

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**TESIS:**

**Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico  
de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Maria Cristina JORGE HUAMAN**

ASESOR:  
**Dr. Alberto Luis HUAMANÍ HUAMANÍ**

**AYACUCHO - PERÚ  
2026**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a las personas más importantes de mi vida, mi madre Cristina, mi padre Oscar y mi hermano Kevin, quienes con su amor, compañía y apoyo constante llenaron de sentido cada etapa de este camino. Gracias por ser mi inspiración, por acompañarme con paciencia y cariño, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. En cada logro alcanzado siempre estará reflejado todo lo que ustedes significan para mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por acompañarme en todo este proceso, por darme fuerzas en los días más exigentes y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser el lugar donde inicié y construí mi formación profesional, por abrirme las puertas y brindarme las oportunidades para crecer como persona y como futura profesional.

A mi querida Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por ser el espacio donde no solo adquirí conocimientos, si no también disciplina, criterio y amor por mi carrera.

A mi estimado asesor, el Dr. Alberto Luis Huamani Huamani, por su orientación constante, su tiempo, su paciencia y sus valiosas observaciones, que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis docentes, por cada clase dada, por su exigencia y enseñanza que dejo huella en mi formación y que hoy se refleja en este trabajo.

Y a mis amigas de este proceso de tesis, por estar ahí en cada momento, en las risas, en las dudas, en la motivación compartida, su presencia hizo que este proceso tenga un lado bonito y más lleva redero.

## RESUMEN

La investigación titulada «Formulación de una galleta proteica a base de aislado de proteína de quinua, harina de quinua y arándanos secos» tenía como objetivo desarrollar una galleta con un alto valor nutricional, teniendo en cuenta criterios de optimización nutricional y reducción de costes. Para ello, se empleó la programación lineal mediante la herramienta Solver de Microsoft Excel con el fin de determinar la combinación óptima de ingredientes que minimizara los costes de producción sin comprometer los requisitos nutricionales, con un contenido proteico objetivo superior al 20 %.

La metodología comenzó con la adquisición de materias primas, como el aislado de proteína de quinua obtenido mediante extracción alcalina y precipitación isoelectrica, y la harina de quinua. El proceso de producción de las galletas comprendió las etapas de pesaje, batido, mezcla, moldeado y horneado.

Además de la formulación, se evaluó la calidad del producto final mediante análisis de composición, pruebas de aceptabilidad sensorial con consumidores no entrenados utilizando una escala hedónica de cinco puntos, la determinación del perfil de aminoácidos (aminograma), isotermas de sorción de humedad y el análisis de la estabilidad oxidativa de las grasas utilizando el equipo Oxitest.

**Palabras clave:** Galleta proteica, aislado de proteína de quinua, programación lineal, aminograma, isoterma de sorción, estabilidad oxidativa.

## ABSTRACT

The research titled “Formulation of a Protein Cookie Based on Quinoa Protein Isolate, Quinoa Flour, and Dried Blueberries” aimed to develop a cookie with improved nutritional value, taking into account criteria for economic and nutritional optimization. To this end, linear programming was employed using Solver in Microsoft Excel to determine the optimal combination of ingredients that would minimize production costs without compromising nutritional requirements, with a target protein content of over 20%.

The methodology included the procurement of key raw materials, such as quinoa protein isolate obtained through alkaline extraction and isoelectric precipitation and quinoa flour. The cookie production process comprised the stages of weighing, mixing (creaming method), kneading, molding, and baking at a controlled temperature.

In addition to the formulation, the quality of the final product was evaluated through proximate analysis, sensory acceptability tests with untrained consumers using a five-point hedonic scale, determination of the amino acid profile (aminogram), moisture sorption isotherms, and analysis of the oxidative stability of fats using the Oxitest device.

**Keywords:** Protein cookie, quinoa protein isolate, linear programming, amino acid profile, sorption isotherm, oxidative stability.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	10
II.	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	14
2.2.	Formulación por programación lineal.....	17
2.3.	Galleta .....	18
2.4.	Galleta proteica .....	20
2.5.	Componentes básicos en la formulación de galletas.....	21
2.5.1.	Harina de quinua .....	22
2.5.2.	Aislado proteico de quinua .....	23
2.5.3.	Harina de Trigo .....	24
2.5.6.	Agua .....	27
2.5.7.	Huevos .....	28
2.5.8.	Sal.....	29
2.5.9.	Arándano.....	30
2.6.	Proceso de elaboración de galletas.....	32
2.6.1.	Pesado de ingredientes .....	32
2.6.2.	Amasado .....	33
2.6.3.	Moldeado .....	33
2.6.4.	Horneado.....	34
2.6.5.	Enfriado .....	34
2.6.6.	Envasado.....	35
2.7.	Análisis proximal de las galletas.....	35

2.8.	Aceptabilidad sensorial .....	40
2.9.	Aminograma.....	48
2.10.	Isotermas de humedad de equilibrio .....	50
2.11.	Estabilidad oxidativa.....	53
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	55
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	55
3.2.	INSUMOS.....	55
3.3.	MATERIALES .....	57
3.4.	REACTIVOS .....	57
3.5.	EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	58
3.6.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	59
3.6.1.	Enfoque .....	59
3.6.2.	Tipo .....	59
3.6.3.	Procesos previos.....	59
3.6.4.	Proceso de elaboración de galleta proteica .....	62
3.6.5.	Muestra.....	64
3.6.6.	Técnicas instrumentales de análisis .....	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	85
V.	CONCLUSIONES .....	104
VI.	RECOMENDACIONES .....	106
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición química y nutricional de la harina de quinua (Por 100 g de muestra).....	23
<b>Tabla 2</b> Composición química de la harina de trigo (por 100 g de muestra) .....	25
<b>Tabla 3</b> Composición nutricional de arándanos frescos y deshidratados (por 100 g de muestra).....	31
<b>Tabla 4</b> Perfil de aminoácidos esenciales de la quinua .....	50
<b>Tabla 5</b> Composición química proximal de los insumos utilizados en la formulación .....	66
<b>Tabla 6</b> Parámetros nutricionales en la utilizados formulación.....	67
<b>Tabla 7</b> Actividades de agua de diferentes soluciones saturadas a utilizar para determinar la humedad de equilibrio.....	79
<b>Tabla 8</b> Ficha de evaluación sensorial.....	83
<b>Tabla 9</b> Composición proximal de las galletas proteicas analizadas.....	87
<b>Tabla 10</b> Estadísticos descriptivos de los atributos sensoriales evaluados mediante una escala hedónica de cinco puntos .....	90
<b>Tabla 11</b> Resultados de la prueba no paramétrica de Friedman para los atributos sensoriales evaluados .....	92
<b>Tabla 12</b> Perfil de amionoacidos esenciales en galletas proteicas.....	95
<b>Tabla 13</b> Parámetros del modelo GAB y comparación entre los datos experimentales y ajustados para galleta proteica .....	96
<b>Tabla 14</b> Parámetros cinéticos del modelo Oxitest para la harina de quinua y galleta proteica.....	100
<b>Tabla 15</b> Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de la galleta proteica .....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Clasificación de isotermas de sorción según BET .....	52
<b>Figura 2</b> Diagrama de estabilidad de alimentos en función de la actividad del agua	53
<b>Figura 3</b> Flujo de proceso de la obtención de harina de quinua.....	60
<b>Figura 4</b> Flujo de proceso de la obtención de aislado proteico de quinua .....	61
<b>Figura 5</b> Flujo de proceso de la elaboración de la galleta proteica.....	62
<b>Figura 6</b> Formulación óptima de la galleta proteica obtenida mediante Solver.....	70
<b>Figura 7</b> Configuración de parámetros del Solver .....	71
<b>Figura 8</b> Formulación óptima de la galleta proteica obtenida mediante Solver.....	86
<b>Figura 9</b> Aceptabilidad sensorial de las galletas proteicas (escala hedónica de 5 puntos, n=47) .....	91
<b>Figura 10</b> Análisis de rangos de Friedman para los atributos sensoriales de la galleta proteica.....	91
<b>Figura 11</b> Comparación de rangos medios y agrupación de atributos sensoriales según la prueba de Friedman en la galleta proteica .....	93
<b>Figura 12</b> Isoterma de humedad de equilibrio de las galletas proteicas a 20°C (Aw de agua en galletas y humedad en las galletas), experimental y ajustado por el modelo de GAB	97
<b>Figura 13</b> Consumo acumulado de O <sub>2</sub> (%) en función del tiempo, con el modelo cinético ajustado para la harina de quinua y la galleta proteica .....	99

## I. INTRODUCCIÓN

El mercado global de alimentos funcionales ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado por la demanda de productos con beneficios nutricionales más allá de la nutrición básica. En este escenario, los snacks y galletas proteicas han emergido como una categoría atractiva que combina conveniencia y valor nutricional, posicionándose como vehículos ideales para la incorporación de ingredientes funcionales (Binou et al., 2022).

En este contexto, el Perú cuenta con una ventaja comparativa gracias a su biodiversidad andina. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de sus cultivos más valiosos, reconocida internacionalmente por su perfil nutricional superior. La FAO (2013), destacando su potencial para la seguridad alimentaria mundial. Con un contenido proteico de 14% a 22% en base seca y un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales incluyendo lisina, metionina y triptófano, limitantes en cereales convencionales, la quinua supera ampliamente al trigo (Abugoch, 2009). Estudios en galletas con quinua confirman sus beneficios. Watanabe et al. (2014) reportaron mayor contenido de lisina y capacidad antioxidante; Singla et al. (2024) elevaron la proteína a 8.0–13.2 g/100 g; y Gremsqui et al. (2023) incrementaron la proteína entre 12% y

68% con sustituciones de 10–30%, acompañadas de aumentos de hasta tres veces en la actividad antioxidante.

Adicionalmente, los arándanos deshidratados (*Vaccinium* spp.) constituyen un ingrediente funcional de interés por su riqueza en antocianinas, polifenoles y fibra dietética. L. Wang et al. (2024) documentaron sus efectos antioxidantes y antiinflamatorios, mientras que Tagliani et al. (2019) demostraron que su incorporación en galletas (3–9 g de fibra/100 g) incrementa significativamente la capacidad antioxidante y el contenido fenólico total. Šarić et al. (2016) optimizaron galletas con 28.2% de pomaza de arándano, logrando mejoras nutricionales que cumplieron con declaraciones de fuente de fibra.

Sin embargo, a pesar de la abundante literatura sobre el uso individual de quinua y arándanos en panificación, existe una notable escasez de estudios que combinen aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados en una única formulación de galleta proteica. Esta brecha representa una oportunidad para desarrollar un producto innovador con perfil proteico de alta calidad, compuestos antioxidantes y fibra, que responda a la creciente demanda de snacks saludables en el mercado peruano e internacional, y contribuya a la valorización de recursos andinos de alto valor nutricional (Mota et al., 2021).

Para lograr una formulación óptima que equilibre aspectos nutricionales y económicos, la presente investigación empleará programación lineal mediante Solver de Microsoft Excel, minimizando costos de producción y cumpliendo restricciones nutricionales específicas (Brito et al., 2015).

## **1.1. Formulación del problema**

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál será la formulación óptima de una galleta proteica elaborada a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?

### **1.1.2. Problemas específicos**

1. ¿Qué composición proximal tendrá una galleta proteica, elaborado con aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?
2. ¿Qué aceptabilidad sensorial poseerá una galleta proteica, una galleta proteica, elaborado con aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?
3. ¿Cuál será el aminograma de una galleta proteica, elaborado con aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?
4. ¿Qué tipo de isoterma de humedad de equilibrio poseerá una galleta proteica, elaborado con aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?
5. ¿Qué estabilidad oxidativa poseerá una galleta proteica, elaborado con aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la formulación óptima de una galleta proteica elaborado a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados, considerando criterios nutricionales, sensoriales, de estabilidad y costo.

### **1.2.2. Objetivo específico**

1. Determinar el análisis proximal de la galleta proteica.
2. Evaluar la aceptabilidad sensorial de la galleta proteica.
3. Determinar el aminograma de las proteínas de la galleta proteica.
4. Determinar la isoterma de humedad de equilibrio de la galleta proteica.
5. Evaluar la estabilidad oxidativa de la galleta proteica.

### **1.3. Hipótesis**

#### **1.3.1. Hipótesis General**

Es posible optimizar la formulación de una galleta proteica elaborada a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados a un costo mínimo.

#### **1.3.2. Hipótesis específica**

1. El análisis proximal de la galleta proteica es significativo.
2. La aceptabilidad sensorial de la galleta proteica es buena.
3. El aminograma de las proteínas de la galleta proteica es significativo.
4. La isoterma de la humedad de equilibrio de la galleta proteica es de tipo II, característico de alimentos secos.
5. La estabilidad oxidativa de la galleta proteica se caracteriza por un elevado tiempo de inducción.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

Pérez et al. (2008), en la investigación, “Efecto del mejoramiento proteico sobre los parámetros de calidad nutricional y sensorial de galletitas dulces (cookies)”, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la incorporación de proteínas de suero caseario y harina de soja en la calidad de galletitas dulces. Se definió una formulación con mayor contenido y calidad proteica que las comerciales, manteniendo una calidad sensorial aceptable. Utilizando una formulación para molde rotativo y reemplazando parcialmente harina de trigo por concentrado proteico de suero caseario (CPSC) y harina de soja, se aplicó el método de superficie de respuesta para evaluar parámetros como proteínas totales, lisina disponible y evaluación sensorial. El aumento de agua en la formulación mejoró la disponibilidad de lisina, siendo el 23% su nivel óptimo. Los valores óptimos de reemplazo fueron 13% de harina de soja y 3% de CPSC. Se concluye que la harina de soja mejora el contenido proteico y la calidad de la proteína, mientras que el CPSC aumenta el contenido proteico, pero disminuye la calidad de las proteínas debido a la pérdida de lisina disponible.

Flores (2016), “Evaluación del efecto de aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad blanca juli, en las características sensoriales de galletas enriquecidas”. El objetivo fue evaluar el efecto del aislado proteico de quinua en las características sensoriales de galletas enriquecidas. Se ensayaron tres niveles de enriquecimiento (2%, 3%, 5%) y un grupo control, midiendo la aceptabilidad global mediante escalas hedónicas para niños y consumidores. Los resultados mostraron que, en la evaluación con niños, el tratamiento con 3% de proteico aislado (T3) obtuvo la mayor aceptación, mientras que no hubo diferencias significativas en la evaluación del público consumidor. Además, se hallaron diferencias significativas en apariencia, sabor y textura, siendo el T3 el más aceptado (88,75%), concluyendo que el nivel de 3% fue el más adecuado por su aceptación.

Sotelo et al. (2019), en la investigación Galleta elaborada con harina de quinua, fibras del endospermo de tara y hojas de agave: Valor biológico y aceptabilidad global. El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de la inclusión de harina de quinua Altiplano cocida (HQA), fibra soluble del endospermo de tara (FST) e insoluble de hojas de agave (FIA) en las propiedades sensoriales de galletas y su respuesta fisiológica en ratas. Se realizó una evaluación sensorial mediante una prueba hedónica con escala no estructurada y una evaluación biológica con 20 ratas Holtzman que recibieron dietas con diferentes combinaciones de ingredientes: T1 (harina de trigo), T2 (15% HQA), T3 (2,85% FST + 2,85% FIA) y T4 (15% HQA + 2,85% FST + 2,85% FIA) durante 30 días. Se determinaron el valor biológico aparente (VBA) y varios indicadores somáticos. Los datos fueron analizados con un Diseño Completamente Randomizado y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias. Los resultados mostraron que las galletas con quinua tuvieron una mayor aceptabilidad (p

< 0,05) en comparación con los otros tratamientos, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto al VBA y los indicadores somáticos. Se concluyó que las galletas con quinua Altiplano cocida, ya sea de manera independiente o combinada con FST y FIA, presentaron una mayor digestibilidad aparente y fueron más aceptadas por los consumidores, manteniendo una respuesta fisiológica adecuada en las ratas.

De la Cruz & Rojas (2020), En Calidad sensorial, composición nutricional y calidad proteica de galletas enriquecidas con hierro y proteína aislada de soya. El estudio tuvo como objetivo formular y elaborar galletas enriquecidas con aislado proteico de soya y hierro proveniente de hidróxido férrico polimaltosato, evaluando su calidad sensorial, composición nutricional, cómputo químico y calidad proteica. Se desarrollaron cuatro formulaciones con 20% y 30% de aislado proteico de soya, y 5 mg y 10 mg de hierro por cada 50 g de masa. En el análisis sensorial, la muestra con 30% de aislado proteico y 10 mg de hierro tuvo la mayor aceptación. Su composición química mostró 3,58% de humedad, 18,72% de proteína, 57,99% de carbohidratos, 16,65% de grasa y 39,99 mg de hierro por 100 g. La treonina fue el aminoácido limitante (87,25%), y la calidad proteica presentó un PER de 2,5 y un NPU de 51,76%. Estos resultados confirman que la formulación mejora el perfil nutricional de las galletas sin afectar su aceptación sensorial.

Gutiérrez et al. (2022), en el artículo titulado “Extracción de aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinua*: variedad blanca Junín) como alternativa para el uso en suplementos altos en proteína”, el estudio tuvo como objetivo obtener un aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinua* variedad blanca Junín) cultivada en Boyacá,

Colombia, mediante cuatro métodos de extracción para su uso en productos de suplementación proteica. Los métodos aplicados fueron: 1) enzimático en harina precocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 2) precipitación isoelectrica en harina precocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 3) precipitación isoelectrica y ultrasonido en harina de quinua desalmidonada, y 4) precipitación isoelectrica en harina precocida de quinua desalmidonada. El tercer método resultó en la mayor concentración de proteína, alcanzando un 72,4%, lo que lo hace recomendable para la producción de suplementos alimenticios, ya que evita el uso de solventes que podrían dejar residuos dañinos para la salud. Este aislado proteico podría ser utilizado no solo en el tratamiento de la desnutrición infantil, sino también en la suplementación de deportistas y otros grupos.

## **2.2. Formulación por programación lineal**

Existen muchas de técnicas de formulación, una de las técnicas más completas es la formulación mediante la aplicación de un modelo matemático de programación lineal, para asegurar la optimización de la ingesta nutricional de forma medible de modo que el producto alimenticio resultante satisfaga las necesidades nutricionales requeridas (Briend et al., 2003; Mejos et al., 2021; Pérez-expósito & Klein, 2009). Los modelos de programación lineal se han utilizado para ayudar a optimizar y mejorar los resultados nutricionales de manera eficiente al determinar la ingesta de macronutrientes y micronutrientes en grupos poblacionales específicos con base en las pautas de ingesta diaria. Además de poder construir modelos que incluyan las mejores opciones de alimentos para una dieta saludable, el uso del modelo matemático también puede ajustar los criterios de costo de los ingredientes utilizados en la formulación (Pauw & Thurlow, 2011; van Dooren, 2018)

La precisión en la formulación de alimentos es fundamental para lograr un balance adecuado de nutrientes en la fabricación de alimentos a menor costo posible, con el objetivo de obtener rendimientos productivos a bajo costo (Noguera et al., 2011).

Las optimizaciones logran cumplir con todas las restricciones y proporcionan un producto factible, lo que demuestra que la metodología de programación lineal es una herramienta sistemática para diseñar alimentos nutritivos (De Carvalho et al., 2015).

### **2.3. Galleta**

Las galletas constituyen productos horneados de amplio consumo mundial, elaborado a partir de una masa o pasta formulada principalmente con harina, grasa, azúcar y agua, complementados con ingredientes secundarios como huevo, agentes leudantes y aditivos según la receta específica. Desde el punto de vista tecnológico, las galletas se caracterizan por su baja humedad final, textura crujiente o tierna según el tipo, vida útil, lo que las convierte en alimentos de gran importancia comercial y nutricional (Manley, 2000). La tecnología de elaboración de galletas ha sido ampliamente documentada en la literatura especializada, destacando el papel fundamental de cada ingrediente en la formación de la estructura y las propiedades organolépticas del producto final (Davidson, 2016; Manley, 2000).

la definición científica de galleta también contempla los procesos de transformación que ocurren durante el horneado, incluyendo la gelatinización parcial del almidón, la desnaturalización de las proteínas, las reacciones de Maillard responsables del color y aroma característicos, y la evaporación de agua que conduce a la estructura final del producto (Arepally et al., 2020; Davidson, 2016). Estos

procesos fisicoquímicos han sido estudiados extensamente para optimizar la calidad y las propiedades funcionales de las galletas (Davidson, 2016).

### **2.3.1. Clasificación de las galletas**

La clasificación de las galletas responde a criterios tecnológicos, de formulación y de procesos, con implicaciones directas sobre las características de la calidad del producto final. La literatura técnica internacional presenta diversas taxonomías basadas en la composición, el método de formado y las características organolépticas (Davidson, 2016; Manley, 2000). Manley (2000) estableció clasificaciones tradicionales que incluyen crackers, galletas de masa corta (short dough), galletas depositadas (drop cookies), galletas rellenas y galletas laminadas, cada una con particularidades en su formulación y proceso de manufactura.

- Los crackers se caracterizan por su bajo contenido de azúcar y su masa laminada o estirada, donde el desarrollo del gluten es favorecido por la baja concentración de azúcares, resultando en productos de textura crujientes y sabor predominante salado (Silvina et al., 2022).
- Las galletas dulces y cookies presentan altas proporciones de azúcar y grasa, estas son moldeadas y los azúcares retardan la gelatinización del almidón durante el horneado, generando texturas más tiernas y quebradizas (Silvina et al., 2022).
- Las galletas rellenas y con cobertura constituyen productos secundarios que requieren procesos adicionales de ensamblaje y recubrimiento posteriores al horneado básico (Manley, 2000).

- Las galletas saladas y snack se formulan con menor contenido de azúcar, mayor proporción de sal y frecuentemente grasas específicas para lograr la textura crujiente deseada (Manley, 2000).

#### **2.4. Galleta proteica**

Las galletas proteicas constituyen una categoría de productos de panadería formulados específicamente para aportar un contenido proteico significativamente superior al de las galletas convencionales, con el objetivo de servir como alimento funcional y contribuir a mejorar el estado nutricional de la población. Mientras que las galletas tradicionales contienen típicamente entre 5% y 12 % de proteína proveniente principalmente de la harina de trigo (Clerici et al., 2013; Hu et al., 2022). Las galletas proteicas alcanzan valores superiores al 15 % mediante la incorporación de fuentes proteicas concentradas como harinas de leguminosas, aislados proteicos vegetales, concentrados lácteos o pseudocereales ricos en proteínas (Ghoshal & Kaushik, 2020; Narmada et al., 2020; Suresh & Hemalatha, 2025).

Esta fortificación proteica responde a la necesidad de desarrollar alimentos que contribuyan a combatir la malnutrición proteico y energético y las deficiencias de aminoácidos esenciales, particularmente en poblaciones vulnerables como niños, adolescentes, mujeres gestantes y adultos mayores (Ghoshal & Kaushik, 2020; Narmada et al., 2020).

Narmada et al. (2020) desarrollaron una galleta proteica que alcanzó 16,6% de contenido proteico mediante la incorporación de fuentes proteicas complementarias, demostrando que es posible incrementar significativamente el aporte proteico sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto. Este incremento en el contenido proteico no solo aumenta la cantidad de proteína disponible, sino que también mejora

la calidad proteica cuando se utilizan fuentes complementarias que aportan aminoácidos limitantes en los cereales, como lisina, treonina y triptófano (Ghoshal & Kaushik, 2020; Suresh & Hemalatha, 2025).

La importancia nutricional de la galleta proteica radica en su capacidad para aumentar la contribución a la ingesta diaria recomendada de proteína, especialmente en poblaciones con acceso limitado a fuentes proteicas de origen animal (Ghoshal & Kaushik, 2020; Narmada et al., 2020). Estudios de formulación han demostrado que las galletas proteicas pueden contribuir significativamente a cubrir los requerimientos diarios de proteína en niños y adolescentes, poblaciones en las que el aporte proteico adecuado es crítico para el crecimiento y desarrollo (Narmada et al., 2020). Además, la incorporación de fuentes proteicas vegetales como quinua, soja o leguminosa aporta simultáneamente micronutrientes como hierro, calcio, magnesio y zinc, así como fibra dietética y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, potenciando el valor nutricional del producto más allá del simple incremento proteico (Batoool et al., 2025; Ghoshal & Kaushik, 2020; Suresh & Hemalatha, 2025).

## **2.5. Componentes básicos en la formulación de galletas**

La formulación de productos de galletería enriquecidas con ingredientes funcionales representa una tendencia creciente en la industria alimentaria, impulsada por la demanda de alimentos que combinen características sensoriales atractivas con beneficios nutricionales y para la salud. En este contexto, la incorporación de harina de quinua, aislado proteico de quinua y arándanos deshidratados en la formulación de galletas constituye una estrategia innovadora para desarrollar productos con alto contenido proteico, perfil de aminoácidos balanceados y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal

originario de la región andina que se ha ganado reconocimiento mundial por su excepcional valor nutricional, destacándose por su contenido proteico superior al de los cereales convencionales y su perfil completo de aminoácidos esenciales (Moawad et al., 2019; Srivastava, 2020).

La formulación de galleta es un proceso tecnológico complejo que requiere el balance adecuado de ingredientes básicos, cada uno con funciones específicas que determinan las características físicas, textuales, sensoriales y de conservación del producto final.

### **2.5.1. Harina de quinua**

La harina de quinua se caracteriza por una composición química excepcional que la distingue de las harinas de cereales convencionales. Diversos estudios han reportado que el contenido de proteína de la harina de quinua varían entre 13,1% y 15,96%, significativamente superior al de la harina que este varían entre 8% y 12% y otros cereales como el arroz y el maíz (Bhathal & Kaur, 2017; Mahmood et al., 2019).

La harina de quinua es particularmente rica en minerales esenciales, destacándose por su contenido de hierro, calcio, magnesio y fósforo, elementos que frecuentemente son deficientes en las dietas basadas en cereales refinados (Bhathal & Kaur, 2017; Srivastava, 2020). Asimismo, constituye una fuente importante de vitaminas del complejo B, vitamina E y compuestos bioactivos como flavonoides, saponinas y fitoesteroles (Mahmood et al., 2019).

**Tabla 1**

*Composición química y nutricional de la harina de quinua (Por 100 g de muestra)*

<b>Componente</b>	<b>Contenido</b>
<b>Proteína (g)</b>	13,1 – 15,95
<b>Lípidos (g)</b>	5,72
<b>Carbohidratos (g)</b>	61,09 (NEF)
<b>Fibra dietética (g)</b>	~10
<b>Cenizas(g)</b>	2,5 – 3,5
<b>Humedad (g)</b>	8 - 12

**Nota:** NEF: Extracto libre de nitrógeno. **Fuente:** Adaptado de Antarkar et al. (2019) Bhathal & Kaur (2017) Lopes et al. (2010) Mahmood et al. (2019)

La incorporación de harina de quinua en productos de galletería ha sido objeto de numerosas investigaciones que han evaluado su efecto sobre las propiedades físicas, textuales, sensorial y nutricionales de las galletas. La sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua en formulaciones de galletas resulta productos con mayor contenido de proteína, grasa, fibra y ceniza, mejorando así significativamente el perfil nutricional (Bick et al., 2014; Chopra et al., 2018).

### **2.5.2. Aislado proteico de quinua**

El aislado proteico de quinua (QPI, por sus siglas en inglés) se define como la fracción proteica concentrada obtenida de las semillas de *Chenopodium quinoa Willd.* mediante procesos de extracción y precipitación que permiten alcanzar una elevada pureza proteica (Steffolani et al., 2016). Esta fracción concentrada contiene principalmente albúminas y globulinas, las cuales representan las proteínas de almacenamiento más importantes de la quinua.

Según Steffolani et al. (2016), los aislados proteicos de quinua obtenidos mediante precipitación isoelectrónica pueden alcanzar contenidos proteicos superiores al

85%. Estudios realizados por Barrial et al. (2020) en variedades bolivianas reportaron contenidos proteicos en aislados que oscilaron entre 82,68% y 87,74%, dependiendo de las condiciones de pH utilizadas durante la extracción.

La composición proteica del grano de quinua se caracteriza por una mayor presencia de globulinas ( $\approx 41,3\%$ ) y albúminas ( $\approx 26,96\%$ ) dentro del total de proteína del grano, mientras que las prolaminas y glutelinas se encuentran en proporciones menores (Takao et al., 2005). Esta distribución de fracciones proteicas es fundamental para entender las propiedades funcionales y nutricionales del aislado proteico resultante.

## **a) Métodos de Extracción y Obtención**

### **Método Alcalino-Isoeléctrico**

El procedimiento estándar para la obtención de aislado proteico de quinua consiste en la solubilización de las proteínas en condiciones alcalinas seguida de precipitación en el punto isoelectrico (Abugoch et al., 2008). Este método se basa en los principios de solubilidad proteica en función del pH.

Los rangos de pH más utilizados para la extracción alcalina varían entre 8.0 y 11.0, mientras que la precipitación isoelectrica se realiza entre pH 4,0 y 5,3 (Alsalem et al., 2024; Carrillo et al., 2016; Tapia et al., 2017) optimizaron las condiciones de extracción encontrando que el pH de extracción influye significativamente en el rendimiento y la pureza del aislado obtenido.

### **2.5.3. Harina de Trigo**

La harina de trigo (*Triticum aestivum*) constituye el ingrediente estructural fundamental en la mayoría de los productos de panificación y galletería, debido a sus

propiedades tecnológicas únicas derivadas de su composición química. La harina de trigo se compone principalmente de almidón (70-75%), proteínas (8-15 %), agua (12-14 %), lípidos (1-2 %) y cenizas (0,4 – 0,6 %) (Liu et al., 2022). El contenido de proteína es un parámetro crítico que determina la aptitud de la harina para diferentes aplicaciones: harinas con alto contenido proteico (>12%) son preferidas para panificación, mientras que harinas con bajo contenido proteico (8-10 %) son más adecuadas para galletería (Savenkova et al., 2019). Para la producción de galletas de azúcar, se recomienda idealmente un contenido de proteína inferior al 9 % y un contenido de gluten de 22 – 26 % (Savenkova et al., 2019).

**Tabla 2**

*Composición química de la harina de trigo (por 100 g de muestra)*

<b>Componente</b>	<b>Contenido</b>
<b>Proteína (g)</b>	8 - 15
<b>Almidón (g)</b>	70 - 75
<b>Lípidos (g)</b>	1 - 2
<b>Fibra (g)</b>	2 - 3
<b>Cenizas(g)</b>	0.4 – 0.6
<b>Humedad (g)</b>	12 - 14
<b>Gluten húmedo (g)</b>	22 -33

*Fuente: Adaptado de Liu et al. (2022) Sliwinski (2003) Savenkova et al. (2019)*

#### **2.5.4. Grasa**

La grasa o manteca vegetal (shortening) es uno de los ingredientes más importantes en la formulación de galletas, desempeñando múltiples funciones tecnológicas que determinan las características texturales, sensoriales y de la conservación del producto final. La función primordial de la grasa en galletas es su efecto acortador o ablandador (shortening effect), que se refiere a su capacidad para

interferir con la formación de la red de gluten, resultados en productos con textura tierna, quebradiza y desmenuzable (Pareyt et al., 2010; Rangrej et al., 2014). En efecto se logra mediante recubrimiento de las partículas de harina con una película lipídica que limita la hidratación de las proteínas de gluten y previene la formación de una red cohesiva y elástica (Erinc et al., 2018; Zhong & Zhong, 2013).

La grasa actúa como lubricante entre los componentes de la masa, debilitando la estructura y reduciendo las interacciones entre proteína y gluten (Mamat & Hill, 2014). Estudios han demostrado que la reducción del contenido de grasa en la formulación de galletas aumenta la elasticidad y dureza intrínseca de la masa, lo que relaciona con un mayor entrelazamiento físico del gluten (Pareyt et al., 2010). Una menor cantidad de grasa también disminuye los niveles de proteína extraíble con dodecilsulfato de sodio (SDS) en las galletas horneadas, indica un mayor entrecruzamiento proteico durante el horneado (Pareyt et al., 2010).

El tipo de grasa utilizada en la formulación también influye significativamente en las propiedades textuales de la galleta. Las grasas sólidas a temperatura ambiente, como son las mantecas vegetales hidrogenadas o las grasas a base de láuricos o palmito, son las preferidas en galletería debido a su capacidad para formar cristales estables que contribuyen a la estructura del producto (Kouhsari et al., 2022; Sciarini et al., 2013). Las mantecas con mayor contenido de grasa sólida (SFC) tienden a producir galletas más duras, mientras que aquellas con menos SFC resultan en productos más suaves (Devi & Khatkar, 2018).

#### **2.5.5. Azúcar**

El azúcar (sacarosa) es un ingrediente fundamental en la formulación de galletas, desempeñando múltiples funciones tecnológicas y sensoriales que van más

allá de su contribución al sabor dulce. El azúcar es el principal responsable del sabor dulce característico de las galletas, siendo un atributo sensorial clave que determina la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores (Pareyt, Brijs, et al., 2009). La intensidad del sabor dulce está directamente relacionada con la concentración de azúcar en la formulación y su reducción impacta significativamente este atributo sensorial (Pareyt, Brijs, et al., 2009). Estudios han demostrado que el azúcar, junto con la grasa, son los principales ingredientes que determinan la calidad general de las galletas (Mamat & Hill, 2014).

El azúcar también contribuye a la percepción de otros sabores en la producción, actuando como potenciador de sabor y modulando la intensidad de otros componentes aromáticos. La interacción entre el azúcar y la grasa es particularmente importante para la palatabilidad de las galletas, ya que ambos ingredientes trabajan sinérgicamente para proporcionar una experiencia sensorial placentera (Blanco et al., 2018; Pareyt, Talhaoui, et al., 2009). La reducción del contenido de azúcar en formulaciones de galletas puede resultar en productos con menor aceptabilidad sensorial particularmente en términos de sabor y dulzor (Ashwath Kumar & Sudha, 2021).

#### **2.5.6. Agua**

El agua constituye un ingrediente fundamental en la formulación de galletas, aunque su proporción es menor en comparación con otros productos de panificación, como el pan. Entre sus principales funciones tecnológicas destaca la hidratación de los ingredientes secos, especialmente de la harina de trigo (Panghal et al., 2018). La hidratación de las proteínas del gluten y del almidón es indispensable para el desarrollo de las propiedades funcionales de estos componentes, así como para la obtención de

una masa cohesiva y fácil de manipular (Meerts et al., 2017). Generalmente, el contenido de agua en las formulaciones de galletas se encuentra entre 12 y 18 % con base en harina, valor considerablemente inferior al utilizado en panificación (55-65 %), lo que origina masas más firmes y con menor extensibilidad (Barak et al., 2013).

La capacidad de absorción de agua de la harina representa un parámetro relevante, ya que determina la cantidad necesaria de agua para lograr una masa con las características reológicas deseadas. Dicha capacidad depende de factores como el contenido de proteína, la cantidad de almidón dañado, la presencia de pentosanos (arabinosilanos) y otros constituyentes propios de la harina. Las harinas con mayores niveles de proteína y almidón dañado suelen presentar una mayor absorción de agua. Asimismo, la incorporación de ingredientes alternativos, como la harina de quinua, puede modificar la capacidad de absorción de agua de la mezcla, influyendo directamente en las propiedades de la masa (Ma et al., 2022; Rodríguez et al., 2023).

Además, el agua actúa como medio de disolución para ingredientes hidrosolubles, entre ellos el azúcar, la sal y los agentes leudantes, favoreciendo su distribución homogénea en la masa (Song et al., 2025). La solubilización del azúcar en el agua disponible resulta importante, ya que participa en la competencia por agua con otros componentes y en las reacciones de pardeamiento durante el horneado (Blanco et al., 2018). De igual manera, el agua facilita la dispersión de la grasa dentro de la masa y contribuye a la formación de emulsiones estables cuando se emplean huevos u otros agentes emulsificantes (Martínez et al., 2022).

### **2.5.7. Huevos**

Los huevos son ingredientes multifuncionales en la formulación de galletas, desempeñando roles estructurales, nutricionales y sensoriales importantes. Una de las

funciones tecnológicas más relevante de los huevos es su capacidad emulsificante, deriva de la presencia de fosfolípidos (principalmente lecitina) y lipoproteínas en la yema 100. En la masa de galletas, donde interactúan componentes acuosos (agua e ingredientes solubles) y grasos (grasas y aceites), los agentes emulsificantes del huevo favorecen la obtención de una mezcla uniforme y estable (Martínez et al., 2022).

La acción emulsificante del huevo adquiere especial relevancia durante la etapa de cremado, proceso en el cual la grasa y el azúcar se combinan para incorporar aire y generar una emulsión cremosa (Martínez et al., 2022).

#### **2.5.8. Sal**

La sal (cloruro de sodio, NaCl) constituye un ingrediente importante en la formulación de galletas, aunque se incorpora en proporciones relativamente bajas, generalmente entre 0,5 y 2 % con base en harina. Su principal función es mejorar el sabor del producto, ya que actúa como potenciador sensorial al resaltar la percepción de otros compuestos aromáticos y disminuir la intensidad de sabores no deseados (Devi & Khatkar, 2018). Asimismo, contribuye a generar un perfil sensorial más equilibrado y agradable, compensando el exceso de dulzor aportado por el azúcar y proporcionando un contraste que favorece la aceptabilidad del producto final (Martínez et al., 2022).

Además, la sal posee la capacidad de reducir la percepción de sabores amargos, aspecto especialmente relevante cuando se emplean ingredientes como la harina de quinua, la cual puede conservar restos de saponinas responsables de notas amargas si no ha sido sometida a un lavado adecuado (Lopes et al., 2010). Diversos estudios sensoriales señalan que la ausencia de sal en productos de panificación produce alimentos percibidos como insípidos o con un sabor poco balanceado, aun cuando los

demás ingredientes se encuentren en cantidades apropiadas (Singh et al., 2002). Por ello, la sal es considerada un componente básico en la elaboración de galletas, junto con ingredientes esenciales como la harina, el azúcar, la grasa y el agua (Devi & Khatkar, 2018).

### **2.5.9. Arándano**

Los arándanos (*Vaccinium spp.*) son frutos de color azul púrpura reconocidos por su contenido de compuestos bioactivos y valor nutricional. En estado fresco presentan aproximadamente 85 % de agua, además de carbohidratos, fibra dietética, vitaminas y minerales (Uribe et al., 2024). Mediante la deshidratación se reduce el contenido de humedad y se concentran nutrientes y metabolitos funcionales, obteniéndose un producto de mayor densidad nutricional (Žurek et al., 2025).

La composición final de los arándanos deshidratados depende del método de secado, temperatura, tiempo de proceso y variedad utilizada. Se ha reportado que conservan cantidades importantes de compuestos fenólicos totales, con valores entre 261 y 308 mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g (Hernández & Caicedo, 2022).

También aportan vitaminas como C, E, A y complejo B, aunque la vitamina C puede disminuir durante el secado por su sensibilidad al calor (Herrera & Vázquez, 2022; Reyes et al., 2011). Entre los minerales presentes destacan selenio, zinc, hierro y manganeso (Herrera & Vázquez, 2022).

**Tabla 3**

*Composición nutricional de arándanos frescos y deshidratados (por 100 g de muestra)*

<b>Componente</b>	<b>Arándanos Frescos</b>	<b>Arándanos Deshidratados</b>
<b>Humedad (g)</b>	84-85	10-20
<b>Carbohidratos (g)</b>	12-14	60-70
<b>Fibra dietética (g)</b>	2-3	8-12
<b>Proteína (g)</b>	0,7-1.0	2-4
<b>Lípidos (g)</b>	0,3-0.5	1-2
<b>Vitamina C (mg)</b>	10-15	2-8
<b>Fenoles totales (mg GAE)</b>	200-400	261-308
<b>Antocianinas totales (mg Cy3G)</b>	80-150	4,74-5.12

*Nota:* Adaptado de Giovanelli et al. (2013) Žurek et al. (2025) Uribe et al. (2024) Reyes et al. (2011) Hernández & Caicedo (2022)

### **Arándanos deshidratados por el método de estufa**

El secado por estufa o aire caliente es uno de los métodos más empleados para deshidratar frutas debido a su facilidad operativa y bajo costo (Uribe et al., 2024). Sin embargo, la exposición prolongada a temperaturas elevadas puede generar cambios en color, textura, compuestos bioactivos y calidad sensorial (Zia & Alibas, 2021). Generalmente se emplean temperaturas entre 50 y 70 °C, aunque en algunos casos se aplican temperaturas mayores al inicio del proceso (Giovanelli et al., 2013).

Uno de los principales efectos es la disminución de antocianinas. Se ha informado reducciones de hasta 41 % en arándanos sin pretratamiento y 49 % en muestras osmodeshidratadas (Giovanelli et al., 2013). Esta pérdida se relaciona con la sensibilidad térmica de estos pigmentos y procesos de oxidación e hidrólisis (Akcicek et al., 2023).

## **2.6. Proceso de elaboración de galletas**

La elaboración de galletas comprende un conjunto ordenado de operaciones unitarias que permiten convertir las materias primas en el producto terminado. Cada fase del proceso cumple una función determinada y demanda el control de parámetros críticos, con la finalidad de asegurar la calidad, uniformidad e inocuidad del producto final (Manley, 2011). En ese contexto, a continuación, se presentan de manera detallada las diferentes etapas que conforman el proceso de elaboración de galletas.

### **2.6.1. Pesado de ingredientes**

El pesado de ingredientes constituye la primera operación dentro del proceso de elaboración y representa una etapa fundamental para asegurar la uniformidad del producto y el adecuado control de costos. Esta actividad consiste en determinar con exactitud la cantidad de cada insumo de acuerdo con la formulación previamente establecida.

Desde el punto de vista técnico, el pesado debe efectuarse mediante equipos de medición calibrados y adecuados al rango de cantidades requeridas. En la producción industrial se emplean básculas electrónicas de alta precisión, cuyas capacidades pueden variar desde algunos gramos hasta varias toneladas, según la escala operativa (Manley, 2011). Por otro lado, en condiciones de laboratorio o planta piloto, se utilizan balanzas analíticas para ingredientes dosificados en pequeñas proporciones y balanzas de plataforma para aquellos de mayor volumen (Correa, 2010).

### **2.6.2. Amasado**

El Durante el amasado se aplica trabajo mecánico sobre la mezcla, lo que favorece la hidratación de las proteínas presentes en la harina, principalmente gliadinas y gluteninas en el caso del trigo, así como su alineación y posterior formación de enlaces que originan la red de gluten. Esta estructura proteica aporta propiedades viscoelásticas a la masa, permitiéndole retener gases y conservar su forma durante el procesamiento y el horneado (Dhal et al., 2023).

En formulaciones elaboradas con quinua, el amasado cumple funciones distintas debido a la ausencia de gluten. En estos casos, la operación se orienta a conseguir la hidratación homogénea de todos los componentes, una adecuada distribución de los ingredientes y la formación de una masa cohesiva mediante interacciones entre proteínas no formadoras de gluten, almidones y otros constituyentes (Bravi et al., 2024).

### **2.6.3. Moldeado**

El moldeado de galletas consiste en la aplicación de fuerzas mecánicas sobre la masa con la finalidad de otorgarle una forma y dimensiones determinadas. Según el tipo de galleta y la escala de producción empleada, esta operación puede desarrollarse mediante diversas técnicas, cada una con características y requerimientos específicos (Manley, 2011).

El proceso de moldeado debe ejecutarse procurando minimizar cualquier daño a la estructura de la masa previamente desarrollada durante el amasado. Una aplicación excesiva de fuerza o una manipulación inadecuada pueden ocasionar pérdida de cohesividad, aparición de grietas o modificaciones en las propiedades reológicas de la masa (Manley, 2011).

#### **2.6.4. Horneado**

El horneado de galletas comprende la transferencia de calor desde el horno hacia la masa, lo que provoca una serie de transformaciones físicas y químicas que ocurren de manera simultánea y secuencial.

##### **Parámetros Críticos del Horneado**

- **Temperatura de horneado:**

Es el parámetro más importante, debido a que determina la velocidad de las transformaciones físicas y químicas de la masa. En estudios sobre galletas con quinua se reportan temperaturas entre 140 °C (Huatuco et al., 2020) y 180 °C (Bick et al., 2014; Dhal et al., 2023), siendo 150 °C una condición intermedia frecuente (Correa, 2010; Penteado et al., 2018).

- **Tiempo de horneado:**

Debe ser suficiente para completar las transformaciones requeridas y alcanzar el nivel de humedad deseado, evitando un exceso que genere sobre horneado, oscurecimiento pronunciado o sabores no deseados. Los tiempos reportados oscilan entre 8 minutos y 30 minutos (Correa, 2010; Penteado et al., 2018), dependiendo de la temperatura, espesor de la galleta y atributos buscados.

#### **2.6.5. Enfriado**

El enfriado es la operación mediante la cual las galletas recién horneadas reducen su temperatura desde la salida del horno, generalmente entre 80 y 100 °C, hasta alcanzar condiciones cercanas a la temperatura ambiente (20-25 °C). Esta etapa resulta fundamental, ya que permite completar el desarrollo de la textura final del

producto, evitar la condensación de humedad y acondicionar las galletas para su posterior envasado (Manley, 2011).

#### **2.6.6. Envasado**

El envasado constituye la etapa final del proceso de elaboración de galletas, en la cual el producto es protegido frente a factores ambientales que podrían ocasionar su deterioro. Asimismo, facilita las actividades de distribución y comercialización, además de brindar información relevante al consumidor. Un envasado adecuado resulta esencial para conservar la calidad del producto durante su vida útil (Manley, 2011).

#### **2.7. Análisis proximal de las galletas**

El análisis El análisis proximal fracciona el alimento en seis componentes fundamentales: humedad (contenido de agua), proteína cruda, extracto etéreo (grasas), cenizas (minerales totales), fibra dietética y carbohidratos (calculados por diferencia). Esta partición permite obtener un perfil nutricional completo que sirve como base para el etiquetado nutricional, la formulación de productos, el control de calidad y la investigación en ciencia de alimentos (B. Igbabul et al., 2018). En el contexto de productos de panificación y galletería, el análisis proximal adquiere particular relevancia debido a que estos alimentos constituyen fuentes importantes de energía y nutrientes en la dieta global, y su composición química determina tanto sus propiedades tecnológicas como su valor nutricional (C. Sharma et al., 2013).

### **2.7.1. Humedad**

La humedad representa el contenido total de agua presente en un alimento, expresado generalmente como porcentaje en base húmeda (g de agua/100 g de muestra). En productos de galletería, el agua existe en dos formas principales: agua libre, que se encuentra en los espacios intersticiales y es fácilmente removible por evaporación, y agua ligada, que está asociada a componentes como proteínas, carbohidratos y sales mediante puentes de hidrógeno y otras interacciones moleculares (Maman & Yu, 2019). La determinación precisa del contenido de humedad es fundamental porque este parámetro afecta directamente la estabilidad microbiológica, las propiedades texturales, la vida útil y el rendimiento económico del producto (B. D. Igbabul et al., 2015).

Las galletas tipo "cookies" o galletas dulces presentan un contenido de humedad entre 2-5%, lo que les confiere la textura crujiente y quebradiza deseada por los consumidores (Bick et al., 2014). Contenidos de humedad superiores al 5% pueden resultar en productos con textura blanda, gomosa o correosa, mientras que humedades inferiores al 2% pueden generar productos excesivamente duros y difíciles de masticar (Mahmood et al., 2019). Durante el horneado, la pérdida de agua por evaporación contribuye a la formación de la estructura porosa característica de las galletas, y el contenido de humedad residual determina la actividad de agua ( $a_w$ ) del producto final, parámetro crítico para la estabilidad microbiológica y química (Olatoye et al., 2020).

### **2.7.2. Proteínas**

Las proteínas son macromoléculas biológicas formadas por cadenas de aminoácidos enlazados mediante enlaces peptídicos, las cuales cumplen funciones

estructurales, catalíticas, regulatorias y de transporte en los organismos vivos. En el ámbito alimentario, constituyen uno de los tres macronutrientes esenciales, aportando aproximadamente 4 kcal/g y suministrando los aminoácidos necesarios para la síntesis proteica, el crecimiento, el mantenimiento de tejidos y diversos procesos metabólicos (Pawar et al., 2023).

Desde el punto de vista nutricional, las galletas convencionales elaboradas con trigo contienen niveles moderados de proteína, generalmente entre 6 y 10 %, y presentan un perfil de aminoácidos limitado en lisina, considerado el aminoácido esencial restrictivo en los cereales (Idowu & Akinsola, 2017). La incorporación de fuentes proteicas de alta calidad, como la quinua, permite aumentar significativamente el contenido proteico total y mejorar el equilibrio de aminoácidos esenciales, obteniéndose productos con mayor valor nutricional que pueden contribuir a cubrir los requerimientos de grupos vulnerables, como niños, adultos mayores y personas con necesidades alimentarias específicas (Makpoul & Ibrahim, 2015).

La incorporación de harina de quinua o aislado proteico de quinua en formulaciones de galletas incrementa de manera significativa el contenido proteico del producto final. Diversos estudios reportan que galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua, en proporciones de 10 a 30 %, presentan contenidos proteicos entre 9,9 y 13,9 %, lo que representa incrementos de 25 a 75 % respecto a galletas elaboradas únicamente con trigo (Bick et al., 2014; Mahmood et al., 2019).

### **2.7.3. Carbohidratos**

Los carbohidratos constituyen el macronutriente predominante en productos de galletería, representando generalmente entre 60 y 75 % de su composición total. En el

análisis proximal, su contenido se determina comúnmente mediante el cálculo por diferencia, también denominado método indirecto o “carbohidratos por diferencia”.

Este procedimiento parte del supuesto de que la suma de los porcentajes de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietética corresponde a todos los componentes del alimento, excepto los carbohidratos. En consecuencia, el contenido de estos últimos se obtiene restando del 100 % la suma de los demás constituyentes (C. Sharma et al., 2013).

#### **2.7.4. Cenizas**

El Las cenizas corresponden al residuo inorgánico que permanece luego de la incineración total de la materia orgánica de un alimento a elevadas temperaturas (500-600 °C) en presencia de oxígeno. Dicho residuo está compuesto principalmente por óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros de diversos elementos minerales, entre los que destacan sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, fósforo, azufre y cloro (Maman & Yu, 2019).

El contenido de cenizas en las galletas depende principalmente del tipo de harina empleada, de la incorporación de ingredientes con alto aporte mineral y de la adición de sal u otros aditivos minerales. Las galletas convencionales elaboradas con harina de trigo refinada presentan generalmente valores de cenizas entre 0,8 y 2,0 %, con promedios cercanos a 1,0-1,5 % (Sharma et al., 2013).

Las galletas tipo crackers o saladas suelen ubicarse en el límite superior de este intervalo (1,5-2,5 %), debido a la incorporación de sal (cloruro de sodio) y agentes leudantes como bicarbonato de sodio y fosfatos (Ikuomola et al., 2017).

### 2.7.5. Grasa

Las grasas, también conocidas como lípidos o extracto etéreo en el análisis proximal, comprenden un grupo diverso de compuestos orgánicos caracterizados por su insolubilidad en agua y su solubilidad en solventes orgánicos no polares, como éter de petróleo, éter etílico, hexano o cloroformo.

En los alimentos, los lípidos están constituidos principalmente por triacilglicéridos, los cuales son ésteres formados por glicerol y tres ácidos grasos. Asimismo, incluyen otros compuestos como fosfolípidos, esteroides, ceras, carotenoides y vitaminas liposolubles (Maman & Yu, 2019).

Las grasas representan el macronutriente con mayor densidad energética, aportando aproximadamente 9 kcal/g, valor que supera en más del doble al de proteínas y carbohidratos. Además, cumplen funciones fisiológicas esenciales, entre ellas servir como fuente de energía, facilitar el transporte de vitaminas liposolubles (A, D, E y K), suministrar ácidos grasos esenciales como linoleico y  $\alpha$ -linolénico, y actuar como precursores de compuestos bioactivos tales como prostaglandinas y leucotrienos (Borczak et al., 2022).

El contenido de grasa en las galletas presenta una amplia variación según el tipo de producto, la formulación empleada y los ingredientes incorporados, con valores que generalmente oscilan entre 10 y 30 % (C. Sharma et al., 2013).

Por otro lado, las galletas tipo crackers o saladas muestran contenidos de grasa más variables, desde 8-12 % en productos tipo soda crackers hasta 20-25 % en formulaciones con mayor proporción lipídica (Ikuomola et al., 2017).

## **2.8. Aceptabilidad sensorial**

El análisis sensorial se define como una disciplina científica que permite medir, analizar e interpretar las reacciones a las características de los alimentos tal como son percibidas por los 5 sentidos tales como la vista, el gusto, el olfato, oído y tacto (Zago et al., 2015). A diferencia de las pruebas analíticas descriptivas donde se busca caracterizar las propiedades sensoriales mediante paneles entrenados, las pruebas de aceptabilidad se centran en medir el agrado o desagrado que el producto genera en el consumidor (público objetivo) (Mello et al., 2019).

La evaluación de la aceptabilidad sensorial es fundamental en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, sobre todo en aquellos alimentos donde se incorporan ingredientes funcionales o se realizan sustituciones nutricionales (Zago et al., 2015). En el caso de alimentos donde se incorporan ingredientes funcionales, permite determinar los niveles adecuados de sustitución o adición de ciertos ingredientes sin afectar las características sensoriales y manteniendo la aceptación del consumidor. (Aleman et al., 2022; Hashem et al., 2023; Ochieng et al., 2023).

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de ingredientes proteicos puede llegar a modificar significativamente los atributos sensoriales de los productos, lo que hace imprescindible evaluar la respuesta hedónica de los consumidores para validar la viabilidad comercial de las formulaciones desarrolladas (Hashem et al., 2023; Poiani & Montanuci, 2019; S. K. Sharma et al., 2016). De esta forma la aceptabilidad sensorial se convierte en un criterio de calidad que complementa los análisis proximales y otros, integrando la perspectiva del consumidor en el proceso de innovación alimentaria.

En las diversas investigaciones realizadas, y en el tema de galletas en esto consiste en obtener medidas de aceptabilidad por atributo individual (color, aroma,

sabor y textura) y una puntuación de aceptabilidad general, lo que permite correlacionar las respuestas hedónica con análisis proximal (Hashem et al., 2023; Poiani & Montanuci, 2019).

### **2.8.1. Paneles de consumidores**

Los paneles entrenados o expertos, que son capaces de identificar, cuantificar y describir atributos sensoriales específicos de manera reproducible, los consumidores no entrenados evalúan los productos desde una perspectiva hedónica, expresando su agrado o desagrado de forma espontánea y subjetiva (Mello et al., 2019).

El empleo de paneles de consumidores no entrenados en pruebas de aceptabilidad presenta ventajas metodológicas y prácticas significativas, en primer lugar, estos paneles proporcionan una validación de mercado directa, ya que las respuestas hedónicas de consumidores ni entrenados reflejan la acción real que el producto general al público objetivo (Mello et al., 2019).

Según Aleman et al. (2022); Ochieng et al. (2023) en estudios recientes sobre galletas enriquecidas con ingredientes proteicos no convencionales como harina de insectos, han demostrado la utilidad de paneles no entrenados para la evaluación no solo la aceptabilidad sensorial, sino también la intención de compra y las reacciones emocionales de los consumidores ante productos innovadores.

El uso de paneles no entrenados presenta limitaciones, una de estas principales limitaciones es la mayor variabilidad en las respuestas hedónicas en comparación con los paneles entrenados, esto debido a diferencias sobre preferencias, experiencias previas, factores culturales y estados fisiológicos (Mello et al., 2019). Esta variable llega a incrementar el error experimental y puede llegar a dificultar la detección de diferencias significativas entre tratamientos.

La determinación del tamaño de muestra en pruebas de aceptabilidad sensorial con consumidores no entrenados constituye una decisión metodológica crítica que debe ser fundamentada en criterios estadísticos y en la práctica documentada en la literatura científica. La elección del número de panelistas debe estar basada en la diferencia mínima de interés, la variabilidad esperada de las respuestas y los niveles de error tipo I ( $\alpha$ ) y tipo II ( $\beta$ ) que se consideren aceptables para la investigación (Gacula & Rutenbeck, 2006; Hough et al., 2006).

La literatura especializada en análisis sensorial establece que el número mínimo absoluto para pruebas hedónicas efectivas en paneles no entrenados se sitúa entre 30 y 40 panelistas. Este mínimo práctico permite detectar diferencias moderadas en escalas hedónicas bajo condiciones típicas de variabilidad en respuestas de consumidores (Gacula & Rutenbeck, 2006; Hough et al., 2006). Sin embargo, el rango ideal recomendado para pruebas de aceptabilidad de alimentos se encuentra entre 40 y 100 consumidores, dependiendo de la magnitud del efecto esperado, la heterogeneidad de la población objetivo y el número de muestras a evaluar (Gacula & Rutenbeck, 2006).

### **2.8.2. Escala hedónica**

Según Peryam & Pilgrim (1957) la escala hedónica de 9 puntos es un estándar de oro en investigaciones académicas avanzadas, la escala de 5 puntos es frecuentemente seleccionada en tesis de formulación por las siguientes razones metodológicas:

1. Los consumidores no entrenados suelen tener dificultades para distinguir entre matrices sutiles como “me gusta moderadamente” y “me gusta un

poco”. Una escala de 5 puntos simplifica la decisión, reduciendo el error por fatiga o confusión (Villanueva et al., 2005).

2. Investigaciones indican que escalas más cortas son más efectivas cuando el panel de consumidores es diverso en edad o nivel educativo, asegurando que todos los panelistas comprendan el significado de cada nivel de agrado de manera uniforme (Zago et al., 2015).

La escala hedónica de cinco puntos es un instrumento psicométrico utilizado en evaluación sensorial efectiva que permite a los consumidores expresar su grado de agrado o desgrado hacia un producto mediante la selección de una de cinco categorías ordenadas. Esta escala se estructura de la siguiente manera:

1. Me disgusta mucho: rechazo total del producto; el evaluador no lo consumiría voluntariamente.

2. Me disgusta: desgradado moderado; el producto presenta características sensoriales que generan rechazo.

3. Ni me gusta ni me disgusta: indiferencia o neutralidad; el producto no genera agrado ni desagrado marcado.

4. Me gusta: agrado moderado; el producto es aceptable y el evaluador lo consumiría.

5. Me gusta mucho: agrado máximo; el producto cumple o supera expectativas sensoriales del evaluador.

Cada categoría se asocia habitualmente con un valor numérico (1 a 5) que facilita el análisis estadístico de los datos (Ochieng et al., 2023).

### **2.8.3. Atributo sensorial**

- **Color**

el color es el primer atributo sensorial que el consumidor percibe y desempeña un papel fundamental en la formación de expectativas sobre el sabor, la frescura y la calidad del producto. En galletas, el color de la superficie y la miga está determinado por la composición de la masa (tipo de harina, contenido de azúcares reductores, presencia de proteínas) y por las condiciones de horneado (temperatura, tiempo, humedad del horno, etc) (Adeyeye et al., 2017; Hashem et al., 2023; Poiani & Montanuci, 2019).

La percepción visual del color influye directamente en la aceptabilidad del producto final: desviaciones significativas respecto al color puede generar rechazo, incluso antes que el consumidor pruebe la galleta (Adeyeye et al., 2017; Poiani & Montanuci, 2019). Por lo tanto, el control del color es un aspecto crítico en el desarrollo de galletas enriquecidas con el ingrediente proteicos, que frecuentemente modifican la coloración del producto final.

- **Aroma**

El aroma es un atributo sensorial clave que contribuye significativamente a la aceptabilidad de alimentos, ya que condiciona a las expectativas del consumidor antes de la degustación y modula la percepción del sabor durante el consumo. En galletas, el aroma característico se desarrolla durante el horneado como resultados de reacciones químicas complejas (reacción de Maillard, caramelización, oxidación de lípidos) que generen compuestos volátiles responsables de las notas aromáticas típicas (tostado, dulce, mantecoso) (Indriani et al., 2023; Spance, 2015).

La percepción del aroma puede influir en la aceptación del producto incluso antes de que el consumidor la pruebe, ya que el olor y las expectativas generadas por

el color modulan la experiencia sensorial global (Spance, 2015). Por ello la evaluación del aroma constituye un componente esencial en la prueba de aceptabilidad de galletas.

- **Sabor**

el sabor es considerado como el atributo sensorial más determinante en la aceptabilidad de alimentos, ya que integra las sensaciones gustativas (dulce, salado, ácido, amargo, umami) percibidas por las papilas gustativas y las sensaciones olfativas retronasales que se liberan durante la masticación y la deglución. En galletas, el sabor esperado por el consumidor incluye notas dulces, tostadas, mantecosas y, en algunos casos, notas específicas asociadas a ingredientes característicos (chocolate, vainilla y frutos secos) (S. K. Sharma et al., 2016; Soto Toloza et al., 2024).

La incorporación de ingredientes proteicos en galletas puede modificar el perfil de sabor del producto, generando notas atípicas o intensificando sabores secundarios que puede afectar a la aceptabilidad (S. K. Sharma et al., 2016). Por ello, la evaluación del sabor constituye un componente crítico en las pruebas de aceptabilidad de galletas proteicas.

- **Textura**

la textura es un atributo sensorial multidimensional que engloba propiedades mecánicas (dureza, fracturalidad y crujencia), geométricas (granulosidad y arenosidad) y de superficie (humedad y grasitud) percibidas durante la manipulación, la masticación y la deglución del alimento. En galletas, la textura esperada por el consumidor incluye características como la crujencia, friabilidad (facilidad de desmoronamiento) y una sensación suave y no arenosa en el gusto (Adeyeye et al., 2017; Poiani & Montanuci, 2019).

La textura de las galletas está determinada por la composición de la masa (tipo de harina, contenido de grasa, nivel de humedad, presencia de agentes leudantes) y por las condiciones de horneado (temperatura, tiempo y la humedad del horno), que afecta la estructura de la red de gluten, la gelatinización del almidón y la evaporación de agua (Adeyeye et al., 2017; Poiani & Montanuci, 2019). La incorporación de ingredientes proteicos puede modificar significativamente la textura del producto, lo que hace necesario evaluar su efecto sobre la aceptabilidad sensorial.

### **Dureza y crujencia**

La dureza se define como la fuerza requerida para comprimir o fracturar el alimento, mientras que la crujencia se refiere a la percepción auditiva o táctil de la fractura durante la masticación. Ambos atributos están estrechamente relacionados con la estructura de la matriz de la galleta y con el contenido de la humedad del producto (Adeyeye et al., 2017; Poiani & Montanuci, 2019).

Diversos estudios han reportado que la incorporación de ingredientes proteicos en galletas tiende a aumentar la dureza del producto, medida tanto instrumentales (mediante análisis de perfil de textura, TPA) como sensorialmente por los consumidores (Adeyeye et al., 2017; Poiani & Montanuci, 2019). Poiani & Montanuci (2019) observaron que la sustitución parcial de la harina de trigo de semilla de uva y de harina de linaza en galletas produjo un incremento en la dureza, lo que fue atribuido a la dilución del gluten y a la modificación de la estructura de la masa.

En el caso de la crujencia, esta puede verse afectada por la incorporación de proteínas debido a cambios en la estructura de la red de gluten o a la presencia de partículas de ingredientes proteicos que modifican la textura de la miga (Aleman et al., 2022; Poiani & Montanuci, 2019). Aleman et al. (2022) reportaron que las galletas

formuladas con polvo de grillo requirieron optimización de los parámetros de horneado para mantener la crujencia característica del producto.

- **Aceptabilidad general e índice de aceptabilidad**

La aceptabilidad general (overall acceptability u overall liking) se define como la impresión hedónica global que el consumidor tiene del producto después de evaluar todos sus atributos sensoriales de manera integrada. A diferencia de las puntuaciones para atributo individual, que reflejan la percepción de características específicas (color, aroma, sabor y textura), la aceptabilidad general captura la experiencia sensorial completa y constituye el indicador más relevante para predecir la aceptación del producto en el mercado (Hashem et al., 2023; Poiani & Montanuci, 2019).

En estudios de formulación de galletas, la aceptabilidad general se utiliza habitualmente como el criterio principal para comparar tratamientos y seleccionar las formulaciones óptimas (Hashem et al., 2023; Indriani et al., 2023; Poiani & Montanuci, 2019). Las puntuaciones de aceptabilidad general suelen correlacionarse con las puntuaciones de los atributos individuales, permitiendo identificar cuáles son los factores sensoriales que más influyen en el agrado del consumidor (drivers of liking).

#### **Criterios de aceptación en escala hedónica**

En la escala hedónica de cinco puntos, el punto medio (3 = “Ni me gusta ni me disgusta”) representa el umbral de aceptabilidad. Puntuaciones medias iguales o superiores a 3.0 indican que el producto es aceptable para la mayoría de los evaluadores, mientras que puntuaciones inferiores a 3,0 sugieren que el producto genera desagrado o indiferencia y requiere reformulación (Ochieng et al., 2023).

El criterio de aceptación ( $\geq 3,0$ ) es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y en investigación aplicada como punto de corte para tomar decisiones

sobre la variabilidad comercial de nuevas formulaciones (Ochieng et al., 2023). En el contexto de una tesis sobre galletas proteicas, las formulaciones que alcancen puntuaciones de aceptabilidad general  $\geq 3,0$  pueden considerarse sensorialmente aceptables, mientras aquellas con puntuaciones inferiores requerirán ajustes en la formulación o en el procesamiento.

### **Índice de aceptabilidad**

El índice de aceptabilidad es una métrica derivada que busca expresar el grado de aceptación del producto en términos porcentuales o normalizados, facilitando la comparación entre estudios y la comunicación de resultados a audiencias no especializadas. Aunque no existe un procedimiento único y estandarizado para el cálculo del índice de aceptabilidad, diversas aproximaciones han sido propuestas por la literatura.

Una formulación comúnmente utilizada para calcular el índice de aceptabilidad (IA) a partir de puntuaciones es escala hedónica es:

$$AI (\%) = \left( \frac{\text{Puntuación media obtenida}}{\text{Puntuación máxima posible}} \right) \times 100$$

### **2.9. Aminograma**

El aminograma corresponde al perfil cuantitativo completo de los aminoácidos presentes en una proteína o alimento, y generalmente se expresa en mg/g de proteína o g/100 g de proteína (Abugoch et al., 2008). Este análisis constituye una herramienta esencial para la evaluación de la calidad nutricional de las proteínas, debido a que permite determinar si un alimento aporta todos los aminoácidos esenciales en

proporciones adecuadas para cubrir los requerimientos humanos (AOAC International, 2019).

La determinación del aminograma adquiere especial importancia en el desarrollo de alimentos funcionales, donde se busca optimizar el aporte proteico mediante la combinación estratégica de distintas fuentes de origen vegetal (Barrial et al., 2020).

### **2.9.1. Clasificación de aminoácidos**

Los aminoácidos se clasifican en tres categorías principales, de acuerdo con la capacidad del organismo humano para sintetizarlos (Boogers et al., 2008):

#### **a. Aminoácidos esenciales (AAE):**

No pueden ser producidos por el organismo humano, por lo que deben obtenerse necesariamente a través de la dieta. En este grupo se incluyen histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Elsohaimy et al., 2015).

#### **b. Aminoácidos no esenciales:**

Son aquellos que el organismo puede sintetizar endógenamente en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos fisiológicos. Entre ellos se encuentran alanina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutámico y serina (Boogers et al., 2008).

#### **c. Aminoácidos condicionalmente esenciales:**

Su producción interna puede resultar insuficiente en determinadas etapas o condiciones fisiológicas, como crecimiento, embarazo o enfermedad. Dentro de este

grupo se consideran arginina, cisteína, glutamina, glicina, prolina y tirosina (Elsohaimy et al., 2015).

### 2.9.2. Perfil de aminoácidos de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es reconocida como una proteína completa debido a su destacado equilibrio de aminoácidos esenciales, superando notablemente a cereales tradicionales como trigo, arroz y maíz (Steffolani et al., 2016). A diferencia de la mayoría de los cereales, la quinua no presenta deficiencia de lisina, aminoácido que comúnmente actúa como factor limitante en los granos (X. Wang et al., 2020).

**Tabla 4**

*Perfil de aminoácidos esenciales de la quinua*

Aminoácido esencial	Quinua (mg/g proteína) *	Patrón FAO/OMS adultos (mg/g proteína)
Lisina	51–63	48
Metionina +	38–46	23
Cisteína		
Treonina	35–44	25
Triptófano	8–12	6.6
Valina	37–49	40
Isoleucina	36–44	30
Leucina	68–69	61
Fenilalanina +	62–89	41
Tirosina		
Histidina	24–41	16

*Valores expresados en g/100 g de proteína. Fuente: Adaptado de X. Wang et al. (2020).*

### 2.10. Isotermas de humedad de equilibrio

Las isotermas de sorción corresponden a curvas que establecen la relación entre la actividad de agua ( $a_w$ ) y el contenido de humedad de equilibrio a temperatura

constante, describiendo la manera en que un alimento intercambia humedad con el medio que lo rodea. Su determinación resulta fundamental en operaciones de secado, formulación y conservación de alimentos (Palou et al., 1994; Sampaio et al., 2009).

### **2.10.1. Actividad de agua ( $a_w$ )**

La actividad de agua es una magnitud adimensional comprendida entre 0 y 1, que expresa la disponibilidad relativa del agua en un alimento en comparación con el agua pura. Este parámetro se relaciona directamente con la humedad relativa de equilibrio (ERH) mediante la siguiente ecuación:

$$a_w = \frac{ERH}{100}$$

bajo condiciones de equilibrio termodinámico (Palou et al., 1994).

### **2.10.2. Clasificación de isothermas según BET**

La forma de la isoterma proporciona información relevante sobre los mecanismos de retención de agua en los alimentos y se clasifica de acuerdo con la tipología propuesta por Brunauer, Emmett y Teller (BET). En cereales y productos horneados predominan las curvas sigmoideas tipo II (Palou et al., 1994; Panjagari et al., 2015).

#### **Tipo I Microporosa:**

Se caracteriza por una rápida saturación a bajos valores de actividad de agua ( $a_w$ ). Es propia de materiales microporosos con elevada capacidad inicial de adsorción.

### Tipo II Sigmoidea (frecuente en alimentos):

Presenta una curva en forma de S con tres zonas definidas: monocapa ( $a_w < 0,3$ ), multicapa y agua libre ( $a_w > 0,6$ ). Es la forma más común en cereales, harinas y productos horneados como las galletas (Palou et al., 1994).

### Tipo III Convexa:

Corresponde a materiales con baja afinidad por el agua y elevada solubilidad de sus componentes. Se observa con frecuencia en productos con alto contenido de azúcares (Panjagari et al., 2015).

## Figura 1

*Clasificación de isotermas de sorción según BET*

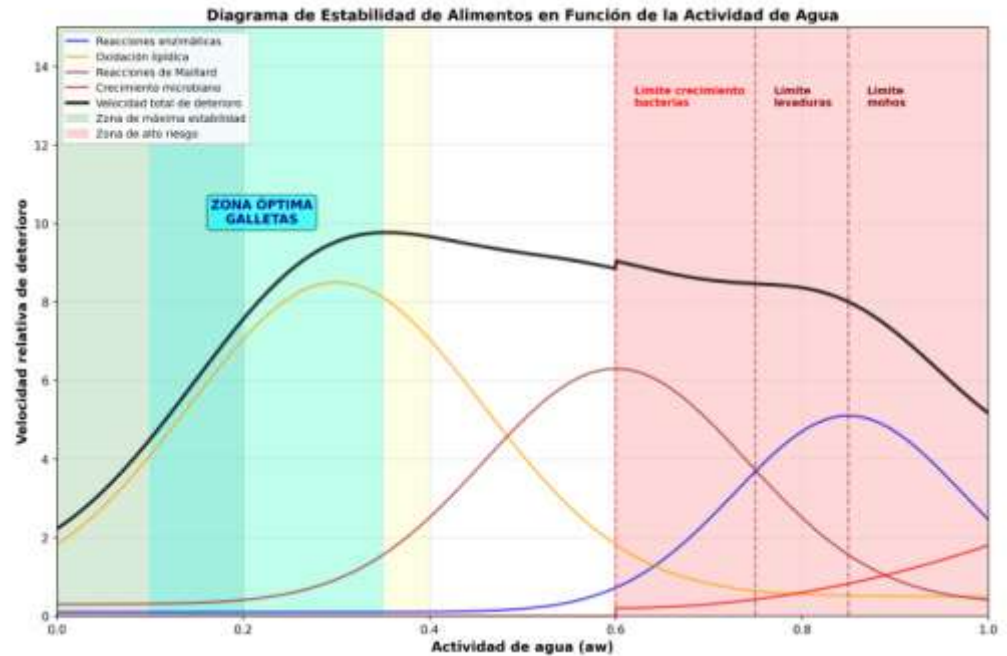


### 2.10.3. Diagrama de estabilidad de alimentos

La actividad del agua determina la velocidad de diferentes tipos de deterioro en los alimentos. El diagrama de estabilidad se relaciona  $a_w$  con la velocidad relativa de reacciones de deterioro.

**Figura 2**

*Diagrama de estabilidad de alimentos en función de la actividad del agua*



### 2.11. Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa constituye una de las principales causas de deterioro en alimentos que contienen grasas y aceites, y representa uno de los factores limitantes más críticos en la vida útil de galletas y otros productos horneados (Vurro et al., 2022). Este fenómeno comprende la reacción de los lípidos insaturados con el oxígeno molecular, originando compuestos secundarios responsables del enranciamiento, la disminución del valor nutricional, la alteración del color y la aparición de sabores y olores no deseados (Goyat et al., 2018; Watanabe et al., 2014).

En galletas proteicas elaboradas con harina de quinua y aislado proteico de quinua, la oxidación lipídica adquiere especial importancia debido a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en la quinua, principalmente ácido linoleico (C18:2,  $\omega$ -6) y ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3,  $\omega$ -3), compuestos altamente susceptibles al

proceso oxidativo (Watanabe et al., 2014). Asimismo, la incorporación de arándanos deshidratados, fuente importante de polifenoles y antioxidantes naturales, podría ejercer un efecto modulador sobre esta reacción, por lo que resulta necesario evaluar su capacidad protectora mediante métodos analíticos específicos (Meral et al., 2025).

### **2.11.1. Método OXITEST**

El OXITEST (VELP Scientifica, Usmate) es un reactor de presión de oxígeno diseñado específicamente para la determinación de la estabilidad oxidativa en matrices alimentarias sólidas, semisólidas y líquidas, sin necesidad de extracción previa de la fracción grasa (Caruso et al., 2017; Comandini et al., 2009). Este equipo representa una evolución tecnológica significativa respecto al Rancimat, permitiendo el análisis de productos horneados intactos como galletas, snacks y cereales (Riciputi & Caboni, 2017).

El principio de funcionamiento se basa en la monitorización continua de la caída de presión de oxígeno en una cámara cerrada herméticamente presurizada. A medida que la muestra se oxida, consume el oxígeno disponible en la cámara, produciendo una disminución medible de la presión interna. El momento en que se produce una caída brusca y acelerada de la presión —correspondiente al inicio de la oxidación autocatalítica— define el Período de Inducción (IP) (Comandini et al., 2009; Tsao et al., 2021).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo del trabajo se realizó en los ambientes del laboratorio de Análisis de Alimentos, Centro Experimental de Panificación, Laboratorio de Farmacognosia e Instituto de Investigación Nutricional.

#### 3.2. INSUMOS

- Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): La materia prima fue adquirida de la empresa Wiracocha del Perú S.A.C., siendo suministrada previamente lavada, clasificada y libre de impurezas, lo que garantizó su aptitud e inocuidad para el proceso de molienda.
- Harina de quinoa: Se obtuvo mediante la molienda fina de los granos de quinoa utilizando el Molino Pulverizador modelo GR-PV40B. Posteriormente, el producto fue tamizado con malla N.º 80 (180 µm), con la finalidad de obtener una granulometría uniforme y adecuada para su incorporación en la formulación de la galleta proteica.
- Aislado proteico de quinoa: Se obtuvo a partir de granos de quinoa siguiendo la metodología descrita por (autor, año), basada en un proceso de extracción alcalina

y posterior precipitación isoeléctrica, lo que permitió obtener una fracción proteica de alta pureza.

- Arándanos deshidratados (*Vaccinium spp.*): Se utilizaron arándanos frescos sometidos a un proceso de deshidratación en estufa de convección forzada, bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo, con el propósito de reducir la actividad de agua y preservar sus propiedades nutricionales y funcionales, especialmente el contenido de antocianinas y polifenoles, para su posterior incorporación en la formulación de la galleta proteica.
- Manteca vegetal: Fue adquirida en el mercado local Nery García de Ayacucho y utilizada como fuente grasa en la formulación, cumpliendo la función de aportar plasticidad a la masa, mejorar la textura y contribuir a las características organolépticas del producto final.
- Azúcar: Se empleó azúcar de la marca Pomalca, adquirida en el mercado local Nery García de Ayacucho, utilizada como edulcorante en la formulación de la galleta proteica, aportando sabor dulce y favoreciendo las propiedades texturales del producto.
- Agua potable: Se utilizó agua potable proveniente de la red pública, empleada como solvente y agente de hidratación durante el proceso de amasado, favoreciendo la cohesión de los ingredientes y el desarrollo adecuado de la masa.
- Huevos: Se emplearon huevos frescos de gallina (*Gallus gallus domesticus*), adquiridos en el mercado local Nery García de Ayacucho, utilizados como agente emulsificante y ligante en la formulación, contribuyendo a la estructura, textura y valor nutricional de la galleta proteica.

- Sal (cloruro de sodio): Se utilizó sal de mesa yodada adquirida en el mercado local Nery García de Ayacucho, incorporada en la formulación como potenciador de sabor y agente regulador del desarrollo de la masa durante el proceso de amasado.

### 3.3. MATERIALES

- ✓ Vasos precipitados 50 mL, 100 mL y 500 mL.
- ✓ Probetas de 5 mL, 25 mL y 100 mL 1000 mL.
- ✓ Fiola de 10 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1000 mL
- ✓ Pipeta de 1 mL , 5 mL, 10 mL
- ✓ Matraz de Erlenmeyer
- ✓ Balón de Kjeldahj de 250 mL
- ✓ Matraz kitazato y embudo bucher
- ✓ Bureta 25 mL
- ✓ Piseta
- ✓ Soporte universal
- ✓ Espátula
- ✓ Crisoles de porcelana
- ✓ Mortero
- ✓ Papel filtro
- ✓ Bombilla de succión

### 3.4. REACTIVOS

- ✓ Hidróxido de sodio NaOH, 2 N; 1,25 %, 80%
- ✓ Ácido clorhídrico HCl, 2,5 %; 0,1 N; 1 %
- ✓ Ácido sulfúrico, HSO<sub>4</sub> 1,25 %

- ✓ Sulfato de cobre
- ✓ Sulfato de potasio anhidrido
- ✓ Ácido bórico, 4%
- ✓ Hexano
- ✓ Alcohol

### **3.5. EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

- ✓ OXITEST Reactor de Estabilidad de Oxidativa Modelo F30900248, 900 W, 230 V, 50-60 Hz. Con el método (AOCS Cd12c-16)
- ✓ Molino Pulverizador Eléctrico Modelo GR-PV40B, 400 W, 220 -240 V
- ✓ Determinador de humedad
- ✓ Micro destilador Kjeldahl
- ✓ Digestor de fibra
- ✓ Extractor de grasa SOXHET
- ✓ Centrifugadora Eléctrica
- ✓ pH metro – Potenciómetro Modelo 3510 pH Meter.
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Campanas de desecación.
- ✓ Mezcladora
- ✓ Horno Rotativo AN-660/D
- ✓ Balanza
- ✓ Mufla

## **3.6. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.6.1. Enfoque**

El enfoque de investigación es predictivo, correlacional y explicativo, ya que permite estimar el comportamiento del producto durante el almacenamiento, establecer relaciones entre las variables de formulación y los parámetros de calidad analizados, así como explicar los efectos generados por las distintas formulaciones sobre la estabilidad oxidativa, las isotermas de sorción y el perfil nutricional de la galleta proteica.

### **3.6.2. Tipo**

Según el propósito de la investigación, el presente estudio se clasifica como experimental aplicado, debido a que se manipulan de manera deliberada las variables independientes, correspondientes a las proporciones de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados, con la finalidad de evaluar su efecto sobre las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de la galleta proteica.

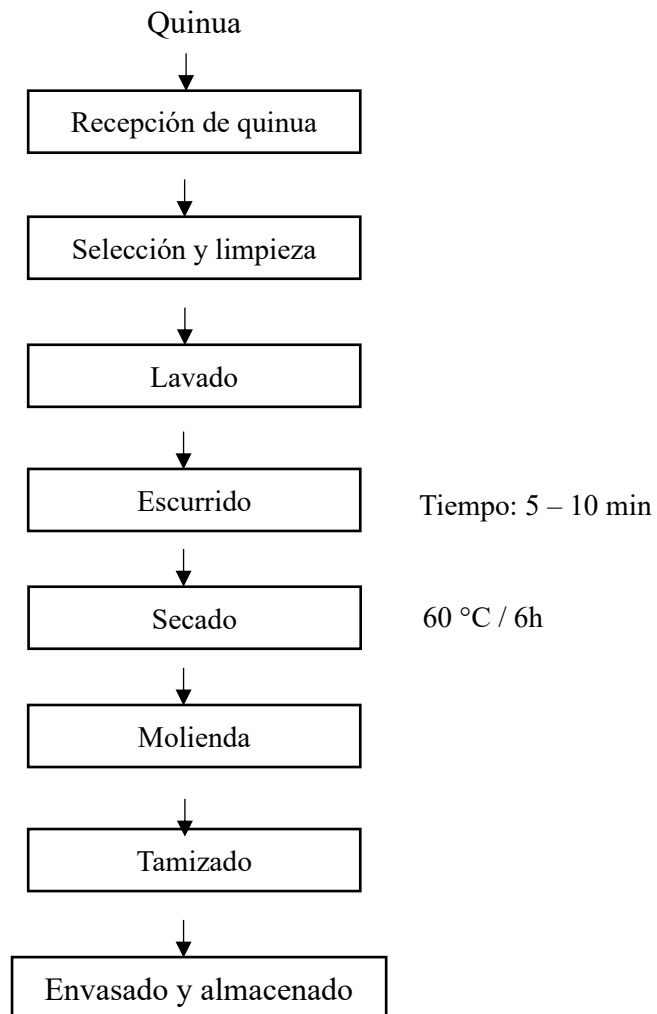
### **3.6.3. Procesos previos**

#### **Harina de quinua**

Para la obtención de la harina de quinua se siguió las siguientes etapas, como se muestra en la Figura 3.

### Figura 3

*Flujo de proceso de la obtención de harina de quinua*



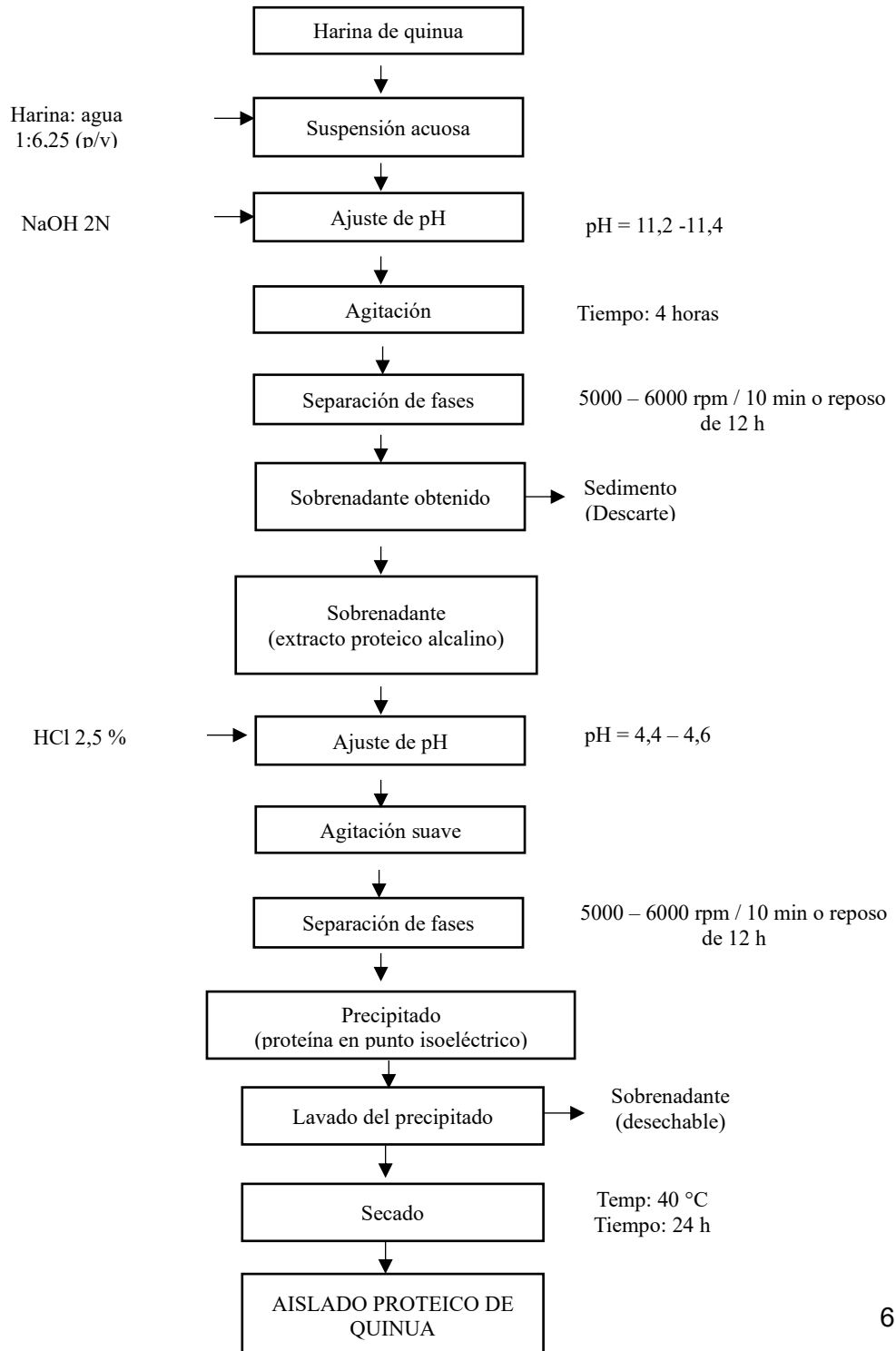
*Nota: Adaptado de Opazo et al. (2018)*

## Aislado proteico de quinua

Para la obtención del aislado proteico de quinua se siguió las etapas, como se muestra en la figura 4.

**Figura 4**

*Flujo de proceso de la obtención de aislado proteico de quinua*

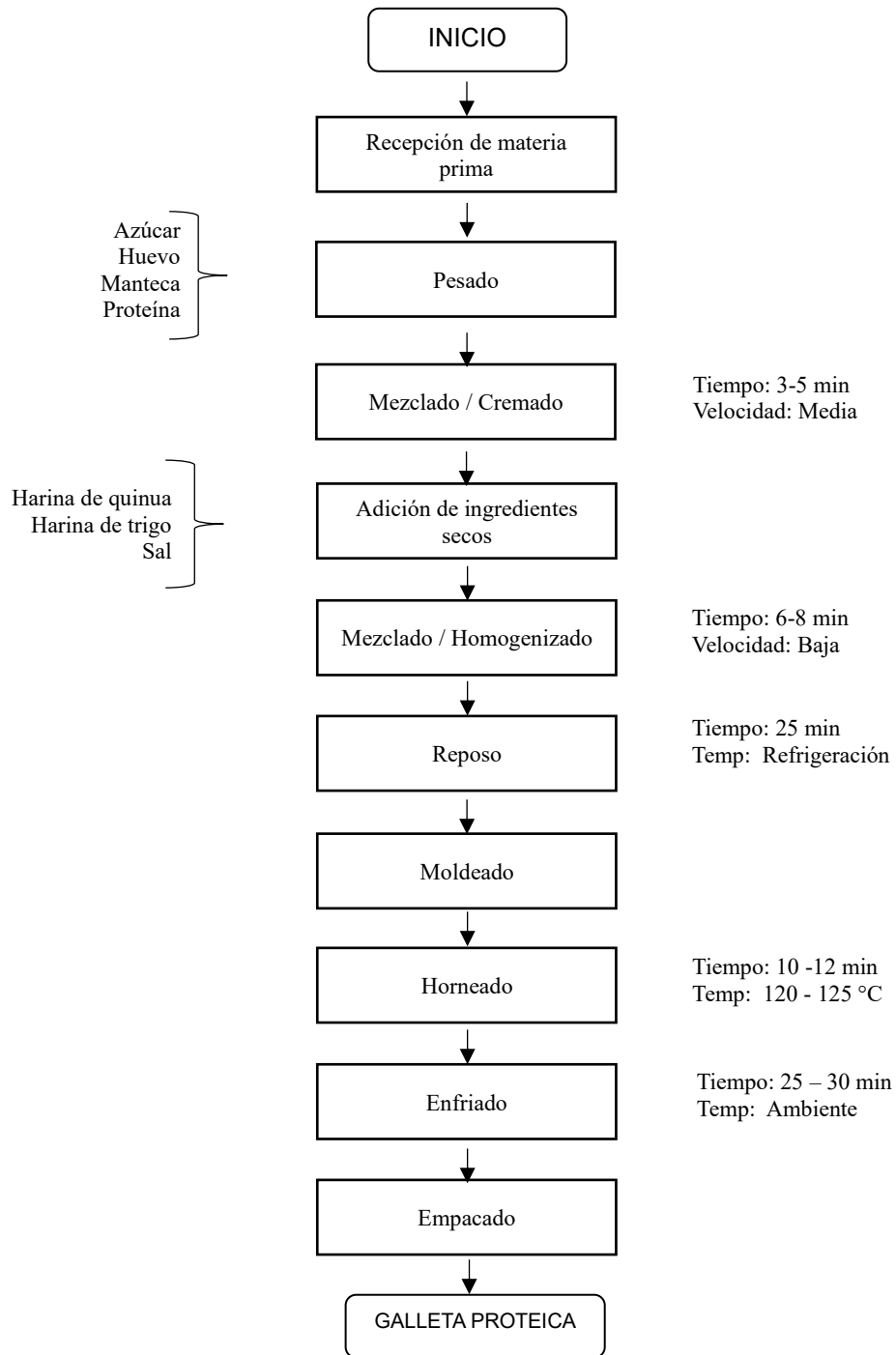


### 3.6.4. Proceso de elaboración de galleta proteica

Para el proceso de elaboración se siguió el flujo de procesos de la figura 05.

**Figura 5**

*Flujo de proceso de la elaboración de la galleta proteica*



*Nota: Elaboración propia*

### **Recepción de materia prima**

En este proceso se recibieron las materias primas e insumos necesarios para la elaboración de la galleta.

### **Pesado**

Los insumos fueron pesados de acuerdo a lo requerido por la formulación establecida. Esta etapa permitió garantizar la exactitud de las proporciones de los ingredientes para la uniformidad en la elaboración de las galletas.

### **Mezclado / Cremado**

Se realizó el cremado de azúcar, huevo, manteca y proteína mediante el mezclado a una velocidad media, durante 3 a 5 min, esto hasta que se obtuvo una mezcla homogénea y cremosa.

### **Adición de ingredientes secos**

Posteriormente, se incorporan los ingredientes secos (harina de quinua, harina de trigo y sal) a la mezcla cremosa. Los ingredientes secos fueron añadidos de manera gradual para facilitar su integración y así poder evitar la formación de grumos en la masa.

### **Mezclado / Homogenizado**

La mezcla fue homogenizada durante 6 a 8 min a velocidad baja, obteniendo así una masa uniforme y de textura adecuada para el proceso del moldeado. En este proceso se permitió una distribución homogénea de los ingredientes.

## **Reposo**

La masa obtenida en el proceso de homogenizado fue puesta en reposo bajo refrigeración por 25 minutos. Esta etapa permitió mejorar la consistencia de la masa para facilitar el proceso de moldeado.

## **Moldeado**

La masa reposada fue moldeada manualmente, dándole forma y tamaño deseado para las galletas, donde se procuró mantener la uniformidad en todas las piezas esto con la finalidad de obtener una cocción homogénea.

## **Horneado**

las galletas fueron horneadas a una temperatura de 120 °C – 125 °C durante 10 a 12 minutos. Durante esta etapa se produjo la cocción de la masa, el desarrollo del color, aroma y textura característico del producto final.

## **Enfriado**

Después del horneado, las galletas fueron enfriadas a temperatura ambiente durante 25 a 30 minutos.

## **Empacado**

Finalmente, las galletas proteicas fueron empacadas en condiciones adecuadas.

### **3.6.5. Muestra**

**Población:** La población fueron las 150 galletas elaboradas.

**Muestra:** Todas las galletas elaboradas fueron usadas.

**Muestreo:** Se tomo las muestras al azar del total de la población de galletas.

### 3.6.6. Técnicas instrumentales de análisis

#### Formulación por programación lineal

##### a) Función objetivo

La función objetivo es minimizar el costo de la formulación de galleta proteica con las características deseadas, elaborada a partir de insumos propuestos (variables independientes), considerando sus respectivos precios del mercado.

$$\min Z = \sum C_i X_i$$

Donde:

$C_i$  = Costo del insumo

$X_i$  = cantidad del insumo

$Z$  = costos

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

##### b) Variables

$X_1$ : cantidad de aislado proteico de quinua

$X_2$ : cantidad de harina de quinua

$X_3$ : cantidad de arándanos deshidratados

$X_4$ : cantidad de grasa

$X_5$ : cantidad de harina trigo

$X_6$ : cantidad de huevo

$X_7$ : cantidad de azúcar

$X_8$ : cantidad de agua

$X_9$ : cantidad de sal

### c) Valores de la Composición química de los insumos

Los valores correspondientes a la composición química de los insumos empleados en la formulación fueron obtenidos a partir de fuentes bibliográficas confiables, tablas oficiales de composición de alimentos y antecedentes de investigaciones relacionadas. Entre los principales componentes considerados se incluyeron proteína, grasa, carbohidratos, humedad, fibra y cenizas, de acuerdo con la disponibilidad de información para cada materia prima.

**Tabla 5**

*Composición química proximal de los insumos utilizados en la formulación*

Ingredientes	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Carbohidrato %	Fibra %	Ceniza %
Aislado proteico de quinua	5,92	75,0	2,43	9,63	0,80	6,22
Harina de quinua	13,28	14,12	6,07	64,16	7,00	2,38
Arándano deshidratado	15,80	3,43	1,40	77,40	5,30	1,60
Manteca vegetal	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Harina de trigo	11,92	10,33	0,98	76,31	2,70	0,47
Huevo	76,15	12,56	9,51	0,72	0,0	1,06
Azúcar	0,02	0,0	0,0	99,98	0,0	0,01
Sal de mesa	0,20	0,0	0,0	0,0	0,0	99,8
Agua potable	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0

*Nota:* La composición química de los insumos se presenta en porcentaje (% p/p). *Fuente:* Adaptado de Abugoch (2009) USDA Food Data Central (2023)

### d) Parámetros nutricionales

Los parámetros nutricionales considerados en la formulación fueron establecidos con la finalidad de obtener una galleta con adecuado aporte alimenticio y características acordes con el objetivo del estudio. Entre los principales componentes evaluados se incluyeron proteína, grasa, carbohidratos, fibra, humedad y cenizas, tomando como referencia recomendaciones nutricionales, antecedentes bibliográficos y la composición química de los insumos utilizados.

**Tabla 6**  
*Parámetros nutricionales en la utilizados formulación*

<b>Parámetro</b>	<b>%</b>
<b>Humedad</b>	$\leq 14,0\%$
<b>Proteína</b>	$\geq 20,0\%$
<b>Grasa total</b>	6,0–18,0%
<b>Carbohidratos</b>	35–75%
<b>Fibra dietética</b>	$\geq 3,0\%$
<b>Cenizas</b>	$\leq 3,0\%$
<b>Energía</b>	$< 400 \text{ kcal/100g}$
<b>Lisina</b>	$\geq 0,5\%$

**e) Restricciones en la formulación o requisitos para la elaboración de galleta**

Como restricciones se establecieron cantidades con la mínima y máxima de componentes o características químicas que debía contener la galleta proteica, donde algunas de estas restricciones fueron validades mediante los ensayos experimentales.

**Restricción 1: Balance de masa**

Para todo el proceso de formulación se consideró que la suma total de las cantidades de todos los insumos sea igual al peso total de la mezcla que se desea elaborar. En este caso, se definió un lote a base de 100 kg de mezcla para la galleta proteica.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 = 100 \text{ kg}$$

Donde:

$X_1$ : cantidad de aislado proteico de quinua

$X_2$ : cantidad de harina de quinua

$X_3$ : cantidad de arándanos deshidratados

$X_4$ : cantidad de grasa

$X_5$ : cantidad de harina de trigo

$X_6$ : cantidad de huevo

$X_7$ : cantidad de azúcar

$X_8$ : cantidad de agua

$X_9$ : cantidad de sal

### **Restricción 2: Contenido de proteína**

El contenido total de proteína en la formulación fue definido con un valor mínimo de 20 % en base al peso total de la mezcla (100 kg), con el fin de asegurar el carácter proteico del producto.

Para representar esta condición en el modelo de programación lineal, se consideró el aporte de proteína de cada ingrediente multiplicado por la cantidad utilizada en la formulación, de manera que la sumatoria de dichos aportes fuera igual o superior al 20 %.

### **Balance de proteína:**

$$p_1X_1 + p_2X_2 + p_3X_3 + p_4X_4 + p_5X_5 + p_6X_6 + p_7X_7 + p_8X_8 + p_9X_9 \geq 20$$

### **Donde:**

$p_1$ : fracción masica de aislado proteico de quinua

$p_2$ : fracción masica de harina de quinua

$p_3$ : fracción masica de arándanos deshidratados

$p_4$ : fracción masica de grasa

$p_5$ : fracción masica de harina de trigo

$p_6$ : fracción masica de huevo

$p_7$ : fracción masica de azúcar

$p_8$ : fracción masica de agua

$p_9$ : fracción masica de sal

### **Restricción 3: Minimización de costos**

La minimización de costos fue considerada como uno de los criterios principales en la formulación, con el propósito de obtener una galleta proteica nutricionalmente adecuada y económicamente viable. Para ello, se tomó en cuenta el costo unitario de cada ingrediente empleado en la mezcla, buscando reducir el costo total de producción sin afectar el cumplimiento de las restricciones nutricionales y de balance establecidas en el modelo.

$$C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5 + C_6X_6 + C_7X_7 + C_8X_8 + C_9X_9 = \min Z$$

Donde:

$C_1$  = Costo de aislado proteico de quinua

$C_2$  = Costo de harina de quinua

$C_3$  = Costo de arandanos deshidratados

$C_4$  = Costo de grasa

$C_5$  = Costo de harina de trigo

$C_6$  = Costo de huevo

$C_7$  = Costo de azucar

$C_8$  = Costo de agua

$C_9$  = Costo de sal

## f) Formulación óptima de la galleta proteica obtenida mediante Solver

La formulación óptima de la galleta proteica fue determinada mediante la herramienta Solver de Microsoft Excel, utilizando un modelo de programación lineal orientado a minimizar el costo total de producción, sin incumplir las restricciones nutricionales y de balance previamente establecidas. Para ello, se consideró una mezcla base de 100 kg y se evaluó la proporción adecuada de cada ingrediente en función de su composición química y costo unitario.

**Figura 6**

*Formulación óptima de la galleta proteica obtenida mediante Solver*

	Aislado proteico x1	Harina de quinua x2	Arandanos x3	Manteca x4	Harina de trigo x5	Huevo x6	Azucar x7	Agua x8	Sal x9	TOTAL	RESTRICCIÓN
FORMULACION	16.41	40.00	3.00	10.00	10.00	8.16	11.59	0.00	0.85	100.00	
<b>Total</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100.000	100
<b>Humedad</b>	0.059	0.1333	0.158	0	0.119	0.74	0	1	0	14.000	<= 14
<b>Proteinas</b>	0.75	0.141	0.009	0	0.1	0.126	0	0	0	20.000	>= 20
<b>Grasa</b>	0.024	0.061	0.014	1	0.011	0.099	0	0	0	13.793	Entre 6 18
<b>Carbohidratos</b>	0.016	0.642	0.784	0	0.762	0.007	0.999	0	0	47.549	Entre 35 75
<b>Fibra</b>	0.008	0.07	0.053	0	0.027	0	0	0	0	3.360	<= 3
<b>Ceniza</b>	0.0622	0.0238	0.016	0	0.0047	0.0106	0	0	0.998	3.000	<= 3
<b>Gluten</b>	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0.900	Entre 3 4.5
<b>Lisina</b>	0.05	0.006	0.001	0	0.0025	0.009	0	0	0	1.162	<= 1.5
Costo de insumo (de mercado)	200	15	10	10	3.5	5.5	3.5	1.3	1.5		
costo de formulacion	3281.40	600.00	30.00	100.00	35.00	44.86	40.56	0.00	1.27	4133.09	

*Nota. Resultado generado mediante la herramienta Solver de Microsoft Excel, considerando restricciones de balance de masa, contenido nutricional y minimización del costo total de formulación.*

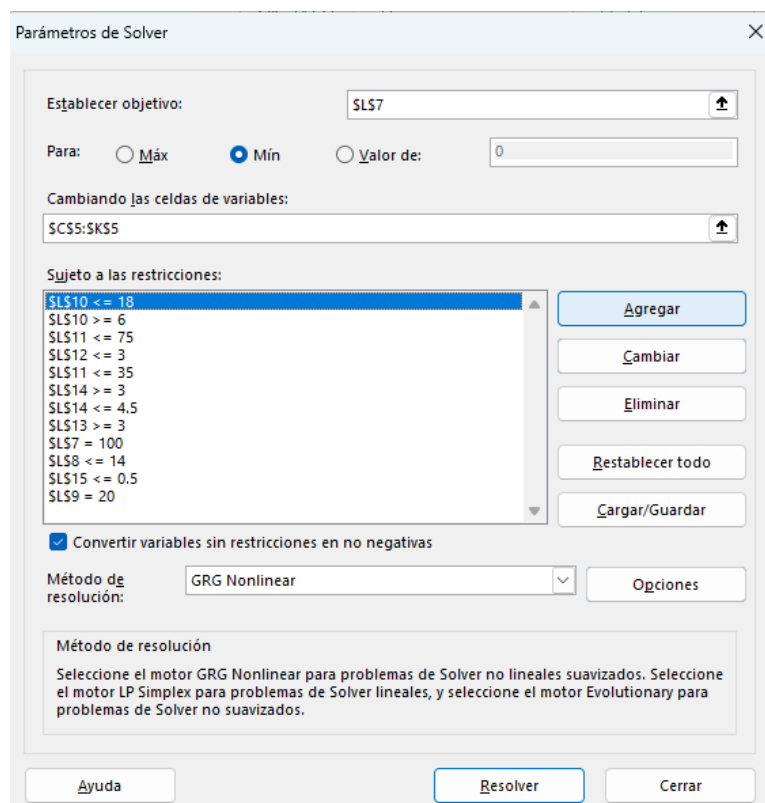
La figura 7 presenta la ventana de configuración de la herramienta Solver de Microsoft Excel empleada para optimizar la formulación de la galleta proteica. Se estableció como función objetivo la minimización del costo total de la mezcla, seleccionando la opción Min.

Las variables de decisión estuvieron representadas por las cantidades de cada ingrediente incorporado en la formulación. Asimismo, se consideraron restricciones

relacionadas con los contenidos de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, cenizas, lisina y balance de masa total. Para la resolución del modelo se empleó el método GRG Nonlinear, mediante el cual se obtuvo la combinación óptima de ingredientes que cumple con los criterios nutricionales y económicos establecidos.

**Figura 7**

*Configuración de parámetros del Solver*



*Nota. Captura de pantalla de la herramienta Solver de Microsoft Excel utilizada en el proceso de optimización.*

## **3.7. METODOLOGÍAS USADAS**

### **3.7.1. Análisis proximal**

#### **3.7.1.1. Humedad**

### **Método AOAC 925.10:**

El método AOAC 925.10, conocido también como método de secado en estufa, constituye un procedimiento de referencia para la determinación de humedad en diferentes muestras alimentarias (Antarkar et al., 2019). Su principio se basa en la eliminación del agua contenida en la muestra mediante calentamiento a temperatura controlada hasta alcanzar peso constante, considerando la pérdida de masa como equivalente al contenido de humedad.

En el presente análisis, se pesaron 2 g de muestra en placas petri previamente taradas, las cuales fueron colocadas en una estufa a 110 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, las muestras fueron retiradas, enfriadas en desecador y posteriormente pesadas para determinar el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%Humedad = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_1 - P_0)} \times 100$$

Donde:

- **P<sub>0</sub>** = peso de la placa petri vacía (g)
- **P<sub>1</sub>** = peso de la placa petri + muestra húmeda (g)
- **P<sub>2</sub>** = peso de la placa petri + muestra seca (g)

El resultado se expresa como porcentaje de humedad en base húmeda. Para convertirlo a base seca se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%Humedad (base seca) = \frac{\%Humedad (base húmeda)}{100 - \%Humedad (base húmeda)} \times 100$$

### 3.7.1.2. *Proteínas*

#### **Método AOAC 920.87 / Kjeldahl**

El contenido de proteína se determinó mediante el método AOAC 920.87 (Kjeldahl), procedimiento de referencia para la cuantificación de proteína cruda en alimentos (Laurencia et al., 2023). Este método se refiere en la determinación del nitrógeno total presente en la muestra, el cual luego se convierte a proteína mediante un factor de conversión.

Para el análisis, se pesó 1 g de muestra previamente molida y tamizada en un tubo de digestión. Luego, se adicionaron 5 g de catalizador y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (98 %). La digestión se realizó en un equipo BLOC-DIGEST a 400 °C durante 30 minutos, hasta obtener una coloración verde cristalina.

Finalizada la digestión, los tubos se enfriaron al ambiente y se agregaron 5 mL de agua destilada. Posteriormente, el contenido fue transferido al destilador, realizando lavados adicionales con agua destilada. Luego, se añadieron 5 mL de NaOH al 80 % para liberar el amoníaco generado.

El amoníaco destilado fue recibido en un matraz Erlenmeyer de 125 mL que contenía 5 mL de solución de ácido bórico con indicador de pH. La destilación se realizó durante aproximadamente 7 minutos y finalmente el destilado fue titulado con ácido clorhídrico estandarizado 0,0441 N, registrándose el volumen gastado para el cálculo del contenido de nitrógeno y proteína de la muestra.

$$\%Nitrogeno = \left[ \frac{(V_{muestra} - V_{blanco}) \times N_{acido} \times 6.25}{Peso_{muestra}} \right] \times 100$$

$$\%Proteina = \%Nitrogeno \times Factor\ de\ conversion$$

Donde:

- $V_{\text{muestra}}$  = volumen de ácido consumido en la titulación de la muestra (mL).
- $V_{\text{blanco}}$  = volumen de ácido consumido en la titulación del blanco (mL).
- $N_{\text{ácido}}$  = normalidad del ácido titulante
- 6,25 = Factor (Factor general de conversión proteica recomendado por AOAC)
- $\text{Peso}_{\text{muestra}}$  = masa de la muestra analizada (g).

### 3.7.1.3. *Carbohidratos*

El contenido de carbohidratos se estimó por diferencia, considerando que la composición total del alimento corresponde a la suma de humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra dietética y carbohidratos (C. Sharma et al., 2013). En ese sentido, el porcentaje de carbohidratos se obtuvo restando de 100 % la suma de los demás componentes previamente determinados mediante análisis proximal (C. Sharma et al., 2013).

Se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Proteina} + \% \text{Grasa} + \% \text{Cenizas} + \% \text{Fibra dietetica})$$

### 3.7.1.4. *Cenizas*

#### **Método AOAC 923.03**

El método El contenido de cenizas se determinó mediante el método AOAC 923,03, procedimiento de referencia basado en la incineración de la materia orgánica a alta temperatura, quedando como residuo la fracción mineral presente en la muestra. Durante este proceso, los compuestos orgánicos se oxidan y volatilizan,

permaneciendo los minerales en forma de óxidos y sales inorgánicas (Idowu & Akinsola, 2017).

Para el análisis, los crisoles vacíos fueron previamente acondicionados en mufla a 600 °C durante 1 hora. Posteriormente, se enfriaron en desecador hasta temperatura ambiente y se registró su peso inicial. Luego, se pesaron 2 g de muestra en cada crisol y se llevaron nuevamente a la mufla a 600 °C durante 3 a 5 horas, hasta obtener cenizas de color claro, indicativas de una incineración completa.

Finalizado el proceso, los crisoles fueron retirados cuidadosamente con pinzas metálicas y trasladados al desecador para su enfriamiento. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se pesaron inmediatamente para evitar la absorción de humedad del ambiente. La diferencia entre el peso del crisol vacío y el peso final con cenizas permitió calcular el contenido de cenizas de la muestra, expresado como porcentaje.

El contenido de cenizas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{(P_2 - P_1)}{Peso_{muestra}} \times 100$$

Donde:

- $P_1$  = peso del crisol vacío (g).
- $P_2$  = peso del crisol con las cenizas obtenidas (g).
- $Peso_{muestra}$  = peso de la muestra analizada (g).

### 3.7.1.5. *Grasas*

#### **Método AOAC 930.09 Soxhet**

El contenido de grasa se determinó mediante el método AOAC 930.09 (Soxhlet), procedimiento de referencia basado en la extracción continua de los lípidos presentes en la muestra mediante un solvente orgánico. El método consiste en

solubilizar la grasa con n-hexano, recuperar el extracto lipídico y cuantificarlo por diferencia de peso (Idowu & Akinsola, 2017).

Para el análisis, se utilizaron muestras previamente deshidratadas obtenidas del ensayo de humedad. El balón del equipo Soxhlet fue lavado, secado en estufa a 110 °C durante 1 hora, enfriado en desecador y pesado ( $P_1$ ). Posteriormente, se pesaron 3 g de muestra, los cuales fueron colocados en papel filtro e introducidos en el cuerpo del extractor.

Luego, se adicionó n-hexano al sistema y se inició el calentamiento a baja temperatura. El solvente evaporado se condensó y cayó sobre la muestra, extrayendo la grasa por reflujo continuo. El proceso se mantuvo durante 3 horas, con una velocidad aproximada de 30 a 40 gotas por minuto.

Finalizada la extracción, el solvente residual del matraz fue evaporado en estufa a 60 °C, obteniéndose el residuo graso. Finalmente, el balón con grasa fue enfriado en desecador y pesado ( $P_2$ ), calculándose el contenido de grasa mediante la siguiente expresión:

El contenido de grasa se determina mediante la siguiente expresión:

$$\%Grasa = \frac{(P_2 - P_1)}{Peso_{muestra}} \times 100$$

Donde:

- $P_1$  = peso del matraz vacío y previamente seco (g).
- $P_2$  = peso del matraz con el extracto lipídico seco (g).
- Peso muestra = peso de la muestra analizada (g).

### 3.7.1.6. *Fibra*

El contenido de fibra bruta se determinó mediante el método AOAC, basado en digestiones sucesivas en medio ácido y alcalino, con la finalidad de eliminar los componentes solubles del alimento y aislar la fracción fibrosa no digerible (Idowu & Akinsola, 2017).

Para el análisis, se pesaron 3 g de muestra previamente desgrasada en un vaso de precipitación de 600 mL. Luego, se adicionaron 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25 %, sometiendo la mezcla a ebullición suave durante 30 minutos. Posteriormente, el contenido fue filtrado mediante embudo Büchner y lavado con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez.

Seguidamente, el residuo retenido fue transferido a un matraz Erlenmeyer utilizando 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 1,25 %, realizándose una segunda digestión por ebullición durante 30 minutos. Finalizado este proceso, la muestra fue filtrada nuevamente y lavada con agua caliente, dos veces con alcohol y tres veces con acetona.

El residuo obtenido fue secado en estufa a 100 °C durante 2 horas. Luego, se colocó en un crisol previamente pesado ( $P_1$ ) y se secó a 105 °C por 3 horas. Después del enfriamiento se registró el peso del crisol con muestra ( $P_2$ ). Al final, la muestra fue incinerada a 600 °C, obteniéndose el peso de cenizas.

El contenido de fibra bruta se calculó mediante la siguiente expresión:

$$g \text{ de fibra} = (P_2 - P_1) - \text{peso de ceniza}$$
$$\% \text{ Fibra bruta} = \frac{g \text{ de fibra}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

### **3.7.2. Aminograma**

El perfil de aminoácidos se determinó mediante el método AccQ-Tag Ultra Derivatization Kit para UPLC-DAD (Waters Corporation, 2006), el cual se basa en la derivatización precolumna de los aminoácidos con 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato (AQC) (Waters Corporation, 2006). Este reactivo reacciona con aminas primarias y secundarias, formando derivados estables que pueden ser separados y cuantificados mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a detector de arreglo de diodos (UPLC-DAD).

El fundamento del método consiste en la reacción del grupo N-hidroxisuccinimida del reactivo AQC con los grupos amino de los aminoácidos en medio alcalino, generando derivados de urea estables con máxima absorción a 260 nm, lo que permite su adecuada detección y separación en fase reversa (Waters Corporation, 2006)

La determinación del aminograma de las muestras fue realizada en el Instituto de Investigación Nutricional utilizando el sistema AccQ-Tag Ultra.

### **3.7.3. Isotherma de humedad de equilibrio**

Los valores de humedad de equilibrio de las muestras de galleta fueron determinados a 20 °C mediante el método gravimétrico estático. Para ello, se colocaron aproximadamente 2 g de muestra en envases de acrílico previamente tarados, los cuales fueron introducidos en desecadores que contenían soluciones salinas saturadas de KOH, MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, KCl y BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, evitando el contacto directo entre las muestras y las soluciones, siguiendo la metodología descrita por Moreira et al. (2016).

Las muestras permanecieron dentro de los desecadores hasta alcanzar el equilibrio higroscópico, determinado mediante peso constante en dos mediciones consecutivas. Con la finalidad de minimizar la absorción de humedad ambiental durante el proceso de pesado, el tiempo de exposición de las muestras al ambiente fue inferior a 30 segundos. Cada ensayo se realizó por duplicado.

El contenido de humedad de equilibrio se determinó a partir de la diferencia entre la masa de la muestra en equilibrio y su masa seca, utilizando una balanza determinadora de humedad (ML-50, A&D Weighing). Paralelamente, se determinó la actividad de agua ( $a_w$ ) de las muestras mediante el equipo Rotronic HygroPalm, con el fin de obtener la actividad de agua real de las galletas y no la correspondiente a las soluciones salinas.

Los valores experimentales de humedad en base seca y actividad de agua fueron utilizados para ajustar el modelo matemático de GAB (Guggenheim–Anderson–de Boer). Los parámetros del modelo fueron estimados mediante el uso de Solver de Microsoft Excel y posteriormente empleados para la simulación de la isoterma de adsorción.

**Tabla 7**

*Actividades de agua de diferentes soluciones saturadas a utilizar para determinar la humedad de equilibrio*

<b>Sales</b>	KOH	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	KCl	BaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
<b>HR (%)</b>	8.5	33	43	75	85	97

Finalmente, los datos experimentales de contenido de humedad de equilibrio en función de la actividad de agua fueron ajustados a los modelos matemáticos de GAB.

### **Modelo GAB**

$$X = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$$

Donde:

$X$  = *humedad de equilibrio*

$X_m$  = *humedad de monocapa*

$C$  y  $K$  = *constantes del modelo*

$a_w$  = *actividad del agua*

#### **3.7.4. Estabilidad oxidativa**

El método OXITEST es un sistema acelerado para evaluar la estabilidad oxidativa de alimentos, el cual opera bajo condiciones controladas de temperatura elevada y presión de oxígeno (Mora et al., 2009). Este equipo registra de manera continua la disminución de la presión de oxígeno en cámaras herméticas que contienen la muestra, permitiendo determinar el tiempo de inducción oxidativa (TIO), definido como el tiempo necesario para que se inicie la oxidación acelerada de los lípidos (Mora et al., 2009).

La estabilidad oxidativa de las muestras se determinó mediante el equipo OXITEST bajo condiciones aceleradas. Para ello, se pesó 5 g de muestra en las cámaras de reacción del equipo, las cuales posteriormente fueron presurizadas con oxígeno puro a 6 bar y mantenidas a una temperatura constante de 90 °C.

Durante el ensayo, el sistema registró automáticamente el consumo del O<sub>2</sub> (%) en función del tiempo mediante sensores de alta precisión. El tiempo de inducción oxidativa se verificó como el punto de inflexión de la curva presión versus tiempo, estos se calcularon en momentos diferentes como:

$$O_2 \text{ consumido}(\%) = \left(1 - \frac{OP_t}{OP_0}\right) \times 100$$

Donde:

$OP_t$ : Presión del oxígeno en un tiempo

$OP_0$ : Presión del oxígeno al inicio

Las curvas cinéticas del consumo de oxígeno ( $O_2$ ) en función del tiempo se evaluaron mediante los modelos lineal y sigmoideal, considerando las etapas de iniciación y propagación de la oxidación lipídica. A partir de estos modelos se obtuvieron parámetros cinéticos como el período de inducción (IP), consumo máximo de  $O_2$ , velocidad máxima de oxidación ( $R_{max}$ ), consumo de  $O_2$  en el IP. Las expresiones matemáticas empleadas fueron adaptadas de Farhoosh (2020) y Farhoosh (2021a).

$$\text{Consumo de } O_2 = K_{IP}(t) + \text{consumo de } O_{20}$$

$$\text{Consumo de } O_2 = \frac{k_c}{\exp[k_c(C - t)] + k_d}$$

$$\text{Consumo de } O_2 \text{ maximo} = \frac{k_c}{k_d}$$

$$R_{max} = \frac{k_c^2}{4k_d}$$

$$R_n = \frac{R_{max}}{\text{Consumo de } O_2 \text{ maximo}}$$

$$IP = \frac{k_c(2 - k_c C + \ln k_d) - 4(\text{consumo de } O_{20} k_d)}{4 k_{IP} k_d - k_c^2}$$

$$O_i = \frac{IP}{k_{IP}}$$

$$\text{Consumo de } O_{2IP} = k_{IP}(IP) + \text{Consumo de } O_{20}$$

Donde:

*IP*: período de inducción oxidativa (h).

*K<sub>IP</sub>*: constante de velocidad durante el período de inducción.

*t*: tiempo de reacción (h).

Consumo de  $O_{20}$ : consumo inicial de oxígeno.

*k<sub>c</sub>*: constante cinética de oxidación.

*k<sub>d</sub>*: constante asociada a la desaceleración de la oxidación.

*C*: parámetro relacionado con el punto de inflexión .

Consumo de  $O_2$ : consumo máximo de oxígeno.

*R<sub>max</sub>*: velocidad máxima de oxidación.

*R<sub>n</sub>*: velocidad normalizada de oxidación.

*O<sub>i</sub>*: índice oxidativo.

Consumo de  $O_{2IP}$ : consumo de oxígeno en el período de inducción

### **3.7.5. Aceptabilidad sensorial**

La escala hedónica de 5 puntos es un método afectivo ampliamente utilizado para medir el grado de agrado o desagrado de consumidores no entrenados hacia productos alimentarios (Meilgaard et al., 1999). Esta escala resulta apropiada cuando se trabaja con panelistas no entrenados, debido a su facilidad de comprensión y rapidez de respuesta.

Se evaluó la aceptabilidad sensorial de las muestras mediante una prueba hedónica utilizando una escala de 5 puntos. Para ello, se contó con la participación de 47 panelistas no entrenados, consumidores habituales del tipo de producto evaluado, quienes participaron de manera voluntaria en las sesiones de evaluación.

**Tabla 8***Ficha de evaluación sensorial*

Atributo	5 (Me gusta mucho)	4 (Me gusta)	3 (No me gusta ni me disgusta)	2 (Me disgusta)	1 (Me disgusta mucho)
Color					
Aroma					
Sabor					
Textura					
Acceptabilidad General					

Se utilizó una ficha de evaluación estructurada en la que los panelistas indicaron su nivel de agrado global en la escala hedónica de 5 puntos, donde 1 = me disgusta mucho, 2 = me disgusta, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me gusta y 5 = me gusta mucho. Las evaluaciones se realizaron en ambientes adecuados, bajo iluminación blanca y condiciones controladas, a fin de reducir distracciones y posibles sesgos.

El procesamiento estadístico de los datos sensoriales se realizó verificando inicialmente la normalidad de la distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para los datos con distribución normal y homogeneidad de varianzas, se aplicó análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), con el propósito de identificar diferencias significativas entre tratamientos. En caso de no cumplirse los supuestos paramétricos, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman.

### **3.7.6. Contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante**

Se determinaron los compuestos fenólicos totales mediante el método de Folin-Ciocalteu, basado en la reducción del reactivo de fosfomolibdato-fosfotungstato por los compuestos fenólicos presentes en la muestra en medio alcalino, formando un complejo de color azul cuya absorbancia fue medida a 765 nm (Singleton & Rossi, 1965). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico.

La determinación de flavonoides totales se realizó mediante el método del cloruro de aluminio, fundamentado en la formación de complejos entre el ion  $Al^{3+}$  y los grupos funcionales de los flavonoides, generando un cromóforo medido a 415 nm (Chang et al., 2020). Los resultados se expresaron como equivalentes de quercetina.

La capacidad antioxidante se evaluó mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP. El método DPPH (Brand-Williams et al., 1995) se basa en la reducción del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, evidenciada por la disminución de absorbancia a 517 nm (Brand et al., 1995). El método ABTS (Re et al., 1999) determinó la capacidad de neutralización del catión radical  $ABTS^{\bullet+}$ , midiendo la decoloración a 734 nm (Re et al., 1999). El método FRAP (Benzie & Strain, 1996) evaluó el poder reductor mediante la reducción del complejo  $Fe^{3+}$ -TPTZ a  $Fe^{2+}$ -TPTZ, registrando la absorbancia a 593 nm (Benzie & Strain, 1996).

Las determinaciones de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante fueron realizadas en el Laboratorio de Farmacognosia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Formulación óptima de la galleta poética por programación lineal

La formulación del producto final se realizó mediante un modelo de programación lineal utilizando Solver, esta formulación se realizó con el objetivo de optimizar la composición nutricional al menos costo posible, cumpliendo con los parámetros establecido, los ingredientes incluidos en el modelo fueron 9: aislado proteico de quinua, harina de quinua, arándanos, manteca vegetal, harina de trigo, huevo, azúcar agua y sal.

Como se observa en la Figura 8, el modelo generó una solución factible con un costo de 4133,09 soles por la producción de 100 Kg de galletas, donde aislado proteico presentó el mayor costo, dando a entender que es lo más costoso de la producción,

El peso promedio de las galletas fue de  $5,5 \pm 0,51$  g. considerando un costo total de insumos de S/.4133,09 para una producción de 100 kg, se estimó un rendimiento de aproximado de 18182 galletas, obteniéndose así un costo unitario aproximado de S/. 0.23 por galleta.

**Figura 8**

*Formulación óptima de la galleta proteica obtenida mediante Solver*

	Aislado proteico x1	Harina de quinua x2	Arandanos x3	Manteca x4	Harina de trigo x5	Huevo x6	Azucar x7	Agua x8	Sal x9	TOTAL	RESTRICCIÓN
FORMULACION	16.41	40.00	3.00	10.00	10.00	8.16	11.59	0.00	0.85	100.00	
<b>Total</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100.000	100
<b>Humedad</b>	0.059	0.1333	0.158	0	0.119	0.74	0	1	0	14.000	<= 14
<b>Proteinas</b>	0.75	0.141	0.009	0	0.1	0.126	0	0	0	20.000	>= 20
<b>Grasa</b>	0.024	0.061	0.014	1	0.011	0.099	0	0	0	13.793	Entre 6 18
<b>Carbohidratos</b>	0.016	0.642	0.784	0	0.762	0.007	0.999	0	0	47.549	Entre 35 75
<b>Fibra</b>	0.008	0.07	0.053	0	0.027	0	0	0	0	3.360	<= 3
<b>Ceniza</b>	0.0622	0.0238	0.016	0	0.0047	0.0106	0	0	0.998	3.000	<= 3
<b>Gluten</b>	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0.900	Entre 3 4.5
<b>Lisina</b>	0.05	0.006	0.001	0	0.0025	0.009	0	0	0	1.162	<= 1.5
Costo de insumo (de mercado)	200	15	10	10	3.5	5.5	3.5	1.3	1.5		
costo de formulacion	3281.40	600.00	30.00	100.00	35.00	44.86	40.56	0.00	1.27	4133.09	

En relación con la composición nutricional, la formulación obtenida cumple con todas las restricciones planteadas. El contenido de proteína alcanzó el 20.00%, valor que coincide con el mínimo establecido en el modelo. Este resultado es importante, ya que uno de los principales objetivos de la formulación fue lograr un contenido proteico igual o mayor al 20%.

Además, se observa en la Figura 8 que el modelo de programación lineal ajustó la formulación justo hasta alcanzar este valor, lo cual indica que se optimizaron los ingredientes para cumplir con el requerimiento. La formulación óptima de la galleta proteica consta de: 16,41 % de aislado proteico de quinua, 40 % de harina de quinua, 3 % de arándanos, 10% de manteca vegetal, 10 % de harina de trigo, 8,16 % de huevo, 11,59 % de azúcar y 0,85 % de sal.

#### 4.2. Análisis proximal de la galleta proteica

En el presente estudio se determinaron seis parámetros proximales en muestras de galletas proteica esto con el propósito de evaluar su composición proximal. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9, donde se muestran los valores obtenidos.

**Tabla 9***Composición proximal de las galletas proteicas analizadas*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor experimental (%)</b>
<b>Humedad</b>	7.982 ±0.0552
<b>Proteínas</b>	17,226 ±1,0701
<b>Grasa</b>	14,360 ±0,6753
<b>Carbohidratos</b>	46,846 ± 0.376
<b>Fibra</b>	13,800 ± 0.0446
<b>Ceniza</b>	1,570±0,0033
<b>Actividad de agua</b>	0.540± 0.0035

*Nota: Elaboración propia*

El contenido de humedad determinado experimentalmente fue de 7.982%, valor que cumple con el límite normativo establecido de 14,0% y contribuye a garantizar la estabilidad microbiológica y fisicoquímica del producto durante su vida útil. Sin embargo, este valor se encuentra ligeramente por encima del rango típico reportado para galletas tipo cookies, que oscila entre 2 y 5% (Bick et al., 2014; Mahmood et al., 2019). La humedad en productos de galletería es un parámetro clave, ya que influye directamente en las propiedades sensoriales, especialmente en la textura crujiente característica. Estudios indican que contenidos de humedad entre 5 y 7% pueden reducir la crocancia, generando una textura menos firme que podría afectar la aceptabilidad del producto (Olatoye et al., 2020). Además, este nivel de humedad requiere un adecuado control durante el almacenamiento, debido a que valores de actividad de agua superiores a 0,60 pueden favorecer el crecimiento microbiano y reacciones de deterioro (Igbabul et al., 2015).

En cuanto al contenido proteico, se obtuvo un valor de 17,226%, el cual resulta relevante desde el punto de vista nutricional. Si bien no alcanza el mínimo establecido de 20,0%, supera ampliamente los valores típicos de galletas convencionales elaboradas con harina de trigo refinada, que se encuentran entre 6 y 10% (Idowu & Akinsola, 2017). Este incremento se relaciona con la incorporación de ingredientes con mayor aporte proteico, como la quinua, cuya inclusión en niveles de 10 a 30%. El valor obtenido sugiere una mayor sustitución de harina de trigo o la inclusión de fuentes proteicas concentradas, acercando el producto a formulaciones con mejor perfil nutricional y potencial funcional (Makpoul & Ibrahim, 2015).

Respecto al contenido de grasa, se registró un valor de 14,360%, superior al rango de referencia de 6,0 a 8,0%, aunque dentro de los valores reportados para productos de galletería, que pueden variar entre 10 y 30% (C. Sharma et al., 2013). Este contenido es comparable al de galletas tipo crackers, que presentan niveles entre 8 y 25%. Las grasas cumplen un rol importante en la calidad del producto, ya que aportan suavidad al interferir en la formación del gluten, mejoran el sabor y contribuyen a la vida útil al reducir el endurecimiento (Borczak et al., 2022; Maman & Yu, 2019). No obstante, también es importante considerar la calidad de las grasas utilizadas, ya que su perfil influye en el valor nutricional del producto.

Los carbohidratos representaron el 46,846% de la composición total, valor que se encuentra dentro del rango de referencia (35–75%) y es coherente con lo reportado para este tipo de productos (Antarkar et al., 2019). Sin embargo, es menor que el contenido típico de galletas convencionales, que suele estar entre 60 y 75%. Esta reducción puede explicarse por el mayor aporte de proteínas y fibra en la formulación, lo que disminuye proporcionalmente el contenido de carbohidratos calculado por diferencia (Igbabul et al., 2018). Esta característica, junto con el alto contenido de

fibra, podría tener un efecto positivo sobre el índice glucémico del producto (Borczak et al., 2022).

Un resultado destacable es el contenido de fibra dietética, que alcanzó 13,8 %, superando ampliamente el valor mínimo de referencia de 3,0%. Este nivel indica una formulación enriquecida y permite considerar al producto como alto en fibra. La fibra dietética aporta beneficios importantes, como la mejora del tránsito intestinal, mayor saciedad y regulación de la respuesta glucémica, además de efectos positivos sobre el microbiota intestinal (Pawar et al., 2023).

Y por último el contenido de cenizas fue de 1,570%, valor que se encuentra dentro del rango esperado para galletas (0,8–2,0%) (C. Sharma et al., 2013). Los minerales presentes contribuyen al valor nutricional, aunque su aprovechamiento puede verse afectado por compuestos como los fitatos, especialmente en formulaciones con alto contenido de fibra (Maman & Yu, 2019).

#### **4.3. Aceptabilidad sensorial**

La evaluación de la aceptabilidad sensorial se realizó con un panel de 47 consumidores no entrenados, quienes evaluaron cinco atributos: color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general, utilizando una escala hedónica de cinco puntos.

Previo al análisis comparativo, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para cada uno de los atributos. Los resultados mostraron que ninguna de las variables presentó una distribución normal ( $p < 0,05$  en todos los casos), por lo que se optó por complementar el análisis utilizando la prueba no paramétrica de Friedman.

**Tabla 10**

*Estadísticos descriptivos de los atributos sensoriales evaluados mediante una escala hedónica de cinco puntos*

Atributo	Media	D.E.	IC 95% (±)	Mediana	% Aceptación (≥4)	Clasificación hedónica
<b>Color</b>	3,574	0,827	0,243	4	57,4	Me gusta
<b>Aroma</b>	3,553	0,775	0,228	4	55,3	Me gusta
<b>Sabor</b>	3,957	0,751	0,22	4	80,9	Me gusta
<b>Textura</b>	3,191	0,77	0,226	3	34	Ni me gusta ni me disgusta
<b>Aceptabilidad general</b>	3,702	0,689	0,202	4	66	Me gusta

*D.E. = desviación estándar; IC = intervalo de confianza*

Los estadísticos descriptivos presentados en la Tabla 9 muestran que el sabor fue el atributo mejor valorado por los panelistas, con una media de  $3,957 \pm 0,751$ . Además, el 80,9% de los consumidores le otorgó puntuaciones iguales o superiores a 4, lo que lo ubica en la categoría hedónica “Me gusta”.

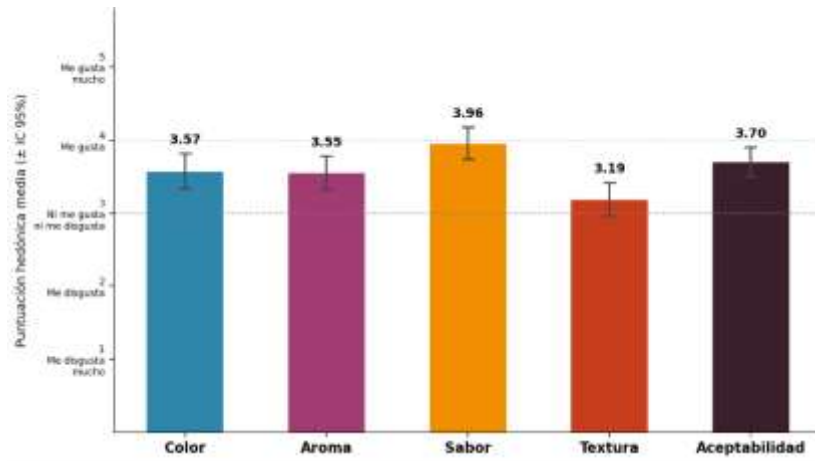
El color presentó una media de  $3,574 \pm 0,827$ , con un 57,4 % de aceptación, mientras que el aroma alcanzó  $3,553 \pm 0,775$ , con 55,3 % de aceptación; en ambos casos, también dentro de la categoría “Me gusta”. Por su parte, la aceptabilidad general registró una media de  $3,702 \pm 0,689$ , con un 66 % de los panelistas manifestando agrado hacia el producto.

En contraste, la textura fue el atributo con menor puntuación, ubicándose en la categoría “Ni me gusta ni me disgusta”, con una media de  $3,191 \pm 0,770$  y solo un 34,0% de aceptación, lo que indica que es el aspecto más crítico de la formulación.

Estos resultados se muestran en la Figura 9, donde se presentan las medias con sus respectivos intervalos de confianza al 95%.

**Figura 9**

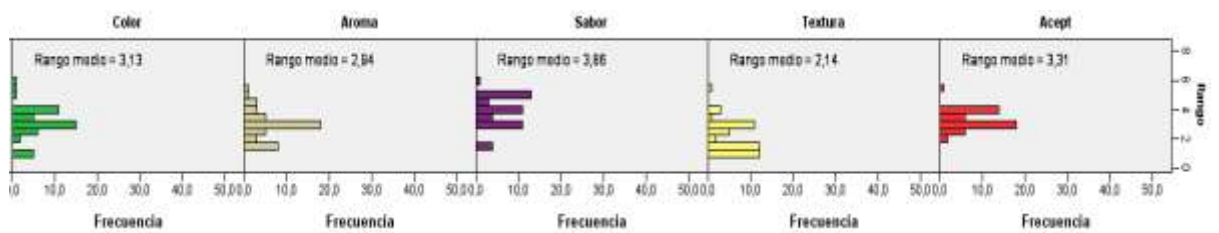
*Aceptabilidad sensorial de las galletas proteicas (escala hedónica de 5 puntos, n =47)*



En la figura 10 se presenta el análisis de rangos de Friedman para los atributos sensoriales evaluados en la única formulación de galleta proteica, los resultados muestran diferencias en la percepción de los panelistas respecto al color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general.

**Figura 10**

*Análisis de rangos de Friedman para los atributos sensoriales de la galleta proteica*



**Nota:** Los valores representan el rango medio asignado por los panelistas para cada atributo

Los resultados evidenciaron que el sabor represento el rango medio más alto con 3.86, seguido de la aceptabilidad general de 3.31, lo que indica una mayor

valoración por parte de los panelistas. En contraste, la textura registro un menor rango de 2.14, siendo el atributo con la menos aceptación relativa.

**Tabla 11**

*Resultados de la prueba no paramétrica de Friedman para los atributos sensoriales evaluados*

<b>Estadísticos</b>	<b>Valores</b>
N total	47
Estadísticos de prueba	123,009
Grado de libertad	4
Sig. Asintótica (prueba de dos caras)	0,000

Los resultados de la prueba no paramétrica de Friedman mostraron diferencias estadísticas significativas entre los atributos sensoriales evaluados ( $p < 0.05$ ). El valor obtenido estadístico de Friedman ( $X^2 = 123,009$ ) indica que los panelistas percibieron diferencias en la valoración de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general de la galleta proteica.

**Figura 11**

*Comparación de rangos medios y agrupación de atributos sensoriales según prueba de Friedman en la galleta proteica*

		Subconjunto			
		1	2	3	4
Muestra <sup>1</sup>	Textura	2,138			
	Aroma	2,936	2,936		
	Color		3,128	3,128	
	Acept		3,309	3,309	
	Sabor			3,862	
	Panelistas				5,628
Probar estadística		4,787	,894	5,117	, <sup>2</sup>
Sig. (prueba de 2 caras)		,029	,640	,077	.
Sig. ajustada (prueba de 2 caras)		,084	,870	,149	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

<sup>1</sup>Cada casilla muestra el rango de media de muestras.

<sup>2</sup>No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

Para identificar entre qué atributos existían diferencias significativas, se realizó una prueba de comparaciones múltiples mediante subconjuntos homogéneos (Figura 11). El análisis evidenció la formación de grupos diferenciados de percepción sensorial. El atributo sabor (3,862) se ubicó en el subconjunto superior, mostrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a la textura (2,138), la cual presentó el menor rango medio y se posicionó en el subconjunto inferior. Por otro lado, la aceptabilidad general, el color y el aroma mostraron solapamiento entre los

subconjuntos intermedios, lo que indica que los panelistas percibieron estos atributos de manera estadísticamente similar.

El mayor rango obtenido para el atributo sabor sugiere que la incorporación de aislado proteico de quinua y arándanos deshidratados no afectó negativamente la percepción gustativa del producto. Sin embargo, la menor valoración de la textura podría estar asociada a cambios en la estructura de la matriz alimentaria debido al contenido proteico y de fibra de los ingredientes empleados, los cuales pueden influir en la dureza y crocancia de las galletas.

#### **4.4. Aminograma**

En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis proximal de proteína y del perfil de aminoácidos de la galleta proteica OT2026114-1. El contenido de proteína obtenido fue de 11,00 g/100 g de muestra, determinado mediante el método AOAC 920.87, evidenciando que el producto presenta un aporte importante de proteína para tratarse de un alimento tipo galleta.

Respecto al perfil de aminoácidos, los resultados mostraron la presencia de aminoácidos esenciales y no esenciales. Entre los aminoácidos con mayor concentración destacaron el ácido glutámico (2,21 g/100 g), la arginina (1,47 g/100 g) y el ácido aspártico (1,11 g/100 g), los cuales contribuyen al valor nutricional y funcional del producto.

**Tabla 12***Perfil de aminoácidos esenciales en galletas proteicas*

Identificación	Ensayo	LCM	Unidad	Resultado
<b>Galleta proteica OT2026114-1</b>	Ácido aspártico (*)	0.6	g/100g muestra	1.11
	Ácido glutámico (*)	0.6	g/100g muestra	2.21
	Serina (*)	0.4	g/100g muestra	0.82
	Glicina (*)	0.4	g/100g muestra	0.49
	Histidina (*)	0.8	g/100g muestra	<0.8
	Treonina (*)	0.3	g/100g muestra	0.59
	Alanina (*)	0.2	g/100g muestra	0.28
	Arginina (*)	0.9	g/100g muestra	1.47
	Prolina (*)	0.6	g/100g muestra	0.64
	Tirosina (*)	0.8	g/100g muestra	<0.8
	Valina (*)	0.5	g/100g muestra	0.71
	Metionina (*)	0.7	g/100g muestra	<0.7
	Isoleucina (*)	0.3	g/100g muestra	0.41
	Leucina (*)	0.2	g/100g muestra	0.88
	Fenilalanina (*)	0.8	g/100g muestra	<0.08
	Lisina (*)	0.8	g/100g muestra	<0.08
Triptófano (*)	0.01	g/100g muestra	0.09	

**Nota:** Resultados obtenidos del análisis realizado por el Instituto de Investigación Nutricional (IIN). Elaboración propia.

Asimismo, se identificaron aminoácidos esenciales como valina (0,71 g/100 g), leucina (0,88 g/100 g), treonina (0,59 g/100 g) e isoleucina (0,41 g/100 g), importantes para el mantenimiento y formación de tejidos corporales. El contenido de triptófano fue de 0,09 g/100 g, mientras que algunos aminoácidos como histidina, tirosina, metionina, fenilalanina y lisina presentaron valores menores al límite mínimo cuantificable reportado por el laboratorio.

Estos resultados muestran que la galleta proteica presenta un perfil aminoacídico favorable, aportando compuestos importantes desde el punto de vista

nutricional, lo cual podría relacionarse con las materias primas utilizadas en la formulación.

#### 4.5. Isotermas de sorción

La isoterma de sorción de las galletas proteicas se determinó a partir de seis puntos experimentales dentro de un rango de actividad de agua entre 0,155 y 0,909. Los datos obtenidos se ajustaron al modelo GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), utilizando Solver para estimar los parámetros del modelo.

En la Tabla 13 se presentan los parámetros obtenidos, así como la comparación entre los valores experimentales y los valores estimados por el modelo, lo que permite evaluar qué tan bien se ajusta a los datos obtenidos.

**Tabla 13**

*Parámetros del modelo GAB y comparación entre los datos experimentales y ajustados para galleta proteica*

Aw de la solución salina	Aw de la galleta proteica	M experimental (g/100 g m.s.)	M ajustada GAB (g/100 g m.s.)	Error (%)
0.085	0,155	4,718	4,822	2,2
0.33	0,437	6,684	7,055	5,55
0.43	0,565	8,419	8,93	6,07
0.75	0,759	15,294	14,957	2,2
0.85	0,85	22,332	21,883	2,01
0.97	0,909	31,027	31,271	0,79

Parámetros GAB optimizados:  $X_m = 4.109$  g agua/100 g m.s. ·  $C = 13\ 220.8$  ·  $K_g = 0.9555$  ·  $R^2 = 0.998$  M = contenido de humedad de equilibrio; m.s. = materia seca.

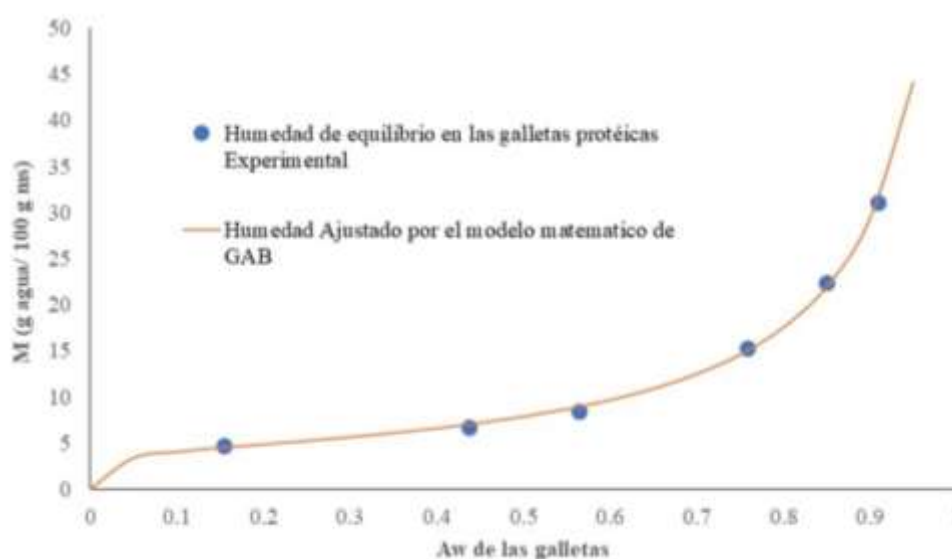
El modelo GAB describió de manera adecuada el comportamiento higroscópico del producto, alcanzando un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0.998$ , lo que indica que explica prácticamente toda la variación del contenido de humedad

de equilibrio. Los errores relativos entre los valores experimentales y los estimados se encontraron entre 0,79% y 6,07%, rangos que se consideran aceptables para este tipo de modelos en alimentos.

La Figura 12 presenta la isoterma de adsorción de humedad de la galleta proteica a 20 °C, obtenida experimentalmente y ajustada mediante el modelo matemático de GAB. Los puntos representan los datos experimentales, mientras que la línea continua corresponde al modelo ajustado ( $R^2=0.998$ ), evidenciando un excelente ajuste entre los valores experimentales y simulados.

### Figura 12

*Isoterma de humedad de equilibrio de las galletas proteicas a 20°C ( $A_w$  de agua en galletas y humedad en las galletas), experimental y ajustado por el modelo de GAB*



*Nota:* Los puntos representan datos experimentales; la línea continua corresponde al modelo ajustado ( $R^2 = 0,998$ ). La banda sombreada indica la zona de monocapa ( $aW < 0,35$ ).

La curva obtenida presentó el comportamiento característico de una isoterma tipo II (sigmoidal), típica de alimentos secos y ricos en carbohidratos y proteínas. En

este tipo de isothermas se distinguen tres regiones principales: una región inicial de monocapa a bajos valores de actividad de agua ( $a_w < 0.2$ ), donde el agua se encuentra fuertemente ligada a los componentes del alimento; una región intermedia de multicapa ( $a_w = 0.2-0.7$ ), caracterizada por la formación progresiva de capas de agua y mayor movilidad molecular; y una región final de agua libre ( $a_w > 0.7$ ), donde ocurre condensación capilar y aumenta considerablemente la disponibilidad de agua.

El contenido de humedad de monocapa ( $M_0$ ) obtenido mediante el modelo de GAB fue de 4.185 g de agua/100 g de materia seca. Este parámetro representa la condición de máxima estabilidad del alimento, ya que corresponde al nivel de humedad en el cual las reacciones deteriorativas ocurren a menor velocidad.

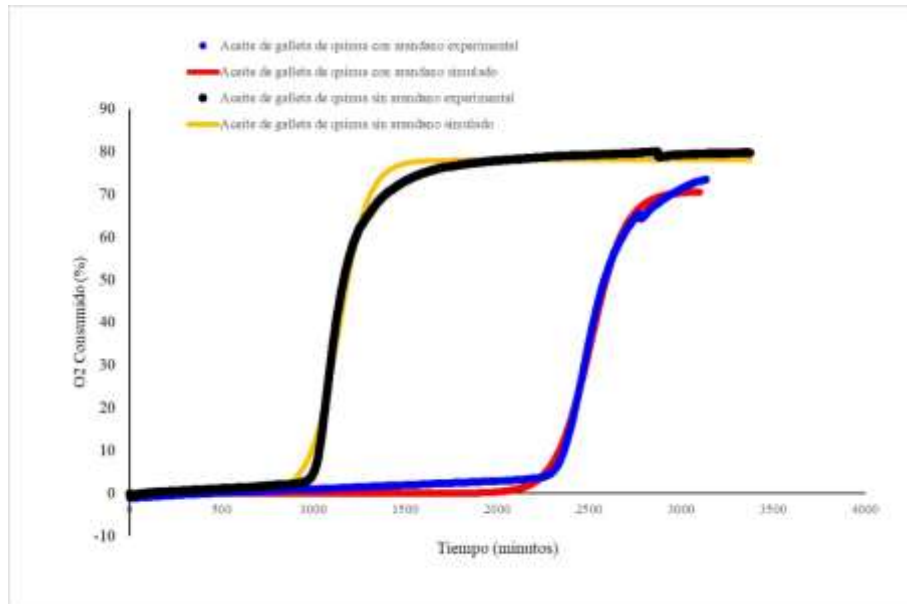
Las galletas proteicas presentaron una actividad de agua de  $0.540 \pm 0.0035$ , ubicándose en la región II de la isoterma tipo II. Esta zona se asocia con la ocurrencia de reacciones de Maillard y oxidación lipídica, debido al incremento de la movilidad del agua y de los solutos. Por ello, el producto requiere materiales de empaque con adecuada barrera al vapor de agua para preservar su estabilidad durante el almacenamiento.

#### **4.6. Estabilidad oxidativa**

La estabilidad oxidativa de la harina de quinua y de la galleta proteica fue evaluada mediante el equipo OXITEST bajo condiciones aceleradas de 90 °C y presión de oxígeno. El consumo de oxígeno presentó una curva sigmoidea característica de los procesos de oxidación lipídica, observándose las fases de inducción, propagación y terminación en ambas muestras.

### Figura 13

Consumo acumulado de  $O_2$  (%) en función del tiempo, con el modelo cinético ajustado para la harina de quinua y la galleta proteica.



**Nota:** los puntos representan los datos experimentales y las líneas continuas corresponden a los valores simulados del modelo cinético obtenidos mediante el OXITEST.

En la Figura 13 se observa que ambas muestras presentaron un comportamiento típico de oxidación acelerada. Sin embargo, la galleta proteica mostró una fase de inducción más prolongada respecto a la harina de quinua, indicando una mayor resistencia a la oxidación lipídica.

El perfil sigmoideal observado coincide con lo reportado para procesos de oxidación en productos ricos en lípidos evaluados mediante el método OXITEST (Laguerre et al., 2007).

**Tabla 14**

*Parámetros cinéticos del modelo Oxitest para la harina de quinua y galleta proteica.*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Harina de quinua</b>	<b>Valor Galleta Proteica</b>
<b>IP</b>	Período de inducción	<b>17 h 30 min</b>	<b>43h 07min</b>
<b>kc</b>	Constante de velocidad de propagación	0.01276 min <sup>-1</sup>	0.01066 min <sup>-1</sup>
<b>kd</b>	Constante de velocidad de terminación	1.654×10 <sup>-4</sup> min <sup>-1</sup>	1.499×10 <sup>-6</sup> min <sup>-1</sup>
<b>C</b>	Tiempo característico del modelo	456.16 min	1 680.75 min
<b>R<sup>2</sup></b>	Coficiente de determinación	0.9963	0.9962
<b>χ<sup>2</sup> reducido</b>	Bondad de ajuste	2.6546	2.4267
<b>Método de cálculo IP</b>	Intersección de tangentes	LSM	LSM
<b>Temperatura de ensayo</b>	—	90 °C	90 °C
<b>Presión inicial de O<sub>2</sub></b>	—	6.08 bar	6.34 bar
<b>Peso de muestra</b>	—	3.668 g	7.316 g

LSM = Least Squares Method (método de mínimos cuadrados).

La galleta proteica presentó un IP de 43 h 07 min, valor considerablemente superior al obtenido para la harina de quinua que fue de 17 h 30 min, lo que indica una mayor estabilidad oxidativa del producto final. Este comportamiento podría estar relacionado con la formulación de la galleta, el procesamiento térmico y la posible presencia de compuestos antioxidantes provenientes de los ingredientes utilizados, los cuales habrían contribuido a retardar el inicio de la oxidación (Dueñas et al., 2003).

Además, las diferencias observadas entre ambas muestras podrían darse a cambios generados durante el horneado de la galleta. En la harina de quinua los lípidos se encuentran más expuestos al ambiente, favoreciendo una oxidación mucho más rápida.

La constante de propagación  $k_c$  fue mayor en la harina de quinua  $0.01276 \text{ min}^{-1}$  respecto a la galleta proteica  $0.01066 \text{ min}^{-1}$ , indicando una mayor velocidad de oxidación en la harina. Asimismo, el parámetro C, asociado al tiempo característico del modelo, fue considerablemente mayor en la galleta proteica  $1680.75 \text{ min}^{-1}$  comparado con la harina de quinua  $456.16 \text{ min}^{-1}$ , confirmando una mayor estabilidad oxidativa del producto formulado.

Considerando que el ensayo fue realizado bajo condiciones aceleradas de temperatura, la estabilidad oxidativa observada podría relacionarse con una mayor vida útil del producto a temperatura ambiente. De manera referencial, mediante la regla  $Q_{10}$ , se asume que por cada disminución de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  la velocidad de deterioro disminuye aproximadamente a la mitad. Sin embargo, para estimar con mayor precisión la vida útil real del producto sería necesario realizar estudios complementarios a diferentes temperaturas y aplicar modelos cinéticos como Arrhenius.

#### **4.7. Contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante**

Los análisis de contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP) fueron realizados en el Laboratorio de Farmacognosia de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Con la finalidad de evaluar la presencia de compuestos antioxidantes en la formulación de galleta proteica, se determinaron los contenidos de fenoles totales,

flavonoides y la actividad antioxidante mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de la galleta proteica*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
<b>Fenoles totales</b>	Folin–Ciocalteu	308,53 ± 1,65	mg GAE/g de muestra
<b>Flavonoides</b>	Cloruro de aluminio	195,70 ± 3,54	mg QE/g de muestra
<b>Actividad antioxidante DPPH</b>	Captación del radical DPPH	3,72 ± 0,31	µmoles ET/g de muestra
<b>Actividad antioxidante ABTS</b>	Captación del radical ABTS	6,71 ± 0,78	µmoles ET/g de muestra
<b>Poder reductor FRAP</b>	Reducción férrica	201,44 ± 9,23	µmoles ET/g de muestra

**Leyenda:** GAE = equivalentes de ácido gálico; QE = equivalentes de quercetina; ET = equivalentes de Trolox.

Los resultados muestran que la galleta proteica presentó un importante contenido de fenoles totales y flavonoides, con valores de 308,53 ± 1,65 mg GAE/g y 195,70 ± 3,54 mg QE/g de muestra, respectivamente. Estos compuestos son importantes porque ayudan a disminuir los procesos de oxidación en los alimentos.

En cuanto a la actividad antioxidante, el ensayo ABTS presentó un valor de 6,71 ± 0,78 µmoles ET/g de muestra, mientras que el ensayo DPPH registró 3,72 ± 0,31 µmoles ET/g. Asimismo, el ensayo FRAP mostró un valor de 201,44 ± 9,23 µmoles ET/g, indicando que la formulación presentó capacidad antioxidante y poder reductor.

Estos resultados podrían estar relacionados con la incorporación de arándanos deshidratados en la formulación, ya que este fruto contiene compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas que poseen actividad antioxidante. Diversos autores

señalan que los arándanos presentan capacidad para disminuir la formación de radicales libres y retrasar procesos de oxidación en alimentos (Dueñas et al., 2003; Shahidi & Zhong, 2010).

Además, estos resultados guardan relación con el análisis de estabilidad oxidativa realizado mediante el equipo OXITEST, donde la galleta proteica presentó un mayor período de inducción en comparación con la harina de quinua. Esto sugiere que los compuestos antioxidantes presentes en la formulación ayudaron a retardar la oxidación lipídica y mejorar la estabilidad del producto.

## V. CONCLUSIONES

- Se logró determinar la formulación óptima al costo mínimo utilizando programación lineal. Esta herramienta permitió equilibrar el uso de ingredientes de alto valor como el aislado proteico de quinua (75% de proteína) y los arándanos deshidratados con insumos base, cumpliendo con las restricciones nutricionales impuestas.
- La galleta resultante presenta un perfil nutricional superior a las comerciales. Destaca por un contenido proteico que supera el 15% (objetivo de galleta proteica), además de aportar fibra dietética y minerales provenientes de la quinua y los arándanos.
- El producto alcanzó una aceptabilidad sensorial favorable en los atributos de color, aroma, sabor y textura. El uso de paneles de consumidores no entrenados validó que la incorporación de aislado proteico y quinua es bien recibida, manteniendo puntuaciones por encima del umbral de aceptación ( $\geq 3.0$  en la escala de 5 puntos).

- Se confirmó que la galleta posee una proteína de alto valor biológico. Gracias a la quinua, el perfil de aminoácidos esenciales (lisina, metionina, triptófano) cumple satisfactoriamente con los patrones recomendados por la FAO/OMS, superando las deficiencias comunes de las galletas basadas solo en trigo.
- El producto presenta una isoterma de sorción tipo II (sigmoidea), característica de los alimentos secos y productos horneados. Esto permite predecir su comportamiento durante el almacenamiento y establecer que a bajos valores de actividad de agua ( $a_w$ ), el producto mantiene su estabilidad.
- Se evaluó la resistencia a la oxidación de los lípidos. A pesar de contener ácidos grasos poliinsaturados de la quinua, la estabilidad es buena, posiblemente influenciada por la presencia de compuestos antioxidantes (polifenoles) de los arándanos deshidratados.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Llevar a cabo pruebas de almacenamiento a largo plazo y bajo condiciones aceleradas para determinar con precisión la fecha de caducidad, considerando tanto la degradación de las antocianinas del arándano como la estabilidad de las grasas.
- Explorar la sustitución del azúcar común por edulcorantes naturales no calóricos (como stevia) para posicionar el producto en el mercado de alimentos para deportistas o personas con regímenes dietéticos especiales.
- Evaluar el uso de otras fuentes proteicas vegetales o alternativas, solas o combinadas con el aislado proteico de quinua, con la finalidad de mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y tecnológicas de la galleta proteica.
- Investigar la estabilidad térmica del aislado preoteico de quinua durante el procesamiento de la galleta, evaluando posibles modificaciones estructurales y pérdidas en la calidad proteica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of Some Physicochemical and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Protein Isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745–4750. <https://doi.org/10.1021/jf703689u>
- Adeyeye, S. A. O., Adebayo-Oyetero, A. O., & Omoniyi, S. A. (2017). Quality and sensory properties of maize flour cookies enriched with soy protein isolate. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1), 1278827. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1278827>
- Akcicek, A., Avci, E., Tekin-Cakmak, Z. H., Kasapoglu, M. Z., Sagdic, O., & Karasu, S. (2023). Influence of Different Drying Techniques on the Drying Kinetics, Total Bioactive Compounds, Anthocyanin Profile, Color, and Microstructural Properties of Blueberry Fruit. *ACS Omega*, 8(44), 41603–41611. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c05749>
- Aleman, R. S., Marcia, J., Pournaki, S. K., Borrás-Linares, I., Lozano-Sanchez, J., & Fernandez, I. M. (2022). Formulation of Protein-Rich Chocolate Chip Cookies Using Cricket (*Acheta domesticus*) Powder. *Foods*, 11(20), 3275. <https://doi.org/10.3390/foods11203275>
- Alsaleem, K. A., Moftah, R. F., & El-Geddawy, M. M. A. (2024). New Insights into Red and White Quinoa Protein Isolates: Nutritional, Functional, Thermal Properties. *Processes*, 12(12), 2822. <https://doi.org/10.3390/pr12122822>

- Antarkar, S., Sharma, A., Bhargava, A., Gupta, H., Tomar, R., & Srivastava, S. (2019). Physico-chemical and Nutritional Evaluation of Cookies with Different Levels of Rosehip and Hibiscus Powder Substitution. *Archives of Current Research International*, 1–10. <https://doi.org/10.9734/acri/2019/v17i330109>
- AOAC International. (2019). *Official Method 994.12: Amino acids in feeds*.
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., & Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. *LWT*, 131, 109726. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726>
- Ashwath Kumar, K., & Sudha, M. L. (2021). Effect of fat and sugar replacement on rheological, textural and nutritional characteristics of multigrain cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2630–2640. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04769-9>
- Barak, S., Mudgil, D., & Singh Khatkar, B. (2013). Effect of composition of gluten proteins and dough rheological properties on the cookie-making quality. *British Food Journal*, 115(4), 564–574. <https://doi.org/10.1108/00070701311317847>
- Barrial, A. I., Taipe, F., Huamán, M. L., Delgado, M. del C., Rodrigo, Y., Rodriguez, G. N., & Choque, D. (2020). Flour Amino Acids and Protein Isolate of Quinoa (Chenopodium Quinoa) of the White and Pink Variety of Junín. (No. 3746). *EasyChair*.
- Batool, I., Gull, T., Rahim, M. A., Mahmoud, M. H., Castro-Muñoz, R., & Zongo, E. (2025). Physicochemical Properties, Phenolic Acids Profile, and Vitamin Content of Quinoa-Enriched Biscuits. *Food Science & Nutrition*, 13(6). <https://doi.org/10.1002/fsn3.70368>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

- Bhathal, S., & Kaur, N. (2017). Análisis nutricional de productos sin gluten elaborados con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, *6*(2), 123–129.
- Bick, M. A., Fogaça, A. de O., & Storck, C. R. (2014). Biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinoa em substituição parcial à farinha de trigo. *Brazilian Journal of Food Technology*, *17*(2), 121–129. <https://doi.org/10.1590/bjft.2014.015>
- Binou, P., Yanni, A. E., Kartsioti, K., Barmpagianni, A., Konstantopoulos, P., Karathanos, V. T., & Kokkinos, A. (2022). Wheat Biscuits Enriched with Plant-Based Protein Contribute to Weight Loss and Beneficial Metabolic Effects in Subjects with Overweight/Obesity. *Nutrients*, *14*(12), 2516. <https://doi.org/10.3390/nu14122516>
- Blanco, M. S., Valentinuzzi, M. C., Acosta, R. H., León, A. E., & Ribotta, P. D. (2018). Effects of Fat and Sugar on Dough and Biscuit Behaviours and their Relationship to Proton Mobility Characterized by TD-NMR. *Food and Bioprocess Technology*, *11*(5), 953–965. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2063-z>
- Boogers, I., Plugge, W., Stokkermans, Y. Q., & Duchateau, A. L. L. (2008). Ultra-performance liquid chromatographic analysis of amino acids in protein hydrolysates using an automated pre-column derivatisation method. *Journal of Chromatography A*, *1189*(1–2), 406–409. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.11.052>
- Borcak, B., Sikora, M., Kapusta-Duch, J., Fołta, M., Szewczyk, A., Zięć, G., Doskočil, I., & Leszczyńska, T. (2022). Antioxidative Properties and Acrylamide Content of Functional Wheat-Flour Cookies Enriched with Wild-Grown Fruits.

- Brand, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bravi, E., Sileoni, V., & Marconi, O. (2024). Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) as Functional Ingredient for the Formulation of Gluten-Free Shortbreads. *Foods*, 13(3), 377. <https://doi.org/10.3390/foods13030377>
- Briend, A., Darmon, N., Ferguson, E., & Erhardt, J. G. (2003). Linear Programming: A Mathematical Tool for Analyzing and Optimizing Children’s Diets During the Complementary Feeding Period. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 36(1), 12–22. <https://doi.org/10.1097/00005176-200301000-00006>
- Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., & Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5866–5873. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1>
- Carrillo, W., Carpio, C., Toapanta, A., Silva, M., & Álvarez, M. (2016). Analysis of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*). *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9, 332–334. [https://www.researchgate.net/publication/299378617\\_Analysis\\_of\\_protein\\_isolate\\_from\\_quinoa\\_Chenopodium\\_quinoa\\_willd](https://www.researchgate.net/publication/299378617_Analysis_of_protein_isolate_from_quinoa_Chenopodium_quinoa_willd)
- Caruso, M. C., Galgano, F., Colangelo, M. A., Condelli, N., Scarpa, T., Tolve, R., & Favati, F. (2017). Evaluation of the oxidative stability of bakery products by

- OXITEST method and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, 243(7), 1183–1191. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2831-9>
- Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., & Chern, J.-C. (2020). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018). Physico-Nutritional and Sensory Properties of Cookies Formulated with Quinoa, Sweet Potato and Wheat Flour Blends. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(3), 798–806. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22>
- Clerici, M. T. P. S., Oliveira, M. E. de, & Nabeshima, E. H. (2013). Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(2), 139–146. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000017>
- Comandini, P., Verardo, V., Maiocchi, P., & Caboni, M. F. (2009). Accelerated oxidation: Comparative study of a new reactor with oxidation stability instrument. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(9), 933–940. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900009>
- Correa, C. V. (2010). *Processamento de biscoito a partir de ingredientes funcionais: fibra de albedo de maracujá e xilitol*. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4612>
- 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>
- De Carvalho, I. S. T., Granfeldt, Y., Dejmeq, P., & Håkansson, A. (2015). From Diets to Foods: Using Linear Programming to Formulate a Nutritious, Minimum-Cost

- Porridge Mix for Children Aged 1 to 2 Years. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(1), 75–85. <https://doi.org/10.1177/156482651503600107>
- De la Cruz, R. R., & Rojas, G. R. (2020). *Calidad Sensorial, Composición Nutricional y Calidad Proteica de Galletas Enriquecidas con Hierro y Proteína Aislada de Soya*.  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7133/T010\\_76086779\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7133/T010_76086779_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Devi, A., & Khatkar, B. S. (2018). Effects of fatty acids composition and microstructure properties of fats and oils on textural properties of dough and cookie quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 321–330. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2942-8>
- Dhal, S., Anis, A., Shaikh, H. M., Alhamidi, A., & Pal, K. (2023). Effect of Mixing Time on Properties of Whole Wheat Flour-Based Cookie Doughs and Cookies. *Foods*, 12(5), 941. <https://doi.org/10.3390/foods12050941>
- Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., & Rabanal, R. (2003). Phenolic composition and antioxidant activity of mocan seeds (*Visnea mocanera* L.f). *Food Chemistry*, 82(3), 373–379. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00557-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00557-5)
- Elsahaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.007>
- Erinc, H., Mert, B., & Tekin, A. (2018). Different sized wheat bran fibers as fat mimetic in biscuits: its effects on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3960–3970. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3321-9>

- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2013). *International Year of Quinoa 2013*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flores, Y. Y. (2016). *Evaluación del efecto de aislado proteico de quinua (Chenopodium quinoa willd) variedad blanca juli, en las características sensoriales de galletas enriquecidas*.
- Gacula, M., & Rutenbeck, S. (2006). Sample size in consumer test and descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*, 21(2), 129–145. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2006.00055.x>
- Ghoshal, G., & Kaushik, P. (2020). Development of soymeal fortified cookies to combat malnutrition. *Legume Science*, 2(3). <https://doi.org/10.1002/leg3.43>
- Giovanelli, G., Brambilla, A., & Sinelli, N. (2013). Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries. *LWT - Food Science and Technology*, 54(2), 577–584. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.008>
- Goyat, J., Passi, S., Suri, S., & Dutta, H. (2018). Development of Chia (*Salvia hispanica*, L.) and Quinoa (*Chenopodium quinoa*, L.) Seed Flour Substituted Cookies- Physicochemical, Nutritional and Storage Studies. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(3), 757–769. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18>
- Gremsqui, I. de los A., Giménez, M. A., Lobo, M. O., Muñoz, L., Zuñiga, M. C., & Sarmán, N. C. (2023). Influence of Substitution of Wheat and Broad Bean Flour for Hydrolyzed Quinoa Flour on Cookie Properties. *La ValSe-Food 2023*, 7. <https://doi.org/10.3390/blsf2023025007>
- Gutiérrez, C., Lares, M., Sandoval, J., & Hernández, M. S. (2022). *Extracción de Aislado Proteico de Quinua (Chenopodium quinua: Variedad Blanca Junín)*

como Alternativa para el Uso en Suplementos Altos en Proteína (Vol. 47, Number 7).

Hashem, A. M. A., Sakhare, S. D., & Kudre, T. G. (2023). Effect of *Piaractus brachypomus* fish protein hydrolysate on physicochemical, sensory, and storage properties of cookies. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *51*, 102761. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102761>

Hernández, M., & Caicedo, S. (2022). Evaluation of antioxidant activity, phenolic content, anthocyanins, and flavonoids of fresh and dried 'Biloxi' blueberries. *Vitae*, *29*(3). <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v29n3a348980>

Herrera, R., & Vázquez, M. E. (2022). Efecto de la Deshidratación sobre el perfil Fitoquímico de Blueberries (*Vaccinium corymbosum*). *Quimiofilia*, *1*(1), 16–19. <https://doi.org/10.56604/qfla2022111619>

Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006). Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*, *17*(6), 522–526. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.002>

Hu, X., Hu, L., Zheng, J., & Rong, J. (2022). Classification, Processing Procedures, and Market Demand of Chinese Biscuits and the Breeding of Special Wheat for Biscuit Making. *Journal of Food Quality*, *2022*, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/6679776>

Huatuco, M., Achulla, B., & Flores, J. E. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de granadilla (*Passiflora ligularis* juss) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. *TAYACAJA*, *3*(2). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i2.129>

- Idowu, O. A., & Akinsola, A. O. (2017). Effect of processing techniques on the overall quality attributes of cookies produced from jackbeans and wheat flour. *Journal of Scientific Agriculture, 1*, 365–371. <https://doi.org/10.25081/JSA.2017.V1.894>
- Igbabul, B. D., Iorliam, B. M., & Umana, E. N. (2015). Physicochemical and Sensory Properties of Cookies Produced From Composite Flours of Wheat, Cocoyam and African Yam Beans. *Journal of Food Research, 4*(2), 150. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n2p150>
- Igbabul, B., Ogunrinde, M., & Amove, J. (2018). Proximate, Micronutrient Composition, Physical and Sensory properties of Cookies Produced from Wheat, Sweet Detar and Moringa Leaf Flour Blends. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal, 6*(3), 690–699. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.11>
- Ikuomola, D. S., Otutu, O. L., & Oluniran, D. D. (2017). Quality assessment of cookies produced from wheat flour and malted barley (*Hordeum vulgare*) bran blends. *Cogent Food & Agriculture, 3*(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1293471>
- Indriani, W., Sebastian, F., & Muslimatun, S. (2023). Effects of Micronutrient Fortification, Baking Temperature, and Baking Time on Sensory Acceptance of Butter Cookies. *Jurnal Gizi Dan Pangan, 18*(Supp.1), 61–63. <https://doi.org/10.25182/jgp.2023.18.Supp.1.61-63>
- Kouhsari, F., Saberi, F., Kowalczewski, P. Ł., Lorenzo, J. M., & Kieliszek, M. (2022). Effect of the various fats on the structural characteristics of the hard dough biscuit. *LWT, 159*, 113227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113227>
- Laguerre, M., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and

challenges. *Progress in Lipid Research*, 46(5), 244–282.

<https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>

Laurencia, V. K., Siratantri Mastuti, T., Cidarbulan Matita, I., Studi, P., & Pangan, T.

(2023). Characteristics of Mocaf Cookies with Substitution of Mung Bean Dregs and Addition of Soy Protein Isolate. *FaST: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 82–97. <https://doi.org/10.19166/JSTFAST.V7I1.6740>

Liu, L., Yang, T., Yang, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., Huang, M., Dai, T., Cao, W., &

Jiang, D. (2022). Relationship of Starch Pasting Properties and Dough Rheology, and the Role of Starch in Determining Quality of Short Biscuit. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829229>

Lopes, C., Dessimoni, A., Penna, M., & Silva, M. (2010). Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Alimentos e Nutrição*, 20(4), 669–675.

Ma, Y., Wu, D., Guo, L., Yao, Y., Yao, X., Wang, Z., Wu, K., Cao, X., & Gao, X. (2022).

Effects of Quinoa Flour on Wheat Dough Quality, Baking Quality, and in vitro Starch Digestibility of the Crispy Biscuits. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.846808>

Mahmood, S., Pasha, I., Iqbal, M. W., Riaz, T., Adnan, M., Chitrakar, B., & Azam, M.

(2019). Rheological and Sensory Attributes of Wheat, Quinoa and Buckwheat Composite Flour and their Use in Bakery Products. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 11, 25–31. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v11i0.29706>

Makpoul, K. R., & Ibrahim, A. A. (2015). Improving Biscuit Nutritional Value Using

Quinoa Flour. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 6(12), 771–780. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2015.50109>

- Maman, R., & Yu, J. (2019). Chemical Composition and Particle Size of Grape Seed Flour and Their Effects on the Characteristics of Cookies. *Journal of Food Research*, 8(4), 111. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n4p111>
- Mamat, H., & Hill, S. E. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1998–2005. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0708-x>
- Manley, D. (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781855736597>
- Manley, D. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857093646>
- Martínez, E., Álvarez-Ortí, M., Rabadán, A., Millán, C., & Pardo, J. E. (2022). Elaboration of Cookies Using Oils and Flours from Seeds and Nuts: Effects on Technological, Nutritional and Consumer Aspects. *Foods 2022, Vol. 11, Page 2249, 11(15)*, 2249. <https://doi.org/10.3390/FOODS11152249>
- Meerts, M., Cardinaels, R., Oosterlinck, F., M. Courtin, C., & Moldenaers, P. (2017). The Interplay Between the Main Flour Constituents in the Rheological Behaviour of Wheat Flour Dough. *Food and Bioprocess Technology*, 10(2), 249–265. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1810-2>
- Meilgaard, M., Civille, G. V, & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). CRC Press.
- Mejos, K. K., Ignacio, M. S., Jayasuriya, R., & Arcot, J. (2021). Use of Linear Programming to Develop Complementary Feeding Recommendations to Improve Nutrient Adequacy and Dietary Diversity Among Breastfed Children in the Rural Philippines. *Food and Nutrition Bulletin*, 42(2), 274–288. <https://doi.org/10.1177/0379572121998125>

- Mello, L. S. S., Almeida, E. L., & Melo, L. (2019). Discrimination of sensory attributes by trained assessors and consumers in semi-sweet hard dough biscuits and their drivers of liking and disliking. *Food Research International*, *122*, 599–609. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.031>
- Meral, R., Kutlu, N., & Alav, A. (2025). Bioaccessibility of Phenolic and Antioxidant Substances in Gluten-Free Cookies Prepared with Sorghum Flour, Rice Bran, and Quinoa. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *30*(2), 737–751. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1693011>
- Moawad, E., Rizk, I., Kishk, Y., & Youssif, M. (2019). Effect of Substitution of Wheat Flour with Quinoa Flour on Quality of Pan Bread and Biscuit. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, *26*(6), 2387–2400. <https://doi.org/10.21608/ajs.2018.35607>
- Mora, P., Torielli, G., Criveller, S., & Pezzotti, M. (2009). Evaluation of vegetable oils oxidative stability through the Oxitest reactor. *Industrie Alimentari*, *48*(493), 15–20.
- Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Sánchez, M., & Arufe, S. (2016). Water sorption isotherms and air drying kinetics modelling of the brown seaweed *Bifurcaria bifurcata*. *Journal of Applied Phycology*, *28*(1), 609–618. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0553-1>
- Mota, J., Lima, A., Ferreira, R. B., & Raymundo, A. (2021). Technological Potential of a Lupin Protein Concentrate as a Nutraceutical Delivery System in Baked Cookies. *Foods*, *10*(8), 1929. <https://doi.org/10.3390/foods10081929>
- Narmada, M., Lakshmi, V. V., Hymavathi, T. V., & Kameswari, S. L. (2020). Sensory and Nutritional Properties of Protein Enriched Biscuits. *International Research*

*Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1–8.

<https://doi.org/10.9734/irjpac/2020/v21i1030201>

- Noguera, R. R., Posada, S. L., & Ortiz, D. M. (2011). Programación lineal aplicada a la formulación de raciones para rumiantes. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 53–60. <https://doi.org/10.21615/CESMVZ>
- Ochieng, B. O., Anyango, J. O., Nduko, J. M., Mudalungu, C. M., Cheseto, X., & Tanga, C. M. (2023). Aroma characterization and consumer acceptance of four cookie products enriched with insect (*Ruspolia differens*) meal. *Scientific Reports*, 13(1), 11145. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38166-x>
- Olatoye, K., Lawal, A., & Olamilekan, I. (2020). Chemical composition and consumer acceptability of cookies flavoured with vanilla-Aidan (*Tetrapleura tetraptera*) blends. *Acta Periodica Technologica*, (51), 39–49. <https://doi.org/10.2298/APT2051039O>
- Opazo, M., Tagle, D., Boom, R. M., Janssen, A. E. M., & Schutyser, M. A. I. (2018). Dry fractionation of quinoa sweet varieties Atlas and Riobamba for sustainable production of protein and starch fractions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 74, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.009>
- Palou, E., López-Malo, A., Arqaiz, A., & Welti, J. (1994). The Use of Peleg's Equation to Model Osmotic Concentration of Papaya. *Drying Technology*, 12(4), 965–978. <https://doi.org/10.1080/07373939408960005>
- Panghal, A., Chhikara, N., & Khatkar, B. S. (2018). Effect of processing parameters and principal ingredients on quality of sugar snap cookies: a response surface approach. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3127–3134. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3240-9>

- Panjabari, N. R., Longvah, T., Bhatt, D. L., & Bhattacharya, S. (2015). Moisture sorption characteristics of some Indian traditional cereal-based products. *LWT - Food Science and Technology*, *60*(1), 48–54.
- Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2009). Sugar-Snap Cookie Dough Setting: The Impact of Sucrose on Gluten Functionality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(17), 7814–7818. <https://doi.org/10.1021/jf9010774>
- Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2010). Impact of Fat on Dough and Cookie Properties of Sugar-Snap Cookies. *Cereal Chemistry*, *87*(3), 226–230. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-87-3-0226>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, *90*(3), 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Pauw, K., & Thurlow, J. (2011). Agricultural growth, poverty, and nutrition in Tanzania. *Food Policy*, *36*(6), 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.09.002>
- Pawar, S., Wagh, N., & Jagdale, R. (2023). Development and Physio-Chemical Analysis of Amaranth and Foxnut Flour-Based Nutrient-Rich Cookies. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, *3*(2). <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-7978>
- Penteado, A. A. T., Nogueira, A. C., Gandra, K. M. B., Barrera-Arellano, D., & Steel, C. J. (2018). Zero trans biscuits with soybean-based fats formulated using an artificial neural network. *Grasas y Aceites*, *69*(2), e251. <https://doi.org/10.3989/gya.1216172>

- Pérez, S. R., Osella, C. A., De la Torre, M. A., & Sánchez, H. D. (2008). Efecto del mejoramiento proteico sobre los parámetros de calidad nutricional y sensorial de galletitas dulces (cookies). In *Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* (Vol. 58).
- Pérez-expósito, A. B., & Klein, B. P. (2009). Impact of fortified blended food aid products on nutritional status of infants and young children in developing countries. *Nutrition Reviews*, 67(12), 706–718. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00255.x>
- Peryam, D., & Pilgrim, F. (1957). *Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences* (S1 ed., Vol. 11). Food Technology.
- Poiani, M. R., & Montanuci, F. D. (2019). Caracterizações físicas e tecnológicas e perfil de textura de cookies de farinha de uva e linhaça. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07418>
- Rangrej, V., Shah, V., Patel, J., & Ganorkar, P. M. (2014). Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1430-7>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Reyes, A., Evseev, A., Mahn, A., Bubnovich, V., Bustos, R., & Scheuermann, E. (2011). Effect of operating conditions in freeze-drying on the nutritional properties of blueberries. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(3), 303–306. <https://doi.org/10.3109/09637486.2010.534078>

- Riciputi, Y., & Caboni, M. F. (2017). Assessing Oil Oxidative Stability in Tarallini by OXITEST. *Italian Journal of Food Science*, 29(1), 2017–2064. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/IJFS.V528>
- Rodríguez, I., Benavides, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con mezcla de trigo, avena y quinua. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.12242>
- Sampaio, R. M., Marcos, S. K., Moraes, I. C. F., & Perez, V. H. (2009). Comportamiento de adsorción de humedad de galletas formuladas con harina de trigo, avena y maracuyá. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(1), 105–113. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00276.x>
- Šarić, B., Mišan, A., Mandić, A., Nedeljković, N., Pojić, M., Pestorić, M., & Đilas, S. (2016). Valorisation of raspberry and blueberry pomace through the formulation of value-added gluten-free cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1140–1150. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2128-1>
- Savenkova, T. V., Soldatova, E. A., Misteneva, S. Yu., & Taleysnik, M. A. (2019). Technological Properties of Flour and Their Effect on Quality Indicators of Sugar Cookies. *Food Systems*, 2(2), 13–19. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19>
- Sciarini, L. S., Van Bockstaele, F., Nusantoro, B., Pérez, G. T., & Dewettinck, K. (2013). Properties of sugar-snap cookies as influenced by lauric-based shortenings. *Journal of Cereal Science*, 58(2), 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.07.005>
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067. <https://doi.org/10.1039/b922183m>

- Sharma, C., Punia, D., & Khetarpaul, N. (2013). Sensory characteristics, proximate composition, dietary fibre content and storage stability of barley, wheat and chickpea composite flour biscuits. *British Food Journal*, *115*(6), 876–883. <https://doi.org/10.1108/BFJ-Apr-2009-0090>
- Sharma, S. K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A. K., Gupta, R. K., & Mangal, A. K. (2016). Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional, and Novel Fiber: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(10), 1647–1661. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.794327>
- Silvina, L. B., Ferrari, C. T. R. R., Marcelino, D., Recalcatti, J. F., Chaves, M. A., Hanzen, M., Camargo, O., & Albano, S. B. (2022). A influência de matérias primas e insumos no processo de produção de biscoitos laminados. *Europub Journal of Social Sciences Research*, *3*(1), 48–58. <https://doi.org/10.54746/ejssrv3n1-004>
- Singh, N., Gupta, S., Sodhi, N. S., & Singh, R. P. (2002). Effect of Additives on Dough and Cookie Making Properties of Flour. *International Journal of Food Properties*, *5*(3), 547–562. <https://doi.org/10.1081/JFP-120015491>
- Singla, P., Mahajan, M., Dhillon, G. K., Sharma, S., & Waseem, M. (2024). Nutritional, physicochemical, and sensorial characterisation of quinoa-millet enriched gluten-free functional cookies. *Acta Alimentaria*, *53*(4), 673–684. <https://doi.org/10.1556/066.2024.00146>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*(3), 144–158.
- Sliwinski, E. L. (2003). *Propiedades de gran deformación de la harina de trigo y la masa de gluten*. Universidad de Wageningen.

- Song, Y., Hu, J., Qu, L., Su, X., Li, Q., Gao, Y., & Yu, X. (2025). *Physicochemical properties and quality characteristics of biscuits with different bigel-based shortening substitution levels*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7737190/v1>
- Sotelo, A., Bernuy-Osorio, N., Vilcanqui, F., Paitan, E., Ureña, M., & Vélchez-Perales, C. (2019). Cookie processed with quinoa flour, tara endosperm and agave leaves fibers: Biological value and global acceptability. *Scientia Agropecuaria*, *10*(1), 73–78. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.08>
- Soto Toloza, E. P., Mora Acevedo, S. N., & Caballero Pérez, L. A. (2024). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en las características sensoriales de una galleta dulce. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, *14*(1), 39–54. <https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2747>
- Spance, C. (2015). Sobre el impacto psicológico del color de los alimentos. *Flavour*, *4*.
- Srivastava, S. (2020). Formulation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) biscuits and evaluation of its physical, textural, sensory and nutritional quality. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(5), 143–147. <https://www.phytojournal.com/archives/2020.v9.i5.12199/formulation-of-quinoa-chenopodium-quinoa-biscuits-and-evaluation-of-its-physical-textural-sensory-and-nutritional-quality>
- Steffolani, M. E., Villacorta, P., Morales-Soriano, E. R., Repo-Carrasco, R., León, A. E., & Pérez, G. T. (2016). Physicochemical and Functional Characterization of Protein Isolated from Different Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Cereal Chemistry*, *93*(3), 275–281. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-15-0083-R>

- Suresh, M., & Hemalatha, M. S. (2025). Effect of High Protein Formulation on Rheological, Sensory and Microstructure of Cookies. *Journal of Food Engineering and Technology*, *14*(1), 1–11. <https://doi.org/10.32732/jfet.2025.14.1.1>
- Tagliani, C., Perez, C., Curutchet, A., Arcia, P., & Cozzano, S. (2019). Blueberry pomace, valorization of an industry by-product source of fibre with antioxidant capacity. *Food Science and Technology*, *39*(3), 644–651. <https://doi.org/10.1590/fst.00318>
- Takao, T., Watanabe, N., Yuhara, K., Itoh, S., Suda, S., Tsuruoka, Y., Nakatsugawa, K., & Konishi, Y. (2005). Hypocholesterolemic Effect of Protein Isolated from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds. *Food Science and Technology Research*, *11*(2), 161–167. <https://doi.org/10.3136/fstr.11.161>
- Tapia, I. L., Taco, D. R., & Taco, V. J. (2017). Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan con remoción de compuestos fenólicos, para uso potencial en la nutrición y salud humanas. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas*, 71–80. [https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CIENCIAS\\_MEDICAS/article/view/1173/1171](https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CIENCIAS_MEDICAS/article/view/1173/1171)
- Tsao, C.-H., Chang, C.-W., Ho, Y.-C., Chuang, Y.-K., & Lee, W.-J. (2021). Application of OXITEST for Prediction of Shelf-Lives of Selected Cold-Pressed Oils. *Frontiers in Nutrition*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.763524>
- Uribe, E., Vega-Galvez, A., Pasten, A., Ah-Hen, K. S., Mejias, N., Sepúlveda, L., Poblete, J., & Gomez-Perez, L. S. (2024). Drying: A Practical Technology for Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)—Processes and their Effects on

- Selected Health-Promoting Properties. *Antioxidants*, 13(12), 1554.  
<https://doi.org/10.3390/antiox13121554>
- USDA FoodData Central. (2023). *Centro de datos alimentarios del USDA*.  
<https://fdc.nal.usda.gov/>
- van Dooren, C. (2018). A Review of the Use of Linear Programming to Optimize Diets, Nutritiously, Economically and Environmentally. *Frontiers in Nutrition*, 5.  
<https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00048>
- Villanueva, N. D. M., Petenate, A. J., & Da Silva, M. A. A. P. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*, 16(8), 691–703.  
<https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2005.03.013>
- Vurro, F., Greco Miani, M., Summo, C., Caponio, F., & Pasqualone, A. (2022). Effect of Durum Wheat Oil on the Physico-Chemical and Sensory Features of Biscuits. *Foods*, 11(9), 1282. <https://doi.org/10.3390/foods11091282>
- Wang, L., Lan, W., & Chen, D. (2024). Blueberry (*Vaccinium* spp.) Anthocyanins and Their Functions, Stability, Bioavailability, and Applications. *Foods*, 13(17), 2851.  
<https://doi.org/10.3390/foods13172851>
- Wang, X., Zhao, R., & Yuan, W. (2020). Composition and secondary structure of proteins isolated from six different quinoa varieties from China. *Journal of Cereal Science*, 95, 103036. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103036>
- Watanabe, K., Kawanishi-Asaoka, M., Myojin, C., Awata, S., Ofusa, K., & Kodama, K. (2014). Amino Acid Composition, Oxidative Stability, and Consumer Acceptance of Cookies Made with Quinoa Flour. *Food Science and Technology Research*, 20(3), 687–691. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.687>

- Waters Corporation. (2006). *AccQ-Tag Ultra Derivatization Kit for amino acid analysis*.
- Zago, M. F. C., Caliari, M., Soares Júnior, M. S., Campos, M. R. H., & Batista, J. E. R. (2015a). JABUTICABA PEEL IN THE PRODUCTION OF COOKIES FOR SCHOOL FOOD: TECHNOLOGICAL AND SENSORY ASPECTS. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(6), 624–633. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000600009>
- Zago, M. F. C., Caliari, M., Soares Júnior, M. S., Campos, M. R. H., & Batista, J. E. R. (2015b). Jabuticaba peel in the production of cookies for school food: technological and sensory aspects. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(6), 624–633. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000600009>
- Zhong, H., & Zhong, H. (2013). Efecto de la fuente de lípidos en la calidad física y sensorial de horneado d Productos. *Todas Tesis y Disertaciones, Primavera 201920 a Verano 2023*. <https://doi.org/https://doi.org/10.26076/e203-9212>
- Zia, M. P., & Alibas, I. (2021). Influence of the drying methods on color, vitamin C, anthocyanin, phenolic compounds, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of blueberry fruits. *Food Bioscience*, 42, 101179. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101179>
- Żurek, N., Kępska, A., & Kapusta, I. (2025). Characterization of blueberry fruit powders as functional food ingredients rich in polyphenolic compounds. *Journal of Central European Agriculture*, 26(2), 484–494. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.2.4452>

## ANEXO

### Anexo 01

*Extracción de proteína de quinua –  
proceso de pesado*



### Anexo 02

*Extracción de proteína de quinua –  
proceso de agitado*



### Anexo 03

*Extracción de proteína de quinua –  
proceso de control de pH*



### Anexo 04

*Extracción de proteína de quinua –  
obtención de proteína*



**Anexo 05**

*Elaboración de galleta proteica –  
proceso de amasado*



**Anexo 06**

*Elaboración de galleta proteica –  
proceso de moldeado*



**Anexo 07**

*Elaboración de galleta proteica –  
proceso de moldeado*



**Anexo 8**

*Elaboración de galleta proteica –  
proceso de horneado*



### Anexo 09

*Análisis proximal de la galleta –  
Determinación de proteína*



### Anexo 10

*Análisis proximal de la galleta –  
Determinación de grasas*



### Anexo 11

*Análisis proximal de la galleta –  
sistema Soxhlet*



### Anexo 12

*análisis proximal de la galleta –  
Determinación de humedad*



**Anexo 13**

*Isotermas de sorción*



**Anexo 14**

*OXITEST – Prueba de oxidación*



**Anexo 15**

*Análisis sensorial – Panelistas*



**Anexo 16**

*Análisis sensorial – indicaciones*



## Anexo 17

### Ficha de evaluación sensorial



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias



#### FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

#### (ENCUESTA)

Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua,  
harina de quinua y arándanos deshidratados

---

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

**Instrucciones:** Por favor, pruebe la muestra de galleta proporcionada y marque con una "X" el nivel de agrado que mejor describa su percepción para cada atributo. Si lo desea, puede beber un poco de agua para limpiar el paladar.

Atributo	5 (Me gusta mucho)	4 (Me gusta)	3 (No me gusta ni me disgusta)	2 (Me disgusta)	1 (Me disgusta mucho)
Color					
Aroma					
Sabor					
Textura					
Aceptabilidad General					

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

---

## Anexo 18

### Análisis de Contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
Laboratorio de Farmacognosia

Av. Independencia 5111 - Ciudad Universitaria  
Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

El profesor Dr. Enrique Javier AGUILAR FELICES responsable del Laboratorio de Farmacognosia:

#### DA CONSTANCIA:

Que, el Dr. Alberto HUAMANÍ HUAMANÍ, ha solicitado la determinación del contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante mediante los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP, en las siguientes muestras:

1. Muestras codificadas: M1, M2, M3 y M4

Muestra analizada: 1,0 g de muestra pulverizada extraída por sonicación con 100 ml de metanol.

Los análisis se realizaron según las siguientes metodologías:

- a) Contenido de Fenoles totales : Método de Folin – Ciocalteu
- b) Contenido de Flavonoides : Método del cloruro de aluminio
- c) Secuestramiento del radical libre DPPH
- d) Secuestramiento del radical libre catión ABTS
- e) Poder antioxidante reductor del hierro (FRAP)

Tabla 1. Contenido de fenoles totales y flavonoides.

Muestras	Fenoles totales (mg GAE/g de muestra)	Flavonoides (mg QE/g de muestra)
M1	202,40 ± 3,18	244,96 ± 3,68
M2	390,39 ± 4,82	274,04 ± 4,75
M3	391,75 ± 3,27	210,52 ± 3,10
M4	308,53 ± 1,63	195,70 ± 3,54

Leyenda: GAE: Equivalente al ácido gálico; QE: Equivalente a la quercetina.

Tabla 2. Actividad antioxidante

Muestras	Ensayos		
	DPPH (µmoles ET/g de muestra)	ABTS (µmoles ET/g de muestra)	FRAP (µmoles ET/g de muestra)
M1	3,61 ± 0,31	57,43 ± 3,50	290,31 ± 1,55
M2	6,72 ± 0,27	122,90 ± 10,55	240,37 ± 1,06
M3	8,61 ± 0,27	143,38 ± 4,46	253,17 ± 0,96
M4	3,72 ± 0,31	6,71 ± 0,78	201,44 ± 9,23

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 28 de abril de 2026

Firmado digitalmente por  
Enrique Javier  
Aguilar Felices  
Fecha: 2026.04.28  
11:29:47 -05'00'

Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES  
Profesor Principal a D.F.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y  
METALURGIA****ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:****(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)****Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados****Expositora: Maria Cristina Jorge Huaman****Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias****Expediente N° 2660261****Resolución Decanal N° 058-2026-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 12-05-2026**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves catorce de mayo del año dos mil veintiséis, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Maria Cristina Jorge Huaman**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE, Mg. Wilber VILCAPOMA QUISPE (Miembros) y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Mg. Hernan Pedro QUISPE MISAICO (Presidente encargado con Memorando N° 176-2026-UNSCH-FIQM/D), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados**, presentado por la Bachiller **Maria Cristina Jorge Huaman**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 058-2026-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó a la Bachiller **Maria Cristina Jorge Huaman**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), Mg. Wilber VILCAPOMA QUISPE y Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE (Miembros).

A continuación, el presidente (e) del jurado invito a la sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15)**.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y  
METALURGIA

## ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

**Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados**

**Expositora: María Cristina Jorge Huaman**

**Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

**Expediente N° 2660261**

**Resolución Decanal N° 058-2026-UNSCH-FIQM/D**

**Fecha: 12-05-2026**

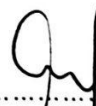
Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **María Cristina Jorge Huaman**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta y cinco minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

  
.....  
Mg. Hernan Pedro QUISPE MISAICO  
Presidente

  
.....  
Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE  
Miembro

  
.....  
Mg. Wilber VILCAPOMA QUISPE  
Miembro

  
.....  
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI  
(Miembro-Asesor)

  
.....  
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE  
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y METALURGIA  
Av. Independencia s/n  
Ciudad Universitaria



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. Maria Cristina JORGE HUAMAN egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor Ing. Alberto Luis Huamaní Huamaní, la Tesis: Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 7% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha junio 12 de 2026 e Identificador de la Entrega N° 2981872996.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, 16 de junio del 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
Ing° *[Firma]*  
Ing° *[Firma]* Mantolito J. Matos Alvarado  
DIRECTOR

c.c. : Archivo.  
Constancia N° 086

# Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados

*por* Maria Cristina Jorge Huaman

---

**Fecha de entrega:** 12-jun-2026 11:41a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2981872996

**Nombre del archivo:** TESIS\_PARA\_PASAR\_POR\_TURNITIN.pdf (784.4K)

**Total de palabras:** 20055

**Total de caracteres:** 111956

# Formulación de una galleta proteica a base de aislado proteico de quinua, harina de quinua y arándanos deshidratados

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	7%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="#">idoc.pub</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="#">www.campustudionline.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="#">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="#">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="#">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="#">www.alanrevista.org</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="#">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="#">revistas.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="#">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%

11	<a href="http://repositoriouba.sisbi.uba.ar">repositoriouba.sisbi.uba.ar</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
12	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
13	<a href="http://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
14	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
15	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
16	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
17	<a href="http://1library.co">1library.co</a>	<1 %
	Fuente de Internet	
18	<a href="http://dspace.ueb.edu.ec">dspace.ueb.edu.ec</a>	<1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo