ^a (4-6)
Apariencia	7 ^a (6-7)	6 ^b (5-6)	6 ^b (4-6)

Nota. Los resultados se exhiben como: la mediana con los cuartiles superiores e inferiores para los datos no normales. La presencia de letras indica diferencias significativas ($P < 0.05$). Datos obtenidos por los autores

Figura 3.3.

Diagrama radial de la evaluación sensorial de pan de molde con sustitución parcial de harina de sachá inchi.



Nota. La figura muestra las puntuaciones promedio de aceptación para cada atributo. Datos obtenidos por los autores.

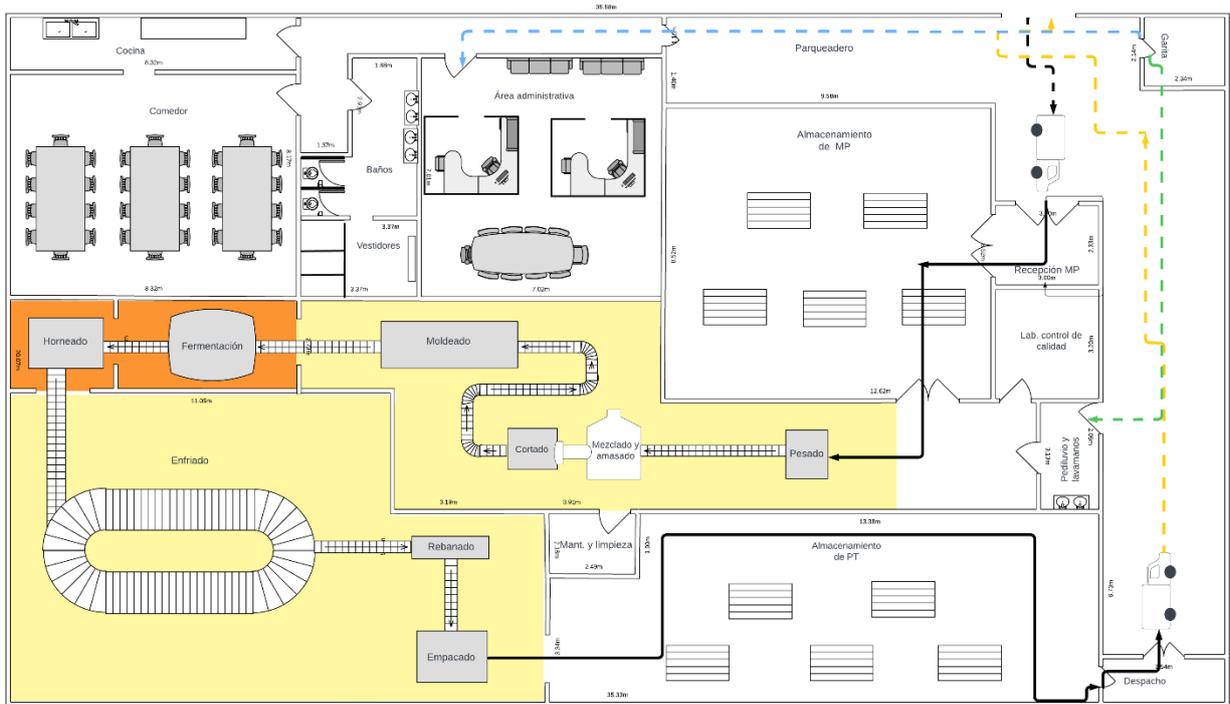
3.5 Diseño de planta

En el Plano 1 se expone el diseño de planta para una industria a gran escala de pan de molde con sustitución parcial de HSI abarcando cuatro áreas clave: área de producción, área de calidad, área de mantenimiento y área de recursos humanos. Se adoptó esta disposición siguiendo la distribución sugerida por el software Corelap 01 (versión gratuita), al tiempo que se cumplen con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Colombiana 3884. El área del departamento de producción fue de 445,19 m²; el área de laboratorios de 46,00 m²; el área de recursos humanos de 299,00 m²; y el área de mantenimiento de 57,50 m². Obteniéndose el

diseño de una planta de 25 m de largo por 34 m de ancho (área total de 850m²) donde, se consideraron los riesgos de contaminación en las zonas sensibles.

