

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Aplicación de harina de Sacha Inchi baja en grasa en galletas de masa fermentada

INGE-2213

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras en Alimentos

Presentado por:

Pamela Lisbeth Mejía Montero

Ginger Stefania Vargas Gómez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado de manera especial a nuestros padres, quienes han sido el pilar en cada etapa. Su apoyo constante y sacrificio han sido la inspiración detrás de cada paso que hemos dado en este camino académico.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a Dios por su sabiduría y darnos la fortaleza para superar los desafíos que se presentaron en el camino. También agradecemos por la disponibilidad del Laboratorio de Investigación y el de Planta Piloto, cuyos recursos fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación. Queremos extender nuestros más sinceros agradecimientos a nuestra tutora, Dra. Karín Coello, cuya participación fue crucial para el avance y aprendizaje en este proyecto. Su experiencia y orientación han sido pilares fundamentales, contribuyendo significativamente al desarrollo de nuestras habilidades y al logro de los objetivos propuestos.

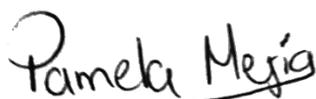
Declaración Expresa

Nosotras Pamela Mejía y Ginger Vargas acordamos y reconocemos que:

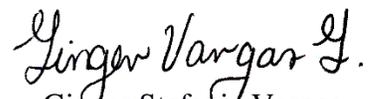
La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, 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 nosotras durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a 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, 31 de enero de 2024.



Pamela Lisbeth Mejía
Montero



Ginger Stefania Vargas
Gómez

Evaluadores

Andrea Ortega, MSc.

Profesor de Materia

Karín Coello Ojeda, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

En respuesta a la creciente búsqueda de opciones alimenticias más saludables por parte de jóvenes y adultos, la torta de sacha inchi, obtenida por prensado en frío del aceite de sacha inchi, se presenta como una alternativa viable. Esta torta tiene un apreciable contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos polinsaturados por lo que la incorporación de la harina de sacha inchi como ingrediente mejoraría la calidad nutricional de los productos alimenticios. El presente proyecto se centró en la aplicación de la harina de sacha inchi desengrasada en tres niveles distintos de 0%, 5% y 10% para la formulación de galletas de masa fermentada, evaluando propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las mismas. Entre las características evaluadas se analizaron: humedad, actividad de agua, textura y color de las galletas horneadas y se calculó su composición proximal, azúcares y contenido de sodio en las tres formulaciones desarrolladas. Para complementar este trabajo se realizó un estudio preliminar de vida útil. Los resultados indicaron que a mayor contenido de harina de sacha inchi en la formulación, la actividad de agua y el pH de las galletas se redujeron, manteniendo el contenido de humedad y la dureza sin cambios significativos. Teóricamente el contenido de proteínas se incrementa hasta en un 46% más que el control, mientras que los demás parámetros del análisis proximal no varían significativamente. Con respecto a las pruebas sensoriales, el 85% de panelistas prefirieron el tratamiento con 5% de harina de sacha inchi. Al evaluar la estabilidad de las galletas durante 15 días a una temperatura de 50°C y una humedad relativa de 65%, se observó que la dureza de todas las galletas disminuyó durante este almacenamiento. Según el nivel incorporado de harina de sacha inchi, se ve afectada la calidad físicoquímica y sensorial de las galletas.

Palabras Clave: Harina de sacha inchi, proteínas, propiedades fisicoquímicas, galletas cracker.

Abstract

There is a growing demand for healthier food options for both young people and adults. Sacha inchi cake, made by cold pressing sachu inchi oil, is a promising alternative. It contains high levels of proteins, essential amino acids and polyunsaturated fatty acids, which could help improve the nutritional quality of food products.

This project focused on incorporating defatted sachu inchi flour into sourdough cookies at three different levels: 0%, 5%, and 10%. The cookies were evaluated for their physicochemical and sensory properties, such as humidity, water activity, texture, and color. Their proximal composition, sugars and sodium content were also analyzed. A preliminary study was conducted to assess the cookies' useful life.

The results demonstrated that increasing the sachu inchi flour content reduced water activity and pH while maintaining moisture content and hardness. The protein content theoretically increased by up to 46% more than the control, while other proximal analysis parameters did not vary significantly. The sensory tests revealed that 85% of the panelists preferred the treatment with 5% sachu inchi flour.

During storage at a temperature of 50°C and a relative humidity of 65% for 15 days, the hardness of all cookies decreased. The physicochemical and sensory quality of the cookies was affected depending on the level of sachu inchi flour that was incorporated.

Keywords: Sachu inchi flour, proteins, physicochemical properties, cracker cookies

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	4
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
1.4 Marco teórico.....	5
Capítulo 2.....	10
2. Metodología.....	11
2.1 Pretratamiento de la torta de sachá inchi.....	11
2.2 Proceso de elaboración de galletas de masa fermentada con harina de torta de sachá inchi baja en grasa.....	11
2.3 Análisis fisicoquímicos.....	14
2.4 Cálculo del contenido teórico proximal de los tres tratamientos de galletas.....	15
2.5 Estudio preliminar de vida útil.....	16
2.6 Evaluación sensorial.....	16

Capítulo 3.....	18
3. Resultados y análisis	19
3.1 Análisis fisicoquímicos de las galletas de masa fermentada	19
3.1.1 Humedad y actividad de agua	19
3.1.2 pH.....	21
3.1.3 Colorimetría CIE.....	22
3.1.4 Análisis de dureza y crujencia de las galletas	24
3.2 Contenido teórico proximal de las galletas	25
3.3 Estudio preliminar de vida útil.....	26
3.4 Aceptación sensorial de las galletas con harina de sachá inchi	29
3.5 Costos estimados y P.V.P.	31
Capítulo 4.....	33
4. Conclusiones y recomendaciones	34
4.1 Conclusiones.....	34
4.2 Recomendaciones.....	35
Referencias.....	37
Apéndices.....	42

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

M Muestra

HSI Harina de sachá inchi

GSIN0 Galletas de sachá inchi al 0%

GSIN5 Galletas de sachá inchi al 5%

GSIN10 Galletas de sachá inchi al 10%

Simbología

Aw	Actividad de agua
pH	Potencial de Hidrógeno
ϕ	Diámetro
φ	Espesor
N	Newton
g	gramos
%	Porcentaje

Índice de figuras

Figura 1 <i>Diseño de las galletas de masa fermentada</i>	12
Figura 2 <i>Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas de masa fermentada con..... harina de torta de sachá inchi baja en grasa</i>	13
Figura 3 <i>Cambios en la dureza de las galletas a lo largo del tiempo de almacenamiento</i>	27
Figura 4 <i>Preferencias entre las muestras con harina de sachá inchi</i>	29
Figura 5 <i>Aceptación global de las galletas en una escala hedónica</i>	30
Figura 6 <i>Costo de fabricación</i>	31
Figura 7 <i>Gastos de venta y alquiler</i>	32
Figura 8 <i>Costos fijos y variables</i>	32

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Propiedades químicas de la torta prensada</i>	6
Tabla 2. <i>Composición de aminoácidos de torta prensada</i>	6
Tabla 3. <i>Requisitos bromatológicos de galletas</i>	9
Tabla 4. <i>Escala hedónica de 9 puntos utilizada en el panel sensorial</i>	17
Tabla 5. <i>Contenido de humedad y actividad de agua de.....</i> <i>galletas con harina de sachá inchi</i>	21
Tabla 6. <i>Valores de pH en tres muestras de galletas con harina de sachá inchi</i>	22
Tabla 7. <i>Valores de colorimetría en la superficie y en el interior de las.....</i> <i>galletas con harina de sachá inchi</i>	23
Tabla 8. <i>Resultados en la dureza y crujencia de las galletas</i>	24
Tabla 9. <i>Resultados del cálculo de contenido teórico proximal para cada tratamiento</i>	26

Capítulo 1

1. Introducción

El cambio en las tendencias de consumo en jóvenes y en adultos ha impulsado a las industrias del sector alimentario a desarrollar productos que integren nutrientes esenciales en la dieta para fomentar un estilo de vida saludable (Rodríguez et al., 2021).

Durante el primer semestre del 2022, en el Ecuador se observó un notorio aumento en la adquisición de productos de carácter saludable, la compra de galletas tuvo un incremento del 20%, destacándose entre los productos altamente valorados en el comercio de la mayor parte de los mercados globales (Coba, 2022). Según Mordor Intelligence (2023), el mercado de galletas se estima en USD 117.05 mil millones y se mantiene estable. No obstante, la harina de trigo se posiciona como la principal materia prima en la producción industrial de galletas. A medida que aumenta el interés a nivel mundial por el consumo de galletas elaboradas con ingredientes esenciales como las harinas, también se intensifica la preocupación por la alimentación saludable.

Por otra parte, la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) que resulta de la extracción por prensado en frío del aceite de estas semillas, presenta una composición rica en proteínas con un 56.6%, 30.7% de carbohidratos y 4.1% de grasas (Díaz et al., 2021). Además, se destaca por la elevada presencia de aminoácidos tales como lisina, leucina, histidina, valina, triptófano, isoleucina y fenilalanina (Díaz et al., 2021).

Por tal razón, la harina derivada de la torta desengrasada de sachá inchi se presenta como un ingrediente versátil que tiene el potencial de usarse como ingrediente para mejorar la calidad nutricional de una variedad de productos alimenticios (Vásquez et al., 2017).

1.1 Descripción del problema

Según los datos presentados por Herrera et al. (2023), en el país se registra una producción total anual de 853 650 toneladas de aceite de sachá inchi con un rendimiento aproximado del 72% de torta desgrasada. La torta residual de sachá inchi es un recurso valioso y rico en nutrientes. Aunque es un valioso y abundante producto secundario la industria del aceite, con alto contenido de proteínas y otros nutrientes esenciales, se destina a la alimentación animal o suele desecharse, como afirma Lucas et al. (2021). Al desaprovecharse como ingrediente para la producción industrial de alimentos, tiene un impacto negativo en la eficiencia de la cadena productiva pues contribuye a la generación de residuos innecesarios teniendo pérdidas tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

1.2 Justificación del problema

Se explora nuevas aplicaciones, en productos alimenticios de consumo humano, para la harina de sachá inchi obtenida a partir de torta desengrasada.

La deficiencia de proteínas y vitaminas en la dieta de los ecuatorianos es muy común; algunas enfermedades se han desarrollado por estas deficiencias y por exceso de consumo de carbohidratos. Debido a esto, muchos consumidores están buscando opciones más amplias y nutritivas de sus refrigerios a medida que se convierten en una parte más importante de su dieta diaria (Maisont et al., 2021). En la última década, la harina de trigo se sustituyó por diversos ingredientes saludables procedentes de productos agrícolas (Kovaleva et al., 2021).

Con la creciente demanda de productos orientados a la salud, las galletas con ingredientes saludables ganan un interés cada vez mayor. El ingrediente principal de las galletas es la harina, por lo que las galletas tienen un alto contenido en carbohidratos y bajo contenido de proteínas. Por

tanto, la reducción de harina de trigo y la incorporación simultánea de harina de sachá inchi baja en grasa en galletas de masa fermentada podría aportar mejoras significativas tanto en el perfil nutricional como en la funcionalidad de estos productos.

Es esencial subrayar la importancia de llevar a cabo este proyecto, ya que impulsa al objetivo de desarrollo sostenible, desempeñando un papel crucial en la reducción del hambre. Facilitando el acceso a una alimentación más nutritiva especialmente para aquellos que se encuentran en situaciones de pobreza y vulnerabilidad, generando así un impacto positivo más amplio en la calidad de vida de estas comunidades.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar propiedades fisicoquímicas y sensoriales de galletas de masa fermentada enriquecidas con harina de sachá inchi baja en grasa con propiedades nutricionales mejoradas.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diseñar prototipos de galletas de masa fermentada con incorporación del 0%, 5% y 10% de harina de sachá inchi.
2. Analizar parámetros de humedad, actividad de agua, pH, color, dureza y crujencia de las galletas.
3. Calcular el contenido de proteínas, grasas totales, carbohidratos, fibra y cenizas en base a la formulación de las galletas.
4. Estimar la vida útil de las galletas evaluando los cambios de humedad y de textura.
5. Evaluar la aceptación sensorial de las galletas.

1.4 Marco teórico

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) es una oleaginosa silvestre que pertenece a la familia *Euphorbiaceae perenne* con una distribución que abarca desde América Central hasta la Amazonia. Su potencial como planta promisorio e industrializable radica en su notable contenido de ácidos grasos esenciales insaturados, entre los cuales destaca el omega 3 en forma de ácido alfa-linoleico, constituyendo aproximadamente el 50%, omega 9 en forma de ácido oleico, representando el 8% en peso del aceite, un 27.4% de proteína, un 4% de cenizas y alrededor del 50% de aceite. Por lo que, las poblaciones andinas han incorporado este fruto en preparaciones tradicionales, como sopas y galletas, así como en alimentos para niños. En particular, en Perú, se ha destacado su utilización para la obtención de aceite mediante diversos métodos, y la producción de harina por atomización. Esta harina se aprovecha en la elaboración de comidas, bebidas y snacks, sirviendo como una fuente rica en ácidos grasos esenciales (D.C. Vásquez et al., 2017).

El creciente interés de los consumidores en este producto, motivado por sus propiedades nutricionales y su perfil lipídico, ha impulsado un aumento en la demanda de la industria de los aceites vegetales, llevando consigo una expansión en su explotación comercial. Para la obtención del aceite, se aplican métodos como el prensado en frío o mediante el uso de solventes, generando como subproducto sólido lo que se conoce como torta residual que conserva cualidades nutricionales de la semilla (D.C. Vásquez et al., 2017). Actualmente, este subproducto se usa como materia prima en concentrados y, en otros casos, se cataloga como desecho (Carreño et al., 2021). La torta de sachá inchi puede tener una composición de aminoácidos que llega a superar la ingesta recomendada por la FAO para adulto. En la Tabla 1 se observa algunas *propiedades químicas de la torta prensada* (Rawdkuen et al., 2016).

Tabla 1.*Propiedades químicas de la torta prensada*

Composición (g/100g)	
Fibra dietética	11.06
Almidón	2.15
Azúcar total	4.18
Contenido fenólico total (mg CCE/100 g peso seco)	0.51
Contenido de saponinas (mg de saponinas/g de extracto)	0.27

Nota. Tomado de Rawdkuen et al. (2016).

Además, en la Tabla 2 se aprecia el contenido de los aminoácidos esenciales que posee esta torta (Rawdkuen et al., 2016; D. Vásquez et al., 2017); destacándose los niveles en lisina, histidina y leucina.

Tabla 2.*Composición de aminoácidos de torta prensada*

Aminoácido (mg/100g)	
Histidina	9334.50 ± 523.97
Isoleucina	3873.00 ± 147.80
Leucina	7223.50 ± 177.48
Lisina	17849.00 ± 883.88
Metionina	624.21 ± 14.71
Fenilalanina	3183.50 ± 17.68
Treonina	1733.50 ± 95.46
Triptófano	3279.50 ± 13.44
Valina	3361.00 ± 335.17

Nota. Tomado de D. Vásquez et al. (2017).

Aunque la torta de sachá inchi cuenta con un valor nutricional considerable, su aplicación se encuentra restringida, posiblemente a causa de su sabor amargo-astringente asociado al

contenido de factores anti-nutricionales como saponinas o taninos. Vale la pena señalar que algunos de estos factores son sensibles al calor, sugiriendo así que la aplicación de un tratamiento térmico podría potenciar la asimilación de sus nutrientes (Taïpe et al., 2022)

En las semillas de sachá inchi se puede encontrar fitotoxinas principalmente lectinas que son proteínas que se unen a carbohidratos (Torres et al., 2023). Aunque numerosas lectinas presentes en plantas pueden resultar tóxicas, en las semillas de sachá inchi parecen no tener efectos perjudiciales para los seres humanos. Esto se evidencia en el consumo histórico de semillas tostadas de sachá inchi por parte de las poblaciones nativas de la selva del Amazonas. Si bien se ha informado de la presencia de saponinas (~27 mg/kg), alcaloides (~485 mg/kg) y lectinas (~0,22 ng/kg) en las semillas de sachá inchi frescas, pero el tostado permite reducirlos (Torres et al., 2023).

En los últimos años, las galletas que tienen un perfil saludable se han vuelto muy populares, sin embargo, la búsqueda de materias primas no tradicionales para aumentar el valor nutricional sigue siendo relevante (Kovaleva et al., 2021). Y entre las tendencias en productos horneados, está el aumento del contenido proteico y reducir los niveles de grasas saturadas, la torta de sachá inchi se ha utilizado como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan y galletas (Torres et al., 2023).

Esta incorporación en las formulaciones aumentó significativamente las concentraciones de minerales, fibra, lípidos poliinsaturados y proteínas, y disminuyó el contenido de carbohidratos. En la elaboración de pan dulce, la sustitución parcial (hasta un 10%) de la harina de trigo por harina de sachá inchi resultó en una buena aceptación sensorial. Asimismo, se utilizó con éxito para reemplazar el 50% de la harina de trigo en la formulación de galletas. Los productos obtenidos

tenían el doble de contenido proteico que las galletas hechas solo con harina de trigo (Torres et al., 2023).

Una galleta es un producto horneado que se caracteriza por estar hecho de harina de trigo u otro farináceo. Las galletas de masa dura se caracterizan por su sabor salado, careciendo de azúcar o siendo ligeramente dulces. En el caso de las galletas saladas, su preparación incluye ingredientes como harina de trigo, agua, levadura o agentes leudantes, además de añadidos de grasas, azúcar y otros elementos enriquecedores (Davidson, 2016).

Las galletas saladas de masa fermentada son uno de los rubros más importante de galletas que la industria galletera pone en el mercado. Este producto es fermentado a base de levadura, y durante esta ocurren cambios que afectan el sabor, la textura y la apariencia de la galleta, además de generar modificaciones en el gluten y en la reología de la masa (Villanueva, 1994). Sus características destacan por ser delgadas, crujientes y escamosas, son de tamaño pequeño (generalmente 75 milímetros o menos de diámetro) y hechas en varias formas, comúnmente redondas o cuadradas. A menudo se hacen colocando capas de la masa, lo que les da una textura aireada y crujiente. Además, muchas galletas tendrán agujeros para evitar que se formen burbujas de aire, por lo que mantienen su forma plana (Davidson, 2016). Entre los tipos clásicos de galletas de masa fermentada esta: Galletas de agua, de soda, de queso, Graham, pan crujiente y saltinas (Whiteley, 2017).

La estructura exitosa de una galleta cracker depende, en última instancia, de la capacidad para formar una pila de finas capas de masa en cada porción de masa que se separan en el horno. La masa debe ser lo suficientemente suave y extensible para formar una buena lámina que pueda reducirse en grosor hasta la etapa de laminado. Después del laminado, la extensibilidad de la masa

debe ser tal que el calibrado adicional antes del corte no rompa las hebras de gluten, provocando la pérdida de la estructura laminar (Manley, 2011).

En cuanto a la fermentación, los tiempos varían considerablemente. Existe, por supuesto, una similitud entre la fermentación de la masa de los crackers y la del pan, pero los requisitos finales no son los mismos y esto debe recordarse claramente. Durante la fermentación, el gluten se estira y al mismo tiempo se ablanda tanto física como químicamente. La acción enzimática descompone parte del almidón y la mayoría de los azúcares presentes. Hay un aumento en la acidez que puede tener un efecto en el sabor de la galleta horneada. Las masas típicas de crackers tienen un pH de aproximadamente 6.0 (Manley, 2011).

Según el INEN (2005), las galletas deben cumplir con los requisitos bromatológicos de la Tabla 3.

Tabla 3.

Requisitos bromatológicos de galletas

Requisitos	Min	Max
pH en solución acuosa al 10%	5.5	9.5
Proteína % (%N x 5.7)	3.0	--
Humedad %	--	10

Nota. Tomado de INEN (2005).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Pretratamiento de la torta de sachá inchi

La torta desengrasada de sachá inchi fue proporcionada por un proveedor local que comercializa aceite de esta planta y se la obtiene luego del prensado en frío de las semillas. Para obtener una harina con características organolépticas mejoradas y bajos niveles de antinutrientes que están presentes en la torta original, es necesario someter a la misma a un proceso de remojo y la aplicación de tratamientos térmicos. Estos tratamientos constaron de un baño maría a temperaturas por debajo de los 100 grados seguido de la cocción de la torta a una temperatura de ebullición. Se seca mecánicamente hasta obtener la humedad óptima y se tamiza. Luego de este pretratamiento, se obtuvo la harina de sachá inchi, lista para su aplicación en la formulación de galletas de masa fermentada.

2.2 Proceso de elaboración de galletas de masa fermentada con harina de torta de sachá inchi baja en grasa

A continuación, se describen las etapas del proceso para obtener las galletas de masa fermentada.

Recepción y pesado

En esta etapa, se pesan por separado las materias primas y el resto de los ingredientes. La materia prima principal es la harina de trigo, parte de la cual será sustituida por un porcentaje de la harina de sachá inchi obtenida en la fase previa. Otros ingredientes son: la mantequilla, sal, levadura, agua y azúcar que se pesan de acuerdo a la fórmula definida. Para la aplicación de la harina de sachá inchi se adicionó en proporciones de 0%, 5% y 10%. La fórmula al 0% se consideró el control o referencia.

Mezclado y amasado

Durante este proceso se mezcló y amasó las materias primas e ingredientes en un orden preestablecido. Se realizó un amasado constante, asegurándose de incorporar cada ingrediente hasta lograr la incorporación completa de los materiales con la consecuente formación de una masa de textura consistente.

Fermentación

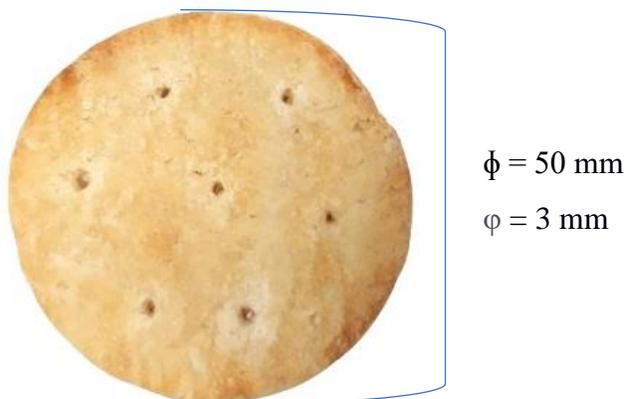
La masa se ingresa a una cámara de fermentación estática para leudar en reposo de 2 horas a 35 grados. Finalizado el tiempo de fermentación, las masas se retiran de la cámara.

Laminado y moldeado

Esta fase se realizó de manera manual. Para facilitar el proceso de laminación manual, la masa se divide en partes, y se va laminando, pasando el rodillo varias veces sobre la masa fermentada hasta alcanzar un grosor de 2 mm. Las láminas de masa se cortan con un troquel circular de 50 mm de diámetro para conseguir además pequeñas perforaciones circulares internas en cada unidad (Figura 1).

Figura 1

Diseño de las galletas de masa fermentada



Nota. Autoría propia.

Horneo

El horno se precalentó a 200°C aproximadamente. La masa cruda conformada en unidades de galletas fue introducida al horno por aproximadamente 10 minutos hasta que adquirió un tono dorado.

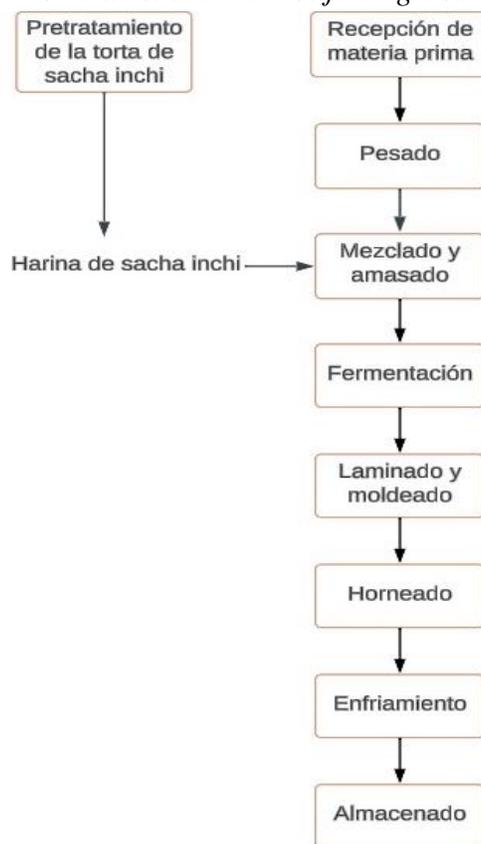
Enfriamiento y Almacenado

Al salir del horno, las galletas se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron de modo que se evitara el contacto con el vapor de agua del ambiente circundante.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas de masa fermentada.

Figura 2

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas de masa fermentada con harina de torta de sachá inchi baja en grasa



Nota. Autoría propia.

2.3 Análisis fisicoquímicos

Se evaluaron parámetros tales como: humedad, actividad de agua, pH, color, dureza y crujencia de las galletas al 0, 5 y 10% de aplicación de harina de sachá inchi. Estos análisis se ejecutaron con el propósito de comprender el impacto de aplicar la harina de sachá inchi en tres niveles distintos y cómo se afectan estas propiedades en las galletas de masa fermentada. Cada tratamiento de incorporación de harina de sachá inchi se analizó por triplicado.

2.3.1 Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se colocó 5g de muestra en una termobalanza debidamente calibrada y se repitió tres veces.

2.3.2 Determinación de actividad de agua, A_w

La actividad de agua fue determinada mediante un equipo AquaLab-Serie tres. Se procedió con la correspondiente calibración del equipo y a continuación las muestras de galletas se depositaron en la celda del equipo para realizar las lecturas correspondientes.

2.3.3 Determinación de pH

Se procedió a la evaluación del pH de las galletas utilizando el pH-metro “Thermo Scientific-Orion 5 Star”. El peachímetro se calibró empleando soluciones buffer correspondientes. Una vez completada la calibración, se tomó 1 g de galleta molida y se mezcló con 10 ml de agua destilada, manteniendo una agitación constante para evitar la sedimentación de la solución, procedimiento que se replicó dos veces más.

2.3.4 Determinación de color

Se empleó el colorímetro 3NH para identificar el color de la superficie y de la miga de las galletas, previa calibración del equipo antes de realizar las mediciones correspondientes. Este

análisis incluyó la toma de mediciones en la superficie de las galletas y de su interior, obteniendo así resultados de parámetros como L^* , a^* y b^* .

2.3.5 Determinación de dureza y crujencia

El análisis de la dureza y de la crujencia de las galletas se llevó a cabo mediante una prueba de compresión utilizando un texturómetro marca Brookfield. Para evaluar se empleó una sonda en forma de cuchilla y se consideró el diámetro y espesor de las galletas.

2.4 Cálculo del contenido teórico proximal de los tres tratamientos de galletas

El cálculo del contenido proximal se lo realizó de manera teórica para una porción determinada de galletas al 0%, 5% y al 10% de harina de sachá inchi. A continuación, se detallan los pasos seguidos para el cálculo:

- **Recopilación de datos de composición química y nutricional**

Mediante fuentes bibliográficas, se obtuvieron los datos sobre la composición química y nutricional de cada ingrediente incorporado a la formulación de las galletas.

- **Diseño de ecuaciones y fórmulas para hoja de cálculo Excel**

Con la ayuda del programa de hojas de cálculo Excel de Microsoft, se diseñaron ecuaciones estandarizadas para cuantificar por separado los valores de cada componente de las galletas.

- **Determinación teórica de componentes químicos y nutricionales de las galletas**

Utilizando los datos de composición química recopilados y la herramienta digital Microsoft Excel, se calculó el contenido proximal para cada nivel de sustitución. Donde se incluyeron los valores de humedad, proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas, fibra y sodio. De manera adicional se calculó el aporte calórico para cada tratamiento.

2.5 Estudio preliminar de vida útil

Para evaluar de manera preliminar la vida útil de las galletas, se aplicó el método de prueba acelerada, almacenando varias muestras de cada tratamiento a 50°C y una humedad relativa de 65%. Estas condiciones se determinaron con el propósito de estresar el producto y a su vez precautelando la mínima fusión de grasa contenida en las galletas. Durante 15 días, se midió la dureza y el porcentaje de humedad de las galletas en periodos determinados.

2.6 Evaluación sensorial

En esta sección, el primer paso consistió en definir el tipo de prueba que se realizaría según los objetivos de la investigación. En este sentido, se identificó una evaluación de aceptación, para la cual se aplicó una prueba hedónica.

Prueba Hedónica

Esta prueba se aplicó para determinar el nivel de agrado asociado con los tres tratamientos de galletas. Para efectos de la prueba se identificó cada muestra con un código. Se implementó una escala hedónica de 9 puntos como se muestra en la Tabla 4 para facilitar la evaluación por parte de los 33 jueces no entrenados que participaron en el estudio.

Además, se le solicitó a cada juez proporcionar justificaciones detalladas de las razones que respaldaban sus calificaciones para cada muestra. Este enfoque no solo proporciona una evaluación cuantitativa, sino que también profundiza en la comprensión cualitativa de las preferencias y percepciones de los consumidores.

Tabla 4.*Escala hedónica de 9 puntos utilizada en el panel sensorial*

Escala	Puntaje
Me gusta muchísimo	+4
Me gusta mucho	+3
Me gusta moderadamente	+2
Me gusta ligeramente	+1
Ni me gusta ni me disgusta	0
Me disgusta ligeramente	-1
Me disgusta moderadamente	-2
Me disgusta mucho	-3
Me disgusta muchísimo	-4

Nota. Autoría propia.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

A continuación, se exponen los resultados obtenidos a partir de las muestras de galletas sujetas a tres tratamientos experimentales: galletas con 0% (GSIN0), con 5% (GSIN5) y con 10% (GSIN10) de harina de sachu inchi con sus respectivos análisis.

3.1 Análisis fisicoquímicos de las galletas de masa fermentada

3.1.1 Humedad y actividad de agua

La información se presenta en la Tabla 5. En cuanto al contenido de humedad no hubo variaciones significativas entre el control y los tratamientos GSIN5 y GSIN10. En este caso, el valor correspondiente a GSIN5 es de 3.94%, mientras que GSIN0 y GSIN10 exhibieron datos similares de 4.05% y 4.08% respectivamente. El tratamiento GSIN10 pudo haber absorbido humedad del ambiente antes del análisis, lo que pudo influir en la precisión de estos resultados. De acuerdo con datos recopilados de otras fuentes, se ha registrado un contenido de humedad del 1.99% en galletas con un 50% de harina de sachu inchi (Vásquez et al., 2017), de manera que el método de almacenamiento y empaque es crucial para preservar la calidad de las galletas.

La actividad de agua (A_w) experimentó variaciones en los tres tratamientos, oscilando entre 0.44 y 0.28. Se evidenció una disminución en el contenido de A_w a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución de harina de sachu inchi. Es importante destacar que las galletas sustituidas con esta harina exhibieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en comparación con la muestra control. Por consiguiente, existe evidencia suficiente para afirmar que la actividad de agua en las galletas con sustitución difiere de las que contienen solo harina de trigo. En comparación con la investigación de Vásquez-Cabral et al. (2018), se observaron valores de actividad de agua en las muestras de galletas, las cuales experimentaron una sustitución parcial

con harina de camote. Los resultados indicaron una A_w de 0.45 para el contenido del 50% de harina de camote, en contraste con la muestra control que registró un valor de 0.51.

En este contexto, cabe destacar que las galletas saladas tradicionales presentan valores de actividad de agua en el rango de 0.46 a 0.54 (Schmidt y Fontana, 2020).

Resulta relevante señalar que, si bien las galletas convencionales sin sustitución de harina ya exhiben niveles relativamente bajos de actividad de agua, la introducción de harina de sachá inchi en la formulación puede potenciar aún más la disminución de este parámetro. Esta disminución adicional podría ser un atributo beneficioso para la calidad del producto, ya que niveles más bajos de actividad de agua suelen asociarse con una mayor frescura y una menor susceptibilidad a la proliferación microbiana.

Por otro lado, según el reporte de Martínez (2022), se registró un índice de absorción de agua de 7.38 ± 0.05 para la harina de sachá inchi. Este valor, notablemente elevado en comparación con otras harinas oleaginosas, presenta una proximidad significativa al índice observado en la harina de trigo. Maisont et al. (2013), nos indica que “Durante el proceso de gelatinización, los gránulos de almidón en suspensión absorben agua, se hinchan y finalmente se solubilizan” (p. 4). Puesto que, la capacidad de absorción de agua es una propiedad muy importante en todas las harinas. Por lo que, la obtención de valores bajos en humedad y actividad de agua podrían implicar galletas más secas y crujientes. No obstante, es crucial evitar que estos valores sean excesivamente bajos, ya que resulta fundamental hallar un equilibrio. Una disminución significativa en el contenido de humedad y la A_w puede conllevar a problemas como la gelatinización incompleta del almidón durante el proceso, tal como indican Maisont et al. (2013) en sus investigaciones.

Tabla 5.

Contenido de humedad y actividad de agua de galletas con harina de sachu inchi

	HUMEDAD (%)	ACTIVIDAD DE AGUA
GSIN0	4.05 ± 0.80	0.44 ± 0.07
GSIN5	3.94 ± 0.94	0.32 ± 0.05
GSIN10	4.08 ± 1.03	0.28 ± 0.01

Nota. Autoría propia.

Adicionalmente, las galletas que incorporaron harina de sachu inchi demuestran ser adecuadas para su conservación, ya que mantienen niveles reducidos de humedad y cumplen con los requisitos específicos establecidos por la normativa INEN (2005). De acuerdo con dicha normativa, se estipula un límite máximo del 10% para el contenido de humedad, condición que estas galletas lograron satisfacer.

3.1.2 pH

En la Tabla 6 se aprecia claramente una disminución del pH de las galletas a medida que aumentó el porcentaje de aplicación de harina de sachu inchi baja en grasa. En el tratamiento GSIN5 se observó un pH de 6.02 mientras que el pH más bajo se registró en el tratamiento GSIN10, alcanzando un valor de 5.81. Esta variación en el pH de las galletas influyó directamente en el porcentaje de adición de harina de sachu inchi, hallazgo respaldado por otros estudios, como el de Chávez et al. (2020). Aunque no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos GSIN0 y GSIN5, se evidenciaron diferencias significativas en GSIN10.

Cabe indicar que el pH adecuado contribuye en el sabor y textura de las galletas, tal como señala Villanueva (1994). Además, al comparar con Cruz y Mendoza (2015), donde se destaca que el pH de las galletas sustituidas con un 10% de harina de arrocillo y harina de sachu inchi fue de

6.74. Este resultado afirmo en ese estudio que al agregar otros tipos de ingredientes ejerce una influencia notable en el pH de las galletas.

Asimismo, los valores de la tabla indican que los rangos de pH de los tres tratamientos se sitúan dentro de los límites establecidos por la norma INEN (2005), que requieren un pH entre 5.5 y 9.5 como requisito. Esta conformidad con la normativa subraya la viabilidad de los tratamientos en términos de pH y respalda la calidad del producto final.

Tabla 6.

Valores de pH en tres muestras de galletas con harina de sacha inchi

	pH
GSIN0	6.06 ± 0.04
GSIN5	6.02 ± 0.14
GSIN10	5.81 ± 0.04

Nota. Autoría propia.

3.1.3 Colorimetría CIE

La Tabla 7 muestra los resultados de las mediciones del color en la superficie y miga de las galletas. No se observaron diferencias en la luminosidad (L*) de la superficie y en el interior de las galletas en relación con la muestra control, que mostró un valor superior en comparación con GSIN5 y GSIN10 en ambos casos. De acuerdo a este resultado, la superficie y el interior de la galleta GSIN5 es más oscura que GSIN10 y que el control. La galleta GSIN0 exhibió una tonalidad más clara tanto en la superficie como en el interior, en contraste con GSIN5 y GSIN10 que presentaron tonos un poco más oscuros. No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre la luminosidad de la superficie de la muestra control y la muestra GSIN10, con tonalidades

claras en la superficie de las galletas. Según los resultados del estudio de Chávez et al. (2020), conforme aumenta el porcentaje de harina sustituida en las galletas, se intensifica el color, con una consecuente disminución de la luminosidad. Este fenómeno es similar al observado en galletas sustituidas con medusas y en aquellas parcialmente elaboradas con harina de arveja amarilla. Las variaciones de color entre los tratamientos se atribuyen principalmente a la reacción de Maillard durante el horneado (Suriya et al., 2017). Es destacable que GSIN5 exhibió un mayor pardeamiento o dorado en la superficie de las galletas.

En cuanto a los resultados observados de los parámetros a^* y b^* en la superficie y en el interior de las galletas, no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, si bien los valores de a^* y b^* obtenidos de la superficie de GSIN5 fueron ligeramente superiores a los de GSIN10 determinándose que GSIN5 es una galleta más oscura, rojiza y amarilla que GSIN10 y que el control. Además, GSIN5 y GSIN10 tienen un color amarillo más intenso que GSIN0, siendo GSIN5 la más amarilla de las tres.

GSIN10 tuvo una mayor proporción de sachá inchi, y presentó tonalidad amarilla menos intensa que GSIN5. Esto se atribuye a la falta de homogeneidad en el dorado y al tiempo de horneado, variables que difirieron entre ambos tratamientos.

Tabla 7.

Valores de colorimetría en la superficie y en el interior de las galletas con harina de sachá inchi

	Superficie		
	L	a^*	b^*
GSIN0	71.68 ± 3.23	4.57 ± 2.22	27.44 ± 3.19
GSIN5	64.47 ± 0.47	8.86 ± 4.02	29.99 ± 3.81
GSIN10	71.15 ± 0.31	6.21 ± 1.25	29.39 ± 0.98
	Interior		
	L	a^*	b^*
GSIN0	74.52 ± 3.43	3.53 ± 0.34	22.08 ± 2.24
GSIN5	69.21 ± 1.20	8.14 ± 3.96	27.05 ± 5.40
GSIN10	71.16 ± 1.61	5.28 ± 0.67	24.34 ± 2.64

Nota. Autoría propia.

3.1.4 Análisis de dureza y crujencia de las galletas

Los datos mostrados en la Tabla 8 indicaron que, a medida que se incorporó más harina desgrasada de sachá inchi en la formulación de las galletas, aumentó la dureza de las mismas desde 19.40 N a 26.13 N. Este hallazgo concuerda con la investigación de Jagersberger (2013), que también notó un aumento en la dureza de galletas sustituidas con harina de sachá inchi al 10% y 50%, registrando un rango de incremento de 0.36 N entre ellos. Estos resultados demostraron que a medida que se incorporó más de esta harina, las galletas se tornaron más duras. Del mismo modo, comparando la muestra control en el estudio de Jagersberger (2013) presentó bajos niveles de dureza, siendo más blandas. Con respecto a la cantidad de fracturas, se evidenció que tanto la muestra control como la muestra GSIN10 presentaron una cantidad promedio de 1 fractura, mientras que la GSIN5 registró un promedio superior de 2 fracturas. Estos resultados indican que, a mayor cantidad de fracturas, las galletas se encuentran más crujientes.

Es importante mencionar que Vásquez-Cabral et al. (2018), indicaron que la textura del producto final está estrechamente vinculada a la cantidad de grasa en las formulaciones.

Tabla 8.

Resultados en la dureza y crujencia de las galletas

	DUREZA (N)	CANTIDAD DE FRACTURAS
GSIN0	21.88 ± 1.19	1 ± 1.15
GSIN5	19.40 ± 5.37	2 ± 1.00
GSIN10	26.13 ± 0.37	1 ± 0.01

Nota. Autoría propia.

3.2 Contenido teórico proximal de las galletas

En la Tabla 9 se presenta el resultado del cálculo teórico del contenido proximal para cada formulación. Se confirma que a medida que aumenta la cantidad de harina de sachá inchi en la formulación, el porcentaje de humedad disminuye, coincidiendo con los datos obtenidos en la experimentación y lo mencionado sobre que esta harina retiene más agua.

El contenido proteico en las galletas con la harina de sachá inchi mantienen una relación proporcional, es decir, el porcentaje de proteína aumenta con una mayor sustitución. En un estudio relacionado, donde se elaboraron galletas con un 50% de incorporación de harina de sachá inchi, se logró un 18.25% de proteínas, en comparación con la muestra control que tuvo un 8.89%. Estos resultados concuerdan con nuestro estudio, pero también nos indican que se requiere una sustitución más significativa de harina de sachá inchi para obtener mayores valores de proteína (D.C. Vásquez et al., 2017).

De manera similar, la grasa en la composición del producto aumenta con la sustitución de harina de sachá inchi, siendo esta responsable del aumento debido a su contenido representativo de ácidos grasos esenciales (D.C. Vásquez et al., 2017).

Los valores de carbohidratos disminuyen con una mayor sustitución, pero se observa un incremento en el contenido de fibra en la composición de las galletas, lo cual es destacable. Si bien es cierto que, la harina de sachá inchi es el ingrediente que nos permite reducir los valores de carbohidratos, el azúcar presente en la composición es parte de estos valores y la cantidad en los tres tratamientos evaluados se mantiene constante, lo que justifica las sutiles variaciones.

En cuanto a los valores obtenidos de cenizas como un indicador de la cantidad de minerales contenidos en las galletas, lo relacionamos con sodio, el mineral que fue estudiado. Se puede ver que aumentan simultáneamente con los porcentajes de sustitución en las galletas.

Aunque se observa un aumento en las calorías a medida que se sustituye más harina, es importante señalar que este incremento va de la mano con una mejoría en el aporte nutricional.

Por último, de manera adicional se evaluó el aporte calórico, todo esto para una porción de 34 gramos. Se pudo observar que con mayor incorporación de harina de sachá inchi este valor aumenta ligeramente, pero es importante señalar que este incremento se asocia con una mejoría en el aporte nutricional.

Tabla 9.

Resultados del cálculo de contenido teórico proximal para cada tratamiento

Formulación	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	Sodio (mg)
CONTROL	12.18	2.10	1.54	16.41	0.56	0.58	170.91
GSIN (5%)	12.14	2.58	1.57	15.85	0.62	0.59	170.97
GSIN (10%)	12.11	3.06	1.61	15.28	0.68	0.61	171.02

Nota. Autoría propia.

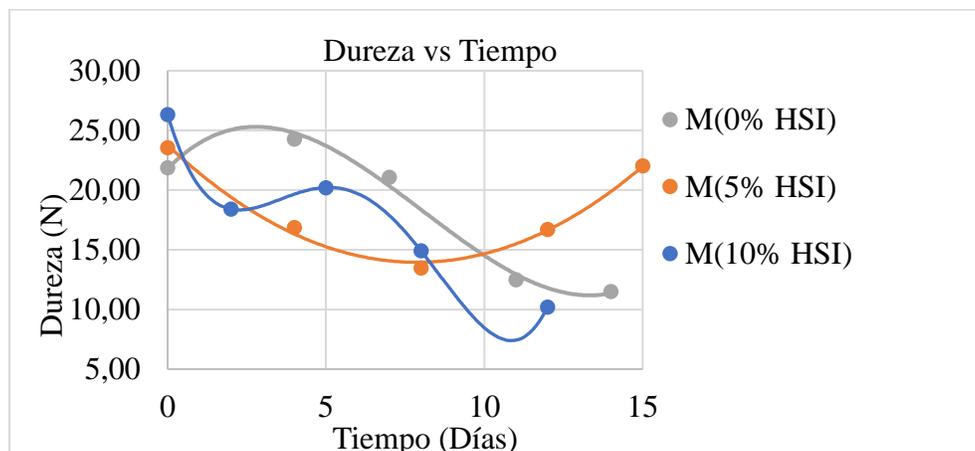
3.3 Estudio preliminar de vida útil

La textura es uno de los principales factores que contribuyen a la calidad sensorial de las galletas. La dureza, que es una de las características texturales más importantes para este tipo de productos, se midió como la fuerza máxima necesaria para quebrar las galletas (Qadri et al., 2018). La dureza de todas las galletas disminuyó durante los 10 primeros días de almacenamiento en las condiciones del estudio. Sin embargo, al finalizar dicho periodo, se observó que el tratamiento con un 5% de harina de sachá inchi tuvo un valor de dureza más alto en comparación con los demás tratamientos como se puede observar en la Figura 3.

La variabilidad observada puede atribuirse a factores propios del proceso de fabricación e incubación durante este estudio.

Figura 3

Cambios en la dureza de las galletas a lo largo del tiempo de almacenamiento



Nota. Autoría propia.

La disminución de la dureza sugiere que la textura de las galletas se vuelve más suave a medida que avanza el tiempo. Este cambio en la dureza podría atribuirse a diversos factores, como la absorción de humedad, reacciones químicas internas o alteraciones estructurales en la galleta durante el almacenamiento (Chowdhury et al., 2020).

La temperatura es un parámetro crucial en el almacenamiento de galletas y a su vez es relevante el entorno donde se almacenan. En entornos cálidos, las grasas en las galletas tienden a ablandarse, lo que puede resultar en una disminución de la dureza (Lekjing y Venkatachalam, 2019).

Las galletas, debido a su contenido relativamente bajo de agua, pueden absorber humedad del entorno circundante. Cuando la humedad relativa es alta, como fue el caso en el presente trabajo, las galletas pueden retener más agua, lo que podría provocar un aumento en el contenido de humedad de la masa y, en consecuencia, contribuir a una disminución en la dureza (Qadri et al., 2018).

Otro parámetro estudiado durante el almacenamiento de las galletas en condiciones controladas de temperatura y humedad, fue el porcentaje de humedad contenido en las muestras. Si se dejan expuestas, las galletas saladas en particular de tipo cracker son susceptibles a la humedad, lo que las vuelve propensas a cambios en su entorno, además, tienden a volverse rancias a medida que aumenta el porcentaje de humedad debido a la presencia de grasas en su composición (Rachtanapun, 2016). A pesar de ello, durante el periodo de este estudio, no se apreció sensorialmente algún cambio que hiciera sospechar de un proceso de rancidez oxidativa en las muestras almacenadas.

Hough et al. (2001) informaron que la textura general de los productos secos para snacks está controlada por su porcentaje de humedad. La temperatura y humedad relativa de almacenamiento influenciaron significativamente la tasa de absorción de humedad por parte de los productos secos durante el almacenamiento y, como consecuencia, afectó significativamente la calidad física de las galletas, lo cual concuerda con el estudio de Nagi et al. (2012). En el presente estudio la textura de las galletas tiende a suavizarse con el tiempo, posiblemente a factores como la absorción de humedad, ocasionados por la temperatura y humedad relativa durante el almacenamiento.

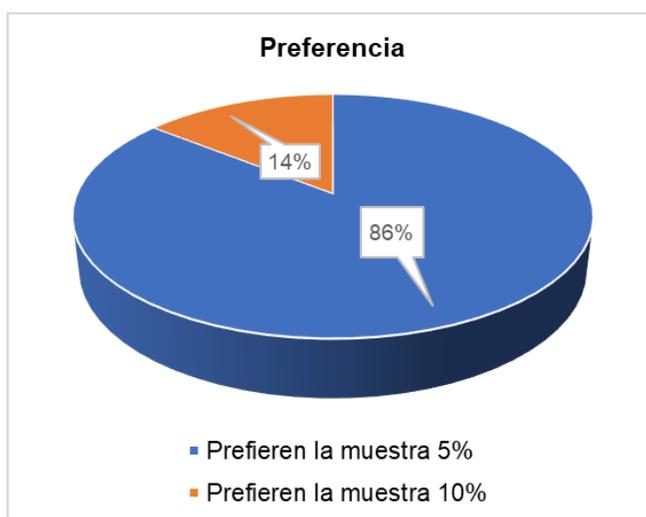
La influencia crítica de la temperatura y el entorno de almacenamiento en la textura de las galletas, destacada por estudios anteriores, subraya la importancia de considerar estos factores para garantizar la calidad y consistencia del producto durante su almacenamiento a largo plazo.

3.4 Aceptación sensorial de las galletas con harina de sachá inchi

Respecto al análisis sensorial, el tratamiento que incorporó un 5% de harina de sachá inchi mostró la mayor preferencia ya que, 86% de los jueces seleccionaron su preferencia frente a las galletas con 10%, como se visualiza en la Figura 4. Los resultados de la prueba hedónica se presentan en la Figura 5. La muestra GSIN0 recibió una mayor calificación, con un total de 27 puntos en la categoría “me gusta mucho”, seguido de la muestra GSIN5 que presentó un valor de 21, por último, GSIN10 con un puntaje de 9.

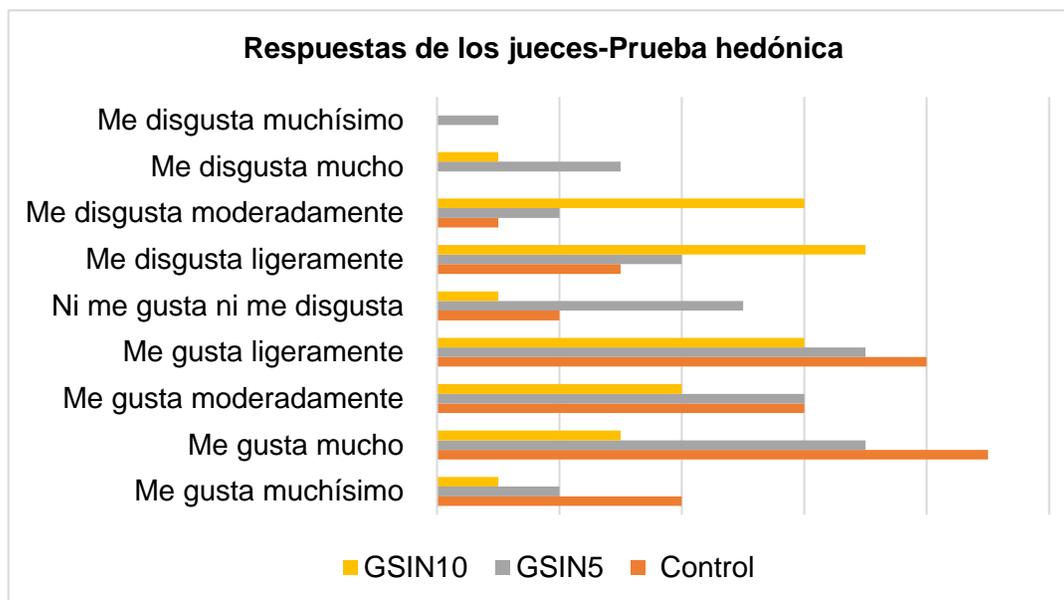
Figura 4

Preferencias entre las muestras con harina de sachá inchi



Nota. Autoría propia.

A través de un análisis de varianza, se determinó que existe diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en al menos uno de los tratamientos. En base a ello, se evidenció por medio del análisis de Tukey, al 95% de nivel de confianza, diferencias significativas con la muestra control, pero no entre los demás tratamientos, lo que indicaría que se podría incorporar 5 y 10% de harina de sachá inchi con igual preferencia de ambas galletas.

Figura 5*Aceptación global de las galletas en una escala hedónica**Nota. Autoría propia.*

En este estudio, la percepción común entre los participantes fue que las galletas sustituidas eran “aceptables en sabor” para los tres tratamientos, sin embargo, GSIN5 y GSIN10 eran “demasiado duras”, lo cual impactó negativamente en la preferencia de estas galletas. Comparando con el estudio de Vásquez et al. (2017), donde sustituyeron la harina de trigo por harina de sacha inchi en porcentajes del 50%, 75%, y 100% en la elaboración de galletas, se observó una tendencia similar. En este caso, la muestra control fue la más aceptada, seguida de la muestra con 50% de harina de sacha inchi. Los panelistas expresaron que la suavidad de la galleta disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de harina de sacha inchi, y también notaron que el producto se volvía más oscuro, lo que influyó en su apariencia y aceptación.

3.5 Costos estimados y P.V.P.

Se realizaron cálculos considerando el costo estimado por unidad de empaque de “galletas de sal con harina de sachu inchi”, con contenido neto de 32 g. Estos cálculos abarcaron diversos aspectos, desde la materia prima e ingredientes hasta la mano de obra directa, suministros, repuestos, gastos de ventas y alquiler, detallados en las Figuras 6, 7 y 8. El resultado arrojó un costo estimado por unidad de \$0.02, según se presenta en la Figura 8. Es importante destacar que el precio de venta al público (P.V.P.) de este producto se fijó en \$0.75.

Esta eficiencia en la gestión de costos reveló un costo de producción excepcionalmente bajo por unidad, lo cual es crucial al evaluar la viabilidad económica del producto y su potencial rentabilidad. Esta información, respaldada por el P.V.P., sugiere que existe un margen de ganancia de 35%. La diferencia substancial entre el costo y el precio de venta posiciona al producto de manera favorable en el mercado.

Figura 6

Costo de fabricación

Producción Mensual	5000 kg					
Producción Anual	60000 kg			Unidades/año		7500000
COSTOS DE MATERIA PRIMA E INGREDIENTES						
Año 1						
Materias primas e ingredientes	Unidad por MP utilizada	Utilizado por unidad producida	Costo Unitario	Producción (kg)/año	Consumo (kg)	Costo
Harina de trigo	kilos	0,225	\$ 2,29	13500	\$ 30.915,00	
Harina de sachu inchi	kilos	0,025	\$ 15,00	1500	\$ 22.500,00	
Azúcar	kilos	0,01	\$ 1,15	600	\$ 690,00	
Sal	kilos	0,005	\$ 0,49	300	\$ 147,00	
Mantequilla	kilos	0,02	\$ 6,88	1200	\$ 8.256,00	
Levadura	kilos	0,006	\$ 10,99	360	\$ 3.956,40	
Agua	kilos	0,12	\$ 0,01	7200	\$ 72,00	
Bicarbonato	kilos	0,0005	\$ 8,80	30	\$ 264,00	
TOTAL MATERIAS PRIMAS					\$ 66.800,40	
COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA						
Año 1						
	Sueldo mensual	FCS	# de trabajadores	Costo		
Jefe de producción	\$ 800,00	1,3	1	\$ 1.040,00		
Supervisor de turno	\$ 500,00	1,3	1	\$ 650,00		
Operador A	\$ 300,00	1,3	1	\$ 390,00		
Operador B	\$ 300,00	1,3	1	\$ 390,00		
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA				\$ 2.470,00		
COSTOS DE SUMINISTROS Y REPUESTOS						
Año 1						
	Unidad	Consumo por unidad producida	Costo fijo	Costo variable unitario	Producción (kg)/año	Consumo (kg)
Energía eléctrica	kwh	11,12	0 \$	0,08	66720,00	\$ 5.337,60
gas	cilindros	0,1	\$ 0,03	\$ 0,02	600,00	\$ 12,03
Agua	m3		100,8 \$	-	0,00	\$ 1.209,60
Varios (Material de ase)	unidad		6 \$	-	0,00	\$ 72,00
TOTAL SUMINISTROS Y REPUESTOS						\$ 6.631,23

Nota. Autoría propia

Figura 7
Gastos de ventas y alquiler

GASTOS DE VENTAS					Producción (kg/año)	60000
Expresado en US\$	Mensual	FCS	Producción (#)	Año 1 Costo	unidades/años	7500000
Sueldos vendedores	450	1	1	5400	precio unitario	\$ 0,75
Comisiones	0,30%	-	-	\$ 16.875,00		
Flete	-	-	-	2000		
TOTAL GASTOS DE VENTAS				24275		

GASTOS DE ALQUILER		
Expresado en US\$	Mensual	Año 1 Costo
Alquiler	4000	48000

Nota. Autoría propia

Figura 8
Costos fijos y variables

PARÁMETROS DE CÁLCULOS		COSTOS TOTALES	VALORES NORMALES	DISTRIBUCIÓN DEL COSTO				
FIJOS (%)	VAR (%)			FIJO	VAR			
		COSTOS DE FABRICACIÓN						
0,00%	100,00%	materias primas consumidas	\$ 66.800,40	\$ -	\$ 66.800,40			
90,00%	10,00%	mano de obra directa	\$ 2.470,00	\$ 2.223,00	\$ 247,00			
20,00%	80,00%	Suministros y repuestos	\$ 6.631,23	\$ 1.326,25	\$ 5.304,99			
				\$ -	\$ -			
				\$ -	\$ -			
		GASTOS DE VENTAS						
100,00%	0%	Sueldos vendedores	\$ 5.400,00	\$ 5.400,00	\$ -			
0%	100%	Comisión de vendedores	\$ 16.875,00	\$ -	\$ 16.875,00			
100%	0%	Fletes	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ -			
				\$ -	\$ -			
100%	0%	GASTOS DE ALQUILER	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ -			
			\$ 148.176,63	\$ 58.949,25	\$ 89.227,39			
CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN								
Costo unitario	=	Costos fijos	+	Costos Variables	=	\$ 58.949,25	+	\$ 89.227,39
		Total de productos producidos				7500000		
Costo unitario	=	\$	0,02					

Nota. Autoría propia

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La adición de harina de sachá inchi baja en grasa en la formulación de galletas de masa fermentada mejora el perfil nutricional y las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las galletas.
- Un mayor contenido de sachá inchi en la formulación de galletas de masa fermentada provocó, en general, la reducción de los niveles de actividad de agua y de pH. Solamente la adición del 10% de harina de sachá inchi produjo cambios significativos de pH y Aw con respecto al control. Mientras que, la humedad, dureza y crujencia de las galletas no cambió significativamente para ninguna de las formulaciones de este trabajo. Las galletas con 5% de harina de sachá inchi presentaron una mayor cantidad de fracturas, indicando una textura más crujiente en comparación con los demás tratamientos.
- La adición de harina de sachá inchi baja en grasa en la formulación de galletas de masa fermentada no afecta significativamente las coordenadas colorimétricas a^* ni b^* . No obstante, a través de CIELAB se pudo determinar que las galletas con 5% de la nueva harina tuvieron menos brillo, fueron más rojizas y amarillas tanto en la superficie y en el interior que las demás galletas analizadas.
- El cálculo del contenido proximal de las galletas arrojó como dato que el contenido de proteínas se incrementa hasta en un 46% más que el control, mientras que el nivel de los demás parámetros del análisis proximal permanece sin variar con excepción de los carbohidratos que muestran una ligera disminución a medida que se adiciona más harina de sachá inchi a la formulación de las galletas.

- El estudio preliminar de vida útil reveló que el aumento en el contenido de humedad conlleva a una disminución en la dureza de las muestras durante el periodo de almacenamiento. Aun así, el tratamiento con un 5% de sustitución mantuvo un valor de dureza superior al final del periodo de almacenamiento.
- La prueba de aceptación sensorial reveló que ambas formulaciones de galletas con harina desgrasada de sachá inchi obtuvieron el 55% de valoración positiva en la escala hedónica; mientras que, el 86% de los panelistas prefirieron las galletas con el 5% de harina de sachá inchi frente a las que contenían 10%.
- Este proyecto contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 de las Naciones Unidas “HAMBRE CERO” ya que la inclusión de harina de sachá inchi no solo aprovecha un subproducto, sino que también aborda la urgente necesidad de mejorar la nutrición en diversas poblaciones aprovechando un producto de alta demanda como las galletas para la introducción de nutrientes esenciales en la dieta diaria, elevando así los estándares nutricionales y beneficiando a aquellos que padecen malnutrición.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio de vida útil a distintas temperaturas con el fin de predecir la vida de anaquel de las galletas.
- Se recomienda estandarizar el proceso de elaboración del producto, ajustando la etapa de laminado de la masa y controlando el horneado de las galletas para garantizar una calidad de producto más uniforme y que los resultados de la investigación no sean influenciados por este factor.

- Se sugiere un estudio de optimización de la formulación en cuanto a la cantidad de ingredientes tales como azúcar y grasa, ya que su reducción podría afectar las propiedades reológicas de la masa y por ende producir galletas con una textura más crujiente.
- Se sugiere explorar niveles más altos de incorporación de harina de sachá inchi en la formulación de las galletas, aprovechando eficientemente este subproducto en la producción de galletas o productos similares con mejor perfil nutricional.

Referencias

- Carreño, L., Prada, S., Palencia, C., Pacheco, M., Salazar, A. M., Paz, H., Ramirez, L., & Casado, A. (2021). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de harina obtenida de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) para su potencial uso en el sector agroalimentario. In *Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo VI* (pp. 29–42). Editora Artemis. https://doi.org/10.37572/EdArt_3004213543
- Chávez, A.Y., Silva, R.J., & Pampa, N.B. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas enriquecidas con harina de castaña (*Bertholletia excelsa*). *Peruvian Agricultural Research*, 2(1), 21-28.
- Chowdhury, K., Khan, S., Karim, R., Obaid, M., & Hasan, G. (2020). Quality and Shelf-Life Evaluation of Packaged Biscuits Marketed in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 47(1), 29–42. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v47i1.10717>
- Coba, G. (2022). Tras la pandemia, aumenta el consumo de productos saludables. *PRMICIAS*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/consumo-productos-saludables-ecuador/>
- Cruz, C., & Mendoza, J. (2015). *Elaboración de galletas con harina de arrozillo (*Oryza sativa*) y harina de sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) con sustitutos parciales en su formulación* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4c1a0c33-1f96-4e4d-b626-94ed269c2d35/content>
- Davidson, I. (2016). The Biscuits. In *Biscuit Baking Technology* (pp. 1–34). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804211-3.00001-7>
- Díaz, M., Rojas, M.A., Hernández, J.E., Linares, J.L., Durand, L.M., & Moscoso, J.E. (2021). Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

- peletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), 1-12. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654>
- Herrera, M.J., Núñez, R.V., Navarrete, C.M. & López, P.J. (2023). Elements of a costing system for sachá inchi production. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(1), 1-16. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n1/58>
- Hough, G., Buera, M., Chirife, J., & Moro, O. (2001). Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. *Journal of Texture Studies*, 32(1), 57–74. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2001.tb01034.x>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2005). *Galletas. Requisitos*. (NTE INEN 2085). <https://ia904701.us.archive.org/13/items/ec.nte.2085.2005/ec.nte.2085.2005.pdf>
- Jagersberger, J. (2013). *Development of novel products on basis of sachá inchi-use of press cake and hulls* [Tesis de maestría, Universität Wien]. Repositorio institucional Utheses <https://phaidra.univie.ac.at/open/o:1295733>
- Kovaleva, A., Galchenko, S., & Kolchanov, A. (2021). Development of technology and formulation of cracker of high nutritional value. *BIO Web of Conferences*, 32, 03-13. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213203013>
- Lekjing, S., & Venkatachalam, K. (2019). Influences of storage time and temperature on sensory and measured quality of green gram savory crackers. *LWT*, 113, 108310. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108310>
- Lucas, J.M., León, I.R. & Bernal, J.J. (2021). Harina de torta de “Sachá Inchi” (*Plukenetia volubilis*) en dietas balanceadas para juveniles de camarón (*Penaeus vannamei*). *Revista de las Agrociencias*, 13(2), 16-29. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.3059

- Maisont, S., Samutsri, W., Phae-ngam, W., & Limsuwan, P. (2021). Development and Characterization of Crackers Substitution of Wheat Flour with Jellyfish. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.772220>
- Manley, D. (2011). Cream crackers. In Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (pp. 279–292). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857093646.3.279>
- Martínez, P.A. (2022). *Caracterización de las propiedades tecnológicas de la torta residual de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.): para su aprovechamiento en un producto panificado* [Trabajo de grado, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle.
- Mordor Intelligence. (2023). Tamaño del mercado de galletas y análisis de acciones tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028). URL <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/biscuits-market>
- Nagi, H., Kaur, J., Dar, B., & Sharma, S. (2012). Effect of Storage Period and Packaging on the Shelf Life of Cereal Bran Incorporated Biscuits. *American Journal of Food Technology*, 7(5), 301–310. <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.301.310>
- Qadri, T., Hussain, S., Rather, A., Amin, T., & Naseer, B. (2018). Nutritional and storage stability of wheat-based crackers incorporated with brown rice flour and carboxymethyl cellulose (CMC). *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1117–1128. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1485033>
- Rachtanapun, P. (2016). Shelf-life study of salted crackers in pouch by using computer simulation models (34; 2). www.science.cmu.ac.th/journal-science/josci.html
- Rawdkuen, S., Murdayanti, D., Ketnawa, S., & Phongthai, S. (2016). Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sacha inchi seeds. *Food Bioscience*, 15, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.004>

- Rodríguez, J.I., Vega, K.I. & Solorzano, S.S. (2021). Sacha inchi oil: enhancer of non-traditional exports in Ecuador. *RECIAMUC*, 5(1), 491-510. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/5>
- Schmidt, S., & Fontana, A. (2020). Water activity values of select food ingredients and products. En, V. Barbosa (Ed.), *Water activity in foods: Fundamentals and applications* (pp. 573-591). John Wiley & Sons, Inc.
- Suriya, M., Rajput, R., Reddy, C. K., Haripriya, S., & Bashir, M. (2017). Functional and physicochemical characteristics of cookies prepared from *Amorphophallus paeoniifolius* flour. *Journal of food science and technology*, 54(7), 2156 - 2165. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2656-y>
- 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
- Torres, E. G., Hernández, B., & Gutiérrez, L. F. (2023). Sacha inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. In *Food Reviews International* (Vol. 39, Issue 1, pp. 148–159). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>
- Vásquez, D.C., Jaramillo, J.D., Hincapié, G.A., Vélez, L.M. (2017). *Desarrollo de galletas empleando harina de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) obtenida de la torta residual*. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 23, 101-113.
- 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>

- Vásquez-Cabral, K., Quiñonez-Rutiaga, O.M., Trancoso-Reyes, N., Pensabén-Esquivel, J.M., & Ochoa-Martínez, L.A. (2018). Evaluación sensorial y propiedades fisicoquímicas de galletas suplementadas con harina de camote (*ipomoea batatas* L.). *Agroproductividad*, 11(7), 113-119.
- Villanueva, R. (1994). El rol de la fermentación en la producción de galletas tipo soda. *Ingeniería Industrial*, 10, 108–119. <https://doi.org/10.26439/ing.ind1994.n010.2994>
- Whiteley, P. R. (2017). Classification of biscuit types and methods of production. In *Biscuit Manufacture* (pp. 103–123). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2037-5_11

Apéndices

Apéndice 1.

Etapas de fermentado y laminado de las masas.



Apéndice 2.

Resultados de masas fermentadas con sustituciones.



Apéndice 3.

Galletas de masa fermentadas, muestra control.

**Apéndice 4.**

Galletas de masa fermentada con sustitución al 5% de harina de sachu inchi.



Apéndice 5.

Galletas de masa fermentada con sustitución al 10% de harina de sachu inchi.

**Apéndice 6.**

Estudio preliminar de vida útil en los tres tratamientos.

