UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

"DESARROLLO DE GALLETAS CON REDUCCIÓN DE AZÚCAR E INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA: UN ENFOQUE INSTRUMENTAL Y SENSORIAL"

TESIS

PRESENTADO POR:
Bach. Jennifer Daniela Alvarez Mamani

ASESOR:
Dr. Erick Manuel Saldaña Villa

COASESOR:
MSc. Karina Erika Eduardo Palomino

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Ciencia sensorial y del consumidor para el desarrollo de nuevos alimentos

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

MOQUEGUA – PERU

2025

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2025.12.23 10:52:23 -05'00'

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Folio N° 32

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA — UNAM — FEDATARIO

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación de la modalidad de titulación del bachiller:
RESOLUCIÓN DE FACULTAD N: 100-2024-FACIA-UNAM

Fecha: 11/06/2024

III. Documento de aprobación para la sustentación:
RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N: 289-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 10/12/2025

IV. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS,

TITULADO: DESARROLLO DE GALLETAS CON REDUCCIÓN DE AZÚCAR E INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA: UN ENFOQUE INSTRUMENTAL Y SENSORIAL

Bachiller: JENNIFER DANIELA ALVAREZ MAMANI

Asesor Principal: Dr. ERICK MANUEL SALDAÑA VILLA

Co-Asesor: MSc. KARINA ERIKA EDUARDO PALOMINO

V. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: DIECINUEVE (19) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Siendo las 18:35 horas, del 12 de DICIEMBRE del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente	Primer Miembro	Segundo Miembro
Mario Roger Cotacallapa Sucapuca	César Augusto Napa Amed	Erik Edwin Allcca Alca
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

Miembro Accesitario	
YANETH NOEMI VILCANQUEVA PARI	
(Nombres y Apellidos)	

Asesor Principal	Bachiller	Co-Asesor
Erick Manuel Saldaña Villa	Jennifer Daniela Alvarez Mamani	Karina Eduardo Palomino
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, fuente de mi fortaleza; a mi querida mamita, que desde el cielo me guía e inspira cada día; a mi familia, por su amor incondicional y su apoyo constante; a mis asesores, por su orientación y confianza en mí; y a mis amigos, por acompañarme en este camino y estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza y la sabiduría para sostenerme cuando lo necesité, y por las bendiciones necesarias para cumplir cada etapa de este proceso.

A mi mamá Cristina, quien ya no está físicamente, pero cuya presencia siento en cada instante de mi vida. A ti, mamá, te debo el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor. Aunque no me pudiste ver al final de este camino, sé que desde donde estés, me acompañas y celebras conmigo este logro tan significativo. Tu memoria vive en mí y tu legado sigue siendo mi inspiración más grande.

A mi papá Héctor y a mis hermanas Evelyn y Azumi, por su amor y sus sacrificios silenciosos, han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

A mi asesor, Erick Manuel Saldaña Villa, y a mi co-asesora, Karina Eduardo Palomino, por su constante apoyo y orientación a lo largo de este proyecto. Su experiencia, consejos y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de esta tesis. Su compromiso y dedicación no solo guiaron mi investigación, sino que también me motivaron a superar los desafíos y alcanzar mis objetivos. Su confianza en mi trabajo fue una fuente constante de inspiración y de superación.

Extiendo mi gratitud a los profesionales que me apoyaron, abriéndome las puertas de sus laboratorios y compartiendo generosamente su conocimiento. Su disposición y colaboración fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo, permitiéndome acceder a los recursos y a las orientaciones necesarios para avanzar en mi investigación. Asimismo, agradezco a mi universidad y a mi escuela profesional por brindarme la formación y el espacio para crecer tanto personal como profesionalmente, y a mis profesores por compartir su conocimiento y su guía durante mi etapa como estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

A mis amigos, compañeros y al semillero de investigación “Andean Golden Seeds”, por su compañía, paciencia y apoyo incondicional en este camino.

RESUMEN

La malnutrición y la obesidad son problemas de alcance mundial, y la reformulación de alimentos ha sido propuesta como una estrategia rentable para contribuir a su reducción. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la incorporación parcial de la harina de trigo por harina de quinua (15 % y 30 %) y la reducción del contenido de azúcar (10 %, 20 % y 30 %), siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que sugiere reducir el consumo de azúcares a menos del 30 % de la ingesta calórica total, en las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales de galletas de masa quebrada, entendida como una masa de textura frágil y quebradiza, caracterizada por un alto contenido de grasa que limita el desarrollo del gluten. Cabe señalar que una galleta tradicional contiene aproximadamente 48 g de azúcar, valor que se tomó como referencia para aplicar las reducciones planteadas en este estudio. No se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa, proteína y cenizas, aunque se observaron ligeras variaciones entre las formulaciones. Se observaron diferencias significativas en el contenido de humedad y en la actividad de agua, excepto en la formulación T15Q.30S. El mayor contenido de polifenoles, 2,38 mg GAE/g, se obtuvo con una reducción del 10 % del azúcar y una incorporación del 30 % de harina de trigo por harina de quinua. La mayor capacidad antioxidante se observó con una reducción del 20 % del azúcar y una incorporación del 15 % de harina de trigo por harina de quinua, según los métodos DPPH y ORAC. Por otro lado, los niveles más altos de harina de quinua redujeron la dureza de la textura de las galletas, tanto a nivel instrumental como sensorial, evidenciando coherencia entre ambos enfoques. Además, se observó una disminución del diámetro y del factor de dispersión, así como una ligera reducción de la pérdida de peso y del grosor durante el horneado. Además, se observó una disminución del diámetro y del factor de dispersión, así como una ligera reducción de la pérdida de peso y del grosor durante el horneado. Las galletas reformuladas con 15 % de harina de quinua y una reducción de azúcar del 10 % presentaron la mayor aceptación sensorial. Por el contrario, las formulaciones con 30 % de quinua y mayores reducciones de azúcar fueron menos aceptadas debido a su color más oscuro, menor dulzor y mayor fragilidad. En función de los resultados anteriores, se seleccionaron los tres tratamientos con mejores resultados (T15.10S, T30.20S y T30.20S), que se caracterizaron por niños de edad escolar como dulce, crocante, miel, quebradizo y mantequilla, con alta aceptación. A diferencia de los

adultos jóvenes, los niños no percibieron atributos negativos y su nivel de aceptación superó los 7 puntos en la escala hedónica, lo que evidencia la efectividad de las formulaciones para este grupo etario. La estrategia de reformulación presentada en este estudio ofrece un enfoque práctico para abordar la malnutrición sin comprometer la calidad sensorial, y proporciona información valiosa para la industria alimentaria y las autoridades políticas que buscan promover aperitivos más saludables para niños y jóvenes.

Palabras clave: Galletas reformuladas; Reducción de azúcar; Harina de quinua; Evaluación sensorial; Percepción hedónica; Alimentación infantil.

ABSTRACT

Malnutrition and obesity are global problems, and food reformulation has been proposed as a cost-effective strategy to help reduce them. In this context, the objective of this study was to evaluate the impact of partially replacing wheat flour with quinoa flour (15% and 30%) and reducing sugar content (10%, 20%, and 30%), following the recommendations of the World Health Organization (WHO), which suggests reducing sugar consumption to less than 30% of total caloric intake, on the physical, nutritional, and sensory properties of shortbread cookies, understood as a dough with a fragile and crumbly texture, characterized by a high fat content that limits gluten development. It should be noted that a traditional cookie contains approximately 48 g of sugar, which was used as a reference for applying the reductions proposed in this study. No significant differences were found in fat, protein, and ash content, although slight variations were observed between the formulations. Significant differences were observed in moisture content and water activity, except in the T15Q.30S formulation. The highest polyphenol content, 2.38 mg GAE/g, was obtained with a 10% reduction in sugar and a 30% replacement of wheat flour with quinoa flour. The highest antioxidant capacity was observed with a 20% reduction in sugar and a 15% replacement of wheat flour with quinoa flour, according to the DPPH and ORAC methods. On the other hand, higher levels of quinoa flour reduced the hardness of the cookie texture, both instrumentally and sensorily, showing consistency between both approaches. In addition, a decrease in diameter and dispersion factor was observed, along with a slight reduction in weight loss and thickness during baking. Furthermore, a decrease in diameter and dispersion factor was observed, along with a slight reduction in weight loss and thickness during baking. The cookies reformulated with 15% quinoa flour and a 10% reduction in sugar had the highest sensory acceptance. In contrast, formulations with 30% quinoa and higher sugar reductions were less accepted due to their darker color, lower sweetness, and greater fragility. Based on the above results, the three treatments with the best performance (T15.10S, T30.20S, and T30.20S) were selected, which were characterized by school-age children as sweet, crunchy, honey-like, crumbly, and buttery, with a high acceptance rating. Unlike young adults, children did not perceive negative attributes, and their level of acceptance exceeded 7 points on the hedonic scale, demonstrating the effectiveness of the formulations for this age group. The reformulation strategy presented in this study offers a practical approach to addressing malnutrition without compromising

sensory quality, providing valuable information for the food industry and policy makers seeking to promote healthier snacks for children and young people.

Keywords: Reformulated cookies; sugar reduction; quinoa flour; sensory evaluation; hedonic perception; infant nutrition.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....15

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....19

1.1. Descripción de la realidad problemática.....19

1.2. Objetivos.....20

1.2.1. Objetivo general.....20

1.2.2. Objetivos específicos.....21

1.3. Justificación.....21

1.4. Hipótesis.....22

1.4.1. Hipótesis general.....22

1.4.2. Hipótesis específicas.....19

1.5. Variables.....23

II. MARCO TEÓRICO.....24

2.1. Antecedentes del problema.....24

2.2. Bases teóricas.....25

2.2.1. Quinua.....25

2.2.2. Producción quinua.....27

2.2.3. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidantes de la quinua.....27

2.2.4. Efectos positivos de la quinua en la salud.....28

2.2.5. Uso de la quinua en la gastronomía y sector alimentario.....28

2.2.6. Galletas.....29

2.2.7. Propiedades nutricionales de las galletas con harina de quinua.....30

2.2.8. Propiedades físicas de las galletas con harina de quinua.....31

2.2.9. Efecto de la harina de quinua en la calidad sensorial de galletas.....32

2.2.10. Norma técnica peruana de galletas.....45

2.2.11. Azúcar.....45

2.2.12. Efectos negativos del azúcar en la salud.....46

2.2.13. Funciones tecnológicas del gluten y azúcar....46
2.2.14. Requerimientos nutricionales de los niños de edad escolar....47
2.2.15. Propiedades sensoriales en los alimentos....48
2.3. Definición de términos....49
III. METODOLOGÍA....51
3.1. Tipo y nivel de investigación....51
3.2. Ámbito temporal y espacial....51
3.3. Población y muestra....51
3.4. Instrumentos e procedimientos para la recolección de datos....52
3.4.1. Ingredientes, materiales, reactivos y equipos....52
3.4.2. Quinua....55
3.4.3. Composición proximal y actividad de agua de la materia prima....55
3.4.4. Preparación de galletas....56
3.4.5. Análisis proximal y actividad de agua de las galletas....60
3.4.6. Color de galletas....65
3.4.7. Factor de dispersión de galletas....65
3.4.8. Pérdida de peso por horneado y peso final de las galletas....65
3.4.9. Dureza y fracturabilidad....66
3.4.10. Determinación de polifenoles totales....68
3.4.11. Determinación de capacidad antioxidante por DPPH....70
3.4.12. Determinación de capacidad antioxidante por ORAC....72
3.4.13. Comité de Ética....74
3.4.14. Criterios de inclusión y exclusión para la evaluación sensorial....74
3.4.15. Procedimiento usado por el panel de jueces expertos....75
3.4.16. Procedimiento usado por consumidores de Brasil....76
3.4.17. Procedimiento usado por consumidores de Perú....78
3.4.18. Procedimiento usado por niños de edad escolar....79

3.5. Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos 81
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....82
4.1. Composición proximal de la harina de quinua.....82
4.1.1. Composición proximal de las galletas.....82
4.2. Características físicas.....84
4.2.1. Color instrumental de las galletas.....87
4.3. Compuestos bioactivos.....89
4.4. Perfil descriptivo sensorial con expertos.....91
4.5. Percepción sensorial de los consumidores brasileños.....97
4.6. Percepción sensorial de los consumidores peruanos 102
4.7. Caracterización hedónica y sensorial por parte de niños en edad escolar 109
V. CONCLUSIONES.....116
VI. RECOMENDACIONES.....117
VII. FUENTES DE FINANCIAMIENTOS 118
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....118
IX. ANEXOS 139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables independientes 23
Tabla 2 Variables dependientes 23
Tabla 3 Comparación de los valores nutricionales de la quinua y el trigo 26
Tabla 4 Comparación de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la quinua y el trigo 27
Tabla 5 Productos a base de harina de quinua 29
Tabla 6 Efecto de la adición de harina de quinua en la composición nutricional y funcional de las galletas.....30
Tabla 7 Efecto de la incorporación de quinua en las propiedades físicas de las galletas 31
Tabla 8 Efecto de la incorporación de la harina de quinua en el análisis sensorial de las galletas.....34
Tabla 9 Requerimientos nutricionales recomendados para niños en edad escolar según FAO y el instituto nacional de salud del Perú 48
Tabla 10 Formulación de galletas de quinua (g/100 g) 59
Tabla 11 Composición proximal y actividad de agua de galletas fabricadas variando la incorporación de harina de trigo por harina de quinua y la reducción de azúcar ..82
Tabla 12 Características físicas de las galletas con adición de harina de quinua y reducción de azúcar 84
Tabla 13 Color de las galletas con la sustitución de la harina de quinua y la reducción del azúcar.....87
Tabla 14 Compuestos bioactivos de galletas basadas en la reducción de azúcar y la adición de quinua.....90
Tabla 15 Atributos sensoriales de las galletas en función de la reducción de azúcar y la adición de quinua.....94
Tabla 16 Proporciones de elicitación de los atributos sensoriales de las galletas evaluadas por adultos jóvenes.....105
Tabla 17 Proporciones de elicitación de los atributos sensoriales de las galletas evaluadas por niños en edad escolar.....111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la tesis considerando los artículos científicos que la componen 18
Figura 2 Descripción esquemática del diseño de investigación propuesto en la tesis. Los números indican la etapa del diseño de la investigación 54
Figura 3 Diagrama de flujo utilizado para la elaboración de galletas 57
Figura 4 Diseño de bloques usado en la elaboración de galletas 58
Figura 5 Proceso de determinación de humedad 61
Figura 6 Proceso de determinación de grasa 62
Figura 7 Proceso de determinación de proteínas 63
Figura 8 Proceso de determinación de cenizas 64
Figura 9 Proceso de extracción de extracto de compuestos antioxidantes 67
Figura 10 Proceso de determinación de polifenoles totales 69
Figura 11 Proceso de determinación de capacidad antioxidante por DPPH 71
Figura 12 Proceso de determinación de capacidad antioxidante por ORAC 73
Figura 13 Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de adultos jóvenes de Brasil 77
Figura 14 Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de adultos jóvenes de Perú 78
Figura 15 Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de niños en edad escolar 80
Figura 16 Galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar ..88
Figura 17 Rendimiento del panel de expertos expresado en distancias entre expertos por tratamiento 92
Figura 18 Espacio perceptual de los atributos que caracterizan las muestras de galletas según los resultados del DA 96
Figura 19 Gráfico de barras que representa la valoración general de los tratamientos con galletas. Las barras de error representan el error estándar de la media 98
Figura 20 Análisis de correspondencias de los resultados de CATA sobre muestras de galletas (a) y factores que influyen en la preferencia por las muestras de galletas (b) 100
Figura 21 Gusto general de las galletas evaluado por adultos jóvenes peruanos .103
Figura 22 Análisis de correspondencias de galletas y sus atributos sensoriales evaluados por adultos jóvenes 106

Figura 23 Análisis de la penalización de los factores positivos (barras azules) y negativos (barras rojas) que influyen en la preferencia por las galletas evaluadas por adultos jóvenes.....108
Figura 24 Valoración general de las galletas por parte de niños en edad escolar .110
Figura 25 Análisis de correspondencias de galletas y sus atributos sensoriales evaluados por niños en edad escolar.....112
Figura 26 Análisis de la eliminación de penalizaciones de los factores positivos (barras azules) que influyen en la preferencia por las galletas evaluadas por niños en edad escolar 114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Panel fotográfico 139
Anexo 2 Ficha de Evaluación Sensorial de Galletas aplicada en niños 151
Anexo 3 Comité de ética e integridad científica para el desarrollo de tesis 153
Anexo 4 Curva estándar de ácido gálico 154
Anexo 5 Curva estándar de Trolox utilizada en la determinación de capacidad antioxidante (ORAC) 155
Anexo 6 Resultados de grasa en galletas 156
Anexo 7 Resultados de humedad en galletas 157
Anexo 8 Resultados de ceniza en galletas 158
Anexo 9 Resultados de actividad de agua en galletas 159
Anexo 10 Resultados de proteínas en galletas 161
Anexo 11 Resultados de dureza en galletas 162
Anexo 12 Resultados de fracturabilidad en galletas 163
Anexo 13 Resultados de pérdida de peso por cocción en galletas 164
Anexo 14 Resultados de diámetro en galletas 165
Anexo 15 Resultados de espesor en galletas 167
Anexo 16 Resultados de peso de las galletas cocidas en galletas 168
Anexo 17 Resultados del factor de dispersión de las galletas 169
Anexo 18 Resultados de Color (Valor L*) de las galletas 170
Anexo 19 Resultados de Color (Valor a*) de las galletas 172
Anexo 20 Resultados de Color (Valor b*) de las galletas 173
Anexo 21 Resultados de Color (Valor c*) de las galletas 174
Anexo 22 Resultados de Color (Valor h*) de las galletas 175
Anexo 23 Resultados de polifenoles totales de las galletas 177
Anexo 24 Resultados de capacidad antioxidantes por DPPH de las galletas 179
Anexo 25 Resultados de capacidad antioxidantes por ORAC de las galletas 180
Anexo 26 Artículos científicos 182

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las enfermedades crónicas no transmisibles, como el sobrepeso y la obesidad en niños, han aumentado considerablemente a nivel mundial (Organización Panamericana de la Salud, OPS, 2018). El Perú no es ajeno a estas enfermedades, ya que aproximadamente el 38% de los niños de 6 a 13 años las presentan (Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, 2021). Uno de los factores que generan sobrepeso y obesidad en niños es el elevado consumo de azúcar añadido a los alimentos, incluida la galleta (Azaïs-Braesco et al., 2017). En el Perú, el consumo per cápita de galletas entre niños de 6 a 13 años es de 2,3 kg (Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI, 2018). En este sentido, Erdem et al. (2023) y Perry et al. (2003) reportaron niveles de adición de azúcar en galletas de 20 a 75%, razón por la cual diferentes asociaciones sanitarias de varios países recomendaron reducir la ingesta de azúcares en galletas a menos del 30% (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2016).

Ante esta problemática, la academia ha venido desarrollando estrategias para reducir el azúcar en productos lácteos, néctares (Velázquez et al., 2020, 2021, 2023) y, en menor medida, en productos horneados como galletas. Lingiardi et al. (2023) redujeron el contenido de azúcar en las galletas destinadas a niños en edad escolar a niveles de 15,5 % y 23,5 %. Los resultados mostraron que las galletas reformuladas mejoraron en su composición nutricional respecto a sus controles, manteniendo una elevada aceptación sensorial y una reducción del azúcar del 15,5% para las galletas de vainilla y del 23,5% para las galletas de laurel. En otro estudio, Erdem et al. (2023) redujeron el contenido de azúcar en las galletas en porcentajes que iban del 6% al 39%. Los consumidores se enfocaron especialmente en evaluar el dulzor y los resultados indican que es posible reducir el contenido de azúcar hasta un 12% sin afectar significativamente la percepción del dulzor.

Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013) recomienda aumentar la ingesta de alimentos con alto contenido de aminoácidos en niños de 6 a 13 años. Actualmente, existen problemas para fortificar los alimentos y obtener un perfil completo de aminoácidos esenciales para niños en edad escolar (FAO, 2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) se destaca por presentar un contenido completo de aminoácidos tales como metionina,

lisina, isoleucina, fenilalanina, treonina, valina y triptófano (Nguyen et al., 2023; Repo-Carrasco, 2011). Por su composición, la quinua es nutricionalmente superior a los demás cereales y puede ayudar a prevenir enfermedades no transmisibles como el sobrepeso, la obesidad y algunos tipos de cáncer (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

En este contexto, es importante estudiar los niveles de adición de quinua en una galleta. La mayoría de los estudios existentes se centran en la caracterización nutricional y sensorial del producto final. Watanabe et al. (2014b) evaluaron la sustitución de harina de quinua en galletas en niveles del 7,5% y 15%, observando que, a medida que aumentaba el contenido de harina de quinua, aumentaba concomitantemente la capacidad antioxidante y el contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, la aceptación sensorial de las galletas disminuyó al incorporar harina de quinua al 7,5% y al 15% en la formulación. En otro estudio, Goyat et al. (2018) evaluaron la sustitución de harina de quinua en galletas en niveles del 5%, 10% y 15%. Los resultados demostraron que las galletas reformuladas mejoraron en su composición nutricional, así como en la cantidad de polifenoles y antioxidantes, respecto al tratamiento control; sin embargo, se observaron cambios en las propiedades físicas, como una reducción del diámetro y de la extensión, debido al incremento en el contenido de fibra y proteína, lo que resultó en una mayor dureza. En cuanto a la aceptación sensorial, las galletas reformuladas fueron ampliamente aceptadas, alcanzando una puntuación superior a 6 en una escala hedónica de 9 puntos. Específicamente, la galleta que contenía un 15% de harina de quinua destacó por obtener la puntuación más alta. En el estudio de Jan et al. (2018), se evaluó la sustitución de harina de quinua india en galletas en niveles del 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, observándose que, a medida que aumentaba el contenido de harina de quinua, mejoraba su composición nutricional, así como las características físicas de textura y apariencia de las galletas. Los resultados sensoriales indicaron que las galletas sustituidas con un 30% presentaron una mejor aceptación, con atributos similares a los de las galletas de control; sin embargo, al añadir porcentajes mayores al 40%, disminuyó la aceptabilidad sensorial de las galletas.

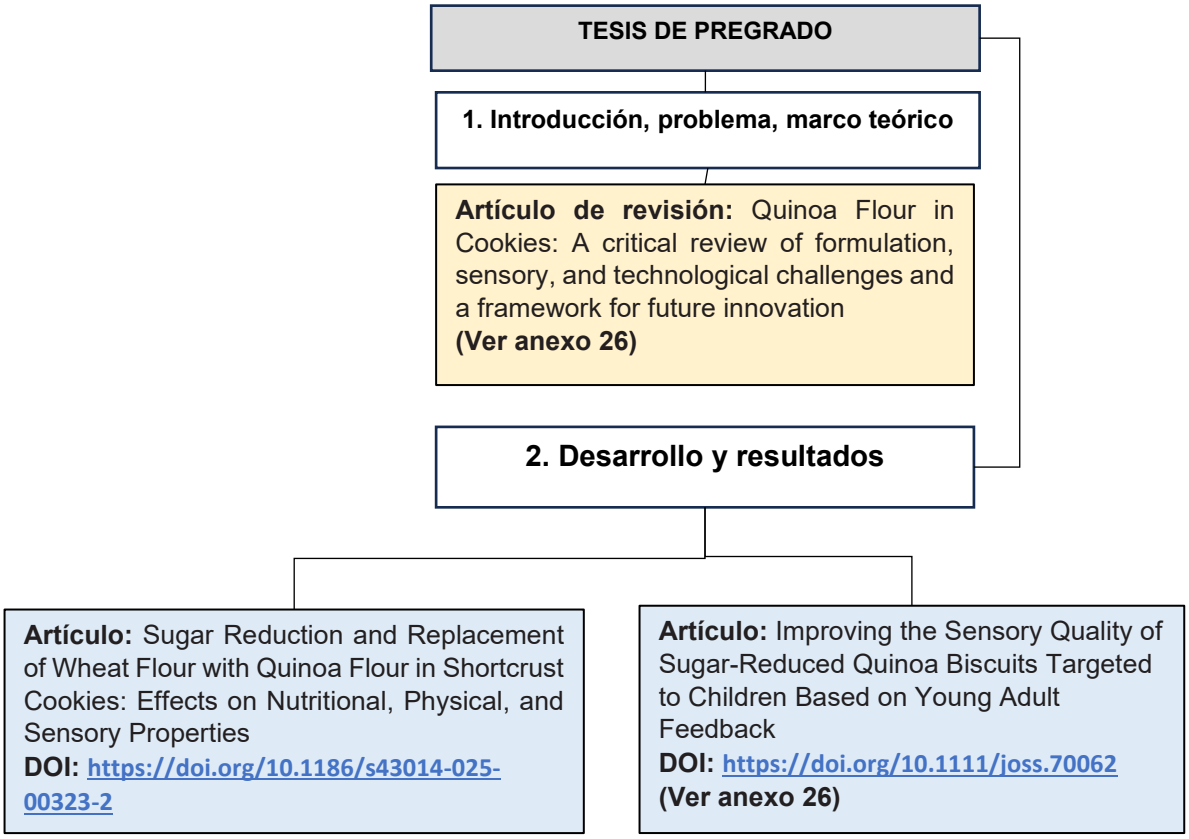
A pesar de los beneficios nutricionales, los productos enriquecidos con cereales andinos o con reducción de azúcar no se han incorporado de manera efectiva en la dieta de niños y jóvenes habitantes de áreas urbanas (Biguzzi et al., 2015; Sandvik et al., 2021). Su baja aceptación se atribuye a múltiples factores, como

propiedades sensoriales desagradables, envases poco atractivos y una oferta limitada de productos diseñados específicamente para este grupo etario (Goyat et al., 2018; Jan et al., 2018b; Velázquez et al., 2020, 2021; Faralla et al., 2023; Scudine et al., 2024). Por lo tanto, comprender cómo la reformulación afecta la calidad sensorial es esencial para desarrollar productos nutritivos aceptados por los niños (Laureati y Pagliarini, 2018). Las investigaciones existentes reportaron que los procesos de reformulación requieren un análisis exhaustivo de múltiples parámetros, ya que pueden alterar el perfil sensorial y hedónico de los alimentos destinados a esta población (Goyat et al., 2018; Jan et al., 2018b; Martínez-Costa et al., 2019).

A esta complejidad se suma el desafío metodológico de la evaluación sensorial en niños, cuyas habilidades cognitivas y sensibilidad difieren de las de los adultos (Guinard, 2000). Su menor capacidad de atención y mayor susceptibilidad a la fatiga sensorial exigen sesiones más breves y un menor número de muestras a evaluar (Issanchou, 2015). Esta limitación representa un reto en estudios de reformulación, donde es deseable analizar una amplia gama de tratamientos para caracterizar completamente la aceptabilidad del producto. La escasez de estudios centrados en la reformulación de alimentos para niños en edad escolar subraya la necesidad urgente de investigar para desarrollar productos más saludables y sensorialmente atractivos para niños y adultos jóvenes. En este sentido, la presente investigación evaluó el impacto de la incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar en las respuestas instrumentales (composición proximal, características físicas y compuestos bioactivos) y sensoriales (adultos jóvenes y niños) de una galleta. La estructura de la tesis se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Estructura de la tesis considerando los artículos científicos que la componen



I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las galletas representan uno de los productos de panificación de mayor consumo a nivel mundial, debido a su variedad, accesibilidad y bajo costo (Lazou, 2024). El mercado global de ventas de galletas dulces alcanzó un valor de 108 750 millones de dólares en 2024 y se proyecta un crecimiento anual compuesto del 5,70 % hasta 2032 (Fortune Business Insights, 2025). Sin embargo, a pesar de su popularidad, estos productos presentan una composición nutricional desbalanceada, con bajo contenido de agua (7–20 %), y elevados niveles de grasas (20–60 %) y azúcares (20–75 %) (Erdem et al., 2023; Masoud et al., 2024; Perry et al., 2003). Dichas características los clasifican como alimentos de bajo valor nutricional, asociados a un mayor riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (Dall'Asta et al., 2020; Masoud et al., 2024).

El consumo excesivo de este tipo de productos contribuye significativamente al incremento de sobrepeso y obesidad, que causan alrededor de 2,8 millones de muertes cada año a nivel mundial (OMS, 2024a). Actualmente, más de 340 millones de niños y adolescentes presentan obesidad o sobrepeso, condiciones estrechamente vinculadas a la diabetes tipo II, a las enfermedades cardiovasculares y a otros trastornos metabólicos. Paralelamente, persisten deficiencias nutricionales como desnutrición crónica y anemia, configurando una doble carga de malnutrición que afecta a millones de niños en todo el mundo (OMS, 2024b). En el caso de Perú, la situación es especialmente preocupante debido a que el 9,1 % de la población menor de 5 años tiene sobrepeso u obesidad, y el 43,1 % padece anemia (INEI, 2023a, 2023b).

Ante esta problemática, diversas investigaciones científicas han explorado estrategias como la sustitución del azúcar por edulcorantes no nutritivos (ENN). Sin embargo, el uso prolongado de ENN presenta limitaciones, entre ellas, el refuerzo de la preferencia por sabores excesivamente dulces desde edades tempranas y la incertidumbre sobre sus efectos a largo plazo, especialmente en niños (OMS, 2024b). En el contexto latinoamericano, donde coexisten la obesidad infantil y la desnutrición, estas limitaciones resultan aún más críticas. En este escenario, surge la necesidad de propuestas alternativas que reformulen los

productos de alto consumo, como las galletas, reduciendo el azúcar sin recurrir a ENN y manteniendo la calidad sensorial.

Asimismo, la FAO (2013) recomiendan aumentar la ingesta de alimentos con elevado contenido de aminoácidos en niños entre 6 y 13 años. En la actualidad, existen problemas al fortificar alimentos dirigidos a niños ya que no presentan un perfil completo de aminoácidos esenciales (FAO, 2013). Ante esta deficiencia, la quinua *(Chenopodium quinoa Wild)* se presenta como una potencial solución ya que se destaca por presentar un perfil completo de aminoácidos esenciales tales como metionina, lisina, isoleucina, fenilalanina, treonina, valina y triptófano (Nguyen et al., 2023; Repo-Carrasco R, 2011). Debido a su composición, se considera que la quinua es nutricionalmente superior a los demás cereales y puede ayudar a prevenir la prevalencia enfermedades no transmisibles como el sobrepeso, la obesidad, y algunos tipos de cáncer (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

Sin embargo, desarrollar un alimento con potenciales beneficios para niños de edad escolar requiere una investigación exhaustiva de múltiples parámetros, ya que la reducción de azúcar o grasa podría afectar el perfil sensorial y hedónico de una galleta dirigida a este grupo etario (Goyat et al., 2018; Jan et al., 2018b; Velázquez et al., 2020, 2021). Además, la evaluación sensorial con población infantil presenta dificultades metodológicas, como la limitada capacidad de atención, la fatiga sensorial y la necesidad de reducir el número de muestras (Guinard & Brun, 1998; Issanchou, 2015). En ese sentido, en esta investigación se evaluó el impacto de la incorporación de harina de quinua y la reducción del azúcar en una galleta sobre sus propiedades instrumentales y sensoriales en niños y jóvenes de edad escolar.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar en las propiedades instrumentales y sensoriales de galletas de masa quebrada.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición proximal y la actividad de agua de las galletas formuladas con distintos niveles de harina de quinua (15%, 30%) y reducción de azúcar (10%, 20%, 30%).
- Evaluar las propiedades físicas de las galletas formuladas con distintos niveles de harina de quinua (15 % y 30 %) y de reducción de azúcar (10 %, 20 % y 30 %).
- Determinar el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de las galletas formuladas con distintos niveles de harina de quinua (15% y 30%) y de reducción de azúcar (10%, 20% y 30%).
- Analizar las propiedades sensoriales y la aceptación hedónica de las galletas formuladas con distintos niveles de harina de quinua (15 % y 30 %) y de reducción de azúcar (10 %, 20 % y 30 %), en adultos y niños de edad escolar.

1.3. Justificación

Los alimentos cumplen una función esencial al ser vehículos de energía, proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales, indispensables para el adecuado desarrollo del cuerpo humano. Además de proporcionar placer sensorial, los alimentos contienen compuestos bioactivos con efectos beneficiosos para la salud. Sin embargo, la industrialización ha fomentado el desarrollo de productos diseñados para ser sensorialmente agradables mediante la adición excesiva de azúcar, sal y grasa (Eduardo et al., 2024). Este modelo ha contribuido al aumento del sobrepeso y la obesidad en la sociedad, condiciones que se asocian con enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y un incremento en la mortalidad (Bucher Della Torre et al., 2016; Erickson et al., 2017; Luo et al., 2019a).

Ante esta problemática, es crucial adoptar hábitos alimentarios balanceados para prevenir enfermedades crónicas no transmisibles. Para contribuir a esta solución, es necesario ofrecer a los consumidores opciones más saludables, como productos con bajo contenido de sodio, grasa y azúcar, o enriquecidos con compuestos antioxidantes y aminoácidos. Por ello, el desarrollo de alimentos saludables debe enfocarse en proponer mejoras tecnológicas, nutricionales y sensoriales en productos de amplio consumo que actualmente presentan un desequilibrio nutricional.

En este contexto, las galletas dulces se presentan como un alimento modelo ideal. Se encuentran entre los alimentos más consumidos del mundo; sin embargo, presentan serias deficiencias nutricionales al estar elaboradas, en su mayoría, con harina de trigo refinada (Pareyt & Delcour, 2008), lo que implica un bajo contenido de vitaminas, minerales, fibra dietética y lisina, un aminoácido esencial (Erdem et al., 2023; Perry et al., 2003). En Perú, la quinua surge como una alternativa prometedora para enriquecer estos productos, ya que diversas investigaciones respaldan que aporta una cantidad adecuada de aminoácidos, antioxidantes y polifenoles (Repo-Carrasco, 2011).

Por estas razones, el presente trabajo se justifica por la necesidad de desarrollar una galleta enriquecida con harina de quinua y con un contenido de azúcar reducido. Esta propuesta persigue ofrecer una alternativa nutricional que contribuya a la prevención de problemas de salud, como la obesidad y la anemia, y que, al mismo tiempo, asegure una experiencia sensorialmente agradable, especialmente para el público infantil.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La reducción del azúcar tendrá un mayor impacto en las propiedades instrumentales y sensoriales, lo que se traducirá en galletas de mayor dureza y menor aceptación. Por su parte, la incorporación de harina de quinua mejorará el perfil nutricional (proteínas, polifenoles y antioxidantes), aunque contribuirá negativamente a la textura y al sabor, lo que ocasionará una menor preferencia de los consumidores.

1.4.2. Hipótesis especificas

- El contenido de proteína y de cenizas en las galletas será directamente proporcional al porcentaje de incorporación de harina de quinua, independientemente del nivel de reducción de azúcar. A su vez, la reducción de azúcar aumentará la concentración relativa del resto de los componentes.

- La reducción de azúcar aumentará significativamente la dureza y disminuirá el factor de expansión y el desarrollo de color de las galletas. La incorporación de harina de quinua también incrementará la dureza debido a la mayor absorción de

agua por parte de la fibra y las proteínas, lo que resulta en una estructura más densa y compacta.

- El contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante mostrarán un incremento significativo a medida que aumenta el porcentaje de harina de quinua en la formulación, debido al aporte de estos compuestos por parte del pseudocereal.

- Las galletas con el menor nivel de reducción de azúcar (10%) y el menor porcentaje de harina de quinua (15%) presentarán mayores intensidades de dulzor, textura y aceptación general.

1.5. Variables

Tabla 1
Variables independientes

Variables independientes	Niveles
Reducción de azúcar	10, 20, 30%
Harina de quinua	15, 30%

Tabla 2
Variables dependientes

Variables dependientes	Unidad
Proteínas, Grasa, Humedad, Ceniza	%
Aw	-
Dureza y Fracturabilidad	N
Diámetro y factor de dispersión	cm
Pérdida de peso por cocción	%
Espesor	mm
Peso de galletas cocidas	g
L*, a*, b*, c*y h*	-
Polifenoles	(mg GAE/g)
Capacidad antioxidante DPPH	(mg/mL)
ORAC	(umol ET, g)
Aceptación sensorial	Valores de 1 a 9

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

El estudio de las modificaciones en la composición de las galletas destinadas a niños en edad escolar se ha convertido en un aspecto clave en la búsqueda de alternativas con un mejor perfil nutricional, sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto. La evolución histórica de esta problemática refleja una creciente conciencia sobre la importancia de mejorar la calidad nutricional de los alimentos procesados, alineándose con las directrices de salud pública para combatir problemas como la obesidad infantil y las enfermedades relacionadas con la dieta.

En un estudio realizado por Lingiardi et al., (2023), se observó una reducción significativa en el contenido de azúcar en las galletas para niños en edad escolar, logrando disminuciones de 15,5% y 23,5%. Este avance no solo mejoró la composición nutricional de las galletas en comparación con sus versiones originales, sino que también mantuvo una alta aceptación sensorial, demostrando que es posible ofrecer alternativas más saludables sin menoscabar la calidad sensorial del producto. Este hallazgo establece un precedente importante en la industria alimentaria, sugiriendo que los esfuerzos por reducir el contenido de azúcar son viables y pueden ser bien recibidos por el público objetivo.

Siguiendo esta línea, Erdem et al., (2023), extendieron la investigación al experimentar con reducciones de azúcar que oscilaron entre el 6% y el 39%. Los consumidores evaluaron principalmente el dulzor de las galletas, y los resultados revelaron que es factible disminuir el contenido de azúcar hasta en un 12% sin alterar significativamente la percepción del producto. Este estudio subraya la flexibilidad en la percepción del dulzor por parte de los consumidores y abre caminos para formulaciones que equilibren la palatabilidad con el valor nutricional.

En un giro hacia la innovación en ingredientes, Watanabeet al., (2014b), exploraron la sustitución de la harina tradicional por harina de quinua en proporciones de 7,5% y 15%. Los resultados fueron concluyentes y mostraron un aumento de la capacidad antioxidante y del contenido de aminoácidos esenciales a medida que aumentaba la proporción de harina de quinua. Sin embargo, esta modificación se tradujo en una disminución de la aceptación sensorial, lo que indica que aún existen

desafíos asociados a la incorporación de ingredientes no convencionales en productos ampliamente consumidos.

En un esfuerzo similar, Goyat et al. (2018) y Jan et al. (2018) investigaron la sustitución de la harina de quinua en diferentes proporciones, observando mejoras en la composición nutricional y en ciertas propiedades físicas de las galletas. Aunque estas modificaciones afectaron aspectos como la textura y la apariencia, la aceptación sensorial generalmente se mantuvo alta, especialmente para las galletas con un 30% de harina de quinua, que lograron una aceptabilidad comparable a la de las galletas control. Estos estudios consolidan la idea de que la innovación en ingredientes puede ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad nutricional de los alimentos procesados, siempre que se mantenga un equilibrio con las expectativas sensoriales de los consumidores.

La evolución de la investigación en torno a la reformulación de galletas refleja un enfoque progresivo hacia la creación de productos alimenticios tanto nutritivos como atractivos para los consumidores. A través de estos estudios, se ha demostrado que es posible modificar la composición de los alimentos procesados para ofrecer opciones más saludables, marcando un camino hacia un futuro en el que la alimentación infantil puede ser nutritiva sin renunciar al placer sensorial. Este cuerpo de investigación subraya la importancia de continuar explorando y optimizando las formulaciones de alimentos para satisfacer tanto las necesidades nutricionales como las preferencias sensoriales, en un contexto de creciente preocupación por la salud pública y el bienestar de las generaciones futuras.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Quinua

La quinua *(Chenopodium quinoa Willd.)* es un pseudocereal de la familia *Chenopodiaceae* cuya morfología contrasta con la de los cereales convencionales. Sus granos muestran un embrión proporcionalmente mayor, donde se concentran proteínas y lípidos, y un endospermo reducido, con menor acumulación de almidón (Nguyen et al., 2023; Repo-Carrasco et al., 2011). En términos composicionales, la quinua destaca por su perfil nutricional denso, con niveles más altos de compuestos

bioactivos, aminoácidos esenciales y vitaminas que la harina de trigo, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3

Comparación de los valores nutricionales de la quinua y el trigo

Variables	Quinua	Trigo
Nutriente (%		
Humedad (%)	13–25.80	9–11
Energía (Kcal)	357–424	330–407
Carbohidratos (%)	54.00–75.30	62.80–80.60
Proteína (%)	10.00–24.20	10.40–14.80
Grasa (%)	1.50–14.60	1.50–2.80
Fibra dietaria (%)	2.10–11.80	2.20–12.30
Cenizas (%)	1.50–3.70	1.40–2.40
Vitaminas (mg/100 g de grano)		
Vitamina B1	0.36–0.41	0.42–0.50
Vitamina B2	0.32–0.40	0.10–0.12
Vitamina B3	1.10–1.52	5.10–6.74
Folatos	0.20–1.84	0.04–0.10
Vitamina E	2.44–5.40	1.40
Ácido pantoténico	0.77	0.94
Vitamina B6	0.40–0.50	0.30–0.42
Minerales (mg/100 g de materia seca)		
Calcio	27.50–148	35–48
Hierro	1.40–16.80	3.50–5.00
Magnesio	26.0–502	103–152
Fósforo	140–530	387–508
Potasio	563–1475	431–478
Sodio	11–31	2–4
Zinc	2.80–4.80	3.70–4.20
Cobre	1.00–9.50	0.40–0.60
Manganeso	0.01–2.00	3.00–3.90
Aminoácidos (g/100 g de proteína)		
Histidina	0.41–5.40	0.32–2.40
Isoleucina	0.50–7.40	0.53–4.30
Leucina	0.84–9.40	0.93–8.30
Lisina	0.77–7.80	0.30–3.60
Metionina	0.31–9.10	0.22–2.40
Fenilalanina + Tirosina	2.8–10.8	8.2–8.7
Treonina	0.42–8.90	0.37–3.6
Triptófano	0.17–2.00	0.18–1.20
Valina	0.59–6.10	0.59–6.10
Histidina	0.41–5.40	0.32–2.40
Isoleucina	0.50–7.40	0.53–4.30
Leucina	0.84–9.40	0.93–8.30

Nota. Adaptado de:(Gaur et al., 2025; Nguyen et al., 2010).

2.2.2. Producción quinua

El Perú es el mayor productor al nivel mundial de quinua (Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego, 2020). En el 2021, el Perú alcanzó una producción de 100,1 mil toneladas, lo que representa un aumento del 11,9 % respecto al año 2019. El departamento de Puno fue el mayor productor, con un 39,6% de la producción total, seguido por Ayacucho con un 23,4%. Los departamentos de Apurímac, Arequipa, Cusco, Junín, Huancavelica, Tacna y otros representaron el 37,06% restante de la producción de quinua (Ministerio de Desarrollo Agricultura y Riego, 2020).

2.2.3. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidantes de la quinua

La quinua se posiciona como un pseudocereal de importancia global debido a su elevado contenido de compuestos bioactivos, como lo muestra la tabla 4. Entre ellos destacan los polifenoles, metabolitos secundarios de origen vegetal que poseen uno o más anillos aromáticos y grupos hidroxilo en su estructura, los cuales les confieren una amplia actividad biológica (Ren et al., 2023) . En la quinua se han identificado al menos 23 polifenoles, entre los que sobresalen el ácido vainílico, ácido ferúlico y sus derivados, así como flavonoides como la quercetina, el kaempferol y sus glucósidos (Tang et al., 2015).

Tabla 4

Comparación de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la quinua y el trigo

Parámetro	Quinua	Trigo
Polifenoles totales (mg GAE/100 g)	70-82	45-51
Capacidad antioxidante		
Capacidad DPPH (TEAC $\times 10^5$)	32-38	10-15
DPPH (mg TE/100 g)	50-62	35-42
FRAP (mg TE/100 g)	90-105	100-110

Nota. Adaptado de:(Alvarez-Jubete et al., 2010)

Estos compuestos bioactivos no solo influyen en características organolépticas como el sabor, sino que también aportan propiedades funcionales relevantes (Wang et al., 2024; Xu et al., 2025). Los polifenoles ejercen su acción

antioxidante de manera natural al neutralizar las especies reactivas de oxígeno (ROS), unirse a iones metálicos con potencial prooxidante y eliminar los radicales libres generados durante los procesos metabólicos (Velioglu et al., 1998). Su consumo regular se ha asociado con la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, diabetes y patologías cardiovasculares, ya que inhiben la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y previenen la agregación plaquetaria (Cao et al., 2020; Daliri et al., 2021; Mudgil et al., 2020; Yao et al., 2015).

La capacidad antioxidante es una actividad de vital importancia y puede utilizarse como agente de prevención de enfermedades (Motawi et al., 2011). Las semillas de quinua poseen un alto contenido de capacidad antioxidante debido a los compuestos bioactivos como ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferoles, carotenoides y vitamina C (Yang et al., 2024). Estos compuestos desempeñan un papel crucial en la eliminación de radicales libres, la reducción del estrés oxidativo y la protección celular contra el daño asociado a enfermedades crónicas (Daliri et al., 2021; Wang et al., 2024).

2.2.4. Efectos positivos de la quinua en la salud

Las semillas de quinua son una excelente materia prima para elaborar alimentos nutritivos y saludables. Los componentes de la quinua la hacen superior a los demás cereales en términos nutricionales; además, podría prevenir enfermedades no transmisibles. Debido a su alto valor nutricional, propiedades terapéuticas y su condición libre de gluten, se ha informado de que la quinua es beneficiosa para grupos sensibles como niños, ancianos, deportistas de alta actividad, personas con intolerancia a la lactosa, mujeres con tendencia a la osteoporosis y personas con diabetes, dislipidemia, obesidad, anemia y celiaquía (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

2.2.5. Uso de la quinua en la gastronomía y sector alimentario

La quinua también ha llamado la atención de la industria alimentaria, ya que se la considera un grano saludable por su valor nutritivo, especialmente por la composición proteica y lipídica de la semilla. Las semillas de quinua se someten a un proceso de molienda para convertirlas en harina, que se combina con harinas de otros pseudocereales como el trigo sarraceno y el amaranto, así como con cereales tradicionales como el trigo (Repo-Carrasco, 2011). De esa forma, se usan en la

elaboración de pan, pasta, tortitas, galletas, fideos, pasteles y bebidas (Ceyhun & Sanlier, 2019).

Tabla 5

Productos a base de harina de quinua

Producto	Propiedades nutricionales	Propiedades sensoriales	Referencias
Chapatti	Al incrementar la harina de quinua en los Chapattis, aumentó su composición nutricional, tanto en proteínas como en capacidad antioxidante y aminoácidos.	La adición del 30% de harina de quinua mejoró el sabor y el aroma del chapatti, pero niveles más altos provocan amargor, lo que reduce la aceptación.	(Dhillon et al., 2022)
Pan de molde	La adición de quinua como sustitución parcial de la harina de maíz en el pan de molde presenta mejores características nutricionales, al ser rica en proteínas y otros componentes.	La harina de quinua mejoró la puntuación en atributos sensoriales como sabor, gusto, color de la corteza, uniformidad y textura de la miga, y aceptabilidad general.	(Ali & Shehry, 2016)
Galletas	Al incrementar la harina de quinua en las galletas, aumento el contenido de proteínas, la capacidad antioxidante y los polifenoles.	Añadir 30 % de harina de quinua no afecta la aceptación sensorial, pero más del 40 % la vuelve desagradable y amarga.	(Chopra et al., 2018; Goyat et al., 2018; K. N. Jan et al., 2018; Méndez et al., 2019)
Pasta	La sustitución total de la harina de trigo por harina de quinua incrementó el contenido de proteínas, lo que provocó una disminución de la firmeza de la pasta.	La pasta presenta una puntuación alta en apariencia y en aceptabilidad de color, olor y sabor. Además de mostrar sabor suave característico de la harina de quinua	(Aranibar et al., 2018)

2.2.6. Galletas

Las galletas representan la categoría más grande de snacks en la industria de la panadería y pueden servir como vehículo eficaz de suministro de nutrientes al consumidor (FAO, 2013). Por lo general, están compuestas por tres ingredientes principales son harina, azúcar y grasa (Pareyt & Delcour, 2008). En este sentido Erdem et al. (2023) y Perry et al. (2003), reportaron que las galletas tienen entre un 20 y un 75% de azúcar, entre un 30 y un 60% de grasas, y entre 7 y 20% de agua en base al peso de la harina, denominándolas poco saludables.

2.2.7. Propiedades nutricionales de las galletas con harina de quinua

La quinua ha ganado popularidad como ingrediente funcional en la industria alimentaria. Su incorporación a las galletas no solo mejora el contenido de proteínas y minerales, sino que también aporta beneficios antioxidantes. La tabla 6 muestra cómo varían ciertos parámetros nutricionales en función del porcentaje de harina de quinua utilizada.

Tabla 6

Efecto de la adición de harina de quinua en la composición nutricional y funcional de las galletas

Parámetros evaluados	Nivel de sustitución con harina de quinua	Efecto observado en las cookies	Referencias
Lípidos	<25%	Cuanto mayor es el porcentaje de harina de quinua en las galletas, mayor es el contenido de lípidos, especialmente de ácido linolénico (omega-3) y de ácido oleico.	(Cannas et al., 2020; Goyat et al., 2018b)
Minerales	<15%	La adición de harina de quinua aumenta los niveles de K, Mg, Ca, Fe, P y Zn en las galletas.	(El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018b; Nadian et al., 2021)
Proteínas	<50%	Cuanto mayor sea el contenido de harina de quinua, mayor será el contenido de proteínas en las galletas.	(Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018a; Demir & Kilinç, 2017; El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018b; Malik et al., 2022; Olamide et al., 2025; Pagamunici et al., 2014; Singla et al., 2024; Turk Aslan & Isik, 2022; Vieira et al., 2015)
Fibra	<60%	La adición de harina de quinua aumenta el contenido de fibra dietética de las galletas.	(Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018a; Demir & Kilinç, 2017; El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018b; Malik et al., 2022; Olamide et al., 2025; Pagamunici et al., 2014; Singla et al., 2024; Turk Aslan & Isik, 2022; Vieira et al., 2015)
Carbohidratos	<25%	A medida que aumenta el contenido de harina de quinua, disminuye el de carbohidratos.	(El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018b; Malik et al., 2022)
Capacidad antioxidante	<15%	La adición de harina de quinua mejora la capacidad antioxidante de las galletas.	(Bravi et al., 2024; Cannas et al., 2020; Jan et al., 2018b; Nadian et al., 2021; Watanabe et al., 2014)
Polifenoles	<25%	Cuanto mayor es el contenido de quinua, mayor es el de polifenoles.	(Bravi et al., 2024; Cannas et al., 2020)

Flavonoides	<75%	La adición de harina de quinua aumenta el contenido de flavonoides.	(Cannas et al., 2020)
Aminoácidos	<30%	La adición de harina de quinua mejora el contenido de aminoácidos esenciales como valina, metionina, isoleucina, treonina y fenilalanina.	(Brito et al., 2015; Estivi et al., 2022; Iovan & Radu, 2016; Watanabe et al., 2014b)

2.2.8. Propiedades físicas de las galletas con harina de quinua

Desde el punto de vista tecnológico, sustituir la harina de trigo por harina de quinua podría afectar a las propiedades físicas de las galletas. La tabla 7 muestra las características físicas de las galletas cuando se sustituye la harina de trigo por la de quinua. Aunque la quinua tiene un gran potencial en la industria alimentaria, no puede sustituir por completo la harina de trigo en las galletas, ya que sustituir la harina de trigo por la de quinua provocaría cambios importantes en las propiedades tecnológicas del producto final debido a las diferencias en su composición química y sus características nutricionales. Estos cambios afectan principalmente a la textura, la dureza, el color y la aceptación sensorial de las galletas. Sin embargo, con los ajustes adecuados en el proceso de fabricación y la formulación, es posible producir con éxito galletas de quinua con características deseables, aprovechando su valor nutricional superior y ofreciendo así un producto más saludable (Goyat et al., 2018b; Méndez et al., 2019; Watanabe et al., 2014).

Tabla 7

Efecto de la incorporación de quinua en las propiedades físicas de las galletas

Parámetros evaluados	Sustitución con harina de quinua	Efecto observado en las cookies	Referencias
Dureza	<25 %	Sustituir la harina por harina de quinua aumenta la dureza de las galletas.	(Alavi et al., 2024; El-Hadary et al. 2024; Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Brito et al., 2015; Martín-Esparza et al., 2021; Jan et al., 2018; Kewuyemi et al., 2022)
	< 25%	El valor de dureza de la galleta disminuyó significativamente a medida que aumentaron	(Cannas et al., 2020; Ma et al., 2022; Sazesh & Goli, 2020; Nadian et al., 2021; Mohammadi et al., 2025; Martín-Esparza et al., 2021; Lorenz & Coulter, 1991)

		los niveles de harina de quinua.	
Diámetro	0% -10%	El diámetro es similar al del control o presenta una ligera diferencia.	(Demir & Kilinç, 2017; Singla et al., 2024; Vieira et al., 2015; Silva-Paz et al., 2023; Villarroel et al., 2009)
	<10%	A medida que aumenta el contenido de harina de quinua, disminuye el diámetro de las galletas.	(Chopra et al. 2018; Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Batool et al., 2025)
Espesor	10% - 30%	Añadir harina de quinua aumenta el grosor de las galletas	(Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Singla et al., 2024: Vieira et al., 2015; Jan et al., 2018; Silva-Paz et al., 2023; Ma et al., 2022; Mohammadi et al., 2025)
	<30%	La adición de harina de quinua provocó una ligera disminución del grosor de las galletas.	(Pejic et al., 2024; Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018; Cannas et al., 2020)
Color	10% - 50%	L* disminuye a medida que aumenta el contenido de harina de quinua, lo que da como resultado galletas más oscuras o con un aspecto más tostado.	(Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Cannas et al., 2020; Brito et al., 2015; Lorenz & Coulter,1991; Nadian et al., 2021; Pagamunici et al.,2014)
	10% - 50%	Se produce un aumento de los valores de a* y b*, lo que provoca un cambio visual hacia tonos cálidos y un mayor contraste cromático.	(Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Cannas et al., 2020; Kewuyemi et al., 2022; Baskaya-Sezer, 2025; Estivi et al., 2022; Villarroel et al., 2008)
	50 -100 %	Las galletas presentan valores L* significativamente más bajos (más oscuras), un aumento de b* y un ΔE más alto.	(Kewuyemi et al., 2022; Baskaya-Sezer, 2025; Pejic et al., 2024; Al-Okbi et al., 2024)
Factor de dispersión	< 30%	La adición de harina de quinua provocó una disminución del factor de dispersión de las galletas.	(Chopra et al., 2018; Goyat et al., 2018; Demir & Kilinç et al., 2017; Nadian et al.,2021; Lorenz & Coulter, 1991; Pejic et al., 2024; Batool et a., 2025)

2.2.9. Efecto de la harina de quinua en la calidad sensorial de galletas

La tabla 8 presenta las percepciones sensoriales de los consumidores sobre galletas elaboradas con diferentes porcentajes de harina convencional o de harina de quinua sustitutiva de gluten. Se observa que en publicaciones de los últimos años hay

una tendencia creciente al uso del método Check-All-That-Apply (CATA) como herramienta complementaria en estudios de consumo (Silva-Paz et al., 2023; Cannas et al., 2020). Este método permite recopilar descriptores sensoriales directamente mediante términos preseleccionados, tal como se aplica en el estudio de Silva-Paz et al. (2023).

La mayoría de los métodos utilizados incluyen escalas hedónicas de 5, 7 y 9 puntos, escalas no estructuradas de 10 cm y metodologías técnicas estandarizadas (AOAC, AACC 74-30). Sin embargo, estas últimas se aplican principalmente en análisis técnicos con panelistas capacitados, como se observa en los trabajos de Shalamzari y Erjaee (2022) y Mohammadi et al. (2025), mientras que las investigaciones más recientes prefieren los métodos hedónicos con consumidores, debido a su enfoque en la aceptabilidad directa del producto final. Del mismo modo, se identificó el uso de panelistas en diferentes estudios, como panelistas capacitados, semicapacitados y consumidores; sin embargo, la clasificación no es uniforme, ya que depende del nivel de capacitación recibido y de cómo los autores definen el tipo de panel utilizado. Del mismo modo, se identificó el uso de paneles que participan en diferentes estudios, como los entrenados, los semi-entrenados y los consumidores; sin embargo, la clasificación no es uniforme, ya que depende del nivel de formación recibido y de cómo los autores definen el tipo de panel. En particular, el perfil de los paneles semi-entrenados no suele detallarse con claridad, mientras que el uso de paneles de consumidores ha aumentado en los últimos años, con el fin de evaluar directamente la aceptabilidad del producto. Sin embargo, se observó que en varios estudios se considera «consumidores» a grupos pequeños de hasta 30 personas, lo que puede no ser representativo de este tipo de evaluación.

Según la norma ISO 11136:2014 (Organización Internacional de Normalización, 2014), el número mínimo recomendado de consumidores para las pruebas de aceptabilidad es de al menos 60 personas, y se establece como norma el uso de 100 participantes cuando no se dispone de datos previos para calcular un tamaño de muestra adecuado. La incorporación de harina de quinua como alternativa parcial a las harinas convencionales se presenta como una estrategia viable para mejorar el perfil nutricional; no obstante, puede provocar cambios en el sabor, el color o la textura del producto final. La incorporación de harina de quinua como alternativa parcial a las harinas convencionales se presenta como una estrategia viable para mejorar el perfil

nutricional; sin embargo, puede provocar cambios en el sabor, el color o la textura del producto final. Los estudios indican que un nivel de sustitución entre el 0 % y el 25 % es sensorialmente seguro, ya que la aceptabilidad sigue siendo comparable a la del producto de control.

Entre un 25 % y un 50 % de sustitución, se observa una ligera disminución de la aceptación, atribuida principalmente a la presencia de notas amargas o terrosas, así como a una textura más densa o seca. A niveles de sustitución superiores al 50 %, la aceptabilidad tiende a disminuir significativamente, lo que evidencia un impacto considerable en las características sensoriales del producto. Sin embargo, según Demir y Kılınç (2017) y Chopra et al. (2018), se observaron diferencias significativas en el contenido de proteínas al sustituir niveles más altos de harina de trigo (50 %) por harina de quinua.

Tabla 8

Efecto de la incorporación de la harina de quinua en el análisis sensorial de las galletas

% de quinua	Análisis sensorial	Resultados	Referencia
Del 0 hasta 25%	Un panel de 30 evaluadores semientrenados (19–22 años) valoró los atributos de color, textura, apariencia, sabor y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de 9 puntos, con anclajes entre «Me desagrada mucho» y «Me gusta mucho».	Las galletas obtuvieron puntuaciones en atributos mayores a 6. Los puntajes de aceptación general de las galletas mostraron que C-10% y Q-15% fueron las muestras de galletas compuestas que tuvieron la mayor aceptabilidad sensorial.	(Goyat et al., 2018a)
	Treinta consumidores del CCA-UFES evaluaron sabor, color, textura y aceptabilidad general usando una escala afectiva de nueve puntos (1 = «No me gustó nada»; 9 = «Me gustó mucho») e indicaron además si comprarían o no las galletas.	La formulación con harina de quinua presentó una aceptabilidad superior al 70%. En general, la aceptabilidad general promedio se ubicó, en la escala hedónica, entre "Me gustó moderadamente" y "Me gustó ligeramente". En cuanto a la intención de compra, se observó que, siguiendo la tendencia de aceptabilidad, la muestra de control	(Vieira et al., 2015)

		presentó la mayor intención de compra, con un 88%.	
	Noventa y un jueces no entrenados evaluaron los atributos mediante una escala hedónica estructurada de 10 cm (1 = «Me disgusta mucho»; 10 = «Me gusta mucho») y valoraron la textura con una escala de dos puntos que distinguía entre galletas duras y galletas suaves al masticar.	Las galletas con 15% de harina de quinua obtuvieron el mayor puntaje de aceptabilidad y también fueron calificadas como suaves al masticar, lo que es sensorialmente positivo.	(Méndez et al., 2019)
	Diez evaluadores capacitados calificaron cada atributo con una escala de 1 a 5, cuyos puntajes se emplearon para obtener la puntuación final mediante un coeficiente específico.	La interacción de la goma de membrillo mejora las características sensoriales de las galletas a base de quinua	(Mohammadi et al., 2025)
	Treinta y cinco estudiantes universitarios de entre 21 y 23 años evaluaron los atributos utilizando una escala hedónica de siete puntos, donde 7 = «me gusta muchísimo», 4 = «ni me gusta ni me disgusta» y 1 = «me disgusta muchísimo».	Con 7,5 % no se distingue del control. Con 15% de quinua obtuvo una calificación baja en cuanto a sabor, gusto y aceptabilidad general en comparación con el control	(Watanabe et al., 2014b)
	Diez panelistas entrenados evaluaron color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general utilizando una escala hedónica de nueve puntos (1 = «no me gusta mucho», 9 = «me gusta mucho»).	Las galletas con un 10 % de sustitución de harina de quinua resultaron ser generalmente aceptables en sabor, color, olor, textura y aceptabilidad general. Sin embargo, el uso de altas cantidades de quinua en las galletas disminuyó las puntuaciones en sabor, color, olor y textura, y el ligero sabor amargo residual podría haber contribuido a las puntuaciones más bajas.	(Negm et al., 2024)
	Doce jueces entrenados evaluaron los atributos con una escala descriptiva de cinco puntos (1 = mala, 5 = muy buena), mientras que 35 consumidores celiacos de 10 a 70 años de Temuco, Angol, Rancagua y Santiago de Chile realizaron la evaluación de	Utilizando el método Taguchi, se determinó que la galleta óptima contenía un 7,1 % de quinua. Tras realizar la prueba de aceptabilidad de la galleta optimizada, los resultados fueron bastante buenos, con un 100 % de aceptabilidad en las respuestas "Me gusta mucho" y	(Villarroel et al., 2009)

	aceptabilidad mediante una escala hedónica.	"Me gusta", con un 72 % y un 28 %, respectivamente.	
	Ocho jueces entrenados evaluaron apariencia, textura y sabor mediante una escala de 0 a 5, ponderando las puntuaciones según su importancia y clasificando el producto como no aceptable, bueno, muy bueno o excelente según el promedio obtenido.	Las cookies analizadas, incluida la cookie de control, se clasificaron como de excelente calidad. La muestra de pan de jengibre que recibió la calificación más alta en términos de calidad sensorial general fue la muestra con 15 % de DASF, con una puntuación de 4,91. Se caracterizó por una apariencia típica, textura adecuada, excelente masticación y un aroma distintivo de quinua.	(Pejic et al., 2024)
	Ocho jueces entrenados evaluaron apariencia, textura y sabor en una escala de 0 a 5, ponderando los puntajes y clasificando el producto como no aceptable, bueno, muy bueno o excelente según el promedio.	Las galletas elaboradas con 12,5 % y 25% de harina de quinua obtuvieron puntuaciones de aceptabilidad de 7,94 y 7,28, respectivamente. Las galletas con 12,5% de quinua fueron las mejor valoradas por los evaluadores, mostrando una aceptabilidad similar a la de la muestra de control.	(Alsuhaibani et al., 2022)
Del 0 hasta 50%	Veinte panelistas capacitados evaluaron textura y aceptabilidad general de las galletas mediante una escala hedónica de cinco puntos, donde 1 representaba la puntuación más baja y 5 la más alta.	Se puede incorporar entre un 20% y un 30% de harina de quinua en la formulación de galletas, ya que con estas cantidades se logra un buen equilibrio entre la aceptación sensorial y los beneficios nutricionales. Sin embargo, con niveles superiores al 30%, la aceptación sensorial disminuye, generando un sabor y una textura desagradables para el consumidor.	(Nadian et al., 2021)
	Cuarenta y cuatro panelistas no entrenados (18–65 años; 42 % hombres, 58 % mujeres) que consumían regularmente snacks tipo galleta evaluaron olor, color, textura, textura crujiente, sabor y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de siete puntos.	El análisis sensorial se realizó sólo con galletas que contenían 50% de harina de quinua, las cuales mostraron una textura menos firme y un sabor ligeramente amargo, lo que redujo su aceptación, aunque fueron reconocidas como una opción saludable.	(Martín-Esparza et al., 2023)
	Un panel de diez panelistas semi-entrenados evaluó sabor, textura, color, apariencia y	Todas las galletas formuladas obtuvieron puntajes sensoriales aceptables en todos los parámetros	(Chopra et al., 2018)

	aceptabilidad general de las galletas mediante una escala hedónica de nueve puntos, desde «Me gusta mucho» hasta «Me disgusta mucho».	evaluados (≥6,7). Sin embargo, se observó que a medida que aumentó el contenido de quinua, disminuyeron los puntajes de sabor, textura, aroma, apariencia y aceptabilidad. El sabor también se vio afectado por las saponinas presentes en la quinua. La aceptabilidad general disminuyó del control (8,0) a 6,7 en el tratamiento máximo, siendo ≥7 el umbral mínimo sugerido para la aceptación comercial.	
	Ochenta panelistas voluntarios no capacitados y potenciales consumidores evaluaron apariencia, sabor, textura, textura crujiente y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de nueve puntos (1 = extremadamente desagradable, 9 = extremadamente agradable). También se calculó el índice de aceptabilidad (IA), considerando aceptables las muestras con valores ≥70 %, y se registraron el orden de preferencia y la intención de compra usando una escala de cinco puntos (1 = definitivamente no lo compraría, 5 = definitivamente lo compraría).	Las formulaciones tuvieron una buena aceptación, con una tasa de aceptación superior al 70 %. Los atributos sensoriales variaron de "ligeramente agradables" a "moderadamente agradables" en todas las muestras. No se observó una preferencia estadísticamente significativa entre las formulaciones, pero la galleta de 140 g de quinua destacó ligeramente en textura y aceptabilidad general. La intención de compra fue alta, especialmente para las formulaciones de 60 g y 140 g.	(Pagamunici et al., 2014)
	Diez panelistas entrenados evaluaron la aceptación general utilizando una escala hedónica de nueve puntos.	La aceptación de las galletas varió entre 5,7 y 8 puntos. La muestra con mayor aceptación fue la formulada con 30 % de grasa, 33,33 % de harina de quinua y 25 minutos de horneado. Para la galleta optimizada, la evaluación sensorial mostró que una sustitución de harina de trigo por quinua de hasta el 50% (1:1) fue bien aceptada por los consumidores. La mejor combinación optimizada fue de 24.39% de grasa, relación RWF: QF de 1:1 y 29 minutos de horneado	(Malik et al., 2022)
	Veinte jueces de distintos grupos etarios, seleccionados	Todas las galletas obtuvieron puntajes sensoriales superiores a	(Singla et al., 2024)

	por su aguda capacidad de discriminación sensorial, evaluaron apariencia, textura, color, aroma, sensación en boca y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de 1 (disgusta muchísimo) a 9 (gusta muchísimo).	7,1 en la escala hedónica, donde 6 representa "me gusta ligeramente". Sin embargo, las formulaciones con más del 30% mostraron una disminución en la aceptabilidad sensorial, afectando atributos como apariencia, color, textura, sensación en boca, aroma y aceptabilidad general.	
	Veintisiete panelistas semi-entrenados del Instituto Sant Longowal de Ingeniería y Tecnología, familiarizados con técnicas de análisis sensorial, evaluaron color, apariencia, textura, sabor y aceptabilidad general de las galletas mediante análisis descriptivo.	Las galletas con 10 % de harina de quinua obtuvieron las mejores calificaciones sensoriales. A partir de una sustitución del 30 %, se observó una disminución en la aceptación del consumidor, lo que se reflejó en puntuaciones más bajas de color, apariencia, sabor y textura en boca. Las galletas con 50 % de quinua presentaron la menor aceptación sensorial, siendo descritas con sabor a nuez y un ligero regusto amargo, lo que sugiere la necesidad de tratamientos previos para reducir ese amargor.	(Jan et al., 2018b)
	Diez panelistas del Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Necmettin Erbakan, Konya, Turquía, familiarizados con las características de las galletas (edades 21–45 años; siete mujeres), evaluaron color, sabor, olor, apariencia, crocancia y aceptabilidad general mediante una escala de cinco puntos (1 = «disgusta mucho», 3 = «aceptable», 5 = «me gusta mucho»).	La incorporación de harina de quinua mejoró la mayoría de las propiedades sensoriales de las galletas, como el color, sabor, textura crujiente y aceptabilidad general, excepto el olor. Las galletas con 100 % de harina de trigo (grupo control) obtuvieron las puntuaciones más bajas. Las muestras con 10 % de harina de quinua no mostraron diferencias estadísticas frente al control, pero a partir de un 20 % se observaron mejoras en las propiedades sensoriales,	(Demir & Kilinç, 2017)
	Dieciocho estudiantes mujeres actuaron como panelistas y evaluaron las galletas mediante una escala hedónica de cinco puntos, donde +2 = bueno, +1 = algo bueno, 0 = ni bueno ni malo, -1 = bastante malo y -2 = malo.	Sustituir un 20% por quinua fermentada en polvo mejoró sabor, aroma y aceptación general, pero al 30% se redujeron estos atributos y aumentaron la fragilidad y la solubilidad en boca.	(Matsuo, 2006)

	Método de Badi y Hoseney (1976)	La incorporación de harina de quinua en mezclas con harinas para galletas de alta y baja expansión mostró efectos variables. En mezclas con harina de alta expansión, el aumento de quinua redujo la expansión, oscureció el color y empeoró la apariencia general, aunque el sabor mejoró hasta un 20%, con aparición de sabor amargo al 30%. En mezclas con harina de baja expansión, la harina de quinua mejoró la puntuación del grano superficial con 5 % y 10%, sin afectar negativamente la textura ni la apariencia, y también mejoró el sabor hasta un 20%. El uso de lecitina (2 %) en estas mezclas mejoró notablemente la expansión y apariencia de las galletas, incluso con 20% de quinua.	(Lorenz & Coulter, 1991)
	Un panel entrenado de diez miembros (seis mujeres y cuatro varones), familiarizado con la quinua y algunos de sus beneficios, y un panel no entrenado de once miembros (cinco mujeres y seis varones) evaluaron dos muestras extruidas con sustitución de quinua al 20 % y 30 %. Se valoraron apariencia, textura y sabor mediante una escala hedónica de siete puntos, donde 1 = «me gustó muchísimo» y 7 = «me disgustó muchísimo».	Los productos de quinua se clasificaron como "ni agradables ni desagradables" al evaluar su sabor, textura y apariencia. Esto los hace moderadamente aceptables.	(Lorenz et al., 1995)
	Consumidores no entrenados de 22 a 55 años evaluaron color, forma, estructura, sabor y aceptabilidad general de las muestras mediante una escala hedónica de nueve puntos, donde 9 = «me gustó muchísimo» y 1 = «me disgustó muchísimo».	La incorporación de harina de quinua en galletas crujientes mejoró la estructura, pero redujo las puntuaciones de color, forma y sabor, especialmente a niveles del 25% y 30%. El color más oscuro se debió al pardeamiento por reacciones de Maillard o caramelización. A pesar de estos efectos negativos, incluso las galletas con 30% de quinua	(Ma et al., 2022)

		mantuvieron una aceptabilidad general dentro de un rango aceptable para los consumidores.	
	Veinte panelistas sanos entrenados (45 % hombres, 55 % mujeres; 22–28 años) evaluaron color, sabor, aroma, textura, apariencia y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 = «extremadamente desagradable» y 9 = «extremadamente agradable».	No hubo diferencias significativas en la aceptabilidad general entre las galletas enriquecidas con quinua fresca y aquellas almacenadas. Las puntuaciones de aceptación oscilaron entre 2 y 7,67, siendo la formulación con 50% la más valorada por los consumidores y la 10% la menos aceptada. A medida que se incrementa el contenido de quinua, la preferencia del consumidor tiende a disminuir, a pesar de una mejora en la calidad del producto.	(Batool et al., 2025)
	Veinticinco catadores semi-entrenados evaluaron color, olor, textura, sabor y aceptabilidad del producto mediante una escala hedónica de cinco puntos (1 = «me desagrada mucho», 5 = «me agrada mucho»).	Las galletas con un 40% obtuvieron los mejores resultados en textura (4.0), sabor (4.05) y aceptabilidad (3.80), destacándose como la formulación más aceptada.	(Rodriguez-Castro et al., 2020)
Del 0 hasta 75%	Diez miembros del personal del Departamento de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Zagazig evaluaron apariencia, color, sabor y aceptabilidad general de las galletas mediante una escala hedónica de 1 a 9, donde 1 = «disgusto extremo» y 9 = «gusto extremadamente».	La sustitución de harina de trigo por harina de quinua en galletas tuvo un efecto positivo en todas las características sensoriales evaluadas, como apariencia, color, sabor, olor y aceptabilidad general. No se encontraron diferencias significativas entre la muestra control y las galletas con 25% y 50% de quinua en estos atributos, mientras que las galletas con 75% de quinua obtuvieron los valores más bajos en color, sabor, olor, textura y apariencia. En cuanto al color, los valores de las muestras con 25% (8.62) y 50% (8.56) de quinua fueron similares al control (8.46), pero el valor disminuyó a 7.93 con 75% de quinua. Respecto al olor y la textura, tampoco hubo diferencias significativas entre el control y las muestras con 25% y 50% de quinua. La galleta con 50%	(El-Hadary et al., 2024)

		de quinua alcanzó la mayor aceptabilidad general (8.56), seguida por la de 25% (8.5), lo que coincide con estudios previos que indican que la inclusión de quinua en niveles moderados mantiene o mejora la calidad sensorial sin diferenciarse significativamente del control.	
Del 0 hasta 100%	Quince panelistas entrenados evaluaron sabor, color y textura (dureza y crocancia) mediante la prueba sensorial descriptiva AACC, método 74-30. La puntuación final de la galleta se obtuvo sumando las calificaciones y dividiendo entre 20.	La muestra con 60 % de quinua obtuvo la mejor puntuación en sabor. Las formulaciones con mayor contenido de quinua (80% y 100%) fueron percibidas como menos agradables. Las galletas con mayor porcentaje de maíz (40–80 % de maíz) fueron percibidas como más claras y agradables visualmente. Las de 100 % de quinua resultaron más oscuras y menos atractivas en apariencia. Con el tiempo, todas las muestras aumentaron en dureza y disminuyeron su crocancia, aunque sin diferencias muy significativas. Las formulaciones con más maíz mantuvieron mejor la textura crujiente.	(Shalamzari & Erjaee, 2022)
	Diez evaluadores del Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología Alimentaria de Razavi Khorasan Academic Jihad evaluaron forma y aspecto, superficie, firmeza y suavidad de la textura, masticabilidad, olor y sabor mediante una escala hedónica de cinco puntos (1 = muy malo, 5 = muy bueno).	Las muestras con hasta 50% de quinua fueron aceptables sensorialmente, pero las que contenían 25% de quinua y 0,5% de emulsionante monoglicérido obtuvieron la mejor evaluación sensorial en aspectos como forma, textura, masticabilidad, aroma y sabor. A mayores proporciones de quinua (más del 50%), se observó una disminución en la aceptación general	(Alavi et al., 2023)
	Diez jueces evaluaron forma, superficie, firmeza y suavidad de la textura, masticabilidad, y olor y sabor mediante una escala hedónica de cinco puntos (1 = muy malo, 5 = excelente), aplicando coeficientes de ponderación de 4, 2, 2, 3 y 3	La incorporación de harina de quinua en las galletas generó cambios notables en su perfil sensorial, especialmente al 25%, donde la aceptabilidad general mostró una fuerte correlación con la superficie, la masticabilidad, el aroma y el sabor. A medida que aumentaba la sustitución (50% y	(Alavi et al., 2024)

	para cada característica, respectivamente.	75%), se evidenció una relación directa entre la aceptación y atributos como la suavidad y la forma, mientras que el sabor y el aroma de la quinua se intensificaron, afectando la percepción de la textura. Al 100%, si bien la aceptabilidad general se relacionó con el contenido proteico, se mantuvo independiente de la mayoría de los parámetros sensoriales, lo que indica que los altos niveles de quinua alteran significativamente el equilibrio sensorial del producto.	
	Ciento tres participantes (51 % hombres, 49 % mujeres; 17–65 años) evaluaron muestras de galletas mediante pruebas con consumidores, calificando la satisfacción general en una escala hedónica de nueve puntos (1 = «no me gusta nada», 9 = «me gusta mucho»). Posteriormente completaron la prueba CATA seleccionando términos sensoriales para describir cada muestra y describieron su galleta ideal usando los mismos descriptores, que incluían atributos como dulce, amargo, herbáceo, suave al tacto, suave en la boca, crujiente, seco en la boca, color agradable, aspecto agradable, buen olor, buen sabor y bueno para el desayuno.	Las galletas con un 25 % de sustitución de harina de quinua presentaron características sensoriales similares a la muestra de control y fueron bien valoradas en atributos como color, sabor, apariencia y utilidad para el desayuno. Sin embargo, se observó que cuando se utilizaba un porcentaje superior al 25 %, la aceptación sensorial disminuía, ya que el aumento del contenido de harina de quinua intensificaba atributos indeseables como el sabor herbáceo, el amargor y la sequedad en la boca, lo que reducía significativamente el agrado general de los consumidores	(Cannas et al., 2020)
	Cien consumidores de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión (59 % mujeres, 41 % hombres; 24 ± 6 años) evaluaron las galletas mediante el método CATA, utilizando 13 atributos: textura (pegajosa, suave, crujiente, quebradiza, dura, grasosa, porosa), sabor (amargo, dulce, extraño),	Las galletas con sustitución de harina de quinua se caracterizaron por un color claro, menor porosidad y un sabor amargo, considerado extraño o peculiar, obteniendo una aceptación sensorial cercana a 6.	(Silva-Paz et al., 2023)

	apariencia (color claro, color oscuro) y aroma (olor extraño). Además, valoraron la aceptación general del producto con una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 = «muy desagradable» y 9 = «muy agradable».		
	Ochenta y cinco consumidores, estudiantes, empleados y profesores de la Universidad Federal de Paraíba en João Pessoa, Brasil, de 18 a 65 años, evaluaron la aceptación general de cada muestra mediante una escala hedónica de nueve puntos donde 1 correspondía a «totalmente disgustado», 5 a «ni gustado ni disgustado» y 9 a «totalmente disgustado», y registraron su intención de compra en una escala de cinco puntos donde 1 significaba «ciertamente no compraría» y 5 «ciertamente compraría».	El puntaje promedio obtenido para la aceptación general de la cookie optimizada a base de quinua fue de 6,8, lo que corresponde a “like”. Cuando se les pidió que informaran sobre la intención de comprar el producto, los panelistas revelaron que “posiblemente compraría” las cookies (puntuación 4.0).	(Brito et al., 2015)
	Ochenta y siete panelistas, entre estudiantes y personal de la Universidad de Sonora, evaluaron color, aroma, textura, sabor y gusto general de las galletas mediante una escala hedónica de siete puntos donde 1 = «no me gusta mucho», 4 = neutro y 7 = «me gusta mucho». La evaluación se realizó en una sola sesión, probando cada muestra una vez, y los panelistas también respondieron una prueba de aceptación o rechazo indicando «Sí» si consumirían el producto o «No» si no lo harían.	No se encontró diferencias significativas entre las galletas de quinua hervida, quinua hervida en microondas. Con puntaje mayor a 5 puntos. El 92 % de los panelistas respondió que aceptaría consumir MQC, el 80 % aceptaría consumir BQC y el 79 % aceptaría consumir WOC (control). Sin embargo, solo el 12 % de los panelistas respondió que aceptaría consumir RQC.	(Valenzuela-González et al., 2022)
	Treinta panelistas no capacitados, de 20 a 50 años (14 mujeres y 16 hombres), participaron en una prueba triangular para comparar tres formulaciones diferentes (Q60S	El 90 % de los participantes prefirió las galletas con un 60 % de quinua frente a las que tenían un 100 % de quinua, y el 71 % prefirió las galletas con un 60 % de quinua frente a las que tenían un 40 % de quinua. Para	(Bravi et al., 2024)

	vs. Q100S y Q60S vs. Q40S). Además, dieciséis panelistas capacitados (8 mujeres y 8 hombres), entrenados previamente en diez sesiones, realizaron un análisis descriptivo de las formulaciones CS y Q60S en dos sesiones durante dos días, evaluando apariencia, olor, sabor y consistencia mediante una escala de intensidad de diez puntos.	el análisis descriptivo cuantitativo, se evaluaron las galletas con un 60 % de quinua y la muestra de control. La aceptabilidad disminuyó de 8 a 6 puntos en comparación con el control. El olor general era similar en ambas muestras, aunque la muestra de control tenía un aroma más intenso a grasa y vainilla. En cuanto a la consistencia, ambas galletas eran comparables en cuanto a crujiente, dureza y pastosidad	
	Treinta y seis panelistas no capacitados con enfermedad celíaca de Denizli, 20 mujeres y 16 hombres, de 8 a 50 años, evaluaron color, olor, sabor, masticabilidad, textura crujiente y aceptabilidad general de las galletas utilizando una escala hedónica de siete puntos donde 7 = «me gusta muchísimo», 6 = «me gusta mucho», 5 = «me gusta», 4 = «ni me gusta ni me disgusta», 3 = «me disgusta», 2 = «me disgusta mucho» y 1 = «me disgusta muchísimo».	Las galletas obtuvieron en general mejores puntuaciones sensoriales que el control sin pseudocereales, excepto en el atributo de olor, donde no se observaron diferencias significativas. Aunque su desempeño fue ligeramente inferior al de otros pseudocereales evaluados, la quinua mostró buena aceptación general y representa una alternativa viable para enriquecer formulaciones sin gluten.	(Turk Aslan & Isik, 2022)
	Veintisiete panelistas semi-entrenados de la comunidad universitaria evaluaron color y apariencia, sensación en boca, textura, sabor y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de nueve puntos donde 9 = «le gusta muchísimo» y 1 = «le disgusta muchísimo».	La aceptabilidad global de las galletas, evaluada como suma de características como color, textura, sensación en boca y sabor, varió entre 5,54 y 7,84. El análisis reveló que las condiciones óptimas correspondieron a un contenido de grasa del 41,83%, un contenido de azúcar del 33,95%, una temperatura de horneado de 181 °C y un tiempo de horneado de 18 minutos.	(Jan et al., 2018a)
	Diez panelistas evaluaron forma, color, textura, sabor, aroma y aceptación general de los crackers mediante una escala hedónica de nueve puntos.	Las galletas elaboradas con harina de quinua y garbanzo obtuvieron una alta aceptación sensorial, con una puntuación global de 8, muy cercana a la del control elaborado con harina de trigo (9). Destacaron especialmente en forma y sabor, aunque se reportó que eran más	(Al-Okbi et al., 2024)

	oscuras y de textura más dura que las galletas de trigo. A pesar de estos cambios, los atributos sensoriales evaluados (color, textura, sabor y aceptabilidad general) se mantuvieron en un rango favorable, entre 6.6 y 9.	