Plano 1.

Layout para la construcción de una planta procesadora de pan de molde.



Nota. Color blanco; zonas inertes; color amarillo: zonas sensibles; color naranja: zonas ultrasensibles. Diseñado por los autores.

3.6 Costos

En el Apéndice C se encuentran detallados los rubros necesarios del proyecto. Se establecieron los costos asociados a la producción, abarcando costos variables y fijos, que comprendieron los materiales e insumos, servicios básicos y remuneración de la mano de obra, alcanzando un valor de \$124.420,70. El costo de instalación contempló tanto los gastos vinculados a la adquisición de equipos como los de construcción, sumando un total de \$318.643,08. La cifra global de la inversión, que integra los costos de producción y los de instalación, dio un total de \$443.063,78. Para el levantamiento del proyecto, se deberá disponer

de un capital inicial de \$155.072,32, complementado con un financiamiento bancario de \$287.991,46.

La producción proyectada consiste en 42.000 unidades de pan de 600 g mensualmente. Para alcanzar un margen de ganancia del 25%, se estableció un precio de venta al público de \$3,70 por unidad, generando ingresos mensuales estimados en \$155.525,88.

Con el propósito de evaluar la liquidez del proyecto, se llevó a cabo un análisis del flujo de caja proyectado para los próximos cinco años (ver Apéndice C5). Con esto llegamos a que el proyecto no presenta inconvenientes de liquidez, ya que se evidencia un aumento constante en las utilidades a partir del cuarto año. Adicionalmente, se observa que el proyecto ostenta viabilidad económica, ya que el Valor Actual Neto (VAN) demuestra ser positivo. Este indicador sugiere que no solo se recobrarán la inversión inicial, sino que también se generará un excedente de \$124.711,09. Por último, al considerar que la Tasa Interna de Retorno (TIR) supera la tasa de referencia, se infiere que el proyecto tiene la capacidad de cubrir los costos asociados a los intereses bancarios.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Existe una relación positiva entre el porcentaje de sustitución de harina de sachu inchi y la concentración de proteína en la muestra. Hubo un incremento significativo en la concentración de proteínas a medida que se aumentaba el porcentaje de sustitución, llegando a tener un aumento de hasta un 4% entre la muestra control y la sustitución 90/10.
- Se evidenció que las distintas sustituciones mostraron resultados satisfactorios en las propiedades de humedad, número de alveolos y porcentaje de área alveolar dado que no se observaron diferencias significativas. La actividad de agua de los panes, a pesar de tener diferencias significativas con el control, se encontró en un rango aceptable para productos de panificación.
- Mediante el análisis del perfil de textura (TPA), se determinó que el pan de molde con sustitución parcial de harina de sachu inchi presentó un tiempo de vida útil de 3 días. A partir del tercer día de almacenamiento, se inició el proceso de retrogradación en el pan. Además, se observó que el aumento en el porcentaje de sustitución de harina de sachu inchi afectaba considerablemente los parámetros de textura.
- Los resultados del análisis sensorial revelaron que los atributos de textura, sabor y aroma mostraron resultados muy favorables sin diferencias significativas con el control. Por otro lado, a pesar de las diferencias significativas en el color y apariencia, al ser considerado un pan saludable, estos factores no afectan en la aceptabilidad final de los consumidores.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar aditivos mejoradores de textura y volumen para lograr obtener una textura más suave y esponjosa en el pan.

- Es necesario profundizar el impacto del uso de la harina de sachá inchi por medio de estudios adicionales; como estudios de digestibilidad de proteínas para proporcionar información más detallada que el contenido de proteína de la sachá inchi.
- Evaluar la capacidad de retención de agua de la harina de sachá inchi para análisis futuros, ya que esta característica desempeña un papel fundamental en la capacidad para formar una masa viscoelástica y de calidad.

Referencias

- Burbano, P., & Noriega, L. S. (2015). Análisis de la producción de Sacha Inchi para la potencialización de la exportación del aceite. [Tesis de grado Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3305/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-161.pdf>
- Calisto, L. A. (2009). Desarrollo de producto snack a base de materias primas no convencionales: poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) y quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) [Tesis de grado Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105325>
- Clavijo, D. B., Rodríguez, F. V., & Estupiñán, J. E. C. (2015). Utilización de plukenetia volubilis (sacha inchi) para mejorar los componentes nutricionales de la hamburguesa. *Enfoque UTE*, 6(2), 59-76. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n2.60>
- CODEX-STAN 152. (2021). Norma para la harina de trigo. Codex Alimentarius. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
- CODEX-STAN 212. (1999). Norma del Codex para los azúcares. Codex Alimentarius. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/212-1999.PDF
- Cordero, D., Granados, M., Islas, A., Verdú, S., Ramírez, B., & Vásquez, F. (2020). Utilización de fibra de avena con diferente tamaño de partícula en panificación: efecto reológico y textural. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1), 161-173. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1954>
- Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6591–6598. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1720-8>.

- Duda, A., Jeżowski, P., Radzikowska, D., & Kowalczewski, P. Ł. (2019). Partial wheat flour replacement with gluten-free flours in bread-quality, texture and antioxidant activity. <http://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2019/20.9.3.505-509>.
- El Comercio. (2022). En Ecuador se desperdician alimentos por USD 330 millones al año. <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/ecuador-desperdicio-alimentos-millones-fao-dolares.html>
- Erazo, V. D., & Figueroa, B. S. (2021). Desarrollo de masa para pizza con sustitución parcial de harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) [Tesis de pregrado Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57520/1/BINGQ-GS-21P67.pdf>
- FAO. (2012). Desperdicio de alimentos en el mundo—Alcance, causas y prevención. *Interpack*. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>
- FAO. (2013). Selección de usos de las grasas y de los aceites en la alimentación. <https://www.fao.org/3/V4700S/v4700s0a.htm#:~:text=Las%20grasas%20de%20reposter%20%3A%20son,harina%20que%20impiden%20el%20endurecimiento>.
- Flores, D., & Lock, O. (2012). Revalorizando el uso milenario del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) para la nutrición, la salud y la cosmética. *Revista de Fitoterapia*, 13(1), 23-30. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-115514>
- García, L. J., & Gallego, M. C. (2022). Análisis del uso integral del Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la industria de alimentos. [Tesis de grado Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/b1216983-1bb0-40c5-8b4d-77f544f0639b/content>
- Guadalupe, V. R., & Cornejo, Z. (2022). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del pan de banano libre de gluten a partir de harina obtenida por liofilización y secado en bandejas [Tesis de grado Escuela Superior Politécnica del

Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56655/1/T-112926%20Ver%c3%b3nica%20Rafaela%20Guadalupe%20Moyano.pdf>

Gutiérrez, D. (2014). Evaluación del consumo de pan y de las representaciones sociales asociadas a éste en jóvenes universitarios de la Pontificia Universidad Javeriana para establecer mensajes de educación nutricional [Tesis de pregrado Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16078>

Hidalgo, R., Eduardo, L., Valdiviezo Rogel, C. J., & Bonilla Bermeo, S. M. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 77-87.

<https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>

Jithender, B., Upendar, N. K., & Rathod, P. J. (2019). Nutritional and anti-nutritional factors present in oil seeds: an overview. *Int. J. Conserv. Sci*, 7(6), 1159-1165.

<https://dx.doi.org/10.22271/chemi>

León Bolaños, N. V. (2015). Propuesta de instrumentos de política pública que promuevan la protección y cuidado ambiental en la gestión empresarial del Ecuador [Tesis de pregrado Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10481/Disertaci%c3%b3n%20completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Marchessi, N., Chamorro, A., Alonso, D., & Benavidez, E. (2023). Evaluación descriptiva de la estructura alveolar de pan de molde de primera marca y uno de producción local. *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 10(1). ISSN 2796-9142

<http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/article/view/117>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2014). Aumenta la producción del Sacha Inchi en Morona Santiago.

<https://www.agricultura.gob.ec/aumenta-la-produccion-del-sacha-inchi-en-morona-santiago/>

Moawad, E., Rizk, I. R. S., Kishk, Y. F. M., & Youssif, M. R. G. (2018). Effect of substitution of wheat flour with quinoa flour on quality of pan bread and biscuit. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26(Special issue (2D)), 2387-2400. DOI: 10.21608/ajs.2018.35607.

Montoya, J., Giraldo, G. A., & Lucas, J. C. (2012). Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. *Vitae*, 19(1), S415-S416.

<https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914130.pdf>

Mora, P., Romero, L., Landines, E., Ordoñez, R., & Valdez, M. (2020). Obtention, yields, chemical-microbiological properties and amino acids profile in a flour from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11, 5723-5728. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3215>

NTE INEN 1 108, (2006). Agua Potable. Requisitos.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>

NTE INEN 276, (2005). Margarina de mesa. Requisitos.

<https://silo.tips/download/republicofecuador-edictofgovernment-106>

NTE INEN 2945, (2016). Pan Requisitos.

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2945.pdf

Osorio, D. C. V., Ramírez, J. D. J., Llanos, G. A. H., & Acosta, L. M. V. (2017). Desarrollo de galletas empleando harina de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis* l.) obtenida de la torta residual. *UGCiencia*, 23, 101-113. <https://doi.org/10.18634/ugcj.23v.0i.781>

- Petroski, W., & Minich, D. M. (2020). Is there such a thing as “anti-nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*, 12(10), 2929.
<https://doi.org/10.3390/nu12102929>
- Popova, A., & Mihaylova, D. (2019). Antinutrients in plant-based foods: A review. *The Open Biotechnology Journal*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.2174/1874070701913010068>
- Ríos, G. (2019). Obtención de concentrados proteicos de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante tres métodos de extracción para su empleo en alimentos de consumo humano. [Tesis de pregrado Universidad Nacional de Ucayali].
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4265/UNU_AGROINDUSTRIAS_2020_T_GREYSI-RIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá 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>
- Saldaña, F. (2018). Caracterización físicoquímica de compuestos antinutricionales en aceite de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) [Tesis de pregrado Universidad Nacional Agraria la Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3573/salda%c3%b1a-espinoza-fabiola-beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, Z., Mora, W. I., Fuenmayor, C. A., Darghan, A. E., Gardana, C., & Gutiérrez, L. F. (2020). Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from Sachá Inchi shell: Optimization, physicochemical properties and evaluation of their antioxidant activity. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 153.
<https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107922>

- Silva Jaimes, M. I., Cibej López, F. E., Salvá Ruíz, B., Guevara Pérez, A., & Pascual Chagman, G. (2018). Efecto del desamargado de la torta de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) sobre su composición proximal y su perfil nutricional y toxicológico. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 247-257. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.10>.
- Singh, P., & Goyal, G. K. (2011). Functionality of pizza ingredients. *British Food Journal*, 113(11), 1322-1338. <https://doi.org/10.1108/00070701111179960>.
- Taipe, R., Fernández, M., Villanueva, M. E., & Gómez, C. (2022). Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2355.
- Tarazona, V. A., & Flores, J. F. (2021). Harina de Sachapapa Morada (*Dioscorea Trífida* L.) como sustituto en la Elaboración de Pan Comercial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 2049-2066. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.416.
- Torres, E. G., Hernández, B., & Gutiérrez, L. F. (2023). Sachá 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>.
- Valenzuela, A., Yáñez, C. G., & Golusda, C. (2010). ¿Mantequilla o margarina?: diez años después. *Revista chilena de nutrición*, 37(4), 505-513. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000400012>.
- Vásquez, D., Hincapié, G., Cardona, M., Jaramillo, D., & Vélez, L. (2017). Formulación de una colada empleando harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) proveniente del proceso de obtención de aceite. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 19(2), 167-179. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v19n2a04>

Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food chemistry*, 265, 316-328.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>.

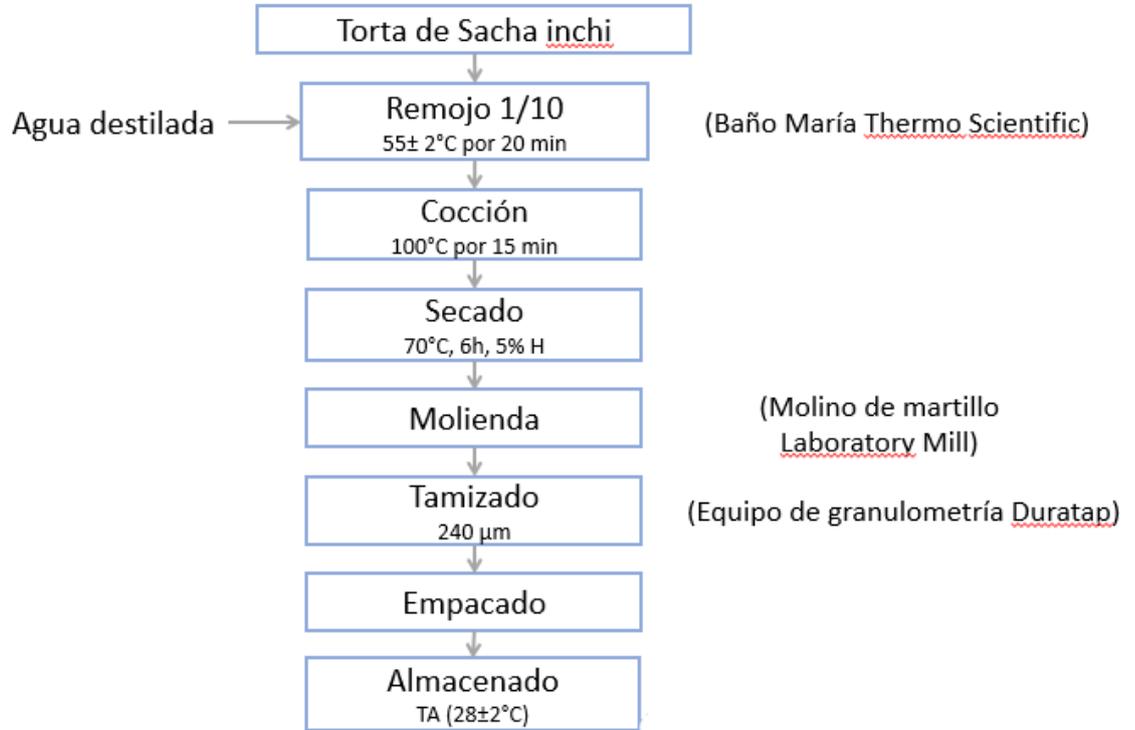
Wang, X., Lao, X., Bao, Y., Guan, X., & Li, C. (2021). Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 119,

106840. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106840>.

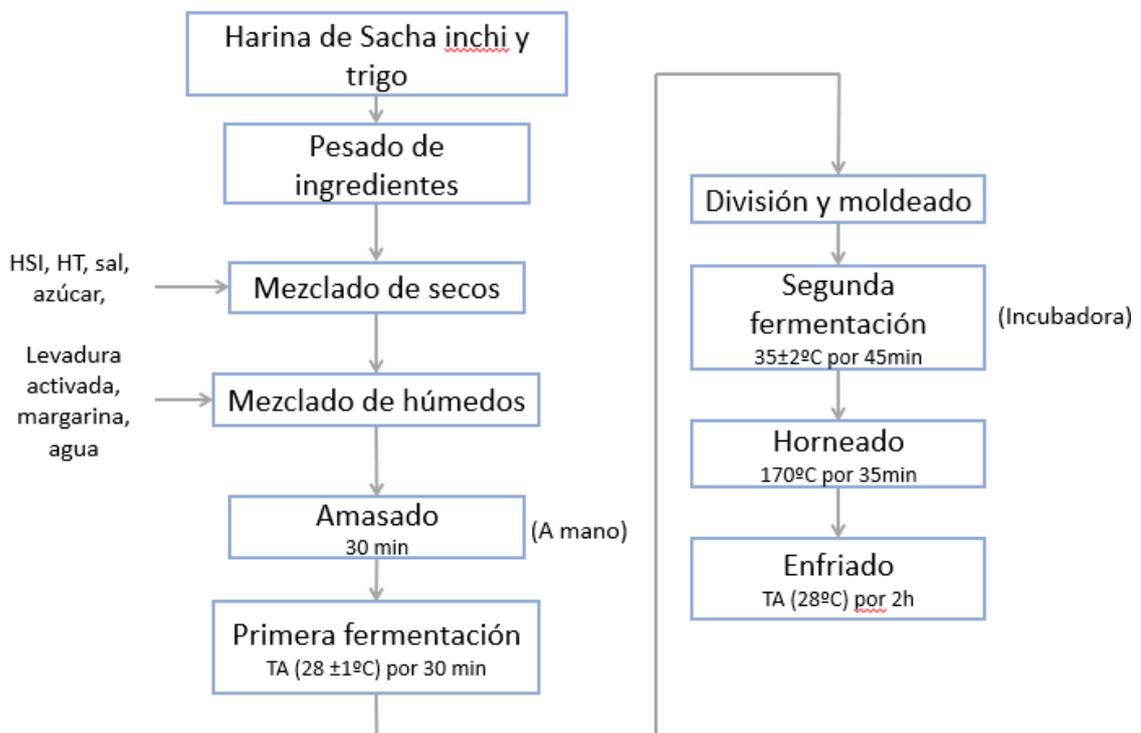
Apéndices

Apéndice A: Métodos para la elaboración del pan

1. Diagrama de flujo de elaboración de harina de sachá inchi



2. Diagrama de flujo de la elaboración del pan de molde



Apéndice B: Material para la prueba sensorial

1. Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN																		
Nombre:																		
Fecha: 28/11/2023																		
Tipo de muestra: Pan con sustitución de Sacha Inchi																		
Instrucciones: <ul style="list-style-type: none"> • Escriba el número de muestra en la hoja. • Antes de comenzar con la degustación, el primer aspecto que debe evaluar es el color. • Enjuague su boca con agua para limpiar su paladar. • Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado marcando en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos. • Enjuague su boca entre muestras. • Si desea expresar la razón de su elección o alguna característica del producto, puede hacerlo en la sección de "Comentarios". 																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Puntaje</th> <th>Escala</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Me gusta mucho</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Me gusta moderadamente.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Me gusta ligeramente.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Ni me gusta ni me disgusta.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Me disgusta ligeramente.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Me disgusta moderadamente.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Me disgusta mucho.</td> </tr> </tbody> </table>			Puntaje	Escala	7	Me gusta mucho	6	Me gusta moderadamente.	5	Me gusta ligeramente.	4	Ni me gusta ni me disgusta.	3	Me disgusta ligeramente.	2	Me disgusta moderadamente.	1	Me disgusta mucho.
Puntaje	Escala																	
7	Me gusta mucho																	
6	Me gusta moderadamente.																	
5	Me gusta ligeramente.																	
4	Ni me gusta ni me disgusta.																	
3	Me disgusta ligeramente.																	
2	Me disgusta moderadamente.																	
1	Me disgusta mucho.																	
Código de muestra:	_____	_____																
Color																		
Aroma																		
Sabor																		
Textura																		
Apariencia																		
Comentarios																		

2. Hoja maestra para la prueba afectiva

HOJA MAESTRA		
Fecha: 27/11/2023		
Colocar esta hoja en el área donde se realizará la preparación de las muestras.		
Tipo de muestra: Pan con sustitución de Sacha Inchi		
Tipo de prueba: Afectiva		
Muestra Pan 90/10 Pan 95/5 Control	Código del producto A B C	Código de muestra 422 248 325
Codificar los recipientes como se detalla a continuación:		
Número de panelistas 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	Orden de presentación ABC ABC ABC ABC ABC ABC ABC	Codificaciones 422 248 325 422 248 325 422 248 325 422 248 325 422 248 325 422 248 325 422 248 325
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • 50 vasos plásticos de 5oz. • 50 platos plásticos. • 5 litros de agua • 50 rodajas de pan 90/10 • 50 rodajas de pan 95/5 • 50 rodajas de pan blanco • Servilletas 		
Instrucciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Codificar y preparar las muestras previo a la realización de la evaluación sensorial. 3. Etiquetar los platos con los códigos respectivos a cada muestra, los mismos que estarán conformados por tres dígitos aleatorios y ubicar cada una de las muestras en el orden respectivo. 4. Colocar los platos con las distintas muestras según el orden de presentación en los que serán entregados a los panelistas junto con el cuestionario respectivo. 5. Servir junto a las muestras un vaso con agua para limpiar el paladar. 6. Explicar detalladamente el procedimiento de degustación al panelista y hacer las indicaciones necesarias. Especificar que solo pueden degustar una muestra. Recalcar que está terminantemente prohibido interactuar entre panelistas durante la evaluación sensorial. 		

Apéndice C: Desglose de rubros

1. Producción aproximada

Datos. -

- Unidades por lote: 500 unidades
- Horas laborales: 8 h
- Días laborables al mes: 21

*Producción diaria = unidades por lote * 4 lotes*

*Producción diaria = 500 unidades * 4*

Producción diaria = 2000 unidades al día

*Producción mensual = producción diaria * días laborables al mes*

*Producción mensual = 2000 * 21*

Producción mensual = 42000 unidades al mes

2. Rubros generales

Campo	Unidad	Cantidad	Costo por kilo	Costo total
Materia prima y materiales				\$ 102.000,70
Harina de trigo	kg	24570	\$ 1,98	\$ 48.648,60
Harina de sacha inchi	kg	2730	\$ 13,00	\$ 40.950,00
Agua potable	L	16380	\$ 0,40	\$ 6.552,00
Margarina	kg	1638	\$ 3,70	\$ 6.060,60
Sal	kg	546	\$ 0,37	\$ 202,02
Azúcar	kg	1638	\$ 0,96	\$ 1.572,48
Levadura	kg	546	\$ 4,50	\$ 6.306,30
Fundas plásticas de PET	paca (100)	420	\$ 2,00	\$ 6.720,00
Cajas de cartón	unidad	2200	\$ 0,04	\$ 88,00
Cinta adhesiva	m	15000	\$ 0,004	\$ 60,00
Alambre plastificado Twist-Band	m	10000	\$ 0,003	\$ 30,00
Equipos y auxiliares				\$ 21.143,08
Balanzada industrial	unidad	2	\$ 370,00	\$ 61,67
Amasadora	unidad	1	\$ 15.000,00	\$ 1.250,00
Cortado boleadora	unidad	1	\$ 8.585,00	\$ 715,42
Cámara de fermentación	unidad	1	\$ 24.000,00	\$ 2.000,00
Horno	unidad	2	\$ 5.000,00	\$ 833,33
Torre de enfriamiento en espiral	unidad	1	\$ 68.000,00	\$ 5.666,67
Máquina empacadora	unidad	1	\$ 12.000,00	\$ 1.000,00
Pallets	unidad	20	\$ 2,00	\$ 40,00
Bandejas	unidad	84	\$ 14,00	\$ 1.176,00
Moldes	unidad	1000	\$ 5,00	\$ 5.000,00
Banda transportadora	unidad	1	\$ 4.800,00	\$ 400,00
Monta carga	unidad	2	\$ 18.000,00	\$ 3.000,00
Mano de obra				\$ 13.750,00
Personal Administrativo y operativos	persona	25	\$ 550,00	\$ 13.750,00
Servicios básicos				\$ 8.670,00
Agua		-		\$ 3.200,00

Energía	-	\$	4.350,00
Transporte	-	\$	850,00
Teléfono	-	\$	70,00
Internet	-	\$	200,00

3. Costos de Instalación

Datos. -

- Espacio disponible: 850m²
- Precio x metro cuadrado: \$350

$$\text{Costo de instalación} = \text{Espacio disponible} * \text{Precio x metro cuadrado}$$

$$\text{Costo de instalación} = 850\text{m}^2 * \$350$$

$$\text{Costo de instalación} = \$297.500,00$$

4. PVP

Datos .-

- Producción mensual: 42000 unidades
- Costo de producción: \$124.420,70
- Porcentaje de ganancia: 25%

$$\text{Costo unitario} = P. \text{ mensual} / \text{Costo producción}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{42000 \text{ unidades}}{\$124.420,70}$$

$$\text{Costo unitario} = \$2.96$$

$$\text{PVP} = \text{Costo unitario} + \text{Costo unitario} * 0.25$$

$$\text{PVP} = \$2.96 + \$0.74$$

$$\text{PVP} = \$3.70$$

5. Flujo de caja

	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Utilidad (\$)	-723.708,33	-554.208,61	-189.160,70	567.730,03	2.109.070,96
Flujo (\$)	-782.250,49	-612.750,77	-247.708,88	509.187,87	2.050.528,79

Tasa referencial= 30%

VAN= \$567.774,88

TIR= 48,06%