2.2.10. Norma técnica peruana de galletas

La Norma Técnica Peruana vigente (NTP 206.011:2018) establece que la galleta, es un producto elaborado a partir de harina de trigo fortificada con o sin la adición de otras harinas, cereales, leguminosas, tubérculos, semillas, así como, grasas y/o aceites comestibles, azúcar, sal, agua, con o sin fortificación y otros ingredientes permitidos, debidamente autorizados de cuya mezcla luego del proceso de horneado, se obtiene un producto de consistencia suave y crocante.

Deben contener máximo 12% de humedad, 3% cenizas, 8% mínimo de proteínas, máximo 4 mm de espesor, mayor al 10% de azúcar, mayor al 4% de grasas y mayor al 0,4% de sal (Ministerio de Desarrollo e inclusión social, 2022).

Ante esta definición y composición, se puede afirmar que las galletas elaboradas con la incorporación de harina de quinua de la variedad blanca de Juli y reducidas en azúcar pueden clasificarse como galletas.

2.2.11. Azúcar

El azúcar, un componente esencial en nuestra vida cotidiana, no solo proporciona energía, sino que también es crucial para la hidratación oral y actúa como un conservante natural de gran importancia. De hecho, durante siglos y hasta la llegada de la refrigeración industrial, no existieron alternativas viables como conservantes. Además de conferir dulzor y volumen a los productos horneados, la azúcar desempeña diversas funciones vinculadas a la calidad, como la retención de humedad y la prolongación de la vida útil del producto (Morales et al., 2013).

Sin embargo, el consumo excesivo de azúcar no solo incrementa la densidad energética de nuestra alimentación, sino que también puede desplazar a los alimentos ricos en nutrientes esenciales, contribuyendo así al aumento de peso. Este

desequilibrio dietético acarrea consecuencias adversas para la salud, incluyendo un elevado riesgo de desarrollar obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y ciertas formas de cáncer. Esta problemática subraya la importancia de moderar la ingesta de azúcares añadidos y fomentar una dieta equilibrada que priorice la calidad nutricional (Luo et al., 2019b).

2.2.12. Efectos negativos del azúcar en la salud

El uso excesivo de azúcares añadidos presenta desafíos para la salud. Estos contribuyen a la ingesta calórica sin aportar un valor nutricional significativo y se han asociado con diversos efectos negativos para la salud, tales como caries dental, obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, dislipidemia, síndrome metabólico, así como problemas de salud mental, como ansiedad y depresión. Entonces, es crucial entender y abordar estos impactos adversos para promover hábitos alimenticios más saludables y prevenir complicaciones a largo plazo relacionadas con el consumo excesivo de azúcares añadidos (Jacques et al., 2019; Paglia et al., 2019a, 2019b).

2.2.13. Funciones tecnológicas del gluten y azúcar

Desde el punto de vista tecnológico, incrementar la harina de quinua podría afectar la textura, el sabor, el olor y la dureza, lo que disminuiría el grado de aceptación y el perfil sensorial de las galletas dirigidas a niños en edad escolar (Jan et al., 2023). Aunque la quinua tiene un gran potencial en la industria alimentaria, no puede sustituir completamente a la harina de trigo en las galletas, dado que al sustituir la harina de quinua por la de trigo se producirían grandes cambios en las propiedades tecnológicas del producto final debido a la diferencia existente entre su composición química y las características funcionales presentes, estas modificaciones afectan principalmente la textura, estructura, valor nutricional y aceptación sensorial de las galletas. La ausencia de gluten en la harina de quinua produce galletas con una textura diferente; tienden a ser más densas. Esto se debe a que el gluten de la harina de trigo desempeña un papel crucial en la formación de la red de gluten, que proporciona elasticidad y retiene los gases durante la cocción, lo que contribuye a la textura y al volumen de las galletas. No obstante, la quinua es rica en proteínas de

alto valor biológico, fibra, ácidos grasos, esenciales, vitaminas y minerales, superior a la harina de trigo, así como también tiende a tener mayor capacidad de absorción que permite tener una masa de consistencia adecuada, afectando a la textura y cohesividad. En decir, la sustitución de harina de trigo por harina de quinua implica un reto tecnológico, puesto que altera las propiedades tecnológicas; sin embargo, con ajustes adecuados del proceso de elaboración y formulación, es posible obtener satisfactoriamente galletas que quinua con características deseables, aprovechado su valor nutricional superior, y de esta forma ofrecer un producto más saludable (Goyat et al., 2018; Méndez et al., 2019; Watanabe et al., 2014b).

Por otro lado, la reducción del azúcar afecta la textura de la galleta, ya que el azúcar desempeña un papel tanto en el amasado como en el horneado (van der Sman & Renzetti, 2019). Durante el mezclado de la masa, los cristales de azúcar provocan la abrasión de los cristales de aceite, proporcionando estabilidad a las burbujas, viscosidad y cohesión a la masa, previniendo el desarrollo de la red de gluten. Además, el azúcar modifica la actividad del agua, la tasa de evaporación y la presión del vapor, promueve la dispersión, retrasa la desnaturalización del gluten y previene la gelatinización del almidón a altas temperaturas durante el horneado, lo que prolonga la vida útil del producto. Asimismo, la disminución de azúcar en las galletas provoca cambios en la vida útil de los productos de panadería, provocando que se degraden más rápido, además de afectar las características de calidad como color, volumen y textura (Luo et al., 2019c; Struck et al., 2014).

2.2.14. Requerimientos nutricionales de los niños de edad escolar

La tabla compara los requerimientos diarios de energía, proteínas, vitaminas y minerales esenciales para niños en edad escolar (6-13 años) según la FAO (2009), y los valores aproximados reportados por la guía nacional del Instituto Nacional de Salud del Perú para niños de 6 a 13 años (Instituto Nacional de Salud del Perú, 2012). Asimismo, la FAO (2013) recomienda aumentar la ingesta de alimentos con altos niveles de aminoácidos en niños de 6 a 13 años.

Tabla 9

Requerimientos nutricionales recomendados para niños en edad escolar según FAO y el instituto nacional de salud del Perú

Nutriente / Parámetro	FAO	Instituto Nacional de Salud del Perú
Energía	2.500 kcal/día	1.761–2.055 kcal/día según edad y sexo
Proteínas	1 g/kg	No especificado
Vitamina A	1.000 µg RE	600 µg/día
Vitamina E	11 mg	11 µg/día
Vitamina C	45 mg	45 mg/día
Vitamina K	45 µg	60 µg/día
Tiamina (B1)	0,9 mg	0,9 mg/día
Riboflavina (B2)	0,9 mg	0,9 mg/día
Niacina (B3)	12 mg	12 mg/día
Piridoxina (B6)	1 mg	1 mg/día
Folato (B9)	300 µg	300 µg/día
Calcio	1.300 mg	1.300 mg/día
Fósforo	1.250 mg	1.250 mg/día
Flúor	2 mg	2 mg/día
Hierro	8 mg	5,9–9,7 mg/día según edad
Zinc	8 mg	8,9–14,6 mg/día según edad

Nota. Adaptado de (Instituto Nacional de Salud del Perú, 2012; FAO, 2009).

2.2.15. Propiedades sensoriales en los alimentos

La caracterización sensorial de nuevos alimentos es un pilar fundamental en la industria alimentaria para garantizar que los productos satisfagan las expectativas de los consumidores (Elortondo & Salvador Moya, 2022). Para ello, se emplean distintos métodos sensoriales, cada uno con sus particularidades, ventajas y limitaciones.

a) **Métodos discriminativos:** se utilizan para identificar la existencia de diferencias perceptibles o para determinar si los productos pueden considerarse perceptivamente similares. Sin embargo, no brindan información sobre la naturaleza o intensidad de las diferencias de los productos (Gómez-Corona & Lelièvre-Desmas, 2019).

b) **Métodos descriptivos:** permiten una evaluación cualitativa y cuantitativa detallada de atributos sensoriales como el sabor, la textura y el aroma, mediante

el uso de paneles de jueces entrenados. No obstante, su implementación requiere de una inversión significativa en tiempo y recursos, limitando su accesibilidad para ciertas aplicaciones (Lestringant et al., 2019).

c) **Métodos afectivos:** proporcionan una medida directa de la aceptabilidad de un producto. Pero no ofrecen detalles sobre los atributos específicos que influyen en la aceptación o rechazo de un producto (Golden et al., 2010).
d) **Métodos sensoriales basados en el consumidor:** capturan las preferencias y aceptaciones de los productos, asimismo también pueden revelar percepciones detalladas sobre atributos específicos que influyen en las decisiones de compra y consumo (Elortondo & Salvador Moya, 2022).
e) **Método Check All That Apply (CATA):** permite identificar características sensoriales percibidas y obtener un perfil sensorial rápido y eficiente de los productos, sin necesidad de entrenamiento especializado para los participantes. Sin embargo, no permite recabar información sobre la intensidad de los atributos del producto solo si están presentes o no (Elortondo & Salvador Moya, 2022).
f) **Sorting (Clasificación):** proporciona resultados valiosos sobre cómo los consumidores conceptualizan las diferencias y similitudes entre varios productos en términos de atributos sensoriales, calidad o preferencia. Sin embargo, los métodos rápidos no son apropiados para detectar pequeñas diferencias entre productos o detectar diferencias de intensidad de un atributo sensorial específico (Elortondo & Salvador Moya, 2022).
g) **Mapeo Proyectivo:** permite explorar las percepciones y asociaciones de los consumidores de manera más libre y creativa. Este enfoque facilita la identificación de percepciones compartidas y de diferencias en cómo los grupos de consumidores ven el mercado o las categorías de productos. No obstante, existe una dificultad para interpretar los términos aportados por los participantes que realizan métodos descriptivos rápidos, debido a la heterogeneidad y a que el vocabulario suele ser extenso, especialmente si se realiza con un elevado número de participantes, como en el caso de estudios con consumidores (Elortondo & Salvador Moya, 2022).

2.3. Definición de términos

a) **Enfermedades Crónicas:** son trastornos de salud de larga duración que progresan lentamente y, por lo general, no tienen una cura completa. Estas

condiciones pueden persistir durante años o toda la vida, y requieren un manejo continuo para controlar los síntomas y prevenir complicaciones (Last, 2007).

b) **Aminoácidos:** son los bloques de construcción fundamentales de las proteínas. Estas moléculas orgánicas están compuestas por un grupo amino (-NH2), un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo radical, que varía entre los diferentes aminoácidos. Los aminoácidos se combinan mediante enlaces peptídicos para formar proteínas (Abdul-Mumeen et al., 2024) .

c) **Capacidad antioxidante:** se refiere a la capacidad de un compuesto o sustancia para neutralizar o reducir los efectos dañinos de los radicales libres (Pinchuk et al., 2012).

d) **Azúcares libres:** son azúcares añadidos a los alimentos y bebidas, así como los presentes de forma natural en miel, jarabes y jugos de frutas, pero excluyendo los azúcares intrínsecos en frutas enteras y verduras (Qualitas; Jiménez-León et al., 2021)

e) **Proteínas:** macronutrientes esenciales compuestos por aminoácidos, necesarios para la construcción y reparación de tejidos en el cuerpo. Fuentes comunes incluyen carnes magras, pescado, huevos, productos lácteos, legumbres, nueces y semillas (Wiley, 2018).

f) **Minerales:** sustancias inorgánicas esenciales para diversas funciones corporales, como el desarrollo óseo, la función nerviosa y la regulación metabólica. Se obtienen a través de alimentos como lácteos, carnes, frutas, verduras y cereales integrales fuentes de calcio, hierro, zinc, y magnesio (Szefer & Nriagu, 2006).

g) **Saludable:** puede aplicarse a personas o cosas que disfrutan de buena salud física o mental, así como a alimentos o hábitos beneficiosos para el cuerpo (Velasquez, 2006).

h) **Masa quebrada:** se define como una masa con alto contenido de grasa y bajo de agua, en la cual la grasa interrumpe la formación de una red continua de gluten, generando una estructura porosa, frágil y quebradiza tras la cocción (Akissoé et al., 2025).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El trabajo de investigación es de tipo experimental cuantitativo y el nivel de investigación es explicativo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló en diferentes etapas y contextos. La primera parte, correspondiente a los análisis fisicoquímicos y al análisis sensorial en consumidores brasileños, se llevó a cabo en los laboratorios del Programa de Pós-Graduação Interunidades em Sistemas Integrados em Alimentos de la Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" de la Universidade de São Paulo. Posteriormente, el análisis sensorial en jóvenes consumidores se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad Nacional de Moquegua, mientras que la determinación de los compuestos bioactivos se efectuó en el Laboratorio de Investigación de la misma universidad. Finalmente, la fase de análisis sensorial en niños se llevó a cabo en la Institución educativa primaria “Manuel C. de la Torre”, ubicada en Moquegua, Perú. En todas estas fases, las mediciones se realizaron inmediatamente después de la elaboración de las muestras.

3.3. Población y muestra

Población: la población se entendió como el conjunto completo de formulaciones posibles de galletas dulces con reducción de azúcar y enriquecidas con harina de quinua, ya sean aquellas que podrían desarrollarse en un contexto experimental o las que se encuentran disponibles en el mercado peruano. Para el análisis sensorial, la población se compuso de todos los consumidores que habitualmente compran y consumen este tipo de productos.

Muestra: la muestra correspondió únicamente a una parte de esa población. Estuvo conformada por las formulaciones efectivamente elaboradas en el estudio, en las que se modificaron los niveles de incorporación de harina de quinua y los porcentajes de reducción de azúcar. Para las evaluaciones sensoriales y de aceptación, se trabajó con una muestra de 100 consumidores habituales de galletas dulces. Este tamaño se apoyó en la norma ISO 11136 (2016), así como en

recomendaciones de la literatura científica sobre estudios con consumidores (Hough et al., 2006; Mammasse & Schlich, 2014).

3.4. Instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

3.4.1. Ingredientes, materiales, reactivos y equipos

a) Ingredientes

- Harina de quinua (RENACER, Perú)
- Harina de trigo (Primor, Brasil)
- Leche en polvo (Piracanjuba, Brasil)
- Manteca vegetal (Coamo, Brasil)
- Azúcar blanca (Alto Alegre, Brasil)
- Levadura en polvo (Royal, Brasil)
- Sal (Sal Lebre, Brasil)
- Agua filtrada de mesa

b) Materiales

- Mortero (120 mm, porcelana)
- Papel aluminio (rollo 30 cm × 7–10 m)
- Crisoles (30 mL, porcelana)
- Placa Petri (90 mm Ø)
- Placas de 96 pocillos (capacidad 300 µL por pocillo)
- Tamiz N° 60 (abertura 250 µm)
- Bureta (50 mL, vidrio borosilicato)
- Matraces aforados (50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL)
- Vasos precipitados (100 mL, 250 mL, 400 mL, 500 mL)
- Micropipetas (0.1–10 µL, 10–100 µL, 100–1000 µL)
- Microtubos (1.5 mL y 2.0 mL)
- Cápsulas de humedad (aluminio, 30–35 mm Ø)
- Molde para galletas (diámetro 5 cm)
- Papel filtro (110 mm Ø, porosidad media)
- Desecador (200 mm Ø)
- Pinzas y soportes metálicos (tamaño estándar de laboratorio)
- Fiolas (50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL)
- Probetas de vidrio (50 mL,100 mL, 250 mL)

c) Reactivos

- Hexano (≥98.5%)
- Ácido sulfúrico (95–98%)
- Hidróxido de sodio (≥98%)
- Ácido bórico (≥99.5%)

- Sulfato de potasio (≥99%)
- Rojo de metilo (≥95%)
- Metanol grado HPLC/GC (≥99.9%)
- Reactivo Fenol Folin–Ciocalteu 2 N (solución estándar)
- Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox) (≥98%)
- Ácido gálico (≥97.5%)
- Agua ultrapura tipo Milli-Q (ultrapura)
- 2,2'-Azo-bis(2-amidinopropano) dihidrocloruro (AAPH) (≥97%)
- 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) (≥90%)
- Fluoresceína sódica (≥95%)

d) Equipos

- Medidor de actividad de agua (AQUALAB 4TE)
- Horno eléctrico
- Laminadora
- Estufa
- Selladora al vacio
- Mufla (Jung, Modelo: LF02310, Brasil)
- Colorímetro Hunter (MiniScan EZ, modelo: 4500 L, HunterLab Inc., Reston, VA, EE. UU.)
- Vernier (Mitutoyo, modelo: 530-316, Japón)
- Balanza analítica electrónica (Radwag, Modelo: AS R2 PLUS, Polonia)
- Texturómetro (TA-XT plus, Stable Micro System, Surrey, Reino Unido)
- Agitador de microplacas (Labnet, modelo S2020-P2-B, Brasil)
- Lector de placas (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc, Winooski, VT, EE. UU.)

Esta tesis se desarrolló en cuatro etapas:

a) Acondicionamiento de la materia prima y elaboración de galletas con la incorporación de harina de quinua blanca comercial y la reducción del azúcar.

b) Evaluación de las propiedades instrumentales de las galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

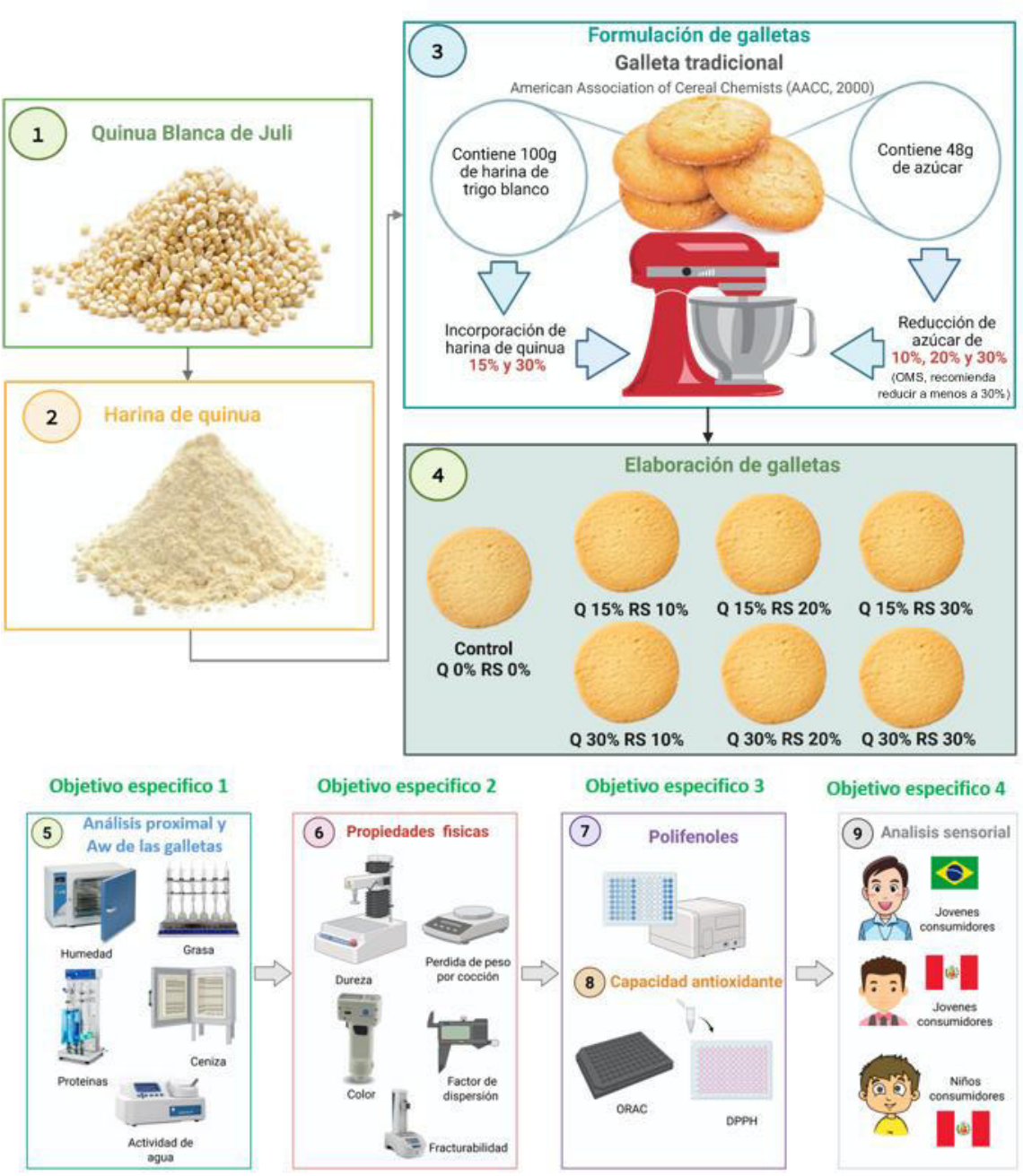
c) Determinación del contenido de polifenoles totales y de la capacidad antioxidante de las galletas elaboradas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

d) Análisis sensorial de las galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

La Figura 2 ilustra el proceso, detallando las etapas y los procedimientos de la investigación.

Figura 1

Descripción esquemática del diseño de investigación propuesto en la tesis. Los números indican la etapa del diseño de la investigación



3.4.2. Quinua

Harina de quinua de la variedad Blanca de Juli se obtuvo de la empresa RENACER S.A.C. Según el fabricante, el proceso de elaboración de la harina constó de las siguientes etapas: clasificación, desaponificación, secado y texturización. Para lograr un tamaño de partícula uniforme, la harina se tamizó con malla N° 60 (250 micrómetros), siguiendo el sistema British Standard Sieve, lo que dio como resultado una harina fina de color beige. A continuación, la harina se envasó en una bolsa de polietileno y se almacenó en un entorno refrigerado y a prueba de luz hasta su uso.

Los demás ingredientes utilizados en este estudio se compraron en un supermercado de Piracicaba, Brasil. Entre ellos se encontraban harina de trigo, leche en polvo, manteca vegetal, azúcar blanca, levadura en polvo y sal.

3.4.3. Composición proximal y actividad de agua de la materia prima

La composición proximal de las muestras se determinó de acuerdo con la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2000). En primer lugar, se determinó la humedad de la harina de quinua mediante el método de secado en estufa. La humedad de las muestras se calculó por diferencia de peso a 130 °C hasta que alcanzó un peso constante, y se calculó mediante la ecuación 1:

$$Humedad = \frac{m_2(m_3 - m_1)}{m_2} * 100 \quad \ldots\ldots \quad 1$$

dónde, m_1 peso de la cápsula de porcelana vacía (g); m_2 peso de la muestra (g); m_3 cápsula de porcelana más peso de la muestra (g).

La grasa cruda se determinó por el método Soxhlet (AOAC, 2000); la proteína por el método Kjeldahl (American Association of Cereal Chemists AACC, 1999), el contenido de cenizas se determinó mediante un método de incineración a 550 °C en mufla (AOAC, 1990). La actividad del agua se midió en un medidor de actividad del agua (AQUALAB 4TE) a 25°C.

3.4.4. Preparación de galletas

El proceso empleado para la elaboración de las galletas fue ligeramente modificado de la American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000) (10-50 D). Se elaboraron siete formulaciones según la Tabla 10. Se varió la reducción de azúcar (10%, 20%, 30%) y la incorporación de harina de quinua blanca comercial (15% y 30%), con un tratamiento control sin ninguna modificación. Las galletas se elaboraron usando un diseño de bloques completos al azar (DCBA), donde cada bloque fue un procesamiento independiente de las galletas; la unidad experimental fue compuesta por tres galletas y cada galleta se consideró una unidad de observación, tal como se describe en la Figura 4. Este diseño permitió estimar el efecto del procesamiento (temperatura de elaboración, variación aleatoria de los equipos, de las personas que ayudaron a elaborar las galletas, entre otras). Para la elaboración de las galletas, primero se mezclaron las harinas de trigo y quinua según las proporciones de la Tabla 10. Paralelamente, se cremaron el azúcar y la manteca vegetal, para luego incorporar la mezcla de harinas y los demás ingredientes (leche en polvo, sal, polvo de hornear, agua) hasta obtener una masa homogénea. Esta masa se laminó manualmente a un espesor de 0,5 cm, se cortó en discos de 5 cm de diámetro y se horneó por 15 minutos a 180°C. Finalmente, las galletas se enfriaron a temperatura ambiente para su posterior análisis (Sharma et al., 2016).

Figura 2

Diagrama de flujo utilizado para la elaboración de galletas

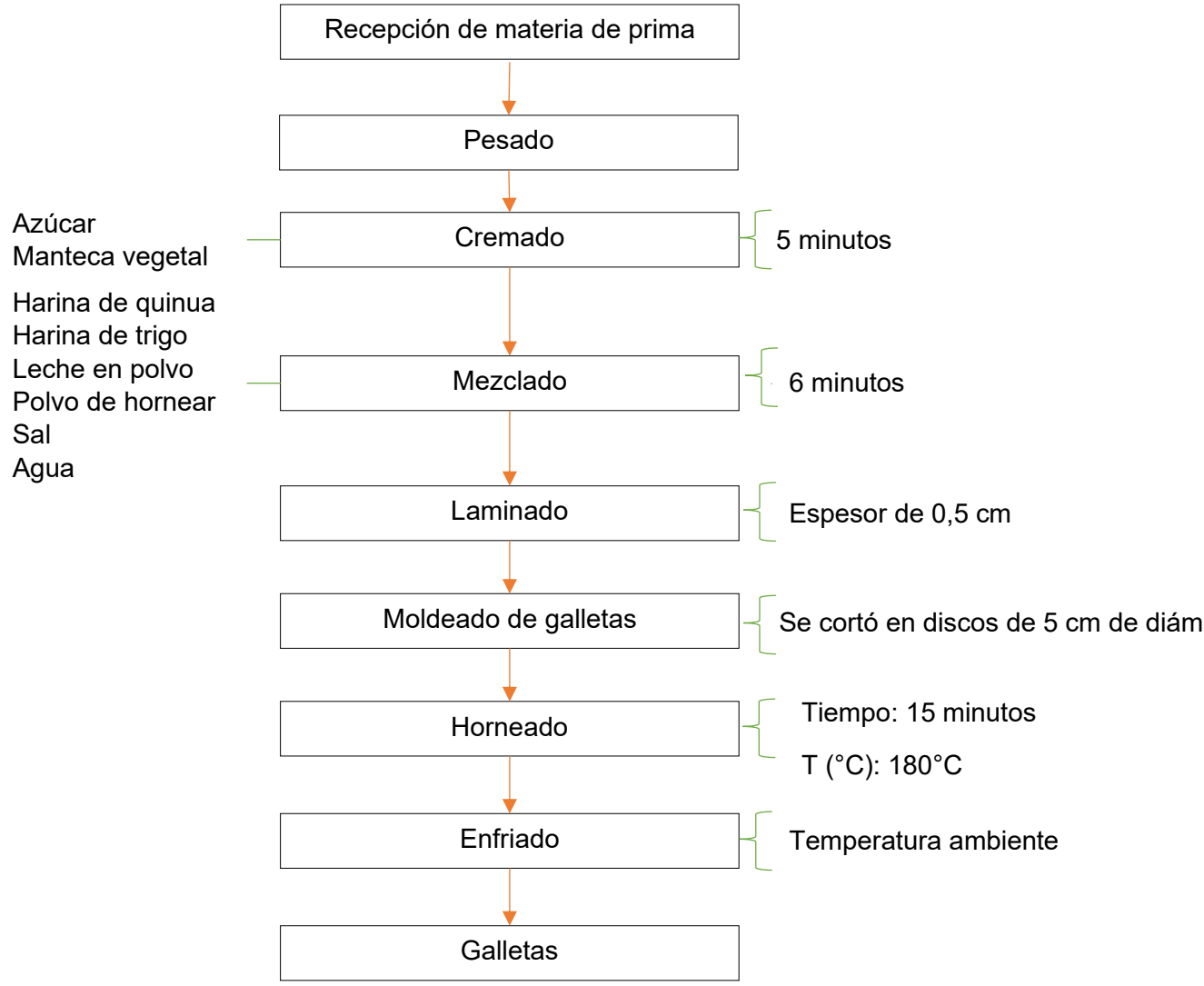


Figura 3

Diseño de bloques usado en la elaboración de galletas

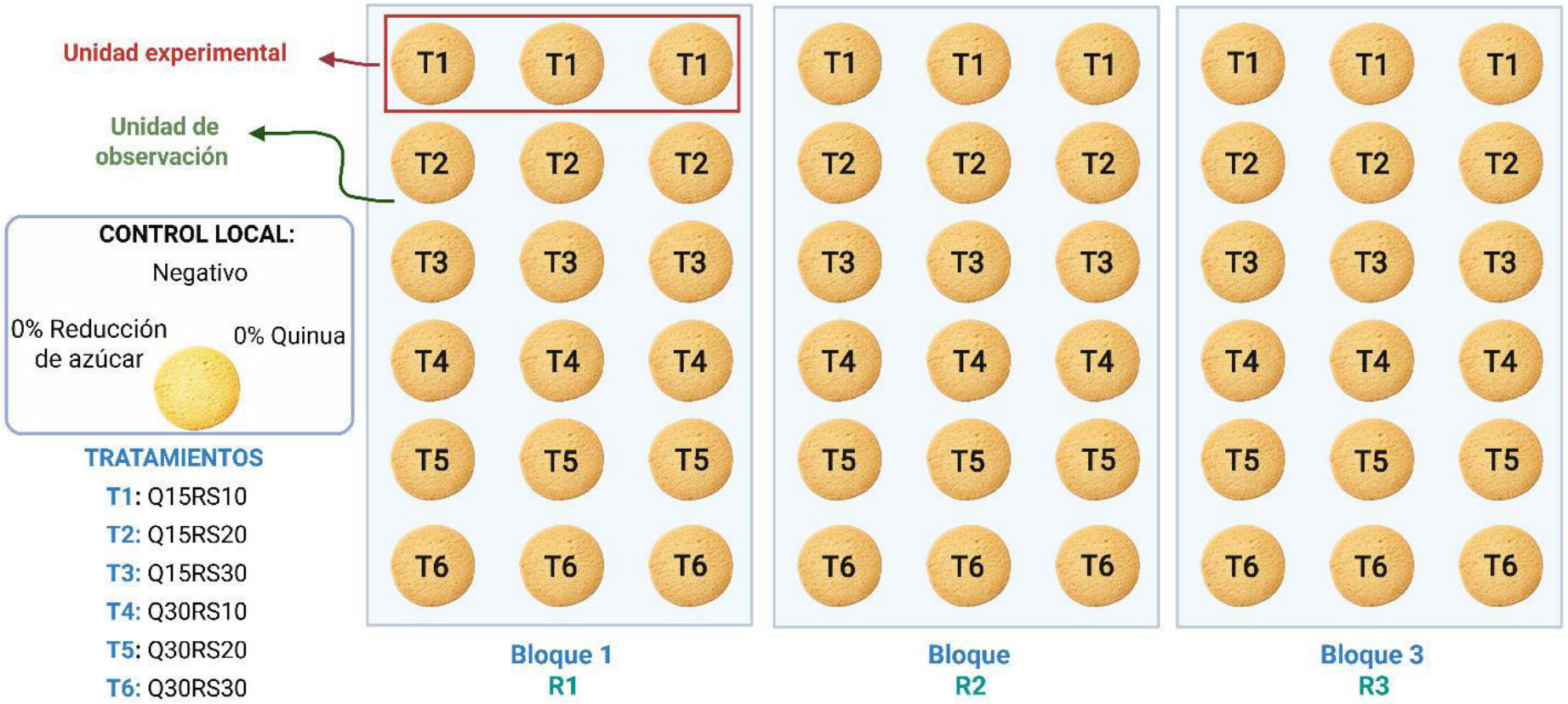


Tabla 10

Formulación de galletas de quinua (g/100 g)

Ingredientes	**Control**	**%**	**T15Q.10S**	**%**	**T15Q.20S**	**%**	**T15Q.30S**	**%**	**T30Q.10S**	**%**	**T30Q.20S**	**%**	**T30Q.30S**	**%**
Harina blanca de trigo duro (g)	100	40%	85,0	34%	85,0	34%	85,0	34%	70,0	28%	70,0	28%	70,0	28%
Harina de Quinua (g)		**0%**	**15,0**	**6%**	**15,0**	**6%**	**15,0**	**6%**	**30,0**	**12%**	**30,0**	**12%**	**30,0**	**12%**
Polvo para hornear (g)	1,2	0,49%	1,2	0,49%	1,2	0,49%	1,2	0,49%	1,2	0,49%	1,2	0,49%	1,2	0,49%
Sal (g)	1,0	0,40%	1,0	0,40%	1,0	0,40%	1,0	0,40%	1,0	0,40%	1,0	0,40%	1,0	0,40%
Leche en polvo (g)	15,0	6,07%	15,0	6,07%	15,0	6,07%	15,0	6,07%	15,0	6,07%	15,0	6,07%	15,0	6,07%
Manteca vegetal (g)	48,0	19,41%	48,0	19,41%	48,0	19,41%	48,0	19,41%	48,0	19,41%	48,0	19,41%	48,0	19,41%
Azúcar (g)	**48,0**	**19,41%**	**43,2**	**17,5%**	**38,4**	**15,5%**	**33,6**	**13,6%**	**43,2**	**17,5%**	**38,4**	**15,5%**	**33,6**	**13,6%**
Agua (mL)	34,1	14,22%	34,1	14,22%	34,1	14,22%	34,1	14,22%	34,1	14,22%	34,1	14,22%	34,1	14,22%
Total		100%		98,09%		96,09%		94,19%		98,09%		96,09%		94,19%

Nota: Los totales inferiores al 100 % se deben a la reducción progresiva de la azúcar aplicada en las formulaciones experimentales. Cada tratamiento corresponde a una reformulación específica en la que la disminución del azúcar no fue compensada con otros ingredientes; por ello, el total final de la mezcla es menor a 100 g por cada 100 g de formulación. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

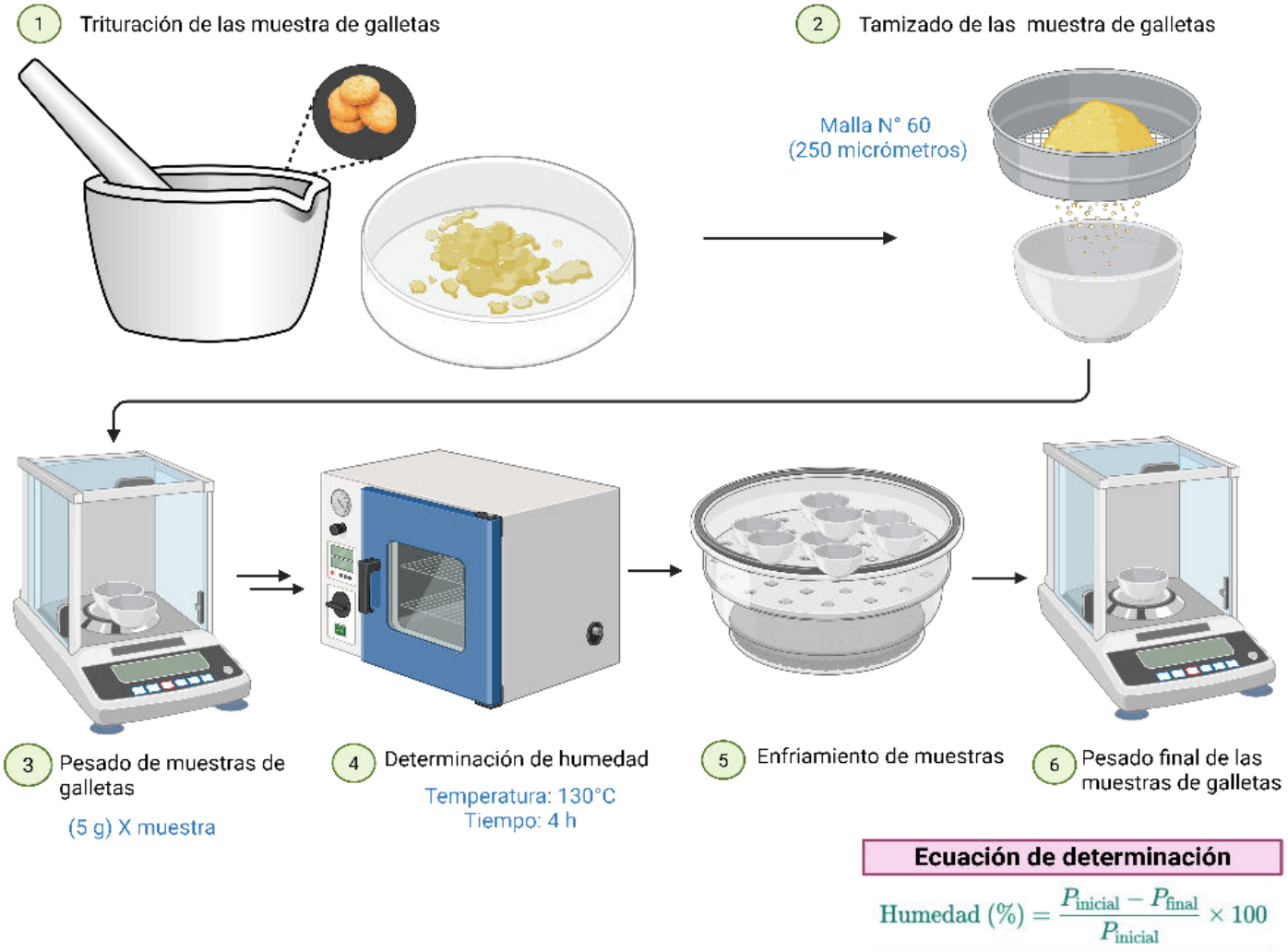
b) Evaluación de las propiedades instrumentales de las galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

3.4.5. Análisis proximal y actividad de agua de las galletas

En primer lugar, se determinó la humedad de las galletas mediante el método de secado a la estufa (Figura 5). La humedad de las muestras se calculó por diferencia de peso, aplicando una temperatura de 130 °C hasta alcanzar un peso constante, y se calculó mediante la siguiente ecuación 1. Se determinó la grasa cruda por el método de extracción en Soxhlet (AOAC, 2000), tal como lo muestra la Figura 6. El contenido de proteína bruta se determinó por el método Kjeldahl (American Association of Cereal Chemists AACC, 1999) (Figura 7), el contenido de cenizas se determinó mediante un método de incineración en mufla (Jung, Modelo: LF02310, Brasil) a 550 °C (AOAC, 1990), tal como lo muestra la Figura 8, la actividad del agua se midió mediante un medidor de actividad del agua (AQUALAB 4TE). Estos análisis se determinaron de acuerdo con la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2000).

Figura 4

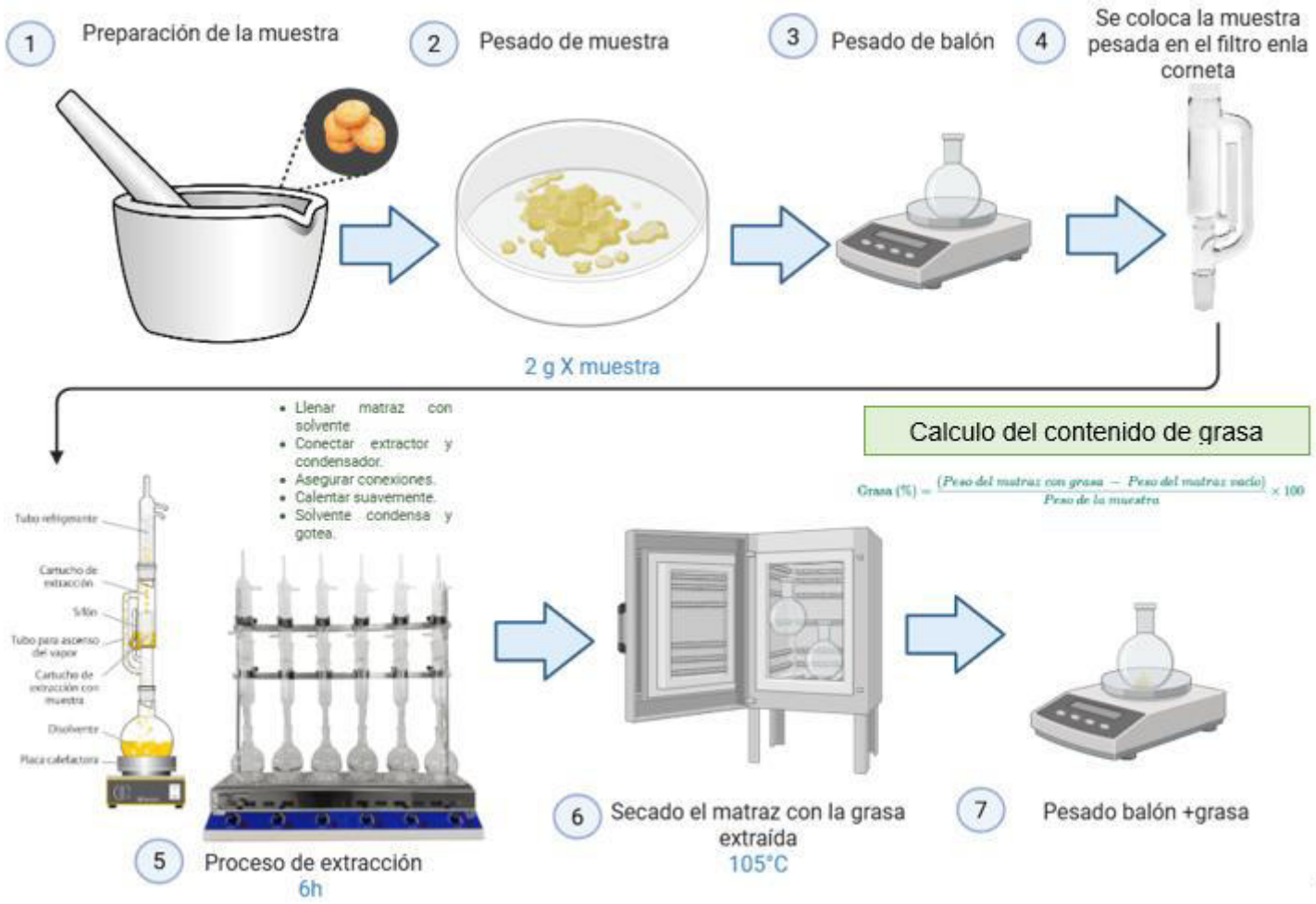
Proceso de determinación de humedad



Nota. Adaptado de: (AOAC, 2000)

Figura 5

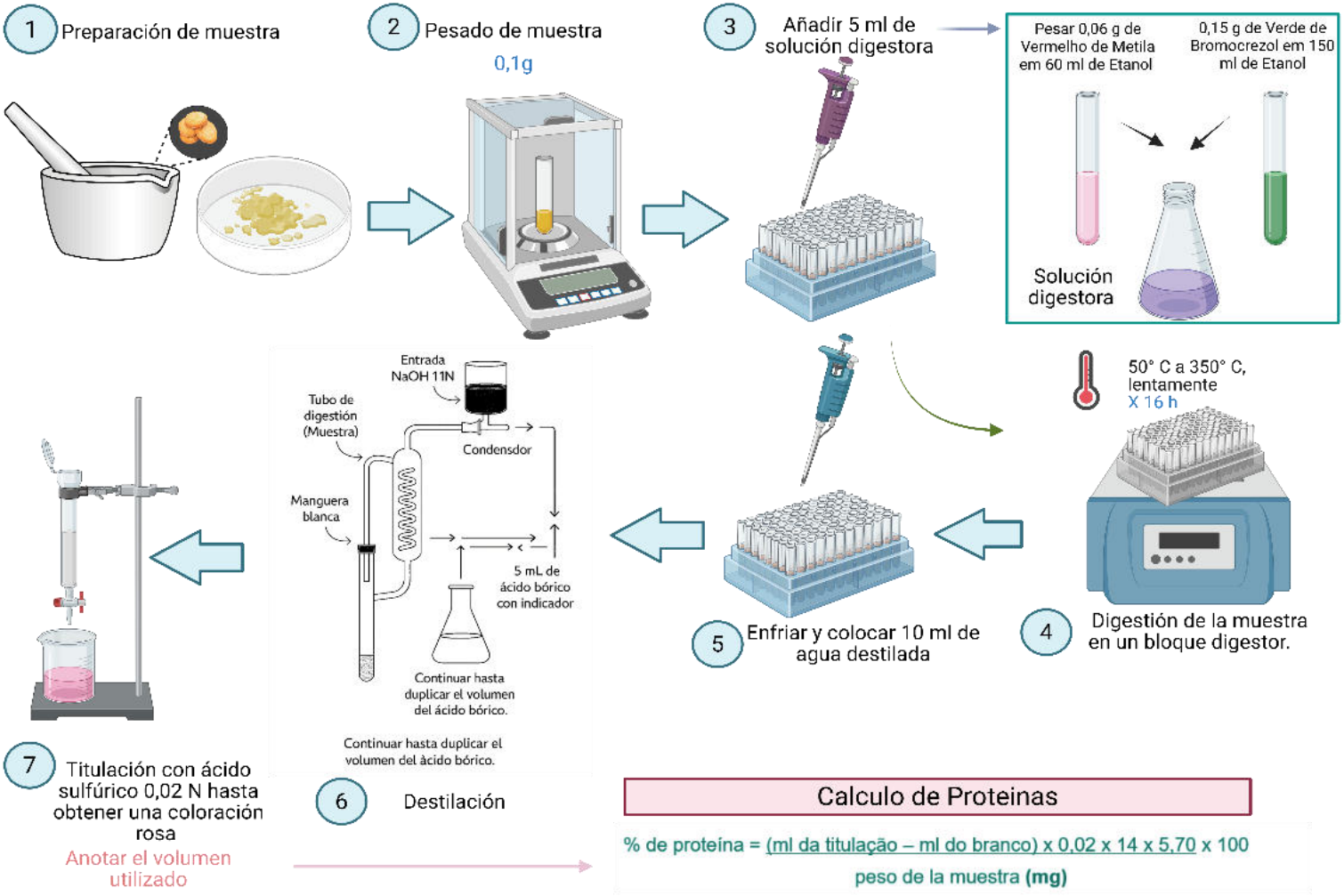
Proceso de determinación de grasa



Nota. Adaptado de: (AOAC, 2000)

Figura 6

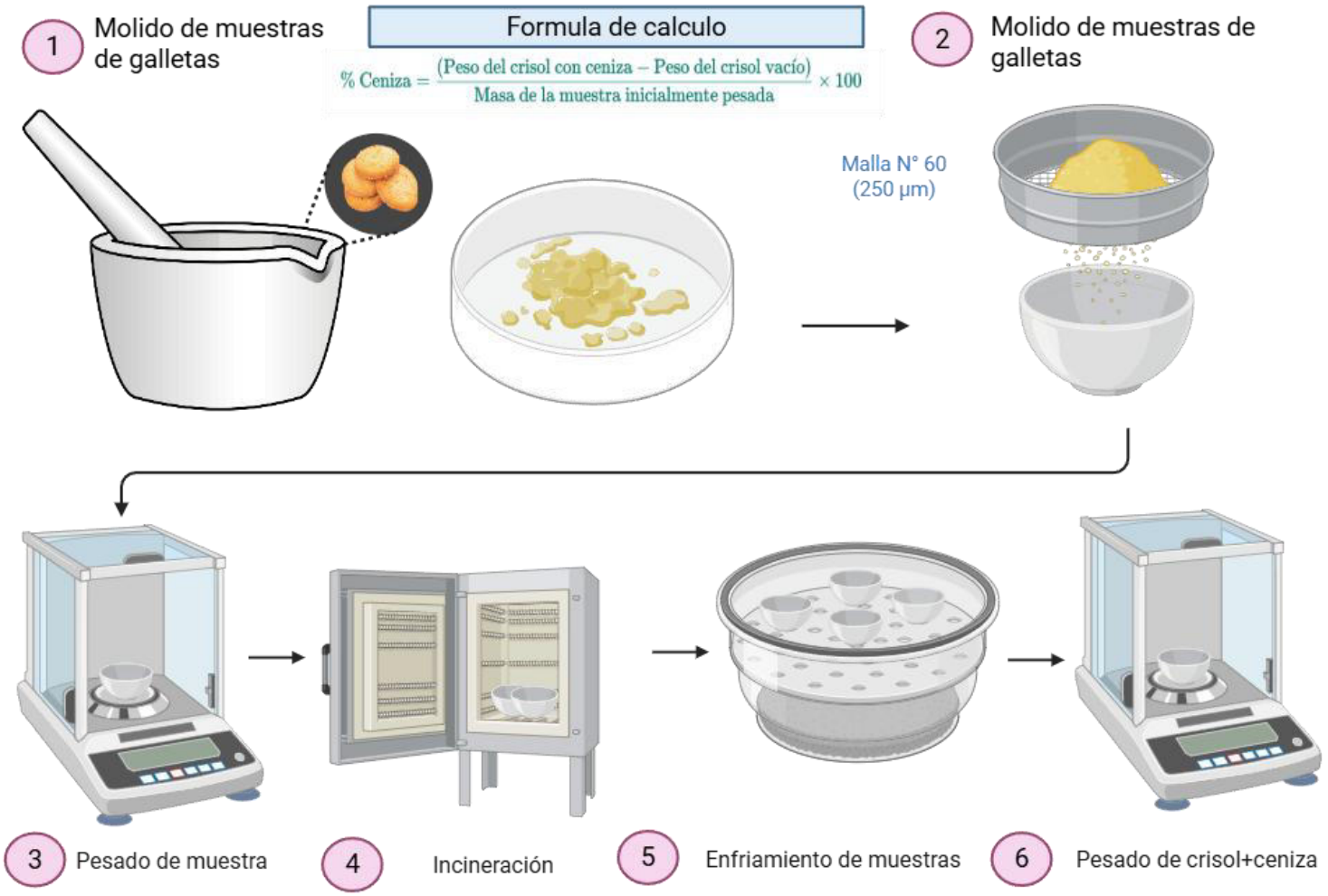
Proceso de determinación de proteínas



Nota. Adaptado de: (AOAC 1999)

Figura 7

Proceso de determinación de cenizas



Nota. Adaptado de: (AOAC, 2000)

3.4.6. Color de galletas

Se realizaron las mediciones de color de las galletas siguiendo el procedimiento descrito por Duta & Culetu (2015), empleando un colorímetro Hunter (MiniScan EZ, modelo: 4500 L, HunterLab Inc., Reston, VA, EE. UU.), con una iluminación D65 y un ángulo de observación de 10°. Antes del uso, el colorímetro se calibró con placas de color blanco y negro. Los resultados fueron expresados en una escala CIE L*, a*, b*, con L* (0 = negro, 100 = blanco), a* (-a = verde, +a = rojo) y b* (-b = azul, +b = amarillo). El colorímetro se posicionó directamente sobre la superficie superior de cada galleta para su evaluación. Se evaluaron cinco galletas por réplica y se registró el promedio. Se calcularon los valores de croma ($C^*= (a^{*2}+ b^{*2})^{0.5}$) y tono ($h=\arctan(b^*/a^*)$) para una evaluación completa del color (Saldaña et al., 2014).

3.4.7. Factor de dispersión de galletas

El factor de dispersión de galletas se midió de acuerdo a la metodología propuesta por Samakradhamrongthai et al. (2022). El diámetro y el grosor de las galletas se midieron con un vernier (Mitutoyo, modelo: 530-316, Japón) en tres puntos y luego se calculó el promedio de estas mediciones. Posteriormente, se calculó el factor de extensión dividiendo el diámetro de las galletas por su altura (Ahmad et al., 2022).

3.4.8. Pérdida de peso por horneado y peso final de las galletas

Las características físicas de las galletas, específicamente la pérdida de peso por horneado (%) y el peso final de las galletas (g), se determinaron siguiendo el método descrito por Yang et al. (2022), con adaptaciones. El peso final de las galletas se obtuvo como el valor promedio de tres unidades individuales, empleando una balanza analítica electrónica (Radwag, Modelo: AS R2 PLUS, Polonia). La pérdida de peso por horneado se evaluó registrando el peso de las galletas antes del horneado (W1) y después del horneado (W2). El porcentaje de pérdida se calculó mediante la siguiente ecuación 2.

$$\text{Pérdidas por horneado} = \frac{(W1-W2)}{W1} * 100 \ldots. 2$$

3.4.9. Dureza y fracturabilidad

La dureza y fracturabilidad de las galletas se midieron en función de la resistencia a la rotura utilizando un texturómetro (TA-XT plus, Stable Micro System, Surrey, Reino Unido). Las galletas se colocaron bajo una sonda de corte de 70 mm con un espesor de 0,4 mm. La medición se llevó a cabo a temperatura ambiente y se configuraron los siguientes parámetros: velocidad previa a la prueba de 2 mm/s, distancia de 3 mm, velocidad de prueba de 2 mm/s, velocidad posterior a la prueba de 2 mm/s, paso de la celda de carga de 3 mm y una fuerza de 50 kg. Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento, siguiendo la metodología descrita por Samakradhamrongthai et al. (2022) y Cugh et al. (2016).

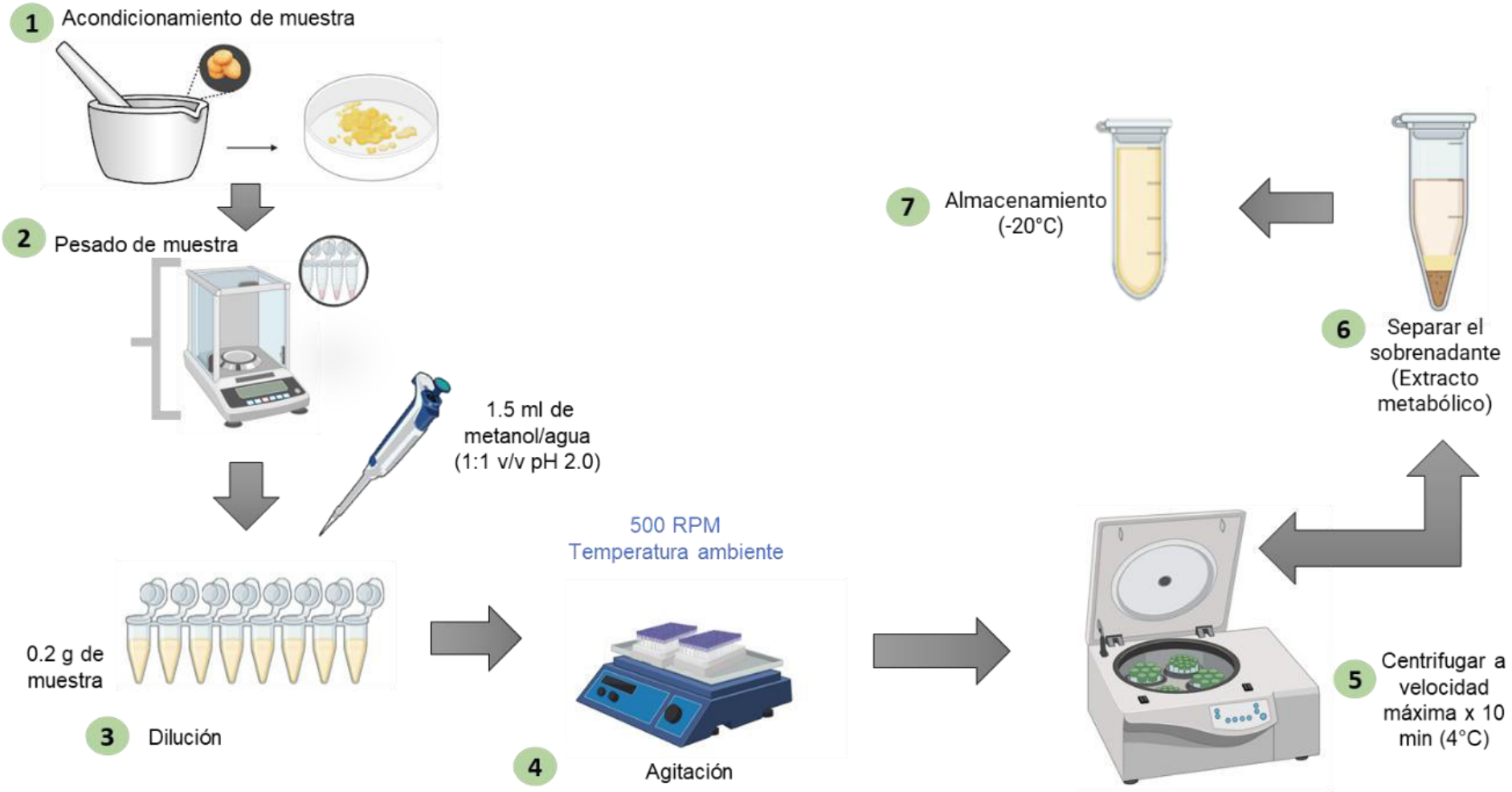
c) Determinación del contenido de polifenoles totales y de la capacidad antioxidante de las galletas elaboradas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

3.4.9. Extracción Sólido-Líquido (ESL)

La extracción de compuestos antioxidantes de la muestra de harina de quinua y galletas se llevó a cabo siguiendo el método de Abderrahim et al., (2011) y Arranz et al., (2009), con algunas modificaciones, tal como lo muestra la Figura 9. Se añadió 1 mL de una mezcla de metanol y agua (1:1 v/v), ajustada a pH 2,0 con ácido fórmico, a 0,2 g de muestra molida y tamizada (250 µm). La solución se agitó durante 1 h a 400 rpm y 30 °C en un agitador de microplacas (Labnet, modelo S2020-P2-B, Brasil). Posteriormente, se agitó en vórtex durante 10 minutos a 25 °C y se centrifugó a 10 000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante obtenido constituyó el extracto de compuestos antioxidantes, el cual se almacenó en un recipiente oscuro a -20 °C hasta su posterior análisis.

Figura 8

Proceso de extracción de extracto de compuestos antioxidantes



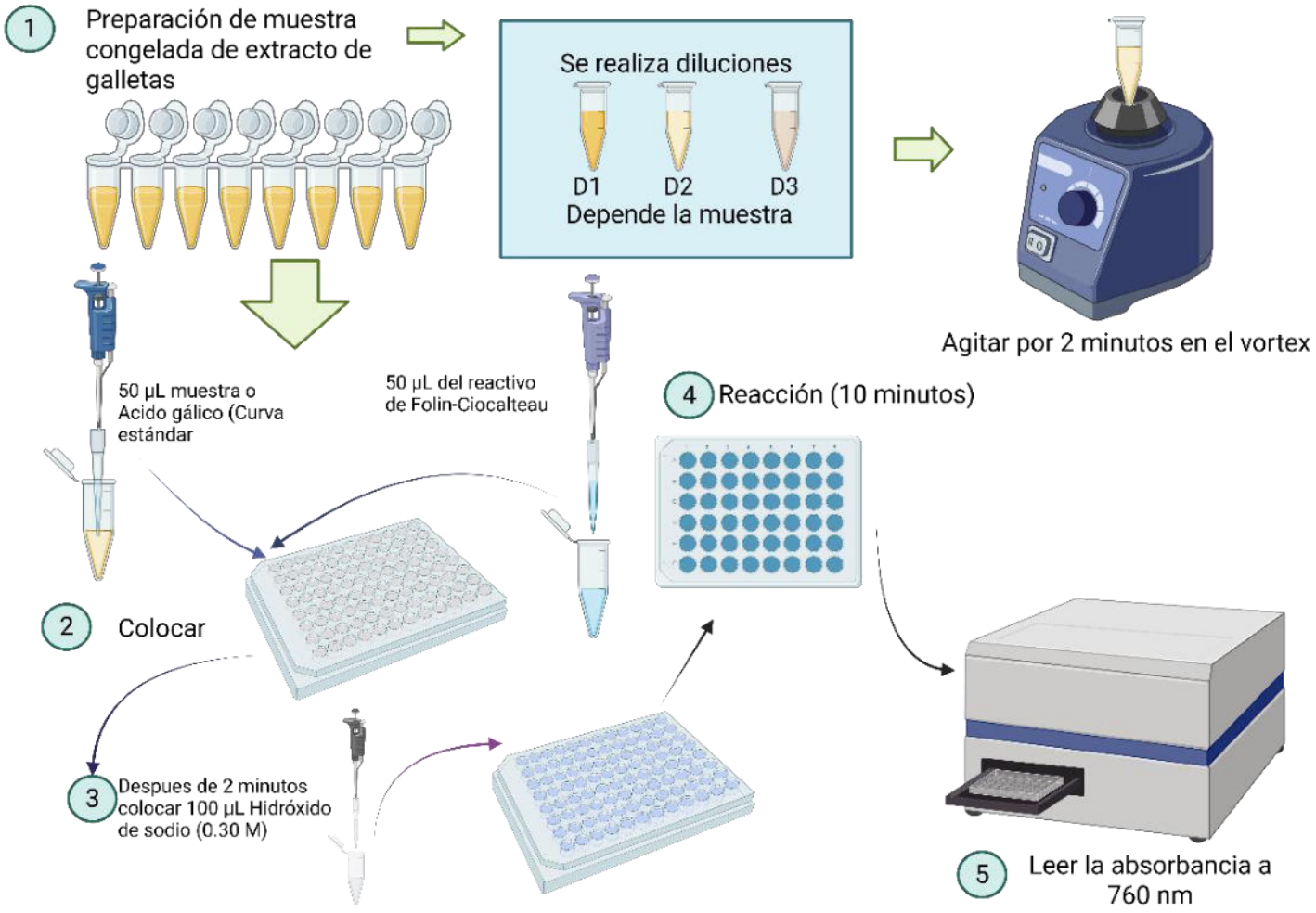
Nota. Adaptado de: Abderrahim et al., (2011) y Arranz et al., (2009)

3.4.10. Determinación de polifenoles totales

El contenido fenólico total de harina de quinua y galletas se cuantificó utilizando el método Folin-Ciocalteu, tal y como describen Magalhães et al. (2010). Para el análisis, se pipetearon 70 µL de las muestras y 70 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (diluido 1:5 v/v) en una microplaca y se incubó a temperatura ambiente durante 2 minutos. La reacción se neutralizó añadiendo 140 µL de NaOH 0,3 M y la mezcla se agitó, dejándola reposar durante 15 minutos. La absorbancia se registró a una longitud de onda de 760 nm utilizando un lector de placas (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc, Winooski, VT, EE. UU.). Para la cuantificación, se utilizó una curva de calibración basada en ácido gálico (0 a 50 mg/L). Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en mg GAE/g de muestra (Figura 10).

Figura 9

Proceso de determinación de polifenoles totales



Nota. Adaptado de: (Magalhães et al. 2010)

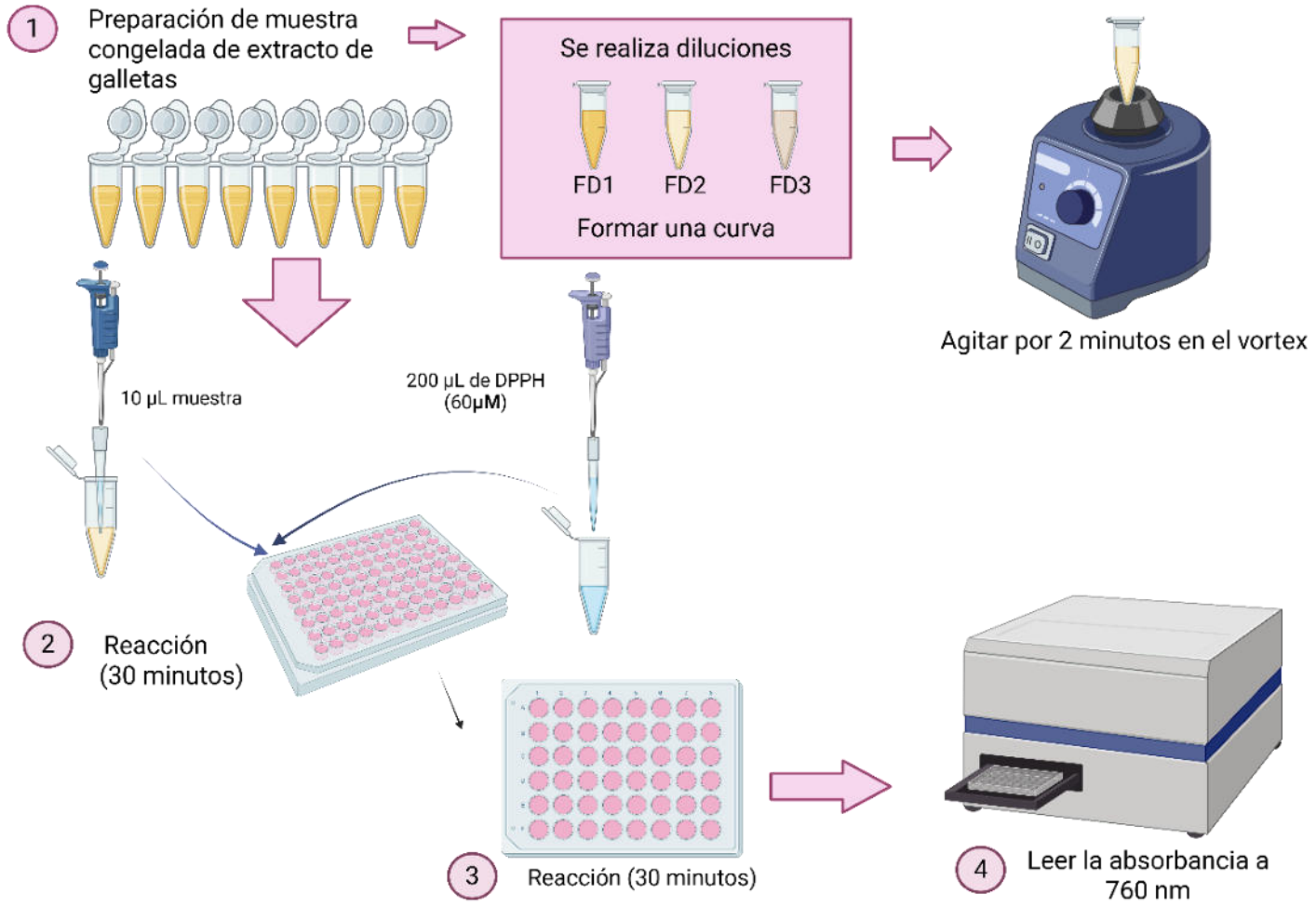
3.4.11. Determinación de capacidad antioxidante por DPPH

La capacidad antioxidante de las muestras de harina de quinua y galletas se determinó mediante el ensayo de DPPH, siguiendo la metodología de Abderrahim et al. (2013). Para ello, se mezcló una alícuota de 10 µL del extracto con 200 µL de una solución de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (60 µmol/L en tampón Tris 10 mmol/L, pH 7,5; 1:1 v/v). La mezcla resultante se incubó en oscuridad a 24 °C durante 30 minutos.

La reducción del radical DPPH se cuantificó midiendo la absorbancia a 517 nm en un lector de microplacas (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, EE. UU.). A partir de los valores de absorbancia, se calculó el porcentaje de inhibición (%I). Finalmente, se determinó la concentración inhibitoria media (IC50), expresada en mg/mL, mediante una regresión lineal entre el %I y la concentración del extracto. El valor de IC50 representa la concentración de extracto necesaria para inhibir el 50 % de la actividad del radical DPPH (Figura 11).

Figura 10

Proceso de determinación de capacidad antioxidante por DPPH



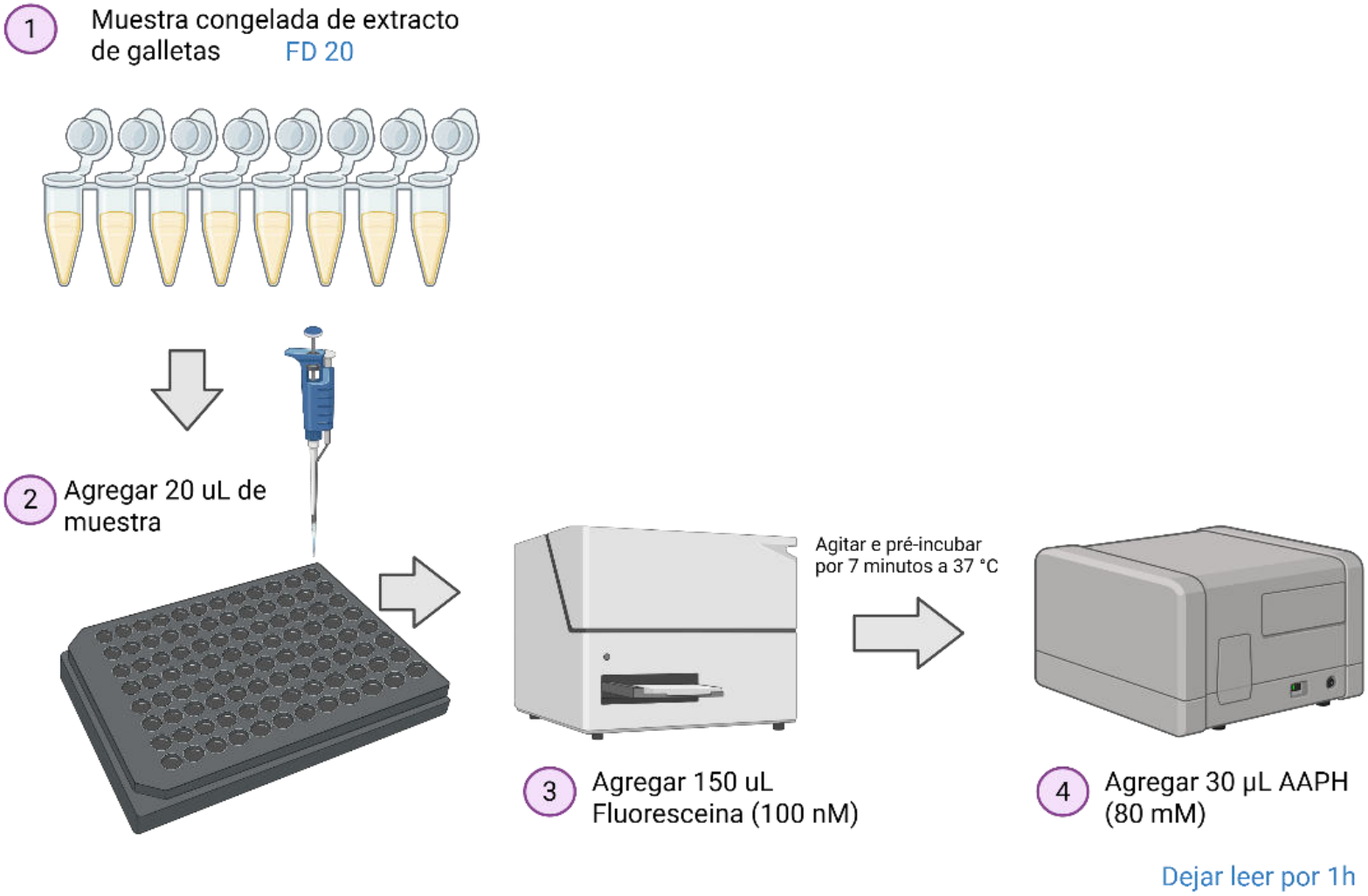
Nota. Adaptado de: (*Abderrahim et al. 2013)*

3.4.12. Determinación de capacidad antioxidante por ORAC

El análisis de la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) de los extractos se llevó a cabo utilizando un lector de microplacas (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, EE. UU.) según el método descrito por Dávalos et al., (2003), con algunas modificaciones. Para ello, se utilizó 2,2'-azo-bis (2-amidino-propano) diclorhidrato (AAPH) como generador de radicales peroxilo, con Trolox como estándar y fluoresceína como sonda fluorescente, todo ello diluido en solución salina tamponada con fosfato (PBS) a 75 mM (pH 7,4). Se añadió una alícuota de 20 µL de la solución antioxidante a los pocillos de la microplaca, y el inyector automático del kit dispensó 150 µL de fluoresceína (100 mM) en cada pocillo. La mezcla se preincubó durante 10 minutos a 37 °C. A continuación, se añadieron 30 µL de solución de AAPH (12 mM). Se registró la fluorescencia inmediatamente, midiendo a 485 nm (excitación) y 520 nm (emisión) cada minuto durante 60 minutos. Los valores ORAC se calcularon como el área bajo la curva y se expresaron en µmol equivalentes de Trolox/g (Figura 12).

Figura 11

Proceso de determinación de capacidad antioxidante por ORAC



Nota. Adaptado de: (Dávalos et al., 2003)

3.4.13. Comité de Ética

Antes de iniciar el estudio, se obtuvo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Nacional de Moquegua, según la Carta N.º 001-2024-PCEIC/UNAM (Anexo 3). Todos los participantes firmaron el consentimiento informado antes de participar en la evaluación sensorial.

3.4.14. Criterios de inclusión y exclusión para la evaluación sensorial

Para todas las evaluaciones sensoriales, los criterios de inclusión exigieron que los participantes fueran consumidores habituales de galletas dulces, no padecieran celiaquía ni trastornos alimentarios, y estuvieran interesados y disponibles para participar en el estudio. La evaluación sensorial se realizó inicialmente con un panel de expertos mayores de 18 años, seleccionados por su experiencia y disponibilidad para el análisis. Posteriormente, se llevó a cabo la evaluación con consumidores adultos en Perú y Brasil, quienes cumplían los mismos criterios de inclusión. Finalmente, se incluyó a niños en edad escolar (6–12 años), consumidores habituales de galletas, quienes participaron con la autorización de sus padres o tutores.

d) Análisis sensorial de las galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar.

Las propiedades sensoriales de las galletas fueron caracterizadas inicialmente mediante un análisis descriptivo llevado a cabo por un panel de jueces entrenados. Posteriormente, la evaluación sensorial con consumidores se efectuó con adultos jóvenes de Brasil y Perú mediante un cuestionario CATA acompañado de la prueba de aceptación. A partir de estos resultados, solo los tres tratamientos con mejor desempeño fueron presentados a niños en edad escolar. Esta secuencia metodológica se adoptó porque los niños suelen mostrar menor capacidad de concentración frente a un número elevado de muestras, lo que incrementa la probabilidad de respuestas inconsistentes, razón por la cual se recomienda limitar la cantidad de estímulos. Estrategias de este tipo han sido utilizadas previamente en investigaciones afines (Hopfer et al., 2022; Li et al., 2015).

Todos los procedimientos se desarrollaron en cabinas individuales construidas conforme a las normas ISO (ISO 8589, 2007), con iluminación blanca y ventilación de presión positiva. La recopilación de datos se realizó de

forma digital utilizando tabletas Android y el software Compusense Cloud. En todas las etapas, las muestras (8 g) fueron servidas en platos descartables codificados con números aleatorios de tres dígitos y presentadas de manera secuencial monádica siguiendo el diseño de cuadrado latino de Williams (Williams, 1949). Se ofreció agua para el enjuague del paladar entre las muestras.

3.4.15. Procedimiento usado por el panel de jueces expertos

El análisis de datos se realizó siguiendo las recomendaciones de Lawless et al. (2010). Un panel de 20 expertos capacitados (8 hombres y 12 mujeres, con edades comprendidas entre los 18 y los 35 años) con experiencia en evaluación sensorial (Saldaña et al., 2015). Se evaluó las muestras de galletas mediante una tarea de asociación de palabras para generar una lista de atributos sensoriales. Los miembros del panel describieron cada muestra con sus propias palabras. Se registró la frecuencia de cada atributo y se seleccionaron los más mencionados. Estos atributos se utilizaron en la formación posterior y en el análisis formal.

La formación para la descripción sensorial de la intensidad del sabor dulce de las galletas siguió un proceso estructurado para garantizar resultados precisos y reproducibles, de acuerdo con las directrices de la norma ISO 8586:2012. Los descriptores previamente definidos se debatieron en sesiones grupales para llegar a una definición consensuada de los atributos, y el líder del panel introdujo referencias mentales, como ingredientes específicos o productos alimenticios, para aclarar el significado y los puntos de referencia de los atributos sensoriales. A continuación, los miembros del panel crearon una hoja de puntuación utilizando una escala lineal no estructurada de 10 cm con términos como «débil» y «fuerte». La secuencia de evaluación comenzó con la evaluación repetida de los atributos visuales, seguida del aroma, el sabor, el sabor en boca y la sensación en boca. Las sesiones de formación concluyeron con la demostración por parte de los expertos de su capacidad para discriminar las muestras, mantener la repetibilidad en sus evaluaciones y estar de acuerdo con las valoraciones de otros miembros del panel (Saldaña et al., 2018) . A continuación, el panel (20 expertos) evaluó formalmente las galletas. Cada experto analizó todas las muestras por duplicado, evaluando los atributos

sensoriales durante dos sesiones separadas utilizando una escala lineal no estructurada de 10 cm para expresar la intensidad de los atributos, con los mismos términos de referencia establecidos durante la fase de formación.

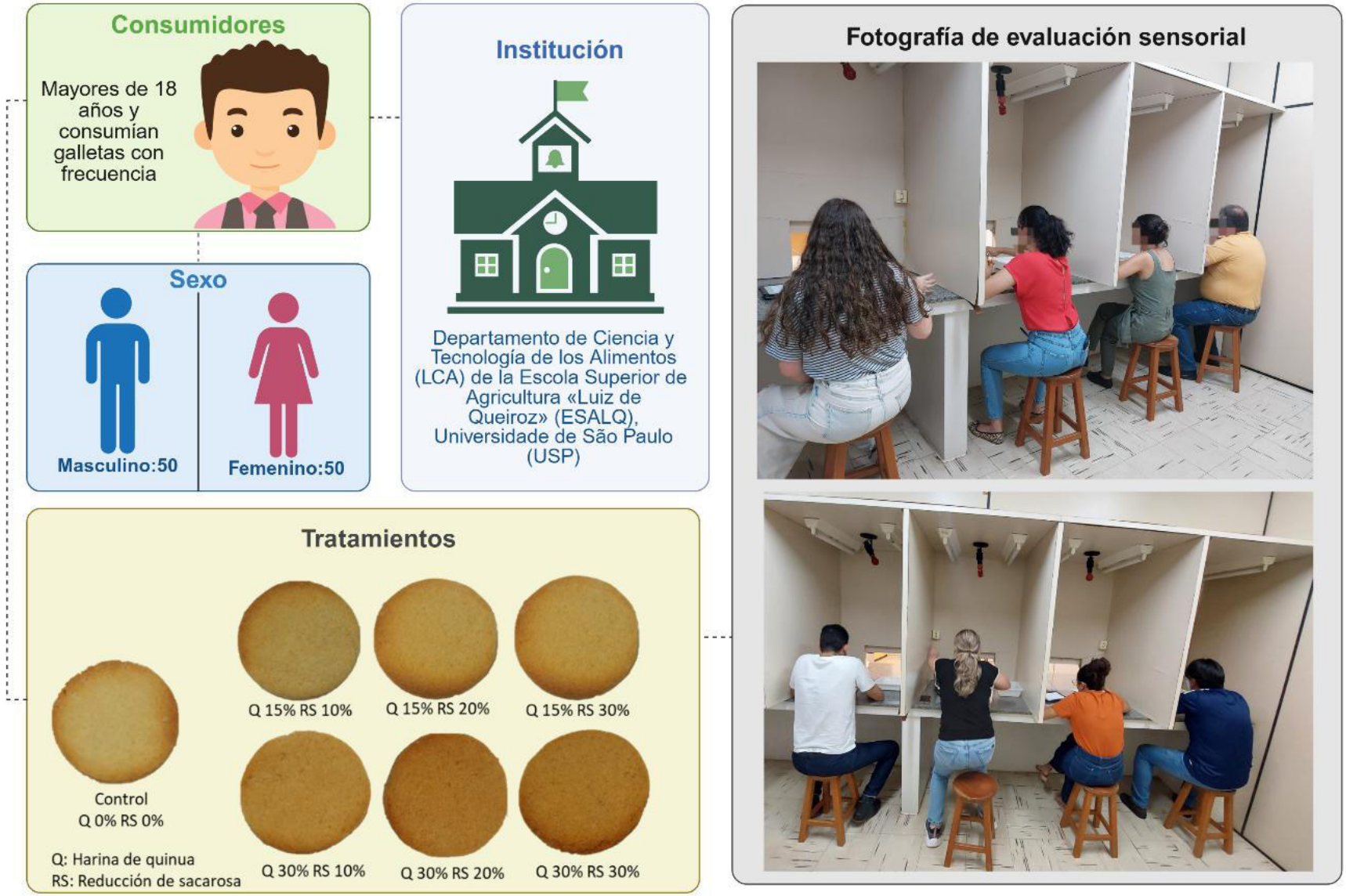
3.4.16. Procedimiento usado por consumidores de Brasil

Cien consumidores participaron en el estudio, con una distribución equilibrada de 50 hombres y 50 mujeres, conforme a las recomendaciones de la ISO 11136 (2016). Todos tenían más de 18 años y reportaron consumir galletas con regularidad. El reclutamiento se efectuó en las inmediaciones del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (LCA) de la Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» de la Universidade de São Paulo (USP). La Figura 13 presenta el perfil sociodemográfico del grupo, incluyendo la distribución por edad y sexo.

La evaluación se inició con una prueba de aceptación utilizando la escala hedónica de nueve puntos, que permitió registrar el nivel de agrado de cada formulación, desde «me desagrada mucho» hasta «me gusta mucho» (Peryam & Pilgrim, 1957). Tras expresar su aceptación, los participantes completaron el cuestionario CATA. Este método, “Check-All-That-Apply”, consiste en presentar una lista de atributos sensoriales (oscuro, grasiento, mantecoso, dulce, salado, miel, crujiente, duro y quebradizo) previamente definidos para que el consumidor marque todos aquellos que percibe en la muestra. No requiere estimaciones de intensidad, sino únicamente la indicación de presencia o ausencia de cada atributo. Esta herramienta permitió caracterizar las muestras desde la percepción espontánea del consumidor, siguiendo procedimientos ampliamente descritos en la literatura (Rios-Mera et al., 2021; Saldaña et al., 2018). Los atributos se presentaron de forma monádica y equilibrada. El procedimiento sensorial se llevó a cabo en una sola sesión.

Figura 12

Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de adultos jóvenes de Brasil

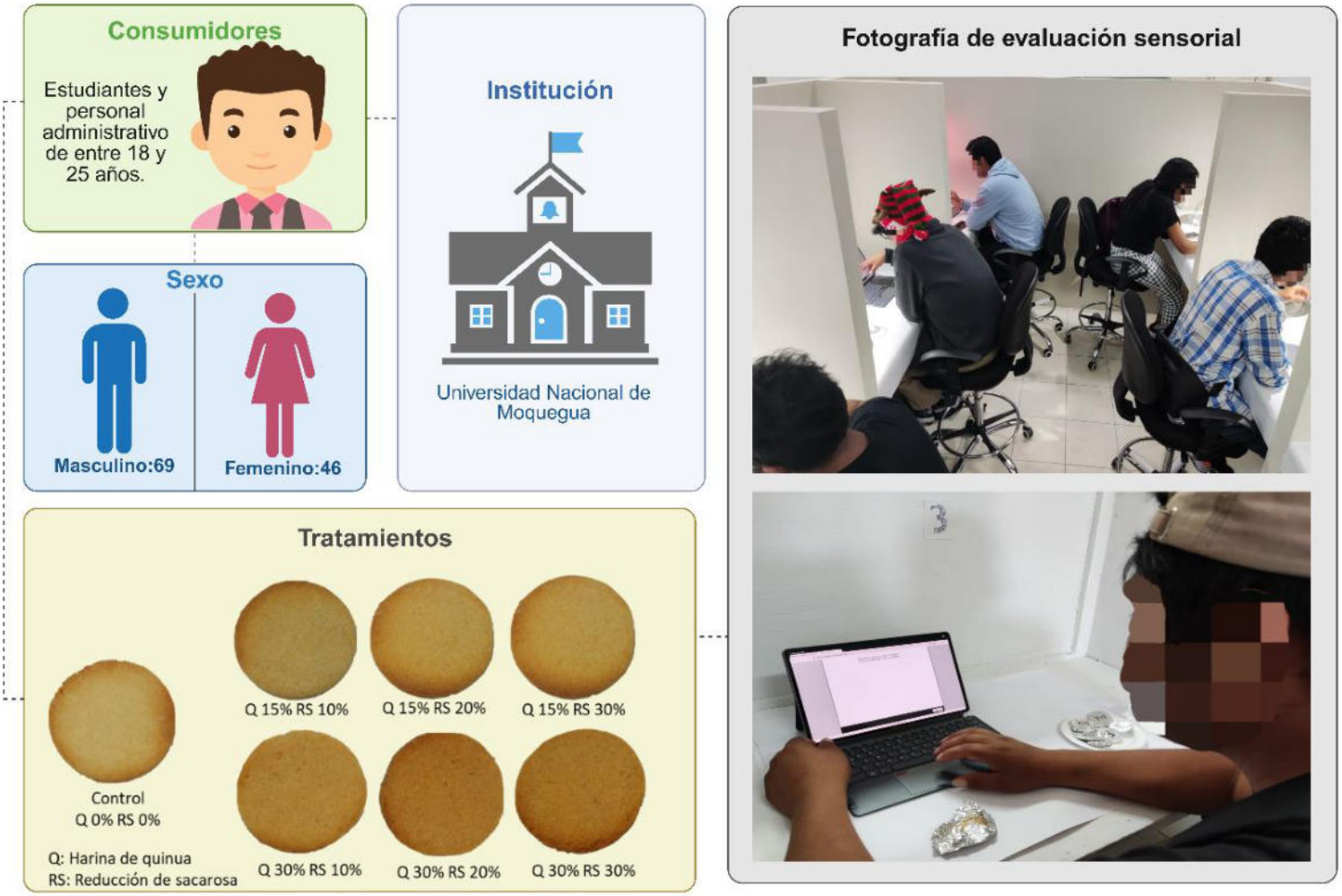


3.4.17. Procedimiento usado por consumidores de Perú

En el estudio participó una muestra de conveniencia de 115 consumidores jóvenes de entre 18 y 25 años (edad media: 21,5 años). El grupo estuvo conformado por hombres (51,79 %) y mujeres (48,21 %). Los participantes fueron reclutados en los alrededores de la UNAM, incluyendo estudiantes y personal administrativo. La figura 13 presentó el perfil sociodemográfico de los jóvenes participantes, detallando la distribución por sexo y edad. Para la evaluación sensorial se utilizó el mismo procedimiento descrito con consumidores en Brasil.

Figura 13

Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de adultos jóvenes de Perú



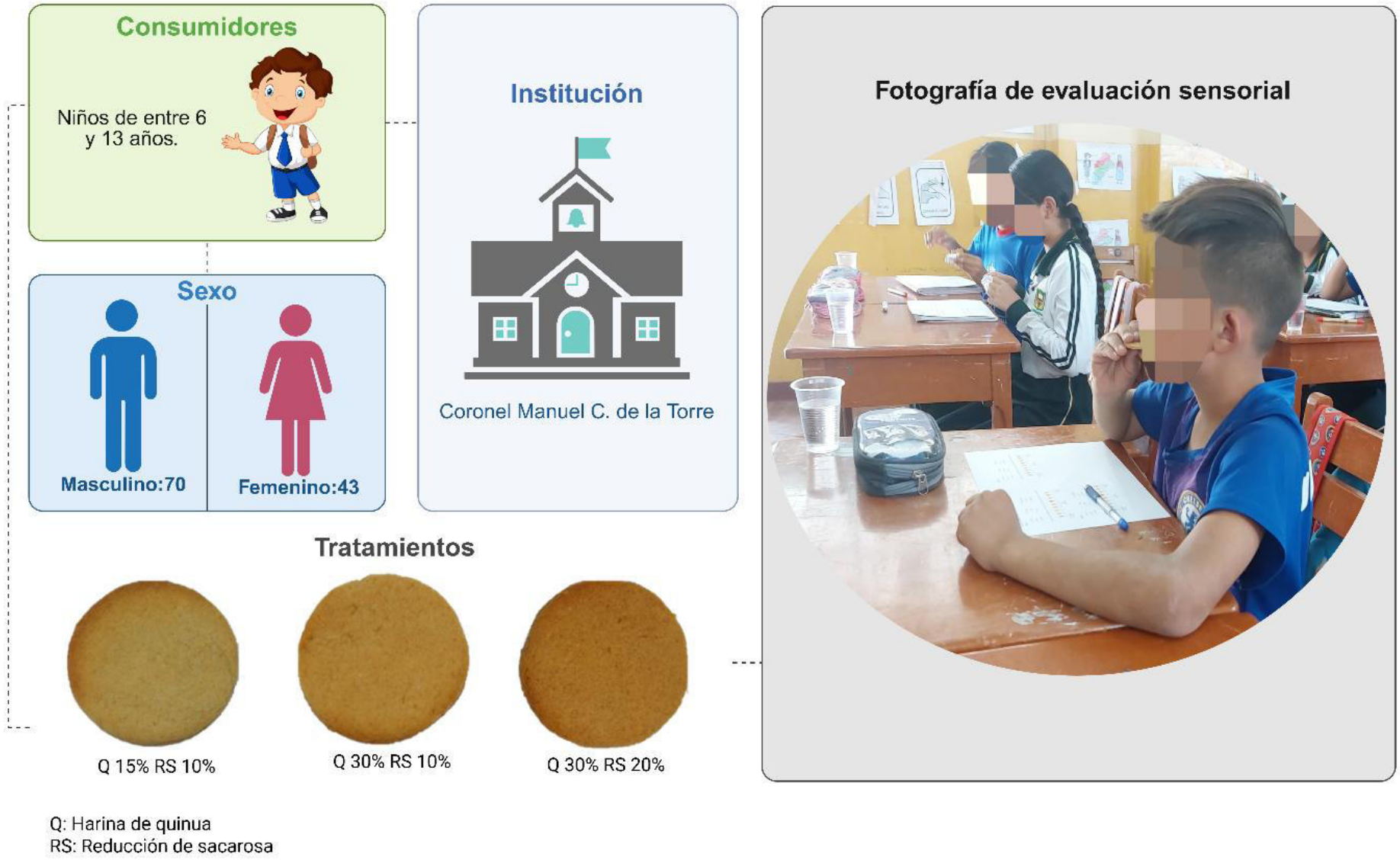
3.4.18. Procedimiento usado por niños de edad escolar

La evaluación sensorial se realizó con 113 niños, de los cuales el 61,95 % eran varones y el 38,05 % niñas, con edades comprendidas entre 6 y 13 años (media de 9,5). Los participantes fueron reclutados en la institución educativa primaria “Manuel C. de la Torre”, ubicada en Moquegua, Perú. La figura 16 presenta el perfil sociodemográfico de los niños participantes, detallando la distribución por sexo y edad. La evaluación sensorial se realizó en el aula y se organizó para simular las condiciones de un laboratorio sensorial, utilizando una papeleta impresa para la recopilación de datos. El número de participantes en la prueba (n = 113) superó el tamaño mínimo recomendado de la muestra para niños en pruebas sensoriales (n = 39), según lo establecido por Novello et al. (2021). Además, al igual que en la población joven, el número de niños superó el rango recomendado (60-80 participantes) para la tarea CATA (Ares et al., 2014). Por lo tanto, los resultados son metodológicamente válidos.

Antes de realizar la prueba formal, se proporcionó una breve explicación del procedimiento para familiarizar a los niños con el cuestionario CATA y la escala hedónica basada en emojis (Schouteten et al., 2018). A continuación, se inició la prueba formal, durante la cual se entregó a los niños papeletas impresas de evaluación sensorial y muestras de galletas codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Los niños probaron cada muestra y calificaron su aceptación utilizando una escala hedónica basada en emojis con los siguientes anclajes: 🤮 (no me gusta en absoluto), 😐 (ni me gusta ni me disgusta), 🤩 (me gusta mucho). Posteriormente, seleccionaron los atributos adecuados para describir sensorialmente las muestras de galletas. La lista de atributos del cuestionario CATA era la misma que la utilizada por los consumidores jóvenes. Diez niños en edad escolar que comprendían la semántica validaron previamente esta selección vinculando cada atributo sensorial a productos alimenticios. Por ejemplo, asociaron el dulzor con el azúcar. Utilizando la misma lista de atributos, podemos crear mapas sensoriales que reflejen las percepciones de cada grupo de edad, evitando diferencias debidas a cambios en los atributos evaluados.

Figura 14

Perfil sociodemográfico y procedimiento sensorial de niños en edad escolar



3.5. Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos

Los resultados instrumentales se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA), considerando el siguiente modelo estadístico: $Y_{ijkl} = \mu + B_i + Q_j + S_k + Q \times S_{jk} + T_l + \varepsilon_{ijkl}$,, donde Y_{ijkl} es la variable de respuesta analizada, μ es la media global, B_i es el efecto del bloque de procesamiento, Q_j es el efecto del nivel de sustitución de la quinua, S_k es el efecto del nivel de reducción de azúcar, Q × S_{jk} es la interacción entre los factores quinua y azúcar, T_l es el efecto del tratamiento adicional (control) y, por último, ε_{ijkl} es el error experimental. Antes de realizar el ANOVA, se verificó la normalidad residual (prueba de Shapiro-Wilk) y la homogeneidad de la varianza (prueba de Breusch-Pagan). Los factores significativos del modelo ANOVA (Q_j, S_k, $Q \times S_{jk}$, y T_l) se analizaron más a fondo utilizando la prueba de Tukey para comparaciones por pares con un nivel de significación del 5 %.

Se aplicó el ANOVA a los resultados descriptivos sensoriales, considerando a los expertos y el orden de presentación como factores aleatorios, mientras que la reducción de azúcar y la incorporación de harina de quinua se consideraron factores fijos. Las diferencias significativas entre los tratamientos se evaluaron mediante la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5 %. Posteriormente, se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) para explorar la representación multivariante de las muestras en función de los atributos sensoriales, lo que permitió identificar patrones en las respuestas del panel. La aceptación de los consumidores se analizó mediante ANOVA, considerando los tratamientos (fijos), el orden de presentación (aleatorio) y los consumidores (aleatorios) como factores. Se aplicó la prueba de Tukey para comparar la aceptación entre los tratamientos. Los datos CATA se analizaron a nivel univariante utilizando la prueba Q de Cochran para identificar diferencias significativas en la frecuencia de los términos sensoriales entre las diferentes muestras. A nivel multivariante, se realizó un análisis de correspondencias (CA) utilizando la frecuencia de los términos sensoriales y las distancias chi-cuadrado para explorar las relaciones entre las respuestas de los consumidores, identificando patrones de percepción sensorial entre las muestras. El análisis de los datos se realizó con los programas XLSTAT y R.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Composición proximal de la harina de quinua

La harina de quinua presenta un contenido nutricional y bioactivo excepcional, con un contenido de grasa del 4,23 %, humedad del 5,74 %, cenizas del 2,45 % y proteína bruta del 11,97 %. Este último valor coincide con el indicado por Repo-Carrasco-Valencia et al., (2010), quienes señalan que el contenido de proteína de la harina de quinua puede variar entre el 11,0 % y el 15,0 %. La actividad del agua (Aw) fue de 0,49, lo que indica una baja disponibilidad de agua libre en el producto. En cuanto a su capacidad antioxidante, la harina contiene 2.312 mg GAE/g de polifenoles. Además, su capacidad antioxidante evaluada por el método DPPH es de 105,320 mg/mL, mientras que el método ORAC reporta un valor de 31,98 µmol ET/g. Esto sugiere que, aunque la harina de quinua es eficaz como antioxidante, su eficacia puede variar en función del tipo de radical considerado en el análisis. La combinación de ambos métodos proporciona una evaluación completa, ya que el DPPH se realiza en condiciones controladas y el ORAC es más representativo de las condiciones biológicas reales (Piñuel et al., 2019).

4.1.1. Composición proximal de las galletas

La Tabla 11 muestra los resultados de la composición proximal y actividad de agua de las galletas elaboradas con diferentes niveles de reducción de azúcar (10%, 20% y 30%) y la adición de harina de quinua en proporciones de 15% y 30%. Las variables analizadas incluyen humedad, grasa, cenizas, y contenido proteico.

Tabla 11

Composición proximal y actividad de agua de galletas fabricadas variando la incorporación de harina de trigo por harina de quinua y la reducción de azúcar

Variables	Niveles	Reducción al 10% azúcar	Reducción al 20% azúcar	Reducción al 30% azúcar	Promedio	Factorial	Control
Grasa (%)	**Quinua 15%**	24.31±1.32	24.95± 1.75	25.90±1.79	25.05±1.58	25.08±1.38	24.96±2.79
	Quinua 30%	24.23±0.45	24.60±0.61	26.51±1.07	25.12±1.25		
	Promedio	24.27±0.88	24.77±1.19	26.20±1.36			
Humedad (%)	**Quinua 15%**	4.04±0.13	4.10±0.37	3.73±0.40	3.96±0.37		
	Quinua 30%	4.15±0.34	4.14±0.48	4.59±0.52	4.29±0.47	**4.13±0.45[a]**	**3.46±0.13[b]**

	Promedio	4.09±0.39	4.12±0.42	4.16±0.03			
	Quinua 15%	8.45±0.37	7.14±0.81	5.70±0.46	7.10±1.29		
Ceniza (%)	**Quinua 30%**	8.16±1.12	6.80±0.50	6.87±0.65	7.28±0.96	7.19±1.11	7.01±0.71
	Promedio	8.30±0.76[a]	6.97±0.63[b]	6.29±0.81[b]			
	Quinua 15%	0.31±0.03	0.33±0.04	0.29±0.02	0.31±0.03[b]		
Aw	**Quinua 30%**	0.34±0.04	0.34±0.02	0.37±0.03	0.35±0.03[a]	**0.33±0.04[a]**	**0.28±0.03[b]**
	Promedio	0.33±0.04	0.34±0.03	0.33±0.05			
	Quinua 15%	8.25±0.23	8.30±0.08	8.50±0.24	8.35±0.21		
Proteínas (%)	**Quinua 30%**	8.20±0.34	8.12±0.22	8.20±0.29	8.17±0.25	8.26±0.24	8.28±0.38
	Promedio	8.23±0.26	8.21±0.18	8.35±0.29			

* Todos los valores se presentan como media ± DE, y aquellos con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las minúsculas indican cambios significativos en los diferentes porcentajes de quinua. Los valores en negrita con letras diferentes en la misma fila indican que la media factorial difiere del control con un nivel de significación del 5 %. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

Aunque no se observaron diferencias significativas en el contenido de grasa de las galletas con harina de quinua y azúcar reducido, se notaron ligeras variaciones numéricas. Otros estudios (Chopra et al., 2018; Mousa, 2022; Pourshahidi et al., 2020) sugieren que incorporar la harina de trigo por harina de quinua puede aumentar el contenido de grasa debido a su capacidad de absorción de aceite y a los ácidos grasos esenciales, en particular los ácidos linoleico y alfa-linolénico (Chen et al., 2023). En cuanto al contenido de humedad y la actividad del agua, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque algunos tratamientos tuvieron un aumento notable en comparación con el control. La muestra Q15S30 no mostró diferencias, probablemente debido a la reducción del contenido de azúcar, ya que el azúcar ayuda a retener la humedad (Milner et al., 2020).

Por otro lado, la reducción del contenido de azúcar en las galletas en un 20 % y un 30 % afectó significativamente a su contenido de cenizas en comparación con la muestra de control. Según los hallazgos reportados por Panghal et al., (2018). Una variación en el contenido de azúcar de los productos horneados puede conducir a una reducción en el contenido de cenizas. Esto ocurre porque el azúcar actúa como

diluyente; cuando su contenido disminuye, altera las proporciones relativas de otros ingredientes minerales, lo que resulta en un menor contenido de cenizas en las galletas. En términos de contenido de proteínas, no se observaron diferencias significativas, lo que se atribuyó a las bajas concentraciones de harina de quinua para evitar efectos sensoriales adversos. Jan et al. (2018b) y Demir & Kılınç (2017) recomiendan utilizar al menos un 30 % de harina de quinua en la producción de galletas, ya que proporciones más altas pueden disminuir la aceptación de los consumidores. Además, Demir & Kılınç (2017) y Chopra et al. (2018) informaron de diferencias significativas en el contenido de proteínas cuando se sustituyó un mayor porcentaje de harina de trigo (50 %) por harina de quinua. Esto se debe probablemente al mayor valor nutricional de la harina de quinua con respecto a la harina de trigo, ya que contiene aproximadamente 1,5 veces más proteínas, 3 veces más cenizas y 4 veces más grasa bruta (FAO, 2023).

4.2. Características físicas

La Tabla 12 presenta las características físicas de las galletas producidas con diferentes niveles de reducción de azúcar (10%, 20% y 30%) y la incorporación de harina de quinua en 15% y 30%.

Tabla 12

Características físicas de las galletas con adición de harina de quinua y reducción de azúcar

Variables	Niveles	Reducción al 10% azúcar	Reducción al 20% azúcar	Reducción al 30% azúcar	Promedio	Factorial	Control
Dureza (N)	**Quinua 15%**	30.95±2.25	30.77±2.24	27.89±2.07	29.87±2.41[a]		
	Quinua 30%	27.31±2.08	27.62±2.04	28.43±0.478	27.78±1.56[b]	**28.82±2.24[b]**	**41.07±1.77[a]**
	Promedio	29.13±2.78	29.19±2.58	28.16±1.38			
Fracturabilidad (N)	**Quinua 15%**	61.44±2.07	68.78±4.57	62.93±1.22	64.38±4.24[a]		
	Quinua 30%	57.08±0.67	59.13±1.79	55.57±0.297	57.26±1.82[b]	**60.82±4.84[b]**	**79.61±2.61[a]**
	Promedio	59.25±2.75[b]	63.95±6.13[a]	59.25±4.10[b]			
Pérdida de peso por cocción (%)	**Quinua 15%**	17.44±1.75	16.34 ±0.68	16.79 ±2.02	16.86±1.46		
	Quinua 30%	17.02±0.69	16.20±1.55	17.14±1.96	16.78 ±1.37	16.82±1.37	17.63±0.97
	Promedio	17.23±1.21	16.27±1.07	16.96±1.79			
Diámetro (cm)	**Quinua 15%**	4.62±0.16	4.60±0.11	4.60±0.12	4.60±0.12		
	Quinua 30%	4.60±0.08	4.56±0.03	4.52±0.02	4.56±0.05	**4.58±0.090[b]**	**4.94±0.47[a]**

	Promedio	4.61±0.12	4.58±0.07	4.56±0.09			
	Quinua 15%	0.64±0.03	0.68±0.03	0.64±0.03	0.65±0.03		
Espesor (mm)	**Quinua 30%**	0.60±0.05	0.64±0.02	0.66±0.003	0.63±0.04	0.65±0.03	0.67±0.06
	Promedio	0.62±0.04	0.66±0.03	0.65±0.02			
	Quinua 15%	8.99±0.49	9.04±0.83	8.90±0.56	8.97±0.56		
Peso de las galletas cocidas (g)	**Quinua 30%**	8.58±0.72	9.10±0.33	8.80±0.17	8.82±0.47	8.90±0.51	9.10±0.88
	Promedio	8.78±0.59	9.07±0.57	8.85±0.38			
	Quinua 15%	7.18±0.41^{aA}	6.90±0.23 ^{aA}	7.22±0.16 ^{aA}	7.10±0.29		
Factor de dispersión (cm)	**Quinua 30%**	7.64±0.58 ^{aA}	7.15±0.24 ^{aAB}	6.83 ±0.01 ^{aB}	7.20±0.47	**7.15 ±0.39^{b}**	**7.27±0.08^{a}**
	Promedio	7.41±0.51	7.02±0.25	7.02±0.24			

* Todos los valores se presentan como media ± DE, y aquellos con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las letras mayúsculas indican cambios significativos en los niveles de reducción de azúcar, y las minúsculas indican cambios significativos en los diferentes porcentajes de quinua. Los valores en negrita con letras diferentes en la misma fila indican que la media factorial difiere del control con un nivel de significación del 5 %. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

La dureza se considera la característica más importante de la calidad de las galletas, ya que influye directamente en la aceptación por parte de los consumidores (Jan et al., 2018a). En esta investigación, la dureza de las galletas de quinua osciló entre 27,31 y 30,95 N, mientras que las galletas de trigo presentaron un valor más alto (41,07 N) (Tabla 12). Se observó que la incorporación de harina de quinua disminuyó la dureza en comparación con el control, de forma similar a los hallazgos de Brito et al. (2015), Nadian et al. (2021), y Singla et al. (2024). Según Jan et al. (2018b), esta disminución de la dureza podría atribuirse a la grasa que encapsula las partículas de harina, lo que las aísla unas de otras y facilita su separación. El mayor contenido de grasa también puede tener un efecto suavizante que contribuye a esta reducción. Otra razón para la disminución de la dureza con el aumento de los niveles de quinua es la morfología del almidón y las variaciones en las cantidades de amilosa y amilopectina que se encuentran en la quinua (Nadian et al., 2021). Los gránulos de almidón de quinua son esféricos y poligonales, con tamaños submicrométricos y una superficie menos lisa que los del trigo. La quinua contiene aproximadamente un 12 % de amilosa, y el resto es amilopectina (Jiao et al., 2020). Estas variaciones y la

proporción de amilosa y amilopectina afectan a las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón. Esto, a su vez, influye en las características del producto final. Una mayor proporción de amilosa tiende a aumentar la dureza, mientras que una mayor cantidad de amilopectina da como resultado una textura más suave y gelatinosa (Valdez-Arana et al., 2020). Por otro lado, la reducción de azúcar no tuvo un efecto significativo en la dureza.

La fracturabilidad es una propiedad textural importante en la evaluación de los productos horneados, ya que está estrechamente relacionada con cómo percibimos la frescura. Lo ideal es que estos parámetros se mantengan lo más bajos posible (Kuchtová et al., 2018). La adición de harina de quinua y la reducción del azúcar dieron lugar a una notable disminución de la fuerza necesaria para romper las galletas, con valores de fracturabilidad que oscilaron entre 55,57 N y 68,78 N. Por el contrario, las galletas elaboradas únicamente con trigo mostraron una firmeza de 79,61 N.

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto a la pérdida de peso durante la cocción, el grosor y el peso de las galletas cocidas. Sin embargo, se observó una ligera reducción al comparar los tratamientos factoriales con el control. En cuanto al diámetro de las galletas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos factoriales, aunque este parámetro disminuyó considerablemente en comparación con el control. La interacción entre la incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar afectó significativamente al factor de dispersión de las galletas, mostrando también una notable reducción en comparación con la muestra de control (Jan et al., 2018a). Esto puede deberse a que la harina de quinua no contiene gluten, lo que hace que la masa tienda a ser menos elástica y menos capaz de retener aire, lo que da lugar a una menor expansión de las galletas (Machado Alencar et al., 2015; Turkut et al., 2016) Estudios anteriores informaron que a medida que aumenta el contenido de harina de quinua, aumenta el grosor de las galletas. Sin embargo, el diámetro de las muestras y los valores del índice de expansión disminuyeron en estas condiciones (Yeşil & Levent, 2022). La tasa de expansión disminuye con la adición de harina de quinua, que tiene una mayor capacidad de absorción de agua que la harina de trigo. Esto se debe a la rápida unión de las moléculas de agua libres en los sitios hidrofílicos, lo que aumenta la viscosidad de la masa y limita la expansión de las galletas (Chopra et al., 2018). Al formar agregados con sitios hidrofílicos, esta harina compite por el agua disponible, lo que

reduce el factor de expansión (Yamsaengsung et al., 2012). Además, el mayor contenido de fibra de la harina de quinua no solo afecta a la retención de agua, sino que también contribuye al aumento del peso de las galletas (Demir & Kilinç, 2017).

4.2.1. Color instrumental de las galletas

La Tabla 13 muestra el color de las galletas preparadas con distintos niveles de reducción de azúcar (10%, 20% y 30%) y la adición de harina de quinua en proporciones de 15% y 30%.

Tabla 13

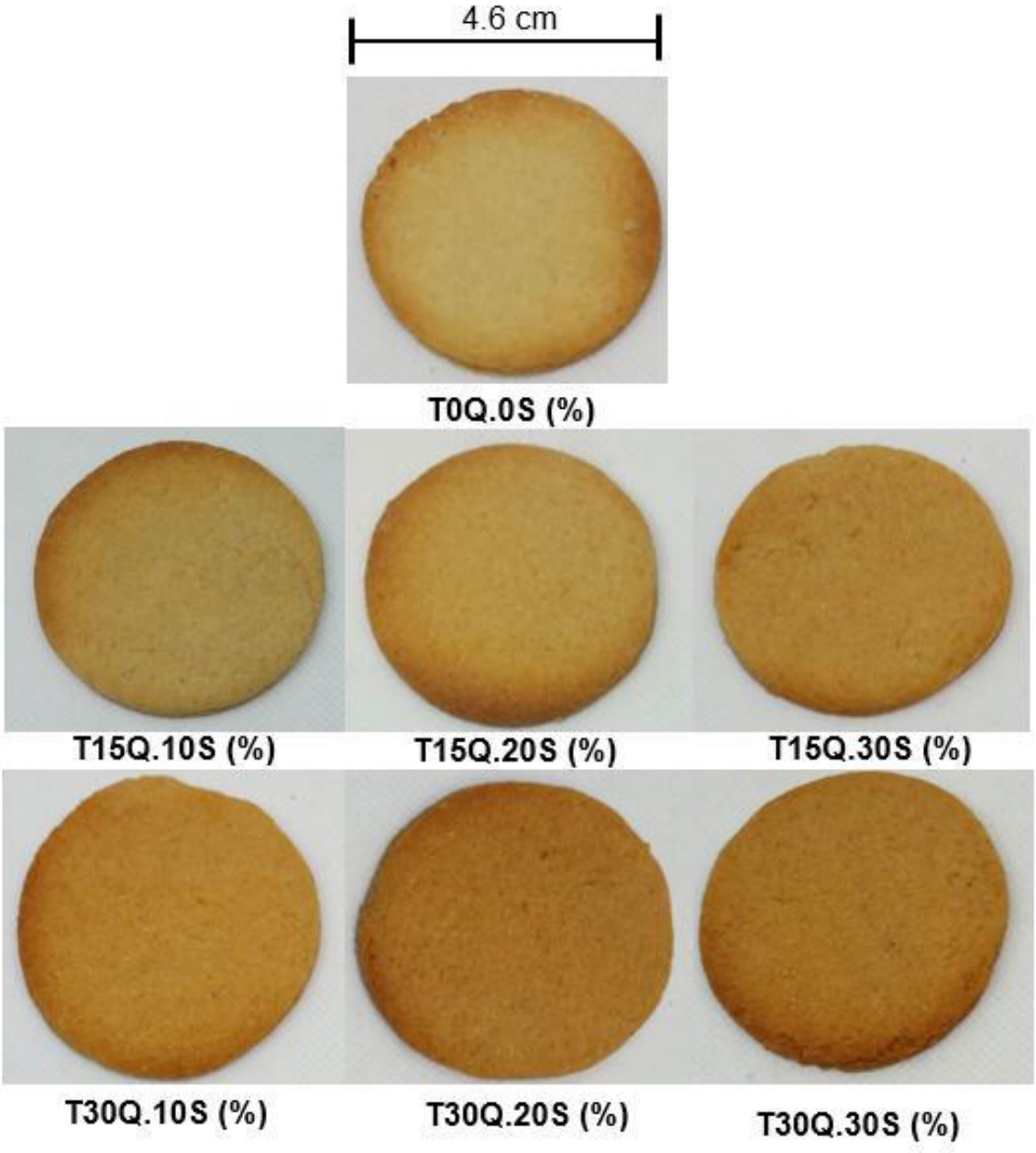
Color de las galletas con la sustitución de la harina de quinua y la reducción del azúcar

Variables	Niveles	Reducción al 10% azúcar	Reducción al 20% azúcar	Reducción al 30% azúcar	Promedio	Factorial	Control
	Quinua 15%	62.85±0.66	62.23±2.99	62.79±1.25	62.62±1.68[a]		
L*	**Quinua 30%**	58.87±0.83	57.63±1.66	57.58±0.99	58.02±1.23[b]	60.32±2.76[b]	69.45±0.50[a]
	Promedio	60.86±2.28	59.93±3.32	60.18±3.02			
	Quinua 15%	5.93±0.14	5.94±0.43	6.25±0.42	6.04±0.35 [b]		
a*	**Quinua 30%**	8.24±0.53	8.48±0.70	8.36±0.47	8.36±0.51[a]	**7.20±1.27[a]**	**2.48±0.25[b]**
	Promedio	7.08±1.31	7.21±1.48	7.31±1.22			
	Quinua 15%	32.29±0.40	32.38±0.99	32.45±0.70	32.37±0.64		
b*	**Quinua 30%**	33.09±0.31	33.07±1.83	32.61±0.73	32.92±1.02	32.65±0.88	32.09±0.80
	Promedio	32.69±0.54	32.73±1.37	32.53±0.64			
	Quinua 15%	32.82±0.42	32.92±1.05	33.05±0.75	32.93±0.68 [b]		
c*	**Quinua 30%**	34.10±0.43	34.14±1.90	33.67±0.69	33.97±1.06 [a]	**33.45±1.02[a]**	**32.09±0.82[b]**
	Promedio	33.46±0.79	33.53±1.53	33.36±0.73			
	Quinua 15%	79.59±0.14	79.61±0.42	79.10±0.55	79.43±0.43[a]		
h*	**Quinua 30%**	76.02±0.75	75.62±0.80	75.61±0.88	75.75±0.73[b]	**77.59±1.98[b]**	**85.60±0.34[a]**
	Promedio	77.81±2.02[a]	77.62±2.26[a]	77.36±2.02[b]			

*Los colores de las galletas con asterisco fueron significativos para cualquiera de los factores en estudio. Las letras minúsculas indican cambios significativos en los distintos porcentajes de quinua. Los valores en negrita indican que la media factorial difirió del control en un 5% de significación. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar;

T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

Figura 15 *Galletas con incorporación de harina de quinua y reducción de azúcar*



Tratamientos: T0Q.0S: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

La incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar en la masa de las galletas produjeron cambios notables en el color de las galletas (Tabla 13 y Figura 16). Este cambio condujo a la disminución de los valores de los componentes de color L* y h*, mientras que aumentaron los valores de los componentes de color a*, b* y c* en las galletas. Se observó que el tratamiento de control presentó un valor L* más alto, lo que indica que es más claro en comparación con los otros tratamientos. Esto se debe al menor contenido proteico de la harina de trigo, en comparación con la harina de quinua, que tiene un mayor contenido proteico, contribuyendo al oscurecimiento de las muestras de galletas (Brito et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Hidalgo et al., 2018; Lorenz, 1990; Moawad et al., 2018; C. Wang et al., 2004; Wang et al., 2015). Además, esta variación de color podría estar asociada a la formación de productos de Maillard, que también influyen en el oscurecimiento (Nadian et al., 2021).

Por otro lado, los valores de a* aumentaron, probablemente debido al mayor contenido de pigmentos fenólicos y aminoácidos encontrados en la harina de quinua (Demir & Kilinç, 2017; C. Wang et al., 2004). Se ha informado anteriormente de que el contenido de cenizas en las harinas se correlaciona positivamente con los valores a* (Wang et al., 2004). Estos hallazgos coinciden con investigaciones anteriores que indican que la harina de quinua puede alterar los parámetros de color de las galletas. Por ejemplo, las muestras de galletas que contenían un 50 % de harina de quinua mostraron los valores a* y b* más altos, mientras que las que no contenían harina de quinua tuvieron los valores L*, a* y b* más altos (Brito et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; S. Wang et al., 2015).

4.3. Compuestos bioactivos

La Tabla 14 presenta los compuestos bioactivos encontrados en las muestras de galletas formuladas con un contenido reducido de azúcar y harina de quinua añadida.

Tabla 14

Compuestos bioactivos de galletas basadas en la reducción de azúcar y la adición de quinua

Variables	Niveles	Reducción al 10% azúcar	Reducción al 20% azúcar	Reducción al 30% azúcar	Promedio	Factorial	Control
Polifenoles (mgGAE/g)	Quinua 15%	1.364±0.117 ^{bA}	1.326±0.112 ^{bA}	1.445±0.061 ^{aA}	1.376±0.101		
	Quinua 30%	2.382±0.222 ^{aA}	1.857±0.137 ^{aB}	1.694±0.137 ^{aB}	1.966±0.344	**1.678±0.395^{a}**	**1.245±0.119^{b}**
	Promedio	1.873±0.580	1.591±0.312	1.569±0.166			
DPPH ((mg/mL)	Quinua 15%	48.622±1.175 ^{aA}	29.688±1.565 ^{bC}	38.670±1.340 ^{bB}	38.993±8.288		
	Quinua 30%	41.499±1.482^{bB}	66.753±3.068 ^{aA}	68.410.4±4.499 ^{aA}	58.887±13.362	**48.940±14.87^{b}**	**60.662±5.425^{a}**
	Promedio	45.060±4.081	48.220±20.418	53.540±16.558			
ORAC (µmol ET /g)	Quinua 15%	18.634±0.390	27.753±2.757	25.886±2.586	24.091±4.584		
	Quinua 30%	20.078±1.719	27.723±2.245	23.379±1.621	23.726±3.699	**26.909±4.045^{a}**	**15.840±0.663^{b}**
	Promedio	19.356±1.367^{a}	27.723±2.249^{a}	24.632±2.369^{b}			

*Los compuestos bioactivos con asterisco fueron significativos para cualquier factor en estudio. Las letras mayúsculas indican cambios significativos en los niveles de reducción de azúcar, y las letras minúsculas indican cambios significativos en los distintos porcentajes de quinua. Los valores en negrita indican que la media factorial difirió del control en un 5% de significación. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

Cuando se incorpora harina de quinua al 30%, una reducción de azúcar del 10% genera el mayor contenido de polifenoles, 2,382 mgGAE/g, superando significativamente los valores obtenidos con reducciones de azúcar al 20% (1,857 mgGAE/g) y al 30% (1,694 mgGAE/g). Por el contrario, en los tratamientos con harina de quinua al 15%, no se observaron diferencias significativas en el contenido de polifenoles entre las reducciones de azúcar al 10%, 20% y 30%. Estos resultados indican que tanto la incorporación de harina de quinua como la reducción de azúcar afectan significativamente el contenido de polifenoles, mostrando diferencias significativas con respecto a la muestra control. Estudios previos han reportado por Demir & Kilinç (2017) y Goyat et al. (2018a) que el aumento de harina de quinua en las galletas mejora el potencial polifenólico de los productos de cereales compuestos horneados. Esto se debe a los compuestos polifenólicos que se encuentran en la quinua, incluidos los ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, estilbenos y taninos (Fischer et al., 2017; Murphy & Matanguihan, 2015; Pellegrini et al., 2018). Los

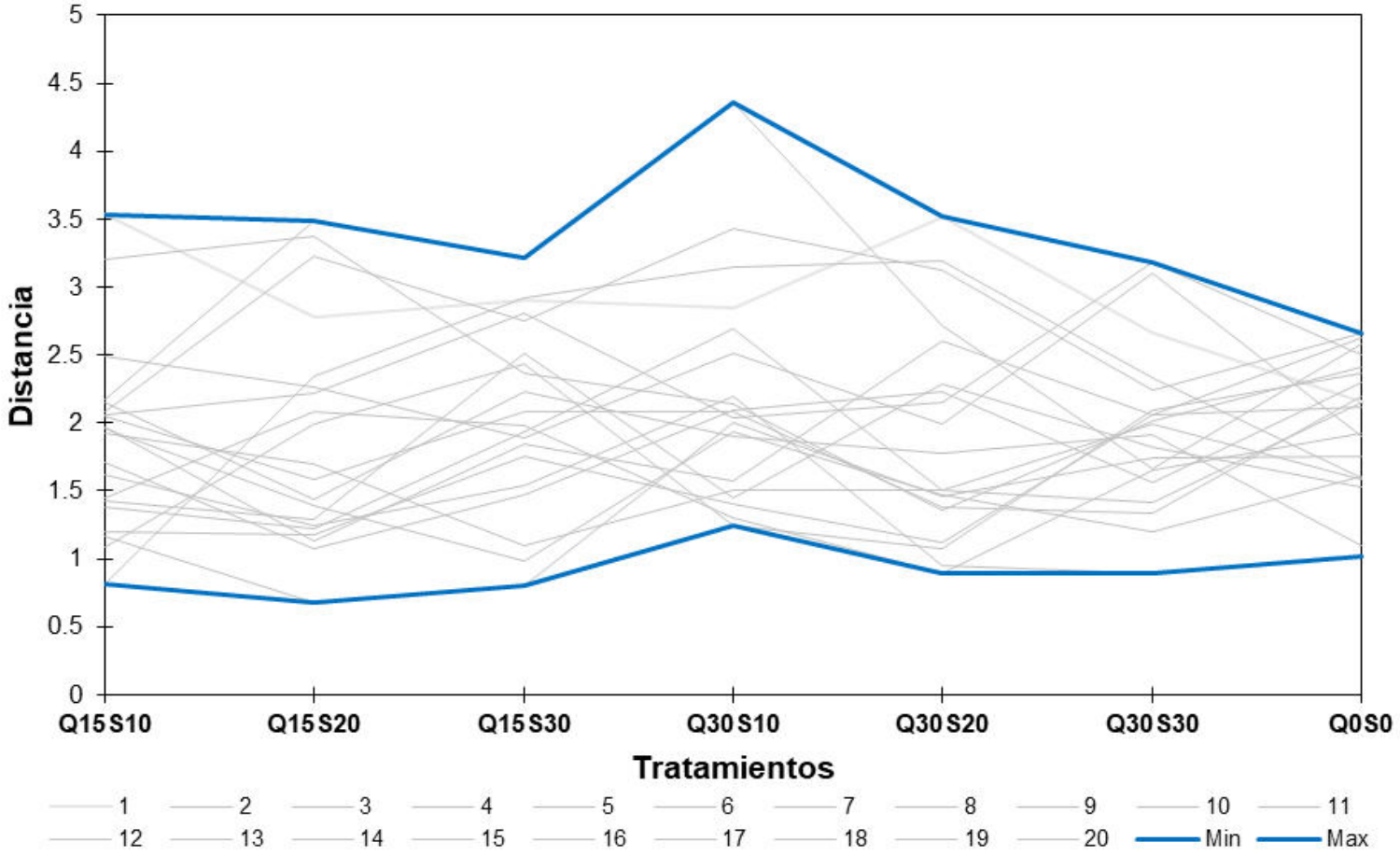
principales ácidos fenólicos identificados son el ferúlico, el cafeico, el p-cumárico y el benzoico, mientras que los flavonoides más importantes son el kaempferol, la miricetina y la quercetina (Gómez-Caravaca et al., 2012; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010).

La interacción entre la incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar afectó significativamente la capacidad antioxidante de las galletas, como lo indican los resultados de DPPH en comparación con la muestra de control. La combinación de un 15 % de harina de quinua y una reducción del 20 % en el azúcar mostró una mayor capacidad antioxidante, alcanzando los 29,7 mg/mL. La presencia de azúcar en la repostería puede ayudar a proteger los compuestos antioxidantes del calor, por lo que reducir el azúcar puede disminuir este efecto protector. Además, los procesos de hidrólisis y caramelización de la azúcar crean compuestos que mejoran la capacidad antioxidante del producto final. Por lo tanto, reducir la cantidad de azúcar puede conducir a una disminución de esta capacidad antioxidante (Tsai et al., 2005). Según los resultados del ORAC, se observó que la incorporación de harina de quinua al 15 % y al 30 % no mostró diferencias significativas en la actividad antioxidante de las galletas, independientemente de los niveles de reducción de azúcar. Además, una reducción del 10 % en el azúcar afectó negativamente a la capacidad antioxidante, mientras que las reducciones del 20 % y del 30 % no mostraron diferencias significativas. No obstante, estudios previos han indicado que añadir harina de quinua a las galletas mejoraba su potencial antioxidante (Demir y Kilinç, 2017; Hidalgo et al., 2018; Watanabe et al., 2014), lo que se debe a los compuestos bioactivos que posee la quinua (Pereira et al., 2020) . Principalmente ácidos fenólicos y flavonoides, lo que sugiere su uso como ingredientes funcionales para mejorar la actividad antioxidante y contribuir al control de las ENT (Pellegrini et al., 2018).

4.4. Perfil descriptivo sensorial con expertos

La figura 17 ilustra el rendimiento del panel de expertos que evalúan diversos tratamientos de galletas en términos de distancia (diferencias percibidas). El eje vertical representa la distancia media, que indica lo similares o diferentes que fueron las evaluaciones. Las líneas azules marcan los límites aceptables, mientras que las grises muestran la respuesta de cada experto. Basándonos en estos resultados, podemos concluir que las respuestas de los expertos fueron unánimes al evaluar la intensidad de los atributos entre los límites superior e inferior. Así pues, las evaluaciones de los expertos pueden considerarse válidas.

Figura 16 *Rendimiento del panel de expertos expresado en distancias entre expertos por tratamiento*



Tratamientos: Q0S0: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q15S20: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; Q30S10: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q30S20: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q30S30: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada por panelistas expertos se muestran en la Tabla 15. Las muestras de galletas exhibieron diferencias estadísticas en los atributos oscuro, dulce y miel, lo que indica que los expertos pudieron detectar diferencias entre ellas. La adición de harina de quinua hizo que las galletas parecieran más oscuras; este comportamiento se alinea con los resultados instrumentales donde la incorporación de harina de quinua aumentó la oscuridad de las galletas, como lo evidencia la disminución de la luminosidad (L*) según estudios previos (Demir & Kilinç, 2017; Lorenz, 1990; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014). De acuerdo con los resultados instrumentales, las galletas con harina de quinua y reducción de azúcar fueron percibidas como menos duras que la muestra de control. Este hallazgo es coherente con la literatura (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018a; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Por el contrario, la reducción del contenido de azúcar disminuyó el dulzor de las galletas, lo que produjo diferencias significativas con respecto a la muestra de control. Este resultado era de esperar, ya que la cantidad de azúcar afecta significativamente a la percepción del dulzor (Erdem et al., 2023; Kawakami et al., 2025; Lingiardi et al., 2023). El atributo «miel» de las galletas puede deberse a la caramelización y a la reacción de Maillard, en la que los azúcares se descomponen y generan compuestos melosos que crean ese sabor dulce y característico (Kathuria et al., 2023).

No se encontraron diferencias significativas entre las muestras en cuanto a los atributos de mantequilla y grasa. Sin embargo, el atributo salado aumentó con la adición de harina de quinua, mientras que el atributo crujiente disminuyó a medida que aumentaba la cantidad de harina de quinua y se reducía el contenido de azúcar. Esto concuerda con los resultados obtenidos en la parte instrumental, donde la fracturabilidad de las galletas mostró una variación decreciente en comparación con la muestra de control, un hallazgo similar al descrito por Jan et al. (2018b). Además, un estudio indicó que la disminución del azúcar puede influir en la estructura cristalina y la retención de humedad, lo que da lugar a una menor fracturabilidad (Luo et al., 2019).

Tabla 15

Atributos sensoriales de las galletas en función de la reducción de azúcar y la adición de quinua

Variables	Niveles	Reducción al 10% azúcar	Reducción al 20% azúcar	Reducción al 30% azúcar	Promedio	Factorial	Control
Oscuro	**Quinua 15%**	4.08±2.03	4.70±2.34	4.28±2.34	4.35±2.22^{b}	4.96±2.37^{a}	2.45±1.97^{b}
	Quinua 30%	4.99±2.50	5.35±2.28	6.38±2.22	5.57±2.37^{a}		
	Promedio	4.54±2.29	5.02±2.30	5.33±2.49			
Dulce	**Quinua 15%**	4.35±1.80	2.91±2.31	2.66±1.98	3.31±2.14	3.20±2.22^{b}	5.27±2.72^{a}
	Quinua 30%	4.19±2.79	2.92±2.06	2.15±1.53	3.09±2.31		
	Promedio	4.27±2.32^{a}	2.92±2.16^{b}	2.41±1.77^{b}			
Grasoso	**Quinua 15%**	3.55±2.33	3.80±2.81	3.26±2.24	3.54±2.44	3.43±2.37	3.08±2.73
	Quinua 30%	3.46±2.42	3.34±2.44	3.21±2.20	3.33±2.32		
	Promedio	3.50±2.35	3.57±2.61	3.24±2.19			
Salado	**Quinua 15%**	1.47±1.46	1.71±1.97	1.79±2.01	1.66±1.80	1.89±1.99	1.02±0.96
	Quinua 30%	1.66±2.16	2.29±2.00	2.44±2.33	2.13±2.16		
	Promedio	1.56±1.82	2.00±1.98	2.12±2.17			
Mantequilla	**Quinua 15%**	4.62±2.34	4.07±2.71	3.38±2.19	4.02±2.44	3.92±2.25	3.81±2.82
	Quinua 30%	4.02±2.06	3.81±1.93	3.64±2.28	3.82±2.07		
	Promedio	4.32±2.20	3.94±2.33	3.51±2.21			
Miel	**Quinua 15%**	1.23±1.87	0.87±1.21	0.92±1.21	1.00±1.45	1.20±1.55	0.61±0.63
	Quinua 30%	1.65±1.87	1.530±1.90	1.035±0.93	1.41±1.63		
	Promedio	1.44±1.86	1.20±1.61	0.98±1.07			
Duro	**Quinua 15%**	2.28±2.00	3.25±2.21	3.47±2.83	3.00±2.39	3.29±2.45^{b}	5.84±2.89^{a}
	Quinua 30%	2.69±2.33	3.19±2.06	4.87±2.62	3.58±2.49		
	Promedio	2.49±2.15^{b}	3.22±2.11^{ab}	4.17±2.79^{a}			
Quebradizo	**Quinua 15%**	3.06±2.59	3.20±2.53	2.38±1.77	2.88±2.32	2.96±2.37	3.48±2.95
	Quinua 30%	3.08±2.73	3.25±2.26	2.82±2.38	3.05±2.43		
	Promedio	3.07±2.63	3.22±2.37	2.60±2.08			
Crocante	**Quinua 15%**	5.48±2.80	5.47±2.34	4.39±2.66	5.11±2.61	4.83±2.51	6.64±2.41
	Quinua 30%	4.69±2.54	4.59±2.36	4.38±2.35	4.55±2.38		
	Promedio	5.08±2.67	5.03±2.36	4.38±2.48			

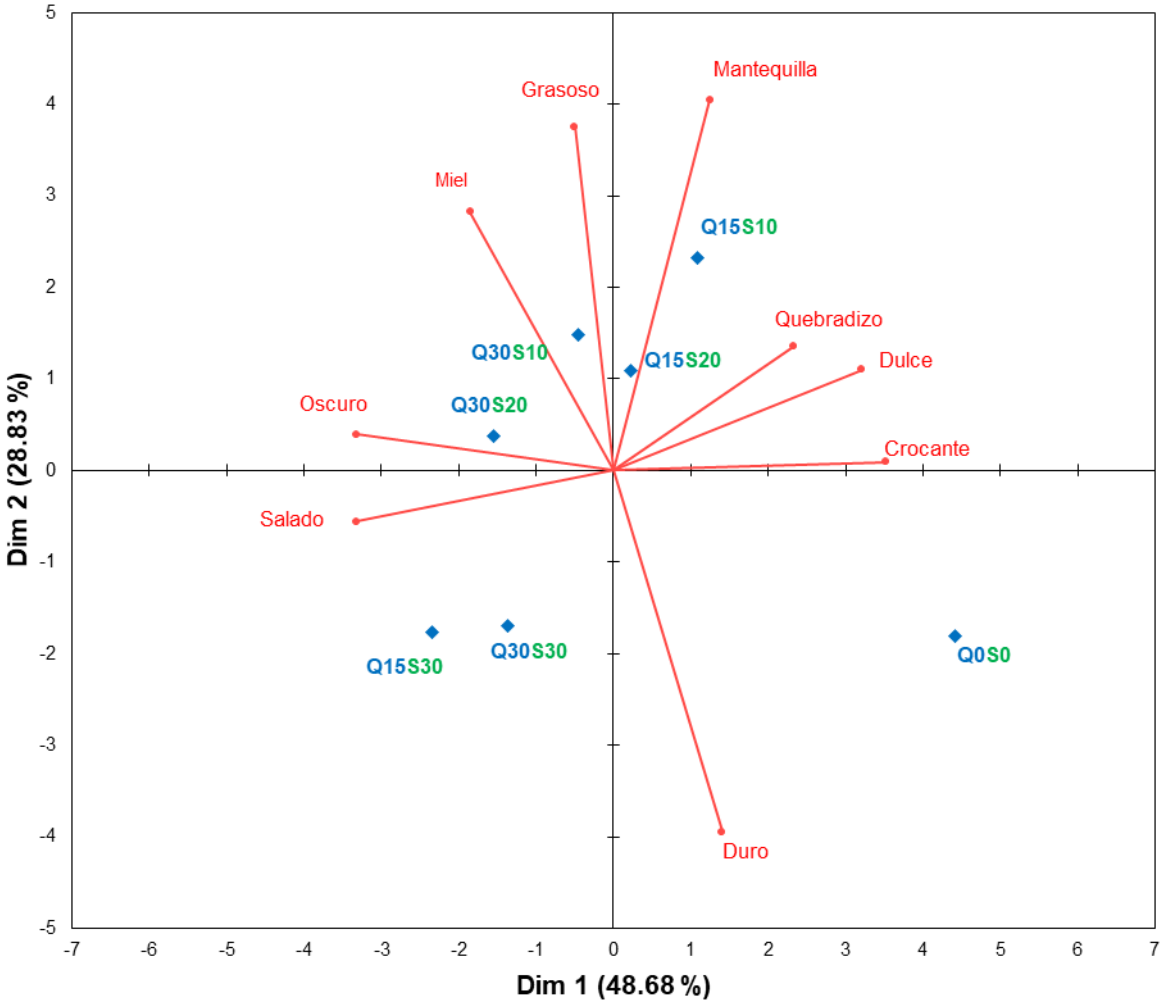
* Todos los valores se presentan como media ± DE y aquellos con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las letras minúsculas indican cambios significativos en los diferentes porcentajes de quinua. Los valores en negrita con diferentes letras en la misma fila indican que la media factorial difiere del control con un nivel de significación del 5 %. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

La figura 18 presenta el biplot PCA que ilustra los atributos sensoriales que caracterizaron las muestras de galletas. Los dos primeros componentes principales (Dim 1: 48,68 % y Dim 2: 28,83 %) explican el 77,51 % de la varianza total. Los vectores rojos representan los atributos sensoriales, mientras que las etiquetas azules indican el porcentaje de incorporación de harina de quinua y las etiquetas verdes muestran los porcentajes de reducción de azúcar para los diferentes tratamientos. La muestra de control (Q0S0) se encuentra alejada de las demás formulaciones, lo que sugiere un perfil sensorial distintivo, ya que se percibe como más dura. Este comportamiento es coherente con los resultados instrumentales y concuerda con los hallazgos de estudios anteriores (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Los tratamientos con mayor reducción de azúcar (S30) y mayor incorporación de harina de quinua (Q30) se agrupan por separado, lo que indica cambios significativos en la percepción sensorial. Una mayor reducción de azúcar (S30) se asoció con atributos duros y oscuros, mientras que las formulaciones con mayor adición de harina de quinua (Q30) tienden a alinearse con atributos salados, oscuros, melosos y grasos. Estos hallazgos son coherentes con estudios anteriores, como los de Wagoner et al., (2018) y McKenzie et al., (2022), que informaron de que la reducción de azúcar altera la textura y la percepción del dulzor, mientras que la harina de quinua influye en el color debido a su contenido en proteínas y fibra (Demir & Kilinç, 2017; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014). Por otro lado, el atributo salado podría estar relacionado con los minerales y las sales presentes en la quinua, que influyen en la percepción del sabor, junto con las proteínas vegetales que contribuyen a la salinidad (Rosell et al., 2010).

Los tratamientos con incorporación de quinua (Q15) y reducción de azúcar (S10, S20) se percibieron como crujientes, mantecosos, dulces y desmenuzables. Estos resultados concuerdan con estudios previos (Azizi et al., 2020; (Demir & Kilinç, 2017), que destacan la fibra, las proteínas y los ácidos grasos esenciales de la harina de quinua como factores que contribuyen a una textura crujiente y quebradiza que se desmenuza fácilmente. Además, los productos se perciben como dulces, lo que sugiere una reducción de hasta un 20 % en la azúcar sin afectar al sabor (Lingiardi et al. 2023). La fragilidad está relacionada con la estructura de la quinua, donde sus proteínas (14,45 %) y fibra (9,5 %) promueven la rigidez y la fácil desintegración (Demir y Kilinç, 2017).

Figura 17

Espacio perceptual de los atributos que caracterizan las muestras de galletas según los resultados del DA



Tratamientos: Q0S0: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q15S20: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; Q30S10: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q30S20: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q30S30: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

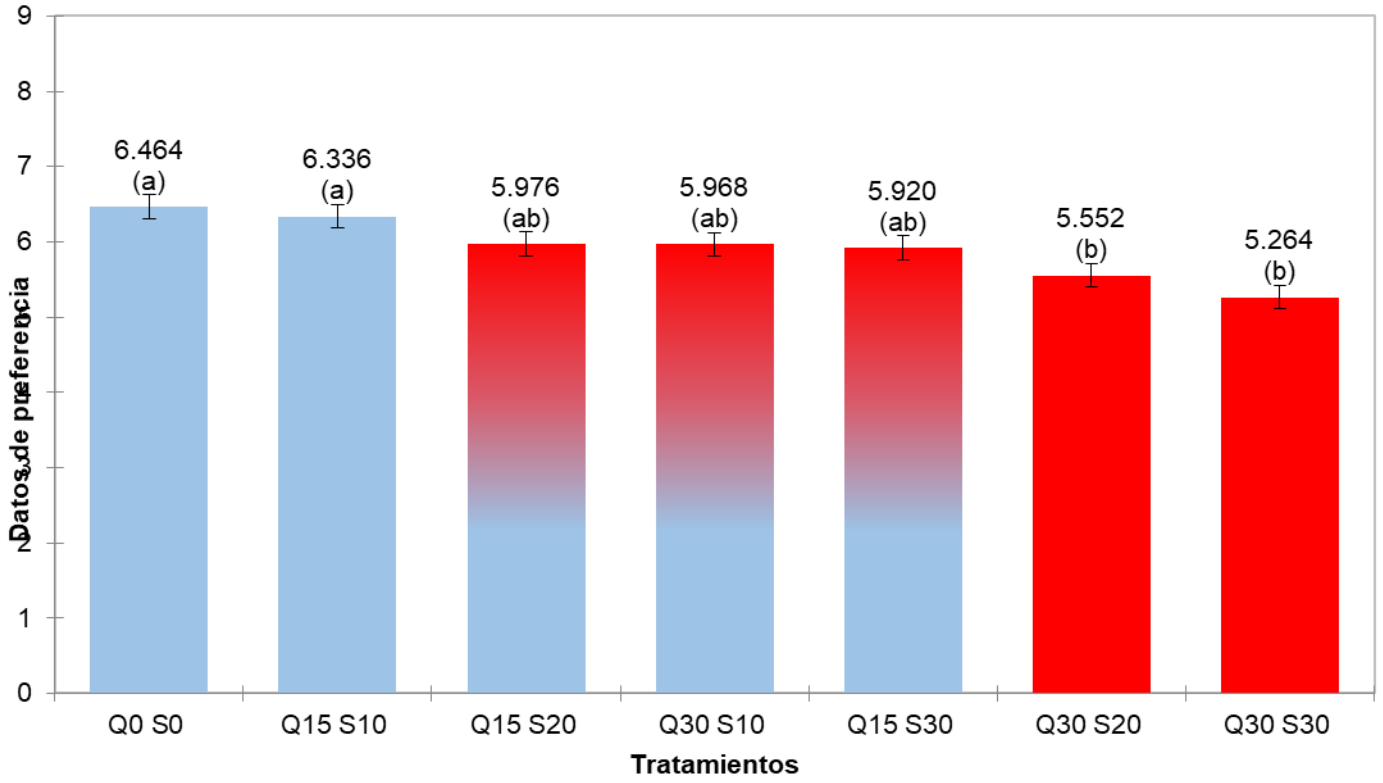
4.5. Percepción sensorial de los consumidores brasileños

La figura 19 muestra la aceptación de las muestras de galletas por parte de los consumidores. El eje Y representa el agrado general en una escala de 0 a 9, y el eje X representa los tratamientos evaluados. Los valores sobre cada barra indican la preferencia media, mientras que las letras (A, B, AB) indican grupos estadísticamente diferentes. Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente, mientras que los que tienen letras distintas son estadísticamente diferentes. En este contexto, las muestras de control Q0SO (6,464) y Q15S10 (6,336) obtuvieron la mayor tasa de aceptación por parte de los consumidores, posicionándose en el grupo A. Este comportamiento es coherente con estudios previos que muestran una mayor aceptación de la muestra de control (Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017; Watanabe et al., 2014). Mientras que los tratamientos Q15S20 (5,976), Q15S30 (5,968) y Q30S10 (5,920) formaron un grupo intermedio (AB), lo que indica que, aunque sus puntuaciones fueron ligeramente inferiores a las de los tratamientos del grupo A, seguían mostrando una alta aceptación por parte de los consumidores. Este comportamiento se alinea con estudios previos, como el de Jan et al. (2018), que sugieren que añadir hasta un 30% de harina de quinua sin afectar significativamente a la aceptabilidad sensorial es adecuado. Del mismo modo, Lingiardi et al. (2023) encontraron que una reducción del 23,5% de un ingrediente no comprometía la alta aceptación sensorial. En línea con lo anterior, Muñoz et al. (1992) observaron que puntuaciones entre 6 y 9 en una escala hedónica de 9 puntos son buenos indicadores de aceptación sensorial en el mercado.

Sin embargo, se observó que la mayor incorporación de harina de quinua y la reducción de azúcar en los tratamientos Q30S20 (5,552) y Q30S30 (5,264) del grupo B tuvieron un impacto negativo en la percepción del consumidor, obteniendo puntajes significativamente bajos. Este comportamiento podría explicarse por el impacto que la modificación de la formulación tuvo sobre las características sensoriales del producto, como el sabor y la textura, el color, que podrían haber sido percibidas de forma menos favorable, afectando así al agrado del consumidor (Azizi et al., 2020; Chopra et al., 2018a; Demir & Kilinç, 2017; Lingiardi et al., 2023).

Figura 18

Gráfico de barras que representa la valoración general de los tratamientos con galletas. Las barras de error representan el error estándar de la media



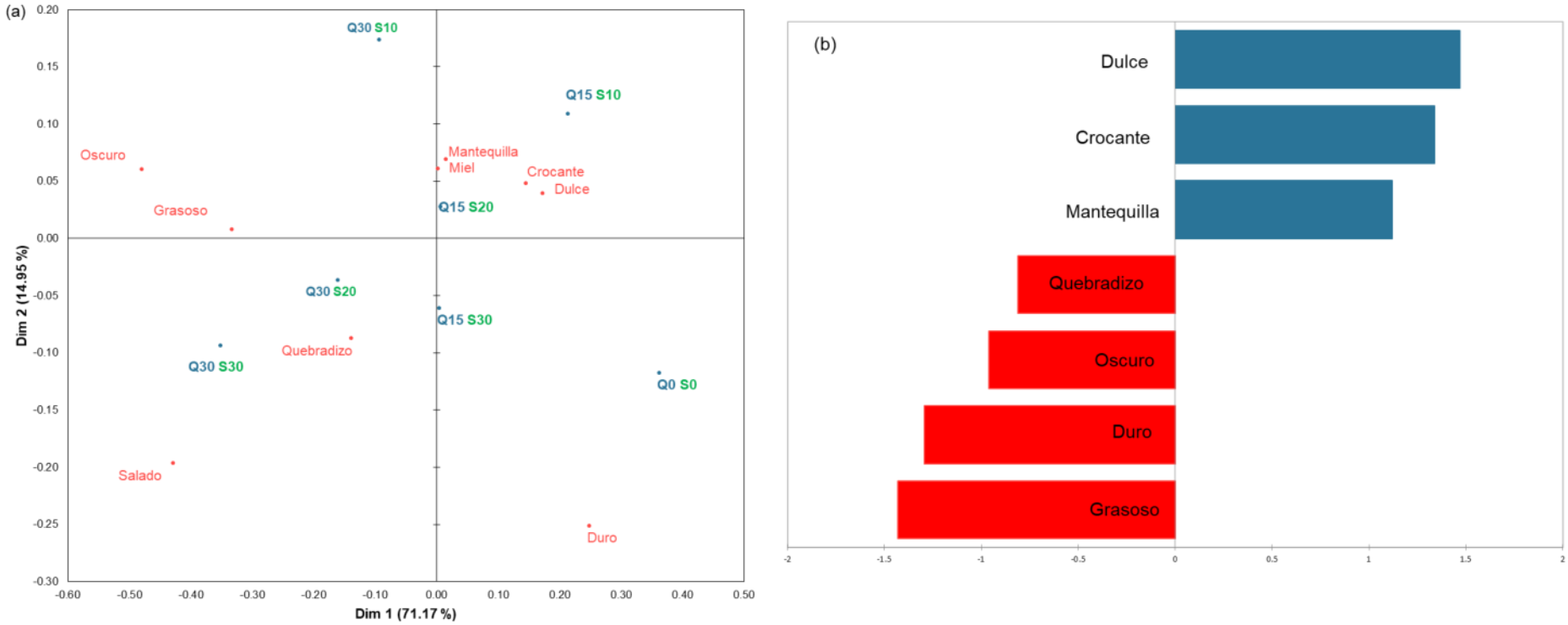
Tratamientos: Q0S0: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q15S20: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; Q30S10: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q30S20: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q30S30: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar

La figura 20 (a) muestra el CA que ilustra los atributos sensoriales que caracterizan las muestras de galletas según el perfil sensorial del consumidor. Las dos primeras dimensiones (Dim 1: 71,17 % y Dim 2: 14,95 %) representan el 86,12 % de la varianza total. Los vectores rojos representan los atributos sensoriales, mientras que las etiquetas azules y verdes indican diferentes tratamientos. La muestra de control (Q0S0) se situó lejos de las demás formulaciones, lo que sugiere un perfil sensorial único, percibido como más duro. Este mismo patrón se observó en el perfil sensorial con expertos que utilizaron DA, en consonancia con los resultados instrumentales y con las conclusiones de estudios anteriores (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Los tratamientos con mayor reducción de azúcar (S30) y mayor incorporación de harina de quinua (Q30) se agrupan por separado, lo que indica cambios significativos en la percepción sensorial de los consumidores. Una mayor reducción de azúcar (S30) se asoció con atributos salados y quebradizos, mientras que las formulaciones con mayor adición de harina de quinua (Q30) tendieron a alinearse con atributos salados, oscuros, quebradizos y grasosos. Estos hallazgos coinciden con el perfil sensorial obtenido mediante DA y los resultados instrumentales, en consonancia con los estudios de Wagoner et al. (2018) y McKenzie et al. (2022), que señalan que la reducción del azúcar afecta a la textura y al dulzor, mientras que la harina de quinua oscurece el color (Demir y Kilinç, 2017; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014).

Por otro lado, los tratamientos que incorporan quinua (Q15) y reducen la azúcar (S10, S20) tienden a asociarse con atributos como crujiente, mantecoso, dulce y miel. Estos resultados concuerdan con estudios previos, como los de Azizi et al. (2020) y Chopra et al. (2018), que sugieren que la harina de quinua proporciona una textura crujiente y mantecosa y que la azúcar se puede reducir hasta en un 20 % sin alterar el sabor, ya que los tratamientos mantienen su dulzor, coincidiendo con los informes de Lingiardi et al. (2023), quienes redujeron el contenido de azúcar en galletas destinadas a escolares en un 23,5 % sin comprometer el perfil sensorial.

Figura 19

Análisis de correspondencias de los resultados de CATA sobre muestras de galletas (a) y factores que influyen en la preferencia por las muestras de galletas (b)



Tratamientos: Q0S0: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q15S20: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q15S10: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; Q30S10: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; Q30S20: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; Q30S30: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar

Según los factores que influyen en el gusto (Figura 20 (b)) y el perfil sensorial del consumidor (Figura 20 (a)), los factores positivos que influyen en el gusto, como crujiente, dulce, miel y mantequilla, se asocian principalmente con los tratamientos Q15S10 y Q15S20. Este hallazgo concuerda con estudios anteriores, como los de Azizi et al. (2020), que identificaron la textura crujiente como clave para la aceptación de los productos enriquecidos con quinua, y Chopra et al. (2018), que destacaron que la sensación mantecosa mejora la aceptación debido a los ácidos grasos esenciales de la quinua. Además, el dulzor y el sabor a miel se han identificado como factores positivos en los productos con bajo contenido en azúcar, tal y como se observa en el estudio de Lingiardi et al. (2023). Por otro lado, los factores negativos que influyen en el gusto, como la untuosidad, la dureza, la fragilidad y el color oscuro, están más estrechamente relacionados con los tratamientos Q30S20 y Q30S30, que presentan una mayor presencia de estas características menos favorables. Este comportamiento concuerda con los resultados de estudios como los de Rosell et al. (2010) y Jan et al., (2018b), que señalaron que la dureza y la untuosidad son atributos que afectan negativamente a la aceptación de los productos alimenticios. El tratamiento de control (Q0S0) y el Q15S30 ocupan una posición intermedia, lo que indica un equilibrio entre los atributos positivos y negativos.

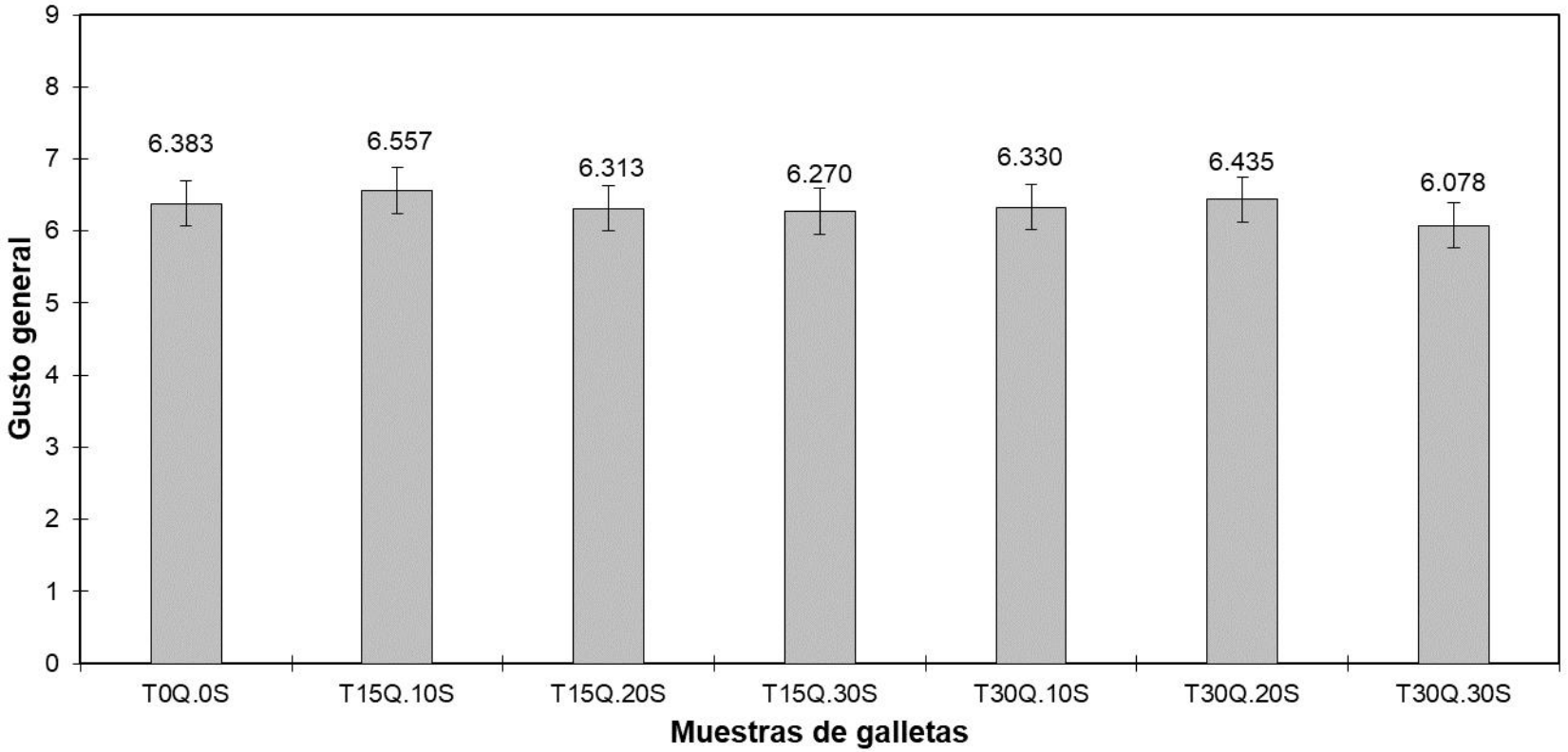
La reducción de la azúcar y la incorporación de harina de quinua en la formulación de las galletas tienen un impacto significativo en las propiedades bioactivas, sensoriales y físicas del producto. La reducción del azúcar, al tiempo que mejora el perfil nutricional al disminuir el contenido calórico, afecta al dulzor y la textura de las galletas, lo que conduce a una menor aceptación sensorial cuando las reducciones son más pronunciadas. Por otro lado, la incorporación de harina de quinua mejora el perfil nutricional de las galletas al aumentar el contenido de compuestos bioactivos, como los antioxidantes, y proporcionar beneficios funcionales. Sin embargo, también cambia las características físicas, como la dureza y el color, lo que puede influir en el gusto del consumidor. Mientras que las galletas con un 15 % de harina de quinua y una reducción moderada de azúcar logran un buen equilibrio entre sabor, textura y beneficios nutricionales, aquellas con proporciones más altas de quinua o una reducción más significativa de azúcar presentan una mayor fragilidad, un color más oscuro y una menor dulzura, lo que disminuye su aceptación sensorial.

4.6. Percepción sensorial de los consumidores peruanos

En la figura 21 se muestra la aceptación de las galletas entre los consumidores jóvenes. Todas las muestras obtuvieron una puntuación de aceptación superior a 6, lo que corresponde a «me gusta un poco», lo que indica un nivel moderado de aceptación. Observaciones similares fueron reportadas por Nadian et al. (2021) sobre la aceptación sensorial de galletas bajas en azúcar que contienen harina de quinua como sustituto de la harina de trigo, lo que sugiere que es factible mejorar el perfil nutricional de las galletas. Sin embargo, aunque las muestras eran estadísticamente similares, las galletas con una mayor reducción de azúcar (T15Q.30S) y que incluían quinua (T30Q.30S) tendían a recibir puntuaciones ligeramente más bajas. Esta tendencia es previsible debido a la preferencia innata del ser humano por los sabores dulces (Deliza et al., 2021) y a la presencia de compuestos amargos que disminuyen la aceptación de la quinua, como las saponinas (Suárez-Estrella et al., 2018). Sin embargo, las propiedades texturales de los productos que contienen quinua también son cruciales para la aceptación sensorial (Eduardo, Bedoya-Perales, et al., 2024). En este contexto, examinar el perfil sensorial de las muestras de galletas es esencial para comprender mejor las respuestas hedónicas.

Figura 20

Gusto general de las galletas evaluado por adultos jóvenes peruanos



Tratamientos: T0Q.0S: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

El perfil sensorial de las galletas se evaluó utilizando una lista predefinida de atributos sensoriales tomada de nuestro estudio anterior, que fue definida por expertos (Álvarez et al., 2025). Los atributos estaban relacionados con el aspecto, el sabor y la textura de las galletas. La tabla 16 presenta las proporciones de citas de los atributos sensoriales en los diferentes tratamientos de galletas formuladas con distintos porcentajes de harina de quinua y reducción de azúcar. Los atributos sensoriales que mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de galletas estaban relacionados con el sabor y la textura. Como era de esperar, el dulzor disminuyó proporcionalmente con la reducción de azúcar, pero los atributos de textura, como grasiento, quebradizo, crujiente y duro, mostraron variaciones significativas entre los tratamientos. En general, se observa que los cambios se deben al efecto combinado de la reducción de azúcar y la incorporación de harina de quinua. Bajo esta premisa, la untuosidad y la fragilidad tendieron a aumentar, la dureza tendió a disminuir y el crujiente fue menor con la máxima reducción de azúcar y la máxima incorporación de quinua (T30Q.30S).

El perfil sensorial desde la perspectiva multivariante presenta resultados complementarios a las proporciones de elicitación. El CA de la figura 21 muestra que, para la primera dimensión horizontal (81,20 % de la variabilidad de los datos), la galleta de control se asoció con el atributo «duro», lo que diferencia a los tratamientos reformulados y confirma la observación de la tabla 1. La segunda dimensión, a pesar de tener poca representación en la variabilidad de los datos (8,85 %), muestra que las galletas reformuladas se diferencian principalmente por la reducción de azúcar. Así, en la parte vertical superior, los tratamientos con mayor reducción de azúcar se asociaron con salado, quebradizo, oscuro y mantecoso, mientras que, en la parte inferior, los tratamientos con menor reducción de azúcar se asociaron con crujiente, miel y dulce.

Tabla 16

Proporciones de elicitación de los atributos sensoriales de las galletas evaluadas por adultos jóvenes

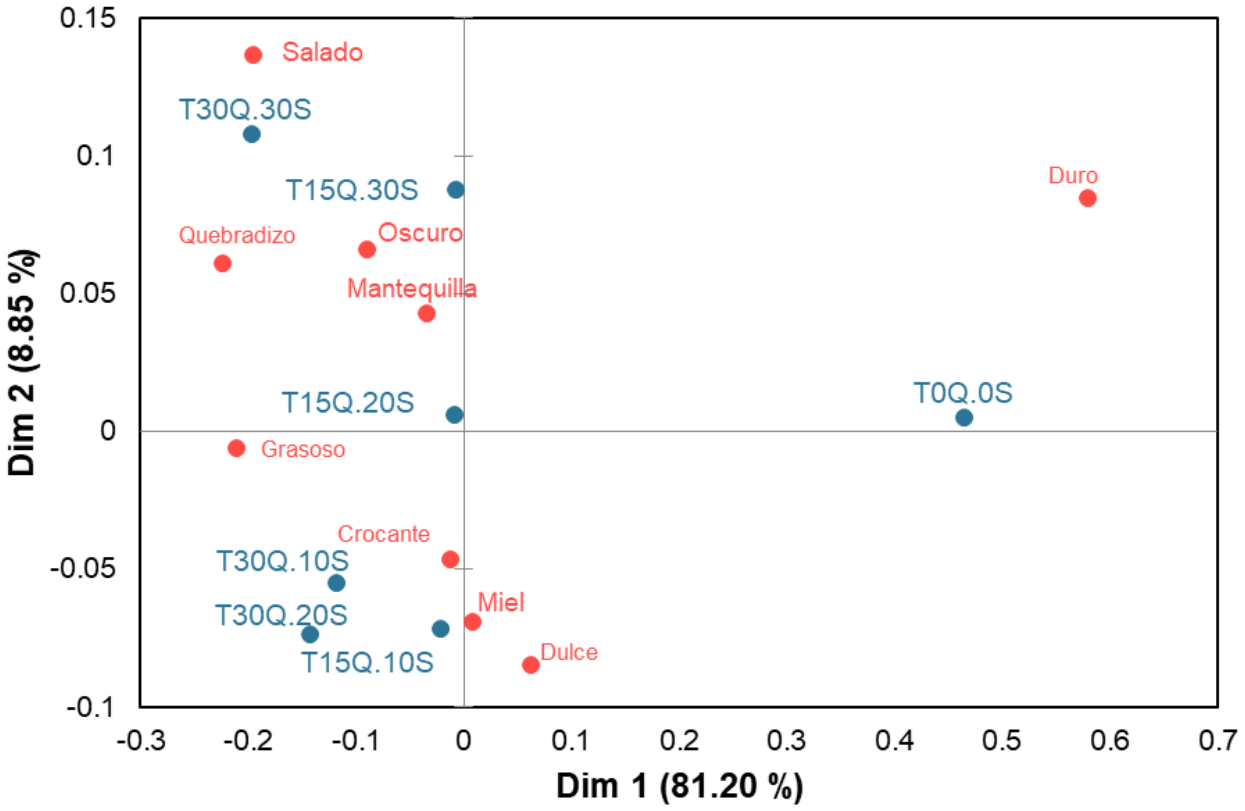
Atributos	T0Q.0S	T15Q.10S	T15Q.20S	T15Q.30S	T30Q.10S	T30Q.20S	T30Q.30S
Oscuro	0.157 (a)	0.200 (a)	0.174 (a)	0.235 (a)	0.200 (a)	0.183 (a)	0.209 (a)
Salado	0.087 (a)	0.104 (a)	0.157 (a)	0.191 (a)	0.165 (a)	0.157 (a)	0.183 (a)
Miel	0.322 (a)	0.261 (a)	0.278 (a)	0.209 (a)	0.330 (a)	0.313 (a)	0.270 (a)
Grasoso	0.130 (a)	0.226 (a)	0.278 (b)	0.226 (ab)	0.287 (b)	0.270 (b)	0.270 (ab)
Mantequilla	0.487 (a)	0.461 (a)	0.478 (a)	0.513 (a)	0.435 (a)	0.548 (a)	0.530 (a)
Quebradizo	0.235 (a)	0.470 (b)	0.426 (ab)	0.409 (ab)	0.478 (b)	0.417 (ab)	0.591 (b)
Dulce	0.783 (c)	0.739 (bc)	0.635 (abc)	0.565 (ab)	0.696 (bc)	0.661 (abc)	0.522 (a)
Crocante	0.617 (ab)	0.704 (b)	0.626 (ab)	0.678 (ab)	0.626 (ab)	0.687 (ab)	0.513 (a)
Duro	0.730 (c)	0.261 (ab)	0.304 (b)	0.313 (b)	0.191 (ab)	0.139 (a)	0.174 (ab)

*Todos los valores se presentan como media ± DE, y aquellos con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las letras minúsculas indican cambios significativos en los diferentes porcentajes de quinua. Los valores en negrita con letras diferentes en la misma fila indican que la media factorial difiere del control con un nivel de significación del 5 %. Control: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

El perfil sensorial desde la perspectiva multivariante presenta resultados complementarios a las proporciones de elicitación. El CA de la figura 22 muestra que, para la primera dimensión horizontal (81,20 % de la variabilidad de los datos), la galleta de control se asoció con el atributo «duro», lo que la diferencia de los tratamientos reformulados y confirma la observación de la tabla 15. La segunda dimensión, a pesar de tener poca representación en la variabilidad de los datos (8,85 %), muestra que las galletas reformuladas se diferencian principalmente por la reducción de azúcar. Así, en la parte vertical superior, los tratamientos con mayor reducción de azúcar se asociaron con salado, quebradizo, oscuro y mantecoso, mientras que, en la parte inferior, los tratamientos con menor reducción de azúcar se asociaron con crujiente, miel y dulce.

Figura 21

Análisis de correspondencias de galletas y sus atributos sensoriales evaluados por adultos jóvenes



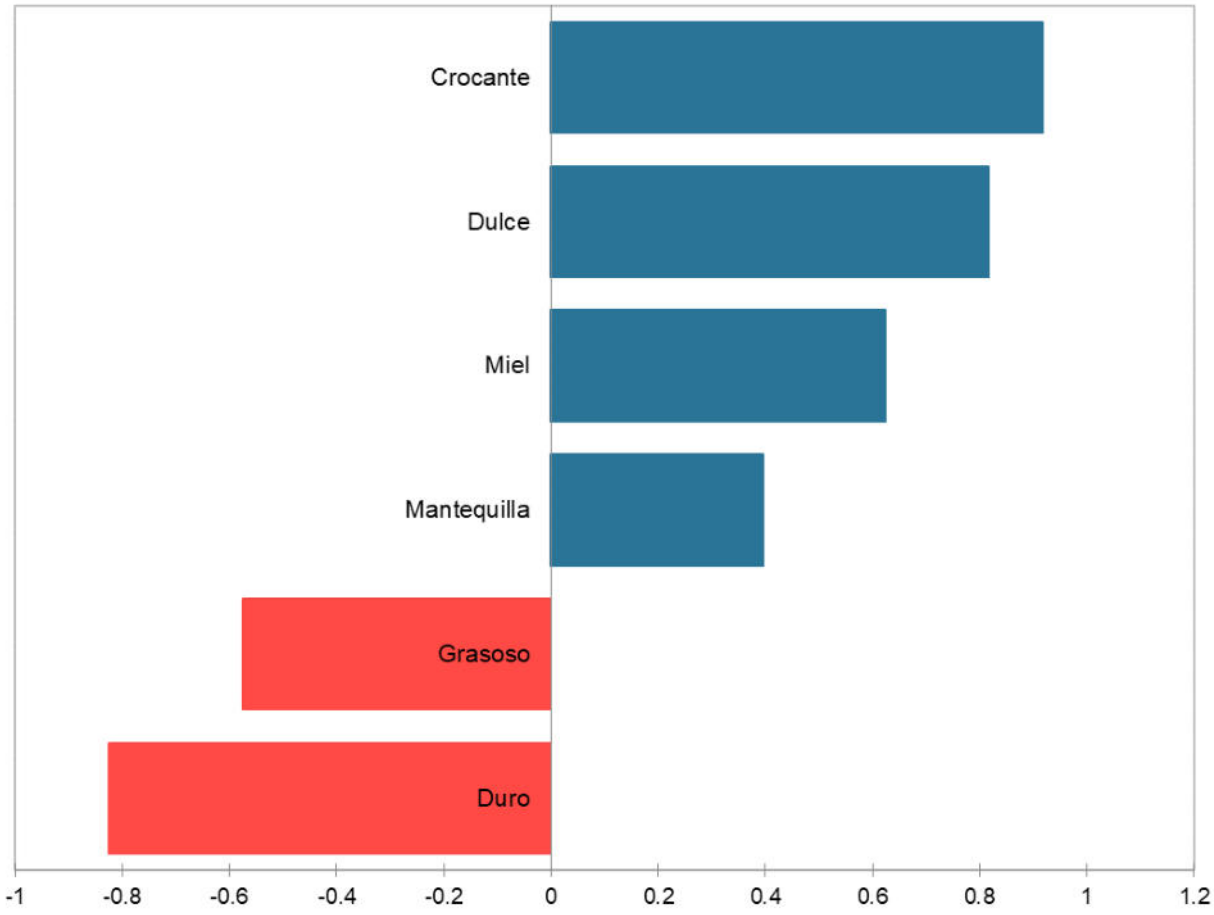
Tratamientos: T0Q.0S: 0 % de incorporación de harina de quinua, 0 % de reducción de azúcar; T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T15Q.20S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T15Q.30 S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar; T30Q.30S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 30 % de reducción de azúcar.

Estos resultados concuerdan con los efectos sensoriales del azúcar y la harina de quinua observados en otros estudios. Así, el azúcar se cristaliza en las galletas, lo que da lugar a una superficie más crujiente (Luo et al., 2019), mientras que la harina de quinua, como sustituto de la harina de trigo en cantidades moderadas, disminuyó la dureza de las galletas (Wang et al., 2015). Por lo tanto, se espera una textura menos crujiente y menos dura con mayores reducciones de azúcar y la incorporación de harina de quinua. Otras contribuciones de la harina de quinua pueden estar relacionadas con su contenido en minerales y grasas, que, junto con la reducción de azúcar, pueden haber contribuido, respectivamente, a la percepción de salinidad y grasa o mantequilla. En cuanto al aspecto, la percepción de oscuridad puede estar relacionada con la aportación proteica de la harina de quinua, principalmente debido a la aportación del aminoácido lisina, que se ha descrito como abundante en la quinua y es el principal responsable de la reacción de Maillard que proporciona el color característico a los productos de panadería (Wasi et al., 2024), así como a la presencia de compuestos fenólicos en la quinua, que forman pigmentos oscuros (Brito et al., 2015).

El impacto de los atributos sensoriales en la aceptación sensorial determinada por los adultos jóvenes se analizó mediante un análisis de penalización-elevación. Como se muestra en la figura 23, los atributos con barras azules hacia la derecha indican un efecto positivo en la aceptación, siendo los más influyentes el crujiente y el dulce. Por el contrario, una mayor incidencia de los atributos duros y grasos es negativa para la aceptación (barras rojas). El impacto negativo de lo duro coincide con Rodríguez-García et al., (2013), quienes informaron de que las texturas demasiado densas o rígidas son menos deseables en las galletas.

Figura 22

Análisis de la penalización de los factores positivos (barras azules) y negativos (barras rojas) que influyen en la preferencia por las galletas evaluadas por adultos jóvenes



Los resultados demuestran que era necesaria una reformulación moderada de las galletas para potenciar los atributos sensoriales positivos y reducir los negativos, lo que concuerda con investigaciones previas que indican que los consumidores valoran un perfil de dulzor equilibrado y una textura atractiva en los productos horneados con bajo contenido en azúcar (Kawakami et al., 2025). En este sentido, teniendo en cuenta los factores positivos que influyen en el gusto y su ubicación en el perfil sensorial multivariante, los tratamientos más destacados fueron T15Q.10S, T30Q.10S y T30Q.20S, cuya principal característica común es la reducción intermedia de azúcar, que se asociaron con los atributos crujiente, miel y dulce (Figura 23), y no presentaron diferencias estadísticas univariantes con el tratamiento de control (Tabla 15) para esos atributos. Por lo tanto, esos tratamientos fueron seleccionados para el análisis sensorial con niños en edad escolar.

4.7. Caracterización hedónica y sensorial por parte de niños en edad escolar

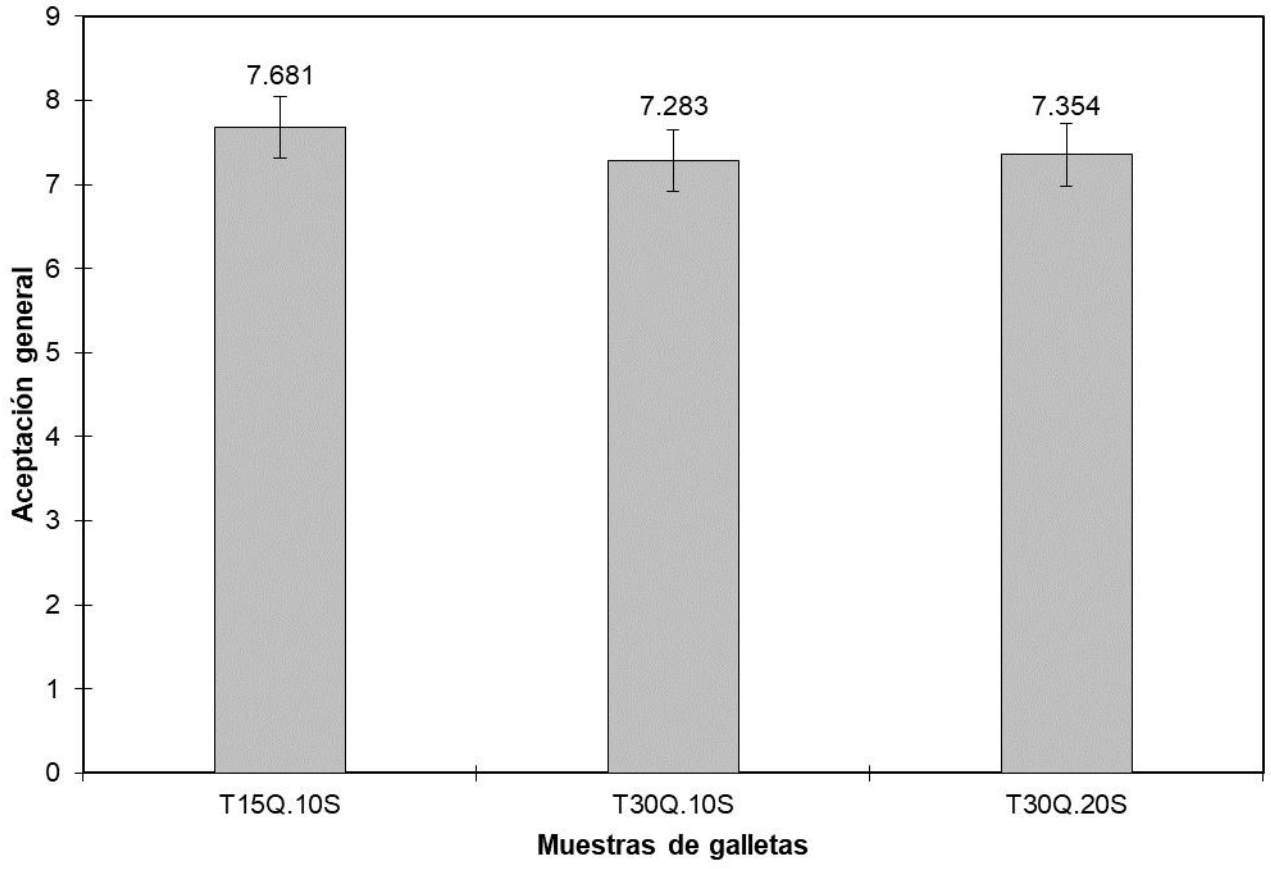
Se ha recomendado que la evaluación sensorial con niños se realice en un tiempo más corto que con adultos, con el fin de optimizar la capacidad de atención de los niños durante la evaluación (Issanchou, 2015). En este sentido, la propuesta de una fase de evaluación previa con adultos jóvenes dio lugar a la selección de tres tratamientos de galletas con harina de quinua y reducción de azúcar en cantidades moderadas, teniendo en cuenta las puntuaciones de aceptación, los perfiles sensoriales univariantes y multivariantes, y los atributos sensoriales que determinan el gusto.

La figura 24 muestra las puntuaciones de aceptación de los tratamientos T15Q.10S, T30Q.10S y T30Q.20S, que alcanzaron valores superiores a 7 puntos y pueden interpretarse como «gusta moderadamente». Además, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Curiosamente, las puntuaciones de aceptación fueron más altas que las de los adultos jóvenes, lo que sugiere que la estrategia de evaluación en dos etapas dio lugar a un mayor agrado sensorial para los niños en edad escolar. Además, se ha informado de que los niños tienen una gran preferencia por los sabores dulces (Mennella et al., 2012; Mennella et al., 2014), pero a pesar de estos antecedentes, la reducción moderada de azúcar no disminuyó significativamente el agrado de las galletas reformuladas. La harina de quinua puede haber contribuido a mejorar el agrado de las galletas, lo que concuerda con Eduardo, Bedoya-Perales et al. (2024), quienes a través de una revisión bibliométrica informaron

que el 67 % de las publicaciones sobre la aplicación de la quinua en productos de panadería sugieren que la aceptación sensorial es similar a la de los productos de control, siempre que las proporciones de quinua estén entre el 5 % y el 30 % de la formulación. Sin embargo, este hallazgo corresponde a la evaluación con adultos, mientras que las evaluaciones sensoriales de los niños sobre los productos de panadería que contienen quinua son escasas. En este sentido, es necesario comprender las respuestas sensoriales de los niños a través del perfil sensorial de las galletas, lo que se abordó con la misma metodología utilizada con los adultos jóvenes en este estudio.

Figura 23

Valoración general de las galletas por parte de niños en edad escolar



Tratamientos: T15Q.10S: 15 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.10S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar; T30Q.20S: 30 % de incorporación de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar.

A partir del perfil sensorial univariante, la Tabla 17 indica que solo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los atributos oscuro, salado y grasiento. Un aumento en la harina de quinua (T30Q.10S) acentuó la presencia de sabores oscuros y salados, pero estos atributos disminuyeron con una mayor reducción de azúcar (T30Q.20S). Por el contrario, la mayor proporción de citas para grasiento se registró con la menor reducción de azúcar y la adición de harina de quinua (T15Q.10S).

Tabla 17

Proporciones de elicitación de los atributos sensoriales de las galletas evaluadas por niños en edad escolar

Atributos	T15.Q10S	T30.Q10S	T30.Q20S
Oscuro	0.159 (ab)	0.248 (b)	0.106 (a)
Salado	0.283 (ab)	0.416 (b)	0.212 (a)
Miel	0.425 (a)	0.398 (a)	0.354 (a)
Grasoso	0.336 (b)	0.230 (ab)	0.177 (a)
Mantequilla	0.425 (a)	0.372 (a)	0.319 (a)
Quebradizo	0.292 (a)	0.212 (a)	0.292 (a)
Dulce	0.699 (a)	0.611 (a)	0.673 (a)
Crocante	0.735 (a)	0.673 (a)	0.743 (a)
Duro	0.522 (a)	0.451 (a)	0.504 (a)

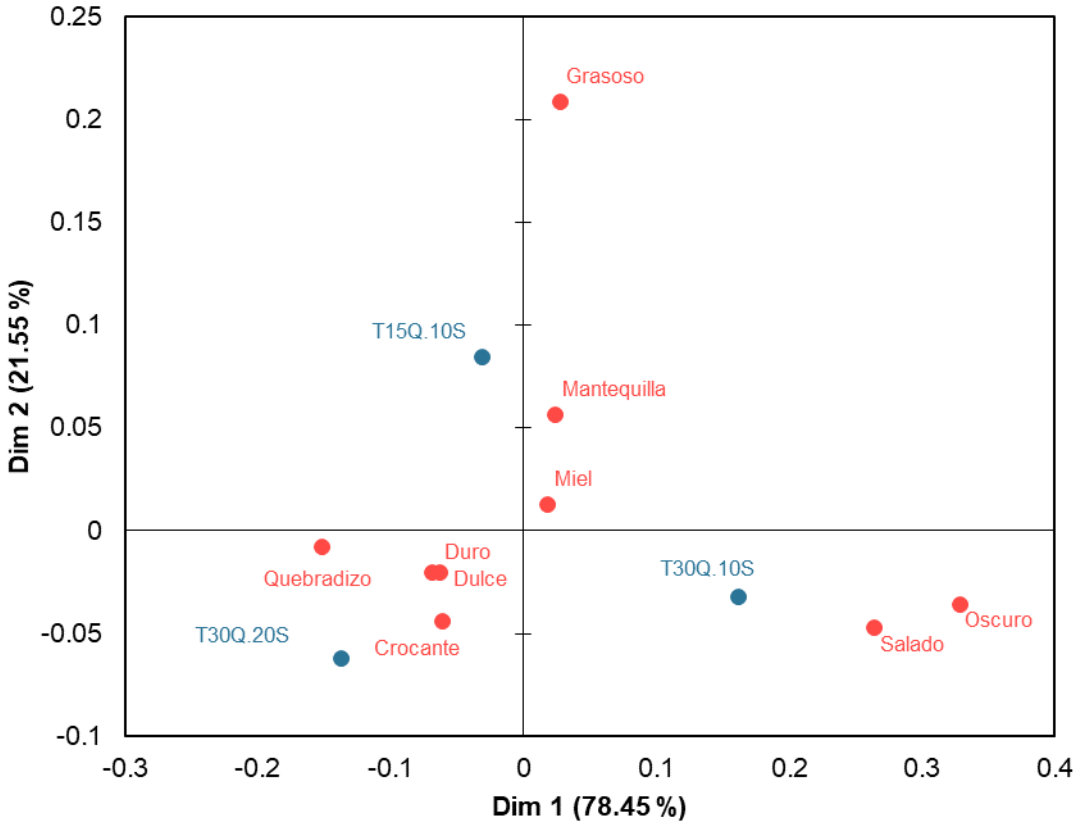
*Los atributos en negrita indican una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras según la prueba Q de Cochran con un nivel de significación del 5 %. Las letras diferentes indican comparaciones por pares según la prueba de McNemar/Bonferroni con un nivel de significación del 5 %. Tratamientos: T15Q.10S (15 % de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar), T30Q.10S (30 % de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar) y T30Q.20S (30 % de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar).

El perfil sensorial multivariante mostró una mayor discriminación entre los tratamientos (CA en la figura 25, que explica el 100 % de la variabilidad de los datos). Así, al igual que en el análisis univariante, los atributos oscuro y salado se asociaron con el mayor contenido de quinua y la menor reducción de azúcar (T30Q.10S); por el contrario, la mayor incorporación de quinua y la reducción moderada de azúcar (T30Q.20S) se asociaron con el atributo quebradizo. Por otro lado, la menor reducción de azúcar y la incorporación de harina de quinua (T15Q.10S) se asociaron con los

atributos grasosos y mantecosos. Los atributos miel, dulce, duro y crujiente tendieron a ocupar una posición intermedia en el CA, en consonancia con las proporciones de citas de la tabla 16, donde no se observaron diferencias significativas para estos atributos.

Figura 24

Análisis de correspondencias de galletas y sus atributos sensoriales evaluados por niños en edad escolar



Tratamientos: T15Q.10S (15 % de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar), T30Q.10S (30 % de harina de quinua, 10 % de reducción de azúcar) y T30Q.20S (30 % de harina de quinua, 20 % de reducción de azúcar).

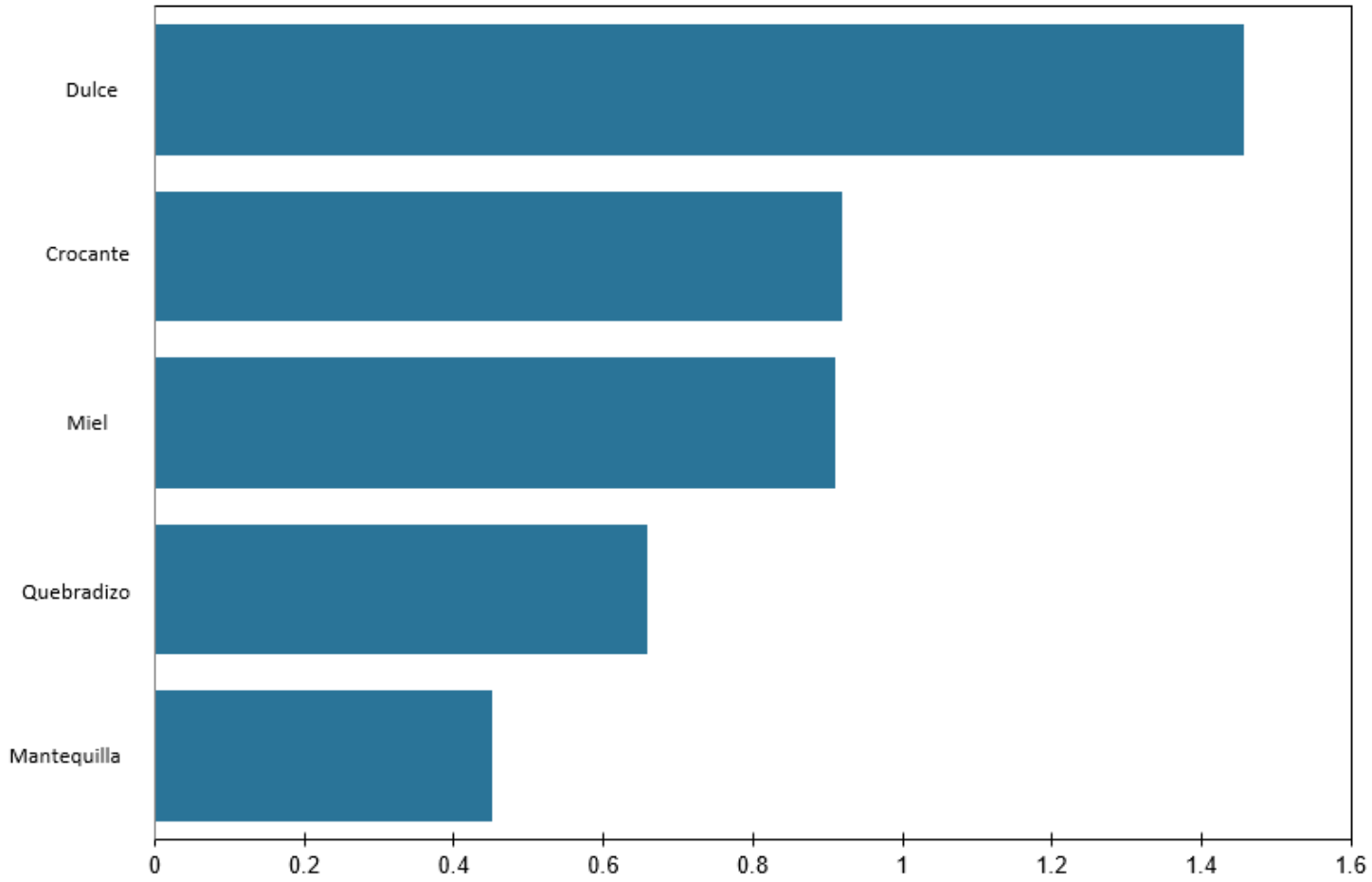
En comparación con la evaluación realizada por los adultos jóvenes, los resultados son consistentes en cuanto a los atributos «quebradizo», «oscuro» y «salado», que, en ambas etapas, se percibieron cuando las galletas contenían un mayor contenido de harina de quinua y menos azúcar. Sin embargo, es interesante observar que esta asociación no se mantuvo en el caso de los atributos «grasiento» y «mantecoso». De hecho, no existe una tendencia clara para estos atributos en función

de la adición de harina de quinua y la reducción de azúcar. Así, en la evaluación con adultos jóvenes, el atributo grasiento tendió a aumentar en la frecuencia univariante para las galletas con mayor reducción de azúcar y harina de quinua, pero ocupó una posición intermedia en el CA; mientras que el atributo mantecoso no presentó diferencias univariantes, pero en el análisis multivariante se asoció con una mayor reducción de azúcar (véase la tabla 16 y la figura 25). Del mismo modo, en nuestro estudio anterior se observó que «grasiento» se asociaba con galletas con una mayor adición de harina de quinua (30 %), mientras que «mantecoso» se asociaba con galletas con una menor incorporación de harina de quinua (15 %) y reducciones moderadas de azúcar (10 % y 20 %) (Álvarez et al., 2025), siendo esto último más coherente con la evaluación con niños en este estudio. Dada esta situación, se necesitan estudios complementarios con evaluadores capacitados o expertos para analizar la intensidad de cada atributo sensorial, a fin de medir su impacto en la calidad sensorial.

Los factores que influyen en el agrado se muestran en la Figura 26. A diferencia de la evaluación con adultos jóvenes, no se encontraron factores negativos que influyeran en el agrado, lo que refuerza la estrategia de evaluación con adultos jóvenes para seleccionar los mejores tratamientos que aumenten las posibilidades de agrado en los niños. El atributo con mayor impacto en el agrado general fue el dulzor. Sin embargo, los factores positivos que influyen en el agrado fueron en general similares a los de los adultos jóvenes, excepto el atributo «quebradizo». Estudios sensoriales previos indican que la textura y el dulzor son los principales factores que influyen en el agrado de los niños y a menudo influyen en sus elecciones alimentarias más que otros atributos como el aroma o el color (Álvarez, 2025; Quinta et al., 2023).

Figura 25

Análisis de la eliminación de penalizaciones de los factores positivos (barras azules) que influyen en la preferencia por las galletas evaluadas por niños en edad escolar



Los atributos «dulce», «crujiente» y «miel» no presentaron diferencias univariantes significativas (Tabla 16) y tendieron a ocupar una posición central en el mapa sensorial (Figura 26), es decir, eran características compartidas entre los tres tratamientos evaluados, lo que explica la similitud estadística en la aceptación general (Figura 25). Estos hallazgos resaltan la importancia de la optimización sensorial para satisfacer las preferencias específicas de diferentes grupos de consumidores, en particular los niños. Estos tienden a responder favorablemente a formulaciones que equilibran eficazmente el dulzor y la textura con los beneficios de los ingredientes funcionales, lo que refuerza la necesidad de un enfoque multidisciplinario en la innovación de productos que integre la ciencia sensorial, las mejoras nutricionales y las estrategias orientadas al consumidor (Venditti et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

La incorporación de harina de quinua (15% y 30%) y la reducción de azúcar (10%, 20% y 30%) en las galletas no generaron diferencias significativas en los contenidos de grasa, proteína y cenizas, aunque se observaron ligeras variaciones entre tratamientos. Se registraron diferencias significativas en humedad y actividad de agua, excepto en T15Q.30S.

En cuanto a las propiedades físicas, no hubo cambios significativos en la pérdida de peso por cocción, espesor ni peso, pero sí una ligera disminución frente al control. La dureza y la fracturabilidad disminuyeron a medida que aumentaba la incorporación de harina de quinua. Asimismo, dentro de los tratamientos factoriales no se encontraron diferencias significativas en el diámetro y el factor de dispersión de las galletas, aunque estos parámetros disminuyeron considerablemente en comparación con el control.

El mayor contenido de polifenoles (2,38 mg GAE) se registró en la formulación con una reducción del 10 % de azúcar y una sustitución del 30 % de harina de trigo por harina de quinua. En cuanto a la capacidad antioxidante, los valores más altos se obtuvieron con una reducción del 20 % de azúcar y una sustitución del 15 % de harina de trigo por harina de quinua, según los métodos DPPH y ORAC.

Las galletas reformuladas con 15 % de harina de quinua y 10 % de reducción de azúcar mostraron la mayor aceptación sensorial en jóvenes peruanos y brasileños, mientras que aquellas con 30 % de quinua y mayores reducciones de azúcar fueron menos preferidas por su color más oscuro, menor dulzor y mayor fragilidad. En la evaluación con niños, se seleccionaron los tres tratamientos con mejores resultados (T15Q.10S, T30Q.10S y T30Q.20S), de los cuales los 3 tratamientos de galletas recibieron atributos como dulce, crocante, miel, quebradizo y mantequilla, los cuales incrementaron significativamente su agrado. A diferencia de los adultos jóvenes, los niños no percibieron atributos negativos y su nivel de aceptación superó los 7 puntos en la escala hedónica, evidenciando la efectividad de las formulaciones para este grupo etario. Estos hallazgos contribuyen a abordar la doble carga de la malnutrición mediante la promoción de alimentos nutricionalmente mejorados, culturalmente relevantes y sensorialmente atractivos para los niños.

VI. RECOMENDACIONES

Las galletas desarrolladas, si bien no cubren por sí solas los requerimientos diarios de proteínas y grasas establecidos por la FAO para niños de 6 a 13 años, representan una opción alimentaria funcional y saludable. La incorporación del 30 % de harina de quinua y la reducción del 20 % de azúcar permitieron mantener una aceptación sensorial favorable, lo que evidencia su potencial como producto dirigido al público infantil. Además, estas galletas destacan por su contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, atributos que pueden contribuir a la protección celular y a la mejora del estado de salud en la infancia. Por ello, se recomienda su consumo en porciones moderadas, como de 2 a 4 unidades al día, preferentemente acompañadas de alimentos fuente de proteína, como leche o yogur, a fin de complementar los requerimientos nutricionales diarios.

Asimismo, se recomienda que en futuros trabajos se evalúe la posibilidad de reducir el contenido de grasa en las formulaciones, considerando que no solo el azúcar, sino también el exceso de grasa, contribuye al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad y el sobrepeso. El uso de porcentajes elevados de grasa en productos dirigidos al público infantil debe ser cuidadosamente analizado, priorizando un perfil nutricional más equilibrado y saludable.

Se recomienda que en investigaciones futuras se determine el contenido final de fibra dietaria total y carbohidratos disponibles en las formulaciones con reducción de azúcar, ya que la sustitución de sacarosa puede modificar la composición global de carbohidratos y el perfil nutricional del producto, influyendo en la interpretación de los resultados y en el rotulado nutricional.

Finalmente, se recomienda considerar la aplicación de pretratamientos como el malteado y la fermentación, debido a su capacidad para reducir factores antinutricionales, mejorar la digestibilidad, enriquecer el perfil nutricional y aumentar el contenido de compuestos bioactivos y fitoquímicos en la quinua. No obstante, estos procesos han sido escasamente aplicados en la elaboración de galletas, lo que representa una oportunidad valiosa para mejorar su aceptación sensorial.

VII. FUENTES DE FINANCIAMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional de Moquegua a través del programa “Semillero de Investigación Andean Golden Seeds” (Resolución de Comisión Organizadora N° 865-2023-UNAM y N° 778-2024-UNAM) y por el programa de becas para proyectos de tesis de la misma institución (Código: PT-002-2024-UNAM; Resolución de Comisión Organizadora N° 778-2024-UNAM).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abderrahim, F., Arribas, S. M., Carmen Gonzalez, M., & Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high-throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry*, *141*(2), 788–794. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.04.055

Abderrahim, F., Estrella, S., Susín, C., Arribas, S. M., Carmen González, M., & Condezo-Hoyos, L. (2011). *The Antioxidant Activity and Thermal Stability of Lemon Verbena (Aloysia triphylla) Infusion*.

Abdul-Mumeen, I., Zakpaa, H. D., Mills-Robertson, F. C., Samuel, T. L., & Duwiejuah, A. B. (2024). Amino Acid Profile and Potential Biomass Conversion of Vitellaria paradoxa Fruit Pulp. *Scientific African*, e02183. https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2024.E02183

Ahmad, S., Naz, A., Usman, M., Amjad, A., Pasha, I., & Farooq, U. (2022). Impediment effect of chemical agents (additives) on gluten development in cookie dough. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(4), 1396–1406. https://doi.org/10.1007/s13197-021-05149-7

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chemistry, 119(2), 770–778. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.07.032

Alavi, M., Mehraban Sangatash, M., & Sahraiyan, B. (2023). Evaluation of the effect of quinoa flour and monoglyceride emulsifier on physicochemical and sensory properties of gluten-free cookie. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(132), 223–235. https://doi.org/10.22034/FSCT.19.132.223

Alavi, M., Sangatash, M. M., Sahraiyan, B., & Jajarmi, A. (2024). Evaluation of the effect of quinoa flour replacement on quantitative and qualitative characteristics of gluten-free

cookie using principal component analysis method (PCA). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *21*(149), 128–139. https://doi.org/10.22034/FSCT.21.149.128

Ali, G., & Shehry, A. (2016). AENSI Journals Advances in Environmental Biology Use of Corn and Quinoa Flour to Produce Bakery Products for Celiac disease. *Advances in Environmental Biology*, *10*(12), 237–244. http://www.aensiweb.com/AEB/http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Al-Okbi, S. Y., Mohammad, A. A., Hamed, T. E., Elewa, T. A., & Desoukey, M. A. (2024). Quinoa and Quinoa Food Products as Nutritious and Functional Foods for Protection from Dyslipidemia. *Egyptian Journal of Chemistry*, *67*(1), 181–192. https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.206437.7881

Alsuhaibani, A. M., Alkuraieef, A. N., Aljobair, M. O., & Alshawi, A. H. (2022). Technological, Sensory, and Hypoglycemic Effects of Quinoa Flour Incorporation into Biscuits. *Journal of Food Quality*, *2022*, 6484953. https://doi.org/10.1155/2022/6484953

American Association of Cereal Chemists AACC. (1999). *Determination of soluble, insoluble and total diatery fiber in foods and food products (Method 32-07). Aproved methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.).*

AOAC. (1990). *Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists.*

AOAC, H. W. (2000). *International A: Official Methods of Analysis of the AOAC International. The Association: Arlington County, VA, USA.*

Aranibar, C., Pigni, N. B., Martinez, M., Aguirre, A., Ribotta, P., Wunderlin, D., & Borneo, R. (2018). Utilization of a partially-deoiled chia flour to improve the nutritional and antioxidant properties of wheat pasta. *LWT*, *89*, 381–387. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.11.003

Ares, G., Tárrega, A., Izquierdo, L., & Jaeger, S. R. (2014). Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. *Food Quality and Preference*, *31*, 135–141. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.08.012

Arranz, S., Saura-Calixto, F., Shaha, S., & Kroon, P. A. (2009). High contents of nonextractable polyphenols in fruits suggest that polyphenol contents of plant foods

have been underestimated. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(16), 7298–7303. https://doi.org/10.1021/jf9016652

Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R., & Rajaei, P. (2020). The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition*, *8*(5), 2373–2382. https://doi.org/10.1002/FSN3.1527

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), e70368. https://doi.org/10.1002/FSN3.70368

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/S1

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

Bucher Della Torre, S., Keller, A., Laure Depeyre, J., & Kruseman, M. (2016). Sugar-Sweetened Beverages and Obesity Risk in Children and Adolescents: A Systematic Analysis on How Methodological Quality May Influence Conclusions. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *116*(4), 638–659. https://doi.org/10.1016/J.JAND.2015.05.020

Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., Piga, A., & Fadda, C. (2020). Effect of substitution of rice flour with quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits. *Foods*, *9*(6). https://doi.org/10.3390/foods9060808

Cao, Y., Zou, L., Li, W., Song, Y., Zhao, G., & Hu, Y. (2020). Dietary quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) polysaccharides ameliorate high-fat diet-induced hyperlipidemia and modulate gut microbiota. *International Journal of Biological Macromolecules*, *163*, 55–65. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.06.241

Ceyhun, A., & Sanlier, N. (2019). Trends in Food Science & Technology A new generation plant for the conventional cuisine : Quinoa (Chenopodium quinoa Willd .). *Trends in Food Science & Technology*, *86*(November 2018), 51–58. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.039

Chen, X., Zhang, Y., Cao, B., Wei, X., Shen, Z., & Su, N. (2023). Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) seed varieties. *Food Chemistry: X*, *19*, 100808. https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.100808

Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018a). Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. *Current Research in Nutrition and Food Science*, *6*(3), 798–806. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22

Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018b). Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. *Current Research in Nutrition and Food Science*, *6*(3), 798–806. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22

Cugh B, S. G. (2016). Optimization of Ingredients for Development of Low-Fat Biscuits Using Response Surface Methodology. *Journal of Food & Industrial Microbiology*, *02*(01). https://doi.org/10.4172/2572-4134.1000110

Daliri, H., Ahmadi, R., Pezeshki, A., Hamishehkar, H., Mohammadi, M., Beyrami, H., Khakbaz Heshmati, M., & Ghorbani, M. (2021). Quinoa bioactive protein hydrolysate produced by pancreatin enzyme- functional and antioxidant properties. *LWT*, *150*. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111853

Dall'Asta, M., Rosi, A., Angelino, D., Pellegrini, N., & Martini, D. (2020). Evaluation of nutritional quality of biscuits and sweet snacks sold on the Italian market: the Food Labelling of Italian Products (FLIP) study. *Public Health Nutrition*, *23*(15), 2811–2818. https://doi.org/10.1017/S1368980020000853

Dávalos, A., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2003). Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC−Fluorescein) Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(1), 48–54. https://doi.org/10.1021/JF0305231

Deliza, R., Lima, M. F., & Ares, G. (2021). Rethinking sugar reduction in processed foods. *Current Opinion in Food Science*, *40*, 58–66. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2021.01.010

Demir, M. K., & Kilinç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal*, *24*(6), 2394–2401.

Dhillon, G. K., Goel, R., & Bhise, S. (2022). Quinoa flour as a functional ingredient for improving the nutritional value of maize flatbread. *~ 3193 ~ The Pharma Innovation Journal*, *9*, 3193–3199. www.thepharmajournal.com

Duta, D. E., & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering*, *162*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002

Eduardo, K., Aredo, V., Rios-Mera, J. D., Ambrosio, C. M. S., Siche, R., & Saldaña, E. (2024). Market needs and consumer's preferences for healthier foods. *Strategies to Improve the Quality of Foods*, 337–355. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15346-4.00013-6

Eduardo, K., Bedoya-Perales, N., Escobedo-Pacheco, E., & Saldaña, E. (2024). Sensory and consumer science as a valuable tool to the development of quinoa-based food products: More than three decades of scientific evidence. *Scientia Agropecuaria*, *15*(2), 251–267. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.019

El-Hadary, M., Abu-Elmaaty, S., Abdel-Hady, M., Elesawi, I. E., & El-Sayed, A. (2024). CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BISCUITS (COOKIES) AS FUNCTIONAL FOOD PRODUCT SUPPLEMENTED WITH QUINOA FLOUR. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, *16*(3), 192–204. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2024.16.3.15

Elortondo, P., & Salvador Moya, F. J. (2022). *Análisis sensorial de alimentos y respuesta del consumidor*.

Erdem, N., Taş, N. G., Kocadağlı, T., & Gökmen, V. (2023). Modelling of perceived sweetness in biscuits based on sensory analysis as a new tool to evaluate reformulation performance in sugar reduction studies. *Food Chemistry*, *425*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136490

Erickson, J., Sadeghirad, B., Lytvyn, L., Slavin, J., & Johnston, B. C. (2017). The scientific basis of guideline recommendations on sugar intake: A systematic review. *Annals of Internal Medicine*, *166*(4), 257–267. https://doi.org/10.7326/M16-2020

Estivi, L., Pellegrino, L., Hogenboom, J. A., Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2022). Antioxidants of Amaranth, Quinoa and Buckwheat Wholemeals and Heat-Damage Development in Pseudocereal-Enriched Einkorn Water Biscuits. *Molecules*, *27*(21), 7541. https://doi.org/10.3390/MOLECULES27217541/S1

FAO. (2023). *Food composition in terms of the retail weight ("as purchased") in 100 grams*. https://www.fao.org/4/x9892e/X9892e05.htm

Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., Graf, F., & Obal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, *107*, 558–564. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.04.035

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. (2013). *Alimentación del preescolar y escolar*. https://www.fao.org/3/W0073S/w0073s0v.htm

Fortune Business Insights. (2025). *Tamaño, participación y tendencias del mercado de galletas | Informe de crecimiento [2032]*. https://www.fortunebusinessinsights.com/biscuits-market-108482

Gaur, M., Yadav, S., Soni, A., Tomar, D., Jangra, A., Joia, S., Kumar, A., Mehra, R., & Trajkovska Petkoska, A. (2025). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd): nutritional profile, health benefits, and sustainability considerations. Discover Food 2025 5:1, 5(1), 172-. https://doi.org/10.1007/S44187-025-00470-Y

Golden, D. A., Hartel, R. W., Heymann, H., Hotchkiss, J. H., Johnson, M. G., Montecalvo, J., Nielsen, S. S., & Silva, J. L. (2010). *Sensory evaluation of food*. http://www.springer.com/series/5999

Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Lavini, A., Pulvento, C., Caboni, M. F., & Marconi, E. (2012). Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (Chenopodium quinoa Willd.) grown under different saline and nonsaline irrigation regimens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(18), 4620–4627. https://doi.org/10.1021/JF3002125/ASSET/IMAGES/MEDIUM/JF-2012-002125_0003.GIF

Gómez-Corona, C., & Lelièvre-Desmas, M. (2019). *Introducción al análisis sensorial y estudios con consumidores: Nuevas perspectivas*. www.xocestudio.com

Goyat, J., Passi, S. J., Suri, S., & Dutta, H. (2018a). 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*, *6*(3), 757–769. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18

Goyat, J., Passi, S. J., Suri, S., & Dutta, H. (2018b). 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*, *6*(3), 757–769. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18

Guinard, J. X., & Brun, P. (1998). Sensory-specific Satiety: Comparison of Taste and Texture Effects. *Appetite*, *31*(2), 141–157. https://doi.org/10.1006/APPE.1998.0159

Hidalgo, A., Brandolini, A., Čanadanović-Brunet, J., Ćetković, G., & Tumbas Šaponjac, V. (2018). Microencapsulates and extracts from red beetroot pomace modify antioxidant capacity, heat damage and colour of pseudocereals-enriched einkorn water biscuits. *Food Chemistry*, *268*, 40–48. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.062

Hopfer, H., Riak, A. C., Roberts, R. F., Hayes, J. E., & Ziegler, G. R. (2022). Synergistic and antagonistic ingredient interactions as a sugar reduction strategy in chocolate milk. *Journal of Sensory Studies*, *37*(5), e12770. https://doi.org/10.1111/JOSS.12770

Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers IV, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006a). 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

Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers IV, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006b). 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

INEI. (2023a). *ANEMIA 2023 Nota de prensa N 40-2024.*

INEI. (2023b). Desnutrición Crónica. . *2023*.

Iovan, M., & Radu, F. (2016). *Amaranthus Hypochondriacus and Chenopodium Quinoa, Ingredients witht High Nutritive Value in Gluten-Free Sweet Products Formulations*. http://www.revistadechimie.ro

Instituto Nacional de Salud del Perú. (2012). Indicadores nutricionales a nivel distrital Perú: Niños, OMS 2012. https://www.gob.pe/institucion/ins/informes-publicaciones/4201418-indicadores-nutricionales-nivel-distrital-peru-ninos-oms-2012

ISO 8589. (2007). General guidance for the design of test rooms Sensory analysis. *International Organization for Standardization*.

ISO 11136. (2016). *Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en una zona controlada.* https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067521

Issanchou, S. (2015). Sensory & consumer studies with special populations: children and elderly. *Current Opinion in Food Science*, *3*, 53–58. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2015.02.004

Jacques, A., Chaaya, N., Beecher, K., Ali, S. A., Belmer, A., & Bartlett, S. (2019). The impact of sugar consumption on stress driven, emotional and addictive behaviors. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 103, pp. 178–199). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.021

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018a). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LWT*, *93*, 573–582. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.04.013

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018b). Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in India. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(3). https://doi.org/10.1111/jfpp.13542

Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & Bhat, T. A. (2023). Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. In *Food Chemistry: X* (Vol. 18). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687

Jiao, M., Gao, Y., & Tian, Y. (2020). Study the relationship between the microstructure and characteristics of quinoa starch by compared with common cereal starches. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *16*(4), 561–567. https://doi.org/10.3844/AJBBSP.2020.561.567

Kathuria, D., Hamid, Gautam, S., & Thakur, A. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*, *153*, 109911. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109911

Kawakami, C. A., Selani, M. M., Saldaña, E., Pimentel-Filho, N. de J., & Fontenele Domingues, M. A. (2025a). Sensory dynamic profile and consumer acceptance of short-dough biscuits with reduced sucrose and thaumatin addition. *Food Research International*, *200*, 115524. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115524

Kawakami, C. A., Selani, M. M., Saldaña, E., Pimentel-Filho, N. de J., & Fontenele Domingues, M. A. (2025b). Sensory dynamic profile and consumer acceptance of short-dough biscuits with reduced sucrose and thaumatin addition. *Food Research International*, *200*, 115524. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.115524

Kuchtová, V., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Lauková, M. (2018). Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies Incorporated with Grape Skin and Seed Preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, *68*(4), 309–317. https://doi.org/10.2478/pjfns-2018-0004

Last, J. (2007). *A Dictionary of Public Health. Oxford University Press, New York*.

Lawless HT, H. H. (2010). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. *New York: Springer Sci. 2nd Ed*.

Lazou, A. E. (2024). Properties, Structure, and Acceptability of Innovative Legume-Based Biscuits with Alternative Sweeteners. *International Journal of Food Science*, *2024*, 8216796. https://doi.org/10.1155/2024/8216796

Lestringant, P., Delarue, J., & Heymann, H. (2019). 2010–2015: How have conventional descriptive analysis methods really been used? A systematic review of publications. *Food Quality and Preference*, *71*, 1–7. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.05.011

Li, X. E., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2015). Parents' and Children's Acceptance of Skim Chocolate Milks Sweetened by Monk Fruit and Stevia Leaf Extracts. *Journal of Food Science*, *80*(5), S1083–S1092. https://doi.org/10.1111/1750-3841.12835

Lingiardi, N., Godoy, E., Arriola, I., Cabreriso, M. S., Accoroni, C., Balzarini, M. F., Arribas, A., & Reinheimer, M. A. (2023). Novel nutritionally improved snacks for school-aged children: formulation, characterization and acceptability. *Nutrition and Food Science*, *53*(1), 93–111. https://doi.org/10.1108/NFS-02-2022-0032

Lorenz^, K., Coulter%, L., & Johnson^, D. (1995). *Functional and sensory characteristics of quinoa in foods*.

Lorenz, K. (1990). Quinoa (Chenopodium quinoa) Starch — Physico-chemical Properties and Functional Characteristics. *Starch - Stärke*, *42*(3), 81–86. https://doi.org/10.1002/STAR.19900420302

Lorenz, K., & Coulter, L. (1991). Quinoa flour in baked products. In *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 41). Kluwer Academic Publishers.

Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019a). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 86, pp. 412–425). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051

Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019b). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 86, pp. 412–425). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051

Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019c). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 86, pp. 412–425). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051

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*, 846808. https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.846808/BIBTEX

MACFIE, H. J., BRATCHELL, NICHOLAS., GREENHOFF, KEITH., & VALLIS, L. V. (1989). DESIGNS TO BALANCE THE EFFECT OF ORDER OF PRESENTATION AND FIRST-ORDER CARRY-OVER EFFECTS IN HALL TESTS. *Journal of Sensory Studies*, *4*(2), 129–148. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x

Machado Alencar, N. M., Steel, C. J., Alvim, I. D., de Morais, E. C., & Andre Bolini, H. M. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT*, *62*(2), 1011–1018. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.02.029

Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. F. C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*, *83*(2), 441–447. https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2010.09.042

Malik, R. A., Srivastava, S., & Shahi, N. C. (2022). Formulation of quinoa incorporated protein-rich biscuits and numerical optimization of its process parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(1). https://doi.org/10.1111/JFPP.16209

Mammasse, N., & Schlich, P. (2014). Adequate number of consumers in a liking test. Insights from resampling in seven studies. *Food Quality and Preference*, *31*(1), 124–128. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2012.01.009

Mario Villarroel, C. H. J. H. D. C. (2009). *Development of a cookie formulation for celiac people using defatted Chilean hazel nut (Gevuina avellana. Mol) flour and quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. https://www.researchgate.net/publication/26778768

Martín-Esparza, M. E., Raigón, M. D., García-Martínez, M. D., & Albors, A. (2023). Toward the Development of Potentially Healthy Low-Energy-Density Snacks for Children Based on Pseudocereal and Pulse Flours. *Foods 2023, Vol. 12, Page 2873*, *12*(15), 2873. https://doi.org/10.3390/FOODS12152873

Masoud, N. Al, Hassan, S. A., Alomar, T. S., Mujahid, W., & Aadil, R. M. (2024). Enhancing biscuits with muskmelon seed flour: a study of physicochemical, textural, and nutritional characteristics. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *16*(3), 139–151. https://doi.org/10.15586/QAS.V16I3.1503

McKenzie, E., & Lee, S. Y. (2022). Sugar reduction methods and their application in confections: a review. *Food Science and Biotechnology*, *31*(4), 387. https://doi.org/10.1007/S10068-022-01046-7

Méndez, A. S., Bernuy-Osorio, N., Perez, F. V., Anticona, E. P., Ureña, M., & Vílchez-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

Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., & Gallagher, E. (2020). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *59*, 102235. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2019.102235

Ministerio de Desarrollo Agricultura y Riego. (2020). *Análisis de Mercado - Quinua 2015 - 2020*.

Ministerio de Desarrollo e inclusión social. (2022). *REGLAMENTO DE LA LEY N° 30021, LEY DE PROMOCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN SALUDABLE PARA NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES*.

Moawad, E. . M. M. , Rizk, I. R. S., Kishk, Y. F. M., & Youssif, M. R. G. (2018). EFFECT OF SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH QUINOA FLOUR ON QUALITY OF PAN BREAD AND BISCUIT. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, *26*(Special issue (2D)), 2387–2400. https://doi.org/10.21608/AJS.2018.35607

Mohammadi, N., Tayefe, M., Ashkiki, L. F., Sadeghi, S. M., & Masuleh, A. N. (2025). A Comparison between Effects of Quince Gum and Carboxymethyl Cellulose on Rheological, Textural, and Organoleptic Characteristics of Gluten-Free Cookies (Rice-Quinoa)[ارزیابی حسی و بافتی ،رئولوژیکی خصوصیات بر کربوکسیمتیلسلولز با مقایسه در به دانهی صمغ عملکرد (کینوا-برنج)گلوتن بدون کلوچه]. *Volume 21, Issue 156, Pages 38 - 48*, *21*(156), 38–48. https://doi.org/10.22034/FSCT.21.156.38

Morales, L. G., Matías, L., Romero, B., & Puig, J. G. (2013). Azúcar y enfermedades cardiovasculares. *Nutr Hosp*, *28*, 88–94.

Motawi, T. K., Hamed, M. A., Shabana, M. H., Hashem, R. M., & Aboul Naser, A. F. (2011). Zingiber officinale acts as a nutraceutical agent against liver fibrosis. *Nutrition and Metabolism*, *8*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/1743-7075-8-40/FIGURES/4

Mousa, R. M. A. (2022). Inhibition of acrylamide in gluten-free quinoa biscuits by supplementation with microbial dextran. *International Journal of Food Properties*, *25*(1), 11–23. https://doi.org/10.1080/10942912.2021.2019270

Mudgil, P., Kilari, B. P., Kamal, H., Olalere, O. A., FitzGerald, R. J., Gan, C. Y., & Maqsood, S. (2020). Multifunctional bioactive peptides derived from quinoa protein hydrolysates: Inhibition of α-glucosidase, dipeptidyl peptidase-IV and angiotensin I converting

enzymes. *Journal of Cereal Science*, *96*, 103130. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2020.103130

Murphy, K. M., & Matanguihan, J. B. (2015). Quinoa: Improvement and Sustainable Production. *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 1–235. https://doi.org/10.1002/9781118628041

Nadian, N., Azizi, M. H., Abbastabar Ahangar, H., & Aarabi, A. (2021). Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin. *Volume 9, Issue 12, Pages 6501 - 6512*, *9*(12), 6501–6512. https://doi.org/10.1002/fsn3.2564

Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). In *Journal of Cereal Science* (Vol. 69, pp. 371–376). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004

Negm, S. H., Barakat, E. H., & Eid, W. A. M. (2024). Processing untraditional healthy crackers formula by using sprouted flour mixes for children. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(11), 8960–8975. https://doi.org/10.1007/S11694-024-02850-X/METRICS

Nguyen, Q. C., Castura, J. C., Nguyen, D. D. Le, & Varela, P. (2023). Identifying temporal sensory drivers of liking of biscuit supplemented with brewer's spent grain for young consumers. *Food Research International*, *170*. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113049

Nguyen, Q. C., Castura, J. C., Le Nguyen, D. D., Varela, P., Alvarez, J., Tique, D., Chican, D., Saldaña, E., & Eduardo, K. (2010). Nutritional and health benefits of quinoa. Brazilian Archives of Biology and Technology, 53(4), 174–181. https://doi.org/10.1590/S1516

Novello, D., Anjos, A. dos, Soares, J. M., Castagnoli, J. de L., Oliveira, M. L. de, Machado, K. M. C., & Santos, E. F. dos. (2021). Number of children needed to evaluate products made in cooking workshops. *Food Quality and Preference*, *94*, 104301. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104301

Olamide, Y., Oluwafemi, K. |, Adebo, A., & Adebo, O. A. (2025). Phytochemical Distribution in 3D-Printed Biscuits From Bioprocessed Wholegrain and Multigrain Food Inks. *Legume Science*, *7*(2), e70037. https://doi.org/10.1002/LEG3.70037

OMS. (2024a). *Malnutrition. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition*.

OMS. (2024b). *Obesity and overweight.*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, F. (2009). *Alimentación del preescolar y escolar*.

Pagamunici, L. M., Gohara, A. K., Souza, A. H. P., Bittencourt, P. R. S., Torquato, A. S., Batiston, W. P., Gomes, S. T. M., Souza, N. E., Visentainer, J. V., & Matsushita, M. (2014). Using chemometric techniques to characterize gluten-free cookies containing the whole flour of a new quinoa cultivar. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *25*(2), 219–228. https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130286

Paglia, L., Friuli, S., Colombo, S., & Paglia, M. (2019a). The effect of added sugars on children's health outcomes: Obesity, Obstructive Sleep Apnea Syndrome (OSAS), Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) and Chronic Diseases. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *20*(2), 127–132. https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.02.09

Paglia, L., Friuli, S., Colombo, S., & Paglia, M. (2019b). The effect of added sugars on children's health outcomes: Obesity, Obstructive Sleep Apnea Syndrome (OSAS), Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) and Chronic Diseases. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *20*(2), 127–132. https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.02.09

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. https://doi.org/10.1007/S13197-018-3240-9

Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *48*(9), 824–839. https://doi.org/10.1080/10408390701719223

Pejic, L. D., Milincic, D. D., Rabrenovic, B. B., Lalicic-Petronijevic, J. G., Stanojevic, S. P., Kostic, A. Z., Savic, S. K., Pešic, M. B., & Demin, M. A. (2024). Characterization of gingerbread cookies enriched with quinoa and defatted apple seed flour: nutritional, antioxidant and sensory properties. *Journal of Food Measurement and*

Characterization, *18*(10), 8782–8793. https://doi.org/10.1007/S11694-024-02844-9/METRICS

Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (Chenopodium quinoa Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, *111*, 38–46. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.10.006

Pereira, E., Cadavez, V., Barros, L., Encina-Zelada, C., Stojković, D., Sokovic, M., Calhelha, R. C., Gonzales-Barron, U., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Chenopodium quinoa Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds. *Food Research International*, *137*, 109574. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109574

Perry, J. M., Swanson, R. B., Lyon, B. G., & Savage, E. M. (2003). *Instrumental and Sensory Assessment of Oatmeal and Chocolate Chip Cookies Modified with Sugar and Fat Replacers* (Vol. 80, Issue 1).

Peryam, D. R. and P. F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology, Vol 11, Suppl., 9-14.* .

Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, *11, Suppl.*, 9–14.

Pinchuk, I., Shoval, H., Dotan, Y., & Lichtenberg, D. (2012). Evaluation of antioxidants: Scope, limitations and relevance of assays. *Chemistry and Physics of Lipids*, *165*(6), 638–647. https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2012.05.003

Piñuel, L., Boeri, P., Zubillaga, F., Barrio, D. A., Torreta, J., Cruz, A., Vásquez, G., Pinto, A., & Carrillo, W. (2019). Production of White, Red and Black Quinoa (Chenopodium quinoa Willd Var. Real) Protein Isolates and Its Hydrolysates in Germinated and Non-Germinated Quinoa Samples and Antioxidant Activity Evaluation. *Plants 2019, Vol. 8, Page 257*, *8*(8), 257. https://doi.org/10.3390/PLANTS8080257

Pourshahidi, L. K., Caballero, E., Osses, A., Hyland, B. W., Ternan, N. G., & Gill, C. I. R. (2020). Modest improvement in CVD risk markers in older adults following quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) consumption: a randomized-controlled crossover study with a novel food product. *European Journal of Nutrition*, *59*(7), 3313–3323. https://doi.org/10.1007/s00394-019-02169-0

Qualitas ; Jiménez-León, M., Ordoñez Araque, M. R., & Salud, . ; Consumo De Azúcares Libres Y Sus Efectos Negativos En La. (2021). CONSUMO DE AZÚCARES LIBRES Y SUS EFECTOS NEGATIVOS EN LA SALUD. *Revista Qualitas* , *22*(22), 073–089. https://doi.org/10.55867/QUAL22.06

Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Food Chemistry*, *410*, 135290. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.135290

Repo-Carrasco R, R. A. (2011). *Quinoa (Chenopodium quinoa, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional component*.

Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) and kiwicha (Amaranthus caudatus). *Food Chemistry*, *120*(1), 128–133. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.09.087

Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Patinho, I., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2021). Enrichment of NaCl-reduced burger with long-chain polyunsaturated fatty acids: Effects on physicochemical, technological, nutritional, and sensory characteristics. *Meat Science*, *177*, 108497. https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2021.108497

Rodriguez-Castro, R., Guerrón-Troya, V., Guapi-Álava, G., Plúas-Mora, A., Revilla-Escobar, K., & Aldas-Morejon, J. (2020). Nutrición clínica y dietética hospitalaria. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, *44*(2), 31–37. https://doi.org/10.12873/442REVILLA

Rodríguez-García, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2013). Effect of Fat Replacement by Inulin on Textural and Structural Properties of Short Dough Biscuits. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(10), 2739–2750. https://doi.org/10.1007/S11947-012-0919-1/FIGURES/8

Rosell, C. M., Santos, E., & Collar, C. (2010). Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab®. *European Food Research and Technology*, *231*(4), 535–544. https://doi.org/10.1007/S00217-010-1310-Y

Saldaña, E., Castillo, L. S., Sánchez, J. C., Siche, R., de Almeida, M. A., Behrens, J. H., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). Descriptive analysis of bacon smoked with Brazilian woods from reforestation: methodological aspects, statistical analysis, and study of sensory characteristics. *Meat Science*, *140*, 44–50. https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.02.014

Saldaña, E., Lemos, A. L. da S. C., Selani, M. M., Spada, F. P., de Almeida, M. A., & Contreras-Castillo, C. J. (2015). Influence of animal fat substitution by vegetal fat on *Mortadella*-type products formulated with different hydrocolloids. *Scientia Agricola*, *72*(6), 495–503. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0387

Saldaña, E., Siche, R., Castro, W., Huamán, R., & Quevedo, R. (2014). Measurement parameter of color on yacon (Smallanthus sonchifolius) slices using a computer vision system. *LWT - Food Science and Technology*, *59*(2), 1220–1226. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.06.037

Samakradhamrongthai, R. S., Maneechot, S., Wangpankhajorn, P., Jannu, T., & Renaldi, G. (2022). Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties. *Food Chemistry Advances*, *1*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100058

Schouteten, J. J., Verwaeren, J., Lagast, S., Gellynck, X., & De Steur, H. (2018). Emoji as a tool for measuring children's emotions when tasting food. *Food Quality and Preference*, *68*, 322–331. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.03.005

Shalamzari, F., & Erjaee, Z. (2022). Optimizing the formula of cracker biscuits prepared from quinoa flour and corn flour. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(130), 73–83. https://doi.org/10.22034/FSCT.19.127.73

Sharma, S., Saxena, D. C., & Riar, C. S. (2016). Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets. *Journal of Cereal Science*, *72*, 153–161. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.012

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*. https://doi.org/10.1556/066.2024.00146

Struck, S., Jaros, D., Brennan, C. S., & Rohm, H. (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. In *International Journal of Food Science and Technology* (Vol. 49, Issue 9, pp. 1963–1976). Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1111/ijfs.12617

Suárez-Estrella, D., Torri, L., Pagani, M. A., & Marti, A. (2018). Quinoa bitterness: causes and solutions for improving product acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(11), 4033–4041. https://doi.org/10.1002/JSFA.8980,

Szefer, P., & Nriagu, J. O. (2006). Mineral components in foods. *Mineral Components in Foods*, 1–480. https://doi.org/10.1201/9781420003987

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three Chenopodium quinoa Willd. genotypes. *Food Chemistry*, *166*, 380–388. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.06.018

Tsai, P. J., Delva, L., Yu, T. Y., Huang, Y. T., & Dufossé, L. (2005). Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. *Food Research International*, *38*(8–9), 1059–1065. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2005.03.017

Turk Aslan, S., & Isik, F. (2022). Effects of pseudocereal flours addition on chemical and physical properties of gluten-free crackers. *Food Science and Technology*, *42*, e52521. https://doi.org/10.1590/FST.52521

Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016a). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, *69*, 174–181. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005

Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016b). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, *69*, 174–181. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2016.03.005

Valdez-Arana, J. del C., Steffolani, M. E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Pérez, G. T., & Condezo-Hoyos, L. (2020). Physicochemical and functional properties of isolated starch and their correlation with flour from the Andean Peruvian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, *147*, 997–1007. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2019.10.067

Velasquez. (2006). *Fundamentos de alimentacion saludable.*

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*(10), 4113–4117. https://doi.org/10.1021/JF9801973

Vieira, T. D. S., Freitas, F. V., Silva, L. A. A., Barbosa, W. M., & Da Silva, E. M. M. (2015). Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*, *18*(4), 285–292. https://doi.org/10.1590/1981-6723.1815

Wagoner, T. B., McCain, H. R., Foegeding, E. A., & Drake, M. A. (2018). Food texture and sweetener type modify sweetness perception in whey protein-based model foods. *Journal of Sensory Studies*, *33*(4). https://doi.org/10.1111/JOSS.12333

Wang, C., Kovacs, M. I. P., Fowler, D. B., & Holley, R. (2004). Effects of protein content and composition on white noodle making quality: Color. *Cereal Chemistry*, *81*(6), 777–784. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.6.777

Wang, S., Opassathavorn, A., & Zhu, F. (2015). Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread. *Journal of Texture Studies*, *46*(4), 281–292. https://doi.org/10.1111/JTXS.12128

Wang, S., Zhang, X., Fan, Y., Wang, Y., Yang, R., Wu, J., Xu, J., & Tu, K. (2024). Effect of magnetic field pretreatment on germination characteristics, phenolic biosynthesis, and antioxidant capacity of quinoa. *Plant Physiology and Biochemistry*, *212*, 108734. https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2024.108734

Wasi, N., Fatima, F., Fatima, R., Akhtar, M. U., Zaman, M., & Bakar, M. A. (2024). A Comprehensive Review of Nutritional and Sensorial Attributes of Bakery Products Formulated Using Quinoa Flour. *RADS Journal of Food Biosciences*, *3*(1), 42–47. https://jfbs.juw.edu.pk/index.php/jfbs/article/view/22

Watanabe, K., Kawanishi-Asaoka, M., Myojin, C., Awata, S., Ofusa, K., & Kodama, K. (2014a). 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

Watanabe, K., Kawanishi-Asaoka, M., Myojin, C., Awata, S., Ofusa, K., & Kodama, K. (2014b). 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

Watanabe, K., Kawanishi-Asaoka, M., Myojin, C., Awata, S., Ofusa, K., & Kodama, K. (2014c). 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

Wiley, J. (2018). *The amino acid composition and organization of fibrous proteins*. https://books.google.com/books/about/Proteins.html?hl=es&id=AnodNhuMAdkC

Williams, E. J. (1949). *Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments. Australian Journal of Chemistry, 2(2), 149–168*.

Xu, Z., Chen, C., Peng, C., Wang, H., He, Y., Zhang, X., He, X., Zeng, D., Li, L., & Hong, G. (2025). Spatial metabolomics reveals the phytochemical basis of color variation and antioxidant capacity in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) varieties. *LWT*, *230*, 118210. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2025.118210

Yamsaengsung, R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science & Technology*, *47*(10), 2221–2227. https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2012.03092.X

Yang, C., Zhu, X., Liu, W., Huang, J., Xie, Z., Yang, F., Shang, Q., Yang, F., & Wei, Y. (2024). Quantitative analysis of the phenolic compounds and antioxidant activities of six quinoa seed grains with different colors. *LWT*, *203*, 116384. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2024.116384

Yang, L., Wang, S., Zhang, W., Zhang, H., Guo, L., Zheng, S., & Du, C. (2022). Effect of black soybean flour particle size on the nutritional, texture and physicochemical characteristics of cookies. *LWT*, *164*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113649

Yao, Y., Zhu, Y., Gao, Y., Shi, Z., Hu, Y., & Ren, G. (2015). Suppressive effects of saponin-enriched extracts from quinoa on 3T3-L1 adipocyte differentiation. *Food & Function*, *6*(10), 3282–3290. https://doi.org/10.1039/C5FO00716J

Yeşil, S., & Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT*, *160*, 113301. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301

IX. ANEXOS

Anexo 1

Panel fotográfico

Figura 26

Tamizado de muestra de harina quinua



Figura 27

Muestras tamizadas



Figura 28

Pruebas de formuaciones de galletas



Figura 29

Pesado de insumos para elaboración de galletas



Figura 30

Elaboración de los tratamientos de galletas en los tres bloques experimentales



Figura 31

Preparación de muestras para la determinación de la composición nutricional



Figura 32

Determinación de humedad de galletas y harina de quinua

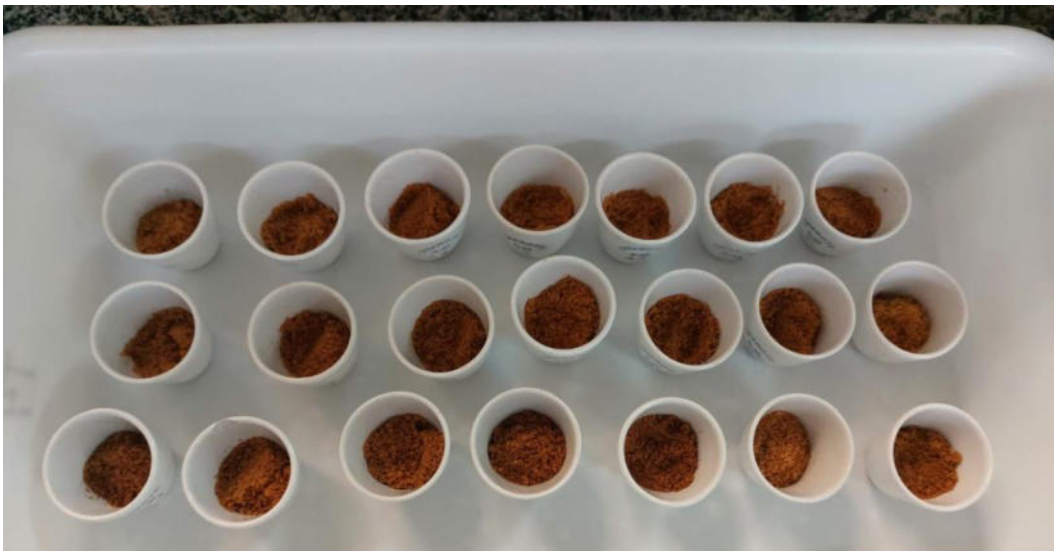


Figura 33

Determinación de cenizas de galletas y harina de quinua



Figura 34

Determinación de proteínas de galletas y harina de quinua



Figura 35

Determinación de grasa de galletas y harina de quinua



Figura 36

Determinación de actividad de agua de galletas y harina de quinua



Figura 37

Determinación de color de galletas



Figura 38

Determinación de dureza de galletas



Figura 39

Determinación de Fracturabilidad de galletas



Figura 40

Determinación de pérdida de peso



Figura 41

Determinación del contenido de polifenoles de galletas y harina de quinua

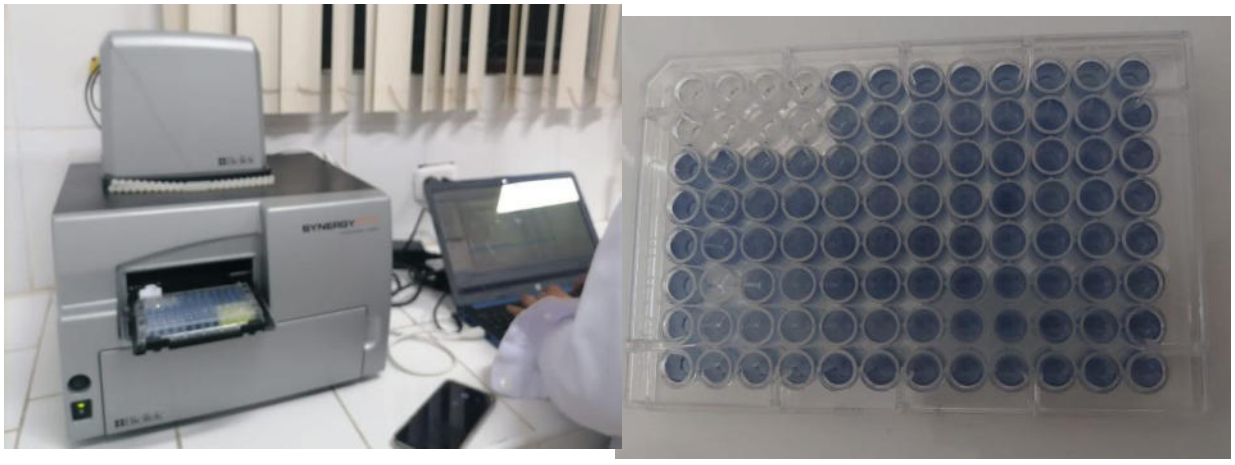


Figura 42

Determinación de la capacidad antioxidante de galletas y harina de quinua mediante el método DPPH



Figura 43

Determinación de la capacidad antioxidante de galletas y harina de quinua mediante el método ORAC



Figura 44

Codificación de muestras



Figura 45

Selección de atributos sensoriales



Figura 46

Evaluación sensorial en consumidores de Brasil



Figura 47

Evaluación sensorial en consumidores de Perú

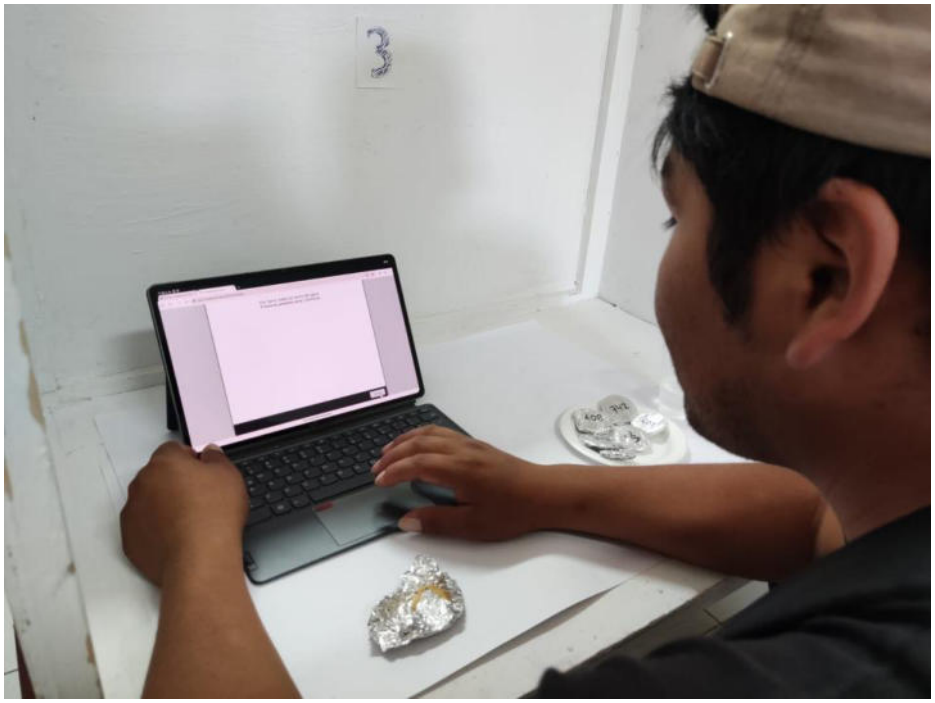


Figura 48

Evaluación sensorial en niños consumidores



Anexo 2

Ficha de Evaluación Sensorial de Galletas aplicada en niños

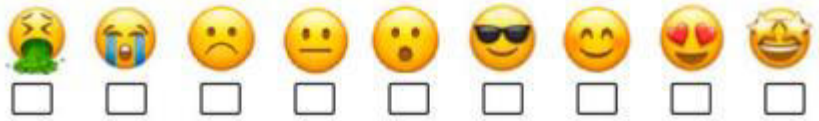
Nombre: _____Edad: _____

Instrucciones: Prueba cada muestra de galleta y marca todos los atributos que pienses que describen bien la galleta. Puedes marcar más de un atributo para cada muestra

Muestra 1:

◯ Oscuro	◯ Grasoso	◯ Mantequilla
◯ Dulce	◯ Salado	◯ Miel
◯ Crocante	◯ Duro	◯ Quebradizo

¿Qué tanto te gusto la galleta (Muestra 1)? Marca la carita que mejor muestra lo que piensas de la galleta



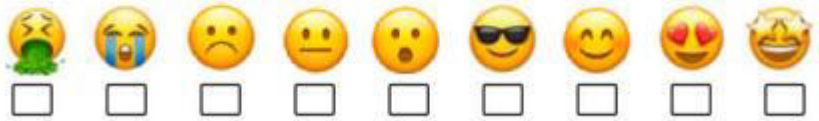
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me disgusta mucho — Me es indiferente — Me gusta mucho

Muestra 2:

◯ Oscuro	◯ Grasoso	◯ Mantequilla
◯ Dulce	◯ Salado	◯ Miel
◯ Crocante	◯ Duro	◯ Quebradizo

¿Qué tanto te gusto la galleta (Muestra 2)? Marca la carita que mejor muestra lo que piensas de la galleta



☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me disgusta mucho — Me es indiferente — Me gusta mucho

Muestra 3:

◯ Oscuro	◯ Grasoso	◯ Mantequilla
◯ Dulce	◯ Salado	◯ Miel
◯ Crocante	◯ Duro	◯ Quebradizo

¿Qué tanto te gusto la galleta (Muestra 3)? Marca la carita que mejor muestra lo que piensas de la galleta



Me disgusta mucho — Me es indiferente — Me gusta mucho

Anexo 3

Comité de ética e integridad científica para el desarrollo de tesis

UNAM | UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

COMITÉ DE ETICA E INTEGRIDAD CIENTIFICA PARA LA INVESTIGACION. | N° DE REGISTRO 184732

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Moquegua, 30 de diciembre de 2024

CARTA N° 001-2024- PCEIC/UNAM

DR. SALDAÑA VILLA ERICK MANUEL
DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO DEL PERU – IINDEP

ASUNTO : **RESPUESTA A SOLICITUD DE APROBACION DE ETICA A PROYECTO DE TESIS "DESARROLLO DE GALLETAS CON REDUCCION DE AZUCAR E INCORPORACION DE HARINA QUINUA: UN ENFONQUE INSTRUMENTAL Y SENSORIAL"**

REFERENCIA : CARTA N° 290-2024-DG-IINDEP/VPI/UNAM
N° SIGEUN: 161955
INFORME N°001-2024/JDAM/EPIA/UNAM

Mediante el presente me dirijo a usted, en respuesta al documento de la referencia, para manifestar que; en cumplimiento a la Resolución de Comisión Organizadora N° 229-2024-UNAM/CO (...); Art. 21 inciso (b); detallo:

Se ha procedido a ***REVISAR Y APROBAR*** el proyecto de Tesis titulado: "**DESARROLLO DE GALLETAS CON REDUCCION DE AZUCAR E INCORPORACION DE HARINA QUINUA: UN ENFONQUE INSTRUMENTAL Y SENSORIAL"** desde la perspectiva ética, tomando en cuenta que este proyecto ha sido autorizado para su ejecución el 11 de junio del 2024.

Sin otro particular, me despido de usted.

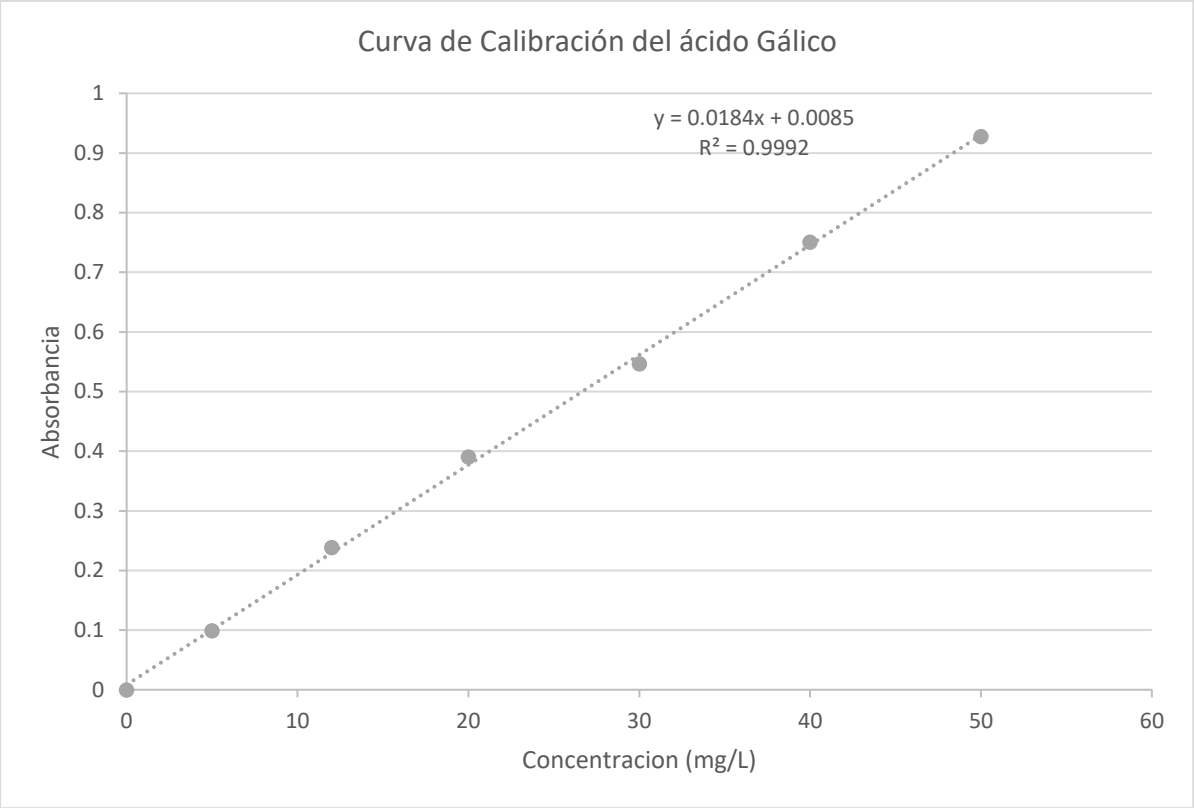
Atentamente,

UNAM
Firmado digitalmente por CORDOVA COAYLA Ynes Ydalia FAU 20449347448 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.12.2024 11:18:47 -05:00

PRESIDENTA (e) DEL COMITÉ DE ETICA E INTEGRIDAD CIENTIFICA

Anexo 4

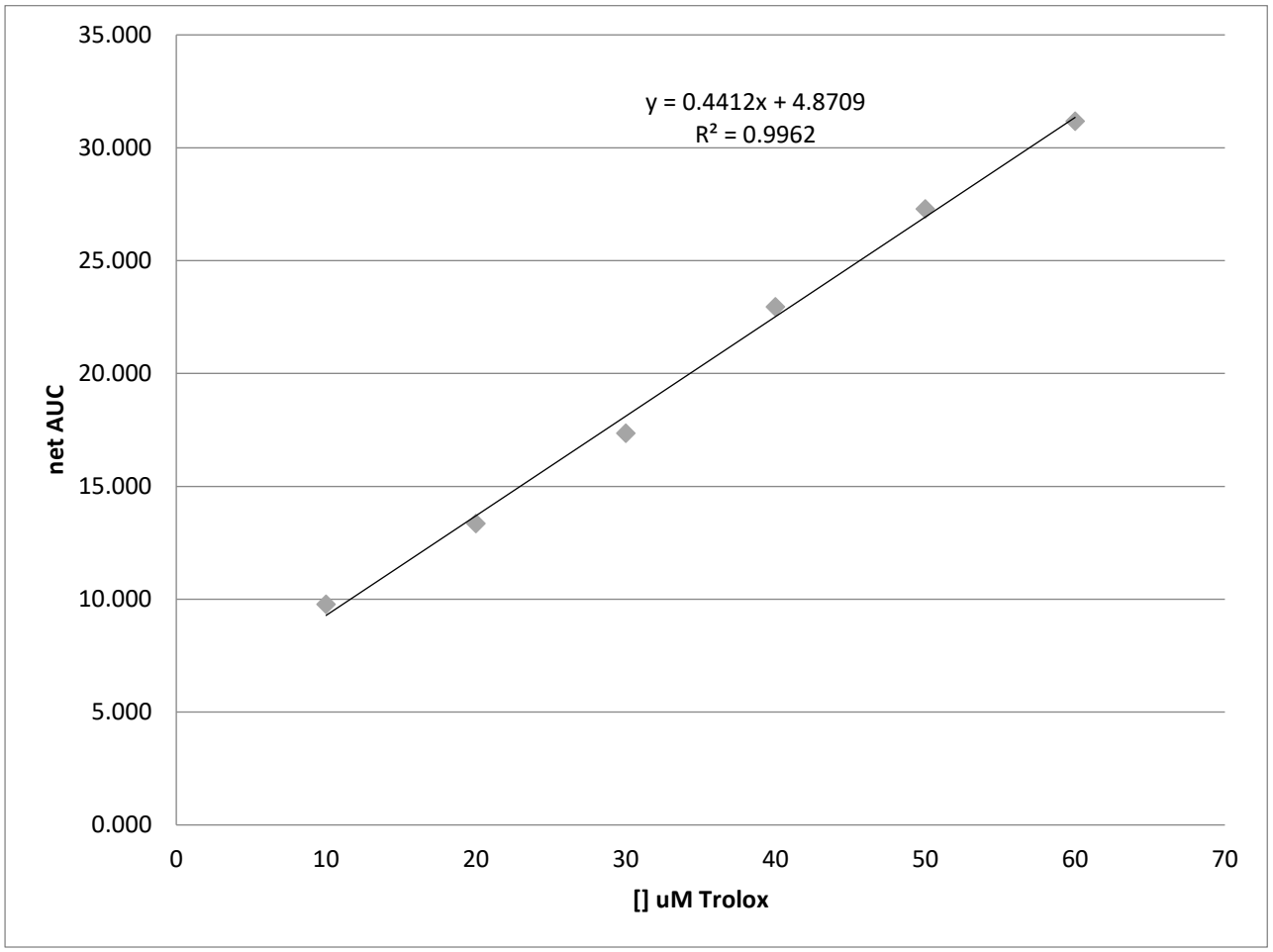
Curva estándar de ácido gálico



Punto de calibración	Concentración (mg/L)	Absorbancia
1	0	0
2	5	0.099
3	12	0.239
4	20	0.390
5	30	0.547
6	40	0.751
7	50	0.928

Anexo 5

Curva estándar de Trolox utilizada en la determinación de capacidad antioxidante (ORAC)



Curva Trolox net AUC					
[] uM	R1	R2	R3	R4	Promedio
10	7.907	10.271	10.181	10.730	9.772
20	11.883	13.501	13.986	14.021	13.348
30	17.603	16.199	17.653	17.926	17.345
40	20.734	23.666	23.841	23.586	22.957
50	24.429	28.573	27.412	28.731	27.286
60	28.581	31.330	32.980	31.796	31.172

Anexo 6

Resultados de grasa en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9548473	0.5059971

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	5.455692	0.3628288

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.287734	0.3128733

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
Parámetro	Valor
CV (%)	6.53
Media factorial	**25.0847**
Mediana factorial	24.9385
Media adicional	24.9604
Mediana adicional	24.4859

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F1	1	0.01668356	0.01668356	0.006219	0.9384421
F2	2	12.13300433	6.06650217	2.261445	0.1467477
Bloque	2	2.83739505	1.41869753	0.528856	0.6023999
F1 × F2	2	0.73330411	0.36665206	0.136679	0.8735888
Ad × Factorial	1	0.03970853	0.03970853	0.014802	0.9051779

Residuos	12	32.19092770	2.68257731	

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 \ F2 (%)	10	20	30
15	24.313	24.94600	25.90367
30	24.231	24.59967	26.51467

Anexo 7

Resultados de humedad en galletas

Donde:

***F1:** Incorporación de harina de quinua*

***F2:** Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9798643	0.9486013

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	3.129872	0.6799713

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.568037	0.5488204

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	10
Media factorial	**4.1253**
Mediana factorial	4.122
Media adicional	**3.4632**
Mediana adicional	3.4166
Posibles valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr(F)**
F1	1	0.51005000	0.51005000	3.139967	0.10176148
F2	2	0.01148233	0.00574117	0.035344	0.96537365
Bloque	2	0.33718838	0.16859419	1.037899	0.38392767
F1 × F2	2	0.60652300	0.30326150	1.866937	0.19682192
Ad × Factorial	1	1.12722866	1.12722866	6.939440	0.02180269
Residuos	12	1.94925589	0.162438		

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 \ F2 (%)	10	20	30
15	4.042333	4.096667	3.732000
30	4.154667	4.140000	4.586333

Anexo 8

Resultados de ceniza en galletas

Donde:

***F1:** Incorporación de harina de quinua*

***F2:** Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9319327	0.2099716

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	2.387945	0.793268

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.240674	0.2772822

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	10
Media factorial	**7.1862**
Mediana factorial	7.101
Media adicional	**7.0106**
Mediana adicional	7.3271
Posibles valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr (F)**
F1	1	0.14670139	0.14670139	0.259406	0.61976447
F2	2	12.65543433	6.32771717	11.18903	0.00180884
Bloque	2	0.06958413	0.03479206	0.061521	0.94062754
F1 × F2	2	2.17994411	1.08997206	1.927350	0.18799194
Ad × Factorial	1	0.07928280	0.07928280	0.140192	0.71462253
Residuos	12	6.78634546	0.56552879		

No hay interacción significative

F2 – Comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Reducción de azúcar (%)	Media	Grupo
10	8.304667	a
20	6.968000	b
30	6.285833	b

Factores aislados no significativos (F1)	
Incorporación de harina de quinua	Media
15	7.095889
30	7.276444

Anexo 9

Resultados de actividad de agua en galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9348563	0.2361791

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	1.259314	0.939062

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.725309	0.6824619

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	10
Media factorial	0.3303
Mediana factorial	0.329
Media adicional	0.2814
Mediana adicional	0.2647
Posibles valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr (F)
F1	1	0.0069620000	0.0069620000	5.946263	0.03124362
F2	2	0.0006603333	0.0003301667	0.281996	0.75913930
Bloque	2	0.0012803980	0.0006401990	0.546796	0.59256334
F1 × F2	2	0.0038003333	0.0019001667	1.622937	0.23777894
Ad × Factorial	1	0.0061521793	0.0061521793	5.254593	0.04076235
Residuos	12	0.0140498335	0.0011708195		

F1 – Comparaciones múltiples: Tukey HSD		
F1 (%)	Media	Grupo
30	0.3500000	a
15	0.3106667	b

Factores aislados no significativos (F1)	
Incorporación de harina de quinua	Media
10	0.3228333
20	0.3376667
30	0.3305000

Anexo 10
Resultados de proteínas en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9301693	0.1955253

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	5.492422	0.3587776

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.017891	0.1373653

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	2.88
Media factorial	**8.2621**
Mediana factorial	8.2492
Media adicional	**8.2807**
Mediana adicional	8.138
Posibles valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr (F)
F1	1	0.141582942	0.141582942	2.495808	0.14013425
F2	2	0.074374401	0.037187201	0.655532	0.53679802
Bloque	2	0.338160355	0.169080177	2.980527	0.08893991
F1 × F2	2	0.046230768	0.023115384	0.407475	0.67419544
Ad × Factorial	1	0.000894923	0.000894923	0.015776	0.90212754
Residuos	12	0.680739479	0.056728290		

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 \ F2 (%)	10	20	30
15	8.250633	8.299467	8.502133
30	8.199467	8.117833	8.202800

Anexo 11

Resultados de dureza en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9110177	0.08966344
Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.		
Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	1.133801	0.9510684
Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.		

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Durbin-Watson	2.606876	0.5825043
Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.		

Información adicional	
CV (%)	5.96
Media factorial	28.8284
Mediana factorial	28.346
Media adicional	41.0759
Mediana adicional	40.9067
Valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr (F)**

F1	1	19.541668	19.541668	5.8783699	0.03205091
F2	2	4.018337	2.009168	0.6043821	0.5622304
Bloque	2	12.508056	6.254028	1.8812871	0.1946815
F1 × F2	2	15.677178	7.838589	2.3579423	0.1368710
Ad × Factorial	1	385.720169	385.720169	116.0292881	1.59×10^{-7}
Residuos	12	39.892014	3.324335		

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Incorporación de harina de quinua		
Nivel F1	Media	Grupo
15	29.87033	a
30	27.78644	b

Factores aislados no significativos (F2)	
Reducción de azúcar	Media
10	29.12817
20	29.19567
30	28.16133

Anexo 12

Resultados de fracturabilidad en galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Shapiro–Wilk (W)	0.9562045	0.5303387

Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Bartlett	5.989108	0.3072802

Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Prueba de Durbin-Watson	2.16428	0.2236079

Como el valor p supera el 5%, no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional

CV (%)	3.57
Media factorial	60.8217
Mediana factorial	60.119
Media adicional	79.6169
Mediana adicional	78.7196
Valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr (F)**
F1	1	228.28859	228.288589	44.531728	2.28×10^{-5}
F2	2	88.37584	44.187918	8.619635	4.78×10^{-3}
Bloque	2	12.82803	6.414015	1.251167	0.3209667
F1 × F2	2	21.16119	10.580593	2.063932	0.1696783
Ad × Factorial	1	908.38034	908.380340	177.195655	1.51×10^{-8}
Residuos	12	61.51711	5.126426		

No se detectó interacción significativa

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Incorporación de harina de quinua		
Nivel F1	Media	Grupo
15	64.38300	a
30	57.26044	b

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Incorporación de harina de quinua		
Nivel F2 (%)	Media	Grupo
20	63.95533	a
10	59.25867	b
30	59.25117	b

Anexo 13

Resultados de pérdida de peso por cocción en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	*p-valor*
Shapiro–Wilk (W)	0.9838863	0.9811196

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett	2.279957	0.8092061

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Durbin–Watson	2.523998	0.5104712

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	9.28
Media factorial	16.8203
Mediana factorial	16.8885
Media adicional	17.6372
Mediana adicional	17.7755
Valores atípicos	Ninguno

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr(F)**
F1	1	0.0226845	0.0226845	0.00919	0.9252234
F2	2	2.9504214	1.4752107	0.59744	0.5657917
Bloque	2	0.6923647	0.3461823	0.14020	0.8705891
F1 × F2	2	0.4572190	0.2286095	0.09258	0.9122183
Ad × Factorial	1	1.7161197	1.7161197	0.69499	0.4207539
Residuos	12	29.6308610	2.4692384		

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 (%) / F2 (%)	10	20	30
15	17.43700	16.34100	16.78933
30	17.01833	16.19533	17.14067

Anexo 14

Resultados de diámetro en galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9610724	0.6224656

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	5.449505	0.3635146

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	2.102177	0.1842056

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	3.6
Media factorial	4.5852
Mediana factorial	4.55
Media adicional	4.9463
Mediana adicional	4.9167
Posibles valores atípicos	No hay punto discordante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F1	1	0.0089333	0.0089333	0.32089	0.581509
F2	2	0.0062463	0.0031231	0.11218	0.894803
Bloque	2	0.2343523	0.1171761	4.20909	0.041208
F1 × F2	2	0.0018387	0.0009193	0.03302	0.967601
Ad × Factorial	1	0.3353519	0.3353519	12.0462	0.004624
Residuos	12	0.3340656	0.0278388	—	—

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 (%) / F2 (%)	10	20	30
15	4.622333	4.599667	4.600333
30	4.596333	4.564667	4.527667

Anexo 15

Resultados de espesor en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro–Wilk (W)	0.9774494	0.9199479

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	4.901186	0.4280584

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin–Watson (DW)	2.7447	0.6981889

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	3.73
Media factorial	0.6425
Mediana factorial	0.653
Media adicional	0.6726
Mediana adicional	0.6833
Valores atípicos	No hay punto discordante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F1	1	0.000953	0.000953	1.642026	0.224255
F2	2	0.003110	0.001555	2.678470	0.109206
Bloque	2	0.011557	0.0057785943	9.952498	0.002830
F1 × F2	2	0.003748	0.0018740556	3.227694	0.075569
Ad × Factorial	1	0.002328	0.0023285534	4.010478	0.068340
Residuos	12	0.006967	0.0005806175		

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 (%) / F2 (%)	10	20	30
15	0.6443333	0.6676667	0.6373333
30	0.6036667	0.6390000	0.6630000

Anexo 16

Resultados de peso de las galletas cocidas en galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro–Wilk (W)	0.9483382	0.3995468

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	1.411676	0.9230318

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin–Watson (DW)	2.827031	0.7620403

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis H_0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	3.58
Media factorial	8.9059
Mediana factorial	8.862
Media adicional	9.1022
Mediana adicional	8.7833
Valores atípicos	No discrepante

Análisis de varianza					
Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	0.10185	0.10185	0.99465	0.33830
F2	2	0.27730	0.13865	1.35404	0.29495

Bloque	2	4.14021	2.07011	20.21605	0.00014
F1 × F2	2	0.17661	0.08831	0.86236	0.44675
Ad × Factorial	1	0.09912	0.09912	0.96798	0.34461
Residuos	12	1.22879	0.10240		

No hay interacción significative

Factores aislados no significativos			
F1 (%) / F2 (%)	10	20	30
15	8.991000	9.044667	8.907667
30	8.576667	9.107667	8.807667

Anexo 17

Resultados del factor de dispersión de las galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.9840308	0.9819356

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	2.779275	0.7339695

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Durbin-Watson	2.348943	0.3615724

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	3.86
Media factorial	7.1548
Mediana factorial	7.0650
Media adicional	7.2797
Mediana adicional	7.2985
Posibles outliers	No hay puntos discrepantes

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr(F)**
F1	1	0.05152050	0.05152050	0.672871	0.42804602
F2	2	0.60534033	0.30267017	3.952954	0.04799494
Bloque	2	0.36504309	0.18252155	2.383780	0.13435939
F1 × F2	2	0.59818633	0.29909317	3.906237	0.04936908
Ad × Factorial	1	0.04008948	0.04008948	0.523579	0.48318616
Residuos	12	0.91881710	0.07656809		

Interacción significativa: análisis de la interacción

Análisis de F1 dentro del nivel de F2

Análisis de F1 dentro del nivel de F2					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr(F)**
F2	2	0.60534	0.30267	3.9530	0.04799 *
Bloque	2	0.44032	0.22016	2.8754	0.09545
F1 × F2 + F1	3	0.64971	0.21657	2.8284	0.08340
F1:F2 10	1	0.31878	0.31878	4.1634	0.06394
F1:F2 20	1	0.09728	0.09728	1.2705	0.28170
F1:F2 30	1	0.23364	0.23364	3.0514	0.10619

Análisis de F2 dentro del nivel de F1					
Fuente	gl	Suma Sq	Media Sq	F-value	p-valor
F1	1	0.05152	0.05152	0.6729	0.42805
Bloque	2	0.44032	0.22016	2.8754	0.09545
F1 × F2 + F2	4	1.20353	0.30088	3.9296	0.02899 *
F2:F1 15	2	0.19287	0.09643	1.2594	0.31878
F2:F1 30	2	1.01066	0.50533	6.5998	0.01166 *

Factores aislados no significativos			
F1 \ F2	10	20	30
15	7.18 aA	6.90 aA	7.22 aA
30	7.64 aA	7.15 aAB	6.83 aB

Anexo 18

Resultados de Color (Valor L*) de las galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor

Shapiro-Wilk (W)	0.96517	0.70345

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	9.23067	0.10021

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	2.04681	0.15255

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	2.31
Media factorial	60.3262
Mediana factorial	59.611
Media adicional	69.4587
Mediana adicional	69.568
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	94.957981	94.957981	46.721656	1.80956e-05
F2	2	2.776843	1.388422	0.683137	0.523631
Bloque	2	6.848424	3.424212	1.684796	0.226524
F1 × F2	2	1.122444	0.561222	0.276135	0.763403
Ad × Factorial	1	214.463716	214.463716	105.52141	2.67681e-07
Residuos	12	24.389028	2.032419	—	—

No hay interacción significativa

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD

Incorporación de harina de quinua

Nivel F1	Media	Grupo
15	62.62300	a
30	58.02933	b

Factores aislados no significativos (F2)

Reducción de azúcar	Media
10	60.8620
20	59.9315
30	60.1850

Anexo 19

Resultados de Color (Valor a*) de las galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.96428	0.68583

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	9.45882	0.09210

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	1.44632	0.00377

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	7.23
Media factorial	7.2028
Mediana factorial	7.135
Media adicional	2.4753
Mediana adicional	2.396
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**Valor F**	**p-valor**
F1	1	24.24401	24.24401	108.9845	2.24566e-07
F2	2	0.15034	0.07517	0.33792	0.71982
Bloque	2	0.20583	0.10291	0.46262	0.64040

F1 × F2	2	0.13454	0.06727	0.30241	0.74450
Ad × Factorial	1	57.46817	57.46817	258.3376	1.75950e-0
				7	9
Residuos	12	2.66944	0.22245	—	—

No hay interacción significativa

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Incorporación de harina de quinua		
Nivel F1	Media	Grupo
30	8.36333	a
15	6.04222	b

Factores aislados no significativos (F2)	
Reducción de azúcar	Media
10	7.08667
20	7.21167
30	7.31000

Anexo 20

Resultados de Color (Valor b*) de las galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)
0.95990	0.95990	0.95990

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	7.63339	0.17763

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	2.18078	0.23474

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	2.42
Media factorial	32.6478
Mediana factorial	32.65
Media adicional	32.0973
Mediana adicional	31.774
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	1.35576	1.35576	2.18277	0.16532
F2	2	0.12501	0.06251	0.10063	0.90502
Bloque	2	5.06620	2.53310	4.07829	0.04452
F1 × F2	2	0.35634	0.17817	0.28686	0.75562
Ad × Factorial	1	0.77911	0.77911	1.25437	0.28463
Residuos	12	7.45342	0.62112	—	—

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos			
F1 (%) / F2 (%)	10	20	30
15	32.28667	32.38000	32.45333
30	33.09000	33.06667	32.61000

Anexo 21

Resultados de Color (Valor c*) de las galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.96255	0.65161

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	7.37342	0.19432

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	2.04195	0.14993

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	2.53
Media factorial	33.4506
Mediana factorial	33.38
Media adicional	32.193
Mediana adicional	31.8553
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	4.85681	4.85681	6.85506	0.02246
F2	2	0.08648	0.04324	0.06103	0.94109
Bloque	2	5.09621	2.54810	3.59648	0.05974
F1 × F2	2	0.39781	0.19891	0.28074	0.76005
Ad × Factorial	1	4.06638	4.06638	5.73943	0.03378
Residuos	12	8.50200	0.70850	—	—

No hay interacción significativa

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD

Incorporación de harina de quinua

Nivel F1	Media	Grupo
30	33.97000	a
15	32.93111	b

Factores aislados no significativos (F2)	
Reducción de azúcar	Media
10	33.46333
20	33.52833
30	33.36000

Anexo 22

Resultados de Color (Valor h*) de las galletas

Donde:

F1: *Incorporación de harina de quinua*

F2: *Reducción de azúcar*

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.88922	0.03742

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	3.75373	0.58539

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Durbin-Watson (DW)	1.74654	0.03936

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	0.83
Media factorial	77.5922
Mediana factorial	77.795
Media adicional	85.5951
Mediana adicional	85.6516
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	61.08809	61.08809	142.88599	0.00000005
F2	2	0.60914	0.30457	0.71240	0.51008
Bloque	2	0.05434	0.02717	0.06355	0.93874
F1 × F2	2	0.21528	0.10764	0.25177	0.78143
Ad × Factorial	1	164.6890	164.6890	385.21009	0.00000017
Residuos	12	5.13036	0.42753	—	—

No hay interacción significativa

Prueba de comparaciones múltiples: Tukey HSD		
Incorporación de harina de quinua		
Nivel F1	Media	Grupo
15	79.43444	a
30	75.75000	b

Factores aislados no significativos (F2)	
Reducción de azúcar	Media
10	77.80333
20	77.61833
30	77.35500

Anexo 23

Resultados de polifenoles totales de las galletas

Donde:
F1: *Incorporación de harina de quinua*
F2: *Reducción de azúcar*
Resultados del factor de dispersión de las galletas

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.98427	0.98322

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-cuadrado)	3.63025	0.60378

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Durbin-Watson (DW)	2.15564	0.21789

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	9.09
Media factorial	1.678

Mediana factorial	1.5261
Media adicional	1.2446
Mediana adicional	1.2361
Posibles valores atípicos	No hay puntos discrepantes

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F1	1	1.61982	1.61982	75.14197	0.00000164
F2	2	0.34368	0.17184	7.97153	0.00627
Bloque	2	0.00282	0.00141	0.06543	0.93699
F1 × F2	2	0.45432	0.22716	10.53779	0.00228
Ad × Factorial	1	0.48297	0.48297	22.40447	0.00049
Residuos	12	0.25868	0.02156	—	—

Interacción significativa: análisis de la interacción

Análisis de F1 dentro del nivel de F2

Análisis de F1 dentro del nivel de F2

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F2	2	0.34368	0.17184	7.9715	0.00627 *
Bloque	2	0.01464	0.00732	0.3395	0.71872
F1 × F2 + F1	3	2.07414	0.69138	32.0725	0.00000519 *
F1:F2 10	1	1.55662	1.55662	72.2104	0.00000202 *
F1:F2 20	1	0.42422	0.42422	19.6790	0.0008124 *
F1:F2 30	1	0.09330	0.09330	4.3281	0.05958 .

Análisis de F2 dentro del nivel de F1

Fuente	gl	Suma Sq	Media Sq	F-value	p-valor
F1	1	1.61982	1.61982	75.1420	0.00000164 *
Bloque	2	0.01464	0.00732	0.3395	0.71872
F1 × F2 + F2	4	0.79800	0.19950	9.2547	0.00119 *
F2:F1 15	2	0.02223	0.01111	0.5156	0.60978
F2:F1 30	2	0.77577	0.38789	17.9937	0.0002445 *

Factores aislados no significativos

F1 \ F2	10	20	30
15	1.36 bA	1.33 bA	1.44 aA
30	2.38 aA	1.86 aB	1.69 aB

Anexo 24
Resultados de capacidad antioxidantes por DPPH de las galletas

Donde:
F1: Incorporación de harina de quinua
F2: Reducción de azúcar

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.97434	0.87409

El valor p supera el 5%, de modo que no se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse normales.

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba de Bartlett (K-squared)	5.95336	0.31078

El valor p es mayor al 5%, por lo que no se rechaza H_0. Las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p-valor
Prueba Durbin-Watson (DW)	3.03858	0.89599

No se rechaza H_0. Los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	5.23
Media factorial	48.9417
Mediana factorial	45.215
Media adicional	60.6623
Mediana adicional	60.665
Posibles valores atípicos	No hay puntos discrepantes

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(F)
F1	1	1781.05014	1781.05014	254.25639	1.9282e-09
F2	2	220.33363	110.16682	15.72702	4.4351e-04
Bloque	2	49.79830	24.89915	3.55451	6.1328e-02
F1 × F2	2	1683.03941	841.51971	120.13236	1.1586e-08
Ad × Factorial	1	353.24565	353.24565	50.42809	1.2455e-05
Residuos	12	84.05925	7.00494		

Interacción significativa: análisis de la interacción

Análisis de F1 dentro del nivel de F2

Análisis de F1 dentro del nivel de F2					
Fuente	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media de cuadrados**	**Valor F**	**Pr(F)**
F2	2	220.3	110.17	15.7270	0.00044 *
Bloque	2	24.6	12.30	1.7563	0.21429
F1 × F2 + F1	3	3464.1	1154.70	164.8404	5.132e-10 *
F1:F2 10	1	76.2	76.18	10.8758	0.00637 *
F1:F2 20	1	2060.9	2060.91	294.2077	8.312e-10 *
F1:F2 30	1	1327.0	1327.00	189.4376	1.035e-08 *

Análisis de F2 dentro del nivel de F1					
Fuente	**gl**	**Suma Sq**	**Media Sq**	**F-value**	**p-valor**
F2	2	220.3	110.17	15.7270	0.00044 *
Bloque	2	24.6	12.30	1.7563	0.21429
F1 × F2 + F1	3	3464.1	1154.70	164.8404	5.132e-10 *
F1:F2 10	1	76.2	76.18	10.8758	0.00637 *
F1:F2 20	1	2060.9	2060.91	294.2077	8.312e-10 **

Factores aislados no significativos			
F1 \ F2	10	20	30
15	48.6 aA	29.7 bC	38.7 bB
30	41.5 bB	66.8 aA	68.4 aA

Anexo 25

Resultados de capacidad antioxidantes por ORAC de las galletas

Donde:

F1: Incorporación de harina de quinua

F2: Reducción de azúcar

Normalidad de los errores		
Método	Estadístico	p.valor
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W)	0.96185	0.63779

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse normales

Homogeneidad de varianzas		
Método	Estadístico	p.valor
Prueba de Bartlett (B)	3.49066	0.62480

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, las varianzas pueden considerarse homogéneas.

Independencia de los errores		
Método	Estadístico	p.valor
Prueba de Durbin-Watson (DW)	1.95989	0.10974

Dado que el valor p calculado es superior al nivel de significación del 5 %, no se rechaza la hipótesis H0. Por lo tanto, los errores pueden considerarse independientes.

Información adicional	
CV (%)	0.83
Media factorial	77.5922
Mediana factorial	77.795
Media adicional	85.5951
Mediana adicional	85.6516
Posibles valores atípicos	Ningún punto discrepante

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	p-valor
F1	1	0.5904222	0.5904222	0.1397690	0.715033
F2	2	215.5497333	107.7748667	25.5132390	0.0000476
Bloques	2	0.3474667	0.1737333	0.0411274	0.959842
F1 × F2	2	11.9749778	5.9874889	1.4174013	0.280154
Ad × Factorial	1	167.3257143	167.3257143	39.6105425	0.0000398
Residuos	12	50.6912667	4.2242722		

No hay interacción significativa

Factores aislados no significativos (F1)	
Incorporación de harina de quinua	
Nivel F1	Media
15	24.09111
30	23.72889

Factores aislados no significativos (F2)		
Reducción de azúcar	Media	Grupo
20	27.74000	a
30	24.63333	a
10	19.35667	b

ANEXO 26

Artículos científicos

Producto de la tesis se publicaron los siguientes artículos en revistas indizadas en Scopus:

1. Alvarez, J., Eduardo, K., Coaguila Gonza, M. M., Darlan Leal De Araújo, C., Contreras-Castillo, C. J., & Saldaña, E. (2025). Sugar reduction and replacement of wheat flour with quinoa flour in shortcrust cookies: effects on nutritional, physical, and sensory properties. https://doi.org/10.1186/ s43014-025-00323
2. Saldaña, E., Alvarez, J., Eduardo, K., Gonza, M. M. C., Rios-Mera, J. D., & Contreras-Castillo, C. J. (2025). Improving the Sensory Quality of Sugar-Reduced Quinoa Biscuits Targeted to Children Based on Young Adult Feedback. Journal of Sensory Studies, 40(4), e70062. https:// doi.org/10.1111/JOSS.70062.

   Además, se envió el artículo de revisión a la revista Food and Humanity, titulado: Quinoa Flour in Cookies: A systematic review of formulation, sensory, and technological challenges and a framework for future innovation

Food Production, Processing and Nutrition

RESEARCH Open Access

Sugar reduction and replacement of wheat flour with quinoa flour in shortcrust cookies: effects on nutritional, physical, and sensory properties

Jennifer Alvarez[1], Karina Eduardo[1,3], Milagros Maribel Coaguila Gonza[2], Chimenes Darlan Leal de Araújo[2], Carmen J. Contreras-Castillo[2] and Erick Saldaña[1*]

Abstract

Malnutrition and obesity are global concerns. To overcome this issue, food reformulation was recommended as a cost-effective strategy. In this context, the objective of this study was to evaluate the impact of replacing wheat flour with quinoa flour (15% and 30%) and reducing sugar content (10%, 20%, 30%) on the physical, nutritional, and sensory properties of shortcrust pastry cookies. No significant differences were found in fat, protein, and ash contents, though slight variations occurred between formulations. Significant water and moisture activity differences were noted, except for formulation T15Q.30S. The highest polyphenol content (0.238 mg GAE) was achieved with a 10% sugar reduction and a 30% substitution of wheat flour with quinoa. The greatest antioxidant capacity was observed with a 20% sugar reduction and a 15% replacement of wheat flour with quinoa flour, based on DPPH and ORAC methods. From a physical perspective, higher levels of quinoa flour reduced the hardness, diameter, and dispersion factor of the cookies, while a slight decrease in baking weight loss and thickness was observed. Replacing with 15% quinoa flour and reducing 10% sugar resulted in cookies with the highest acceptance. On the other hand, cookies containing 30% quinoa and higher sugar reductions were less accepted due to their darker color, reduced sweetness, and increased brittleness. The findings of this study emphasize the potential of this reformulation strategy, as the sensory and instrumental quality was maintained, supporting its use in promoting healthier food choices in academia, industry, and among policymakers.

Keywords Reformulated cookies, Quinoa substitution, Sugar reduction, Sensory quality

Introduction

In recent decades, non-communicable diseases (NCDs) such as overweight and obesity have been increasing at an alarming rate, contributing to 2.8 million deaths each year. Childhood obesity rates are also rising dramatically, with over 340 million children and adolescents worldwide classified as obese or overweight—conditions strongly linked to an increased risk of type II diabetes, cardiovascular disease, and other NCDs (World Health Organization—WHO, 2024). One of the main dietary factors contributing to obesity is the excessive

*Correspondence:
Erick Saldaña
esaldanav@unam.edu.pe
[1] Sensory Analysis and Consumers Study Group, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua, Prolongación Calle Ancash S/N, Moquegua 18001, Peru
[2] Departamento de Ciênciae, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Tecnologia de Alimentos (LCA), Universidade de São Paulo (USP), Avenida Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, Piracicaba, SP 13418-900, Brazil
[3] Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan 9 Pablo II S/N, Trujillo, Peru

© The Author(s) 2025. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

consumption of added sugar, which is prevalent in processed foods, including cookies. The global per capita consumption of cookies is approximately 5.6 kg annually, with sugar content ranging from 20 to 75%. In response, health organizations around the world recommend reducing total energy intake from free sugars to less than 10% (WHO, 2016).

To address this issue, research has focused on strategies to reduce sugar in various food products such as dairy products and nectars (Lima et al., 2019; Velázquez et al., 2021), but there is still limited work on baked goods, particularly cookies. For example, Kawakami et al., (2025), evaluated the effect of sucrose reduction on the sensory properties of shortcrust cookies, finding that a 25% reduction was acceptable, whereas a 50% reduction resulted in rejection. Other studies have tested different sugar reduction levels in cookies, with varying impacts on consumer acceptance (Erdem et al., 2023; Lingiardi et al., 2023). Since sugar not only provides sweetness but also contributes to the moisture retention, stability, viscosity, and solubility of minor ingredients (Voong & Westpha, 2023), as well as influencing water activity and delaying processes such as gluten denaturation and starch gelatinization during baking and the product's shelf life (Luo et al., 2019; Struck et al., 2014; van der Sman & Renzetti, 2019).

As consumer preferences shift towards foods with improved nutritional profiles, researchers are exploring non-conventional raw materials contributing to consumers'health and sustainability. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2023) has emphasized the importance of increasing the nutritional quality of foods to combat undernutrition and obesity. One approach is to incorporate functional ingredients that enhance a product's nutritional value while maintaining its sensory appeal (Eduardo et al., 2024). Healthy food reformulations aim to balance reduced salt, sugar, and fat levels while preserving the original sensory experience, a key factor influencing consumer choices (Saldaña et al., 2024).

Quinoa (*Chenopodium quinoa Wild*) is an ancient Andean grain that has gained global recognition for its exceptional nutritional properties. It contains all the essential amino acids and, compared to wheat flour, quinoa provides a more balanced amino acid profile, with notably higher levels of lysine, methionine, and threonine, which are typically limited in cereals (Nguyen et al., 2023; Repo-Carrasco, 2011). Also, it contains bioactive compounds (Pereira et al., 2020), polyunsaturated fats, proteins, minerals, and dietary fiber (Chen et al., 2023). Due to this unique composition, quinoa is considered nutritionally superior to traditional cereals and has been linked to preventing NCDs such as obesity, diabetes, and some types of cancer (Navruz-Varli & Sanlier, 2016). Despite their nutritional benefits, quinoa-based products have not been used in consumers'daily diets, especially in urban environments, due to limited product variety as in cookies, breads, noodles and burgers (Eduardo et al., 2024), as well as its low sensory due to color, appearance, taste and mouthfeel (Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017).

Previous studies have explored quinoa flour substitution in cookies, mainly from a nutritional and sensory characterization perspective. Watanabe et al. (2014) found that increasing quinoa flour content (7.5%–15%) enhanced the antioxidant capacity and amino acid profile but reduced sensory acceptance. Similarly, Goyat et al. (2018) observed that quinoa flour substitutions of 5%–15% improved polyphenol and antioxidant content but also increased cookie hardness, due to the absence of gluten, which normally provides elasticity and gas retention, with the 15% substitution receiving the highest acceptance score. Jan et al., (2018a, 2018b) evaluated wheat flour replacement with Indian quinoa flour at levels ranging from 10 to 50%, reporting that cookies with 30% quinoa flour achieved the highest sensory acceptance while improving their nutritional profile. The present study offers a novel contribution to developing quinoa-based products by integrating expert descriptive analysis with consumer sensory and hedonic using acceptance and the check-all-that-apply (CATA) questionnaire, respectively. While previous research has primarily focused on nutritional composition or sensory profile with trained assessors, our approach provides a comprehensive sensory profile from experts and consumer perspectives. This dual approach enhances our understanding of sugar-reduced quinoa cookies'sensory drivers of liking, providing valuable insights for future innovations in quinoa-based food products.

In this context, the aim of this study was to assess the impact of replacing wheat flour with quinoa flour (15% and 30%) and reducing sugar content (10%, 20%, 30%) on the physical, nutritional, and sensory properties of shortcrust cookies. By reducing the sugar content and replacing wheat flour with quinoa flour in cookies, the study seeks to align with global recommendations to limit added sugars and promote healthier dietary patterns in consumers.

Materials and methods

Raw materials

Blanca de Juli quinoa flour was sourced from RENACER S.A.C. The production process involved several steps: classification, desaponification, drying, and texturization. To achieve a uniform particle size, the flour was sifted using a 60-mesh sieve, following the British Standard

Sieve system, resulting in a fine, beige-colored flour. The flour was then packaged in a polyethylene bag and then stored in a refrigerated, light-proof environment until use.

The other ingredients used in this study were purchased from a supermarket in Piracicaba, Brazil. These included wheat flour (Primor, Brazil), milk powder (Piracanjuba, Brazil), vegetable shortening (Coamo, Brazil), white sugar (Alto Alegre, Brazil), baking powder (Royal, Brazil), and salt (Sal Lebre, Brazil). The wheat flour had a protein content of 9%, a gluten content of 10%, and a gluten index of 40.

Manufacture of cookies

The manufacturing process of the cookies was slightly modified from that of the 10-50D American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000), using a randomized block design (RBD) with a factorial arrangement (*sucrose reduction X quinoa flour*), including an additional treatment. Seven formulations were prepared according to Table 1, reducing the sucrose content (10%, 20%, 30%) and substituting industrial wheat flour with quinoa flour (15% and 30%) alongside a control treatment with no modifications.

The process began by mixing wheat and quinoa flour according to the formulation. First, the sugar and vegetable shortening were blended, followed by adding the flour and other ingredients (Table 1). Subsequently, the dough was kneaded and manually rolled out with a dough sheeter until a uniform thickness of 0.5 cm was achieved, after which it was cut into circular shapes with a diameter of 5 cm. The cookies were baked in a preheated oven (Vipão, Model: 157BRF126A, Brazil) at 180 °C for 12 min. After baking, the cookies were left to cool at 25 °C. Finally, they were packaged in sealed polyethylene bags for further analysis. Ten cookies from each treatment were ground in triplicate for each block using a porcelain mortar for the proximate composition and extraction of antioxidant compounds. The resulting samples were then sieved through a 60-mesh screen to standardize the particle size. For the physical analyses, cookies were used without any preparation.

Proximal composition of quinoa flour and cookies

The proximate composition of quinoa flour and cookies was determined using standard methods from the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) and the American Association of Cereal Chemists (AACC, 1999). Moisture content was analyzed using the oven-drying method at 105 °C until a constant weight was reached. Crude fat was quantified by the Soxhlet method, protein content was determined using the Kjeldahl method, applying a nitrogen conversion factor of 5.36, and ash content was measured by muffle furnace ashing at 550 °C. Additionally, water activity was measured using a water activity meter (AQUALAB 4TE, Decagon Devices Inc., USA) at 25 °C. All analyses were performed in triplicate to ensure accuracy and reproducibility.

Instrumental color

Color measurements of the cookies were conducted according to the procedure specified by Duta et al. (2015). The color was measured using a Hunter colorimeter (MiniScan EZ, model: 4500 L, HunterLab Inc., Reston, VA, USA), set with D65 illumination and an observation angle of 10°. Before use, the colorimeter was calibrated with black and white squares. The colorimeter was positioned directly on the top surface of each cookie for evaluation, using four cookies per replicate. The average values for L* (0 = black, 100 = white), a* (-a = green, + a = red), and b* (-b = blue, + b = yellow) were recorded. The chroma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$) and hue

Table 1 Quinoa cookies formulation

Ingredients (%)	Control	T15Q.10S	T15Q.20S	T15Q.30S	T30Q.10S	T30Q.20S	T30Q.30S
White durum wheat flour	**40.4**	**34.4**	**34.4**	**34.4**	**28.3**	**28.3**	**28.3**
Quinoa flour	**0.0**	**6.1**	**6.1**	**6.1**	**12.1**	**12.1**	**12.1**
Baking powder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Powdered milk	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Vegetable shortening	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
Sugar	**19.4**	**17.5**	**15.5**	**13.6**	**17.5**	**15.5**	**13.6**
Water	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
Total	100	98.1	96.1	94.2	98.1	96.1	94.2

Ingredients in bold were the factors modified according to a factorial scheme. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

(h = arctan(b*/a*)) values were also calculated for a complete color evaluation (Saldaña et al., 2014).

Cookie dispersion factor

The cookie dispersion factor was measured according to the Samakradhamrongthai et al. (2022) recommendations. The cookies'diameter and thickness were measured using a vernier (Mitutoyo, Model: 530–316, Japan) at three locations, and the average of these measurements was then calculated. Subsequently, the extension factor was calculated by dividing the diameter of the cookies by their height (Ahmad et al., 2022).

Physical characteristics of the cookies

The physical characteristics of the cookies, including weight and baking loss, were determined using the Yang et al. (2022) recommendations, with some adaptations. The weight of the cookies was calculated as the average of three individual cookies. Baking losses were assessed by weighing the cookies before and after baking.

Hardness and fracturability of the cookies

The hardness of the cookies was measured as a function of breaking strength using a Texturometer (TA-XT Plus, Stable Micro System, Surrey, UK). The cookies were placed under a 70 mm cutting gauge with a thickness of 0.4 mm. Measurements were carried out at 25 °C, with the following parameters set on the texture analysis instrument: a pre-test speed of 2 mm/s, a distance of 3 mm, a test speed of 2 mm/s, a post-test speed of 2 mm/s, a load cell pitch of 3 mm, and a force of 5 kg. Ten replicates per treatment were conducted, following the method described by Samakradhamrongthai et al. (2022).

Functional and bioactive properties

Extraction of antioxidant compounds

The extraction of antioxidant compounds from defatted quinoa flour and cookie samples was conducted following the method by Abderrahim et al. (2011) and Arranz et al. (2009), with some modifications. A 1 mL mixture of methanol and water (1:1 v/v ratio, adjusted to a pH of 2.0) was added to 0.2 g of the sample. The solution was stirred for 1 h at 400 rpm and 30 °C on a microplate shaker (Labnet, Model: S2020-P2-B, Brazil). Afterward, the solution was vortexed for 10 min at 25°C and centrifuged at 10,000 rpm for 10 min at 4 °C. Finally, the supernatant was separated, yielding the phenolic extract, which was stored in a dark container at −20 °C until further use.

Quantification of polyphenols

The total phenolic content of the quinoa flour and cookie samples was quantified using the Folin-Ciocalteu method, as described by Magalhães et al. (2010). For the analysis, 70 µL of the samples and 70 µL of Folin-Ciocalteu reagent (diluted 1:5 v/v) were pipetted into a microplate, followed by incubation at room temperature for 2 min. The reaction was neutralized by adding 140 µL of 0.3 M NaOH, and the mixture was shaken, allowing it to rest for 15 min. Absorbance was recorded at a wavelength of 760 nm using a plate reader (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc, Winooski, VT, USA). A calibration curve based on gallic acid (0 to 50 mg/L) was employed for quantification. The analyses were conducted in triplicate, and the results were expressed as mg GAE/g of sample.

Antioxidant capacity by DPPH approach

The antioxidant capacity of the quinoa flour and cookie samples was evaluated using the methodology proposed by Abderrahim et al. (2013). A 10 mL aliquot of the extract was mixed with 200 µL of 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) solution (60 µmol/L in 10 mmol/L Tris Buffer, pH 7.5, 1:1 v/v (MT buffer)). The solution was then incubated at 24 °C in darkness for 30 min. DPPH reduction was measured at 517 nm using a microplate reader (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc, Winooski, VT, USA). Based on these absorbances (Abs), the percentage inhibition (%I) was calculated. Subsequently, the linear relationship involving the percentage of inhibition (%I), with coefficients a and b, was considered. Finally, the mean 50% inhibitory concentration (IC50), expressed in mg/mL, representing the effective concentration of extract required to inhibit 50% of the DPPH radical activity, was calculated using the equation of the line found for each extract.

Antioxidant capacity by ORAC approach

The Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) analysis of the extracts was conducted using a microplate reader (Synergy/HTX, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, USA) according to the method described by Dávalos et al. (2003), with some modifications. For that, 2,2'-azo-bis (2-amidino-propane) dihydrochloride (AAPH) was used as the peroxyl radical generator, with Trolox as the standard and fluorescein as the fluorescent probe, all diluted in phosphate-buffered saline (PBS) at 75 mM (pH 7.4). An aliquot of 20 µL of the antioxidant solution was added to the wells of the microplate, and the automatic injector of the kit dispensed 150 µL of fluorescein (100 mM) into each well. The mixture was preincubated for 10 min at 37 °C. Then, 30 µL of AAPH solution (12 mM) was added. Fluorescence was recorded immediately, measuring at 485 nm (excitation) and 520 nm (emission) every minute for 60 min. ORAC values were calculated as the area under the curve and expressed in µmol Trolox equivalents/g.

Sensory characteristics of cookies

Before the start of the study, ethical approval was obtained from the Universidad Nacional de Moquegua (Letter N° 001–2024-PCEIC/UNAM). All participants provided informed consent before taking part in the sensory evaluation. The sensory properties of the cookies were analyzed using descriptive analysis (DA) performed by a panel of expert judges and CATA questionnaire, coupled with the acceptance test with regular cookie consumers. All sensory procedures were conducted in individual sensory booths designed according to ISO standards (ISO8589, 2007) with white light and positive pressure ventilation. Data collection was conducted entirely using the *Compusense Cloud* software on Android tablets. Before any sensory testing, participants provided informed consent for voluntary participation. In both sensory procedures, the samples (8 g of cookies) were served in disposable plates coded with 3-digit random numbers in a sequentially monadic manner, following a Williams Latin square design (Williams, 1949). Water was also provided to clean the palate between samples.

Descriptive analysis with experts

The DA was performed following the recommendations of Lawless et al., (2010). A panel of 20 trained experts (8 men, 12 women; aged 18–35) with experience in sensory evaluation (Saldaña et al., 2015), assessed the cookie samples using a word association task to generate a list of sensory attributes. Panelists described each sample in their own words. The frequency of each attribute was recorded, and the most frequently mentioned were selected. These attributes were used in subsequent training and formal analysis.

The training for sensory descriptions of sweet cookie intensities followed a structured process to ensure accurate and reproducible results, according to guidelines in ISO 8586:2012. The previously defined descriptors were discussed in group sessions to reach a consensus definition of attributes, with the panel leader introducing mental references like specific ingredients or food products to clarify the meaning and anchors of the sensory attributes. The panelists then created a scoring sheet using a 10 cm unstructured line scale anchored with terms such as"weak"and"strong". The evaluation sequence started with the repeated evaluation of visual attributes, followed by aroma, taste, flavor-by-mouth, and mouthfeel. The training sessions concluded with experts demonstrating the ability to discriminate samples, maintain repeatability in their evaluations, and agree with other panel members'assessments (Saldaña et al., 2018). Then, the panel (20 experts) formally evaluated cookies. Each expert analyzed all samples in duplicate, assessing sensory attributes during two separate sessions using a 10 cm unstructured line scale to express the intensity of attributes, with the same anchor terms established during the training phase.

Acceptance and consumer's sensory profile

One hundred consumers participated in the study, comprising 50 men and 50 women, according to the recommendations of ISO 11136 (2016). All of them were over 18 years old and consumed cookies frequently. The participants were recruited around the Department of Food Science and Technology (LCA) at the Escola Superior de Agricultura"Luiz de Queiroz"(ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). The study assessed the acceptance of cookie samples using a nine-point hedonic scale varying from "dislike extremely" to "like extremely" (Peryam & Pilgrim, 1957)Then, participants described the samples sensorially by employing the CATA questionnaire, which allowed them to select attributes that best characterized the cookie samples (Rios-Mera et al., 2021; Saldaña et al., 2018).

Data analysis

The instrumental results were analyzed using analysis of variance (ANOVA), considering the following statistical model: $Y_{ijkl}=\mu+B_i+Q_j+S_k+Q\times S_{jk}+T_l+\varepsilon_{ijkl}$, where Y_{ijkl} is the response variable analyzed, μ is the overall mean, B_i is the effect of the processing block, Q_j is the effect of quinoa substitution level, S_k is the effect of sugar reduction level, $Q\times S_{jk}$ is the interaction between quinoa and sugar factors, T_l is the effect of the additional treatment (control), and finally ε_{ijkl} is the experimental error. Residual normality (Shapiro–Wilk test) and variance homogeneity (Breusch-Pagan test) were verified before conducting ANOVA. Significant factors of the ANOVA model (Q_j, S_k, $Q\times S_{jk,}$ *and* T_l) were further analyzed using Tukey's test for pairwise comparisons at a 5% significance level.

ANOVA was applied to the sensory descriptive results, considering the experts and presentation order as random factors, while sucrose reduction and quinoa flour incorporation as fixed factors. Significant differences between treatments were evaluated using Tukey's test at 5% significance. Subsequently, Principal Component Analysis (PCA) was used to explore the multivariate representation of samples based on sensory attributes, allowing the identification of patterns in the panel responses. Consumer acceptance was analyzed using ANOVA, considering treatments (fixed), presentation order (random), and consumers (random) as factors. Tukey's test was applied to compare the acceptance among treatments. CATA data were analyzed at the univariate level using Cochran's Q test to identify significant differences in the frequency of sensory terms among different samples. At

the multivariate level, Correspondence Analysis (CA) was conducted using the frequency of sensory terms and Chi-square distances to explore the relationships between consumer responses, identifying sensory perception patterns across the samples. Data analysis was performed in XLSTAT and R software.

Results and discussion

Quinoa flour exhibits an exceptional nutritional and bioactive content, with a fat content of 4.23%, moisture of 5.74%, ash of 2.45%, and 11.97% crude protein. This last value coincides with that indicated by Repo-Carrasco-Valencia et al., (2010), who point out that the protein content of quinoa flour can vary between 11.0% and 15.0%. The water activity (Aw) was 0.49, indicating a low availability of free water in the product. Regarding its antioxidant capacity, the flour contains 0.231 mg GAE/g of polyphenols. Furthermore, its antioxidant capacity evaluated by the DPPH method is 105.320 mg/mL, while the ORAC method reports a value of 31.98 µmol ET/g. This suggests that, although quinoa flour is effective as an antioxidant, its effectiveness may vary depending on the type of radical considered in the analysis. The combination of both methods provides a comprehensive evaluation, with DPPH under controlled conditions and ORAC being more representative of real biological conditions (Piñuel et al., 2019).

Proximal composition of cookies

Table 2 shows the results of the proximate composition of cookies formulated with different levels of sugar reduction (10%, 20%, and 30%) and the substitution of wheat flour with quinoa flour at proportions of 15% and 30%.

Although no significant differences were observed in the fat content of cookies with quinoa flour and reduced sugar, slight numerical variations were noted. Other studies (Chopra et al., 2018; Mousa, 2022; Pourshahidi et al., 2020) suggest that substituting wheat flour with quinoa flour can increase fat content due to its oil absorption capacity and essential fatty acids, particularly linoleic and alpha-linolenic acids (Chen et al., 2023). Regarding moisture content and water activity, no significant differences were seen among treatments, although some treatments had a notable increase compared to the control. Sample Q15S30 showed no difference, likely due to reduced sugar content, as sugar helps retain moisture (Milner et al., 2020).

On the other hand, reducing the sugar content in the cookies by 20% and 30% significantly affected their ash content compared to the control sample. According to the findings reported by Panghal et al., (2018). A variation in the sugar content of baked goods can lead to a reduction in ash content. This occurs because sugar acts as a diluent; when its content is decreased, it alters the relative proportions of other mineral ingredients, resulting in lower ash content in cookies. In terms of protein

Table 2 Proximate composition of cookies manufactured by varying the substitution of wheat flour with quinoa flour, and sugar reduction

Variables	Levels	10% sugar reduction	20% sugar reduction	30% sugar reduction	Average	Factorial	Control
Fat (%)	**Quinoa 15%**	24.31 ± 1.32	24.95 ± 1.75	25.90 ± 1.79	25.05 ± 1.58	25.08 ± 1.38	24.96 ± 2.79
	Quinoa 30%	24.23 ± 0.45	24.60 ± 0.61	26.51 ± 1.07	25.12 ± 1.25		
	Average	24.27 ± 0.88	24.77 ± 1.19	26.20 ± 1.36			
Moisture (%)	**Quinoa 15%**	4.04 ± 0.13	4.10 ± 0.37	3.73 ± 0.40	3.96 ± 0.37	**4.13 ± 0.45^{a}**	**3.46 ± 0.13^{b}**
	Quinoa 30%	4.15 ± 0.34	4.14 ± 0.48	4.59 ± 0.52	4.29 ± 0.47		
	Average	4.09 ± 0.39	4.12 ± 0.42	4.16 ± 0.03			
Ash (%)	**Quinoa 15%**	8.45 ± 0.37	7.14 ± 0.81	5.70 ± 0.46	7.10 ± 1.29	7.19 ± 1.11	7.01 ± 0.71
	Quinoa 30%	8.16 ± 1.12	6.80 ± 0.50	6.87 ± 0.65	7.28 ± 0.96		
	Average	8.30 ± 0.76^{a}	6.97 ± 0.63^{b}	6.29 ± 0.81^{b}			
Aw	**Quinoa 15%**	0.31 ± 0.03	0.33 ± 0.04	0.29 ± 0.02	0.31 ± 0.03^{b}	**0.33 ± 0.04^{a}**	**0.28 ± 0.03^{b}**
	Quinoa 30%	0.34 ± 0.04	0.34 ± 0.02	0.37 ± 0.03	0.35 ± 0.03^{a}		
	Average	0.33 ± 0.04	0.34 ± 0.03	0.33 ± 0.05			
Proteins	**Quinoa 15%**	8.25 ± 0.23	8.30 ± 0.08	8.50 ± 0.24	8.35 ± 0.21	8.26 ± 0.24	8.28 ± 0.38
	Quinoa 30%	8.20 ± 0.34	8.12 ± 0.22	8.20 ± 0.29	8.17 ± 0.25		
	Average	8.23 ± 0.26	8.21 ± 0.18	8.35 ± 0.29			

All values are presented as mean ± SD, and those with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). Uppercase letters indicate significant changes in sugar reduction levels, and lowercase letters indicate significant changes in different percentages of quinoa. Bold values with different letters in the same row indicate that the factorial mean differs from the control at a significance level of 5%. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

content, no significant differences were observed, which was attributed to the low concentrations of quinoa flour to avoid adverse sensory effects. Jan et al. (2018b) and Demir & Kılınç (2017) recommend using at least 30% quinoa flour in cookie production, as higher proportions may decrease consumer acceptance. Furthermore, Demir & Kılınç (2017) and Chopra et al. (2018) reported significant differences in protein content when substituting higher levels of wheat flour (50%) with quinoa flour. This is likely due to quinoa flour's higher nutritional value than wheat flour, as it contains approximately 1.5 times more protein, 3 times more ash, and 4 times more crude fat (FAO, 2023).

Textural and technological characteristics

Table 3 presents the physical characteristics of cookies produced with varying levels of sugar reduction and the addition of quinoa flour.

Hardness is regarded as the most important characteristic of cookie quality, as it directly impacts consumer acceptance (Jan et al., 2018a). In this research, the hardness of quinoa cookies ranged from 27.31 to 30.95 N, while wheat cookies presented a higher value (41.07 N) (Table 3). It was observed that the incorporation of quinoa flour decreased the hardness compared to the control, similar to the findings of Brito et al. (2015), Nadian et al. (2021), and Singla et al. (2024). According to Jan et al., (2018a, 2018b), this decrease in hardness could be attributed to the fat encapsulating the flour particles, which isolates them from one another, making them easier to separate. The higher fat content may also have a softening effect that contributes to this reduction. Another reason for the decrease in hardness with increased quinoa levels is the starch morphology and the variations in the amounts of amylose and amylopectin found in quinoa (Nadian et al., 2021). Quinoa starch granules are spherical and polygonal, with submicron sizes and a less smooth surface than wheat ones. Quinoa comprises approximately 12% amylose, with the remaining portion being amylopectin (Jiao et al., 2020). These variations and the amylose-to-amylopectin ratio affect starch's physicochemical and functional properties. This, in turn, influences the characteristics of the final product. A higher proportion of amylose tends to increase

Table 3 Physical characteristics of cookie samples

Physical properties	Levels	10% sugar reduction	20% sugar reduction	30% sugar reduction	Average	Factorial	Control
Hardness (*N*)	**Quinoa 15%**	30.95 ± 2.25	30.77 ± 2.24	27.89 ± 2.07	29.87 ± 2.41^{a}	**28.82 ± 2.24^{b}**	**41.07 ± 1.77^{a}**
	Quinoa 30%	27.31 ± 2.08	27.62 ± 2.04	28.43 ± 0.478	27.78 ± 1.56^{b}		
	Average	29.13 ± 2.78	29.19 ± 2.58	28.16 ± 1.38			
Fracturability (*N*)	**Quinoa 15%**	61.44 ± 2.07	68.78 ± 4.57	62.93 ± 1.22	64.38 ± 4.24^{a}	**60.82 ± 4.84^{b}**	**79.61 ± 2.61^{a}**
	Quinoa 30%	57.08 ± 0.67	59.13 ± 1.79	55.57 ± 0.297	57.26 ± 1.82^{b}		
	Average	59.25 ± 2.75^{b}	63.95 ± 6.13^{a}	59.25 ± 4.10^{b}			
Cooking weight loss (%)	**Quinoa 15%**	17.44 ± 1.75	16.34 ± 0.68	16.79 ± 2.02	16.86 ± 1.46	16.82 ± 1.37	17.63 ± 0.97
	Quinoa 30%	17.02 ± 0.69	16.20 ± 1.55	17.14 ± 1.96	16.78 ± 1.37		
	Average	17.23 ± 1.21	16.27 ± 1.07	16.96 ± 1.79			
Diameter (cm)	**Quinoa 15%**	4.62 ± 0.16	4.60 ± 0.11	4.60 ± 0.12	4.60 ± 0.12	**4.58 ± 0.090^{b}**	**4.94 ± 0.47^{a}**
	Quinoa 30%	4.60 ± 0.08	4.56 ± 0.03	4.52 ± 0.02	4.56 ± 0.05		
	Average	4.61 ± 0.12	4.58 ± 0.07	4.56 ± 0.09			
Thickness (mm)	**Quinoa 15%**	0.64 ± 0.03	0.68 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.65 ± 0.03	0.65 ± 0.03	0.67 ± 0.06
	Quinoa 30%	0.60 ± 0.05	0.64 ± 0.02	0.66 ± 0.003	0.63 ± 0.04		
	Average	0.62 ± 0.04	0.66 ± 0.03	0.65 ± 0.02			
Weight of cooked cookies (g)	**Quinoa 15%**	8.99 ± 0.49	9.04 ± 0.83	8.90 ± 0.56	8.97 ± 0.56	8.90 ± 0.51	9.10 ± 0.88
	Quinoa 30%	8.58 ± 0.72	9.10 ± 0.33	8.80 ± 0.17	8.82 ± 0.47		
	Average	8.78 ± 0.59	9.07 ± 0.57	8.85 ± 0.38			
Dispersion factor (cm)	**Quinoa 15%**	7.18 ± 0.41^{aA}	6.90 ± 0.23 ^{aA}	7.22 ± 0.16 ^{aA}	7.10 ± 0.29	**7.15 ± 0.39^{b}**	**7.27 ± 0.08^{a}**
	Quinoa 30%	7.64 ± 0.58 ^{aA}	7.15 ± 0.24 ^{aAB}	6.83 ± 0.01 ^{aB}	7.20 ± 0.47		
	Average	7.41 ± 0.51	7.02 ± 0.25	7.02 ± 0.24			

All values are presented as mean ± SD, and those with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). Uppercase letters indicate significant changes in sugar reduction levels, and lowercase letters indicate significant changes in different percentages of quinoa. Bold values with different letters in the same row indicate that the factorial mean differs from the control at a significance level of 5%. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

hardness, while more amylopectin results in a softer and more gelatinous texture (Valdez-Arana et al., 2020). On the other hand, sugar reduction did not have a significant effect on hardness.

Fracturability is an important textural property in evaluating baked goods, as it closely relates to how we perceive freshness. Ideally, these parameters should be kept as low as possible (Kuchtová et al., 2018). The addition of quinoa flour and a reduction in sugar resulted in a notable decrease in the strength needed to break the cookies, with fracturability values ranging from 55.57 N to 68.78 N. In contrast, cookies made solely with wheat exhibited a firmness of 79.61 N.

No significant differences were observed among the evaluated treatments regarding cooking weight loss, thickness, and cooked cookie weight. However, there was a slight reduction when comparing the factorial treatments to the control. Regarding cookie diameter, no significant differences were found among the factorial treatments, even though this parameter decreased considerably compared to the control. The interaction between incorporating quinoa flour and reducing sugar significantly affected the cookies'dispersion factor, also showing a notable reduction compared to the control sample (Jan et al., 2018a). This may be since quinoa flour does not contain gluten, which causes the dough to tend to be less elastic and less able to retain air, resulting in less expansion in cookies (Machado Alencar et al., 2015; Turkut et al., 2016). Previous studies reported that as the quinoa flour content increases, the thickness of the cookies increases. However, the samples'diameter and expansion index values decreased under these conditions (Yeşil & Levent, 2022). The rate of spread decreases with the addition of quinoa flour, which has a higher water absorption capacity than wheat flour. This is due to the rapid binding of free water molecules at hydrophilic sites, increasing the dough's viscosity and limiting the expansion of the cookies (Chopra et al., 2018). By forming aggregates with hydrophilic sites, this flour competes for available water, reducing the expansion factor (Yamsaengsung et al., 2012). Furthermore, the higher fiber content in quinoa flour not only affects water retention but also contributes to an increase in the weight of the cookies (Demir & Kilinç, 2017).

Instrumental color of cookies

Table 4 displays the color of cookies prepared with varying levels of sugar reduction (10%, 20%, and 30%) and the addition of quinoa flour in ratios of 15% and 30%.

The incorporation of quinoa flour and sugar reduction in the cookie dough resulted in noticeable changes in the color characteristics of the cookies (Table 4 and Fig. 1). Specifically, the L* and h* values decreased, while the a*, b*, and c* values increased (Table 4). The control treatment exhibited higher L* values, indicating a lighter color than the other treatments. This

Table 4 Cookie color with quinoa flour substitution and sugar reduction

Variables	Levels	10% sugar reduction	20% sugar reduction	30% sugar reduction	Average	Factorial	Control
L*	**Quinoa 15%**	62.85 ± 0.66	62.23 ± 2.99	62.79 ± 1.25	62.62 ± 1.68^{a}	60.32 ± 2.76^{b}	69.45 ± 0.50^{a}
	Quinoa 30%	58.87 ± 0.83	57.63 ± 1.66	57.58 ± 0.99	58.02 ± 1.23^{b}		
	Average	60.86 ± 2.28	59.93 ± 3.32	60.18 ± 3.02			
a*	**Quinoa 15%**	5.93 ± 0.14	5.94 ± 0.43	6.25 ± 0.42	6.04 ± 0.35 ^{b}	**7.20 ± 1.27^{a}**	**2.48 ± 0.25^{b}**
	Quinoa 30%	8.24 ± 0.53	8.48 ± 0.70	8.36 ± 0.47	8.36 ± 0.51^{a}		
	Average	7.08 ± 1.31	7.21 ± 1.48	7.31 ± 1.22			
b*	**Quinoa 15%**	32.29 ± 0.40	32.38 ± 0.99	32.45 ± 0.70	32.37 ± 0.64	32.65 ± 0.88	32.09 ± 0.80
	Quinoa 30%	33.09 ± 0.31	33.07 ± 1.83	32.61 ± 0.73	32.92 ± 1.02		
	Average	32.69 ± 0.54	32.73 ± 1.37	32.53 ± 0.64			
c*	**Quinoa 15%**	32.82 ± 0.42	32.92 ± 1.05	33.05 ± 0.75	32.93 ± 0.68^{b}	**33.45 ± 1.02^{a}**	**32.09 ± 0.82^{b}**
	Quinoa 30%	34.10 ± 0.43	34.14 ± 1.90	33.67 ± 0.69	33.97 ± 1.06^{a}		
	Average	33.46 ± 0.79	33.53 ± 1.53	33.36 ± 0.73			
h*	**Quinoa 15%**	79.59 ± 0.14	79.61 ± 0.42	79.10 ± 0.55	79.43 ± 0.43^{a}	**77.59 ± 1.98^{b}**	**85.60 ± 0.34^{a}**
	Quinoa 30%	76.02 ± 0.75	75.62 ± 0.80	75.61 ± 0.88	75.75 ± 0.73^{b}		
	Average	77.81 ± 2.02^{a}	77.62 ± 2.26^{a}	77.36 ± 2.02^{b}			

All values are presented as mean ± SD, and those with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). Uppercase letters indicate significant changes in sugar reduction levels, and lowercase letters indicate significant changes in different percentages of quinoa. Bold values with different letters in the same row indicate that the factorial mean differs from the control at a significance level of 5%. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

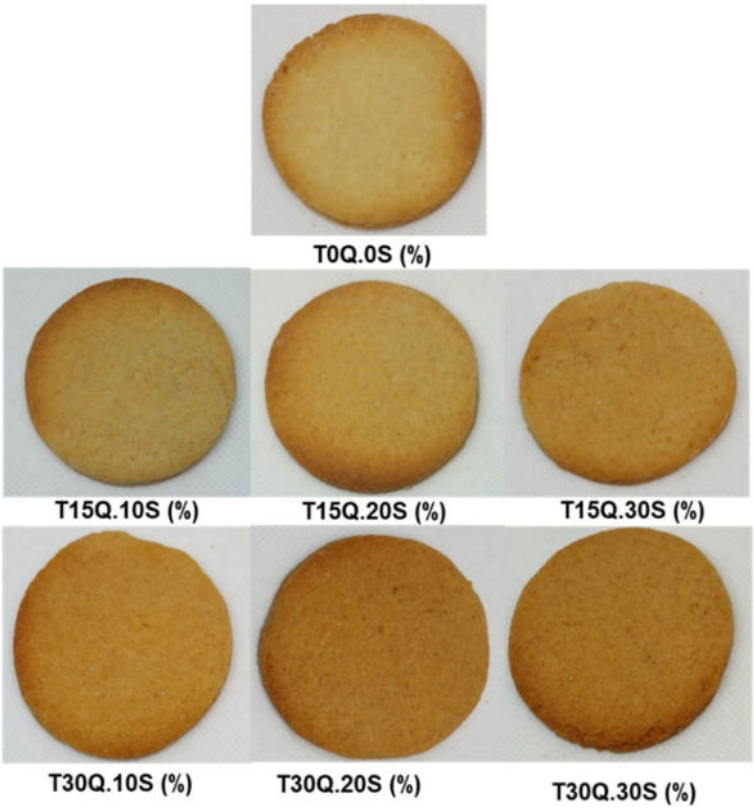


Fig. 1 Cookies with quinoa flour incorporation and sugar reduction. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

difference may be due to the color attributed to quinoa flour, as well as to the lower protein content of wheat flour (8%), in contrast to quinoa flour (11.97%), which has a higher protein content, likely contributing to the browning of the cookies (Brito et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017); Hidalgo et al., 2018; Wang et al., 2015). This color variation may also be linked to the formation of Maillard products, which are known to influence darkening (Nadian et al., 2021).

The increase in a* values is likely due to the higher phenolic pigments and amino acid content in quinoa flour (Demir & Kilinç, 2017). Previous studies have shown that the ash content in flour is positively correlated with a* value (Wang et al., 2015). These findings align with earlier research indicating that quinoa flour can alter the color parameters of cookies. For instance, cookie samples containing 50% quinoa flour exhibited the highest a* and b* values, while those without quinoa flour had the highest L*, a*, and b* values (Brito et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Wang et al., 2015).

Bioactive compounds

Table 5 presents the bioactive compounds in cookie samples formulated with reduced sugar content and added quinoa flour.

When incorporating 30% quinoa flour, a 10% sugar reduction resulted in the highest polyphenol content of 0.238 mgGAE/g, significantly exceeding the values obtained with sugar reductions at 20% (0.186 mgGAE/g) and 30% (0.169 mgGAE/g). On the other hand, the 15% quinoa flour treatments are very similar to the control cookies, so no significant differences were observed in the polyphenol content between the 10%, 20% and 30% sugar reductions. These results indicate that both quinoa flour incorporation and sugar reduction significantly affect polyphenol content, showing significant differences from the control sample. Previous studies by Demir and Kilinç (2017) and Goyat et al. (2018) have reported that increasing quinoa flour in cookies improves the polyphenolic potential of baked composite cereal products. This is due to the polyphenolic compounds found in quinoa,

Table 5 Bioactive compounds of cookies based on sugar reduction and quinoa addition

Variables	Levels	10% sugar reduction	20% sugar reduction	30% sugar reduction	Average	Factorial	Control
Polyphenols (mgGAE/g)	**Quinoa 15%**	0.137 ± 0.011 ^{bA}	0.132 ± 0.011 ^{bA}	0.144 ± 0.006 ^{aA}	0.137 ± 0.010	0.168 ± 0.039^{a}	0.124 ± 0.011^{b}
	Quinoa 30%	0.238 ± 0.022 ^{aA}	0.186 ± 0.014 ^{aB}	0.169 ± 0.014^{aB}	0.197 ± 0.034		
	Average	0.187 ± 0.058	0.159 ± 0.031	0.156 ± 0.017			
DPPH ((mg/mL)	**Quinoa 15%**	48.622 ± 1.175 ^{aA}	29.688 ± 1.565 ^{bC}	38.670 ± 1.340 ^{bB}	38.993 ± 8.288	48.940 ± 14.87^{b}	60.662 ± 5.425^{a}
	Quinoa 30%	41.499 ± 1.482^{bB}	66.753 ± 3.068 ^{aA}	68.410.4 ± 4.499 ^{aA}	58.887 ± 13.362		
	Average	45.060 ± 4.081	48.220 ± 20.418	53.540 ± 16.558			
ORAC (µmol ET/g)	**Quinoa 15%**	18.634 ± 0.390	27.753 ± 2.757	25.886 ± 2.586	24.091 ± 4.584	26.909 ± 4.045^{a}	15.840 ± 0.663^{b}
	Quinoa 30%	20.078 ± 1.719	27.723 ± 2.245	23.379 ± 1.621	23.726 ± 3.699		
	Average	19.356 ± 1.367^{a}	27.723 ± 2.249^{a}	24.632 ± 2.369^{b}			

All values are presented as mean ± SD, and those with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). Uppercase letters indicate significant changes in sugar reduction levels, and lowercase letters indicate significant changes in different percentages of quinoa. Bold values with different letters in the same row indicate that the factorial mean differs from the control at a significance level of 5%. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

including phenolic acids, flavonoids, lignans, stilbenes, and tannins (Pellegrini et al., 2018). The main phenolic acids identified were ferulic, caffeic, p-coumaric, and benzoic, while the most important flavonoids are kaempferol, myricetin, and quercetin (Gómez-Caravaca et al., 2012).

The interaction between incorporating quinoa flour and reducing sugar significantly affected the antioxidant capacity of the cookies, as indicated by DPPH results when compared to the control sample. The combination of 15% quinoa flour and a 20% reduction in sugar showed a higher antioxidant capacity, reaching 29.7 mg/mL. The presence of sugar in baking can help protect antioxidant compounds from heat, so reducing sugar may diminish this protective effect. Additionally, the processes of hydrolysis and caramelization of sucrose create compounds that enhance the final product's antioxidant capacity. Therefore, lowering the amount of sugar can lead to a reduction in this antioxidant capacity (Tsai et al., 2005). According to ORAC results, it was observed that incorporating quinoa flour at 15% and 30% did not demonstrate significant differences in the cookies'antioxidant activity, regardless of the sugar reduction levels. Furthermore, a 10% reduction in sugar negatively impacted antioxidant capacity, while the 20% and 30% reductions did not show significant differences. Nonetheless, previous studies have indicated that adding quinoa flour to cookies enhanced their antioxidant potential (Demir & Kilinç, 2017; Hidalgo et al., 2018; Watanabe et al., 2014), which is due to the bioactive compounds that quinoa possesses (Pereira et al., 2020). Mainly phenolic acids and flavonoids, suggesting their use as functional ingredients to improve antioxidant activity and contribute to NCDs control (Pellegrini et al., 2018).

Sensory descriptive profile of cookies with experts

Figure 2 illustrates the panel performance of experts assessing various cookie treatments (Q represents the percentage of quinoa flour incorporation, and S represents the percentage of sugar reduction) in terms of distance (perceived differences). The vertical axis represents the average distance, indicating how similar or different the evaluations were. The blue lines mark the acceptable limits, while the gray lines show each expert's response. Based on these results, we can conclude that the experts'responses were unanimous, assessing the intensity of the attributes between the upper and lower limits. Thus, the experts'evaluations can be regarded as a consensus.

The results obtained from the sensory evaluation conducted by expert panelists are shown in Table 6. The cookie samples exhibited statistical differences in dark, sweet, and honey attributes, indicating that the experts could detect differences among them. The addition of quinoa flour made the cookies appear darker; this behavior aligns with the instrumental results where incorporating quinoa flour increased the darkness of the cookies, as evidenced by the decrease in lightness (L*) according to previous studies (Demir & Kilinç, 2017; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014). In agreement with the instrumental results, cookies with quinoa flour and sugar reduction were perceived as less hard than the control sample. This finding is consistent with the literature (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018a; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Conversely, reducing the sugar content decreased the cookies'sweetness, leading to significant differences from the control sample. This outcome is expected since the amount of sugar significantly affects the sweetness (Erdem et al., 2023; Kawakami et al., 2025; Lingiardi et al.,

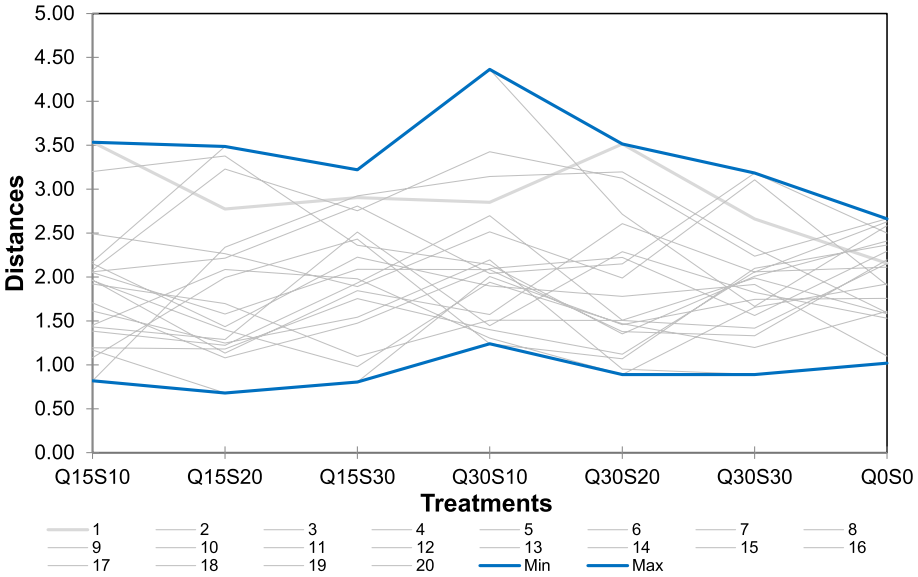


Fig. 2 Panel performance of experts expressed in distances between experts by treatment

2023). The honey attribute in cookies may be due to caramelization and the Maillard reaction, where sugars break down and generate melty compounds that create that sweet and characteristic flavor (Kathuria et al., 2023).

No significant differences among the samples were found in the butter and fat attributes. However, the salty attribute increased with adding quinoa flour, while the crunchy attribute decreased as the amount of quinoa flour increased and the sugar content was reduced. This aligns with the results obtained in the instrumental part, where the fracturability of the cookies showed a decreasing variation compared to the control sample, a finding similarly reported by Jan et al., (2018a, 2018b). Furthermore, a study indicated that decreasing sugar may influence the crystalline structure and moisture retention, resulting in lower fracturability (Luo et al., 2019).

Figure 3 presents the PCA biplot illustrating the sensory attributes that characterized the cookie samples. The first two principal components (Dim 1: 48.68% and Dim 2: 28.83%) explain 77.51% of the total variance. The red vectors represent the sensory attributes, while the blue labels indicate the percentage of quinoa flour incorporation, and the green labels show the percentages of sugar reduction for the different treatments. The control sample (Q0S0) is positioned far from the other formulations, suggesting a distinctive sensory profile, being perceived as harder. This behavior is consistent with the instrumental results and aligns with the findings of previous studies (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018a, 2018b; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Treatments with higher sucrose reduction (S30) and greater quinoa flour incorporation (Q30) cluster separately, indicating significant changes in sensory perception. Higher sucrose reduction (S30) was associated with hard and dark attributes, while formulations with higher quinoa flour addition (Q30) tend to align with salty, dark, honey, and greasy attributes. These findings are consistent with previous studies, such as those by Wagoner et al., (2018) and McKenzie et al., (2022), which reported that sugar reduction alters texture and sweetness perception, while quinoa flour influences color due to its protein and fiber content (Demir & Kilinç, 2017; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014). On the other hand, the salty attribute could be linked to the minerals and salts present in quinoa, which influence flavor perception, along with plant proteins that contribute to the saltiness (Rosell et al., 2010).

On the other hand, treatments with quinoa incorporation (Q15) and sucrose reduction (S10, S20) were perceived as crunchy, buttery, sweet, and crumbly. These results are consistent with previous studies (Azizi et al., 2020; Demir & Kilinç, 2017) which highlights quinoa flour's fiber, protein, and essential fatty acids as contributors to a crunchy, brittle texture that crumbles easily. In addition, the products are perceived as sweet, suggesting up to a 20% reduction in sucrose without affecting taste (Lingiardi et al., 2023). The brittle attribute is linked to the structure of quinoa, where its protein (14.45%) and fiber (9.5%) promote rigidity and easy disintegration (Demir & Kilinç, 2017).

Sensory consumers'perception

Figure 4 shows consumer acceptance of the cookie samples. The control sample (6.46), and Q15S10 (6.33)

Table 6 Sensory attributes of cookie treatments

Variables	Levels	10% sugar reduction	20% sugar reduction	30% sugar reduction	Average	Factorial	Control
Dark	**Quinoa 15%**	4.08 ± 2.03	4.70 ± 2.34	4.28 ± 2.34	4.35 ± 2.22^{b}	4.96 ± 2.37^{a}	2.45 ± 1.97^{b}
	Quinoa 30%	4.99 ± 2.50	5.35 ± 2.28	6.38 ± 2.22	5.57 ± 2.37^{a}		
	Average	4.54 ± 2.29	5.02 ± 2.30	5.33 ± 2.49			
Sweet	**Quinoa 15%**	4.35 ± 1.80	2.91 ± 2.31	2.66 ± 1.98	3.31 ± 2.14	3.20 ± 2.22^{b}	5.27 ± 2.72^{a}
	Quinoa 30%	4.19 ± 2.79	2.92 ± 2.06	2.15 ± 1.53	3.09 ± 2.31		
	Average	4.27 ± 2.32^{a}	2.92 ± 2.16^{b}	2.41 ± 1.77^{b}			
Greasy	**Quinoa 15%**	3.55 ± 2.33	3.80 ± 2.81	3.26 ± 2.24	3.54 ± 2.44	3.43 ± 2.37	3.08 ± 2.73
	Quinoa 30%	3.46 ± 2.42	3.34 ± 2.44	3.21 ± 2.20	3.33 ± 2.32		
	Average	3.50 ± 2.35	3.57 ± 2.61	3.24 ± 2.19			
Salty	**Quinoa 15%**	1.47 ± 1.46	1.71 ± 1.97	1.79 ± 2.01	1.66 ± 1.80	1.89 ± 1.99	1.02 ± 0.96
	Quinoa 30%	1.66 ± 2.16	2.29 ± 2.00	2.44 ± 2.33	2.13 ± 2.16		
	Average	1.56 ± 1.82	2.00 ± 1.98	2.12 ± 2.17			
Butter	**Quinoa 15%**	4.62 ± 2.34	4.07 ± 2.71	3.38 ± 2.19	4.02 ± 2.44	3.92 ± 2.25	3.81 ± 2.82
	Quinoa 30%	4.02 ± 2.06	3.81 ± 1.93	3.64 ± 2.28	3.82 ± 2.07		
	Average	4.32 ± 2.20	3.94 ± 2.33	3.51 ± 2.21			
Honey	**Quinoa 15%**	1.23 ± 1.87	0.87 ± 1.21	0.92 ± 1.21	1.00 ± 1.45	1.20 ± 1.55	0.61 ± 0.63
	Quinoa 30%	1.65 ± 1.87	1.530 ± 1.90	1.035 ± 0.93	1.41 ± 1.63		
	Average	1.44 ± 1.86	1.20 ± 1.61	0.98 ± 1.07			
Hard	**Quinoa 15%**	2.28 ± 2.00	3.25 ± 2.21	3.47 ± 2.83	3.00 ± 2.39	3.29 ± 2.45^{b}	5.84 ± 2.89^{a}
	Quinoa 30%	2.69 ± 2.33	3.19 ± 2.06	4.87 ± 2.62	3.58 ± 2.49		
	Average	2.49 ± 2.15^{b}	3.22 ± 2.11^{ab}	4.17 ± 2.79^{a}			
Brittle	**Quinoa 15%**	3.06 ± 2.59	3.20 ± 2.53	2.38 ± 1.77	2.88 ± 2.32	2.96 ± 2.37	3.48 ± 2.95
	Quinoa 30%	3.08 ± 2.73	3.25 ± 2.26	2.82 ± 2.38	3.05 ± 2.43		
	Average	3.07 ± 2.63	3.22 ± 2.37	2.60 ± 2.08			
Crunchy	**Quinoa 15%**	5.48 ± 2.80	5.47 ± 2.34	4.39 ± 2.66	5.11 ± 2.61	4.83 ± 2.51	6.64 ± 2.41
	Quinoa 30%	4.69 ± 2.54	4.59 ± 2.36	4.38 ± 2.35	4.55 ± 2.38		
	Average	5.08 ± 2.67	5.03 ± 2.36	4.38 ± 2.48			

All values are presented as mean ± SD, and those with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). Uppercase letters indicate significant changes in sugar reduction levels, and lowercase letters indicate significant changes in different percentages of quinoa. Bold values with different letters in the same row indicate that the factorial mean differs from the control at a significance level of 5%. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

obtained the highest acceptance score. This behavior is consistent with previous studies showing higher acceptance of the control sample (Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017; Watanabe et al., 2014). While treatments Q15S20 (5.98), Q15S30 (5.97), and Q30S10 (5.92) formed a group with intermediate acceptance, this behavior aligns with previous studies, such as Jan et al., (2018a, 2018b), which suggest that adding up to 30% quinoa flour without significantly affecting sensory acceptance is suitable. In this context, Everitt, (2009) noted that scores between 6 and 9 on a 9-point hedonic scale are good indicators of sensory quality in the marketplace.

However, the greater incorporation of quinoa flour and the reduction of sugar in treatments [Q30S20 (5.55) and Q30S30 (5.26)] negatively impacted consumer perceptions, obtaining significantly lower acceptance scores. This behavior could be explained by the impact of the reformulation on the sensory characteristics of the product, such as flavor, texture, and color, which may have been perceived less favorably, thus affecting consumer liking (Azizi et al., 2020; Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017; Lingiardi et al., 2023).

Figure 5 (a) displays the CA that illustrates the sensory attributes characterizing the cookie samples based on the consumer sensory profile. The first two dimensions (Dim 1: 71.17% and Dim 2: 14.95%) account for 86.12% of the total variance. The red vectors represent sensory attributes, while the blue and green labels indicate different treatments. The control sample (Q0S0) was located far from the other formulations, suggesting a unique sensory profile, perceived as harder. This same pattern was noted in the sensory profile with experts using DA, aligning with the instrumental results and with the conclusions of

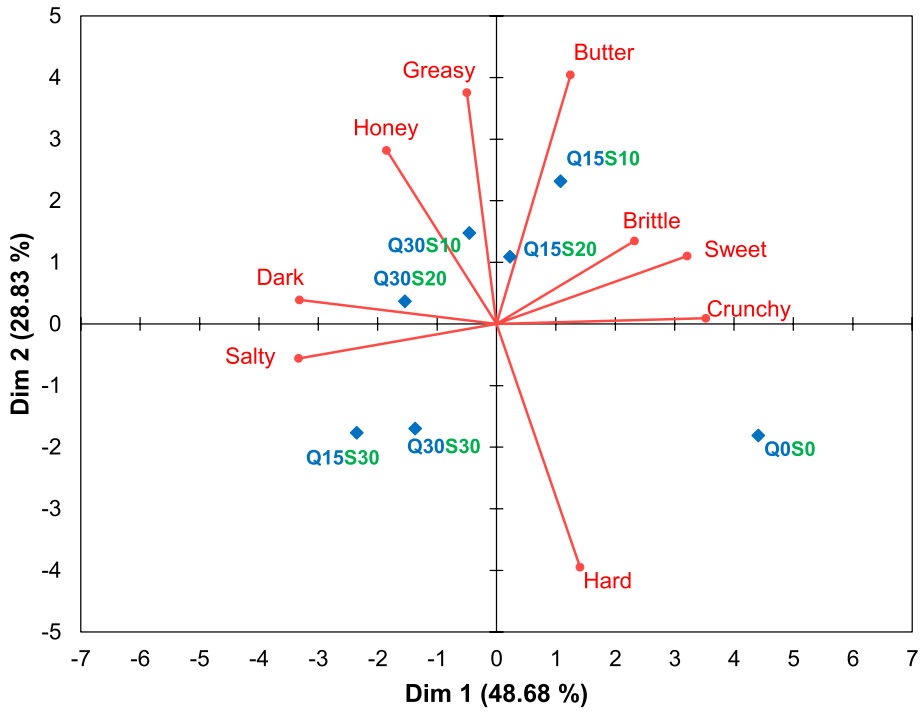


Fig. 3 PCA biplot of attributes that characterized the cookie samples based on DA results. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

previous studies (Brito et al., 2015; Jan et al., 2018a, 2018b; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024). Treatments with higher sucrose reduction (S30) and greater quinoa flour incorporation (Q30) cluster separately, indicating significant changes in consumer sensory perception. Higher sucrose reduction (S30) was associated with salty and crumbly attributes, whereas formulations with higher quinoa flour addition (Q30) tended to align with salty, dark, crumbly, and greasy attributes. These findings align with sensory profiling using DA and instrumental results, consistent with studies by Wagoner et al. (2018) and McKenzie et al. (2022), who point out that reducing sugar affects texture and sweetness, while quinoa flour darkens the color (Demir & Kilinç, 2017; Wang et al., 2015; Watanabe et al., 2014).

On the other hand, the treatments incorporating quinoa (Q15) and reducing sucrose (S10, S20) tend to be associated with attributes such as crunchy, buttery, sweet, and honey. These results align with previous studies, such as those by Azizi et al. (2020) and Chopra et al., (2018), which suggest that quinoa flour provides a crunchy and buttery texture and that sucrose can be reduced by up to 20% without altering the flavor, since the treatments maintain their sweetness, coinciding with the reports by Lingiardi et al. (2023), who reduced the sugar content in cookies aimed at school children by 23.5% without compromising sensory profile.

According to the drivers of liking Fig. 5 (b) and the consumer's sensory profile Fig. 5 (a), positive drivers of liking, such as crunchy, sweet, honey, and butter, are primarily associated with the Q15S10 and Q15S20 treatments. This finding aligns with previous studies, such as those by Azizi et al. (2020), who identified crunchiness as key to the acceptance of quinoa-enriched products, and Chopra et al. (2018), who highlighted that the buttery sensation improves acceptance due to the essential fatty acids in quinoa. Additionally, sweetness and the honey flavor have been identified as positive factors in sugar-reduced products, as observed in the study by Lingiardi et al. (2023). On the other hand, negative drivers of liking, such as greasiness, hardness, brittleness, and darkness, are more closely linked to the Q30S20 and Q30S30 treatments, which exhibit a higher presence of these less favorable characteristics. This behavior aligns with the findings of studies like those by Rosell et al. (2010) and Jan et al., (2018b) who pointed out that hardness and greasiness are attributes that negatively affect the acceptance of food products. The control treatment (Q0S0) and

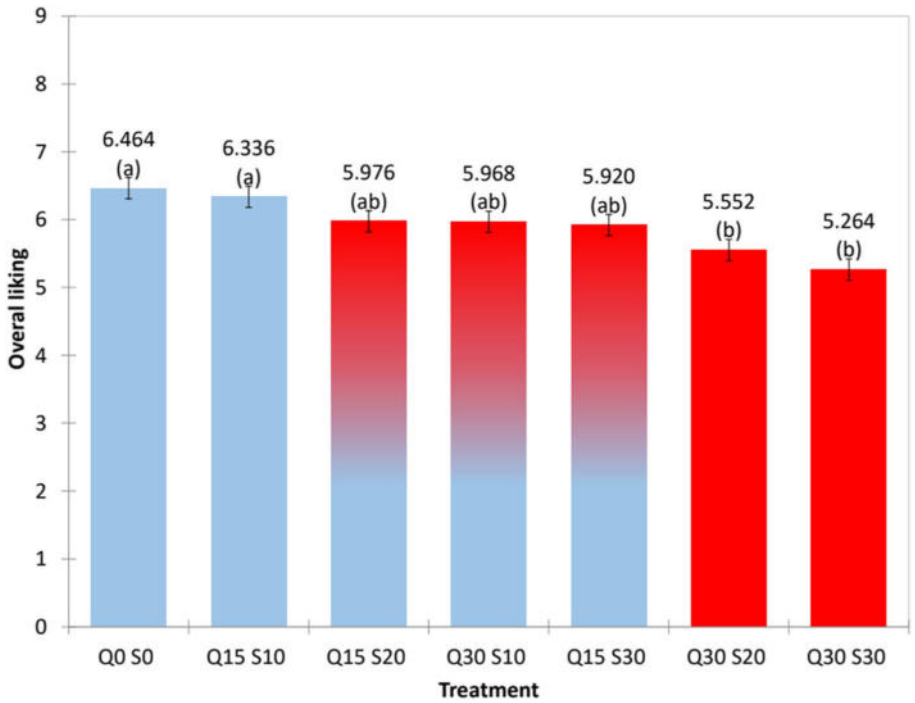


Fig. 4 Barplot representing the overall liking of cookie treatments. Error bars are the standard error of the mean. Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

Q15S30 occupy an intermediate position, indicating a balance between positive and negative attributes.

The reduction of sucrose and incorporation of quinoa flour in the cookie formulation significantly impact the product's bioactive, sensory, and physical properties. Reducing sugar while enhancing the nutritional profile by lowering calorie content affects the sweetness and texture of the cookies, leading to lower sensory acceptance when the reductions are more pronounced. On the other hand, incorporating quinoa flour improves the cookies'nutritional profile by increasing the content of bioactive compounds, such as antioxidants, and providing functional benefits. However, it also changes physical characteristics, such as hardness and color, which can influence consumer liking. While cookies with 15% quinoa flour and a moderate reduction of sugar achieve a good balance between flavor, texture, and nutritional benefits, those with higher proportions of quinoa or a more significant reduction of sugar exhibit greater brittleness, darker color, and decreased sweetness, which diminishes their sensory acceptance.

Conclusion

This study demonstrated the feasibility of developing quinoa-based cookies with reduced sugar content, aligning with global nutritional goals to reduce added sugars and promote healthier eating patterns. By replacing wheat flour with 15% quinoa flour and reducing sugar by up to 10%, the cookies achieved an improved nutritional profile, highlighting bioactive compounds, while maintaining favorable sensory attributes and consumer acceptance. However, higher substitution levels (30% quinoa) and greater sugar reductions (20%, 30%) negatively impacted consumer acceptance, primarily due to undesirable sensory attributes such as increased brittleness, darker color, and reduced sweetness. These findings emphasize the critical balance between nutritional enhancement and sensory quality to ensure consumer satisfaction and market success.

Limitations of the work

One limitation of this study was using pre-processed quinoa flour rather than milling it under controlled conditions. This choice restricted our ability to control particle size and other processing variables, which could have affected the technological and nutritional properties of the final product. For future studies, it is advisable to mill quinoa under standardized and monitored conditions to ensure greater consistency and accuracy in the results.

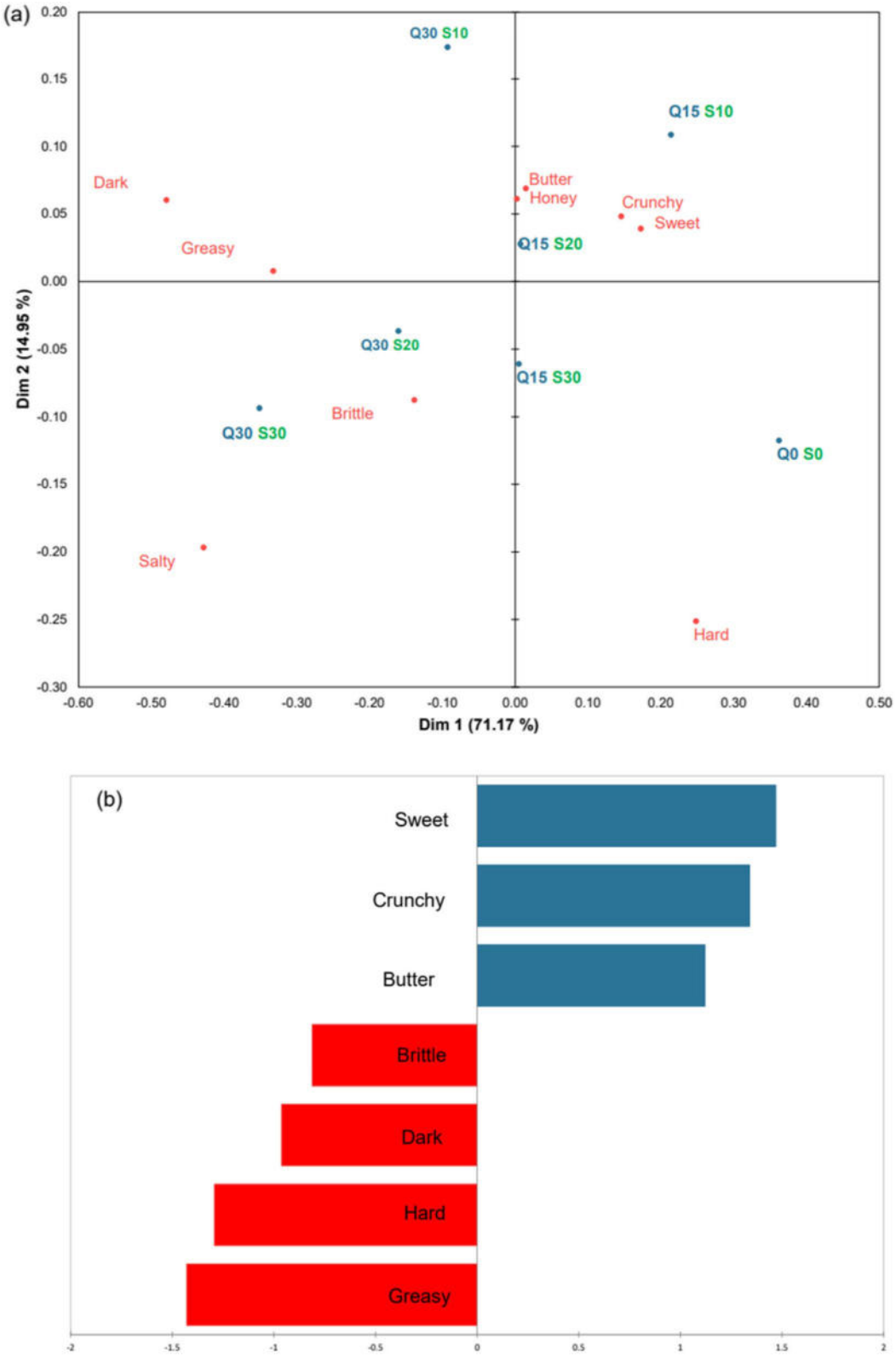


Fig. 5 Correspondence analysis of CATA results about cookie samples (**a**); and drivers of liking of cookie samples (**b**). Control: 0% incorporation of quinoa flour, 0% sugar reduction; T15Q.10S: 15% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T15Q.20S: 15% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T15Q.30 S: 15% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction; T30Q.10S: 30% incorporation of quinoa flour, 10% sugar reduction; T30Q.20S: 30% incorporation of quinoa flour, 20% sugar reduction; T30Q.30S: 30% incorporation of quinoa flour, 30% sugar reduction

Acknowledgements
We thank the Universidad Nacional de Moquegua for funding this research through the "scientific research seedbed Andean Golden Seeds" and for the support provided through thesis financing.

Authors' contribution
The authors made the following contributions. Jennifer Alvarez: Physicochemical analysis, sensory evaluation, drafting the original manuscript. Karina Eduardo: Physicochemical analysis, sensory evaluation. Milagros Maribel Coaguila Gonza: Physicochemical analysis, sensory evaluation. Chimenes Darlan Leal de Araújo: Physicochemical analysis, sensory evaluation. Carmen J. Contreras-Castillo: Supervision, review, and editing. Erick Saldaña: Supervision, review, and editing.

Funding
This research was funded by the Universidad Nacional de Moquegua through the scientific research seedbed *Andean Golden Seeds* (Resolución de Comisión Organizadora N° 865-2023-UNAM and N° 778-2024-UNAM) and supported by the thesis grant program from the same institution (Code: PT-2024-002; Resolución de Comisión Organizadora N° 778-2024-UNAM).

Data availability
No datasets were generated or analysed during the current study.

Declarations
All procedures performed in studies with human participation were approved by the Ethics Committee of the Universidad Nacional de Moquegua written informed consent was obtained from the panelists who participated in the sensory evaluation of cookies with quinoa flour incorporation and sugar reduction. They were informed that their participation was completely voluntary and that they could withdraw from the study at any time without having to justify their decision.

Consent for publication
Not applicable.

Competing interests
The authors declare no competing interests.

Received: 5 March 2025 Accepted: 29 June 2025

References

Abderrahim, F., Arribas, S. M., Carmen Gonzalez, M., & Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high-throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry, 141*(2), 788–794. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.04.055

Abderrahim, F., Estrella, S., Susín, C., Arribas, S. M., González, M. Carmen., & Condezo-Hoyos, L. (2011). The antioxidant activity and thermal stability of lemon verbena (Aloysia triphylla) infusion. *Journal of Medicinal Food*. https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0102

Ahmad, S., Naz, A., Usman, M., Amjad, A., Pasha, I., & Farooq, U. (2022). Impediment effect of chemical agents (additives) on gluten development in cookie dough. *Journal of Food Science and Technology, 59*(4), 1396–1406. https://doi.org/10.1007/s13197-021-05149-7

American Association of Cereal Chemists, A. (2000). *Approved methods of the American association of cereal chemists*.

American Association of Cereal Chemists AACC. (1999). *Determination of soluble, insoluble and total diatery fiber in foods and food products (Method 32-07). Aproved methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.)*.

Arranz, S., Saura-Calixto, F., Shaha, S., & Kroon, P. A. (2009). High contents of nonextractable polyphenols in fruits suggest that polyphenol contents of plant foods have been underestimated. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57*(16), 7298–7303. https://doi.org/10.1021/jf9016652

Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R., & Rajaei, P. (2020). The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition,8*(5), 2373–2382. https://doi.org/10.1002/FSN3.1527

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

Chen, X., Zhang, Y., Cao, B., Wei, X., Shen, Z., & Su, N. (2023). Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) seed varieties. *Food Chemistry: X,19*, Article 100808. https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.100808

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,6*(3), 798–806. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22

Dávalos, A., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2003). Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC−Fluorescein) Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(1), 48–54. https://doi.org/10.1021/JF0305231

Duta, D. E., & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering, 162*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002

Eduardo, K., Bedoya-Perales, N., Escobedo-Pacheco, E., & Saldaña, E. (2024). Sensory and consumer science as a valuable tool to the development of quinoa-based food products: More than three decades of scientific evidence. *Scientia Agropecuaria,15*(2), 251–267. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.019

Erdem, N., Taş, N. G., Kocadağlı, T., & Gökmen, V. (2023). Modelling of perceived sweetness in biscuits based on sensory analysis as a new tool to evaluate reformulation performance in sugar reduction studies. *Food Chemistry*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136490

Everitt, M. (2009). Consumer-Targeted Sensory Quality. *Global Issues in Food Science and Technology*, 117–128. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374124-0.00008-9

FAO. (2023). *Food composition in terms of the retail weight ("as purchased") in 100 grams*. https://www.fao.org/4/x9892e/X9892e05.htm

Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Lavini, A., Pulvento, C., Caboni, M. F., & Marconi, E. (2012). Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (Chenopodium quinoa Willd.) grown under different saline and nonsaline irrigation regimens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,60*(18), 4620–4627. https://doi.org/10.1021/JF3002125

Goyat, J., Passi, S. J., 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,6*(3), 757–769. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18

Hidalgo, A., Brandolini, A., Čanadanović-Brunet, J., Ćetković, G., & Tumbas Šaponjac, V. (2018). Microencapsulates and extracts from red beetroot pomace modify antioxidant capacity, heat damage and colour of pseudocereals-enriched einkorn water biscuits. *Food Chemistry, 268*, 40–48. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.062

ISO 8589. (2007). General guidance for the design of test rooms Sensory analysis. *International Organization for Standardization*.

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018a). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LWT, 93*, 573–582. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.04.013

ISO 11136. (2016). Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en una zona controlada. https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067521

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018b). Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in India. *Journal of Food Processing and Preservation*. https://doi.org/10.1111/jfpp.13542

Jiao, M., Gao, Y., & Tian, Y. (2020). Study the relationship between the microstructure and characteristics of quinoa starch by compared with common cereal starches. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 16*(4), 561–567. https://doi.org/10.3844/AJBBSP.2020.561.567

Kawakami, C. A., Selani, M. M., Saldaña, E., Pimentel-Filho, NdeJ., & Fontenele Domingues, M. A. (2025). Sensory dynamic profile and consumer acceptance of short-dough biscuits with reduced sucrose and thaumatin addition. *Food Research International,200*, Article 115524. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.115524

Kuchtová, V., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Lauková, M. (2018). Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies Incorporated with Grape Skin and Seed Preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 68*(4), 309–317. https://doi.org/10.2478/pjfns-2018-0004

Lawless HT, H. H. (2010). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. *New York: Springer Sci. 2nd Ed*.

Lima, M., Ares, G., & Deliza, R. (2019). Comparison of two sugar reduction strategies with children: Case study with grape nectars. *Food Quality and Preference, 71*, 163–167. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.07.002

Lingiardi, N., Godoy, E., Arriola, I., Cabreriso, M. S., Accoroni, C., Balzarini, M. F., Arribas, A., & Reinheimer, M. A. (2023). Novel nutritionally improved snacks for school-aged children: Formulation, characterization and acceptability. *Nutrition and Food Science, 53*(1), 93–111. https://doi.org/10.1108/NFS-02-2022-0032

Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. *Trends in Food Science & Technology,86*, 412–425. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051

Machado Alencar, N. M., Steel, C. J., Alvim, I. D., de Morais, E. C., & Andre Bolini, H. M. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT - Food Science and Technology,62*(2), 1011–1018. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.02.029

Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. F. C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta, 83*(2), 441–447. https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2010.09.042

McKenzie, E., & Lee, S. Y. (2022). Sugar reduction methods and their application in confections: A review. *Food Science and Biotechnology, 31*(4), 387. https://doi.org/10.1007/S10068-022-01046-7

Jan Mousa, R. M. A. (2022). Inhibition of acrylamide in gluten-free quinoa biscuits by supplementation with microbial dextran. *International Journal of Food Properties, 25*(1), 11–23. https://doi.org/10.1080/10942912.2021.2019270

Nadian, N., Azizi, M. H., Abbastabar Ahangar, H., & Aarabi, A. (2021). Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin. *9*(12), 6501–6512. https://doi.org/10.1002/fsn3.2564

Kathuria, D., Hamid, Gautam, S., & Thakur, A. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*, *153*, 109911. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109911

Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Journal of Cereal Science,69*, 371–376. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004

Nguyen, Q. C., Castura, J. C., Nguyen, D. . D. . Le., & Varela, P. (2023). Identifying temporal sensory drivers of liking of biscuit supplemented with brewer's spent grain for young consumers. *Food Research International*. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113049

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. https://doi.org/10.1007/S13197-018-3240-9

Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (Chenopodium quinoa Willd) seeds. *Industrial Crops and Products, 111*, 38–46. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.10.006

Pereira, E., Cadavez, V., Barros, L., Encina-Zelada, C., Stojković, D., Sokovic, M., Calhelha, R. C., Gonzales-Barron, U., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Chenopodium quinoa Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds. *Food Research International,137*, Article 109574. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109574

Peryam, D. R. and P. F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology, Vol 11, Suppl., 9–14.* .

Piñuel, L., Boeri, P., Zubillaga, F., Barrio, D. A., Torreta, J., Cruz, A., Vásquez, G., Pinto, A., & Carrillo, W. (2019). Production of White, Red and Black Quinoa (Chenopodium quinoa Willd Var. Real) Protein Isolates and Its Hydrolysates in Germinated and Non-Germinated Quinoa Samples and Antioxidant Activity Evaluation. *Plants 2019*, *8*(8):257. https://doi.org/10.3390/PLANTS8080257

Pourshahidi, L. K., Caballero, E., Osses, A., Hyland, B. W., Ternan, N. G., & Gill, C. I. R. (2020). Modest improvement in CVD risk markers in older adults following quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) consumption: A randomized-controlled crossover study with a novel food product. *European Journal of Nutrition,59*(7), 3313–3323. https://doi.org/10.1007/s00394-019-02169-0

Repo-Carrasco R, R. A. (2011). Quinoa (Chenopodium quinoa, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional component.

Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) and kiwicha (Amaranthus caudatus). *Food Chemistry, 120*(1), 128–133. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.09.087

Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Patinho, I., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2021). Enrichment of NaCl-reduced burger with long-chain polyunsaturated fatty acids: Effects on physicochemical, technological, nutritional, and sensory characteristics. *Meat Science, 177*, Article 108497. https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2021.108497

Rosell, C. M., Santos, E., & Collar, C. (2010). Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab®. *European Food Research and Technology, 231*(4), 535–544. https://doi.org/10.1007/S00217-010-1310-Y

Saldaña, E., Castillo, L. S., Sánchez, J. C., Siche, R., de Almeida, M. A., Behrens, J. H., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). Descriptive analysis of bacon smoked with Brazilian woods from reforestation: Methodological aspects, statistical analysis, and study of sensory characteristics. *Meat Science, 140*, 44–50. https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.02.014

Saldaña, E., Lemos, ALdaSC., Selani, M. M., Spada, F. P., de Almeida, M. A., & Contreras-Castillo, C. J. (2015). Influence of animal fat substitution by vegetal fat on *Mortadella*-type products formulated with different hydrocolloids. *Scientia Agricola,72*(6), 495–503. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0387

Saldaña, E., Eduardo, K., Mayta-Hancco, J., Huamán-Castilla, N. L., & Escobedo-Pacheco, E. (2024). Application of Sensory and Consumer Science for the Development of Novel Food Products. *Current Food Science and Technology Reports, 2*(2), 183–199. https://doi.org/10.1007/s43555-024-00027-7

Saldaña, E., Siche, R., Castro, W., Huamán, R., & Quevedo, R. (2014). Measurement parameter of color on yacon (Smallanthus sonchifolius) slices using a computer vision system. *LWT - Food Science and Technology, 59*(2), 1220–1226. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2014.06.037

Samakradhamrongthai, R. S., Maneechot, S., Wangpankhajorn, P., Jannu, T., & Renaldi, G. (2022). Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties. *Food Chemistry Advances*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100058

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*. https://doi.org/10.1556/066.2024.00146

Struck, S., Jaros, D., Brennan, C. S., & Rohm, H. (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science and Technology,49*(9), 1963–1976. https://doi.org/10.1111/ijfs.12617

Tsai, P. J., Delva, L., Yu, T. Y., Huang, Y. T., & Dufossé, L. (2005). Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. *Food Research International, 38*(8–9), 1059–1065. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2005.03.017

Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science, 69*, 174–181. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2016.03.005

Valdez-Arana, JdelC., Steffolani, M. E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Pérez, G. T., & Condezo-Hoyos, L. (2020). Physicochemical and functional properties of isolated starch and their correlation with flour from the Andean Peruvian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules,147*, 997–1007. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2019.10.067

Demir, M. K., & Kilinç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal, 24*(6), 2394–2401.

van der Sman, R. G. M., & Renzetti, S. (2019). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,59*(14), 2225–2239. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1442315

Velázquez, A. L., Vidal, L., Alcaire, F., Varela, P., & Ares, G. (2021). Significant sugar-reduction in dairy products targeted at children is possible without affecting hedonic perception. *International Dairy Journal*. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104937

Voong, A. K., spsampsps Westpha, L. (2023). Texture of bakery products. *Food Texturology: Measurement and Perception of Food Textural Properties*, 291–310. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41900-3_14

Wagoner, T. B., McCain, H. R., Foegeding, E. A., & Drake, M. A. (2018). Food texture and sweetener type modify sweetness perception in whey protein-based model foods. *Journal of Sensory Studies*. https://doi.org/10.1111/JOSS.12333

Wang, S., Opassathavorn, A., & Zhu, F. (2015). Influence of quinoa flour on quality characteristics of cookie, bread and Chinese steamed bread. *Journal of Texture Studies,46*(4), 281–292. https://doi.org/10.1111/JTXS.12128

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

Williams, E. J. (1949). Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments. *Australian Journal of Chemistry, 2*(2), 149–168.

World Health Organization - WHO. (2024). *Obesity and overweight*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

World Health Organization WHO. (2016). Excessive consumption of sugars, fats and sodium is a public health issue. https://www.who.int/es/news/item/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtail-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks

Yamsaengsung, R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology,47*(10), 2221–2227. https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2012.03092.X

Yang, L., Wang, S., Zhang, W., Zhang, H., Guo, L., Zheng, S., & Du, C. (2022). Effect of black soybean flour particle size on the nutritional, texture and physicochemical characteristics of cookies. *LWT - Food Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113649

Yeşil, S., & Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT, 160*, Article 113301. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Check for updates

Journal of Sensory Studies

WILEY

Journal of Sensory Studies

ORIGINAL ARTICLE

Improving the Sensory Quality of Sugar-Reduced Quinoa Biscuits Targeted to Children Based on Young Adult Feedback

Erick Saldaña[1] | Jennifer Alvarez[1] | Karina Eduardo[1] | Milagros Maribel Coaguila Gonza[2] | Juan D. Rios-Mera[3] | Carmen J. Contreras-Castillo[2]

[1]Sensory Analysis and Consumer Study Group, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Peru | [2]Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, Brazil | [3]Grupo de Investigación en Reformulación de Alimentos (GIRA), Instituto de Investigación de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Jaén, Carretera Jaén-San Ignacio, Jaén, Peru

Correspondence: Erick Saldaña (esaldanav@unam.edu.pe)

Received: 22 May 2025 | **Revised:** 21 June 2025 | **Accepted:** 7 July 2025

Funding: This work was supported by Universidad Nacional de Moquegua.

Keywords: child nutrition | hedonic perception | quinoa flour | sensory evaluation | sugar reduction

ABSTRACT

Childhood obesity and undernutrition pose significant global challenges, particularly in Peru, where sweet biscuits are widely consumed but often nutritionally unbalanced. To improve the sensory quality of biscuits for children, we proposed selecting biscuits with better characteristics through evaluation with young adults. This study evaluated the impact of reducing sugar and incorporating quinoa flour on the sensory and hedonic perception of biscuits among young adults and school-aged children. Biscuit formulations were assessed using a 9-point hedonic scale and a Check-All-That-Apply (CATA) questionnaire. Young adults ($n = 115$, 18–25 years) showed moderate acceptance of all treatments, but the selection of the best treatments was influenced by the attributes "crunchy," "honey," and "sweet." The selection of three treatments containing moderate levels of quinoa flour (15%–30%) and reduced sugar (10%–20%) resulted in higher scores of overall liking in children ($n = 113$, 6–13 years) compared to the evaluation in young adults, with positive attributes (sweet, crunchy, honey, brittle, and buttery) and absence of negative drivers of liking, which demonstrates the effectiveness of the proposed strategy. This reformulation strategy offers a practical approach to addressing malnutrition without compromising sensory quality, providing valuable insights for food industries and policymakers seeking to promote healthier snacks for children.

1 | Introduction

Nutritional imbalance, whether excess or deficiency, poses a significant global challenge (Swinburn et al. 2019; WHO 2024a). The excessive consumption of energy-dense, nutrient-poor foods has contributed significantly to the increasing prevalence of conditions related to overnutrition, such as obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular diseases. These health issues are now among the leading causes of morbidity and mortality worldwide (WHO 2024a). Similarly, nutritional deficiencies that result in undernutrition—characterized by wasting, stunting, and underweight—remain prevalent in many regions worldwide. These situations highlight the dual burden of malnutrition affecting 340 million children and adolescents, underscoring the urgent need for effective dietary interventions that improve nutritional balance while retaining the sensory quality of food products (WHO 2024b). Various studies have focused on reducing sugar content in food products by using nonnutritive sweeteners (NNS)

© 2025 Wiley Periodicals LLC.

Practical Applications

This study presents a two-stage sensory evaluation strategy designed to develop healthier biscuits for children by incorporating quinoa flour and reducing sugar content. Utilizing young adults to preselect formulations helped optimize the sensory profiles before testing with children, thereby increasing acceptance. The selected biscuits, which contained 15%–30% quinoa flour and a 10%–20% reduction in sugar, were well received by children, preserving their sensory quality while enhancing nutritional value. This practical approach can be adopted by food industries and public health programs targeting malnutrition in children by reformulating popular snacks without compromising sensory quality.

to maintain the perception of sweetness without increasing caloric value, particularly in foods targeted at children (Velázquez et al. 2021). However, this strategy has shown limitations because NNS often leave a bitter, metallic aftertaste that can negatively impact children's acceptance of them (Li et al., 2014, 2015). In addition, evidence regarding the long-term effects of sustained NNS use in children raises concerns in the scientific literature, particularly in the Latin American context, where childhood obesity and malnutrition coexist (Sambra et al., 2020). In contrast, the present study proposes an innovative strategy that moves away from the use of NNS by focusing on reformulation through sugar reduction while maintaining sensory acceptability by incorporating quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd.), an Andean pseudocereal with high nutritional value. This proposal not only addresses public health needs in countries like Peru, where dual malnutrition is a growing concern, but also incorporates a regional, culturally accepted, and sustainable ingredient.

In Peru, childhood obesity has become increasingly prevalent, with the National Institute of Statistics and Informatics (INEI) reporting that 9.1% of the population under 5 years of age is overweight or obese (INEI 2023). At the same time, undernutrition remains a significant issue, as evidenced by the fact that 43.1% of children are affected by anemia (INEI 2024). Both overnutrition and undernutrition highlight the urgent need for tailored regional strategies to address these health concerns, particularly in areas such as southern Peru, where socioeconomic and dietary patterns exacerbate these challenges (Eduardo et al. 2025; INEI 2024; Phelps et al. 2024). Both issues require collaboration among academia, industry, and policymakers to develop effective and sustainable solutions, especially considering the impact of widely consumed, nutritionally unbalanced foods (Eduardo, Aredo, et al. 2024).

Sweet biscuits are widely consumed globally, including in Peru, and their reformulation offers a practical way to improve nutritional quality. Frequently criticized for their high sugar and saturated fat content, as well as poor protein and vitamin levels, strategies such as reducing added sugar (Kawakami et al. 2025) and enriching them with nutrient-rich ingredients like Andean cereals (e.g., quinoa, amaranth, and cañihua) are impactful approaches to improving the nutritional quality of biscuits (Luque-Vilca et al. 2024; Valenzuela-González et al. 2022). While sugar reduction contributes to lower calorie intake and a reduced risk of diet-related diseases (Khan et al. 2019; Warshaw and Edelman 2021; WHO 2016), it poses challenges for texture, stability, and sensory acceptance (Deliza et al. 2021; Kawakami et al. 2025; Velázquez et al. 2021). The inclusion of Andean cereals enhances the protein, fiber, and micronutrient content (Martínez-Villaluenga et al. 2020), aligning with regional dietary traditions and addressing health concerns simultaneously, making these products both healthier and culturally relevant (Eduardo, Bedoya-Perales, et al. 2024).

Despite efforts to commercialize food products with reduced added sugar or those enriched with Andean cereals, these formulations have not been effectively incorporated into the daily diets of children and young people in urban areas (Biguzzi et al. 2015; Sandvik et al. 2021) due to the lack of products specifically designed for this age group, unappealing packaging, and unpleasant sensory properties (de Scudine et al. 2024; Faralla et al. 2023). Understanding how reformulation affects sensory quality, such as taste and texture, is essential for developing nutritious and acceptable products targeted at children (Laureati and Pagliarini 2018). However, sensory evaluation with children is challenging because their cognitive skills and sensitivity are lower than those of adults (Guinard, 2000). In this sense, sensory sessions with children should be shorter than those with adults, with the aim of not diminishing their attention spans (Issanchou 2015). For this reason, the number of samples that children evaluate should be small. However, in studies of product reformulation toward a healthier profile, it is common to assess different levels of incorporation or reduction of components that have positive or negative effects on health. A wide range of treatments allows for more comprehensive information about the sensory acceptance of a product. However, this was not possible in the present study due to the need to limit the number of treatments, given that the evaluation was carried out by children. This population has particular characteristics, including shorter attention spans, difficulties with understanding the tests, and a greater susceptibility to sensory fatigue. To overcome this issue, evaluating products in stages can lead to better decisions regarding which products should be sensorially evaluated by children. Thus, in a first stage, young adults should assess products to select the best prototypes for children. This approach has been little explored in sensory and consumer studies involving children, which could yield higher acceptance rates for products with healthier characteristics. In this context, the present study aimed to sensorially evaluate biscuits with reduced sugar levels and quinoa incorporation in two stages. The first stage included young adults whose biscuit consumption patterns are similar to those of children, and the second stage involved school-aged children.

2 | Materials and Methods

This study received ethical approval from the Scientific Research Ethics Committee of the Universidad Nacional de Moquegua (UNAM) under letter N°. 001–2024-PCEIC/UNAM. All participants, whether young adults or parents of school-aged children, signed an informed consent form indicating their voluntary participation in the study. They were provided with basic information about the study, without disclosing details that could influence their responses to the reformulation process. Participants were asked about their sociodemographic profiles, including age, sex, and frequency of sweet biscuit consumption, with a written commitment not to reveal their identities for any

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

reason. After completing the sensory procedures, participants received a small gift as a token of appreciation.

2.1 | Biscuit Preparation and Technological Characterization

The quinoa flour used in the biscuit formulations contained 4.23% fat, 5.74% moisture, 2.45% ash, and 11.97% protein, with a water activity of 0.49. It exhibited 2.382 mg GAE/g polyphenols and strong antioxidant capacities (DPPH: 105.32 mg/mL; ORAC: 31.98 μmol ET/g), presenting its nutritional and functional potential for biscuit formulation. The biscuit-making process adhered to the AACC (2000) guidelines with modifications. The ingredients used in the preparation were white durum wheat flour (from 28.3% to 40.4%), quinoa flour (from 0% to 12.12%, replacing up to 30% wheat flour), baking powder (0.5%), salt (0.4%), powdered milk (6.1%), vegetable shortening (19.4%), sugar (from 13.6% to 19.4%), and water (13.8%). The dough was kneaded and rolled to a thickness of 0.5 cm, then cut into 5 cm diameter circles. Finally, the biscuits were baked and cooled for further analysis. Seven formulations were developed with varying sugar reductions (10%, 20%, and 30%) and partial substitution of wheat flour with quinoa flour (15% and 30%), including a control, as described by Alvarez et al. (2025).

2.2 | Hedonic and Sensory Characterization by Young Consumers

2.2.1 | Young Participants

A convenience sample of 115 young consumers aged 18–25 participated in the study (mean age: 21.5 years). The group consisted of men (51.79%) and women (48.21%), all of whom voluntarily participated after signing an informed consent form. Participants were recruited from the surroundings of UNAM, including students and administrative staff. The inclusion criteria required that participants be regular consumers of sweet biscuits, not have celiac disease or eating disorders, and be interested and available to participate in the study. Figure 1 presents the sociodemographic profile of the young participants, detailing the distribution by gender and age. The number of participants involved in the study was statistically valid for hedonic tests without a segmentation purpose (Hough et al. 2006; Issanchou 2015) and for CATA tests with stable sample and descriptor configurations (Ares et al. 2014).

2.2.2 | Procedure

Before starting the formal test, participants were instructed to complete the Check-All-That-Apply (CATA) questionnaire and the 9-point hedonic scale. Each participant was then seated in an individual sensory evaluation booth, receiving samples sequentially in a monadic manner following a Williams Latin (Macfie et al. 1989) square design, collected on tablets using the *Compusense Cloud* software. First, participants rated their acceptance of the biscuits using a 9-point hedonic scale, ranging from "dislike extremely" to "like extremely" (Peryam and Pilgrim 1957). Then, they performed the CATA task, checking the attributes (dark, greasy, buttery, sweet, salty, honey, crunchy, hard, and brittle) selected based on our previous study (Alvarez et al., 2025). Attributes were also presented monadically in balanced form. To cleanse consumers' palates between samples, they took a sip of water. The sensory procedure was conducted in a single session.

2.3 | Hedonic and Sensory Characterization by School-Aged Children

2.3.1 | Children Participants

The sensory evaluation was conducted with 113 children, comprising 61.95% boys and 38.05% girls, aged between 6 and 13 years (mean age 9.5 years). Participants were conveniently recruited from

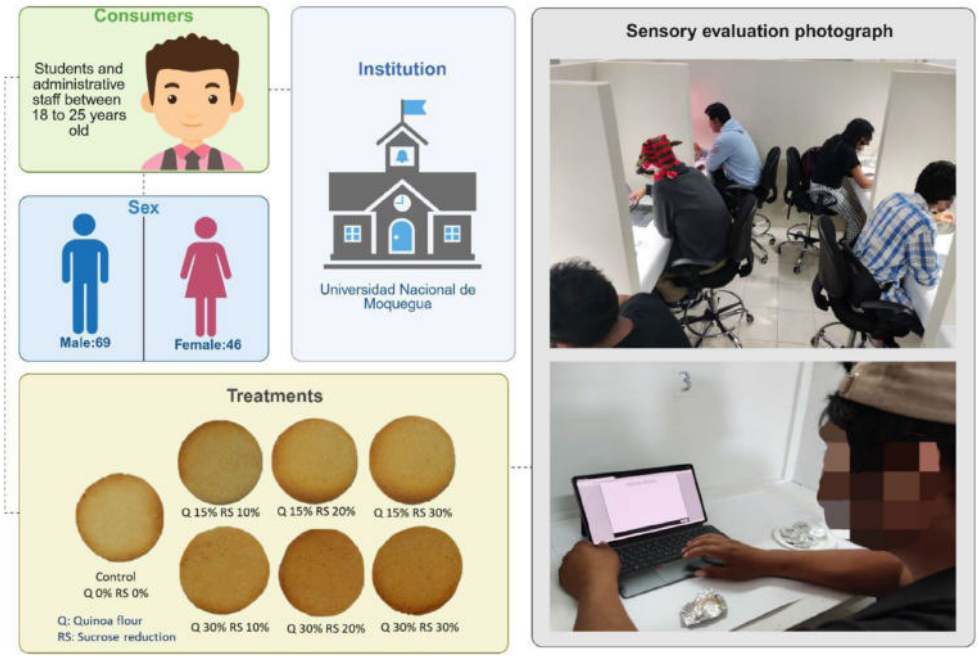


FIGURE 1 | Sociodemographic profile and sensory procedure of young adults.

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jtxs.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

the elementary public school in Moquegua, Peru. The inclusion criterion was that participants consumed sweet biscuits at least once a week and did not have any dietary restrictions. Figure 2 shows the sociodemographic profile of the participating children, detailing the distribution by gender and age. The sensory evaluation was conducted in the classroom, set up to simulate sensory laboratory conditions, and data collection was facilitated using a printed ballot. The number of participants in the test ($n = 113$) exceeded the minimum recommended sample size for children in sensory tests ($n = 39$), as established by Novello et al. (2021). Furthermore, similar to the young population, the number of children exceeded the recommended range (60–80 participants) for the CATA task (Ares et al. 2014). Therefore, the results are methodologically valid.

2.3.2 | Procedure

To minimize distractions and maintain the children's concentration during the sensory evaluation of the cookies, we selected only those treatments that performed best in a previous evaluation conducted with young adults. This methodological strategy is in line with the recommendations established in studies on sensory evaluation with children, which highlight the importance of reducing the number of samples to avoid fatigue, loss of attention, and decreased reliability of responses (Guinard and Brun 1998; Issanchou 2015), previously exposed in the introduction section of this paper.

Before conducting the formal test, a brief explanation of the procedure was provided to familiarize the children with the CATA questionnaire and the emoji-based hedonic scale (Schouteten et al. 2018). Following this, the formal test began, during which the children were given printed sensory evaluation ballots and biscuit samples coded with random three-digit numbers. The biscuit samples were presented sequentially in a monadic manner, following a Williams Latin (Macfie et al. 1989) square design to eliminate first-order and carry-over effects. The children tasted each sample and rated their acceptance using an emoji-based hedonic scale with the following anchors: 😫 (dislike extremely), 😐 (neither like nor dislike), 🤩 (like extremely). Subsequently, they selected the appropriate attributes to describe the biscuit samples sensorially.

To ensure direct comparability between age groups, a single list of sensory attributes was used for both children and young adults. This approach prevents variability due to differing terminology and enables the construction of directly comparable sensory maps. The attributes were initially selected from specialized literature and previous studies, prioritizing terms that were relevant, understandable, and easily recognizable by both groups (Jaeger et al. 2013; Lazo et al. 2016).

To confirm the list's suitability for children, a rigorous, multistage validation process was conducted. First, their ability to associate attributes with familiar food examples was verified (e.g., "sweet" with sugar). Subsequently, to ensure comprehension beyond simple associations, children were asked to explain each term in their own words, identify examples from visual and taste stimuli, and apply them in simulated sensory tasks. This entire procedure confirmed that children understood both the semantic meaning and the contextual use of each attribute for a sensory characterization task (Galler et al. 2020; Laureati et al. 2017).

2.4 | Data Analysis

The results of the CATA questionnaire were analyzed using Cochran's Q test, a nonparametric univariate method to identify significant differences in the frequency of a given attribute across biscuit samples. Multiple pairwise comparisons were performed using the McNemar/Bonferroni test. Subsequently, correspondence analysis (CA) was conducted to evaluate the multivariate associations between biscuit samples and their sensory characteristics, using Chi-square (X^2) distances. On the other hand, acceptance data were treated using analysis of variance (ANOVA), considering the consumers and the order of sample presentation as random factors and the biscuit formulation as a fixed factor. Tukey's test was then applied for pairwise comparison of means. Finally, the penalty-lift analysis evaluated the significant mean

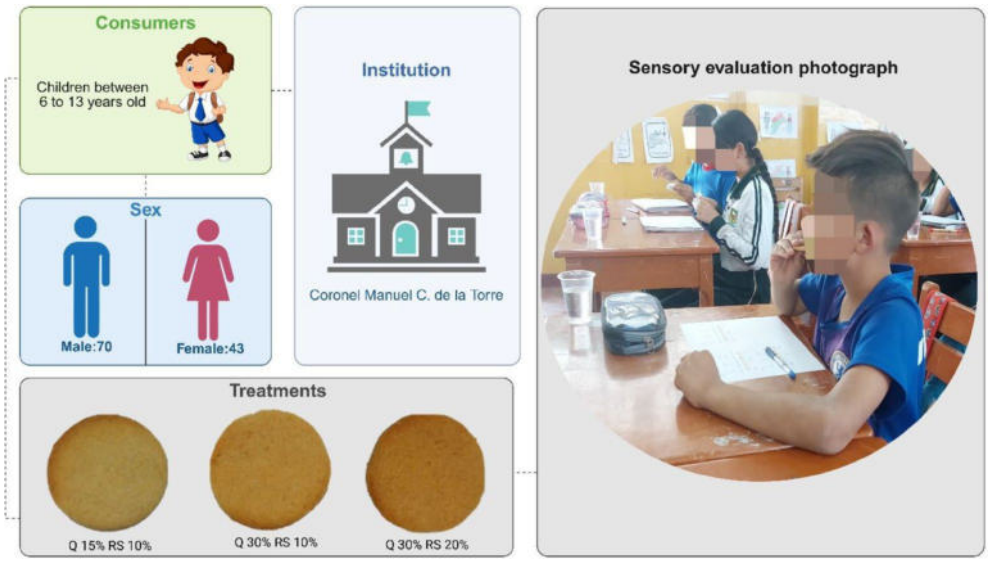


FIGURE 2 | Sociodemographic profile and sensory procedure of school-aged children.

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

differences in liking scores (Student's *t*-test) based on the presence or absence of specific sensory attributes in the CATA questionnaire. Positive values indicated attributes that increased liking, while negative values reflected those that decreased acceptance. A significance level of 5% was used for all analyses. All data analyses were conducted using the XLSTAT software.

3 | Results and Discussion

3.1 | Hedonic and Sensory Characterization by Young Consumers

In Figure 3, the acceptance of biscuits among young consumers is displayed. All samples received an acceptance score above 6, corresponding to "like slightly," indicating a moderate level of acceptance. Similar observations were reported by Nadian et al. (2021) on the sensory acceptance of low-sugar cookies containing quinoa flour as a substitute for wheat flour, suggesting that it is feasible to improve the nutritional profile of biscuits. However, while the samples were statistically similar, biscuits with a greater reduction in sugar (T15Q.30S) and including quinoa (T30Q.30S) tended to receive slightly lower scores. This trend is expected due to the innate human preference for sweet tastes (Deliza et al. 2021) and the presence of bitter compounds, such as saponins, that reduce the acceptance of cookies with high quinoa content (Suárez-Estrella et al., 2018). However, the textural properties of products containing quinoa are also crucial in sensory acceptance (Eduardo, Bedoya-Perales, et al. 2024). In this context, examining the complete sensory profile of cookie samples is crucial for a better understanding of hedonic responses.

The sensory profile of the biscuits was evaluated using a predefined list of sensory attributes, as defined by experts in our previous study (Alvarez et al., 2025). The attributes were related to the appearance, flavor, and texture of the biscuits. Table 1 presents the proportions of citations for sensory attributes across different biscuit treatments formulated with varying percentages of quinoa flour and sugar reduction. The sensory attributes that exhibited statistically significant differences across the biscuit treatments were related to flavor and texture. As expected, sweetness decreased proportionally with sugar reduction, but texture attributes, including greasy, brittle, crunchy, and hard, exhibited significant variations across treatments. Generally, the changes are observed to be due to the combined effect of sugar reduction and the incorporation of quinoa flour. Under this premise, greasy and brittle tended to increase, hard tended to decrease, and crunchy was lowest at the maximum sugar reduction and quinoa incorporation (T30Q.30S).

The sensory profile from the multivariate perspective presents complementary results to the elicitation proportions. The CA in Figure 4 shows that for the first dimension (81.20% of data variability), the control biscuit was associated with the hard attribute, being different from the reformulated treatments, confirming the observation in Table 1. The second dimension, despite having little representation in the data variability (8.85%), shows that the reformulated biscuits are differentiated mainly by the sugar reduction. Thus, in the upper vertical part, the treatments with the greatest sugar reduction were associated with salty, brittle, dark, and buttery flavors, while in the lower part, the treatments with the least sugar reduction were associated with crunchy, honey, and sweet flavors.

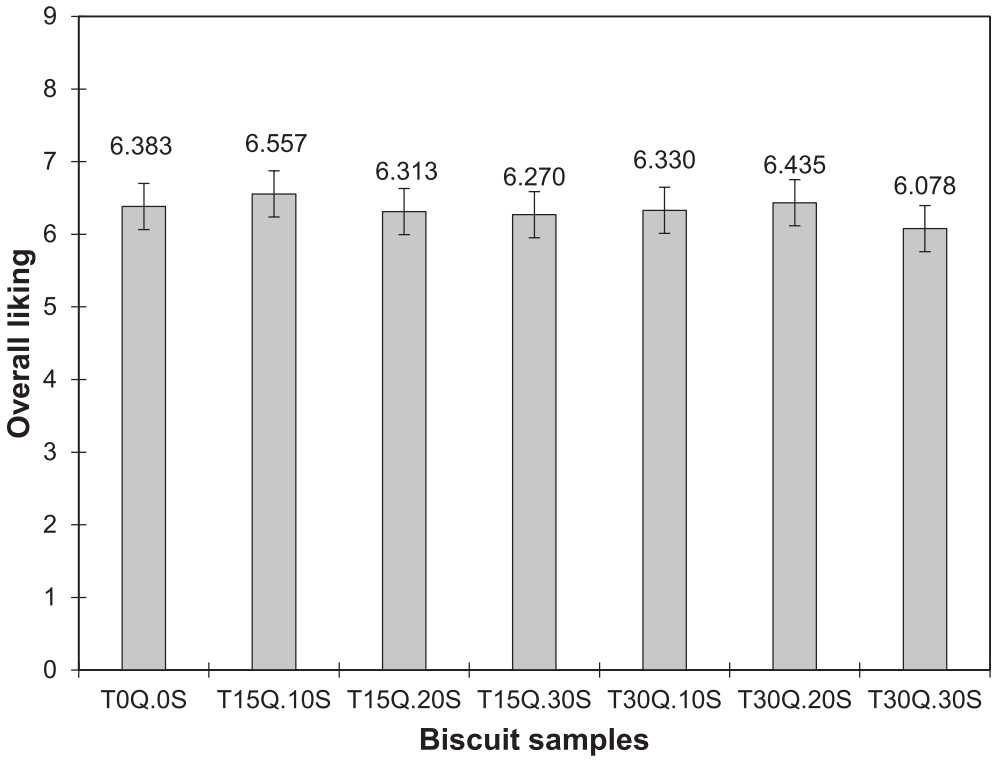


FIGURE 3 | Overall liking of biscuits evaluated by young adults. Treatments: T0Q.0S (0% quinoa flour, 0% sugar reduction), T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T15Q.20S (15% quinoa flour, 20% sugar reduction), T15Q.30 S (15% quinoa flour, 30% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction), and T30Q.30S (30% quinoa flour, 30% sugar reduction).

17454549x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

These findings are consistent with the sensory effects of sugar and quinoa flour in other studies. Thus, sugar crystallizes in biscuits, resulting in a crispier surface (Luo et al., 2019), while quinoa flour, as a substitute for wheat flour in moderate amounts, decreased the hardness of biscuits (Wang et al., 2015). Therefore, a less crunchy and less hard texture is expected with greater sugar reductions and the incorporation of quinoa flour. Other contributions of quinoa flour may be related to its mineral and fat content, which, together with the reduction in sugar, may have contributed, respectively, to the perception of saltiness and a greasy or buttery texture. In terms of appearance, the perception of a darker color in baked goods containing quinoa flour may be associated with their high protein content, particularly the amino acid lysine, which is notably abundant in quinoa. Lysine plays a key role in initiating the Maillard

TABLE 1 | Proportions of elicitation for sensory attributes of biscuits evaluated by young adults.

Attributes	T0Q.0S	T15Q.10S	T15Q.20S	T15Q.30S	T30Q.10S	T30Q.20S	T30Q.30S
Dark	0.157 (a)	0.200 (a)	0.174 (a)	0.235 (a)	0.200 (a)	0.183 (a)	0.209 (a)
Salty	0.087 (a)	0.104 (a)	0.157 (a)	0.191 (a)	0.165 (a)	0.157 (a)	0.183 (a)
Honey	0.322 (a)	0.261 (a)	0.278 (a)	0.209 (a)	0.330 (a)	0.313 (a)	0.270 (a)
Greasy	0.130 (a)	0.226 (a)	0.278 (b)	0.226 (ab)	0.287 (b)	0.270 (b)	0.270 (ab)
Buttery	0.487 (a)	0.461 (a)	0.478 (a)	0.513 (a)	0.435 (a)	0.548 (a)	0.530 (a)
Brittle	0.235 (a)	0.470 (b)	0.426 (ab)	0.409 (ab)	0.478 (b)	0.417 (ab)	0.591 (b)
Sweet	0.783 (c)	0.739 (bc)	0.635 (abc)	0.565 (ab)	0.696 (bc)	0.661 (abc)	0.522 (a)
Crunchy	0.617 (ab)	0.704 (b)	0.626 (ab)	0.678 (ab)	0.626 (ab)	0.687 (ab)	0.513 (a)
Hard	0.730 (c)	0.261 (ab)	0.304 (b)	0.313 (b)	0.191 (ab)	0.139 (a)	0.174 (ab)

Note: Attributes in bold indicate a statistically significant difference between samples according to Cochran's Q test at 5% significance. Different letters indicate pairwise comparisons according to the McNemar/Bonferroni test at 5% significance. Treatments: T0Q.0S (0% quinoa flour, 0% sugar reduction), T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T15Q.20S (15% quinoa flour, 20% sugar reduction), T15Q.30S (15% quinoa flour, 30% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction), and T30Q.30S (30% quinoa flour, 30% sugar reduction).

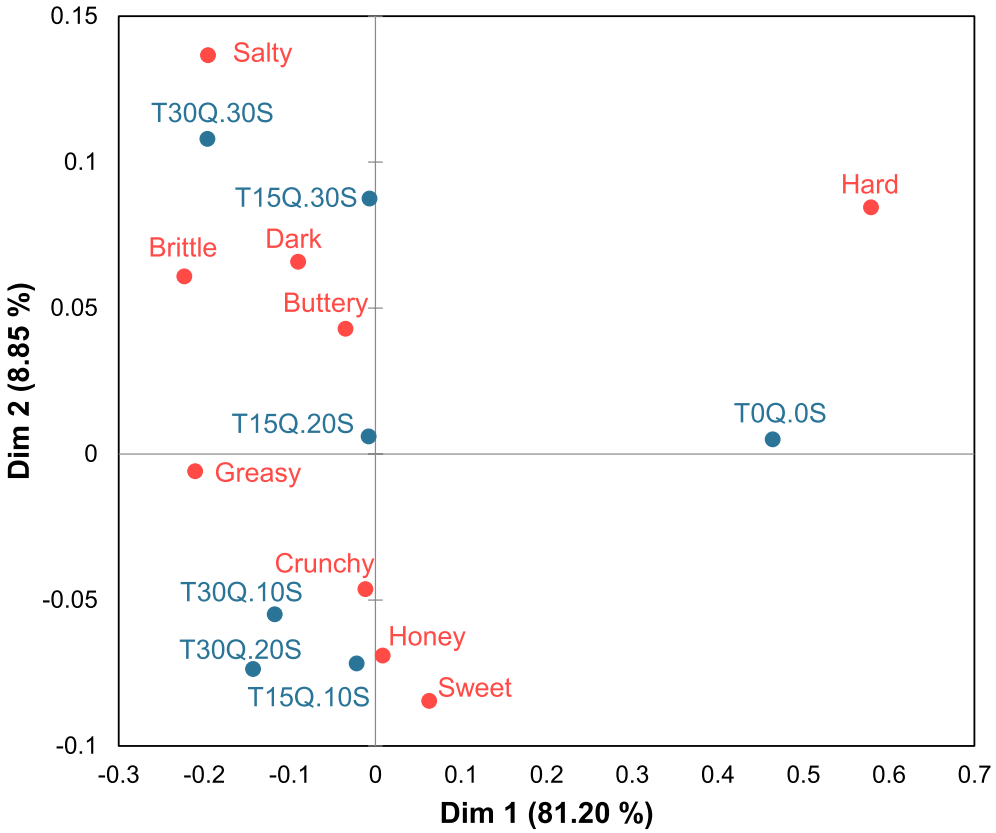


FIGURE 4 | Correspondence analysis of biscuits and their sensory attributes evaluated by young adults. Treatments: T0Q.0S (0% quinoa flour, 0% sugar reduction), T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T15Q.20S (15% quinoa flour, 20% sugar reduction), T15Q.30 S (15% quinoa flour, 30% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction), and T30Q.30S (30% quinoa flour, 30% sugar reduction).

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

reaction, a nonenzymatic browning process that occurs during baking and is responsible for the development of the characteristic brown tones and flavor profiles in baked goods (Nitasha Wasi et al., 2024). In addition, quinoa contains phenolic compounds, such as flavonoids and phenolic acids, which, upon oxidation, can also contribute to the formation of dark pigments, thereby intensifying the overall coloration (Brito et al. 2015). The visual scale of color can also influence the sensory perception of the product, particularly in evaluations conducted with children, as several studies have demonstrated that the visual elements present in products can affect their sensory perception (Dixon et al., 2024; Mediano Stoltze et al., 2023).

The impact of sensory attributes on sensory acceptance, as determined by young adults, was analyzed using penalty-lift analysis. As shown in Figure 5, attributes with blue bars toward the right indicate a positive effect on acceptance, with crunchy and sweet having the greatest impact. Conversely, a higher incidence of hard and greasy attributes is negative for acceptance (red bars). The negative impact of hard aligns with Rodríguez-García et al. (2013), who reported that overly dense or rigid textures are less desirable in biscuits.

The results of young consumers demonstrate that a moderate reformulation of the biscuits was necessary to promote positive sensory attributes and reduce negative ones, which aligns with previous research indicating that consumers value a balanced sweetness profile and an appealing texture in reduced-sugar baked products (Kawakami et al. 2025). In this sense, taking into account the positive drivers of liking and their location in the multivariate sensory profile, the most notable treatments were T15Q.10S, T30Q.10S, and T30Q.20S, whose main shared characteristic is the intermediate reduction of sugar, which was associated with the attributes crunchy, honey, and sweet (Figure 4), and did not present univariate statistical differences with the control treatment (Table 1) for those attributes. Therefore, those treatments were selected for sensory analysis with school-aged children.

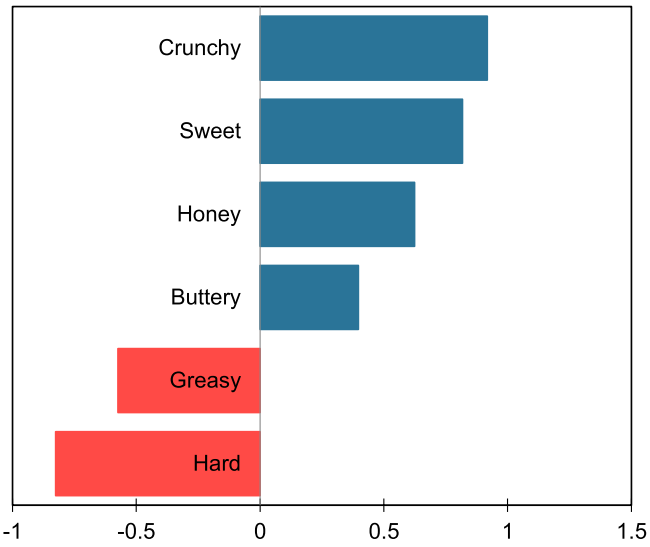


FIGURE 5 | Penalty-lift analysis of positive (blue bars) and negative (red bars) drivers of liking in biscuits evaluated by young adults.

3.2 | Hedonic and Sensory Characterization by School-Aged Children

It has been recommended that sensory evaluation with children should be carried out in a shorter time than with adults, to optimize children's attention span during the evaluation (Issanchou 2015). In this regard, the proposal of a prior evaluation stage with young adults resulted in the selection of three biscuit treatments with quinoa flour and moderate sugar reduction, based on acceptance scores, univariate and multivariate sensory profiles, and the sensory attributes that drive liking.

Figure 6 shows the acceptance scores for treatments T15Q.10S, T30Q.10S, and T30Q.20S, which reached values above 7 points and can be interpreted as "like moderately." Also, there were no significant differences between treatments. Interestingly, the acceptance scores were higher than those of young adults; these results suggest that the implementation of a two-stage evaluation strategy contributed to greater sensory acceptance of the cookies by school-aged children. Furthermore, it has been reported that children have a high preference for sweet tastes (Mennella et al. 2012; Mennella et al. 2014), but despite these antecedents, the moderate sugar reduction did not significantly decrease the liking of the reformulated biscuits. Quinoa flour may have contributed to improving the liking of the biscuits, which is in line with Eduardo, Bedoya-Perales, et al. (2024), who, through a bibliometric review, reported that 67% of publications on the application of quinoa in bakery products suggest that sensory acceptance is similar to the control products, as long as the proportions of quinoa are between 5% and 30% of the formulation. However, this finding aligns with evaluations of adults, whereas sensory evaluations of bakery products containing quinoa among children are scarce. In this sense, it is necessary to understand children's sensory responses through the sensory profile of the biscuits, which was addressed using the same methodology as that employed with young adults in this study.

According to the univariate sensory profile in Table 2, significant differences were observed among treatments only for the attributes of dark, salty, and greasy. An increase in quinoa flour (T30Q.10S) emphasized the presence of dark and salty flavors, but these attributes decreased with greater sugar reduction (T30Q.20S). Conversely, the highest citation proportion for greasy was recorded with the lowest sugar reduction and addition of quinoa flour (T15Q.10S).

The multivariate sensory profile showed greater discrimination between treatments (CA in Figure 7, which explains 100% of the data variability). Thus, similar to the univariate analysis, the attributes dark and salty were associated with the highest quinoa content and lowest sugar reduction (T30Q.10S); conversely, the highest incorporation of quinoa and intermediate sugar reduction (T30Q.20S) were associated with the attribute brittle. On the other hand, lower sugar reduction and lower incorporation of quinoa flour (T15Q.10S) were associated with fatty and buttery attributes. The attributes honey, sweet, hard, and crunchy tended to occupy an intermediate position in the CA, consistent with the citation proportions in Table 2, where there were no significant differences for these attributes.

17454598, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

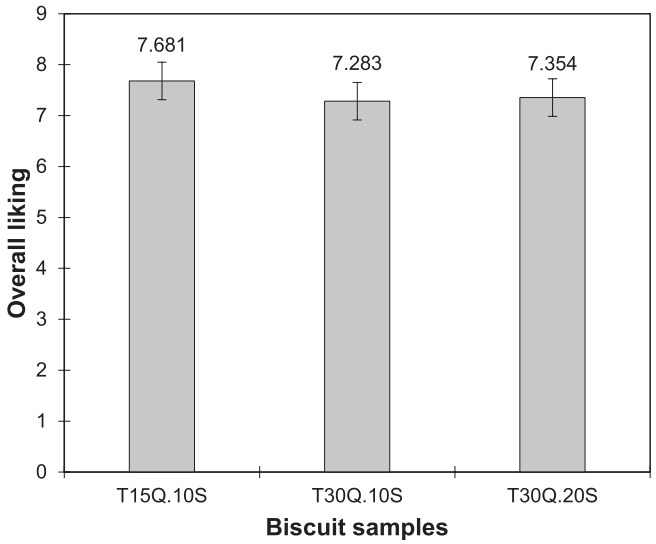


FIGURE 6 | Overall liking of biscuits evaluated by school-aged children. Treatments: T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), and T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction).

Compared to the evaluation by young adults, the results are consistent for the attributes "brittle," "dark," and "salty," which were perceived in both stages when biscuits contained a higher quinoa flour content and reduced sugar. Interestingly; however, this association did not extend to the greasy and buttery attributes. These characteristics showed no consistent trend in relation to either the incorporation of quinoa flour or the reduction of sugar content. Hence, in the evaluation involving young adults, the attribute greasy tended to increase in univariate frequency for biscuits with greater sugar reduction and quinoa flour, while occupying an intermediate position in the CA; conversely, the attribute buttery did not show univariate differences but was linked to greater sugar reduction in the multivariate analysis (see Table 1 and Figure 4).

TABLE 2 | Proportions of elicitation for sensory attributes of biscuits evaluated by school-aged children.

Attributes	T15.Q10S	T30.Q10S	T30.Q20S
Dark	0.159 (ab)	0.248 (b)	0.106 (a)
Salty	0.283 (ab)	0.416 (b)	0.212 (a)
Honey	0.425 (a)	0.398 (a)	0.354 (a)
Greasy	0.336 (b)	0.230 (ab)	0.177 (a)
Buttery	0.425 (a)	0.372 (a)	0.319 (a)
Brittle	0.292 (a)	0.212 (a)	0.292 (a)
Sweet	0.699 (a)	0.611 (a)	0.673 (a)
Crunchy	0.735 (a)	0.673 (a)	0.743 (a)
Hard	0.522 (a)	0.451 (a)	0.504 (a)

Note: Attributes in bold indicate a statistically significant difference between samples according to Cochran's Q test at 5% significance. Different letters indicate pairwise comparisons according to the McNemar/Bonferroni test at 5% significance. Treatments: T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), and T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction).

Similarly, in our previous study, it was noted that greasy was associated with biscuits containing a higher amount of quinoa flour (30%), whereas buttery was linked to biscuits with a lower incorporation of quinoa flour (15%) and moderate reductions in sugar (10% and 20%) (Alvarez et al., 2025), with the latter being more consistent with the evaluation involving children in this study. In light of this, complementary studies are necessary with trained assessors or experts to analyze the intensity of each sensory attribute and measure its impact on sensory quality.

Differences in the perception of greasy and buttery attributes between children and young adults may be due to variations in sensory sensitivity, differences in cognitive interpretation of the terms used, or specific emotional or cultural associations with certain flavors or textures (Jeong & Lee, 2021). Example: Adults might interpret "buttery" as a desirable quality related to smoothness, while children might associate "greasy" with a less positive or more intense sensation. These types of differences suggest the importance of considering consumer profiles when interpreting sensory data (Worch et al., 2010).

The drivers of liking are shown in Figure 8. Unlike the assessment with young adults, no negative drivers of liking were identified, which reinforces the assessment strategy used with young adults to select the best treatments to increase the likelihood of liking in children. The attribute with the greatest impact on overall liking was sweet. However, the positive drivers of liking were generally similar to those of young adults, except for the attribute brittle. Previous sensory studies indicate that texture and sweetness are primary drivers of liking in children, often influencing their food choices more than other attributes such as aroma or color (Álvarez, 2025; da Quinta et al. 2023).

The attributes sweet, crunchy, and honey did not present significant univariate differences (Table 2) and tended to occupy a central position in the sensory map (Figure 7), that is, they were

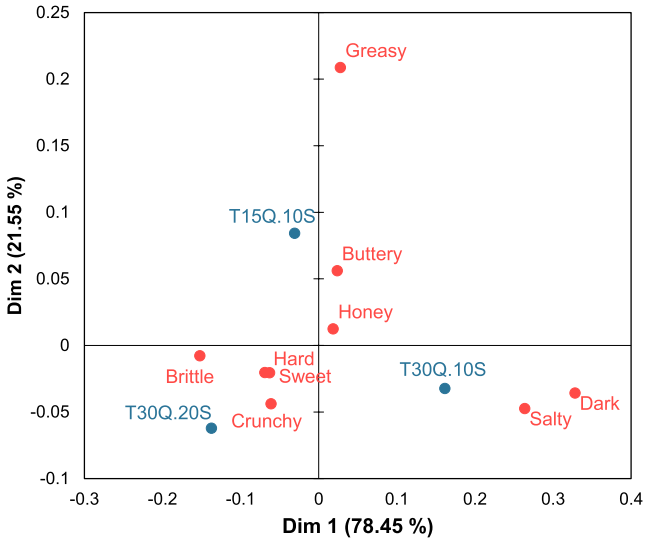


FIGURE 7 | Correspondence analysis of biscuits and their sensory attributes evaluated by school-aged children. Treatments: T15Q.10S (15% quinoa flour, 10% sugar reduction), T30Q.10S (30% quinoa flour, 10% sugar reduction), and T30Q.20S (30% quinoa flour, 20% sugar reduction).

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

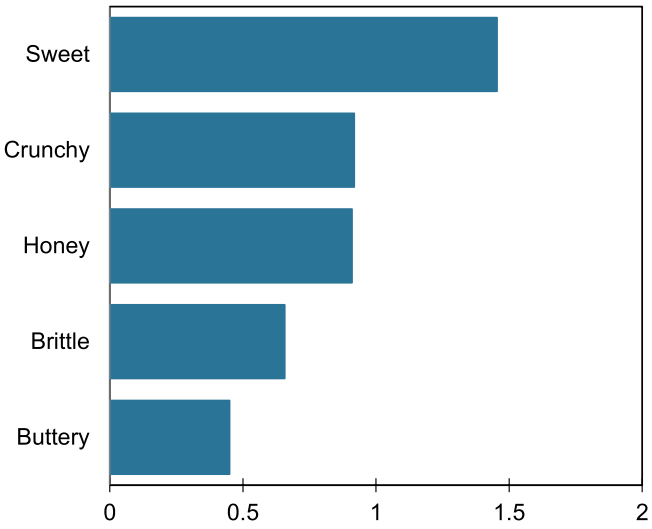


FIGURE 8 | Penalty-lift analysis of positive (blue bars) drivers of liking in biscuits evaluated by school-aged children.

characteristics shared among the three treatments evaluated, which explains the statistical similarity in the overall liking (Figure 6). These findings highlight the significance of sensory optimization in catering to the specific preferences of different consumer groups, particularly children. They tend to respond favorably to formulations that effectively balance sweetness and texture with the benefits of functional ingredients, reinforcing the need for a multidisciplinary approach in product innovation that integrates sensory science, nutritional improvements, and consumer-driven strategies (Venditti et al. 2020).

4 | Conclusion

This study proposes a sequential strategy to enhance the sensory quality of reduced-sugar quinoa biscuits for children, based on prior evaluation with young adults to select the best treatments. This selection resulted in three treatments, containing moderate quantities of quinoa flour (15% and 30%) and sugar reductions (10% and 20%), with balanced sensory properties in flavor and texture. Key attributes such as sweet, crunchy, honey, brittle, and buttery significantly increased product liking, while the negative attributes observed in the study with young adults were eliminated in the children's evaluation. This result, together with the high levels of acceptance in children (exceeding seven on the 9-point hedonic scale), even higher than the acceptance scores in adults, demonstrates the effectiveness of the proposed strategy. These findings contribute to addressing the dual burden of malnutrition by promoting nutritionally improved, culturally relevant, and sensorially appealing foods for children. Further studies are recommended to validate these findings across larger and more diverse populations, and a wider range of food products.

Acknowledgments

This study received funding from the Universidad Nacional de Moquegua through the "scientific research seedbed Andean Golden Seeds" (Resoluciones de Comisión Organizadora No. 865-2023-UNAM, and No. 778-2024-UNAM) and thesis grant offered by the same institution (Resolución de Comisión Organizadora No. 778-2024-UNAM).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy or ethical restrictions.

References

Alvarez, J., K. Eduardo, M. M. Coaguila Gonza, C. D. Leal de Araújo, C. J. Contreras-Castillo, and E. Saldaña. 2025. "Sugar Reduction and Replacement of Wheat Flour with Quinoa Flour in Shortcrust Cookies: Effects on Nutritional, Physical, and Sensory Properties." In *Food Production, Processing and Nutrition*. Springer Nature.

American Association of Cereal Chemists AACC. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists.

Ares, G., A. Tárrega, L. Izquierdo, and S. R. Jaeger. 2014. "Investigation of the Number of Consumers Necessary to Obtain Stable Sample and Descriptor Configurations From Check-All-That-Apply (CATA) Questions." *Food Quality and Preference* 31: 135–141. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.08.012.

Biguzzi, C., C. Lange, and P. Schlich. 2015. "Effect of Sensory Exposure on Liking for Fat- or Sugar-Reduced Biscuits." *Appetite* 95: 317–323. https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.07.001.

Brito, I. L., E. L. de Souza, S. S. S. Felex, M. S. Madruga, F. Yamashita, and M. Magnani. 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, no. 9: 5866–5873. https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1.

da Quinta, N., Y. Ríos, R. Llorente, A. B. Naranjo, and A. B. Baranda. 2023. "The Effect of Food Shape on Children's Implicit and Explicit Emotional Response." *Food Quality and Preference* 109: 104921. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104921.

de Scudine, K. G. O., P. M. Castelo, J. P. M. Hoppe, A. K. Portella, and P. P. Silveira. 2024. "Early Influences on Development of Sensory Perception and Eating Habits." *Advances in Nutrition* 15, no. 12: 100325. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100325.

Deliza, R., M. F. Lima, and G. Ares. 2021. "Rethinking Sugar Reduction in Processed Foods." *Current Opinion in Food Science* 40: 58–66. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2021.01.010.

Eduardo, K., J. C. Velásquez, J. Mayta-Hancco, J. D. Rios-Mera, M. Lozada-Urbano, and E. Saldaña. 2025. "Reasons Behind (Un)Healthy Eating Among School-Age Children in Southern Peru." *Food* 14, no. 3: 348. https://doi.org/10.3390/foods14030348.

Eduardo, K., N. Bedoya-Perales, E. Escobedo-Pacheco, and E. Saldaña. 2024. "Sensory and Consumer Science as a Valuable Tool to the Development of Quinoa-Based Food Products: More Than Three Decades of Scientific Evidence." *Scientia Agropecuaria* 15, no. 2: 251–267. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.019.

Eduardo, K., V. Aredo, J. D. Rios-Mera, C. M. S. Ambrosio, R. Siche, and E. Saldaña. 2024. "Market Needs and Consumer's Preferences for Healthier Foods." In *Strategies to Improve the Quality of Foods*, edited by J. M. Lorenzo, 337–355. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15346-4.00013-6.

Faralla, V., L. Savadori, L. Mittone, M. Novarese, and A. Ardizzone. 2023. "Color and Abundance: Influencing Children's Food Choices." *Food Quality and Preference* 109: 104918. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104918.

1745459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

Galler, M., T. Næs, V. L. Almli, and P. Varela. 2020. "How Children Approach a CATA Test Influences the Outcome. Insights on Ticking Styles From Two Case Studies With 6–9-Year Old Children." *Food Quality and Preference* 86: 104009. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2020.104009.

Guinard, J. X., and P. Brun. 1998. "Sensory-Specific Satiety: Comparison of Taste and Texture Effects." *Appetite* 31, no. 2: 141–157. https://doi.org/10.1006/APPE.1998.0159.

Hough, G., I. Wakeling, A. Mucci, E. Chambers IV, I. M. Gallardo, and L. R. Alves. 2006. "Number of Consumers Necessary for Sensory Acceptability Tests." *Food Quality and Preference* 17, no. 6: 522–526. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.002.

INEI. 2023. "Desnutrición Crónica." https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-070-2023-inei.pdf.

INEI. 2024. *ANEMIA 2023 Nota de Prensa N 40–2024*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Issanchou, S. 2015. "Sensory & consumer studies with special populations: children and elderly." *Current Opinion in Food Science* 3: 53–58. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2015.02.004.

Jaeger, S. R., S. L. Chheang, J. Yin, et al. 2013. "Check-All-That-Apply (CATA) Responses Elicited by Consumers: Within-Assessor Reproducibility and Stability of Sensory Product Characterizations." *Food Quality and Preference* 30, no. 1: 56–67. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2013.04.009.

Kawakami, C. A., M. M. Selani, E. Saldaña, N. de Jesus Pimentel-Filho, and M. A. F. Domingues. 2025. "Sensory Dynamic Profile and Consumer Acceptance of Short-Dough Biscuits With Reduced Sucrose and Thaumatin Addition." *Food Research International* 200: 115524. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115524.

Khan, T. A., M. Tayyiba, A. Agarwal, et al. 2019. "Relation of Total Sugars, Sucrose, Fructose, and Added Sugars With the Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies." *Mayo Clinic Proceedings* 94, no. 12: 2399–2414. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.05.034.

Laureati, M., and E. Pagliarini. 2018. "New Developments in Sensory and Consumer Research With Children." In *Methods in Consumer Research*, edited by G. Ares and P. Varela, vol. 2, 321–353. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00013-3.

Laureati, M., C. Cattaneo, V. Lavelli, V. Bergamaschi, P. Riso, and E. Pagliarini. 2017. "Application of the Check-All-That-Apply Method (CATA) to Get Insights on Children's Drivers of Liking of Fiber-Enriched Apple Purees." *Journal of Sensory Studies* 32, no. 2: e12253. https://doi.org/10.1111/JOSS.12253.

Lazo, O., A. Claret, and L. Guerrero. 2016. "A Comparison of Two Methods for Generating Descriptive Attributes With Trained Assessors: Check-All-That-Apply (CATA) vs. Free Choice Profiling (FCP)." *Journal of Sensory Studies* 31, no. 2: 163–176. https://doi.org/10.1111/JOSS.12202.

Luque-Vilca, O. M., J. Y. Paredes-Erquinigo, L. Quille-Quille, et al. 2024. "Utilization of Sustainable Ingredients (Cañihua Flour, Whey, and Potato Starch) in Gluten-Free Cookie Development: Analysis of Technological and Sensorial Attributes." *Food* 13, no. 10: 1491. https://doi.org/10.3390/foods13101491.

Macfie, H. J., N. Bratchell, K. Greenhoff, and L. V. Vallis. 1989. "Designs to Balance the Effect of Order of Presentation and First-Order Carry-Over Effects in Hall Tests." *Journal of Sensory Studies* 4, no. 2: 129–148. https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x.

Martínez-Villaluenga, C., E. Peñas, and B. Hernández-Ledesma. 2020. "Pseudocereal Grains: Nutritional Value, Health Benefits and Current Applications for the Development of Gluten-Free Foods." *Food and Chemical Toxicology* 137: 111178. https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178.

Mennella, J. A., S. Finkbeiner, and D. R. Reed. 2012. "The Proof is in the Pudding: Children Prefer Lower Fat but Higher Sugar Than Do Mothers." *International Journal of Obesity* 36, no. 10: 1285–1291. https://doi.org/10.1038/ijo.2012.51.

Mennella, J. A., S. Finkbeiner, S. V. Lipchock, L. D. Hwang, and D. R. Reed. 2014. "Preferences for Salty and Sweet Tastes Are Elevated and Related to Each Other During Childhood." *PLoS One* 9, no. 3: e92201. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0092201.

Novello, D., A. dos Anjos, J. M. Soares, et al. 2021. "Number of Children Needed to Evaluate Products Made in Cooking Workshops." *Food Quality and Preference* 94: 104301. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104301.

Peryam, D. R., and F. J. Pilgrim. 1957. *Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences. Food Technology*. Vol. 11, 9–14. Institute of Food Technologists (IFT).

Phelps, N. H., R. K. Singleton, B. Zhou, et al. 2024. "Worldwide Trends in Underweight and Obesity From 1990 to 2022: A Pooled Analysis of 3663 Population-Representative Studies With 222 Million Children, Adolescents, and Adults." *Lancet* 403, no. 10431: 1027–1050. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02750-2.

Sandvik, P., M. Laureati, H. Jilani, et al. 2021. "Yuck, This Biscuit Looks Lumpy! Neophobic Levels and Cultural Differences Drive Children's Check-All-That-Apply (CATA) Descriptions and Preferences for High-Fibre Biscuits." *Food* 10, no. 1: 21. https://doi.org/10.3390/foods10010021.

Schouteten, J. J., J. Verwaeren, S. Lagast, X. Gellynck, and H. De Steur. 2018. "Emoji as a Tool for Measuring Children's Emotions When Tasting Food." *Food Quality and Preference* 68: 322–331. https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.03.005.

Swinburn, B. A., V. I. Kraak, S. Allender, et al. 2019. "The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission Report." *Lancet* 393, no. 10173: 791–846. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8.

Valenzuela-González, M., O. Rouzaud-Sández, A. I. Ledesma-Osuna, et al. 2022. "Bioaccessibility of Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Consumer Acceptability of Heat-Treated Quinoa Cookies." *Food Science and Technology* 42: e43421. https://doi.org/10.1590/fst.43421.

Velázquez, A. L., L. Vidal, P. Varela, and G. Ares. 2021. "Sugar Reduction in Products Targeted at Children: Why Are We Not There Yet?" *Journal of Sensory Studies* 36, no. 4: e12666. https://doi.org/10.1111/JOSS.12666.

Venditti, C., K. Musa-Veloso, H. Y. Lee, et al. 2020. "Determinants of Sweetness Preference: A Scoping Review of Human Studies." In *Nutrients*. Vol. 12. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/nu12030718.

Warshaw, H., and S. V. Edelman. 2021. "Practical Strategies to Help Reduce Added Sugars Consumption to Support Glycemic and Weight Management Goals." *Clinical Diabetes* 39, no. 1: 45–56. https://doi.org/10.2337/cd20-0034.

WHO. 2016. "WHO Urges Global Action to Curtail Consumption and Health Impacts of Sugary Drinks." https://www.who.int/news/item/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtail-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks.

WHO. 2024a. "Malnutrition." https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition.

WHO. 2024b. "Obesity and Overweight." https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight.

17454459x, 2025, 4, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.70062 by Erick Saldaña - University Of Sao Paulo - Brazil , Wiley Online Library on [29/07/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

Quinoa Flour in Cookies: A systematic review of formulation, sensory, and technological challenges and a framework for future innovation

Jennifer Alvarez[1]; Darwin Tique[1]; Karina Eduardo[1,2]; Milagros Maribel Coaguila Gonza[3]; Juan D. Rios-Mera[4]; Carmen J. Contreras-Castillo[3]; Erick Saldaña[1]

1 Sensory Analysis and Consumer Study Group, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua, Prolongación Calle Ancash s/n, Moquegua 18001, Peru

2 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Peru;

3 Departamento de Agroindustria, Alimentos y Nutrición (LAN), Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidad de São Paulo (USP), Avenida Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

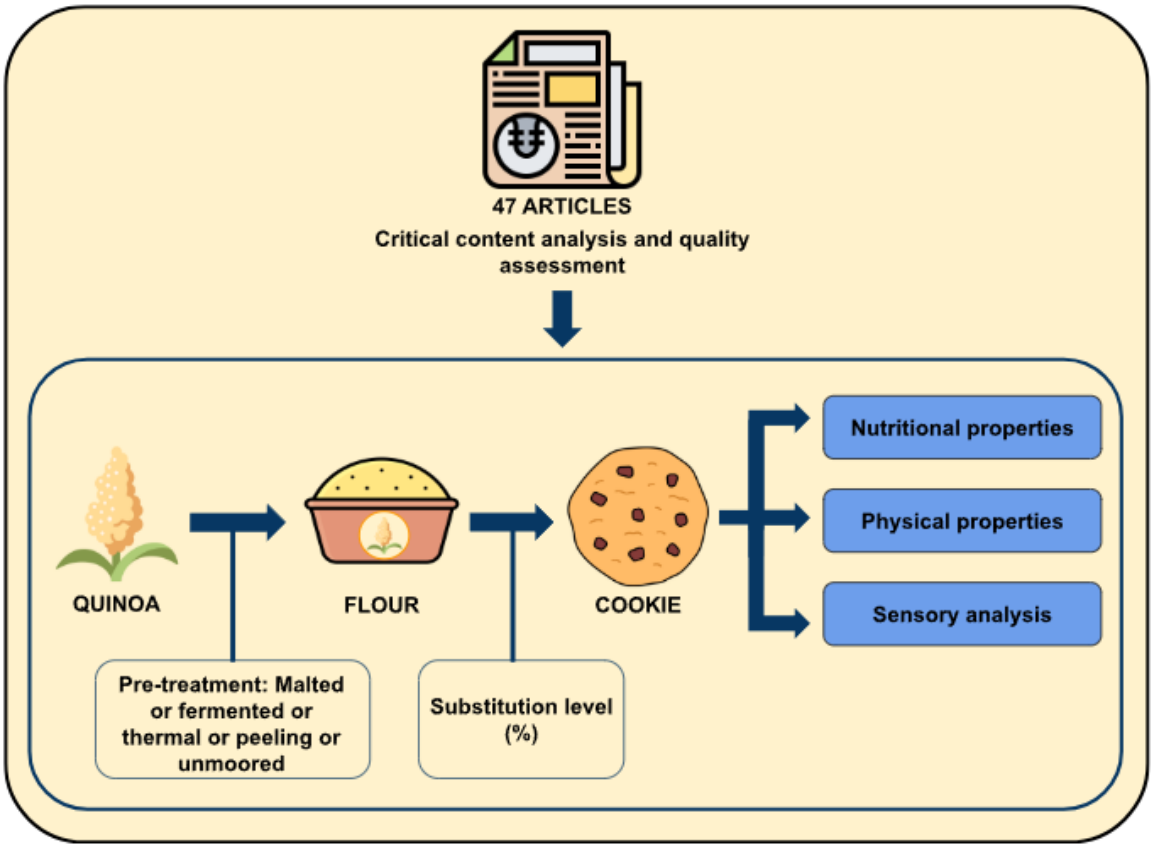
4 Grupo de Investigación en Reformulación de Alimentos (GIRA), Instituto de Investigación de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Jaén, Carretera Jaén-San Ignacio, km 24-Sector Yanuyacu, Jaén 06800, Peru; juan.rios@unj.edu.pe (J.D.R.-M.)

Abstract

Quinoa flour is a promising ingredient for enhancing the nutritional profile of cookies, aligning with the growing demand for functional foods. However, its widespread adoption is hindered by significant sensory and technological challenges. This study conducts a systematic and critical review of 34 years of research (1991-2025) and analyzes 47 original articles using the PRISMA methodology. While a bibliometric analysis reveals trends in publication and key research areas, a deeper content analysis exposes critical gaps: (1) a lack of standardized formulation and processing protocols; (2) a superficial understanding of sensory properties, which rarely connects consumer acceptance to the underlying volatile and polyphenolic profiles responsible for quinoa's characteristic flavor; and (3) a near-total omission of technological stability studies (e.g., shelf-life, oxidative stability). Furthermore, strategies to improve quinoa quality before incorporation, such as de-bittering processes, germination, or fermentation, are seldom explored. This review critically evaluates these gaps and proposes a comprehensive framework and checklist to guide future research. A multidisciplinary approach, combining advanced chemical analysis with robust sensory and stability studies, is essential to unlock the full potential of quinoa in creating healthy, stable, and highly acceptable baked goods.

Keywords: Quinoa, cookies, functional foods, critical review, technological stability, volatile compounds, polyphenols, germination, fermentation.

Graphical abstract



1. Introduction

Cookies are commonly consumed by different sectors of society, recognized for their variety, easy accessibility, and availability at economical prices (Lazou, 2024). The sweet cookies market is very large ($108.75 billion worldwide in 2024) and is forecast to grow at a compound annual growth rate of 5.70% (2025-2032) (Fortune Business Insights, 2025). These products are typically characterized by low water content (between 7% and 20% by weight of flour), high fat content (between 20% and 75%), and high sugar content (between 30% and 60%) (Erdem et al., 2023; Masoud et al., 2024; Perry et al., 2003). Due to this composition, they are considered unhealthy foods (Dall'Asta et al., 2020; Masoud et al., 2024), which has raised growing concern about the adverse effects that their excessive consumption can cause, including dental problems, obesity, type II diabetes, coronary heart disease, and metabolic disorders (Deliza et al., 2021).

In response to this issue, over the last two decades, considerable efforts have been made to enhance the nutritional profile of cookies by enriching their composition with proteins, bioactive compounds, and essential amino acids through the incorporation of functional ingredients from natural sources (Fernandes Almeida et al., 2025). In the search for sources with outstanding nutritional and functional qualities, quinoa is considered an exceptional food ingredient because it contains functional components that meet the body's basic nutritional needs, such as amino acids (methionine and lysine), bioactive compounds with antioxidant capacity, proteins, fiber, minerals, and vitamins (Chavan et al., 2025; Guo et al., 2025; Nguyen et al., 2010; Repo-Carrasco R, 2011; Turkut et al., 2016). Based on these characteristics, the Food and

Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has recommended quinoa as the ideal and strategic food for human consumption (FAO, 2011).

Due to its nutraceutical properties, quinoa could contribute significantly to the prevention of various cardiovascular disorders and noncommunicable diseases, such as obesity, overweight, type 2 diabetes, hypertension, and other metabolic conditions associated with modern lifestyles (Chavan et al., 2025; Guo et al., 2025). It is also considered easily digestible because it is gluten-free, which makes it suitable for sensitive people, such as those with celiac disease, non-celiac gluten sensitivity, or digestive disorders such as irritable bowel syndrome (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

Nevertheless, consumers need products that are not only harmless to their health but also appealing from a sensory perspective (Eduardo et al., 2024; Xu et al., 2020). In this framework, research has been conducted to replace wheat flour with quinoa flour in cookies (Brito et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018a; Jan et al., 2018b). These studies encompass physicochemical, proximal, and bioactive characterization, as well as the impact on sensory and hedonic quality. Despite growing research on quinoa-enriched bakery products, no comprehensive bibliometric synthesis exists to map their evolution, challenges, and future directions. Also, a preliminary review of individual studies suggests a significant heterogeneity in methodologies and a lack of depth in key areas. Many studies focus on simple substitution without addressing the inherent sensory and technological hurdles of quinoa.

In this context, this study aims to fill that gap by systematically analyzing 34 years of scientific production focused on the partial or total substitution of wheat flour with quinoa flour in cookies. Through a PRISMA-based bibliometric

approach, this systematic review identifies knowledge gaps, tracks developments in sensory and nutritional aspects, and highlights new opportunities for innovation and sustainability in the design of functional foods.

2. Methodology

2.1. Search strategy, filtering, and article selection

The search strategy, filtering, and article selection were conducted in October 2025. The strategy was structured following the PIO model. For the population (P), the terms used were “cookie” OR “biscuit” OR “cracker”, referring to bakery products of interest. The intervention (I) considered the incorporation of quinoa, using the terms “quinoa” OR “Chenopodium quinoa” OR “Chenopodium quinoa Willd” OR “kinoa” OR “kinwa” OR “keenwah”. Finally, the outcomes (O) were related to nutritional, sensory, and technological aspects. In this stage, different variables were analyzed and systematized into specific tables, including “proximal composition” OR “nutritional value” OR “antioxidant capacity” OR “flavonoids” OR “polyphenols” OR “sensory evaluation” OR “physical properties” OR “texture” OR “hardness” OR “diameter” OR “thickness” OR “color” OR “dispersion factor” OR “technological properties”. The search was conducted in the Scopus database, yielding 98 studies after screening titles, abstracts, and keywords in English, published between 1991 and 2025. The results were exported in CSV format for further analysis.

The article selection process adhered to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines (Page et al., 2021), enabling a systematic and comprehensive review of the scientific literature. The articles underwent a blinded evaluation process by the authors

using Rayyan open access software (Ouzzani et al., 2016), which facilitated the identification and exclusion of irrelevant studies, such as those focused on the dehydration or use of quinoa leaves, studies with sprouted quinoa without application in cookies formulation, regulatory analyses, consumer research without technological intervention, and work with clinical objectives or added compounds that did not directly evaluate the use of quinoa flour in cookies. During this process, the final list was reduced to 47 articles relevant to the review (see Figure 1).

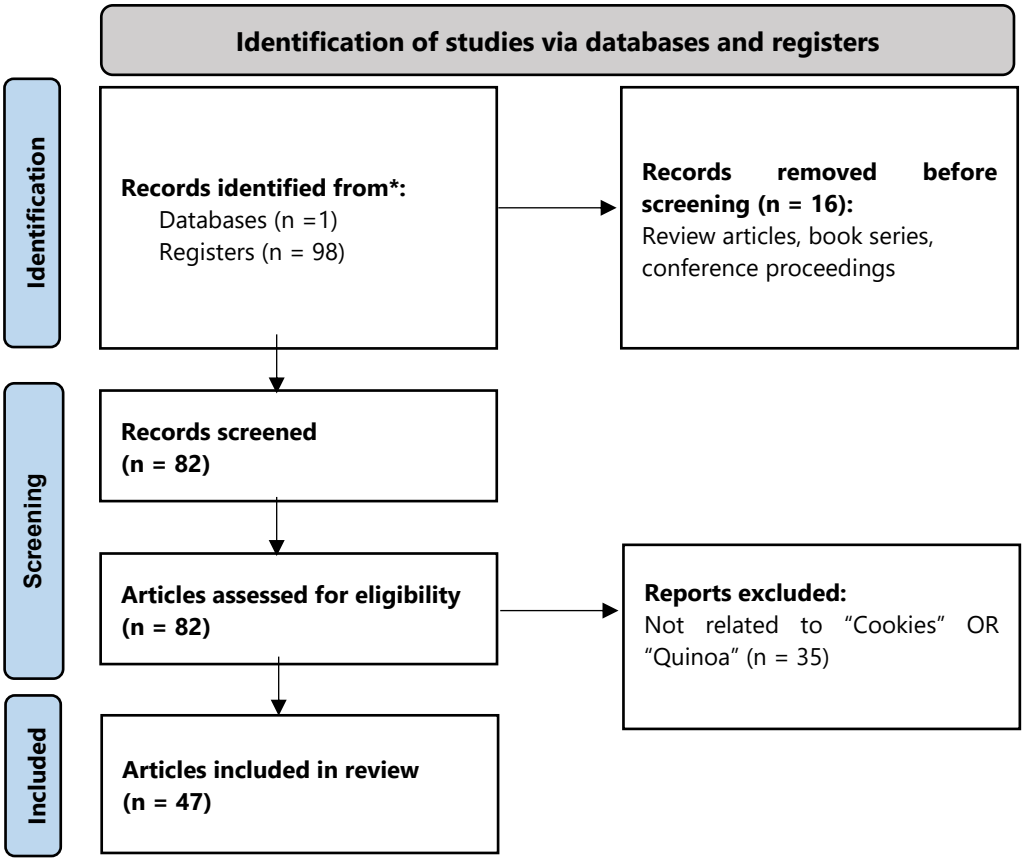


Figure 1. PRISMA flowchart used to identify, screen, and include papers for this systematic review.

2.2. Bibliometric analysis

The Bibliometrix R package, version 4.2.1 (Aria & Cuccurullo, 2017) and VOSviewer, versión 1.6.19 (Van Eck & Waltman, 2010) were used for data analysis and visualization.

VOSviewer was used to create keyword co-occurrence networks. To precisely group related terms, thesauri were applied to determine combined frequencies and semantic connections among keywords, enabling a clearer understanding of their relationships and how they have evolved over time. It is worth noting that some overlap between clusters may occur, as certain keywords are semantically related to multiple research themes. This overlap naturally results from VOSviewer's clustering algorithm, which organizes terms based on their frequency and co-occurrence patterns.

Bibliometrix was applied to evaluate the temporal evolution of article production, enabling the identification of trends in scientific output. Data extraction was conducted independently by three authors, with any discrepancies adjudicated by a fourth author. The findings were presented through a chronological mapping of publications alongside their geographical distribution. Additionally, the country of origin of each article and citation counts of the most influential publications were examined to assess the academic impact of the research field. Keyword clouds were also generated to provide an overarching visualization of the thematic scope and influence of the scientific literature on cookies. To further explore thematic structures, a multiple correspondence analysis (MCA) was performed, grouping keywords into clusters and detecting patterns across the literature. Finally, a strategic diagram was developed to depict

the thematic evolution and overall scholarly impact of research on the development of cookies formulated with quinoa flour.

2.3. Methodology for analyzing multi-response desirability in R

Data processing was performed in R (v.4.3.0) using the packages tidyverse (Wickham, 2023), scales (Wickham, Pedersen, et al., 2025), patchwork (Pedersen, 2025), ggplot2 (Wickham, Chang, et al., 2025). Directional data (–1 = decrease, 0 = no change, +1 = increase) were digitized from Tables 5 and 6 of the baseline study and organized by quinoa flour substitution range (0–100%). Response targets ("max," "min," or "keep") and relative weights per parameter were defined in the nutritional, technological, color, and sensory domains. Each direction was transformed into a desirability unit (0–1) using the dir_to_unit() function, which adjusts the value according to the established target. Subsequently, the compute_D() function calculated the weighted average desirability by domain and substitution range. The results were visualized as heat maps generated with ggplot2 and organized with patchwork, showing the evolution of overall desirability as a function of the percentage of wheat flour replaced by quinoa.

2.4. Critical content analysis and quality assessment

To select high-quality articles, a bibliometric mapping was performed, and each of the selected 47 articles underwent a detailed content analysis. We developed a quality assessment checklist (Table 7) to systematically evaluate information on key methodological aspects, including: (1) formulation and processing details, (2) quinoa pre-treatments, (3) nutritional properties of cookies, (4) physical properties of cookies, (5) sensory characterization of cookies, and (6) technological stability of cookies. Additionally, the percentage of articles that

met the criteria defined in Table 7 was assessed, as was the quality of the publications according to their SCImago quartile. This dual approach (bibliometric and critical analysis) not only enabled mapping the field but also allowed a critical evaluation of the scientific rigor of the literature used in this review.

3. Results and discussion

3.1. Bibliometric analysis

3.1.1. Number of publications and contributions over the years

Figure 2 illustrates the number of scientific articles published between 1991 and 2025, indicating a growing interest in the subject over the years, despite some fluctuations. The highest peak was in 2023, with 9 articles on quinoa cookies. Additionally, the six countries that have made the most significant contributions to this field of scientific research are highlighted. Brazil and India stand out as the countries with the highest number of scientific contributions, closely followed by Iran. These countries have shown a notable interest in developing functional cookies, especially those suitable for people with gluten intolerance, such as celiac patients (Carrillo, 2009; Mario Villarroel, 2009; Saad El-Hadidy et al., 2022). This approach is partly due to quinoa's nutritional properties, which can help prevent noncommunicable diseases (Navruz-Varli & Sanlier, 2016). Other countries, such as Italy, Peru, and Egypt, also contribute to the scientific literature on cookies by replacing wheat flour with quinoa, reflecting global interest in this field of research. In this context, it is essential to note that Peru is not only a major driver of research in this field but has also established itself as the world's largest producer and exporter of quinoa (Ministry of Development Agriculture and Irrigation, 2020).

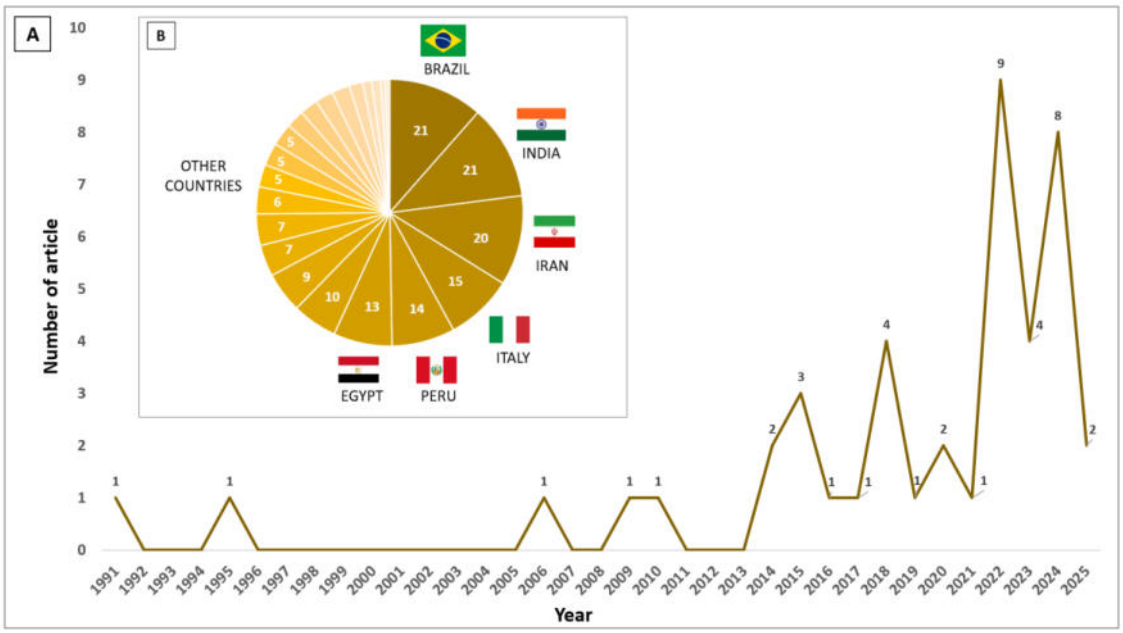


Figure 2. Annual number of articles and countries with scientific contributions according to systematically selected articles.

3.1.2. Scientific impact of publications

Table 2 presents the ten most cited articles in quinoa cookie research. The most cited study evaluated the nutritional, technological, sensory, and functional properties of substituting wheat flour for quinoa flour in cookies, bread, and Chinese steamed bread. Other significant research focused on formulating gluten-free cookies that are palatable to consumers by analyzing texture, ingredient mix, and physical quality. Nutritional composition, the presence of bioactive compounds and minerals, and sensory acceptability have also been studied. In addition, quinoa's potential to reduce carcinogenic compounds such as acrylamide has been studied, and more recently, its use in 3D food printing technology.

Table 1. The top ten articles with the highest number of citations

Title	Journals	Country	Citations	Referencias
Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread	Journal of Texture Studies	Canada, New Zealand	82	(Wang et al., 2015a)
Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour	LWT	India	76	(Jan et al., 2018a)
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	Brazil	72	(Brito et al., 2015)
Quinoa flour in baked products	Foods	Italy	59	(Lorenz & Coulter, 1991)
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	India	36	(Goyat et al., 2018a)
Utilization of quinoa flour in cookie production	International Food Research Journal	Turkey	35	(Demir & Kilinç, 2017)
Quinoa as a wheat substitute to improve the textural properties and minimize the carcinogenic acrylamide content of the biscuit	Journal of Food Processing and Preservation	Iran	31	(Sazesh & Goli, 2020)
3D food printing improves color profile and structural properties of the derived novel whole-grain sourdough and malt biscuits	Scientific Reports	South Africa	23	(Kewuyemi et al., 2022)

3.1.2. Thematic evolution

Figure 3 illustrates the thematic evolution of cookie research from1991 to 2025 through three distinct keyword clouds, divided into three periods: 1991- 2002, 2003-2014 and 2015-2024. In the first period (1991-2002), research focused on fundamental compositional and processing aspects, with keywords such as “bread”, “flour”, “cereal”, and “cooking”, “taste”. These terms reflect interest in incorporating quinoa into bakery products and in their sensory characterization.

Throughout the second period (2003-2014), a transition towards a deeper exploration of the nutritional benefits and functional properties of foods is observed, with terms such as “quinoa”, “antioxidants”, “celiac disease”, and “nutritional value”. This shift in focus responds to growing concerns about health and the impact of food on well-being, aligning with global trends in conscious eating. Finally, in the third period (2015-2025), research is still oriented towards nutritional and functional properties, with terms such as “antioxidant properties”, “amino acids”, and “nutritional value”. But in this period, research expands towards ingredient optimization and the commercial context, with keywords such as “optimization”, “product design”, “fast food”, “food handling”, and “snacks”.

In summary, the thematic evolution over these periods shows a clear progression from basic characterization of quinoa-derived products to their application in a broader context of modern health and prospects for market scaling.

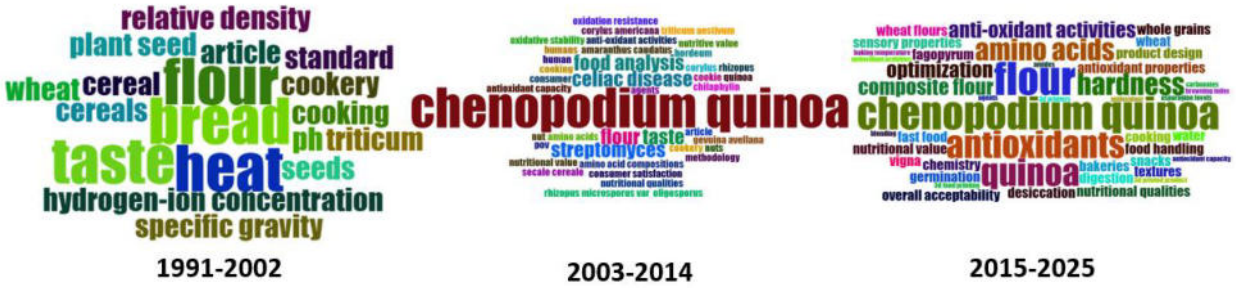


Figure 3. Keyword cloud for the periods: (a) 1991 to 2002; (b) 2003 to 2014; (c) 2015 to 2025.

Complementary to this, the thematic map highlights the key areas of cookie research, organized into four quadrants based on their relevance and development. In the upper right quadrant are terms such as “quinoa”, “flour”,

"Chenopodium quinoa", and "cooking", which represent driving themes, characterized by a high degree of development and relevance in the field. In the central zone, between the quadrants of driving and niche themes, are "chemistry", "fast food", and "snack", indicating a connection between the two types of themes. In the lower left quadrant are grouped emerging or declining themes, such as "nutritional", "qualities", "whole grains", "composite flour", "antioxidant properties", and "sensory properties", which have low centrality and density. Finally, on the right side, terms such as "antioxidants", "quinoa", and "amino acids" are found in the central zone between the quadrants of basic and driving themes, showing a connection between them. These key areas reflect the lines of research that researchers have been developing in the application of quinoa in cookies, which are expected to be further consolidated, particularly the emerging ones.

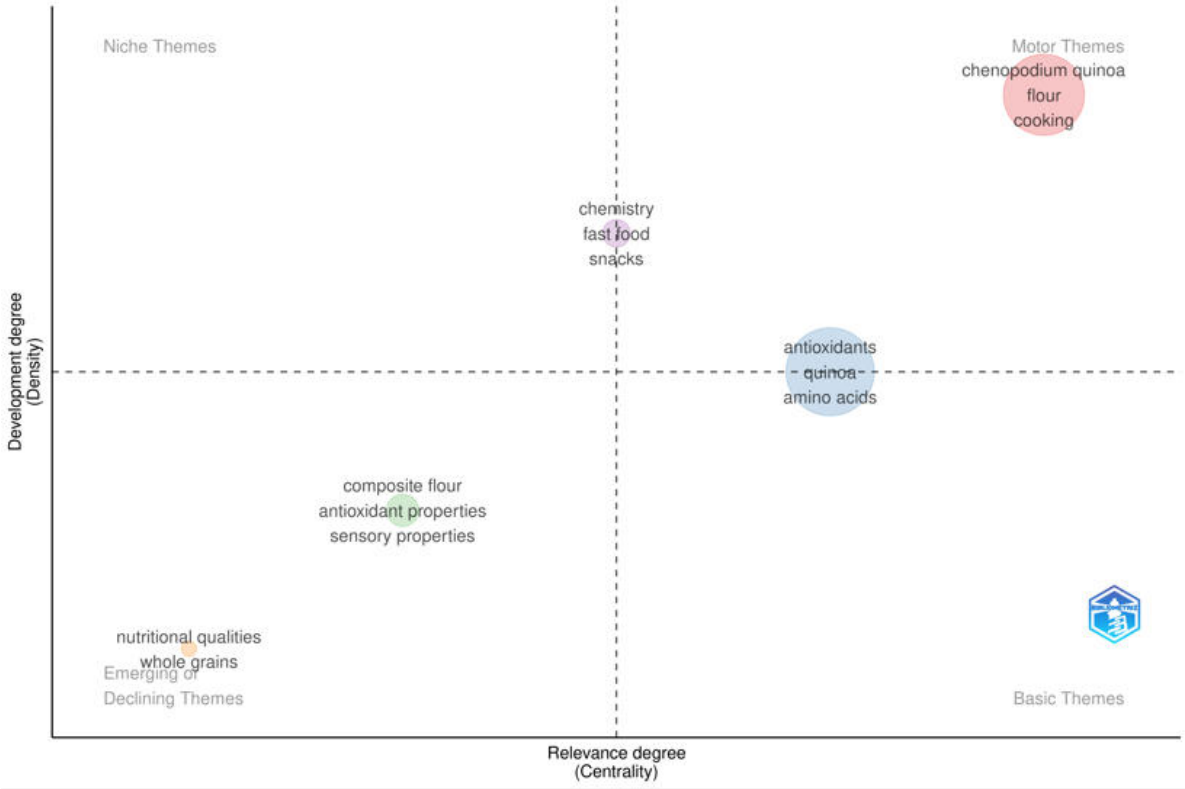


Figure 4. Thematic map of quinoa cookie research

3.1.3. Keyword co-occurrence network

Figure 5 shows six thematic clusters in the quinoa research, differentiated by color. The green cluster, located in the center, highlights the terms quinoa, product design, texture, chickpea, gluten-free, and amaranth, which functions as the main axis of the network relating to other clusters. The red cluster is oriented to product development, topics such as biscuits, sensory analysis, overall acceptability, rheological characteristics, pseudocereals, functional food, wheat flours, hardness, and bioactive compounds, highlighting the optimization in the elaboration of wheat bakery products with quinoa substitution in how they are sensorially and technologically accepted (Goyat et al., 2018a; Hidalgo et al., 2018; Nadian et al., 2021). The blue cluster covers everything related to food processes and habits, with terms such as cooking, snacks, digestion, whole grains, flour, chemistry, fast food, and seeds, and studies that are strongly related to the practical application and physiological effects of quinoa products (Kewuyemi et al., 2022; Lorenz & Coulter, 1991). The yellow cluster relates words such as quinoa flour, antioxidants, amino acids, celiac disease, rice flour, and taste, which are studies of how consumers with celiac disease need gluten-free flours (Brito et al., 2015; Iovan & Radu, 2016; Saad El-Hadidy et al., 2022; Tang et al., 2002). The purple cluster highlights terms such as polyphenols, sweet potato, *Triticum aestrivum* and heat, as well as the performance of other ingredients (Estivi et al., 2022; Saad El-Hadidy et al., 2022). The light blue cluster has thermos of minerals and fatty acids, as these components are present in the elaboration of quinoa cookies (Demir & Kilinç, 2017; Meriles et al., 2022; Nadian et al., 2021; Singla et al., 2024).

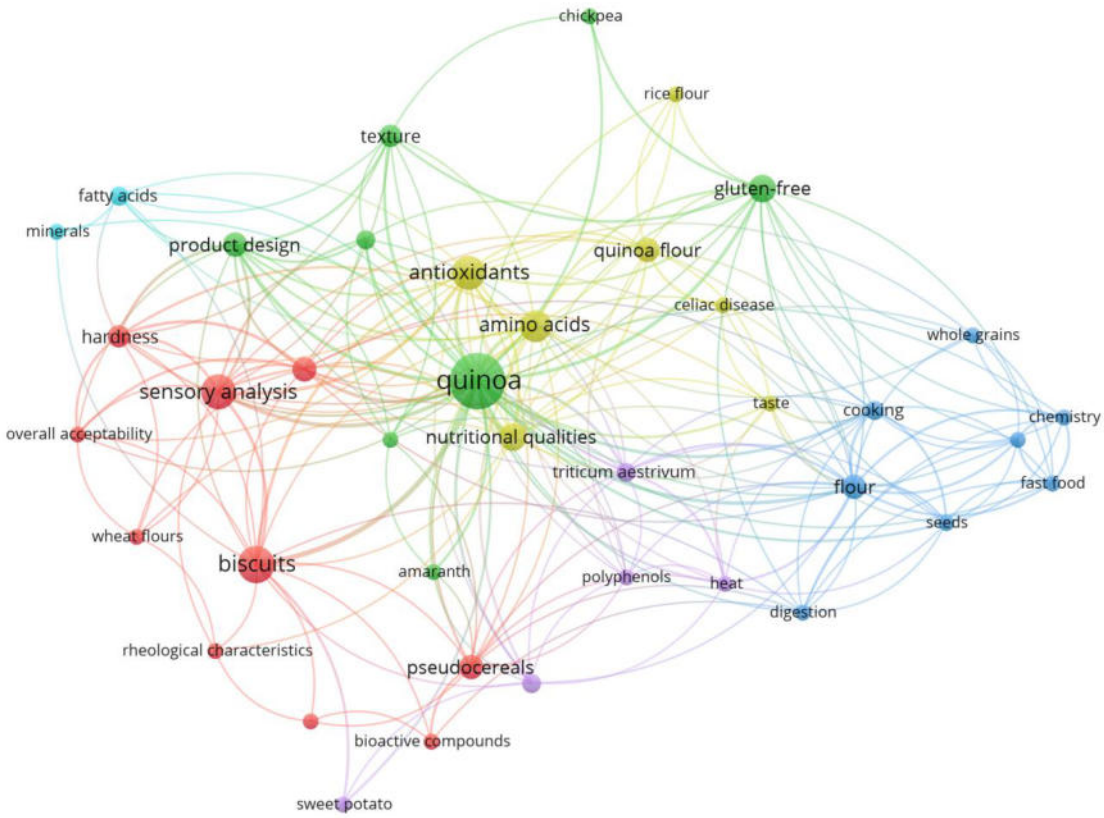


Figure 5. Keyword co-occurrence network of articles published in Scopus-indexed journals from 1991 to 2025.

Generally, the keyword co-occurrence spans a broad range of research that not only examines the quality of quinoa cookies but also investigates their potential health benefits through digestion studies. However, as shown in Figure 5, this term (located at the bottom of the blue cluster) has few connections to the other clusters, suggesting limited research. On the other hand, to evaluate prototypes with potential health benefits, it is necessary to adjust parameters that maximize quinoa's properties, ensure physicochemical stability, and incorporate sensory responses, particularly from the consumer's perspective. In these matters, the following section identifies research gaps that must be addressed in future studies; thus, better prototypes can be developed for subsequent health

355 impact assessment, and in this scenario, technology transfer to industry of high-
356 quality products with proven health benefits could be achieved.

357 **3.2. Critical content analysis**

358 **3.2.1. Critical gap 1: inconsistencies in formulation and processing**

359 Table 3 shows the variables studied in the production of cookies with quinoa
360 flour. It can be seen that there is wide variability in the substitution percentages,
361 which range from 1.3% to 100%. This is due to factors such as experimental
362 objectives, nutritional focus, and local availability of the ingredient, without an
363 established methodological consensus. While some studies use low substitution
364 levels to preserve sensory characteristics, others opt for total replacement, mainly
365 aimed at people with celiac disease. Several studies do not mention baking time
366 and temperature. A more detailed analysis of literature reveals also heterogeneity
367 in the experimental design, the geographical origin of the quinoa, the
368 pretreatments applied (malting, fermentation, cooking, saponification), and the
369 particle size of the quinoa flour. In addition, several studies do not include a
370 control treatment (cookies made with 100% wheat flour), which allows direct
371 comparison. Despite the inconsistencies, the more information provided, the
372 better, so that adjustments can be made to the cookie formulation to improve its
373 quality.

374 **Table 2.** Experimental variables in replacing flour with quinoa

Variety (e.g., Blanca Real), origin, and supplier	Particle size	Formulation (%/g)	Control sample	Baking parameters (time, temperature)	Reference
Quinoa (Chenopodium quinoa L.) imported and grown in Bolivia, which was purchased at a	210 µm	5%, 10% and 15%	Yes	Temperature: 190 °C Time: 13 minutes	(Goyat et al., 2018a)

local market in Delhi, India.					
White quinoa (Chenopodium quinoa Wild)	NA	100%	Yes	Temperature: 160 °C-210 °C Time: 20 minutes	(Sazesh & Goli, 2020)
Quinoa was purchased locally (Alegre/ES-Brazil)	NA	10%	Yes	NA	(Vieira et al., 2015)
The quinoa was purchased at the central market in Lima.	NA	55.20%	NA	Temperature: 160 °C Time: 10 minutes	(Silva-Paz et al., 2023)
Commercial quinoa (Chenopodium quinoa) purchased from LeoPosch Co., A	250 µm	44.5%	NA	Temperature: 175 °C Time: 10 minutes	(Schoenlechner et al., 2010)
Altiplano quinoa flour was provided by previous research.	NA	15%	Yes	Temperature: 180 °C Time: 15 minutes	(Méndez et al., 2019)
The quinoa seeds were purchased from Organic Agriculture Business	NA	50 g	NA	NA	(Mohammadi et al., 2025)
Quinoa seeds (grown in Egypt in the 2022 season) obtained from the agricultural research center from the 2021-2022 harvest and stored at 5 °C until use in technological studies	250 µm	25%, 50% and 75%	Yes	Temperature: 250 °C Time: 10 minutes	(El-Hadary et al., 2024)
Quinoa flour from an agricultural company in Inner Mongolia	NA	15%	Yes	Temperature: 150 °C Time: 9 minutes	(Wang et al., 2022)
The quinoa used is produced domestically in Iran and supplied by Mediaf, a company based in Iran.	NA	20%, 40%, 60%, 80% and 100%	NA	Temperature: 225 °C Time: 5 minutes	(Shalamzari & Erjaee, 2022)
White quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) from Gauteng, South Africa, purchased from Dis-Chem Retail Pharmacy Pty (Ltd)	500 µm	Cookies made with 70.70 g of raw quinoa, and cookies with 70.70 g, 28.28 g, and 14.14 g of	Yes	Temperature: 180 °C Time: 15 minutes	(Kewuyemi et al., 2022)

		malted quinoa.			
Detergent-free white quinoa flour (Titicaca variety)	NA	25, 50, 75 and 100%	Yes	Temperature: 160 °C Time: 20 minutes	(Alavi et al., 2023)
Quinoa grains (Chenopodium quinoa)	NA	7.5 % and 15 %	Yes	NA	(Watanabe et al., 2014)
Quinoa flour	NA	5, 50, 75, and 100%	Yes	Temperature: 160 °C Time: 20 minutes	(Alavi et al., 2024)
Quinoa Marche, Jesi, Italy	NA	25, 50, 75, and 100%	Yes	Temperature: 170 °C Time: 10 minutes	(Cannas et al., 2020)
The quinoa was obtained from the local market in the canton of Quevedo, Los Ríos province (Ecuador).	NA	40, 50, and 60%	NA	Temperature: 180 °C Time: 15 minutes	(Rodriguez-Castro et al., 2020)
The quinoa flour was obtained from the company Quinoa Real (São Paulo, Brazil)	NA	17, 33, 67 and 100%	NA	Temperature: 180 °C Time: 30 minutes	(Brito et al., 2015)
Quinoa seeds were obtained commercially in Hermosillo, Sonora, Mexico	500 µm	100% raw quinoa, 100% boiled quinoa, 100% microwave-cooked quinoa	NA	Temperature: 160 °C Time: 13 minutes	(Valenzuela-González et al., 2022)
Quinoa (Chenopodium) was purchased from the Sakha Agricultural Research Station, Agricultural Research Center, Kafrelsheikh Governorate, Egypt	149 µm	10% and 20%	Yes	Temperature: 175 °C Time: 15–20 minutes	(Negm et al., 2024)
The quinoa grains were donated by the Institute of Agroindustries at the University of La Frontera.	NA	1.3%, 7.1% and 11.6%	NA	The cookies were baked at a temperature of 250ºC, those with 1.3% quinoa for 15 minutes, those with 7.1% for 22 minutes, and those with 11.6% for 30 minutes.	(Villarroel et al., 2009)
Quinoa seeds from the Danish cultivar Titicaca (KVL 52,	NA	10%	Yes	Temperature: 200 °C Time: 12 minutes	(Pejic et al., 2024)

grown in Serbia near Subotica)					
The organic white quinoa flour (QF), of non-EU origin, was purchased already processed from the company Molino Agostini Srl (Perugia, Italy).	NA	10, 20, 40, 60 and 100%	Si	Temperature: 180 °C Time: 15 minutes	(Bravi et al., 2024)
Quinoa flour (QF) was obtained from Huckleberry Farm (Auckland, New Zealand)	NA	15, 30, 45, 60, 75, 90 and 100%	Yes	Temperature: 205 °C Time: 10 minutes	(Wang et al., 2015a)
Quinoa flour, purchased at a local supermarket specializing in gluten-free products.	NA	10, 20 and 30%	Yes	Temperature: 180 °C Time: 15-20 minutes	(Iovan & Radu, 2016)
Quinoa flour (QF) (TTKK Karaj, Iran)	100-500 µm	10%, 20%, 30% and 40%	Yes	Temperature: 210 °C Time: 20 minutes	(Nadian et al., 2021)
Quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.) were purchased at a local market.	297 µm	10, 20, 30, 40 and 50%	Yes	Temperature: 165 °C Time: 10 minutes	(Martín-Esparza et al., 2023)
The quinoa flour was purchased at the local market in Amritsar, Punjab, India.	212 µm	10, 20 and 30%	Yes	Temperature: 180 °C Time: 10 minutes	(Chopra et al., 2018)
Quinoa	74 µm	100 %	Yes	Temperature: 200 °C Time: 10 minutes	(Baskaya-Sezer, 2025)
Quinoa (Chenopodium quinoa Willd. var. Pasankalla), native to the Andean region, was supplied by the Native Cereals and Grains Program of the National Agrarian University of La Molina (Peru).	200 µm	5,10, 15%, 20 and 25%	Yes	Temperatura: 150 °C Tiempo: 15 minutos	(Paucar-Menacho et al., 2022)
The BRS Piabiru quinoa grain used in the development of the cookie formulas was provided by EMBRAPA.	NA	60, 100 and 140 g	NA	Temperature: 180 °C Time: 20 minutes	(Pagamunici et al., 2014)

White quinoa (Delizia)	1000 µm	40g	Yes	Temperature: 210 °C Time: 11 minutes	(Turk Aslan & Isik, 2022)
The quinoa grains (Chenopodium quinoa Willd.) were purchased from Organic India Pvt. Ltd, located in Lucknow, Uttar Pradesh, India.	250 µm	50%, 40% and 33.33%	Yes	Temperature: 150°C.	(Malik et al., 2022)
The quinoa grains were obtained from a regional research station in Bathinda, India.	NA	10, 20, 30, 40 and 50 g	Yes	Temperature: 160 °C Time: 25 minutes	(El-Sohaimy et al., 2019)
The quinoa used in this study was obtained from the National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR) in Shimla, India, and grown in the experimental field of the Sant Longowal Institute of Engineering and Technology.	NA	10,20, 30 and 40%	Yes	Temperature: 190 °C Time: 15 minutes	(Jan et al., 2018b)
Quinoa flour was provided by the animal experimentation center at the Prince Sultan Military Medical City Research Center in Riyadh.	NA	12.5 and 25%	Yes	Temperature: 220 °C Time: 15 minutes	(Alsuhaibani et al., 2022)
The quinoa grains were obtained from Bora Tarım Ürünleri, in Istanbul, Turkey.	NA	10 %, 20 %, 30 %, 40 % and 50 %	Yes	Temperature: 205 °C Time: 11 minutes	(Demir & Kilinç, 2017)
Quinoa germplasm was obtained from the National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR) in Shimla and grown at the experimental farm of the Sant Longowal Institute of Engineering and Technology.	250 µm	100g	Yes	Temperature: 160 to 200°C Time: 12.5 to 22.5 minutes	(Jan et al., 2018a)
The quinoa used in the study was	65 µm	10%, 20% and 30%	Yes	NA	(Matsuo, 2006)

imported from Bolivia.					
The white quinoa grains (Chenopodium quinoa Wild) used in this study were obtained from Dis-Chem Retail pharmacy Pty (Ltd), Gauteng, South Africa	500 µm	141.40 g	NA	Temperature: 180 °C Time: 15 ± 2 minutes	(Kewuyemi et al., 2023)
Quinoa flour grown in the San Luis Valley, Colorado.	NA	5, 10, 20 y 30%	Yes	NA	(Lorenz & Coulter, 1991)
The quinoa grains were provided by the Agricultural Research Center in Giza, Egypt.	NA	74%	Yes	Temperature: 200 °C Time: 15 minutes	(Al-Okbi et al., 2024)
The quinoa seeds were purchased on the commercial market.	NA	40g	Yes	Temperature: 205 °C Time: 30 minutes	(Estivi et al., 2022)
Qinghai University provided saponin-free quinoa flour.	NA	10, 15, 20, 25 and 30 %	Yes	Temperature: 200 °C Time: 9 minutes	(Ma et al., 2022)
Quinoa was obtained from the Department of Agronomy at Colorado State University.	NA	5, 10, 20 and 30%	Yes	NA	(Lorenz et al., 1995)
Quinoa seed flour sourced from local markets in Faisalabad and Multan, Punjab, Pakistan.	210 µm	10, 20, 30, 40 and 50%	Yes	Temperature: 180 °C Time: 5-7 minutes	(Batool et al., 2025)
White quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) was obtained locally in South Africa from the Agricultural Research Council, Nelspruit, Mpumalanga, and the retail pharmacy Dis-Chem Pty (Ltd), Gauteng.	500 µm	20%, 40% and 100%	NA	Temperature: 180 °C Time: 15±2 minutes	(Kewuyemi et al., 2025)
Quinoa flour	NA	15% and 30%	NA	NA	(Saldaña et al., 2025)

3.2.2. Critical gap 2: underutilized potential of quinoa pre-treatments

Table 4 shows the most commonly used pretreatments for quinoa to be incorporated in cookies. Operations such as malting, fermentation, heat treatment, peeling, and unmooring are primarily used to improve the physicochemical and nutritional properties of cookies, including health benefits through digestion studies. However, research seeking to improve sensory properties with pretreatments is limited. For example, the removal of saponins and phytic acid, antinutritional compounds linked to the bitter taste of quinoa (Chavan et al., 2025; Valencia-Chamorro, 2003).

Table 3. Pretreatments applied to quinoa

Pre-treatment	Experimental conditions	Main results	References
Malted	They were soaked in distilled water (1:3, w/v) for 24 hours at 28°C. Subsequently, they were germinated at a temperature of 28°C for 48 hours. After the germination process was complete, the quinoa grains were freeze-dried, ground, and sieved using a 500 µm mesh sieve.	Cookies made with quinoa malt (sprouted quinoa) using 3D printing were less hard, had greater structural uniformity, greater volume and cell area, and less variability in shape compared to cookies made from raw quinoa, showing more favorable physical and technological properties for consumption.	(Kewuyemi et al., 2022)
	It was soaked in distilled water at 25°C for 12 hours (ratio 1:5, w/v) to remove the saponin. It was then germinated for 72 hours in damp jute bags, watering the grains every 12 hours. Once the process was complete, the germinated grains were washed, dried in an oven at 50°C for 24 hours, ground, and sieved (100 mesh).	Cookies made from sprouted quinoa flour stood out for their high protein content, dietary fiber, essential minerals such as iron, zinc, and magnesium, as well as their antioxidant activity, compared to formulations without quinoa.	(Negm et al., 2024)
	The quinoa seeds were disinfected with a 2% (v/v) sodium hypochlorite solution for 15 minutes. They were then washed with distilled water to remove the saponin and hydrated in distilled water at 25 °C for 12 hours. The seeds were then germinated in darkness at 25 °C and 40% relative humidity for 48 hours. The germinated samples were dried in an air fryer at 50 °C until they reached a final moisture content of 5% (dry basis). Finally, the dried samples were ground and sieved (200 mesh) to obtain malted quinoa flour.	The combination of malted quinoa flour and air fryer baking reduced processing times by up to 50%, increased protein digestibility, decreased cookie hardness, reduced baking losses, and resulted in products with lower water activity, favoring their preservation. In addition, a lighter color (higher L value) was achieved.	(Baskaya-Sezer, 2025)

	They were disinfected with 0.01% sodium hypochlorite for 30 minutes, soaked in sterile water (1:5, w/v) at 23°C for 7 hours, rinsed three to four times with tap water, and covered with moist filter paper for germination in a climate chamber with relative humidity ≥ 90%. The germinated grains were then dried at 40°C for 30 hours until they reached 10% moisture content, ground, and sieved with a 0.20 mm pore size.	The incorporation of malted quinoa improved the nutritional and functional profile, increasing the content of GABA (γ-aminobutyric acid), phenolic compounds, and antioxidant capacity by up to nine times compared to traditional cookies. In addition, a reduction in the glycemic index and greater release of bioactive compounds during in vitro digestion were observed, highlighting the optimal formulation with 15% germinated quinoa.	(Paucar-Menacho et al., 2022)
	They were cleaned in distilled water, in a ratio of 1:3 (w/v), for 24 hours at 28 ± 1°C. Subsequently, the macerated grains were drained, spread out on trays, and subjected to a germination process at 28 ± 1°C for 48 hours. After germination, the grains were freeze-dried at −55°C for 24 hours, ground, and sieved using a 500 µm mesh.	Cookies made with malted quinoa, both using conventional methods and 3D printing, showed an improved nutritional profile, with higher levels of essential amino acids, such as methionine, and key minerals, especially iron and phosphorus, in the 3D-printed cookies.	(Kewuyemi et al., 2023a)
	They were soaked in distilled water (1:3, w/v) at 28 °C for 24 h and germinated at 28 °C for 48 h, then freeze-dried in a freeze dryer at -55 °C for 24 h, ground, and sieved through a 500 µm sieve.	The incorporation of malted quinoa flour in 3D-printed cookies increased the content of prenolic lipids, notably spinosaponin B and tragopogonsaponin A, as well as bioactive fatty acids such as 9-hydroxyoleic acid and pinenic acid. In addition, higher levels of N-acetyl-L-phenylalanine and ecdysterone, compounds associated with beneficial functional properties, were observed.	(Kewuyemi et al., 2025)
Fermented	They were washed, then dried in the sun, pulverized, and sieved with a 65 mesh to standardize the particle size. Subsequently, the moisture content was adjusted to 64% by adding water, and they were subjected to heat treatment in an autoclave at 121°C for 5 minutes. Once cooled, the samples were inoculated with Rhizopus oligosporus and mixed homogeneously with the starter culture. The mixture was packed in perforated bags, allowing adequate aeration, and incubated at 36°C for 25 hours. After fermentation, the product was molded into 1.5 cm thick blocks, freeze-dried, pulverized again, and sieved with a 65 mesh to obtain a uniform particle size.	Cookies with 20% of the flour replaced by quinoa powder fermented with the fungus Rhizopus oligosporus (Q-tempeh) had more than 2.5 times the iron content and up to 3 times the α -tocopherol content compared to cookies without substitution, confirming in trials with rats a higher iron absorption thanks to the degradation of phytates by the fungus's enzymes. Sensory analysis showed that they retained their volume and thickness, with a more crumbly texture, better flavor, greater acceptance, and a redder surface color, attributed to the intensification of the Maillard reaction by the compounds generated during fermentation.	(Matsuo, 2006)
Thermal treatment	The boiling heat treatment consisted of heating 900 ml of purified water to boiling, adding 300 g of quinoa and keeping the mixture boiling for 20 minutes, allowing the absorption of water by the grains. As for the heat treatment, 100 g of quinoa were placed with 900 ml of water and	Cookies formulated with microwave-treated quinoa flour showed higher bioaccessibility of phenols (64.7%), flavonoids (98%), ferulic acid (14.4%), rutin (65%), quercetin (85%) and kaempferol (97%) than cookies made with raw or boiled quinoa. Cookies made from heat-treated quinoa showed	(Valenzuela-González et al., 2022)

	heated in microwaves at 1650 W for 15 minutes, followed by cooling in an ice bath; subsequently, the samples were frozen at -85 °C, freeze-dried, ground and sieved at 0.5 mm to obtain the treated flour.	higher consumer acceptance than those made from raw quinoa.	
Peeling	They were manually hulled to remove the pericarp, then soaked in water to extract the saponins, and dried and ground to pass through a sieve with a pore size of 100-500 µ.	Cookies optimized with quinoa flour stood out for their high magnesium (44.81%) and calcium (19.46%) content with respect to the recommended daily intake for children, in addition to a significant improvement in total phenolic compounds (1,180.34 µg GAE/g), suggesting a higher antioxidant capacity. They also presented a lower water activity (aw) value compared to the control sample, indicating better stability for storage.	(Nadian et al., 2021)
	A barley hulling machine, modified for agricultural use, was used to remove the pericarp and saponin from quinoa.	When replacing 5 to 30 % wheat flour with quinoa flour, the cookies showed a lower expansion factor in high expansion doughs, an effect that could be reversed by adding 2 % lecithin as an emulsifier. Top grain decreased with increasing quinoa in high-expansion formulations, but improved slightly (5-10% quinoa) in low-expansion formulations due to the higher fat content of quinoa. Appearance and texture remained stable in low-expansion flours, while in high-expansion flours visual quality decreased with increasing quinoa. In addition, surface color gradually darkened (lower L* values) as the proportion of quinoa increased.	(Lorenz & Coulter, 1991)
Unmoored	They were repeatedly washed with tap water until the wash water stopped foaming. Subsequently, the seeds were dried in an air ventilation oven at 50 °C to a dry state, then, the quinoa seeds were ground and sieved through a 60-mesh sieve.	The incorporation of quinoa flour in cookies significantly enriched their nutritional profile, providing more than 18 % of the daily macronutrient requirements and fully covering iron, thiamine and folate, in addition to significantly improving the levels of calcium, phosphorus, zinc and several B vitamins. Substitution increased moisture, protein (8-20 %), fat (2-9 %), fiber (2-4 times), and minerals (Fe, Zn, Ca, P), while reducing carbohydrates (6-15 %). Density (from 0.45 to 0.68 g/cm³) and hardness (from 16.87 N to 22.23 N) also increased, and the color became darker and redder due to the greater presence of proteins in the quinoa.	El-Hadary et al., 2024)
	They were washed and rinsed under running water until the saponin layer was removed, then dried, ground and sieved through a 70-mesh sieve.	The incorporation of quinoa flour in the cookies generated notable changes in their physical and nutritional properties. At the physical level, an increase in width and weight was observed (up to 1.67 cm and 12.65 g in the 50:50	(Batool et al., 2025)

		formulation), while the diameter and spread ratio decreased progressively with a higher proportion of quinoa. In parallel, the addition of this flour significantly enriched the nutritional value of the cookies: essential minerals such as potassium, magnesium, calcium, iron and zinc were increased, as well as proteins, healthy fats, dietary fiber and bioactive compounds (phenols, flavonoids and vitamins such as B2, B6, folic acid and E). Cobalamin was also detected only in formulations with quinoa. These results highlight that a higher proportion of quinoa flour not only modifies the texture and shape of the cookies but also substantially improves their nutritional and functional profile.

From the 47 articles reviewed, only a few mention the removal of saponins in quinoa, which is carried out through successive washings until foam is generated. However, this process not only reduces the saponin content but can also cause a significant loss of valuable nutrients, such as minerals and phenolic compounds (Mu et al., 2023). Another strategy involves husking to remove the quinoa pericarp, aiming to reduce saponin content. In this regard, there is a lack of research exploring alternative, more efficient methods, such as mechanical abrasion, solvent use, or emerging technologies, that would allow saponins to be removed while minimizing the loss of essential nutritional components.

Phytic acid is naturally present in the germ, outer layers, and endosperm of quinoa seeds, with an average reported value of approximately 1.18 g/100 g (Valencia-Chamorro, 2003). Among the studies reviewed, only two investigated the phytic acid content of quinoa flour. They reformulated cookies, reporting 0.9 g/100 g dry weight for quinoa flour and a similar value for sprouted quinoa flour, showing that, unlike other cereals such as cañihua, germination did not significantly reduce the phytic acid content in quinoa and cookies, with values

reported between 0.14 and 0.33 g/100 g (Paucar-Menacho et al., 2022), while in another study. However, the phytic acid value in quinoa flour was not explicitly stated; it was noted to be higher than in wheat flour. The phytic acid content ranged from 122.82 to 297.54 mg/100 g, depending on the percentage of quinoa flour added (Demir & Kilinç, 2017). It is important to note that this compound binds to minerals such as calcium, iron, and zinc, forming insoluble complexes that prevent their absorption in the body, thereby reducing their nutritional availability (Chavan et al., 2025).

Therefore, the removal of saponins and phytic acid is not only essential to guarantee sensory quality but also to improve the body's nutrient availability. Future studies should optimize pretreatments using technologies and processes that balance the physicochemical, nutritional, and sensory effects of quinoa in cookies.

3.2.3. Critical gap 3: nutritional properties of cookies made with quinoa flour

Quinoa has gained popularity as a functional ingredient in the food industry. Its incorporation into cookies not only improves protein and mineral content but also adds antioxidant benefits. In this regard, research could focus on optimizing several of quinoa's nutritional and functional benefits to develop cookies with multiple healthy characteristics. Table 5 shows how certain nutritional parameters vary with the percentage of quinoa flour used, resulting in improved lipid and amino acid profiles, enrichment in minerals, proteins, and fiber, reduced carbohydrates, fortification with polyphenols and flavonoids, and increased antioxidant capacity.

429 **Table 4.** Effect of incorporating quinoa flour on the nutritional and functional
430 composition of cookies.

Parameter evaluated	Substitution level with quinoa flour	Effect observed in cookies	Reference
Lipids	<25%	The higher the percentage of quinoa flour in cookies, the higher the lipid content, especially linolenic acid (omega-3) and oleic acid.	(Cannas et al., 2020; Goyat et al., 2018a)
Minerals	<15%	The addition of quinoa flour increases the levels of K, Mg, Ca, Fe, P, and Zn in the cookies.	(El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018a; Nadian et al., 2021)
Proteins	<15%	The higher the quinoa flour content, the higher the protein content in the cookies.	(Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017; El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018a; Malik et al., 2022; Olamide et al., 2025; Pagamunici et al., 2014; Singla et al., 2024; Turk Aslan & Isik, 2022; Vieira et al., 2015)
Fiber	<60%	The addition of quinoa flour increases the dietary fiber content in the cookies.	(Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018; Demir & Kilinç, 2017; El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018a; Malik et al., 2022; Olamide et al., 2025; Pagamunici et al., 2014; Singla et al., 2024; Turk Aslan & Isik, 2022; Vieira et al., 2015)
Carbohydrate	<25%	As the quinoa flour content increases, the carbohydrate content decreases.	(El-Hadary et al., 2024; Goyat et al., 2018a; Malik et al., 2022)
Antioxidant capacity	<15%	The addition of quinoa flour improves the antioxidant capacity of the cookies.	(Bravi et al., 2024; Cannas et al., 2020; Jan et al., 2018b; Nadian et al., 2021; Watanabe et al., 2014)
Polyphenols	<25%	The higher the quinoa content, the higher the polyphenol content.	(Bravi et al., 2024; Cannas et al., 2020)
Flavonoids	<75%	The addition of quinoa flour increases the flavonoid content.	(Cannas et al., 2020)
Amino acids	<30%	The addition of quinoa flour improves the content of essential amino acids such as valine, methionine, isoleucine, threonine, and phenylalanine.	(Brito et al., 2015; Estivi et al., 2022; Iovan & Radu, 2016; Watanabe et al., 2014)

431

3.2.4. Critical gap 4: physical properties of cookies

From a technological point of view, replacing wheat flour with quinoa flour could affect the physical properties of the cookies. Table 6 shows the physical characteristics of the cookies when wheat flour is replaced with quinoa flour. Although quinoa has great potential in the food industry, it cannot completely replace wheat flour in cookies, since replacing wheat flour with quinoa flour would cause major changes in the technological properties of the final product due to the difference in their chemical composition and functional characteristics. These changes mainly affect the instrumental texture and color, which ultimately affect sensory acceptance of the cookies. However, with appropriate adjustments to the manufacturing process and formulation, and particularly the level of wheat flour substitution, it is possible to successfully produce quinoa cookies with desirable characteristics, taking advantage of their superior nutritional value and thus offering a healthier product (Goyat et al., 2018b; Méndez et al., 2019; Watanabe et al., 2014)

Table 5. Effect of incorporating quinoa on the physical properties of cookies

Parameter evaluated	Substitution level with quinoa flour	Effect observed in cookies	Reference
Hardness	<25 %	Replacing flour with quinoa flour increases the hardness of the cookies.	(Alavi et al., 2024; El-Hadary et al. 2024; Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Brito et al., 2015; Martín-Esparza et al., 2021; Jan et al., 2018; Kewuyemi et al., 2022)
	< 25%	The hardness value of the cracker decreased significantly as the levels of quinoa flour increased.	(Cannas et al., 2020; Ma et al., 2022; Sazesh & Goli, 2020; Nadian et al., 2021; Mohammadi et al., 2025; Martín-Esparza et al., 2021; Lorenz & Coulter, 1991)

Diameter	0% -10%	The diameter is similar to the control or with a slight difference.	(Demir & Kilinç, 2017; Singla et al., 2024; Vieira et al., 2015; Silva-Paz et al., 2023; Villarroel et al., 2009)
	<10%	As the level of quinoa flour increases, the diameter of the cookies decreases.	(Chopra et al. 2018; Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Batool et al., 2025)
Thickness	10% - 30%	Adding quinoa flour increases the thickness of the cookies.	(Demir & Kilinç, 2017; Goyat et al., 2018; Singla et al., 2024: Vieira et al., 2015; Jan et al., 2018; Silva-Paz et al., 2023; Ma et al., 2022; Mohammadi et al., 2025)
	<30%	The addition of quinoa flour resulted in a slight decrease in the thickness of the cookies.	(Pejic et al., 2024; Batool et al., 2025; Chopra et al., 2018; Cannas et al., 2020)
Color	10% - 50%	Lightness (L*) decreases progressively with increasing quinoa flour content, resulting in darker or more toasted-looking cookies.	(Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Cannas et al., 2020; Brito et al., 2015; Lorenz & Coulter,1991; Nadian et al., 2021; Pagamunici et al.,2014)
	10% - 50%	There is an increase in the values of a* (red tendency) and b* (yellow tendency), generating a visual change towards warm tones and greater chromatic contrast.	(Wang et al., 2015; Demir & Kilinç, 2017; Cannas et al., 2020; Kewuyemi et al., 2022; Baskaya-Sezer, 2025; Estivi et al., 2022; Villarroel et al., 2008)
	50 -100 %	The cookies have significantly lower L* values (darker), increased b*, and higher ΔE.	(Kewuyemi et al., 2022; Baskaya-Sezer, 2025; Pejic et al., 2024; Al-Okbi et al., 2024)
Dispersion factor	< 30%	The addition of quinoa flour caused a decrease in the dispersion factor of the cookies.	(Chopra et al., 2018; Goyat et al., 2018; Demir & Kilinç,2017; Nadian et al.,2021; Lorenz & Coulter, 1991; Pejic et al., 2024; Batool et a., 2025)

3.2.4. Critical gap 5: the sensory "black box" – understanding flavor and acceptance

Table 7 presents the sensory characterization of cookies made with different percentages of conventional or gluten-free flour replaced by quinoa flour. It can be observed that in recent publications in recent years there is a growing trend in the use of the Check-All-That-Apply (CATA) method as a complementary tool in consumer studies (Silva-Paz et al., 2023; Cannas et al., 2020). This method allows sensory descriptors to be collected directly, using pre-selected terms, as applied in the study by Silva-Paz et al. (2023). Most of the methods used include 5-, 7-, and 9-point hedonic scales, unstructured 10-cm scales, and standardized technical methodologies (AOAC, AACC 74-30). However, the latter are mainly applied in technical analysis with trained panelists, as seen in the work of Shalamzari and Erjaee (2022) and Mohammadi et al. (2025), whereas most recent research prefers hedonic methods with consumers, given their focus on the direct acceptability of the final product. Similarly, panelists participating in different studies, such as trained, semi-trained, and consumer panels, were identified; however, the classification is not uniform, as it depends on the level of training received and on how the authors define the panel type. In particular, the profiles of semi-trained panels are not usually clearly detailed, while the use of consumer panels has increased in recent years, enabling direct evaluation of product acceptability. However, several studies observed that small groups of up to 30 people are considered “consumers”, which may not be representative of this type of evaluation. According to ISO 11136:2014 (International Organization for Standardization, 2014), the minimum recommended number of consumers for

acceptability testing is 60, with 100 participants established as the standard when no previous data are available to calculate an appropriate sample size.

The incorporation of quinoa flour as a partial alternative to conventional flours is presented as a viable strategy for improving the nutritional profile; however, it can lead to changes in the flavor, color, or texture of the final product. Studies indicate that a substitution level between 0% and 25% is sensorially safe, as acceptability remains comparable to that of the control product. Between 25% and 50% substitution, a slight decrease in acceptance is observed, mainly due to the presence of bitter or earthy notes and a denser or drier texture. At substitution levels above 50%, acceptability tends to decrease significantly, indicating a significant impact on the product's sensory characteristics. However, Demir and Kılınç (2017) and Chopra et al. (2018) reported significant differences in protein content when replacing higher levels of wheat flour (50%) with quinoa flour. In this context, the application of processes such as germination and fermentation not only improves sensory perception but also contributes to reducing antinutritional compounds, such as saponins and phytic acid, and therefore the bitter taste they provide (Paucar-Menacho et al., 2022).

Although the use of 100% quinoa flour offers outstanding nutritional benefits, such as a complete profile of essential amino acids and higher fiber, protein, and mineral content, sensory results indicate that this proportion is not optimal for consumer acceptance. Therefore, it is recommended to use intermediate substitution percentages that balance both the nutritional quality and sensory characteristics of the final product. Likewise, processes such as germination and fermentation help reduce saponin and phytic acid content, potentially allowing an increase in substitution percentage without negatively affecting product

acceptance. In addition, the application of technologies such as 3D printing in food can optimize formulation and presentation, facilitating the development of customized products with better functional and sensory properties.

Table 6. Sensory characterization of quinoa cookies

% of quinoa	Type of Panelists	Type of Sensory Analysis	Results	Reference
From 0 to 25%	30 semi-trained panelists aged 19 to 22	The sensory attributes of color, texture, appearance, taste, and overall acceptability were evaluated using a 9-point hedonic scale, with the extremes being “I dislike it very much” and “I like it very much.”	The cookies obtained scores above 6 for all attributes. The overall acceptance scores for the cookies showed that C-10% and Q-15% were the composite cookie samples with the highest sensory acceptability.	(Goyat et al., 2018a)
	30 consumers, students, and employees of the Agricultural Sciences Center at the Federal University of Espírito Santo (CCA-UFES)	Used a nine-point scale for the affective test, where 1 corresponded to “I didn't like it at all” and 9 to “I liked it a lot.” Sensory attributes such as taste, color, texture, and overall acceptability were evaluated. In addition, evaluators were asked whether they would “buy” or “not buy” the cookies.	The formulation with quinoa flour had an acceptability rating of over 70%. Overall, the average general acceptability was between “I liked it moderately” and “I liked it slightly” on the hedonic scale. In terms of purchase intention, it was observed that, following the acceptability trend, the control sample had the highest purchase intention, at 88%.	(Vieira et al., 2015)
	91 untrained judges	Unstructured 10 cm hedonic scale (1 = I dislike it very much and 10 = I like it very much) - Texture test with a 2-point hedonic scale (1 = Hard to chew and 2 = Soft to chew).	The cookies with 15% quinoa flour obtained the highest acceptability score and were also rated as soft to chew, which is sensorially positive.	(Méndez et al., 2019)
	10 trained evaluators	Assign a score from 1 to 5. The evaluators assigned scores from 1 to 5 to each attribute, which were used to calculate the final score according to the special coefficient. Quince gum, in increasing levels, improves the organoleptic characteristics of quinoa-based cookies.	The interaction of quince gum improves the sensory characteristics of quinoa-based cookies.	(Mohammadi et al., 2025)

35 university students aged between 21 and 23	7-point hedonic scale where -3 points (very unpleasant) and 3 points (very pleasant)	At 7.5%, it is indistinguishable from the control. At 15% quinoa, it received a low rating in terms of flavor, taste, and overall acceptability compared to the control.	(Watanabe et al., 2014b)
10 trained panelists	9-point hedonic scale (1 = dislike strongly to 9 = like strongly) for color, taste, smell, texture, and overall acceptability.	Cookies with 10% quinoa flour substitution were generally acceptable in terms of taste, color, smell, texture, and overall acceptability. However, the use of high amounts of quinoa in the cookies decreased the scores for taste, color, smell, and texture, and the slight residual bitter taste may have contributed to the lower scores.	(Negm et al., 2024)
12 trained judges. For acceptability, 35 celiac consumers between the ages of 10 and 70 from the cities of Temuco, Angol, Rancagua and Santiago de Chile were consulted.	For judges, a descriptive analytical scale of five points where 1 = Poor to 5 = Very good. Hedonic scale for consumers.	Using the Taguchi method, it was determined that the optimal cookie contained 7.1% quinoa. After conducting the acceptability test for the optimized cookie, the results were quite good, with 100% acceptability in the responses “I like it a lot” and “I like it,” with 72% and 28%, respectively.	(Villarroel et al., 2009)
8 trained judges	Sensory quality was evaluated on a scale of 0 to 5, considering appearance, texture, and taste, using trained judges. Scores were weighted according to their importance, classifying the product as unacceptable, good, very good, or excellent based on the average score obtained.	The cookies analyzed, including the control cookie, were classified as excellent quality. The gingerbread sample that received the highest rating in terms of overall sensory quality was the sample with 15% DASF, with a score of 4.91. It was characterized by a typical appearance, adequate texture, excellent chewiness, and a distinctive quinoa aroma.	(Pejic et al., 2024)
10 trained sensory panelists	Sensory evaluation of the control, 12.5% quinoa, and 25% quinoa cookie dough was conducted for appearance, texture, color, taste, smell, and overall	The cookies made with 12.5% and 25% quinoa flour obtained acceptability scores of 7.94 and 7.28, respectively. The	(Alsuhaibani et al., 2022)

		acceptability using a hedonic scale.	cookies with 12.5% quinoa were the most highly rated by the evaluators, showing similar acceptability to that of the control sample.	
	20 trained panelists	The cookie samples were evaluated in terms of texture and overall acceptability on a five-point hedonic scale ranging from one (lowest) to five (highest).	Between 20% and 30% quinoa flour can be incorporated into cookie formulations, as these amounts achieve a good balance between sensory acceptance and nutritional benefits. However, at levels above 30%, sensory acceptance decreases, resulting in an unpleasant taste and texture for the consumer.	(Nadian et al., 2021)
From 0 to 50%	The study was conducted in two stages with different groups of panelists. First, young adults (n = 115, aged 18–25), who were regular cookie consumers, participated in preselecting the formulations. The samples were then evaluated with children (n = 113, aged 6–13) from a public school in Moquegua, Peru, who represented the product's target audience.	The sensory analysis applied to young adults consisted of a nine-point hedonic scale and a CATA (Check-All-That-Apply) test that included nine attributes: dark, salty, honey, greasy, buttery, brittle, sweet, crunchy, and hard. For children, a hedonic scale with emojis in three categories (dislike–neutral–like) and a CATA adapted for ease of understanding were used. The data were analyzed using ANOVA, Correspondence Analysis (CA), and Penalty-lift, with the aim of identifying the attributes that determined liking or disliking.	The results showed that the cookies were well accepted by young adults, with scores above six on the hedonic scale. However, the 30% reduction in sugar and the high proportion of quinoa decreased acceptance, mainly due to lower sweetness and the presence of bitter notes. The attributes sweet and crunchy were identified as positive drivers of liking, while hard and greasy were negative drivers. In children, the three selected formulations achieved acceptance levels above seven, with no significant differences between them. The positive drivers were sweet, crunchy, and honey, and no negative drivers were observed.	(Saldaña et al., 2025)
	44 untrained panelists (aged 18–65; 42% men, 58% women) who regularly consumed cookie-type snacks.	They evaluated the smell, color, texture, crunchiness, taste, and overall acceptability on a 7-point hedonic scale.	Sensory analysis was performed only on cookies containing 50% quinoa flour, which had a less firm texture and a slightly bitter taste, reducing their acceptance, although they were recognized as a healthy option.	(Martín-Esparza et al., 2023)

A panel of 10 semi-trained panelists.	For sensory evaluation, a 9-point hedonic scale was used, ranging from “I like it very much” to “I dislike it very much.” The cookies were rated for taste, texture, color, appearance, and overall acceptability.	All formulated cookies obtained acceptable sensory scores in all parameters evaluated (≥6.7). However, it was observed that as the quinoa content increased, the scores for taste, texture, aroma, appearance, and acceptability decreased. The flavor was also affected by the saponins present in quinoa. Overall acceptability decreased from the control (8.0) to 6.7 in the maximum treatment, with ≥7 being the minimum threshold suggested for commercial acceptance.	(Chopra et al., 2018)
80 untrained volunteer panelists and potential consumers	Acceptability tests were used, in which the appearance, taste, texture, crunchiness, and overall acceptability of the food were evaluated using a nine-point hedonic scale (1 = extremely unpleasant to 9 = extremely pleasant). In addition, the acceptability index (AI) was calculated, considering samples that reached a value equal to or greater than 70% to be acceptable. The order of preference for each formulation and purchase intention were also evaluated using a five-point scale (1 = definitely would not buy and 5 = definitely would buy).	The formulations were well accepted, with an acceptance rate of over 70%. Sensory attributes ranged from “slightly pleasant” to “moderately pleasant” in all samples. No statistically significant preference was observed between the formulations, but the 140 g quinoa cookie stood out slightly in terms of texture and overall acceptability. Purchase intention was high, especially for the 60 g and 140 g formulations.	(Pagamunici et al., 2014)
10 trained panelists	They determined overall acceptance on a 9-point hedonic scale.	The acceptance of the cookies ranged from 5.7 to 8 points. The sample with the highest acceptance was formulated with 30% fat, 33.33% quinoa flour, and baked for 25 minutes. For the optimized cookie, the sensory evaluation showed that replacing up to 50% of wheat flour with quinoa (1:1) was well accepted by consumers. The best	(Malik et al., 2022)

		optimized combination was 24.39% fat, a RWF:QF ratio of 1:1, and 29 minutes of baking time.	
20 judges from different age groups, selected for their keen sensory discrimination skills	Hedonic scale ranging from 1 (dislike very much) to 9 (like very much). Each judge evaluated the samples in terms of appearance, texture, color, aroma, mouthfeel, and overall acceptability.	All cookies obtained sensory scores above 7.1 on the hedonic scale, where 6 represents “slightly like.” However, formulations with more than 30% showed a decrease in sensory acceptability, affecting attributes such as appearance, color, texture, mouthfeel, aroma, and overall acceptability.	(Singla et al., 2024)
27 semi-trained panelists from the Sant Longowal Institute of Engineering and Technology familiar with sensory analysis techniques	The attributes used to evaluate the quality of the cookies were color and appearance, texture, taste, and overall acceptability. Each attribute was evaluated using descriptive analysis.	The cookies with 10% quinoa flour obtained the best sensory ratings. Starting at a 30% substitution, a decrease in consumer acceptance was observed, which was reflected in lower scores for color, appearance, flavor, and mouthfeel. The cookies with 50% quinoa had the lowest sensory acceptance, being described as having a nutty flavor and a slight bitter aftertaste, suggesting the need for pre-treatment to reduce this bitterness.	(Jan et al., 2018b)
Ten panelists from the Department of Food Engineering at Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey, familiar with the characteristics of cookies. Their ages ranged from 21 to 45, seven of whom were women.	They evaluated the attributes of color, taste, smell, appearance, crunchiness, and overall acceptability using a 5-point scale (1 = “dislike very much,” 3 = “acceptable,” 5 = “like very much”).	The incorporation of quinoa flour improved most of the sensory properties of the cookies, such as color, flavor, crunchiness, and overall acceptability, except for smell. Cookies made with 100% wheat flour (control group) received the lowest scores. Samples with 10% quinoa flour showed no statistical differences compared to the control, but improvements in sensory properties were observed at 20% and above.	(Demir & Kilinç, 2017)

	18 female students as panelists.	For the sensory evaluation of the cookies, a five-point hedonic scale was used, in which the panelists rated each sample according to the following levels: (+2) good, (+1) somewhat good, (0) neither good nor bad, (-1) quite bad, and (-2) bad.	Replacing 20% with fermented quinoa powder improved flavor, aroma, and overall acceptance, but at 30%, these attributes were reduced and fragility and solubility in the mouth increased.	(Matsuo, 2006)
	NA	Badi and Hoseney method (1976)	The incorporation of quinoa flour in mixtures with high- and low-expansion cookie flours showed variable effects. In mixtures with high-expansion flour, the addition of quinoa reduced expansion, darkened the color, and worsened the overall appearance, although the flavor improved by up to 20%, with a bitter taste appearing at 30%. In mixtures with low-expansion flour, quinoa flour improved the surface grain score by 5% and 10%, without negatively affecting texture or appearance, and also improved flavor by up to 20%. The use of lecithin (2%) in these mixtures significantly improved the expansion and appearance of the cookies, even with 20% quinoa.	(Lorenz & Coulter, 1991)
	A trained panel consisting of 10 people (6 women and 4 men) who knew that the samples were made with quinoa and were aware of some of its benefits. Plus, an untrained panel consisting of 11 uninformed members (five women and six men).	Two extruded samples were selected for sensory evaluation: one with 30% and 20% quinoa substitution. The products were evaluated for appearance, texture, and taste using a seven-point hedonic scale. A score of 1 indicated “I liked it very much” and a score of 7 indicated “I disliked it very much.”	Quinoa products were rated as “neither pleasant nor unpleasant” when evaluating their taste, texture, and appearance. This makes them moderately acceptable.	(Lorenz et al., 1995)
	Untrained consumers (aged 22 to 55).	Evaluate the color, shape, texture, flavor, and taste of the samples, as well as their overall acceptability.	The incorporation of quinoa flour in crispy cookies improved the structure but reduced the	Ma et al., 2022

		Ratings were based on a 9-point hedonic scale, from 9 (liked it very much) to 1 (disliked it very much) for each characteristic.	color, shape, and flavor scores, especially at levels of 25% and 30%. The darker color was due to browning from Maillard reactions or caramelization. Despite these negative effects, even cookies with 30% quinoa maintained overall acceptability within an acceptable range for consumers.	
	20 healthy trained panelists (45% men and 55% women), aged 22–28 years.	9-point hedonic rating to assess overall acceptability. These panelists were instructed to focus on color, taste, aroma, texture, appearance, and overall acceptability, with ratings ranging from 1 “extremely unpleasant” to 9 “extremely pleasant.”	There were no significant differences in overall acceptability between fresh quinoa-enriched cookies and stored ones. Acceptance scores ranged from 2 to 7.67, with the 50% formulation being the most highly rated by consumers and the 10% formulation the least accepted. As the quinoa content increases, consumer preference tends to decrease, despite an improvement in product quality.	(Batool et al., 2025)
	25 semi-trained tasters	Structured 5-point hedonic scale (1 = I dislike it very much and 5 = I like it very much) for the color, smell, texture, taste, and acceptability of the product.	Cookies with 40% obtained the best results in texture (4.0), flavor (4.05) and acceptability (3.80), standing out as the most accepted formulation.	(Rodriguez-Castro et al., 2020)
From 0 to 75%	10 staff members from the Food Science Department of the Faculty of Agriculture at Zagazig University.	To evaluate the sensory qualities of the cookies in terms of their appearance, color, taste, and overall acceptability. The rating was based on a hedonic scale from 1 to 9, where (1 = extreme dislike, 2 = strong dislike, 3 = moderate dislike, 4 = slight dislike, 5 = neither like nor dislike, 6 = slight like, 7 = moderate like, 8 = strong like, 9 = extreme like).	Replacing wheat flour with quinoa flour in cookies had a positive effect on all sensory characteristics evaluated, such as appearance, color, taste, smell, and overall acceptability. No significant differences were found between the control sample and the cookies with 25% and 50% quinoa in these attributes, while the cookies with 75% quinoa obtained the lowest values in color, flavor, odor, texture, and appearance. In terms of color, the values of the	(El-Hadary et al., 2024)

			samples with 25% (8.62) and 50% (8.56) quinoa were similar to the control (8.46), but the value decreased to 7.93 with 75% quinoa. With regard to smell and texture, there were also no significant differences between the control and the samples with 25% and 50% quinoa. The cookie with 50% quinoa achieved the highest overall acceptability (8.56), followed by the one with 25% (8.5), which is consistent with previous studies indicating that the inclusion of quinoa at moderate levels maintains or improves sensory quality without differing significantly from the control.	
From 0 to 100%	15 trained panelists	The characteristics evaluated sensorily were: taste, color, texture (hardness and crunchiness). Descriptive sensory test AACC method 74-30. Finally, the sum of the final scores was divided by 20 to obtain the cookie score.	The sample with 60% quinoa obtained the highest score for taste. The formulations with higher quinoa content (80% and 100%) were perceived as less pleasant. The cookies with the highest percentage of corn (40–80% corn) were perceived as lighter and more visually appealing. Those with 100% quinoa were darker and less attractive in appearance. Over time, all samples increased in hardness and decreased in crispness, although without significant differences. The formulations with more corn maintained their crisp texture better.	(Shalamzari & Erjaee, 2022)
	10 evaluators from the Razavi Khorasan Academic Jihad Institute for Food Science and Technology Research.	The attribute coefficient was evaluated. The attribute evaluation coefficient was based on a five-point hedonic scale, from very poor (1) to very good (5), and the rating coefficient for each of the characteristics	Samples containing up to 50% quinoa were acceptable in terms of sensory properties, but those containing 25% quinoa and 0.5% monoglyceride emulsifier obtained the	(Alavi et al., 2023)

	(shape and appearance, surface, firmness and smoothness of texture, chewiness, and smell and taste) was, respectively, 4, 2, 2, 3, and 3.	best sensory evaluation in terms of shape, texture, chewiness, aroma, and flavor. At higher proportions of quinoa (more than 50%), a decrease in overall acceptance was observed.	
10 referees	The attribute evaluation coefficient, based on a five-point hedonic scale ranging from very poor (1) to excellent (5), and the classification coefficient for each characteristic (shape, surface, firmness and smoothness of texture, chewiness, and smell and taste) were 4, 2, 2, 3, and 3, respectively.	The incorporation of quinoa flour in cookies generated notable changes in their sensory profile, especially at 25%, where overall acceptability showed a strong correlation with surface, chewiness, aroma, and flavor. As the substitution increased (50% and 75%), a direct relationship was evident between acceptance and attributes such as softness and shape, while the flavor and aroma of quinoa intensified, affecting the perception of texture. At 100%, although overall acceptability was related to protein content, it remained independent of most sensory parameters, indicating that high levels of quinoa significantly alter the sensory balance of the product.	(Alavi et al., 2024)
103 participants (51% men and 49% women), aged between 17 and 65.	They evaluated cookie samples through consumer testing, with consumers rating their overall satisfaction using a 9-point hedonic scale (1 = “I don't like it at all,” 9 = “I like it very much”). They then completed the CATA test by selecting sensory terms that described each sample and subsequently described their ideal cookie using the same terms. The descriptors included attributes such as sweet, bitter, herbaceous, soft to the touch, soft in the mouth, crunchy, dry in the mouth, pleasant color, pleasant	The cookies with 25% quinoa flour substitution had similar sensory characteristics to the control sample and were well rated in terms of attributes such as color, flavor, appearance, and suitability for breakfast. However, it was observed that when a percentage higher than 25% was used, sensory acceptance decreased, as the increase in quinoa flour content intensified undesirable attributes such as herbaceous flavor, bitterness, and dryness in the mouth,	(Cannas et al., 2020)

	appearance, good smell, good taste, good for breakfast.	which significantly reduced overall consumer enjoyment.	
100 consumers from the Faculty of Engineering and Architecture at the Peruvian Union University, of whom 59% were women and 41% were men (age 24 ± 6 years).	A sensory evaluation of the cookies was carried out using the CATA (Check All That Apply) method, using 13 attributes: seven related to texture (sticky, soft, crunchy, crumbly, hard, greasy, and porous), three related to taste (bitter, sweet, and strange), two related to appearance (light color and dark color), and one related to aroma (strange smell). In addition, the overall acceptance of the product was evaluated using a 9-point hedonic scale, where 1 indicated “very unpleasant” and 9 “very pleasant.”	The cookies made with quinoa flour substitution were characterized by a light color, lower porosity, and a bitter taste, considered strange or peculiar, obtaining a sensory acceptance rating close to 6.	(Silva-Paz et al., 2023)
85 consumers, including students, employees, and professors at the Federal University of Paraíba (João Pessoa, Brazil), ranging in age from 18 to 65 years old.	The panelists were instructed to evaluate the overall acceptability of each sample using a 9-point hedonic scale, where 1 corresponded to “totally disliked,” 5 to “neither liked nor disliked,” and 9 to “totally liked.” The purchase intention test was conducted simultaneously with the acceptance test using a structured 5-point scale ranging from 1 (definitely would not buy) to 5 (definitely would buy).	The average score obtained for overall acceptance of the optimized quinoa-based cookie was 6.8, which corresponds to “like.” When asked to report on their intention to purchase the product, panelists revealed that they would “possibly buy” the cookies (score 4.0).	(Brito et al., 2015)
87 panelists among students and staff at the University of Sonora.	The cookies were rated on color, aroma, texture, flavor, and overall taste by assigning a score based on a seven-point hedonic scale (1 being "I don't like it very much" and 7 being "I like it very much"), with 4 being neutral. The evaluation was conducted in a single session, and each panelist tasted the samples once. In addition, panelists responded to a product acceptance/rejection test by answering "Yes" (they would consume the product) or "No" (they would not consume the product).	No significant differences were found between boiled quinoa cookies and microwave-cooked quinoa cookies with a score higher than 5 points. Ninety-two percent of panelists responded that they would accept consuming MQC, 80% would accept consuming BQC, and 79% would accept consuming WOC (control). However, only 12% of panelists responded that they would accept consuming RQC.	(Valenzuela-González et al., 2022)

30 untrained panelists, aged between 20 and 50, of whom 14 were women and 16 were men. Sixteen trained panelists (8 women and 8 men), who had previously undergone training in 10 sessions, evaluated two formulations.	The 30 panelists participated in a triangular test to compare three different formulations (Q60S vs. Q100S and Q60S vs. Q40S). In the descriptive analysis, 16 trained panelists (CS and Q60S) participated in two sessions over two days, using a 10-point intensity scale. Attributes related to appearance, smell, taste, and consistency were evaluated.	90% of participants preferred cookies with 60% quinoa over those with 100% quinoa, and 71% preferred cookies with 60% quinoa over those with 40% quinoa. For the quantitative descriptive analysis, the cookies with 60% quinoa and the control sample were evaluated. Acceptability decreased from 8 to 6 points compared to the control. The overall smell was similar in both samples, although the control sample had a more intense aroma of fat and vanilla. In terms of consistency, both cookies were comparable in terms of crispness, hardness, and chewiness.	(Bravi et al., 2024)
36 untrained panelists with celiac disease from Denizli (20 women and 16 men; aged 8 to 50 years).	They evaluated the sensory characteristics of the cookie samples: color, smell, taste, chewiness, crunchiness, and overall acceptability. The panelists rated the cookie samples using seven-point hedonic scales: 7 = I like it very much; 6 = I like it a lot; 5 = I like it; 4 = I neither like nor dislike it; 3 = I dislike it; 2 = I dislike it very much; 1 = I dislike it very much.	The cookies generally obtained better sensory scores than the control without pseudocereals, except for the odor attribute, where no significant differences were observed. Although its performance was slightly inferior to that of other pseudocereals evaluated, quinoa showed good overall acceptance and represents a viable alternative for enriching gluten-free formulations.	(Turk Aslan & Isik, 2022)
27 semi-trained panelists	The panelists belonged to the university community. The following attributes were evaluated: color and appearance, mouthfeel, texture, flavor, and overall acceptability. Each characteristic was rated using a nine-point hedonic scale (where 9 = like very much and 1 = dislike very much).	The overall acceptability of the cookies, evaluated as the sum of characteristics such as color, texture, mouthfeel, and flavor, ranged from 5.54 to 7.84. The analysis revealed that the optimal conditions corresponded to a fat content of 41.83%, a sugar content of 33.95%, a baking temperature of 181 °C, and a baking time of 18 minutes.	(Jan et al., 2018a)

	10 panelists	For the crackers, the following were evaluated: shape, color, texture, flavor, aroma, and overall acceptance, using a 9-point hedonic scale.	The cookies made with Q1 quinoa flour and chickpeas obtained high sensory acceptance, with an overall score of 8, very close to that of the control made with wheat flour (9). They stood out especially in shape and flavor, although they were reported to be darker and harder in texture than the wheat cookies. Despite these changes, the sensory attributes evaluated (color, texture, flavor, and overall acceptability) remained in a favorable range, between 6.6 and 9. In contrast, cookies formulated with QH quinoa flour (Formula II) were less accepted by the panelists due to a bitter taste.	(Al-Okbi et al., 2024)

3.2.5. Critical gap 6: the forgotten aspect of technological stability

Despite growing interest in quinoa as a functional ingredient in baked goods, especially cookies, most of the studies reviewed focus solely on the physicochemical and nutritional properties at the time of production. A critical aspect that remains notably understudied is technological stability during storage, specifically with regard to lipid oxidation in quinoa-based products. Due to its high content of unsaturated fatty acids, quinoa is inherently susceptible to rancidity, which can negatively affect product shelf life, sensory profile, and overall consumer acceptance. Of the 47 studies analyzed, only three addressed this issue: Goyat et al. (2018) evaluated the peroxide index and free fatty acids in chia and quinoa-based cookies over 60 days and observed lower oxidation levels compared to controls; Villarroel et al. (2009) measured conjugated dienes in cookies made with defatted Chilean hazelnut and quinoa flours, showing

favorable oxidative stability; and Malik et al. (2021) performed rancidity analyses on optimized high-protein quinoa cookies during storage. The remaining studies provided limited data on freshly baked products and did not evaluate key indicators such as TBARS, peroxide index, or long-term oxidative behavior. This clear gap in the literature limits the overall understanding of the true technological stability of quinoa-based formulations. Therefore, future research should prioritize the systematic evaluation of lipid oxidation, incorporating robust analytical methods and sensory evaluations over defined storage periods. This would provide deeper insight into shelf-life behavior and offer practical guidance for the product.

3.2.6. Multi-criteria analysis of desirability in cookies with flour replaced by quinoa

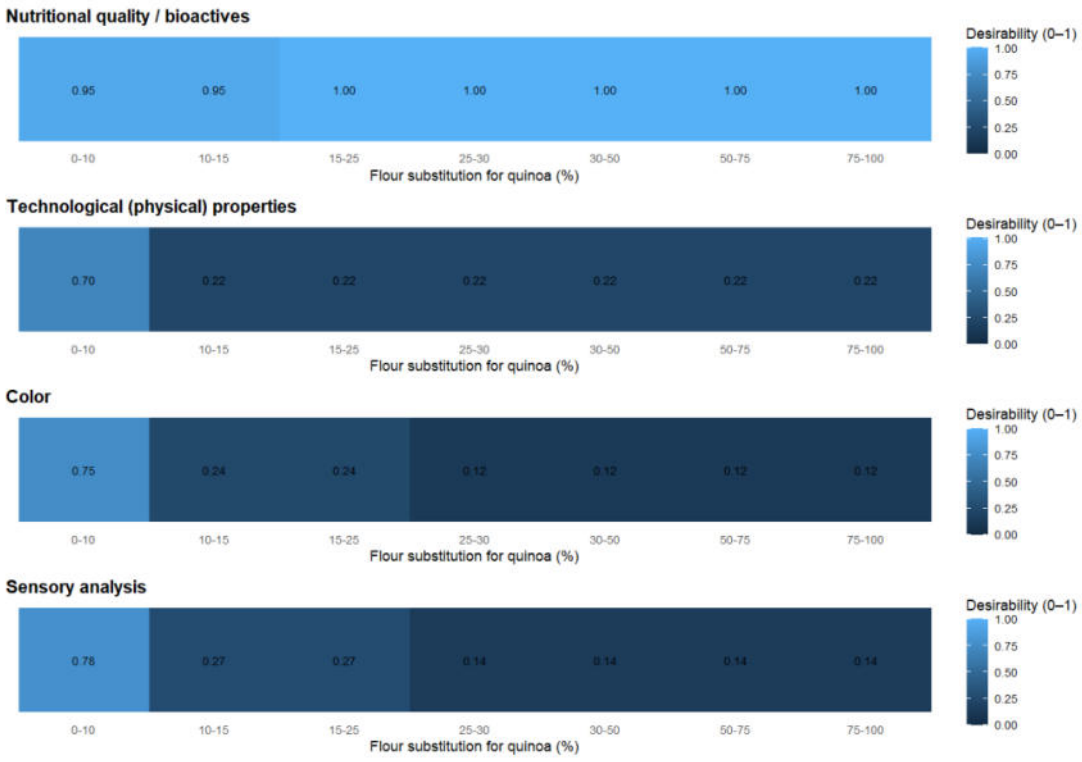


Figure 6. Desirability analysis (0–1) based on the percentage of wheat flour replaced by quinoa flour in cookies.

The figure shows the desirability values for four quality dimensions: nutritional profile and bioactive compound content, technological (physical) properties, color, and sensory analysis. In terms of nutritional quality and bioactive compounds, desirability increases progressively with increasing quinoa flour replacement, reaching a maximum value (1.00) at 15% replacement and remaining stable up to 100%. This indicates that the bioactive compound content steadily increases with increasing proportions of quinoa, highlighting its functional potential in cookies. On the other hand, technological properties show an inverse trend. Desirability decreases dramatically after 10% substitution, from 0.70 to 0.22, and remains at this level for higher levels of substitution. This decrease reflects a trade-off among quinoa content, structural integrity, and cookie texture, highlighting technical limitations when increasing the proportion of alternative flour. Color shows similar behavior to technological properties. Initial desirability is 0.75 for substitutions of 0–10%, but decreases abruptly to 0.24 in the range of 10–25% and to 0.12 for higher substitutions. This suggests a noticeable deterioration in color at intermediate replacement levels, which could negatively affect the product's visual perception. Finally, sensory analysis follows a trend similar to that of color. Desirability remains at 0.78 for substitutions of 0–10%, but decreases to 0.27 in the range of 10–25% and to 0.14 for higher levels. These results indicate that consumer acceptance is significantly affected by increasing the proportion of quinoa flour. Overall, the results show a trade-off between improving the nutritional profile and preserving technological properties, color, and sensory acceptability. Low substitutions (≤10%) seem to offer an optimal balance, allowing a partial increase in nutritional value without significantly compromising the quality perceived by consumers.

560 ### 3.3. Quality assessment

561 Prior to conducting the critical content analysis, a quality assessment was
562 performed to systematically evaluate key methodological aspects of the 47
563 selected articles. Six predefined criteria (Q1–Q6; Table 7) were used to identify
564 methodological gaps and ensure that only high-quality studies contributed to the
565 analysis.

566 **Table 7.** Reasons for not verifying quality criteria.

Category	Specific criterion not verified
Q1. Raw material specification and pre-treatments of quinoa	Variety (e.g., Blanca Real), origin, and supplier.
	Saponin reduction method (e.g., washing, mechanical abrasion)/Phytic acid determination.
	Pre-treatment applied (e.g., germination, fermentation) and its conditions.
	Proximate composition of the quinoa flour used.
Q2. Formulation and manufacturing parameters	Complete formulation (%) in a table. Justification for the substitution range studied.
	Baking parameters (time, temperature)
Q3. Composition of cookies	Nutritional properties of cookies
	Proximal composition of cookies
	Bioactive compounds (polyphenol content, flavonoids (Folin-Ciocalteu and $AlCl_3$ methods), and antioxidant capacity (DPPH, ABTS, ORAC, others).
	Advanced techniques: Profile of volatile compounds (e.g., SPME-GC-MS).
Q4. Instrumental Analysis	Texture: Hardness, diameter/thickness
	Color: CIELAB
	Water activity (aw).
Q5. Sensory analysis	Panel type (trained or consumers), number of participants (N), participants' profiles.
	Test type (e.g., acceptance, descriptive, CATA, etc.) and scale used.
	Correlation between instrumental (flavor/aroma) and sensory data.
Q6. Stability analysis	Shelf-life study design (time points, storage conditions).
	Measurement of oxidative stability (e.g., TBARS, peroxides) over time.
	Measurement of textural changes over time.

567

568 Figure 6 (a) shows the methodological quality of a total of 47 scientific articles
569 based on seven predefined criteria (Q1–Q6, Table 1). Most articles met an

570 intermediate number of these criteria, reflecting recurring methodological gaps,
571 especially in more complex technical and analytical aspects, such as the
572 evaluation of technological stability during storage, the measurement of lipid
573 oxidation using specific indicators (TBARS, peroxide index, conjugated dienes),
574 the characterization of volatile compounds using techniques such as GC-MS, and
575 detailed analysis of the amino acid profile. In detail, 4.5% of the articles met only
576 2 of the 7 established criteria, 31.8% met 3 criteria, and the largest proportion,
577 equivalent to 50.0%, met 4 criteria. Finally, 18.2% of the articles achieved a score
578 of 5 criteria. It should be noted that no article evaluated reached the maximum
579 values of 6 or 7 criteria verified, which highlights opportunities for improvement in
580 the methodological rigor of the reviewed research, particularly in the aspects
581 mentioned, which are often omitted or addressed in a limited manner.

582 On the other hand, in relation to the level of impact of the journals in which the
583 articles were published (Figure 6b), a relatively balanced distribution is observed.
584 Of the 47 articles analyzed, 36.4% were published in journals located in the Q1
585 quartile, which shows a significant presence in media with high academic prestige
586 and a high impact factor. Twenty-two-point seven percent of the publications
587 correspond to journals classified in the Q2 quartile, 25% to Q3, and 20.5% to Q4.
588 This distribution reveals that more than half of the research reviewed has been
589 published in journals in the upper quartiles (Q1 and Q2), which reinforces the
590 relevance and quality of the studies within the scientific community, although
591 there is still a proportion of articles in the middle and lower quartiles, which could
592 be due to the diversity of approaches, subject areas, or dissemination strategies
593 used by the authors.

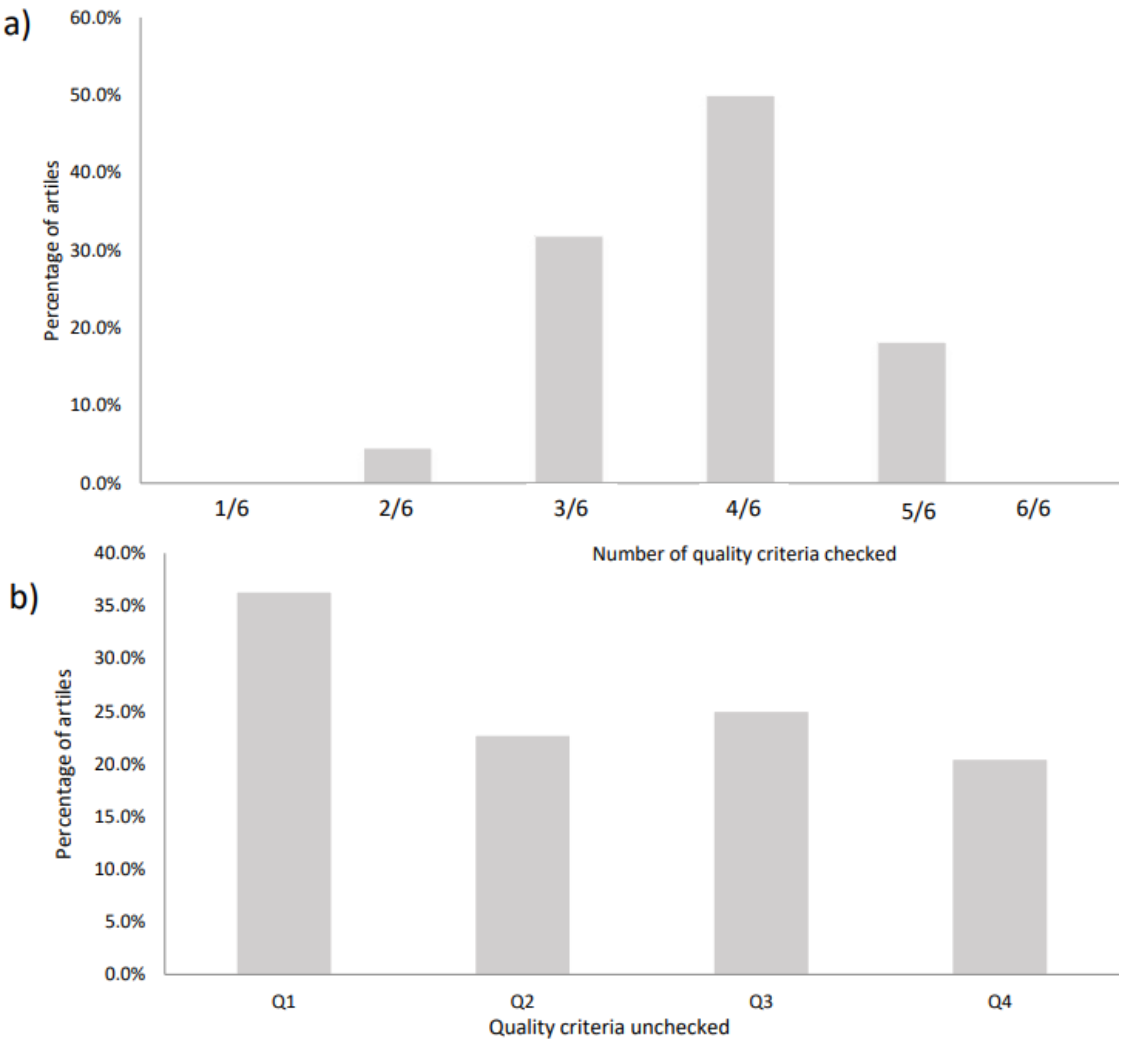


Figure 7. Evaluation of the quality of the articles included. (a) Distribution of article quality scores (see quality criteria in Table 1) (b) Distribution by publication quartile (provided by SCImago)

3.4. Future prospects

Despite significant advances in reformulating cookies with quinoa flour, research still faces several limitations that open new avenues for exploration.

In a more up-to-date context of scientific publications, Figure 7 shows 3 research clusters developed over the last two decades (from 2010 to 2025), as indicated by the gradient of colors in the nodes. Cluster 1, in the purple area, represents initial studies (2010 - 2015) on Triticum aestivum, taste, cooking,

seed, and heat. Cluster 2, blue to green (2015 - 2020), focuses on investigations of how quinoa, as a pseudo cereal, has antioxidant effects and its amino acids, fatty acids, minerals, sensory acceptability, and physical properties. In addition, efforts are underway to optimize cookie formulations by combining quinoa flour with other functional flours. Cluster 3, identified in the time range from 2020 to 2025 (represented in green to yellow), reflects growing interest in developing gluten-free products for consumers with celiac disease. Increasing research with specific populations using advanced methodologies such as check-all-that-apply, temporal dominance of sensations, or Napping, which would better understand the consumer experience and guide the development of customized products. Cluster 3 also covers aspects related to the consumption of fast food, the digestive process, and the chemical properties of these products, and evaluates their specific impact on the health of this population.

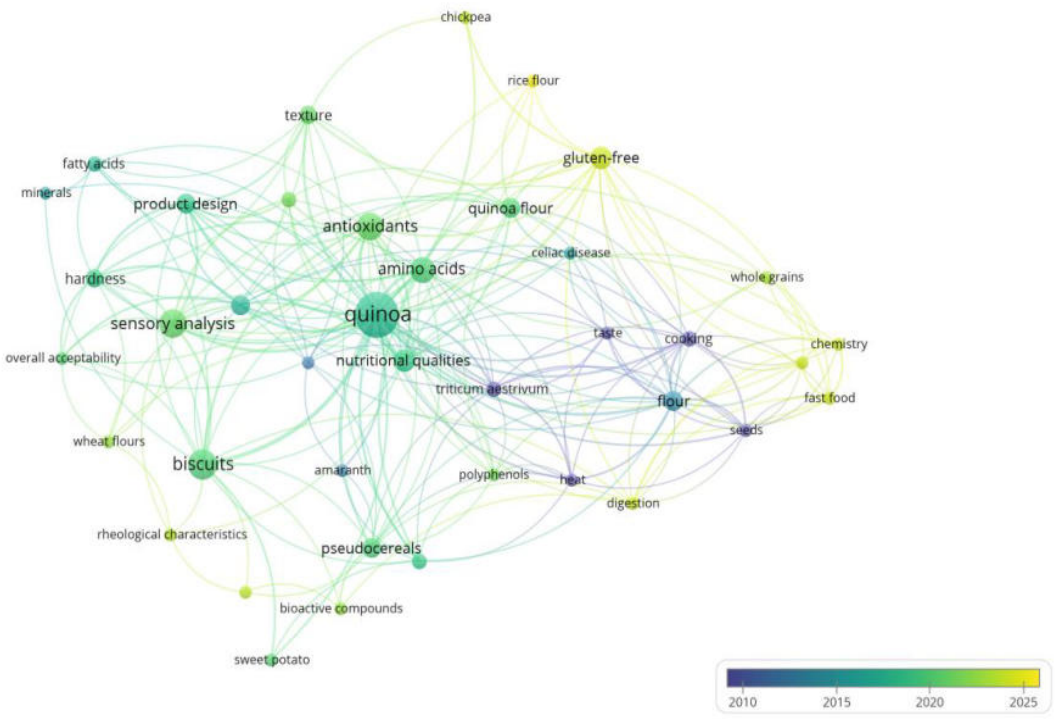


Figure 8. Future prospects studies retrieved through VOSviewer analysis

4. A framework for future research and conclusions

This review covers thirty-four years of studies (1991–2025) on the nutritional composition, physical, and sensory properties of cookies made with partial or total incorporation of quinoa flour, based on the analysis of forty-seven scientific articles. The reviewed studies describe research focused on processing parameters such as baking temperature and time, as well as flour particle size. Pretreatments applied to quinoa, including saponin and phytic acid removal, are also analyzed. The literature indicates that future research should adopt a broader approach to improving the nutritional and functional characteristics of cookies, considering not only protein content but also oxidative stability and sensory acceptance of the final product.

There is great variability in the percentages of wheat flour replaced by quinoa flour, ranging from 1.3% to 100%, as well as differences in particle size and baking conditions. Many studies do not report the origin of the quinoa used or include a control treatment made with 100% wheat flour, which makes it difficult to compare results. In addition, few studies mention using processes to remove saponins, such as washing, malting, fermentation, or heat treatment, even though these can improve sensory quality and nutrient availability. These omissions highlight research gaps that should be addressed in future studies, including adjustments to manufacturing processes and substitution levels to avoid negative effects on technological properties and consumer acceptance.

Analysis of articles that included sensory evaluation shows that substitution levels between 0% and 25% maintain acceptability similar to that of the control product. Higher substitutions could be applied if saponins and

phytic acid, compounds responsible for bitter taste and lower nutrient bioavailability, are effectively removed. In this regard, future research should seek a balance between the nutritional and sensory quality of the cookies, using intermediate substitution percentages and applying more consistent sensory methodologies, with a sufficient number of consumers (at least 100) and adequate statistical analyses to establish relationships between the technological, nutritional, and product acceptance parameters.

5. Acknowledgments

This research was funded by the Universidad Nacional de Moquegua through the scientific research seedbed Andean Golden Seeds (Resolución de Comisión Organizadora N° 865-2023-UNAM and N° 778-2024-UNAM) and funded by the thesis project grant program of the same institution (Code: PT-002-2024-UNAM; Resolución de Comisión Organizadora N° 778-2024-UNAM).

References

Alavi, M., Mehraban Sangatash, M., & Sahraiyan, B. (2023). Evaluation of the effect of quinoa flour and monoglyceride emulsifier on physicochemical and sensory properties of gluten-free cookie. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(132), 223–235. https://doi.org/10.22034/FSCT.19.132.223

Alavi, M., Sangatash, M. M., Sahraiyan, B., & Jajarmi, A. (2024). Evaluation of the effect of quinoa flour replacement on quantitative and qualitative characteristics of gluten-free cookie using principal component analysis method (PCA). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *21*(149), 128–139. https://doi.org/10.22034/FSCT.21.149.128

Al-Okbi, S. Y., Mohammad, A. A., Hamed, T. E., Elewa, T. A., & Desoukey, M. A. (2024). Quinoa and Quinoa Food Products as Nutritious and Functional Foods for Protection from Dyslipidemia. *Egyptian Journal of Chemistry*, *67*(1), 181–192. https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.206437.7881

Alsuhaibani, A. M., Alkuraieef, A. N., Aljobair, M. O., & Alshawi, A. H. (2022). Technological, Sensory, and Hypoglycemic Effects of Quinoa Flour Incorporation into Biscuits. *Journal of Food Quality*, *2022*, 6484953. https://doi.org/10.1155/2022/6484953

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007

Baskaya-Sezer, D. (2025). Comparison of sprouting, airfryer-drying, and airfryer-baking effects on technical, physical, and chemical properties of quinoa flour and quinoa snack. *Journal of Food Science*, *90*(1), e17656. https://doi.org/10.1111/1750-3841.17656;CTYPE:STRING:JOURNAL

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), e70368. https://doi.org/10.1002/FSN3.70368

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/S1

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

Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., Piga, A., & Fadda, C. (2020). Effect of substitution of rice flour with quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits. *Foods*, *9*(6). https://doi.org/10.3390/foods9060808

Carrillo, D. M. (2009). *Development of a cookie formulation for celiac people using defatted Chilean hazel nut (Gevuina avellana. Mol) flour and quinoa (Chenopodium quinoa Willd) flour*. https://www.researchgate.net/publication/26778768

Chavan, S. M., Khadatkar, A., Hasan, M., Ahmad, D., Kumar, V., & Jain, N. K. (2025). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Paving the way towards nutraceuticals and value-added products for sustainable development and nutritional security. *Applied Food Research*, *5*(1), 100673. https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2024.100673

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*, *6*(3), 798–806. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22

Dall'Asta, M., Rosi, A., Angelino, D., Pellegrini, N., & Martini, D. (2020). Evaluation of nutritional quality of biscuits and sweet snacks sold on the Italian market: the Food Labelling of Italian Products (FLIP) study. *Public Health Nutrition*, *23*(15), 2811–2818. https://doi.org/10.1017/S1368980020000853

Deliza, R., Lima, M. F., & Ares, G. (2021). Rethinking sugar reduction in processed foods. *Current Opinion in Food Science*, *40*, 58–66. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2021.01.010

Demir, M. K., & Kilinç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal*, *24*(6), 2394–2401.

Eduardo, K., Bedoya-Perales, N., Escobedo-Pacheco, E., & Saldaña, E. (2024). Sensory and consumer science as a valuable tool to the development of quinoa-based food products: More than three decades of scientific evidence. *Scientia Agropecuaria*, *15*(2), 251–267. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.019

El-Hadary, M., Abu-Elmaaty, S., Abdel-Hady, M., Elesawi, I. E., & El-Sayed, A. (2024). CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BISCUITS (COOKIES) AS FUNCTIONAL FOOD PRODUCT SUPPLEMENTED WITH QUINOA FLOUR. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, *16*(3), 192–204. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2024.16.3.15

El-Sohaimy, S. A., Shehata, M. G., Mehany, T., & Zeitoun, M. A. (2019). Nutritional, Physicochemical, and Sensorial Evaluation of Flat Bread Supplemented with Quinoa Flour. *International Journal of Food Science*, *2019*. https://doi.org/10.1155/2019/4686727,

Erdem, N., Taş, N. G., Kocadağlı, T., & Gökmen, V. (2023). Modelling of perceived sweetness in biscuits based on sensory analysis as a new tool to evaluate reformulation performance in sugar reduction studies. *Food Chemistry*, *425*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136490

Estivi, L., Pellegrino, L., Hogenboom, J. A., Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2022). Antioxidants of Amaranth, Quinoa and Buckwheat Wholemeals and Heat-Damage Development in Pseudocereal-Enriched Einkorn Water Biscuits. *Molecules*, *27*(21), 7541. https://doi.org/10.3390/MOLECULES27217541/S1

FAO. (2011). *La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*.

Fernandes Almeida, R., Borges, L. A., Anacleto, D., de Souza, M. S. N., da Silva, L. B. M., Monroy, Y. M., Batista, E. A. C., & Machado, A. P. O. (2025). Gluten-free cookies: A comprehensive review of substitutes for wheat flour. *Food and Humanity*, *4*, 100549. https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2025.100549

Fortune Business Insights. (2025). *Tamaño, participación y tendencias del mercado de galletas | Informe de crecimiento [2032]*. https://www.fortunebusinessinsights.com/biscuits-market-108482

Goyat, J., Passi, S. J., Suri, S., & Dutta, H. (2018a). 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*, *6*(3), 757–769. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18

Goyat, J., Passi, S. J., Suri, S., & Dutta, H. (2018b). 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*, *6*(3), 757–769. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.18

Guo, Z., Deng, X., Ping, C., Li, X., Li, D., Wu, X., Xiao, X., & Kong, R. (2025). Quinoa: Nutritional and phytochemical value, beneficial effects, and future applications. *Applied Food Research*, *5*(1), 100766. https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2025.100766

Hidalgo, A., Ferraretto, A., De Noni, I., Bottani, M., Cattaneo, S., Galli, S., & Brandolini, A. (2018). Bioactive compounds and antioxidant properties of pseudocereals-enriched water biscuits and their in vitro digestates. *Food Chemistry*, *240*, 799–807. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.08.014

Iovan, M., & Radu, F. (2016). *Amaranthus Hypochondriacus and Chenopodium Quinoa, Ingredients witht High Nutritive Value in Gluten-Free Sweet Products Formulations*. http://www.revistadechimie.ro

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018a). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LWT*, *93*, 573–582. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.04.013

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018b). Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in India. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(3). https://doi.org/10.1111/jfpp.13542

Kewuyemi, Y. O., Kesa, H., Meijboom, R., Alimi, O. A., & Adebo, O. A. (2022). 3D food printing improves color profile and structural properties of the derived novel whole-grain sourdough and malt biscuits. *Scientific Reports*, *12*(1), 12347. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16659-5

Kewuyemi, Y. O., Kesa, H., Meijboom, R., Alimi, O. A., & Adebo, O. A. (2023). Comparison of nutritional quality, phenolic compounds, and antioxidant activity of conventional and 3D printed biscuits from wholegrain and multigrain flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *83*, 103243. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2022.103243

Lazou, A. E. (2024). Properties, Structure, and Acceptability of Innovative Legume-Based Biscuits with Alternative Sweeteners. *International Journal of Food Science*, *2024*, 8216796. https://doi.org/10.1155/2024/8216796

Lorenz^, K., Coulter%, L., & Johnson^, D. (1995). *Functional and sensory characteristics of quinoa in foods*.

Lorenz, K., & Coulter, L. (1991). Quinoa flour in baked products. In *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 41). Kluwer Academic Publishers.

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*, 846808. https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.846808/BIBTEX

Malik, R. A., Srivastava, S., & Shahi, N. C. (2022). Formulation of quinoa incorporated protein-rich biscuits and numerical optimization of its process parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(1). https://doi.org/10.1111/JFPP.16209

Mario Villarroel, C. H. J. H. D. C. (2009). *Development of a cookie formulation for celiac people using defatted Chilean hazel nut (Gevuina avellana. Mol) flour and quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. https://www.researchgate.net/publication/26778768

Martín-Esparza, M. E., Raigón, M. D., García-Martínez, M. D., & Albors, A. (2023). Toward the Development of Potentially Healthy Low-Energy-Density Snacks for Children Based on Pseudocereal and Pulse Flours. *Foods 2023, Vol. 12, Page 2873*, *12*(15), 2873. https://doi.org/10.3390/FOODS12152873

Masoud, N. Al, Hassan, S. A., Alomar, T. S., Mujahid, W., & Aadil, R. M. (2024). Enhancing biscuits with muskmelon seed flour: a study of physicochemical, textural, and nutritional characteristics. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *16*(3), 139–151. https://doi.org/10.15586/QAS.V16I3.1503

Matsuo, M. (2006). Suitability of quinoa fermented with Rhizopus oligosporus as an ingredient of biscuit. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, *53*(1), 62–69. https://doi.org/10.3136/nskkk.53.62

Méndez, A. S., Bernuy-Osorio, N., Perez, F. V., Anticona, E. P., Ureña, M., & Vílchez-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

Meriles, S. P., Piloni, R., Cáceres, G. V., Penci, M. C., Marín, M. A., Ribotta, P., & Martínez, M. L. (2022). Compositional characteristics, texture, shelf-life and sensory quality of snack crackers produced from non-traditional ingredients.

International Journal of Food Science and Technology, *57*(8), 4689–4696. https://doi.org/10.1111/ijfs.15303

Ministerio de Desarrollo Agricultura y Riego. (2020). *Análisis de Mercado - Quinua 2015 - 2020*.

Mohammadi, N., Tayefe, M., Ashkiki, L. F., Sadeghi, S. M., & Masuleh, A. N. (2025). A Comparison between Effects of Quince Gum and Carboxymethyl Cellulose on Rheological, Textural, and Organoleptic Characteristics of Gluten-Free Cookies (Rice-Quinoa)[ارزیابی عملکرد صمغ دانهی به در مقایسه با کربوکسیمتیلسلولز بر خصوصیات رئولوژیکی، بافتی و حسی کلوچه بدون گلوتن(برنج-کینوا)]. *Volume 21, Issue 156, Pages 38 - 48*, *21*(156), 38–48. https://doi.org/10.22034/FSCT.21.156.38

Mu, H., Xue, S., Sun, Q., Shi, J., Zhang, D., Wang, D., & Wei, J. (2023). Research Progress of Quinoa Seeds (Chenopodium quinoa Wild.): Nutritional Components, Technological Treatment, and Application. *Foods 2023, Vol. 12, Page 2087*, *12*(10), 2087. https://doi.org/10.3390/FOODS12102087

Nadian, N., Azizi, M. H., Abbastabar Ahangar, H., & Aarabi, A. (2021). Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin. *Volume 9, Issue 12, Pages 6501 - 6512*, *9*(12), 6501–6512. https://doi.org/10.1002/fsn3.2564

Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). In *Journal of Cereal Science* (Vol. 69, pp. 371–376). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004

Negm, S. H., Barakat, E. H., & Eid, W. A. M. (2024). Processing untraditional healthy crackers formula by using sprouted flour mixes for children. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(11), 8960–8975. https://doi.org/10.1007/S11694-024-02850-X/METRICS

Nguyen, Q. C., Castura, J. C., Le Nguyen, D. D., Varela, P., Alvarez, J., Tique, D., Chican, D., Saldaña, E., & Eduardo, K. (2010). Nutritional and health benefits of quinoa. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *53*(4), 174–181. https://doi.org/10.1590/S1516

Olamide, Y., Oluwafemi, K. |, Adebo, A., & Adebo, O. A. (2025). Phytochemical Distribution in 3D-Printed Biscuits From Bioprocessed Wholegrain and Multigrain Food Inks. *Legume Science*, *7*(2), e70037. https://doi.org/10.1002/LEG3.70037

Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, *5*(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/S13643-016-0384-4/FIGURES/6

Pagamunici, L. M., Gohara, A. K., Souza, A. H. P., Bittencourt, P. R. S., Torquato, A. S., Batiston, W. P., Gomes, S. T. M., Souza, N. E., Visentainer, J. V., & Matsushita, M. (2014). Using chemometric techniques to characterize gluten-free cookies containing the whole flour of a new quinoa cultivar. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *25*(2), 219–228. https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130286

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*. https://doi.org/10.1136/BMJ.N71

Paucar-Menacho, L. M., Simpalo-López, W. D., Castillo-Martínez, W. E., Esquivel-Paredes, L. J., & Martínez-Villaluenga, C. (2022). Improving Nutritional and Health Benefits of Biscuits by Optimizing Formulations Based on Sprouted

Pseudocereal Grains. *Foods*, *11*(11), 1533. https://doi.org/10.3390/FOODS11111533/S1

Pejic, L. D., Milincic, D. D., Rabrenovic, B. B., Lalicic-Petronijevic, J. G., Stanojevic, S. P., Kostic, A. Z., Savic, S. K., Pešic, M. B., & Demin, M. A. (2024). Characterization of gingerbread cookies enriched with quinoa and defatted apple seed flour: nutritional, antioxidant and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(10), 8782–8793. https://doi.org/10.1007/S11694-024-02844-9/METRICS

Perry, J. M., Swanson, R. B., Lyon, B. G., & Savage, E. M. (2003). *Instrumental and Sensory Assessment of Oatmeal and Chocolate Chip Cookies Modified with Sugar and Fat Replacers* (Vol. 80, Issue 1).

Repo-Carrasco R, R. A. (2011). *Quinoa (Chenopodium quinoa, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional component*.

Rodriguez-Castro, R., Guerrón-Troya, V., Guapi-Álava, G., Plúas-Mora, A., Revilla-Escobar, K., & Aldas-Morejon, J. (2020). Nutrición clínica y dietética hospitalaria. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, *44*(2), 31–37. https://doi.org/10.12873/442REVILLA

Saad El-Hadidy, G., Nassef, S. L., Samir, A., & El-Sattar, A. (2022). Preparation of some functional bakeries for celiac patients. *Current Chemistry Letters*, *11*, 393–402. https://doi.org/10.5267/j.ccl.2022.5.002

Sazesh, B., & Goli, M. (2020). Quinoa as a wheat substitute to improve the textural properties and minimize the carcinogenic acrylamide content of the biscuit. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(8), e14563. https://doi.org/10.1111/JFPP.14563

Schoenlechner, R., Wendner, M., Siebenhandl-Ehn, S., & Berghofer, E. (2010). Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. *Journal of Cereal Science*, *52*(3), 475–479. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.08.001

Shalamzari, F., & Erjaee, Z. (2022). Optimizing the formula of cracker biscuits prepared from quinoa flour and corn flour. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(130), 73–83. https://doi.org/10.22034/FSCT.19.127.73

Silva-Paz, R. J., Silva-Lizárraga, R. R., Jamanca-Gonzales, N. C., & Eccoña-Sota, A. (2023). Evaluation of the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cookies. *Frontiers in Nutrition*, *10*, 1304117. https://doi.org/10.3389/FNUT.2023.1304117/BIBTEX

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*. https://doi.org/10.1556/066.2024.00146

Tang, H., Watanabe, K., & Mitsunaga, T. (2002). Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydrate Polymers*, *49*(1), 13–22. https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00292-2

Turk Aslan, S., & Isik, F. (2022). Effects of pseudocereal flours addition on chemical and physical properties of gluten-free crackers. *Food Science and Technology*, *42*, e52521. https://doi.org/10.1590/FST.52521

Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, *69*, 174–181. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005

Valencia-Chamorro, S. A. (2003). QUINOA. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 4895–4902. https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00995-0

Valenzuela-González, M., Rouzaud-Sández, O., Ledesma-Osuna, A. I., Astiazarán-García, H., Salazar-López, N. J., Vidal-Quintanar, R. L., & Robles-Sánchez, M. (2022). Bioaccessibility of phenolic compounds, antioxidant activity, and consumer acceptability of heat-treated quinoa cookies. *Food Science and Technology*, *42*, e43421. https://doi.org/10.1590/FST.43421

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/S11192-009-0146-3/FIGURES/7

Vieira, T. D. S., Freitas, F. V., Silva, L. A. A., Barbosa, W. M., & Da Silva, E. M. M. (2015). Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*, *18*(4), 285–292. https://doi.org/10.1590/1981-6723.1815

Wang, S., Opassathavorn, A., & Zhu, F. (2015). Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread. *Journal of Texture Studies*, *46*(4), 281–292. https://doi.org/10.1111/jtxs.12128

Wang, Y., Shen, F., Li, J., Qian, Z., Jia, Y., & Tang, G. (2022). Optimization of Purple Yam Quinoa Crisp Biscuit and Its Digestion Characteristics in Vitro. *Volume 43, Issue 10, Pages 174 - 179*, *43*(10), 174–179. https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090200

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

Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *103*, 200–213. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.07.017

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Jennifer Daniela Alvarez Mamani
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 72228179
Correo electrónico : jenniferdanielaalvarezmamani8@gmail.com
Teléfono/Celular : 97332805

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Desarrollo de galletas con reducción de azúcar e incorporación de harina de quinua: enfoque instrumental y sensorial
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.11.02
c) Fecha de publicación : 12/12/2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Erick Manuel Saldaña Villa
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 45469129
c) ORCID : 0000-0002-4018-2852

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : DNI - 72228179
NOMBRES Y APELLIDOS : Jennifer Daniela Alvarez Mamani

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : DNI- 72228179

NOMBRES Y APELLIDOS : Jennifer Daniela Alvarez Hamani

FECHA : 23/01/2026



01

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Jennifer Daniela Alvarez Mamani,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingenieria Agroindustrial,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº. 72228179, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
Desarrollo de galletas con reducción de azúcar e incorporación de harina de quinua : un enfoque instrumental y sensorial

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 23 de enero del 2025



Huella digital

Nombres y Apellidos: Jennifer Daniela Alvarez Mamani
DNI: 72228179

TESIS YENNIFHER 2025.pdf

PROYECTOS ERICK SALDAÑA

PROYECTOS ERICK SALDAÑA

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20208:545769036

Fecha de entrega
13 ene 2026, 11:41 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
13 ene 2026, 12:24 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS YENNIFHER 2025.pdf

Tamaño del archivo
725.5 KB

52 páginas

13.497 palabras

78.835 caracteres

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por SALDAÑA VILLA Erick Manuel FAU 20449347448 soft
Fecha: 2026.01.13 15:19:23 -05'00'

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet

5% Publicaciones

16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
repositorio.unaj.edu.pe 1%

2 Internet
repositorio.uns.edu.pe 1%

3 Internet
hdl.handle.net <1%

4 Internet
repositorio.uss.edu.pe <1%

5 Internet
repositorio.unap.edu.pe <1%

6 Trabajos entregados
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA on 2025-11-25 <1%

7 Trabajos entregados
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2024-05-29 <1%

8 Internet
repositorio.lamolina.edu.pe <1%

9 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2025-09-03 <1%

10 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Trujillo on 2025-05-29 <1%

11 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-12-22 <1%

12 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Huancavelica on 2025-12-04 <1%

13 Internet
revista.nutricion.org <1%

14 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Jaen on 2025-04-03 <1%

15 Internet
prezi.com <1%

16 Internet
es.scribd.com <1%

17 Internet
fdocuments.es <1%

18 Internet
1library.co <1%

19 Internet
repositorio.unp.edu.pe <1%

20 Trabajos entregados
uaq on 2025-05-16 <1%

21 Trabajos entregados
unapiquitos on 2024-07-10 <1%

22 Trabajos entregados
uaq on 2025-06-09 <1%

23 Publicación
Alba Violeta Corona Cabrera. "Impacto de la percepción multisensorial en la satis... <1%

24 Internet
docplayer.es <1%

25 Internet
ri.uaemex.mx <1%

26 Internet
repositorio.upct.es <1%

27 Internet
www.jove.com <1%

28 Internet
helvia.uco.es <1%

29 Internet
issuu.com <1%

30 Internet
www.coursehero.com <1%

31 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2016-10-12 <1%

32 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

33 Internet
dspace.unitru.edu.pe <1%

34 Internet
repositorio.ucss.edu.pe <1%

35 Internet
repositorio.ufsc.br <1%

36 Internet
repositorio.unsaac.edu.pe <1%

37 Internet
riujap.ujap.edu.ve <1%

38 Internet
uvadoc.uva.es <1%

39 Internet
patents.google.com <1%

40 Internet
thefashion-biologia.blogspot.com <1%

41 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-08-21 <1%

42 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2022-11-26 <1%

43 Internet
repository.usta.edu.co <1%

44 Internet
www.lasexta.com <1%

45 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-22 <1%

46 Trabajos entregados
Universidad del Valle on 2014-11-25 <1%

47 Publicación
Espichan, Karen Gesenia Aguayo. "Modelo Prolab: Delifish, una Propuesta de Neg... <1%

48 Trabajos entregados
Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba on 2024-11-14 <1%

49 Trabajos entregados
Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-12-03 <1%

50 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

51 Internet
biblioteca.upec.edu.ec <1%

52 Internet
core.ac.uk <1%

53 Internet
exactitudeconsultancy.com <1%

54 Internet
repositorio.uta.edu.ec <1%

55 Internet
scielo.isciii.es <1%

56 Trabajos entregados
Escuela Politecnica Nacional on 2016-09-26 <1%

57 Trabajos entregados
Escuela Politecnica Nacional on 2016-09-26 <1%

58 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2017-06-11 <1%

59 Trabajos entregados
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía on 2020-11-30 <1%

60 Trabajos entregados
ipn on 2022-06-23 <1%

61 Publicación
Ana Teresa Noguerol Meseguer. "Desarrollo de preparados texturizantes Clean L... <1%

62 Trabajos entregados
Anglo-Chinese School (Independent) on 2023-07-11 <1%

63 Trabajos entregados
Escuela Superior Politécnica del Litoral on 2017-09-20 <1%

64 Internet
livrosdeamor.com.br <1%

65 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

66 Internet
repositorio.unjbg.edu.pe <1%

67 Internet
sites.google.com <1%

68 Internet
www.mordorintelligence.com <1%

69 Trabajos entregados
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2025-05-12 <1%

70 Trabajos entregados
Centro Europeo de Postgrado - CEUPE on 2023-08-14 <1%

71 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Querétaro on 2025-11-25 <1%

72 Trabajos entregados
Universidad Estatal Amazonica- on 2025-12-18 <1%

73 Trabajos entregados
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2025-10-31 <1%

74 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-10-16 <1%

75 Trabajos entregados
Universidad San Francisco de Quito on 2024-10-07 <1%

76 Trabajos entregados
Universitat Politècnica de València on 2021-05-21 <1%

77 Internet
cris.ulima.edu.pe <1%

78 Internet
filtracionesdelasalud.wordpress.com <1%

79 Internet
oa.upm.es <1%

80 Internet
pubmed.ncbi.nlm.nih.gov <1%

81 Trabajos entregados
urjc on 2025-06-04 <1%

82 Internet
www.ucla.edu.ve <1%

83 Trabajos entregados
CONACYT on 2017-02-27 <1%

84 Trabajos entregados
IBERO: Universidad Iberoamericana Ciudad de Mexico on 2024-04-23 <1%

85 Trabajos entregados
National University College - Online on 2025-07-23 <1%

86 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Querétaro on 2025-11-21 <1%

87 Internet
bibliotecadigital.univalle.edu.co <1%

88 Internet
doczz.net <1%

89 Internet
doi.org <1%

90 Internet
esdocs.com <1%

91 Internet
eur-lex.europa.eu <1%

92 Internet
lunazul.ucaldas.edu.co <1%

93 Internet
repositorio.uchile.cl <1%

94 Internet
repositorio.unu.edu.pe <1%

95 Internet
repositorio.upeu.edu.pe <1%

96 Internet
repositorio.upt.edu.pe <1%

97 Internet
revistas.unsm.edu.pe <1%

98 Trabajos entregados
uncedu on 2025-08-27 <1%

99 Internet
www.colpos.mx <1%

100 Internet
www.iicasaninet.net <1%

101 Internet
www.sciencegate.app <1%

102 Trabajos entregados
Escuela Politecnica Nacional on 2018-01-19 <1%

103 Trabajos entregados
Escuela Politecnica Nacional on 2021-12-20 <1%

104 Trabajos entregados
Escuela Superior Politécnica del Litoral on 2025-06-17 <1%

105 Publicación
María Benlloch Tinoco. "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD DE... <1%

106 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez on 2024-10-12 <1%

107 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez on 2025-10-11 <1%

108 Trabajos entregados
Universidad Católica San Pablo on 2023-08-04 <1%

109 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-22 <1%

110 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2025-08-15 <1%

111 Trabajos entregados
Universidad ISA on 2025-11-19 <1%

112 Trabajos entregados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2024-03-20 <1%

113 Trabajos entregados
Universidad Nacional Autonoma Altoandina de Tarma on 2026-01-06 <1%

114 Trabajos entregados
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía on 2022-02-28 <1%

115 Trabajos entregados
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía on 2023-03-08 <1%

116 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Barranca on 2024-03-26 <1%

117 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-12-22 <1%

118 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-12-23 <1%

119 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2017-11-10 <1%

120 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2022-01-26 <1%

121 Trabajos entregados
Universidad de Costa Rica on 2017-01-11 <1%

122 Trabajos entregados
Universidad de las Islas Baleares on 2025-04-17 <1%

123 Internet
colposdigital.colpos.mx:8080 <1%

124 Internet
doaj.org <1%

125 Internet
dspace.unach.edu.ec <1%

126 Internet
es.slideshare.net <1%

127 Trabajos entregados
espam on 2025-06-23 <1%

128 Trabajos entregados
espam on 2025-06-23 <1%

129 Internet
repositorio.unab.edu.pe <1%

130 Internet
repositorio.unamba.edu.pe <1%

131 Internet
repositorio.upao.edu.pe <1%

132 Internet
revistas.upt.edu.pe <1%

133 Internet
ri.ues.edu.sv <1%

134 Trabajos entregados
ueb on 2025-06-16 <1%

135 Internet
updocs.net <1%

136 Internet
www.ingenieria.uady.mx <1%

137 Internet
www.science.gov <1%

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 058-2026-CU

Moquegua, 05 de febrero de 2026

VISTOS:

El Proveído N° 394-2026-R de fecha 03 de febrero de 2026 emitido por el Rectorado, Informe N° D0046-2026-UNAM-R-SG de fecha 02 de febrero de 2026 emitido por el Secretario General, Informe Técnico N° D0008-2026-SEGE-GT de Grados y Títulos, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Ordinaria N° 02-2026-SO-CU-UNAM, de fecha 04 de febrero de de 2026, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8° de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley N° 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 24° y numeral 2 del artículo 26° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Informe Técnico N° D0008-2026-SEGE-GT de fecha 02 de febrero de 2026, e Informe N° D0046-2026-UNAM-R-SG de fecha 02 de febrero de 2026, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado los expedientes para el trámite de Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a los Bachilleres: QUISPE YUCRA KATHERIN THALIA, MAMANI QUENTA ELY OMAR y ALVAREZ MAMANI JENNIFER DANIELA de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos y la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, razón por la cual, el señor Secretario General incluye dichos expedientes como punto de agenda para ser tratado en Sesión Ordinaria de Consejo Universitario de fecha 04 de febrero de 2026;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo, la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 058-2026-CU

Moquegua, 05 de febrero de 2026

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Ordinaria N° 02-2026-SO-CU-UNAM, de fecha 04 de febrero de 2026, emitió, el siguiente, Acuerdo, POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial por la modalidad de sustentación de tesis a los Bachilleres: QUISPE YUCRA KATHERIN THALIA, MAMANI QUENTA ELY OMAR y ALVAREZ MAMANI JENNIFER DANIELA, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante la Resolución Rectoral Nº 048-2026-R-UNAM de fecha 30 de enero de 2026, se resolvió ENCARGAR, al Dr. Alejandro Manuel Ecos Espino, en su calidad de Vicerrector Académico el Despacho de Rectorado de la Universidad Nacional de Moquegua, para que ejerza las funciones correspondientes en ausencia del Rector, durante los días 02 al 11 de febrero de 2026, por tanto, en aplicación de lo dispuesto por el numeral 5 del artículo 30 del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y conforme a los considerandos del referido acto administrativo, el señor Vicerrector Académico asume el cargo, con todas las prerrogativas de la autoridad;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario:

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a los Bachilleres

- **QUISPE YUCRA KATHERIN THALIA**
  TESIS : "ESTUDIO DEL IMPACTO DE SOLVENTES ALTERNATIVOS EN LA RECUPERACIÓN DE POLIFENOLES CON EFECTOS INHIBIDORES DE ENZIMAS RELACIONADAS CON LA DIABETES MELLITUS TIPO 2 A PARTIR DE SEMILLAS DE TUNA ROJA", cuyo asesor principal fue el Dr. Elias Escobedo Pacheco, y el Co - asesor fue el Dr. Nils Leander Huamán Castilla.
- **MAMANI QUENTA ELY OMAR**
  TESIS : "AISLAMIENTO, SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LEVADURAS AUTOCTONAS DE LA UVA VARIEDAD MOSCATEL DE ALEJANDRIA EN TRES ALTITUDES DIFERENTES DE MOQUEGUA: CARACTERIZACIÓN MOLECULAR", cuyo asesor principal fue el Dr. César Augusto Napa Almeyda, y el Co - asesor fue el Ing. Raquel Allison Choquehuanca Pineda.
- **ALVAREZ MAMANI JENNIFER DANIELA**
  TESIS : "DESARROLLO DE GALLETAS CON REDUCCIÓN DE AZÚCAR E INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA: UN ENFOQUE INSTRUMENTAL Y SENSORIAL", cuyo asesor principal fue el Dr. Erick Manuel Saldaña Villa, y el Co - asesor fue la MSc. Karina Erika Eduardo Palomino.

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER, el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA SECRETARIA GENERAL

ABG. EDGAR PINTO HUANCA VILCA
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. ALEJANDRO MANUEL ECOS ESPINO
RECTOR (e)
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION. VRA VRI FACS EPGPDS GyT OGSA OTI Interesado c.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe