

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.



TESIS

EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE

PRESENTADO POR:

BACH: JESUS JULIAN QUISPE CONDORI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ASESOR:

DR. FRANCISCO CASA QUISPE

COASESOR:

MGT. PERCY ZAVALETA HUAMPA

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor FRANCISCO CASA QUISPE.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL
DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum
Ruiz & Pavón), SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES,
FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE.

Presentado por: JESUS JULIAN QUISPE CONDOMI DNI N° 24716775 ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

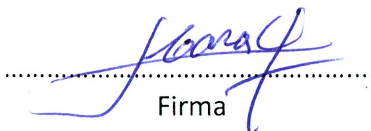
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 5 de SEPTIEMBRE de 2025


Firma

Post firma FRANCISCO CASA QUISPE

Nro. de DNI 24685311

ORCID del Asesor 0000-0003-0826-2788

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:492746892

JESUS JULIAN QUISPE CONDORI

Tesis_corregido 26-08-2025 final.pdf



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:492746892

Fecha de entrega

5 sep 2025, 7:12 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 sep 2025, 8:53 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis_corregido 26-08-2025 final.pdf

Tamaño del archivo

4.1 MB

175 páginas

28.899 palabras

160.919 caracteres

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
75 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

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.

DEDICATORIA

A Dios, por no dejarme caer, por darme las fuerzas para continuar, por ayudarme a nunca perder la fe.

A mis padres, por su inquebrantable apoyo, por su amor incondicional durante todo mi camino, por inculcarme el

valor del trabajo duro y la búsqueda del conocimiento,

Por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por enseñarme a siempre perseguir mis sueños. Gracias a ustedes, he llegado hasta aquí.

A mis hermanos y hermanas, por su amistad y apoyo.

Incondicional, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y creer en mí, por compartir conmigo las alegrías de cada logro. Gracias hermanos y hermanas con ustedes, mi camino ha sido más liviano y enriquecedor.

A mis Asesores, por su sabiduría y guía, por compartir conmigo su conocimiento y experiencia, por inspirarme a ser un mejor profesional y por creer en mi potencial. Gratitud por ayudarme a crecer como profesional y a cumplir mis metas.

Bachiller: **JESUS JULIAN QUISPE CONDORI**

AGRADECIMIENTO

Este espacio está dedicado a expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han sido parte esencial de este viaje hacia la culminación de esta tesis.

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por brindarme salud y vida en todo el trayecto de este viaje de investigación, y mis Asesores; **Dr. Francisco Casa Quispe y Magister. Percy Zavaleta Huampa**, cuya orientación experta y apoyo incondicional fueron la brújula que guio esta tesis hacia el éxito.

A mi familia y amigos, su apoyo incondicional, palabras de aliento y paciencia infinita fueron el motor que me impulsó en los momentos de desafío y duda.

Un agradecimiento especial a mis hermanos: **Tiburcio Q.C. Y Antonio Q.C.** Por ser el pilar de mis fortalezas, el cual hizo posible la realización de esta investigación y me permitió dedicar tiempo y esfuerzo a este proyecto.

Y, por último, pero no menos importante, a todas las personas que participaron en este estudio, ya sea como voluntarios, colaboradores o inspiración, ¡gracias por formar parte de este increíble viaje!

Este logro no solo es mío, sino todos los que me han acompañado y apoyado en este emocionante trayecto de la factibilidad de la tesis.

Bachiller: JESUS JULIAN QUISPE CONDORI

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco:

De acuerdo con el reglamento de grados y títulos vigente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y con el objetivo de optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presento el trabajo de investigación intitulado: “EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE”.

El presente trabajo tiene como propósito determinar experimentalmente el efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de mashua, así como evaluar los componentes funcionales, nutricionales y sensoriales, constituyendo un aporte relevante a la ciencia y tecnología del procesamiento de las galletas dulces.

Atentamente:

Bach. Jesús Julián Quispe Condori.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
PRESENTACIÓN.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	XV
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS.....	XVIII
HIPOTESIS	XIX
JUSTIFICACIÓN	XX
MARCO TEÓRICO	XXII
ANTECEDENTES.....	XXII
CAPITULO - I.....	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. MASHUA	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.2. Denominaciones	2
1.1.3. Clasificación	2
1.1.4. Composición nutricional de la mashua	3
1.1.5. Harina de Mashua Negra	4
1.1.6. Características Funcionales de la Harina de Mashua Negra	5
1.2. GALLETAS	6
1.2.1. Calidad de la galleta	7
1.2.2. Materia prima y aditivos comunes para la elaboración de galletas	11
1.3. ALIMENTOS FUNCIONALES	15
1.3.1. Los colorantes naturales.	16
1.3.2. Organización y capacidad de antocianinas en alimentos.	18
1.3.3. Las antocianinas y sus propiedades funcionales.	19
1.3.4. Los principales factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas. ..	20
1.4. EVALUACIÓN SENSORIAL	26
1.4.1. Aroma.....	27
1.4.2. Olor	27
1.4.3. El gusto	27
1.4.4. El sabor	28
1.4.5. Factores que influyen en la evaluación sensorial.....	28

1.4.6.	<i>Factores que se deben considerar al realizar análisis sensorial en los alimentos.....</i>	29
1.4.7.	Muestras	30
1.4.8.	<i>Panel de degustadores</i>	32
1.4.9.	<i>Modelos de pruebas sensoriales</i>	33
	CAPITULO II	39
2.	MATERIALES Y METODOS.....	39
2.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN:	39
2.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	39
2.2.1.	<i>Cuantitativa.....</i>	39
2.2.2.	<i>Unidad de análisis</i>	40
2.3.	POBLACIÓN DE ESTUDIO Y TAMAÑO DE MUESTRA	41
2.3.1.	<i>Población</i>	41
2.3.2.	<i>Tamaño de muestra</i>	41
2.4.	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVO.....	41
2.4.1.	<i>Elaboración de las Galletas</i>	41
2.5.	EVALUACIÓN DE LAS GALLETAS.....	42
2.6.	TÉCNICAS DE SELECCIÓN DE MUESTRA.....	43
2.7.	OBTENCIÓN DE LA HARINA DE MASHUA.....	43
2.8.	CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE MASHUA....	46
2.9.	FORMULACION PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES	47
2.10.	ELABORACIÓN DE GALLETAS	47
2.11.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	49
2.11.1.	<i>Variables Independientes</i>	49
2.11.2.	<i>Variables Dependientes</i>	49
2.11.3.	<i>Diseño Experimental</i>	50
2.11.4.	<i>Matriz Experimental.....</i>	51
2.11.5.	<i>Método para la selección de niveles de sustitución.</i>	51
2.12.	MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL.....	52
2.12.1.	<i>Humedad.....</i>	52
2.12.2.	<i>Proteína.....</i>	52
2.12.3.	<i>Grasas</i>	52
2.12.4.	<i>Cenizas</i>	52
2.12.5.	<i>Fibra.....</i>	53
2.12.6.	<i>Carbohidratos</i>	53
2.13.	MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN FUNCIONAL	53

2.13.1.	<i>Cuantificación de antocianinas</i>	53
2.13.2.	<i>Determinación de la capacidad antioxidante</i>	54
2.14.	MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	54
	CAPITULO III.....	56
	RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	56
2.15.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES.....	56
2.15.1.	<i>Proteína</i>	57
2.15.2.	<i>Grasa</i>	60
4.1.1.	<i>Carbohidratos</i>	64
7.1.1.	<i>Cenizas</i>	68
9.1.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES	72
9.1.1.	<i>Fibra dietética</i>	72
11.1.1.	<i>Antioxidantes totales</i>	76
13.1.1.	<i>Antocianinas</i>	80
15.1.	EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS SENSORIALES.....	84
15.1.1.	<i>Color</i>	85
17.1.1.	<i>Olor</i>	89
19.1.1.	<i>Sabor</i>	94
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición nutricional de la mashua negra en 100 gramos de alimento</i>	3
Tabla 2 <i>Composición de la harina de trigo en 100 gramos de alimento</i>	12
Tabla 3 <i>Formulación para la elaboración de galleta</i>	47
Tabla 4 <i>Matriz Experimental</i>	51
Tabla 5 <i>Características nutricionales de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua.</i>	56
Tabla 6 <i>Resultados de analisis de laboratorio para proteína expresada en gr/100g de galleta.</i>	57
Tabla 7 <i>Análisis de varianza para proteína por formula</i>	58
Tabla 8 <i>Pruebas de Múltiple Rangos para Proteínas por Formula.</i>	59
Tabla 9 <i>Resultados de analisis de laboratorio para grasa expresada en gr/100g de galleta.</i>	60
Tabla 10 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para Grasa por Fórmula</i>	62
Tabla 11 <i>Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa (%) por Fórmula</i>	63
Tabla 12 <i>Resultados de analisis de laboratorio para carbohidratos expresada en gr/100g de galleta.</i>	64
Tabla 13 <i>Análisis de varianza de carbohidrato (%) (ANOVA) por Fórmula</i>	66
Tabla 14 <i>Pruebas de Múltiple Rangos para Carbohidrato (%) por Fórmula Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.</i>	67
Tabla 15 <i>Resultados de analisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.</i>	68
Tabla 16 <i>ANOVA para cenizas (%) por fórmula</i>	69
Tabla 17 <i>Pruebas de múltiples rangos para cenizas (%) por fórmula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.</i>	71
Tabla 18 <i>Resultados de analisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.</i>	72
Tabla 19	73
Tabla 20 <i>Pruebas de múltiples rangos para fibra dietaria (%) por fórmula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD</i>	75
Tabla 21 <i>Resultados de analisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.</i>	76
Tabla 22 <i>ANOVA para Antioxidantes (mg/100g) por Fórmula</i>	78

Tabla 23	78
Tabla 24 <i>Resultados de analisis de laboratorio para antocianinas expresada en mg/g de galleta.</i>	80
Tabla 25 <i>Analisis de varianza para antocianinas (mg/100g) por fórmula</i>	81
Tabla 26 <i>Pruebas de múltiples rangos para antocianinas (mg/100g) por fórmula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD</i>	83
Tabla 27 <i>Resultados de la evaluación sensorial el color</i>	85
Tabla 28 <i>Análisis de varianza del color por Formula</i>	86
Tabla 29 <i>Pruebas de múltiples rangos para color por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.</i>	87
Tabla 30 <i>Resultados de la evaluación sensorial el olor</i>	89
Tabla 31 <i>ANOVA para olor por formula</i>	90
Tabla 32 <i>Pruebas de múltiples rangos para olor por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD</i>	92
Tabla 33 <i>Resultados de la evaluación sensorial para el sabor</i>	94
Tabla 35 <i>Analisis de varianza para sabor por formula</i>	95
Tabla 36 <i>Pruebas de múltiples rangos para sabor por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD</i>	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Clasificación de los colorantes</i>	18
Figura 2 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de harina de mashua</i>	44
Figura 3 <i>Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de galleta dulce</i>	48
Figura 4 <i>Contenido de proteína en los diferentes niveles de sustitución</i>	57
Figura 5 <i>Contenido de grasa por formula en 100 gr de galleta dulce con harina de mashua</i>	61
Figura 6 <i>Promedio de los carbohidratos en porcentaje entre formulas</i>	65
Figura 7 <i>Promedio de ceniza en porcentaje entre formula</i>	69
Figura 8 <i>Promedio de Fibra dietaría en porcentaje entre formula</i>	73
Figura 9 <i>Promedio de antioxidantes en porcentaje entre formulas</i>	77
Figura 10 <i>Promedio antocianina en porcentaje entre formula</i>	81
Figura 11 <i>Resultados de la media y 95.0% de Tukey HSD del atributo color</i>	88
Figura 12 <i>Promedio de analisis sensorial para el olor</i>	90
Figura 13 <i>Resultados de la media y 95.0% de Tukey HSD del atributo olor</i>	93
Figura 14 <i>Promedio de analisis sensorial para el sabor</i>	95
Figura 15 <i>Resultado de Medias y 95.0 % de Tukey HSD</i>	98

INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Evidencias fotográficas de la elaboración de las galletas de mashua</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 2 Pesado de la materia prima e insumos para la elaboración de galleta de mashua</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 3 Mezclado y amasado en la elaboración de galleta con harina de mashua</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 4 Proceso de laminado y cortado en la elaboración de galleta con harina de mashua.</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 5 Enfriado y envasado para las galletas elaboradas con harina de mashua.</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 6 Evaluación sensorial de las galletas elaboradas con harina de mashua</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 7 Certificado de laboratorio de los resultados de análisis de las características nutricionales y funcionales.</i>	<i>124</i>
<i>Anexo 8 Certificado del laboratorio del método utilizado.....</i>	<i>126</i>
<i>Anexo 9 Certificado de laboratorio del análisis de la microbiología.....</i>	<i>128</i>
<i>Anexo 10 Resultados de evaluación sensorial.....</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 11 Norma técnica peruana para elaboración de galleta.....</i>	<i>138</i>

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en galletas dulces, considerando características nutricionales, funcionales y sensoriales. Se elaboraron seis formulaciones con niveles crecientes de mashua (0 %-25 %), analizadas mediante pruebas bromatológicas, espectrofotométricas y sensoriales.

Los resultados evidenciaron mejoras nutricionales con el incremento de mashua: el contenido de proteína aumentó de 5.37 % a 7.16 %, la fibra de 1.53 % a 2.88 %, los antioxidantes de 0.00 a 333.46 mg/100 g y las antocianinas de 0.00 a 3.05 mg/100 g. Paralelamente, disminuyeron los niveles de grasa (14.80 % a 11.45 %) y carbohidratos (76.31 % a 72.29 %), lo que confirma la mejora del perfil nutricional y funcional del producto.

En la evaluación sensorial, realizada con un panel de consumidores habituales, la formulación con 10 % de mashua (F3) obtuvo la mayor aceptación, con promedios de 7.98 en color, 8.14 en olor y 8.00 en sabor (“me gusta mucho”). A partir del 15 % de sustitución, la aceptabilidad disminuyó debido al color oscuro y un ligero sabor terroso.

En conclusión, la incorporación de 10 % de harina de mashua optimiza el valor nutricional de las galletas sin afectar su aceptación sensorial, constituyendo una alternativa viable para elaborar productos de galletería enriquecidos y fomentar el aprovechamiento de cultivos andinos con valor agregado.

Palabras clave: *Tropaeolum tuberosum*, antioxidantes, antocianinas, fibra dietaria.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos, el ser humano ha buscado una alimentación adecuada. Los hábitos alimenticios poco saludables de los consumidores han generado diversos problemas de salud (Gómez, Martínez & Rivas, 2019). En respuesta, la agroindustria identifica una oportunidad para desarrollar alimentos saludables, lo que impulsa la investigación en productos fortificados, enriquecidos y funcionales, orientados a satisfacer necesidades específicas de la población, con efectos beneficiosos para el organismo y capaces de prevenir diversas enfermedades (Lamos, Pérez & Salazar, 2018).

El mercado de galletas se encuentra en crecimiento debido a la demanda de productos más saludables, nutritivos e inocuos, con buen contenido de proteínas, fibra y bajo aporte calórico, sin afectar su aceptabilidad sensorial (Risco Valdez, 2023). Para lograrlo, se promueve la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas con alto valor nutricional y funcional (Daniells & Díaz, 2020). En este contexto, cultivos andinos como la mashua representan una alternativa prometedora, ya que contienen fibra, proteínas, antioxidantes, antocianinas, vitaminas y minerales beneficiosos para la salud humana (Grau, 2013).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) sobre las características nutricionales, funcionales y sensoriales de galletas dulces. Para ello, se emplearon diferentes niveles de sustitución: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 %. Los resultados evidenciaron que, a mayor porcentaje de sustitución, las galletas presentaron un incremento en el contenido de proteínas, cenizas, fibra dietética, compuestos antioxidantes y antocianinas, mientras que los niveles de grasa y carbohidratos disminuyeron. En la evaluación sensorial, la formulación con 10 % de sustitución obtuvo la mayor aceptación, destacando por su equilibrio en sabor, color y

aroma. En conclusión, la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua mejoró el perfil nutricional de las galletas, siendo el 10 % el nivel óptimo de sustitución en términos de calidad nutricional y aceptación sensorial.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En los últimos años, ha aumentado la preocupación por los problemas de salud relacionados con el consumo excesivo de alimentos procesados y refinados, lo que ha impulsado la búsqueda de opciones más saludables y sostenibles en la industria alimentaria. En este contexto, el trigo, uno de los ingredientes más comunes en la elaboración de galletas y otros productos de panadería, ha sido cuestionado debido a su bajo valor nutricional y la creciente prevalencia de enfermedades asociadas con su consumo, como la intolerancia al gluten y diversas afecciones metabólicas, (Reyes Narváez et al., 2020).

En la actualidad, la industria de panificación depende principalmente de la harina de trigo como insumo base; sin embargo, su elevado costo y bajo aporte en ciertos compuestos bioactivos generan la necesidad de buscar alternativas más nutritivas y sostenibles. En este contexto, la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), un tubérculo andino con alto contenido de proteínas, antioxidantes y fibra, se presenta como un recurso potencialmente subutilizado. (Arteaga-Cano et al., 2022)(Arteaga-Cano et al., 2022)

Aunque existen estudios que analizan las propiedades nutricionales de la mashua, son escasos los trabajos que evalúan los efectos de su sustitución parcial en la elaboración de galletas, especialmente en lo referido a sus características sensoriales, funcionales y nutricionales. El impacto de esta sustitución depende del porcentaje de harina de mashua incorporado, lo que genera incertidumbre respecto a la aceptación del producto por parte de los consumidores, así como sobre su textura, sabor, olor y color (Bermúdez et al., 2020). Este vacío en la investigación plantea la necesidad de un análisis detallado que permita comprender cómo la inclusión de harina de mashua puede mejorar el perfil

nutricional del producto sin comprometer sus atributos sensoriales, y de qué manera influye en su funcionalidad en términos de beneficios para la salud.

No obstante, a pesar del potencial nutricional y funcional de la mashua, en la industria galletera y de panificación persiste una fuerte dependencia de la harina de trigo, lo que limita la diversificación de materias primas y la incorporación de insumos locales de alto valor agregado. Esta situación genera una brecha en el desarrollo de productos estandarizados y saludables que, además de responder a las demandas del consumidor, promuevan el aprovechamiento de cultivos autóctonos. La ausencia cantidades definidas para la sustitución parcial de trigo por harina de mashua dificulta su incorporación en procesos industriales, restringiendo la innovación y reduciendo la competitividad de las empresas frente a un mercado cada vez más exigente en calidad nutricional y funcionalidad de los alimentos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & pavón) sobre las características nutricionales, funcionales y sensoriales de galleta dulce?

Problemas específicos

1. ¿Cómo influye la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en la composición nutricional (proteína, grasa cenizas y carbohidratos) de la galleta dulce?
2. ¿Qué efecto produce la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en las propiedades funcionales (fibra dietaria, antioxidantes totales y antocianinas) de la galleta dulce?
3. ¿Cuál es el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en la aceptabilidad sensorial (color, olor y sabor) de la galleta dulce

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & pavón) sobre las características nutricionales, funcionales y sensoriales de galleta dulce.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & pavón) sobre las características nutricionales (proteína, grasa, cenizas y carbohidratos) en la elaboración de galleta dulce.
2. Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en las propiedades funcionales (fibra dietaría, antioxidantes totales y antocianinas) de la galleta dulce
3. Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en la aceptabilidad sensorial (color, olor y sabor) de la galleta dulce.

HIPOTESIS

Hipótesis general

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) afecta significativamente las características nutricionales y funcionales de la galleta dulce, sin afectar negativamente su aceptabilidad sensorial.

Hipótesis específicas

1. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua influye en el contenido de proteína, grasa, cenizas y carbohidratos de la galleta dulce
2. La sustitución parcial de harina trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & pavón) influye significativamente sobre el contenido de compuestos funcionales (fibra dietaria, antioxidantes totales y cuantificación de antocianinas).
3. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua afecta en la aceptabilidad sensorial (color, olor y sabor) de la galleta dulce evaluada

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación evalúa los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en la elaboración de galletas dulces y su impacto en las características **nutricionales, funcionales y sensoriales**.

Económicamente. esta iniciativa promueve el uso de la mashua, un tubérculo originario de los Andes, lo que puede proporcionar nuevas fuentes de ingresos para los agricultores rurales y reducir la dependencia de insumos importados, como el trigo. Además, la sustitución podría contribuir a fortalecer la industria alimentaria local, promoviendo el desarrollo económico en las regiones productoras y en industrias dedicadas a la línea galletera y panificación.

Social. Esta investigación respondería a la creciente demanda de opciones alimenticias más saludables y accesibles. La inclusión de mashua, rica en nutrientes como fibra, proteínas y minerales, incrementaría el valor nutricional de las galletas, beneficiando a grupos vulnerables, al ofrecer una alternativa alimentaria más inclusiva y nutritiva.

Tecnológica. Con esta investigación se podría abrir a nuevas oportunidades para innovar en la formulación de productos de panadería, permitiendo la creación de galletas con un perfil nutricional más balanceado, acorde con las tendencias de consumo saludable. La evaluación de sus características sensoriales garantizaría la aceptación del producto por los consumidores.

Ambiental. El cultivo de mashua es más sostenible que otros cultivos tradicionales, ya que es resistente a plagas y requiere menos insumos como fertilizantes

y pesticidas. Esto favorece prácticas agrícolas más sostenibles y contribuye a reducir la huella ecológica de la producción alimentaria.

Esta investigación no solo busca mejorar la calidad nutricional del producto, sino que también proporciona soluciones sostenibles desde las perspectivas económica, social, tecnológica y ambiental.

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Internacionales

Cañar Pujos (2023) desarrolló un trabajo de tesis en la Universidad Técnica de Ambato; Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología; Carrera de Alimentos. El estudio propuso la utilización de harina de mashua y zanahoria blanca para la elaboración de galletas dulces. Ambas harinas fueron empleadas en su totalidad (100 %); lo que permitió formular masas estables, con una textura adecuada. Tras el horneado, las galletas obtuvieron buena aceptación sensorial en cuanto a color, olor, sabor y textura. Las galletas elaboradas con harina de mashua presentaron 5,10 % de humedad; 12,3 % de grasa; y $67,32 \pm 0,05$ % de carbohidratos; mientras que aquellas formuladas con zanahoria blanca destacaron por su mayor contenido de carbohidratos y un pH favorable. En conclusión, ambos ingredientes permitieron obtener productos con propiedades sensoriales y nutricionales destacables.

Li, Walker y Faubion (2011), en su investigación realizada en Kansas State University (EE.UU.), evaluaron el efecto del uso de acidulantes (ácido cítrico y ácido láctico) y del tipo de horno (convencional y de convección) sobre el contenido total de antocianinas en galletas elaboradas con harina de maíz azul. El estudio demostró que la incorporación de acidulantes ayudó a estabilizar las antocianinas durante el horneado, mientras que el horno de convección permitió una mejor retención de estos compuestos bioactivos en comparación con el horno convencional. Los resultados mostraron que bajo condiciones óptimas se alcanzaron hasta 227 mg de antocianinas por kg de galletas. Este trabajo constituye un antecedente importante, ya que resalta cómo las variables del proceso (como pH y tipo de horneado) afectan la conservación de compuestos fenólicos

en productos horneados, lo cual es relevante para el diseño de alimentos funcionales con propiedades antioxidantes.

Bastias-Montes, J. M., et al. (2023), en su trabajo de investigación “Incorporation of *Aristotelia chilensis* (maqui) into cookie formulations: physicochemical properties and antioxidant capacity”, realizado en la universidad la Serena Chile, evaluó el efecto de la incorporación de harina de maqui (*Aristotelia chilensis*) en la formulación de galletas, con énfasis en sus propiedades fisicoquímicas y su capacidad antioxidante. Se elaboraron galletas con diferentes niveles de sustitución y se analizaron parámetros como textura, color, humedad, contenido fenólico total y capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH y ABTS. Los resultados demostraron que el aumento en la proporción de maqui mejoró significativamente la actividad antioxidante, alcanzando valores entre 118.03 y 1213.86 mg /100 gr, sin afectar negativamente la aceptabilidad sensorial. El estudio concluye que el maqui representa una fuente funcional con potencial para enriquecer productos horneados, gracias a su alto contenido de antocianinas y compuestos fenólicos.

Hosseinia et al. (2021) evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de *Elaeagnus angustifolia* (oleaster) en la elaboración de galletas, con énfasis en sus propiedades nutricionales y antioxidantes. Se formularon galletas con diferentes niveles de sustitución (0 % a 25 %) y se analizaron parámetros como contenido de proteínas, grasas, fibra, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante (mediante los métodos ABTS, FRAP y CUPRAC). Los resultados mostraron que el incremento en el porcentaje de harina de oleaster elevó significativamente el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de las galletas, alcanzando hasta 15.37 mg/100g por el método ABTS y 23.82 mg/100g por CUPRAC. Además, las galletas mejoraron su perfil nutricional sin afectar negativamente sus propiedades

sensoriales. Este estudio respalda el uso de ingredientes funcionales de origen vegetal para el desarrollo de productos de panificación con beneficios para la salud.

Gunsha Maji, (2020). Investigación realizada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Ecuador, utilizó harina de mashua, con el fin de elaborar galletas y obtener galletas con sabor igual al de cualquier galleta comercial, pero con un alto contenido nutricional en proteína. Evaluó el reemplazo parcial de harina de trigo por harina de mashua en galletas, con las concentraciones de 10%, 20%, 30% y 40%. Se aplicó un diseño experimental con cuatro repeticiones y se encontraron diferencias significativas en la absorción de agua, estabilidad y debilitamiento, pero no en el tiempo de desarrollo. La mezcla con 10% de harina de mashua fue la mejor aceptada sensorialmente. Los resultados obtenidos del análisis físico-químicos fueron: proteína 6,71%, humedad 2,85% y cenizas 1,48%, sin presencia de mohos o levaduras.

Nacionales

Astuhuaman Cajahuanca & Medina Paita, (2019). Trabajo de tesis realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua en la elaboración de galletas, utilizando diferentes proporciones de incorporación. Para ello, se formularon galletas con niveles de reemplazo del 4% (T4%), 8% (T8%) y 12% (T12%), comparándolas con una muestra control sin sustitución (T0%). La aceptabilidad general de las galletas fue evaluada mediante una escala hedónica de 5 puntos.

Los resultados indicaron que la muestra con el 12% de sustitución (T12%) presentó la mayor tasa de reemplazo, obteniendo puntuaciones promedio de 4.5, 4.45, 4.65 y 4.50 en diferentes criterios sensoriales. Para determinar diferencias significativas entre las formulaciones, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05, complementado con la prueba de Tukey. La evaluación sensorial,

realizada por 20 jueces semi-entrenados, consideró atributos como color, olor, sabor y textura.

El análisis proximal de la mejor formulación (T12%) arrojó los siguientes valores: humedad (4.89%), proteína (11.68%), fibra cruda (0.53%), ceniza (1.05%), grasa (11.21%) y carbohidratos (70.64%). Se evidenció que a medida que aumentó la proporción de harina de mashua en la formulación, se produjo un incremento en los contenidos de proteína, fibra y cenizas, mientras que los niveles de grasa y carbohidratos disminuyeron.

Hanco C. et al., (2023), trabajo de investigación realizado en la Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales, Este estudio evaluó la sustitución parcial de harina de trigo con harina de mashua y cañihua en galletas tradicionales tipo condesa. Se elaboraron cuatro formulaciones variando los porcentajes de harina de mashua (8%, 10%) y cañihua (1%, 2%), evaluando la textura y el color de las galletas. Los resultados mostraron que la sustitución parcial influye en la textura y el color, siendo la formulación con 8% de harina de mashua y 1% de harina de cañihua la que presentó menor dureza. Estos hallazgos sugieren que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de mashua y cañihua es factible y puede ofrecer beneficios nutricionales en la producción de galletas tradicionales

CAPITULO - I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. MASHUA

1.1.1. Generalidades

La **mashua** (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo andino consumido desde tiempos ancestrales debido a su alto valor nutricional. Se caracteriza por su contenido de almidón, azúcares, vitamina C y proteínas, además de minerales esenciales como fósforo, calcio y hierro. Asimismo, las variedades de color negro presentan una mayor concentración de antocianinas, compuestos con actividad antioxidante (López et al., 2023).

La mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva en los valles interandinos de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Elena et al., 2019).

Los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón presentan una notable resistencia a las heladas y una mayor facilidad de adaptación y crecimiento en diversas condiciones agroecológicas. La mashua, al poseer propiedades bactericidas, nematocidas, fungicidas, insecticidas y repelentes de insectos, se cultiva comúnmente de manera intercalada con otros tubérculos más susceptibles como la papa, oca y melloco, debido a su destacada capacidad para proteger los cultivos asociados, reduciendo la incidencia de plagas de manera natural y sostenible (López et al., 2023).

1.1.2. Denominaciones

Nombre botánico	: <i>Tropaeolum tuberosum</i>
Familia	: Tropaeolacea
Nombres comunes:	
Quechua	: mashua, aña, apiñu, apiña-mama
Español	: mashua (mafua, mauja, maxua).
Perú	: mashua, aña, anyu
Bolivia	: isaño, isañu, apilla

Nota: (Elena et al., 2019)

1.1.3. Clasificación

Según Arteaga - Cano et al., (2022). La clasificación taxonómica es como sigue:

Reino	Vegetal
División	Espermatofita
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Super orden	Dicifloras
Orden	Geraniínea
Familia	Tropaeolaceae
Genero	<i>Tropaeolum</i>
Especie	<i>Tuberosum</i>

Nombre científico *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón

Nota: Datos tomados de características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): (Malpartida, 2022).

1.1.4. Composición nutricional de la mashua

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo andino de alto valor nutricional y funcional. Aporta pocas calorías (35–52 kcal/100 g) y gran humedad (79–93%), favoreciendo frescura y digestibilidad. Contiene proteínas (1.1–2.7 g), carbohidratos (7–10 g) y fibra (0.5–1.5 g), que contribuyen a la saciedad y regulación intestinal. Destaca por su aporte de calcio, hierro, vitaminas B, vitamina C (77.5 mg) y β -carotenos, compuestos antioxidantes que previenen el daño celular y fortalecen el sistema inmunológico, consolidándose como alimento funcional..(Elena et al., 2019).

Tabla 1

Composición nutricional de la mashua negra en 100 gramos de alimento

<i>Componente</i>	<i>Rango</i>	<i>Unidad</i>
<i>Energía</i>	35–52	<i>Kcal</i>
<i>Humedad</i>	79.2- 93.8	%
<i>Proteína</i>	1.1–2.7	<i>g</i>
<i>Carbohidratos</i>	7.0–10.5	<i>g</i>
<i>Fibra</i>	0.5–1.5	<i>g</i>
<i>Cenizas</i>	0.6–1.1	<i>g</i>
<i>Grasa</i>	0.5–0.9	<i>g</i>
<i>Azúcares</i>	5.37–9.33	<i>g</i>
<i>Calcio</i>	10–13	<i>mg</i>
<i>Hierro</i>	0.8–1.1	<i>mg</i>
<i>Vitamina A</i>	9–12	<i>mg</i>
<i>Tiamina</i>	0.1	<i>mg</i>
<i>Riboflavina</i>	0.12	<i>mg</i>
<i>Niacina</i>	0.67	<i>mg</i>
<i>Vitamina C</i>	77.5	<i>mg</i>
<i>β-caroteno equivalente</i>	10	<i>μg</i>

Nota: Composición nutricional de la mashua recuperado de Elena et al., (2019).

1.1.5. Harina de Mashua Negra

a) Contenido de Proteína

El contenido de valor nutricional es de suma importancia en las harinas para la elaboración de un producto.

La cantidad de proteína cruda de una harina está relacionada con el nitrógeno total, mientras la evaluación de su calidad se relaciona, especialmente, con las características fisicoquímicas de los componentes del gluten.(Gonzáles et al., 2020).

b) Humedad

La humedad es un factor que se debe tener en cuenta al momento del almacenamiento y tener una harina de buenas características para su uso. Según INACAL, el 15% es la humedad adecuada que debe contener

La determinación de la humedad se hace calculando la pérdida de peso de la harina cuando se calienta a 100°C por cinco horas en el vacío o a 130°C durante una hora en la presión atmosférica (Gonzáles et al., 2020).

c) Cenizas

Las cenizas son extraídas de las harinas para saber el contenido que tiene este producto, Esta prueba se ha utilizado durante mucho tiempo como una medida importante de la calidad de la harina (Gonzáles et al., 2020).

d) Color de la harina

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa.(López, 2023).

En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto (López, 2023).

El sistema visual humano tiene una gran habilidad para discriminar entre colores pero una pobre memoria visual, por lo que la valoración del color ayudada por patrones como los mencionados, mejora las valoraciones visuales (Medina & Uscca, 2018).

1.1.6. Características Funcionales de la Harina de Mashua Negra

La harina de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) presenta propiedades funcionales destacadas que la diferencian de otras variedades de tubérculos andinos. Su almidón contiene 24.16 % de amilosa, lo cual le confiere una cocción rápida y baja retrogradación. La temperatura de gelatinización es de 59.57 °C, valor menor en comparación con la mashua amarilla (63.40 °C), lo que facilita procesos tecnológicos de cocción y extrusión. Asimismo, presenta un índice de absorción de agua de 28.73 g gel/g muestra, un poder de hinchamiento de 39.51 % y una solubilidad de 18.02 %, parámetros que le otorgan aplicaciones potenciales en la elaboración de productos con buena textura, viscosidad y capacidad de retención de humedad (Quipe Ruiz, 2018).

La mashua negra destaca por su riqueza en metabolitos secundarios. Estudios reportan un contenido de antocianinas totales de 130–150 mg/100 g, fenoles totales entre 800 y 900 mg EAG/100 g, flavonoides en el rango

de 70–90 mg CE/100 g y una capacidad antioxidante superior a 200 μ mol Trolox/g. Además, contiene vitamina C entre 18 y 25 mg/100 g y carotenoides totales cercanos a 2.5 mg/100 g, lo que refuerza su acción como antioxidante natural. Procesos tecnológicos como la extrusión o el secado pueden reducir compuestos termosensibles como la vitamina C y las antocianinas, pero también incrementan el contenido de flavonoides y fenoles, manteniendo el valor funcional de la harina (Galindo Quispe, 2023).

Los compuestos bioactivos presentes en la mashua negra, como los glucosinolatos (30–40 μ mol/g de peso seco), poseen propiedades nutraceuticas de gran interés. Estos metabolitos participan en la inhibición de enzimas digestivas como α -amilasa y α -glucosidasa, lo que contribuye a la regulación de la glucosa sanguínea. Asimismo, las antocianinas y polifenoles ejercen un efecto protector contra el estrés oxidativo y procesos inflamatorios, vinculándose con la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y algunos tipos de cáncer. De este modo, la harina de mashua negra no solo constituye un recurso agroindustrial con propiedades tecnológicas valiosas, sino también un ingrediente con potencial en el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos (Feliciano-Muñoz et al., 2021).

1.2. GALLETAS

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 206.001:2016, las galletas son productos crujientes y livianos, obtenidos al cocer una masa que incluye harina, azúcar, grasas comestibles y otros ingredientes como

leudantes, leche, huevos, féculas, saborizantes, colorantes y conservantes. (NTP.206.001., 2016).

La normativa establece que las galletas pueden variar en forma y tamaño, pero deben cumplir con estándares de calidad e higiene en su producción para asegurar su seguridad y sus características sensoriales, como el sabor, la textura y la apariencia. Además, los ingredientes utilizados deben ser seguros y estar debidamente autorizados, (NTP.206.001., 2016).

Las galletas son productos de consistencia más o menos dura y crocante, de forma variable, obtenidos por el cocimiento de masas preparadas con harina, con/sin leudantes, leche, féculas, sal, huevo, agua potable, azúcar, mantequilla, grasas comestibles y otros ingredientes permitidos y debidamente autorizados (Contreras, 2015). El mercado de galletas en Perú se caracteriza por su gran nivel de innovación y constantes lanzamientos, siendo lo más común la introducción de nuevos sabores, sobre todo en el segmento de galletas dulces (Luna, 2021).

1.2.1. *Calidad de la galleta*

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 206.001:1981 – Galletas. Requisitos, emitida originalmente por el Sistema Peruano de Normalización y actualmente administrada por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), las galletas destinadas al consumo humano deben cumplir con especificaciones que garanticen su calidad e inocuidad.

La norma establece un máximo de 12 % de humedad, un índice de peróxidos de hasta 5 mEq/kg de grasa, un mínimo de 8,5 % de proteína, un máximo de 3 % de cenizas y una acidez máxima de 0,10 % expresada como

ácido láctico. Estos parámetros aseguran tanto la estabilidad como el valor nutritivo del producto (INACAL, 1981/2016).

Las características organolépticas, las galletas deben presentar un color uniforme y característico, un sabor y olor agradables, libres de rancidez o alteraciones, así como una textura crujiente y una forma íntegra según su tipología (redonda, cuadrada, rectangular, entre otras). Además, deben estar libres de contaminantes visibles o cuerpos extraños. En lo microbiológico, la norma se complementa con disposiciones sanitarias vigentes que exigen la ausencia de patógenos como *Salmonella* y *Escherichia coli*, junto con límites establecidos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, garantizando la inocuidad alimentaria (INACAL, 1981/2016).

a) Factores que Influyen en las Características Nutricionales de la Galleta.

Las características nutricionales de las galletas dependen en gran medida de la calidad y tipo de materia prima empleada. El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, fibra y micronutrientes se ve influenciado por la selección de harinas, ya que estas aportan componentes diferenciados. Por ejemplo, la inclusión de harinas andinas como kiwicha, tarwi o mashua incrementa la densidad nutricional debido a su alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos, mejorando el valor nutricional en comparación con harinas refinadas de trigo (Flores et al., 2021).

Asimismo, los procesos tecnológicos aplicados durante la elaboración de alimentos juegan un rol determinante en la composición

nutricional. Factores como la temperatura de horneado, o el tiempo de cocción pueden modificar la biodisponibilidad de nutrientes, reducir la presencia de compuestos anti nutricionales o degradar vitaminas sensibles al calor. La investigación reciente evidencia que temperaturas elevadas durante el horneado pueden disminuir el contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes, aunque también potencian características funcionales como la digestibilidad del almidón y la textura final del producto (Gutiérrez et al., 2020).

La formulación y el uso de aditivos también influyen en las características nutricionales. La incorporación de grasas saludables, edulcorantes alternativos o fibras dietéticas puede modificar el perfil nutricional y funcional del alimento. Por ejemplo, el enriquecimiento con proteínas vegetales y fibras solubles no solo mejora la calidad nutricional, sino que también incrementa el efecto saciante y el potencial de salud del producto. En este sentido, el diseño de alimentos funcionales se orienta a satisfacer tanto la calidad sensorial como los requerimientos de una dieta equilibrada (Vásquez et al., 2022)

b) Factores que Influyen en las Características Funcionales de la Galleta

Las características funcionales de las galletas están influenciadas por la calidad y tipo de materias primas empleadas en su formulación. Ingredientes como las harinas alternativas (tarwi, kiwicha, mashua, quinua, entre otros) aportan propiedades diferenciadas en términos de absorción de agua, capacidad de retención de aceite, solubilidad de proteínas y aporte de compuestos bioactivos que modifican la textura, el color y el valor nutricional del producto. Según Espinoza et al. (2022), la incorporación de

harinas no convencionales mejora la funcionalidad tecnológica de las galletas, contribuyendo a la formación de una estructura más estable y con mejores características de expansión.

Otro factor clave es el proceso tecnológico, en particular las condiciones de mezclado, laminado y horneado. La temperatura y el tiempo de horneado afectan significativamente la retención de compuestos bioactivos, la gelatinización del almidón y las reacciones de Maillard, que repercuten en el color, sabor y textura del producto final. De acuerdo con García-García y González (2020), la variación en estos parámetros puede optimizar la crocancia y mejorar la aceptación sensorial, aunque un exceso puede reducir la biodisponibilidad de proteínas y aminoácidos esenciales.

c) Factores que Influyen en las Características Sensoriales de la Galleta

Las características sensoriales de una galleta están determinadas por una interacción compleja de factores relacionados con los ingredientes, el proceso de elaboración y las condiciones de almacenamiento. En primer lugar, los ingredientes como el tipo y proporción de harina, la calidad de las grasas y azúcares, así como la presencia de aditivos (emulsionantes, mejoradores, saborizantes), tienen un impacto directo en atributos como la textura, el color, el aroma y el sabor del producto final. Por ejemplo, la sustitución parcial de harina de trigo por harinas andinas o leguminosas puede modificar el color y la dureza de la galleta, afectando su aceptabilidad sensorial (Gómez et al., 2021).

En segundo lugar, los parámetros del proceso tecnológico, como la temperatura de horneado, el tiempo de cocción y la humedad final, también

influyen en la formación de compuestos aromáticos y en la textura. Un horneado excesivo puede generar sabores amargos y coloraciones indeseadas por la reacción de Maillard, mientras que un horneado insuficiente produce galletas blandas con menor desarrollo de aroma. Asimismo, la homogeneidad en la mezcla y el laminado de la masa contribuyen a una textura más uniforme, característica muy valorada en la evaluación sensorial (Martínez et al., 2020).

1.2.2. *Materia prima y aditivos comunes para la elaboración de galletas*

a) *Harinas*

La harina de trigo, contiene gluten, es el principal componente de casi todas las galleterías; se puede añadir pequeñas cantidades de otras harinas sucedáneas para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales (Inmigran, 2024).

Para la elaboración de galletas, se utilizan harinas de trigo blandas, las cuales presentan un menor contenido proteico y menor absorción de agua en comparación con las harinas de trigo duro (Ramírez et al., 2020). El gluten, presente en el trigo, el centeno y la cebada, está compuesto por dos proteínas principales: las gliadinas y las gluteninas. Las gliadinas son solubles en alcohol y aportan cohesión y extensibilidad a la masa, mientras que las gluteninas contribuyen a la tenacidad y firmeza de la misma (Ramírez et al., 2020).

Para la fabricación de galletas se puede utilizar mezcla de dos o más harinas sucedáneas como cereales (trigo, arroz, cebada, avena, centeno, maíz, mijo, sorgo, kiwicha, quinua, kañiwa, etc.), leguminosas (lentejas,

garbanzo, frijoles, alverjas, etc.), oleaginosas (ajonjolí, maní, soja, castañas, etc.), raíces o tubérculos (papa, yuca, camote, etc.), frutos (plátanos, manzanas, pasas, coco, etc.). (Ale Ruiz, 2018).

Tabla 2

Composición de la harina de trigo en 100 gramos de alimento

Componente	Cantidad
Energía (Kcal)	354.00
Humedad (g)	10.80
Proteínas (g)	10.50
Grasa total (g)	2.00
Carbohidratos totales (g)	76.30
Carbohidratos Disponibles (g)	73.60
Fibra cruda (g)	1.50
Fibra dietética (g)	2.70
Cenizas (g)	0.40

Nota: (Ale Ruiz, 2018).

b) Concentrado proteico

Puede utilizarse cualquier proteína de origen animal o vegetal, para consumo humano producida en condiciones apropiadas; por ejemplo, productos lácteos, concentrados proteicos de la soja, huevos frescos/deshidratados, etc. menciona las cualidades nutricionales de los productos lácteos y concentrados proteicos de la soja: - Productos lácteos. Estos productos son utilizados en galletería por su sabor, por su valor

proteico y contenido de aminoácidos el cual es de suma importancia en la alimentación del consumidor (Ale Ruiz, 2018).

c) *Azúcar*

El contenido de azúcares en la masa de las galletas influye significativamente en su textura, tamaño, grosor y peso. Un alto contenido de azúcar en la masa produce galletas con una estructura cohesiva y una textura crujiente. Durante la cocción, los azúcares reductores, como la glucosa y la fructosa, participan en la reacción de Maillard, que es responsable del color dorado en la superficie de las galletas (Bordas, 2021; Innograin, 2023).

d) *Grasas*

Es el ingrediente más importante utilizado en la industria galletera, después de la harina y azúcar, pero considerablemente más caro. La grasa juegan un papel muy importante puesto ayuda a las masas en su posibilidad de asimilación de aire y esto hace que la masa se desarrolle al hornearse, también le da un gusto agradable la galleta, las grasas también son utilizadas para una cocción rápida y darle coloración muy agradable. En las masas tienen la misión de anti aglutinante y funciones de textura, de forma que las galletas resulten menos duras (Inmigran, 2024). Las galletas cortadas con alambre comprenden los productos que incluyen probablemente los tipos más comunes de galletas que se encuentran en el mercado.

e) *Aditivos*

Son sustancias aptas para consumo humano, naturales o sintéticas, o mezcla de sustancias diferentes al alimento, sin constituir por sí mismas un

alimento o poseer valor nutricional, que se adicionan intencionalmente para lograr ciertos beneficios, por ejemplo: evitar su deterioro por microorganismos e insectos, conservar su frescura, desarrollar alguna propiedad sensorial o como ayuda para el proceso (Carbajal-Sánchez et al., 2023)

- ***Leudantes.*** Son sales inorgánicas que añadidas a la masa, solas o combinadas, reaccionan produciendo gases, dan la textura dentro de la galleta; por ejemplo: bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio (Carbajal-Sánchez et al., 2023).
- ***Emulsionantes.*** Cumplen la función de estabilizar las mezclas de dos líquidos inmiscibles: agua en aceite (grasa), son lubricantes en masas pobres en grasas, también modifican la cristalización de la grasa. Actúan en dosis muy bajas (menos de 2 por ciento en peso del producto) y hay pocos emulsionantes naturales, por ejemplo, la lecitina, obtenida principalmente de la soja (Nacho, 2019).
- ***Saborizantes.*** Sustancia que confieren o mejoran el sabor los alimentos en dulces, salados o ácidos, estos son de origen natural o sintético. Las condiciones soportadas durante la cocción son muy severas para estas sustancias saborizantes (Nacho, 2019).
- ***Sal*** (cloruro de sodio). El cloruro de sodio debe cumplir con las siguientes exigencias como tener pureza, de grano fino o muy fino para ser utilizada en la industria del dulce la cantidad a utilizar es de 1 a 1.5 % del peso de la harina. A niveles superiores del 2.5 por ciento, el producto se hace desagradable (Carbajal-Sánchez et al., 2023).

- **Los Colorantes.** Son sustancias de origen natural o artificial que se utiliza en la industria galletera con el fin de darle una mejor apariencia uniforme a las galletas. En la actualidad posee una gama extensa de colores firmes y vivos los cuales son utilizadas en pequeñas cantidades en los alimentos y sus precios son muy baratos Se añaden a la masa para sugerir una riqueza de autenticidad y ser agradables al paladar (Carbajal-Sánchez et al., 2023).
- **Agua.** Es un catalizador y también es un nutriente que hace posible que haya cambios en los ingredientes, influye también en la masa y en la textura rígida después de la cocción. Permite ocurran cambios en otros ingredientes, como en la transformación de la masa y producción de una textura rígida después de cocida. Casi toda el agua añadida a la masa es eliminada durante la cocción en el horno (Carbajal-Sánchez et al., 2023).

1.3. ALIMENTOS FUNCIONALES

Los alimentos funcionales son raciones que contiene valor proteico y que son muy necesarios en la dieta del ser humano para un buen desarrollo físico y mental. Estos alimentos están compuestos por carbohidratos, proteínas, grasas, colesterol, vitaminas, minerales, fibra dietética y azúcares. Actualmente existe una gran variedad de alimentos procesados y está en auge el empleo de ingredientes que le den un beneficio extra a la salud de las personas. (Anaya- et al., 2024).

"Alimentos funcionales". Son consideradas como medicina y también como tradicionales, cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona"(Mwangi & Abiero, 2021).

Estos alimentos son considerados como favorecedores de la salud y como prevenir de contraer enfermedades crónicas prevalentes, como las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, el cáncer, la obesidad, la osteoporosis y otras, representa una nueva vuelta de tuerca en la búsqueda de nuevos nichos de mercado en el ámbito nutricional sanitario-farmacéutico. En el presente artículo se intenta dilucidar si esos alimentos están avalados por estudios clínicos o si son simplemente una nueva forma de marketing impulsada por la industria agroalimentaria. (Anaya- et al., 2024).

Son alimentos naturales al que sea quitado o añadido un ingrediente a través de una tecnología o biotecnología. Un alimento donde la naturaleza de uno o más componentes ha sido variada. Son alimentos que tienen la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes fueron modificados. Los "alimentos funcionales" pueden clasificarse en:

- Alimentos funcionales que naturalmente contienen un componente que ofrece beneficios adicionales al consumidor.
- Alimentos procesados en el que el componente se añade al alimento para darle beneficios adicionales al cuerpo humano, incluyendo: mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica; prevención o recuperación de alguna enfermedad específica; control de las condiciones físicas y mentales; y retardo en el proceso de envejecimiento. (Mwangi & Abiero, 2021).

1.3.1. Los colorantes naturales.

La mayoría de los pigmentos vegetales, entre los cuales se encuentran las antocianinas, se localizan en el protoplasma de las células, dentro de los organelos especializados llamados plástidos, que se pueden

observar con el microscopio, ya que forman pequeñas placas o agujas de estructura cristalina; en algunos casos, cuando son solubles en agua, se ubican disueltos en las vacuolas de las células (Lara et al., 2024).

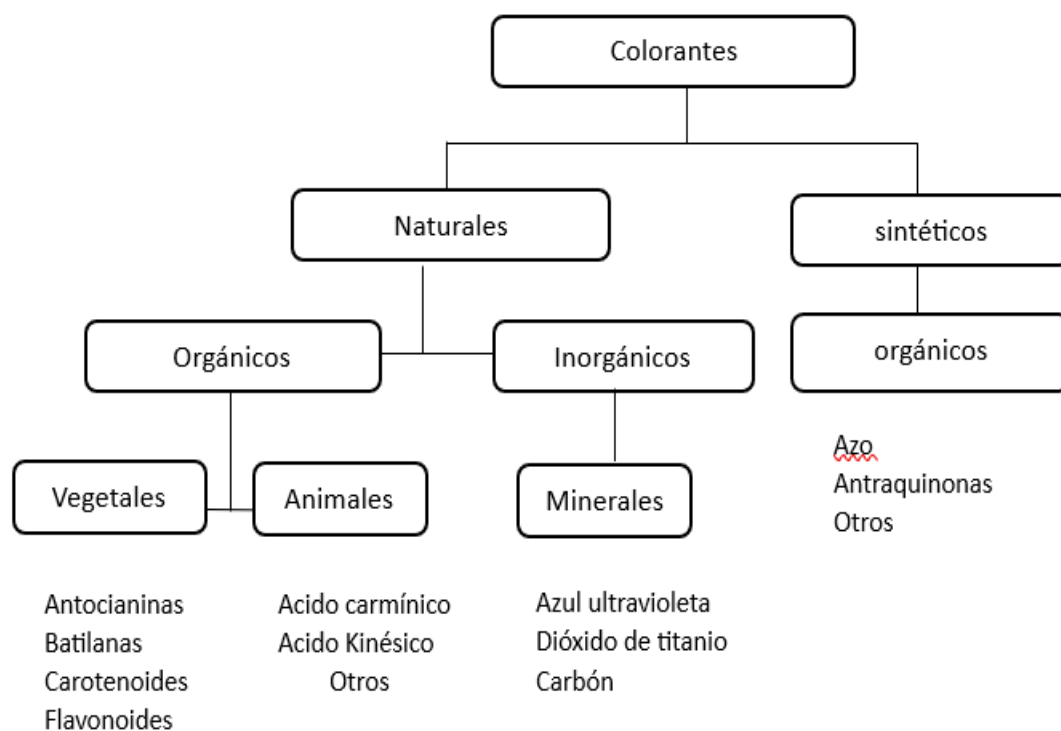
Los colorantes naturales son extraídos de las plantas superiores, algas, insectos y hongos. Las plantas superiores son cultivadas en gran cantidad, pero tienen menor densidad de color y esto hace que no sea su extracción rápida y económica, son solubles en agua, otros colorantes son solubles solo con solventes orgánicos como éter, etc. Su identificación se basa en la propiedad que tiene cada pigmento de absorber una cierta longitud de onda del espectro visible; los carotenoides por ejemplo, absorben una energía radiante de alrededor de 440nm, mientras que las clorofilas, antocianinas y la mioglobina lo hacen a longitudes de onda de 655, 510 y 555 nm, respectivamente (Gómez, 2016).

Cada colorante presenta una composición química propia que determina sus propiedades fisicoquímicas y su comportamiento en distintos medios. Una de las características más relevantes es su curva espectrofotométrica, la cual constituye una especie de “huella digital” que permite identificarlo y diferenciarlo de otros compuestos similares. Dentro de esta curva, resulta esencial conocer los valores de máxima absorbancia, ya que estos indican la longitud de onda específica en la cual el colorante capta con mayor intensidad la radiación lumínica. Este fenómeno ocurre dentro del intervalo visible, comprendido entre los 380 y 750 nanómetros, y es crucial tanto para estudios analíticos como para aplicaciones industriales. Por ejemplo, en el campo de los alimentos, los máximos de absorbancia permiten establecer la estabilidad del colorante frente a variaciones de pH,

temperatura o exposición a la luz, factores que influyen directamente en la calidad visual y aceptación sensorial del producto (Flores, 2013).

Figura 1

Clasificación de los colorantes



Nota: Clasificación de los colorantes naturales y sintéticos (Lara et al., 2024).

1.3.2. Organización y capacidad de antocianinas en alimentos.

Las antocianinas son colorantes solubles en agua localizadas en las vacuolas de la célula vegetal, este colorante podemos encontrar en las diferentes especies del reino vegetal los encontramos en las hojas, frutos, flores y en otras partes de las plantas, Su contenido es variado incluso en la misma especie debido a factores genéticos, luz, temperatura y factores agronómicos (Aguirre Huayhua, 2019).

1.3.3. Las antocianinas y sus propiedades funcionales.

Las antocianinas son pigmentos naturales pertenecientes al grupo de los flavonoides, responsables de las tonalidades que van desde el rojo hasta el azul en diversas frutas y verduras. Estos compuestos han sido objeto de múltiples estudios en los últimos años debido a sus destacadas propiedades funcionales que benefician la salud humana. (Xóchitl F, 2022)

- **Propiedades antioxidantes y antiinflamatorias**

Las antocianinas se caracterizan por su potente acción antioxidante, lo que les permite neutralizar los radicales libres y mitigar el estrés oxidativo en el organismo. Este mecanismo contribuye a la preservación de la integridad celular y a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas. Además, poseen propiedades antiinflamatorias que pueden ser de gran utilidad en el control de diversas afecciones inflamatorias. (Xóchitl F, 2022)

- **Beneficios cardiovasculares**

El consumo frecuente de alimentos con alto contenido de antocianinas se asocia con una mejor salud cardiovascular. Investigaciones recientes han evidenciado que estos compuestos pueden ayudar a regular la presión arterial, disminuir los niveles de colesterol LDL y optimizar la función endotelial, lo que reduce el riesgo de enfermedades del corazón. (Xóchitl F, 2022)

- **Efectos antidiabéticos**

Las antocianinas han demostrado ser eficaces en el control de los niveles de glucosa en sangre y en la mejora de la respuesta del organismo a la insulina. Estas propiedades las posicionan como un aliado clave en la

prevención y tratamiento de la diabetes tipo 2, debido a su influencia positiva en el metabolismo de los carbohidratos y en la función pancreática. (Xóchitl F, 2022)

- **Actividad neuro protectora**

Estudios recientes indican que las antocianinas podrían tener un efecto neuro protector, lo que resultaría favorable en la prevención de trastornos neurodegenerativos como el Alzheimer y el Parkinson. Su capacidad para cruzar la barrera hematoencefálica, junto con sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, favorece la protección de las neuronas. (Xóchitl F, 2022)

1.3.4. Los principales factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas.

Según Acevedo, (2021), El núcleo flavilio de las antocianinas es deficiente en electrones, lo que las hace altamente reactivas y propensas a cambios en su estructura y color. Esta reactividad puede provocar la formación de formas incoloras, afectando la estabilidad del pigmento.

La mayor estabilidad de las antocianinas lo encontramos en condiciones ácidas y en cuanto a su pigmentación son un tanto más estables. Por otro lado, el tono de pigmento y su estabilidad se modifican por la sustitución del aglicón. Durante la extracción del tejido vegetal las antocianinas se degradan, también a lo largo de procesamiento y en el almacenamiento de los alimentos por lo cual es responsable de la efectiva utilización como colorantes. El conocimiento de la química de las antocianinas se puede utilizar para minimizar su degradación mediante la

adecuada selección de los procesos y por selección de los pigmentos de antocianina que sean más adecuados para la aplicación que se desee (Reyna et al., 2022).

La conformación química, temperatura, el pH, luz, la concentración de oxígeno son los factores que causan la degradación de la antocianina, los factores de menor interés son: ácido ascórbico, dióxido de azufre, la presencia de enzimas degradativas, iones metálicos y azúcares como se detalla:

- ***Efectos estructurales***

En la estabilidad y reactividad de la molécula de antocianina. Son responsables los grupos acilos que se encuentran unidas a la aglicona y Las unidades glicosídicas. También el patrón de sustitución de la antocianidina, el número y posición de los grupos hidroxilos y metoxilos en el aglicon afecta el comportamiento químico de la molécula del pigmento (Córdova 2021).

Existen estudios discrepantes respecto al efecto de la hidroxilación y metilación de las moléculas de antocianinas, algunos estudios demuestran que el incremento de la hidroxilación del aglicon estabiliza las antocianidinas por ejemplo en un estudio realizado por (García-Gómez et al 2022) se encontró que la delfinidina (2 grupos hidroxilos) es más estable que cianidina (un grupo hidroxilo) en metanol acidificado en otra investigación conducida por (Cabrita et al., 2000). Demostraron que la solución buffer a pH 3.1 cianidina 3-glucósido fue más estable que pelargonidina 3-glucósido, pero la delfinidina 3 glucósido fue menos estable que cianidina

3 glucósido, además que encontraron petunidina 3-glucósido, la cual tiene un grupo hidroxilo en el anillo B del ion flavilium fue menos estable que peonidina 3-glucósido la cual no tiene un grupo hidroxilo en el mismo anillo.

- ***pH***

Las antocianinas son los responsables del cambio de estructura de una molécula en función al pH más notable, el cual provoca diferentes colores y tonalidades, además diferentes susceptibilidades en los factores degradativo. En soluciones acuosas incluso en los alimentos las antocianinas pueden existir en cuatro formas estructurales, dependiendo del pH: la base quinoidal azul (A), el catión flavilio rojo (AH⁺), la base pseudo carbinol incolora (B) y la chalcona incolora (C) (Damodaran & Parkin, 2019).

El catión rojo flavilio es el único presente que se encuentra en equilibrio en pH de 0.5 muy acidas. Al aumentar el pH influirá en intensidad de la concentración de catión y en el color del catión flavilio es hidratado por el ataque nucleofílico del agua por lo que la forma carbinol incolora predomina. La forma carbinol ha perdido su doble enlace conjugado entre los anillos A y B y por lo tanto no absorbe la luz visible. (Guevara et al, 2024). Igualmente, la pérdida rápida de protones del catión flavilium toma lugar cuando el pH se eleva más alto e incrementa la concentración de la forma coloreada quinonoidal. Cuando el pH se eleva más la forma carbinol rinde a través de la apertura del anillo la chalcona incolora (Guevara et al, 2024).

- ***Temperatura***

Durante el procesamiento y el almacenamiento las antocianinas son destruidas por efecto del calor (Xóchitl, et al, 2022). El aumento de la temperatura produce la pérdida de una molécula de azúcar en la posición 3 y como consecuencia la ruptura del anillo y como efecto la formación de chalconas incoloras (Xóchitl, et al, 2022)

La velocidad de degradación frente a este factor también está influenciada por la presencia de oxígeno, el pH y la conformación estructural. En general las características estructurales que conducen a un aumento de la estabilidad frente a cambios de pH también llevan a la estabilidad térmica. (Damodaran & Parkin, 2019).

Eventualmente la degradación térmica conduce a productos marrones, especialmente en presencia de oxígeno (Damodaran & Parkin, 2019) menciona que el camarín 3,5 diglucósido es el producto común de la degradación térmica de las antocianidinas (cianidina, peonidina, delfinidina, petunidina y malvidina) 3,5 diglicósido, menciona además que se han postulado tres posibles rutas que explicarían la degradación térmica. Primero el catión flavilium altera en la base quinonoidal, después en diversos intermediarios y finalmente en el derivado cumárico y un compuesto de anillo B.

La segunda ruta del catión flavilio el cual se altera en la base carbinol incolora, después en chalcona y finalmente en productos de degradación pardos. La tercera ruta es parecida excepto que los productos de degradación de la chalcona se intercalan primero.

Según Xóchitl, et al, (2022). Las antocianinas de cerezas ácidas se degradan a altas temperaturas y a pH altos provocando tres diferentes derivados del ácido benzoico. La degradación de las antocianinas. Se realiza por dos rutas, la primera ruta conduce a través de la pseudo base carbinol a la chalcona y coumaringlicósido. La segunda ruta involucra hidrólisis del enlace glicosídico como primer paso en la degradación de la antocianina para formar antocianidinas, el aglicón el cual es más inestable conduce a través de productos intermedios α -dicetonas altamente inestables a eventuales formas derivadas de aldehídos y ácidos benzoicos (Xóchitl, et al, 2022) además identificaron un trihidro benzaldehído como un producto final de la degradación térmica de la antocianina.

- ***La Luz***

Las antocianinas son variables al mostrar a la luz UV y a la luz visible y hay varios tipos de energías radiantes, como la radiación ionizante. La copigmentación varía cuando se puede dar celeridad y atrasa la degradación, Los sulfonatos de las flavonas polihidroxiladas, las isoflavonas y las auronas desempeñan protección contra la foto degradación.

Las antocianinas son afectadas por la luz de dos maneras: son esencial para su biosíntesis, y acelera su degradación. También mantiene el color mantenidas en la oscuridad. Menciona que se ha observado que los diglicósidos acilados, metilados, son más estables que los diglicósidos no acilados, los cuales a su vez son más estables que los monoglicósidos. (Damodaran & Parkin, 2019).

- ***El Oxígeno***

Las antocianinas insaturadas son muy débiles al oxígeno molecular. El oxígeno juega un papel muy importante en la oxidación térmico en los procesos. Según (Garzón, 2008a) , señalan que la presencia de oxígeno junto con temperaturas elevadas fue una de las combinaciones con efecto más severo en el color dentro de los factores estudiados en jugos de berries y antocianinas puras aisladas. La inestabilidad de las antocianinas inducidas por la presencia de oxígeno es afectada por el pH, a más altos pHs es más fuerte su efecto en la estabilidad la presencia de oxígeno, además la degradación inducida por la luz es dependiente del oxígeno molecular

El efecto del oxígeno en las antocianinas puede tomar lugar a través de un directo mecanismo oxidativo y/o a través de una oxidación indirecta, vía constituyentes oxidados para rendir pigmentos incoloros o coloreados marrones, por ejemplo, oxidación de o-dihidroxifenoles a quinonas y subsecuente reacción entre quinonas y antocianinas). (Reyes et al., 2023)

- ***Azúcares***

Los azúcares que más frecuentemente forman parte de las antocianinas de las frutas son glucosa, ramnosa, galactosa, arabinosa y soforosa (B-D glucosa (1: 2) -Dglucosa). (Villanueva et el, 2023)

La naturaleza de estos azúcares influye en la estabilidad de las antocianinas. Por ejemplo la antocianina conteniendo galactosa es más estable que aquella con arabinosa (Xóchitl F, et al 2022).

Los azucares tienen sistemas enzimáticos. Existen varias enzimas dentro de las plantas que son implicadas en el proceso de decolorar y oxidar

las antocianinas. Existen dos grupos como la glicosidasas y el polifenol oxidasas. Estos dos son conocidos como las antocianinas. Las glicosidas, realizan el hidrolisis de los enlaces glicosilicos, como resultado se obtiene los azucares libres y la aglicona. Es el responsable de la perdida de coloración, por la solubilidad de las antocianinas y su trasformación en productos incoloros. El polifenol oxidasas actúan en presencia de o-difenol a o-benzoquinona, ya que esta enzima contiene cobre y cataliza la reacción entre un grupo fenol y el oxígeno para dar agua y quinona que a su vez reacciona con las antocianinas por un mecanismo no enzimático para formar antocianinas oxidadas y productos de degradación. (Xóchitl F, et al 2022).

1.4. EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial es una disciplina científica que evalúa las propiedades organolépticas de los alimentos, como sabor, color, aroma, textura y apariencia, mediante los sentidos humanos. Este tipo de análisis es fundamental para el desarrollo, innovación y mejora de productos alimentarios, permitiendo a los profesionales de la industria alimentaria controlar la calidad sensorial de sus productos, determinar el efecto de las materias primas y las condiciones del proceso, así como estudiar la variabilidad en la respuesta de los consumidores y comprender las razones que la motivan. (Pérez & Salvador, 2022)

Además de la evaluación sensorial, se realizan análisis físicos, microbiológicos y químicos para obtener una comprensión completa de las características de los alimentos. La ventaja del análisis sensorial radica en que los evaluadores utilizan sus propios sentidos como instrumentos de

medición, lo que permite una valoración directa de las propiedades percibidas del producto. (Pérez & Salvador, 2022)

1.4.1. *Aroma*

Es cuando se detecta el olor y el aroma después de colocarlo en la boca. Al ser disuelto en el paladar estos aromas llega al Eustaquio y por ende al olfato. Podemos indicar que el aroma va de la mano con el sabor de los alimentos. El uso y abuso del tabaco, drogas o alimentos picantes y muy condimentados insensibilizan la boca y por ende la detección de aromas y sabores y más. (Delwiche, 2021).

1.4.2. *Olor*

El olor es percibido por el olfato de aromas volátiles que libera el alimento, podemos indicar que cada tipo de alimento tiene diferente aroma. En la evaluación de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por lo tanto, los alimentos que van a ser evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados. (Delwiche, 2021).

1.4.3. *El gusto*

La percepción de los distintos sabores a través de la lengua permite identificar características como el dulzor, la acidez, la salinidad, entre otros, en los alimentos. Sin embargo, la sensibilidad gustativa varía entre las personas, ya que algunas pueden detectar ciertos sabores con mayor precisión, mientras que otras presentan una percepción limitada o incluso nula. Por esta razón, es fundamental evaluar la capacidad de cada juez para reconocer los sabores básicos antes de su participación en una prueba sensorial. (Muñoz et al., 2021).

1.4.4. El sabor

El sabor es una de las propiedades más complejas de los alimentos, ya que resulta de la combinación del gusto, el olor y el aroma presentes en cada producto. Esta característica es fundamental para diferenciar los distintos tipos de alimentos. Además, la percepción del olor juega un papel clave, ya que permite identificar el alimento incluso antes de su consumo (Prescott, 2021).

1.4.5. Factores que influyen en la evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos está influenciada por una amplia variedad de factores, entre los cuales se destacan aquellos relacionados con la motivación, la actitud y las características individuales de los evaluadores. Asimismo, los errores psicológicos en los juicios pueden afectar la percepción y valoración sensorial de los productos (Lawless & Heymann, 2022).

a) Relación entre estímulo y percepción

Son algunas relaciones entre estímulo y percepción. Estos parámetros son tres.

- La labor a realizar por el juez.
- El formato de mostrar el incentivo.
- La estadística utilizada en mostrar los datos.

b) Adaptación

Es un estímulo que actúa de forma muy larga y afecta al receptor en la disminución de una respuesta adecuada en lo sensorial y actividad eléctrica, este factor es de suma importancia, porque de ello dependerá el

buen resultado de las pruebas sensoriales realizadas. De mayor importancia es la adaptación parcial o incipiente (Lawless & Heymann, 2022).

1.4.6. Factores que se deben considerar al realizar análisis sensorial en los alimentos.

Se deben tener en cuenta los siguientes factores.

a) Laboratorio de pruebas

La existencia de laboratorios especializados en pruebas de degustación es fundamental para garantizar un control adecuado de los parámetros evaluados en una investigación sensorial. Estos espacios permiten minimizar la influencia de factores externos que podrían generar resultados erróneos o sesgados. Las condiciones y características de estos laboratorios han sido establecidas con base en años de experiencia y estudios realizados en diferentes países, asegurando así la validez y confiabilidad de los análisis sensoriales (Meilgaard, Civille & Carr, 2023).

b) Sala de cabinas individuales

Son salas que están acondicionadas de tal forma que cumpla con las condiciones establecidas, debe contar con aire acondicionado, libre de olores extraños y también de ruidos. El laboratorio debe tener en cuanto en su infraestructura las siguientes condiciones: paredes de color blanco, grises o neutras. Para el suministro de muestras utilizan la ventanilla o bandejas rotatorias y así de esta forma se previene contacto con los jueces y panelistas. estas cabinas tienen que contener utensilios e insumos, y material de escritorio para realizar las pruebas, por ejemplo, agua, vasos, lápiz entre otros accesorios. según sea necesario (Meilgaard, Civille & Carr, 2023).

c) Sala para reuniones del panel de degustadores

Es un área que se utiliza para debatir algún problema que surja del trabajo de investigación o método usado; también es para explicar, justificar y enseñar nuevas técnicas, enfoques metodológicos y herramientas que podrían ser utilizadas en futuras investigaciones relacionadas.

d) *Sala para preparación de las muestras*

Es un área donde se prepara las muestras y debe contar con lo siguiente: cocina moderna implementado con utensilios y que no modifique los atributos a evaluar como el olor y sabor del producto a evaluar, contar con mesas y campanas de extracción de olores, debe tener contacto con las cabinas de degustación por la ventanilla, las muestras son entregados a los jueces responsables de la degustación y evaluación del alimento. (Meilgaard, Civille & Carr, 2023).

e) *Sala para instrumentos*

Esta área debe tener instrumentos como tamices, licuadora, molinillos, homogeneizadoras, etc. Contar un área para almacenar las muestras, contar con ventilación, anaqueles buena iluminación y muy adecuado, oficina para procesar los datos recolectados, (Meilgaard, Civille & Carr, 2023).

1.4.7. Muestras

Una muestra es una porción representativa de un producto tomada de un conjunto más amplio, la cual se presenta a los evaluadores sensoriales para su análisis. Para garantizar resultados precisos y confiables, las muestras deben reflejar fielmente las características del producto en su totalidad (Stone, Bleibaum & Thomas, 2022).

a) *Preparación:*

Cada producto tiene una técnica de preparación que debe ser reproducida cada vez que el panel vaya a degustarlo. Preparar la muestra en cantidades suficientes de tal forma que alcance para todos los jueces o degustadores y un poco más por si es necesario repetir en caso de que haya errores. El número total de muestras a preparar depende básicamente del tipo de análisis estadístico que se realizara y estas pruebas se realiza en el lanzamiento de nuevos productos. Estas muestras se deberán colocar en utensilios habitualmente que usan los consumidores de alimentos que se ensaya. Al repartir las porciones debe cuidarse que éstas sean iguales en cada utensilio, para evitar el error por estímulo. (Stone, Bleibaum & Thomas, 2022).

b) *Presentación*

Las muestras presentan diversos aspectos que se deben considerar.

- ***Apariencia:*** La apariencia de las muestras deben tener las mismas características en todos los aspectos pues los jueces tomara mucho en cuenta este detalle para su calificación.
- ***Tamaño:*** estas muestras deben tener un tamaño igual todas.
- ***Temperatura:*** la temperatura de un producto debe ser igual una temperatura diferente a la que varié el sabor en el producto y por ende se obtendrá diferentes resultados en la evaluación sensorial.
- ***Recipientes:*** al realizar el análisis las muestras deben ser preparados o servidos en envases que no modifique el color, el sabor y ninguna característica de las muestras y estos envases deben estar codificados.

- **Presentación del orden de la muestra:** el orden de las muestras se realiza casi siempre por sorteo debe estar muy bien detalladas para ser fácil su presentación y poder anotar los resultados en su cuadernillo o registro.
- **Número de muestras:** al numerar las muestras estas serán evaluadas y debatidas.
- **Hora de la degustación:** la hora de la degustación tiene mucha controversia, pero se realiza entre 10.00 y 11.30 de la mañana, donde abra más frescura mental.
- **Tiempo de la degustación:** el tiempo de duración no debe ser menor ni mayor a 5 a 15 min. Al realizar la degustación, también deben tener pausa entre citación esto con el fin de evitar equivocaciones de olores y sabor o gusto. Generalmente se usa un medio de neutralización hasta tener el gusto de la saliva normal (Stone, Bleibaum & Thomas, 2022).

1.4.8. *Panel de degustadores*

Los degustadores deben ser clasificados y preparados como jueces como detallamos:

- **Selección:** tomar en cuenta en lo siguiente:
 - Tener un buen paladar genéticamente bueno.
 - Estar saludable
 - Tener buen apetito.
 - Tener buen juicio.
 - Tener buena capacidad de retención mental y capas de ser entrenado.
 - Deben manifestar interés por los juicios que emiten

No debe incluirse niños ni ancianos, a menos que el estudio sea dedicado a alguno de estos grupos etarios.

- ***Dimensión del panel:*** La dimensión del panel sensorial varía según el tipo de alimento que se analiza. Generalmente, un panel puede estar compuesto por al menos ocho jueces entrenados, cuya experiencia y conocimiento permiten obtener resultados más precisos y confiables. Se ha demostrado que trabajar con un grupo reducido pero capacitado proporciona evaluaciones más consistentes en comparación con panelistas no entrenados (Lawless & Heymann, 2022).

Se utiliza mayormente para estas pruebas la comparación pareada, dúo trío, triangular y pruebas de umbral.

El entrenamiento en evaluación sensorial tiene como objetivo desarrollar la capacidad de los jueces para detectar y diferenciar características sensoriales como el sabor y el olor entre distintas muestras. Existen dos enfoques principales en este proceso: (a) el entrenamiento en técnicas de degustación y en los métodos de evaluación sensorial, y (b) el entrenamiento específico sobre el producto a analizar, incluyendo la identificación de atributos no deseados, como sabores u olores extraños que puedan presentarse (Sensory Analysis Committee, 2023).

1.4.9. Modelos de pruebas sensoriales

En estas pruebas sensoriales se utiliza en la industria de alimentos, se distribuye en tres grupos como sigue:

a) Pruebas afectivas

Se utiliza en la valoración la tendencia de prioridad y aprobación de los alimentos, por lo común necesita una alta cantidad de respuesta para la evaluación. Los catadores no fueron preparados, ellos son seleccionados por criterios, también incluirá usar los productos, numero de familia la edad de sus integrantes, ocupación del jefe de familia, nivel social y económico y área geográfica. Al juzgar las muestras los degustadores darán una respuesta subjetiva del producto, deberá señalar si fue de su gusto o le disgusta, si lo acepta o rechaza, o si lo prefiere frente a otro. Las respuestas de estas pruebas son variables y muy difíciles de interpretar por ser apreciaciones completamente personales. Estas pruebas se utilizan en investigar la opinión del consumidor frente al producto, con degustadores de consumo habitual y también se debe determinar la preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto), por último, ponemos en este reciente cuestionario deben tener además de las preguntas, sino también en cuanto a su análisis sensorial. (Sensory Analysis Committee, 2023).

- ✓ Prueba de preferencia
- ✓ prueba de grado de satisfacción
- ✓ prueba de aceptación

b) Pruebas de preferencia

Estas pruebas son para conocer la prioridad del panelista de un producto sobre otro. Estas pruebas son ampliamente utilizadas en lanzamientos de nuevos productos, para conocer la opinión del consumidor. (Sensory Analysis Committee, 2023).

- ***Pruebas de grado de satisfacción:*** se utiliza para evaluar más de dos muestras la vez y se desea saber más información, para realizar esta prueba se utiliza la prueba hedónica. para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas. Las escalas hedónicas. (Sensory Analysis Committee, 2023).
- ***Escala hedónica verbal***

Es recoger una lista de términos relacionados con el agrado o no del producto por parte del consumidor, son rangos claros cómo, gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta. (Delarue et al., 2021).

- ***Escala hedónica facial***

Esta prueba es utilizada en evaluaciones sensoriales dirigidas a niños y adultos mayores, quienes pueden tener dificultades para interpretar escalas numéricas o textuales. Por esta razón, se emplean gráficos para facilitar la comprensión y expresión de sus percepciones. Una de las representaciones más utilizadas es la escala hedónica de caritas, la cual permite medir la aceptabilidad del producto de manera visual e intuitiva (Delarue et al., 2021).

Estos resultados obtenidos por este tipo de pruebas no son tan confiables.

c) *Evaluación de aceptación*

El análisis sensorial busca determinar la preferencia de los consumidores por un alimento y evaluar su aceptación en el mercado. Para ello, se emplean preguntas dirigidas a identificar si la muestra desarrollada

puede competir con productos existentes y si será bien recibida por los consumidores en función de factores como el estrato social, la ocupación y otros aspectos demográficos (Ares & Varela, 2021).

d) Pruebas de diferencia o discriminatorias

Son pruebas que se realiza con la finalidad de saber si existe diferencia entre dos muestras, ni tampoco la dimensión de la diferencia. Estas pruebas son muy usadas en control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comprables a estándares, etc. (Ares & Varela, 2021).

Los jueces son semi entrenados cuando las pruebas son sencillas, tales como la de comparación pareada simple, el dúo-trío o la triangular; sin embargo, para algunas comparaciones más complejas, es preferible que los jueces sean entrenados, ya que hay que considerar diferencias en cuanto a algún atributo en particular y evaluar la magnitud de la diferencia. (Delarue et al., 2021).

- ***Prueba bilateral o de dos colas.***

Son pruebas para determinar entre dos muestras y lo que se pretende es solamente obtener una respuesta de sí hay diferencia o no entre las muestras.

- ***Prueba unilateral o de una cola.***

En esta prueba se supone que hay diferencia entre las muestras, por lo que se parte de la hipótesis alternativa anteriormente citada, la cual puede tomar dos direcciones ($A > B$ o $A < B$).

- ***Prueba de pares***

Es la evaluación de dos muestras que se realiza de forma paralela, el cual es entregado a los panelistas para que de su apreciación o respuesta. Hacemos mención de los tipos de test que hay: Test de una cola: una de las muestras simultáneamente al panelista y este tiene dos tipos de opciones de respuesta. Test de dos colas: cuando se le pide al panelista reconocer si las muestras desconocidas son iguales o diferentes. (Delarue et al., 2021).

- ***Prueba de tríos o dúos***

La prueba dúo– trío es empleada para reducir el número de muestras a probar cuando el sabor de las muestras es fuerte o picante y también cuando el alimento tiene una textura desagradable una de las dos muestras está marcada con la letra R que indica que es la muestra de referencia. (Delarue et al., 2021).

e) Pruebas descriptivas

Las pruebas descriptivas son aquellas que permitir establecer, no solo si hay diferencias entre dos o más muestras, también busca saber el sentido o magnitud de la misma. Se utiliza en el control de calidad es para poder saber si difieren y/o cual es la magnitud de esta diferencia, para poder corregirla o mantenerla estas pruebas lo realizamos cuando un atributo no puede ser calificado por encontrarse en grupo y dificulta su calificación. A continuación, tenemos:

- ✓ Evaluar por escalas no estructuradas
- ✓ Evaluar con escala estándar
- ✓ Calificar los atributos sensoriales con respecto al tiempo

- ✓ Medir los atributos sabor y textura
- ✓ Análisis descriptivo cuantitativo (QDA), etc. (Sensory Analysis Committee, 2023).

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN:

La investigación se desarrolló en diferentes instituciones y laboratorios especializados con el propósito de garantizar la rigurosidad de los análisis y la validez de los resultados obtenidos.

- Las pruebas preliminares y definitivas de la elaboración de galleta dulce se realizaron en la empresa Alimentos Naturales del Perú ubicado en la calle Chachapoyas N° 120 de la ciudad de Sicuani.
- El Análisis físicoquímico de la galleta dulce se realizó en el laboratorio de análisis de bromatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencia Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-PUNO.
- Los análisis microbiológicos, se realizaron en el laboratorio de Análisis Microbiológico, Bioquímica y Bromatología de Facultad de Ciencia Biológica UNA-PUNO
- La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de control de calidad de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

2.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

2.2.1. Cuantitativa

La investigación cuantitativa es un enfoque sistemático basado en la recolección y análisis de datos numéricos mediante mediciones objetivas, instrumentos estandarizados y procedimientos estadísticos, lo

que permite generalizar resultados con validez científica. En su modalidad explicativa, busca identificar las causas de los fenómenos y establecer relaciones de causalidad entre variables, manipulando y controlando factores independientes para observar sus efectos en las variables dependientes, lo que posibilita confirmar teorías y generar conocimiento con alto rigor científico (Hernández & Mendoza, 2018; Creswell & Creswell, 2023).

- ***Experimental***

El diseño de investigación fue experimental porque se manipularon variables independientes, específicamente el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de mashua. Sobre las variables de estudio, organizándose mediante una matriz de diseño experimental que aportó validez y confiabilidad a los resultados (Kerlinger & Lee, 2002).

- ***Analítica***

La investigación analítica busca explicar un fenómeno más allá de su descripción, examinando e interpretando críticamente la información para identificar causas, efectos y relaciones entre variables mediante métodos lógicos, comparativos y herramientas estadísticas (Sampieri, Collado & Lucio, 2022).

2.2.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación estuvo constituida por las galletas dulces elaboradas mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), obtenidas en cada uno de los tratamientos definidos en el diseño experimental. Sobre estas muestras se realizaron las evaluaciones

fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales con el propósito de determinar sus características nutricionales, funcionales y sensoriales.

2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO Y TAMAÑO DE MUESTRA

2.3.1. Población

La población estuvo constituida por los consumidores habituales de galletas dulces de la provincia de Canchis, quienes representan el mercado potencial del producto. Según estimaciones del INEI, la población total de la provincia es aproximadamente 107 333 habitantes en 2022. Esta delimitación permite identificar claramente el grupo de referencia al cual se pretende generalizar los resultados, considerando sus particularidades de consumo y el contexto sociocultural (Hernández, Fernández & Baptista, 2022).

2.3.2. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra estuvo conformado por las unidades de galleta obtenidas en cada tratamiento del diseño experimental, considerando tres repeticiones por cada formulación. En cada tratamiento se elaboraron 200 unidades de galleta de 30 gramos, las cuales fueron utilizadas para los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, garantizando la representatividad y confiabilidad de los resultados. Asimismo, para la evaluación sensorial se trabajó con 30 panelistas consumidores habituales de galletas dulces de la provincia de Canchis

2.4. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVO

2.4.1. Elaboración de las Galletas

a) Equipos

- ✓ Horno rotativo por convección marca Argenta, modelo Max 1000 con cap. de 40Kg.
- ✓ Amasadora marca Dakota de 3 kilogramos de capacidad, año de fabricación 2023
- ✓ Selladora de 20cm., ancho de sellado 2mm.

b) Utensilios

- ✓ Rodillo marca Valencia, 47 cm X 3"
- ✓ Espátula marca Omcan 25cm
- ✓ Recipiente de acero inoxidable marca Tramontina de 32 cm y 7,5 L
- ✓ Cuchillos marca Tramontina 30 cm.

c) Material de empaque

- ✓ Envases de polietileno con cierre hermético de media densidad de 8x10 cm.
- ✓ Envases de polipropileno de alta densidad 20 x 50 cm.

2.5. EVALUACIÓN DE LAS GALLETAS

a) Equipos

- ✓ Balanza analítica marca: Dakota; modelo: EB50
- ✓ Estufa marca: Laboao, modelo BZH Series
- ✓ Mufla Thermolyne, serie 34703484
- ✓ Soxhler marca: PYREX
- ✓ Espectrómetro Marca: BOECO. Modelo: S-200 Vis
- ✓ Analizador de humedad marca: OHAUS - MB90

b) Materiales para pruebas sensoriales

- ✓ Formatos.
- ✓ Lapiceros.

- ✓ Platos descartables de 7 pulgadas
- ✓ Vasos descartables de 200 ml
- ✓ Marcador.

2.6. TÉCNICAS DE SELECCIÓN DE MUESTRA

Para la obtención de mashua, se utilizó el muestreo estratificado, el cual consiste en dividir la población en subgrupos homogéneos denominados estratos, que comparten características comunes. Posteriormente, se selecciona una muestra aleatoria de cada estrato, lo que garantiza una representación proporcional de la población total (Otzen & Manterola, 2017).

2.7. OBTENCIÓN DE LA HARINA DE MASHUA

La obtención de la harina de mashua se realizó utilizando el siguiente diagrama de flujo, tomando como referencia lo descrito por Astuhuaman Cajahuanca & Medina Paita, 2019)

a) Recepción

La etapa inicial en la producción de harina de mashua negra implica la recepción de la materia prima fresca y limpia. Durante esta fase, se inspeccionan cuidadosamente los tubérculos para garantizar que cumplan con parámetros de calidad específicos, como olor característico, sabor picante, color negro intenso y ausencia de daños mecánicos o signos de deterioro. (Gonzales, J. 2023)

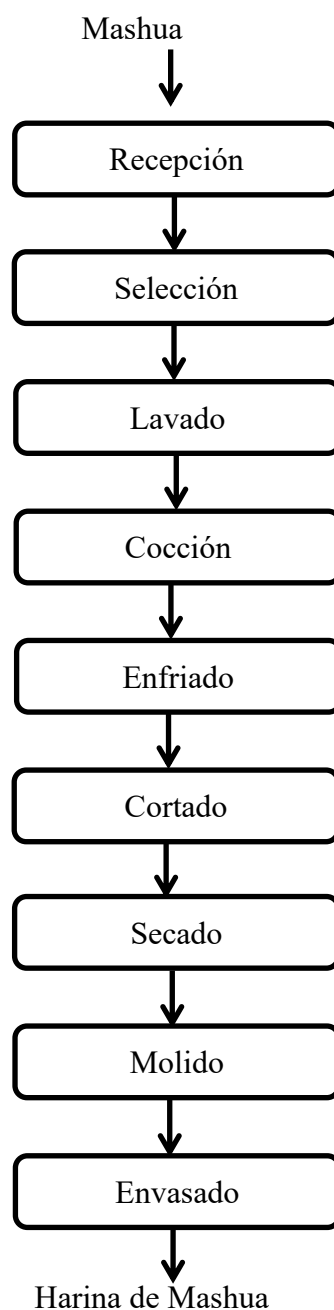
b) Selección

Esta etapa consiste en revisar y clasificar los tubérculos, separando aquellos que presentan daños mecánicos, presencia de plagas, mohos,

pudrición o tamaños inadecuados. Este proceso asegura el uso exclusivo de materia prima sana y homogénea. (Gonzales, J. 2023)

Figura 2

Diagrama de flujo para la elaboración de harina de mashua



Nota: (Astuhuaman Cajahuanca & Medina Paita, 2019)

c) *Enfriado*

Luego de la cocción se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente de 12°C.

d) *Cortado*

Se realiza con la finalidad de reducir el volumen y facilitar el proceso de deshidratación se utilizarán cuchillos y se cortarán en rodajas de un espesor de 1 centímetro.

e) *Secado*

Las rebanadas de mashua se colocaron en bandejas y se deshidrataron a una temperatura de 40 °C durante 24 horas para lograr un secado homogéneo. Este proceso de deshidratación a baja temperatura es fundamental para preservar las propiedades fisicoquímicas del producto final. (Huamán, 2022)

f) *Molido*

La finalidad es reducir el tamaño de partícula hasta pasar por una malla número 50 y sea apto para la elaboración de galleta dulce. (Huamán, 2022)

g) *Envasado*

El envasado de la harina de mashua se realizó en bolsas de polipropileno de alta densidad con la finalidad de mantener en condiciones óptimas para su conservación.

2.8. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE MASHUA.

La caracterización de la harina de mashua se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

2.8.1. Humedad

Se determinó por el método de la estufa, AOAC (1990).

2.8.2. Proteína

Se determinó la proteína por el método UNE-EN ISO 5983–2 Parte 2 dic. 2006.

2.8.3. Grasa

Se determinó la grasa utilizando el método (AOAC) 963.15.2005, con el método Soxhlet, y se utilizó el éter.

2.8.4. Ceniza

Se determinó siguiendo la metodología por NTP 205.038:1975 (Revisada el 2011): harinas, realizando por la incineración de la materia orgánica en una mufla.

2.8.5. Fibra

Se determinó la fibra cruda de las galletas utilizando el método, NMX-F006-1983.

2.8.6. Carbohidrato

Se determinó por la diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y Proteínas (P). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INM) señalada por (Collazos et al. 1993).

2.9. FORMULACION PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES

La elaboración de galleta dulce se realizó de acuerdo con la siguiente fórmula.

Tabla 3

Formulación para la elaboración de galleta

Materia/ Insumos	Formulación %
Sustitución de harina de trigo por harina de mashua	0, 5, 10, 15, 20 y 25
Azúcar	15.00
Manteca	10.00
Sal yodada	0.50
Bicarbonato de sodio	0.25
Bicarbonato de amonio	0.25
Polvo de hornear	0.50
Leche entera el polvo	3.00
Lecitina de soya	0.50

Nota: En esta tabla podemos apreciar la formulación para la elaboración de galleta dulce con sustitución de harina de trigo por harina de mashua.

2.10. ELABORACIÓN DE GALLETAS

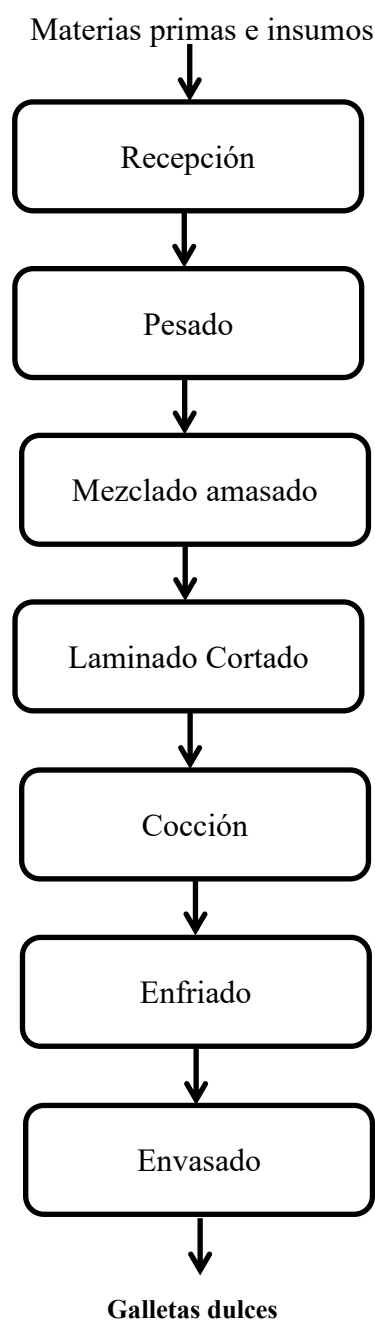
La elaboración de la galleta se realizó de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo que se encuentra en la figura 3.

a) *Recepción:*

La recepción de las materias primas e insumos que se utilizó en la elaboración de las galletas dulces, se adquirieron de la tienda de Lazos de la ciudad de Sicuani

Figura 3

Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de galleta dulce



Nota: Elaboración de galletas dulce con sustitución de harina de trigo por harina de mashua.

b) Pesado

El pesado de los insumos y materia prima, se realizó de acuerdo a cada formula a utilizar para la elaboración de las galletas dulces, este

proceso es esencial para comprobar las cantidades de materia prima que se utilizaron en la elaboración de las galletas. Este paso asegura que se mantengan las proporciones correctas y se preserve la calidad del producto.

c) *Amasado y mezclado*

Se añadió la manteca, azúcar y sal, en el tazón de la batidora luego se procedió a cremar a baja velocidad, (10min); luego se agregó los huevos, la harina de trigo, harina de mashua y vainilla hasta obtener una masa homogénea.

d) *Laminado cortado*

Es la acción de laminar la masa con rodillos de forma manual hasta tener un grosor de 4mm. Para luego cortar con el molde.

e) *Cocción*

La cocción se realizó en un horno con capacidad de 40 latas rotativo, a una temperatura de 165°C y por un tiempo de 15 minutos.

f) *Enfriado*

Concluido el horneado se retira del horno y se deja enfriar en el área de enfriados por un tiempo de 20 minutos.

g) *Envasado*

En el envasado se hace en envases de polipropileno y selladas de forma manual.

2.11. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.11.1. Variables Independientes

Formulación

2.11.2. Variables Dependientes

a. Características Nutricionales

Proteína

Grasa

Carbohidrato

Cenizas

b. Características Funcionales

Fibra Dietaria

Antioxidantes totales

Antocianinas

c. Características Sensoriales

Color

Olor

Sabor

2.11.3. Diseño Experimental

Tipo de diseño: Diseño completamente aleatorizado (DCA).

Factor: Sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua.

Niveles de sustitución:

0% (control), 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

Repeticiones: Tres repeticiones por tratamiento para asegurar la confiabilidad de los resultados.

El modelo estadístico del DCA se expresa como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- ✓ Y_{ij} = Observación de la j-ésima réplica del i-ésimo tratamiento.
- ✓ μ = Media general de la respuesta.
- ✓ τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

✓ ϵ_{ij} =Error experimental aleatorio, con distribución normal N.

(M. H. Badii et al., 2007).

2.11.4. Matriz Experimental

Tabla 4

Matriz Experimental

Tra t.	% Sustitu ción	Prot (%).	Gras a (%).	Cho s (%).	Ceniz as (%).	Fibr a (%).	Antio x. Totales mg	Antociani nas mg	Evalu ación Sensori al
1	0								
2	5								
3	10								
4	15								
5	20								
6	25								

Nota: Tabla matriz experimental

2.11.5. Método para la selección de niveles de sustitución.

Diversos estudios sobre el uso de harinas de tubérculos andinos como sustitutos parciales de la harina de trigo han demostrado que niveles moderados de reemplazo permiten mejorar el perfil nutricional de productos horneados sin afectar negativamente la textura ni la aceptabilidad sensorial. Investigaciones previas con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) indican que aportes progresivos de esta harina incrementan el contenido de proteínas, fibra dietética y compuestos bioactivos, como glucosinolatos, manteniendo una masa manejable y homogénea para el procesamiento industrial (Gutiérrez et al., 2022; López et al., 2023). Estos antecedentes proporcionan una base científica para seleccionar niveles de sustitución escalonados que permitan observar cambios graduales en las propiedades nutricionales y funcionales de las galletas.

Por otra parte, estudios sobre galletas y productos de panadería elaborados con harinas alternativas señalan que sustituciones superiores al 25% pueden generar masas quebradizas, disminución de la cohesión y alteraciones sensoriales que afectan la aceptación del consumidor (Rojas et al., 2021; Torres y Valenzuela, 2024). Por ello, la metodología para la selección de niveles de sustitución se centra en un rango de 0 a 25%, con incrementos de 5%, permitiendo evaluar de manera sistemática los efectos de la harina de mashua sobre las características nutricionales, funcionales y sensoriales, asegurando al mismo tiempo la procesabilidad de la masa y la aceptación del producto final.

2.12. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL

2.12.1. Humedad

Se realizó utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana N.T.P.206.011:20218, para bizcochos, galletas, pastas y fideos.

2.12.2. Proteína

Se realizó según el método Micro kjeldald. utilizando la **NTC-ISO 8968-1:2021**: Esta norma colombiana, adoptada de la ISO 8968-1, describe el método para la determinación del contenido de nitrógeno y el cálculo de la proteína total

2.12.3. Grasas

Para la determinación de la grasa se utilizó la metodología de la asociación oficial de químicos analistas (AOAC) 963.15.2005, por el método Soxhlet, y para ello se usó el hexano.

2.12.4. Cenizas

Se determinó siguiendo la metodología por NTP 206.007:1976 (Revisada el 2011) para productos de panadería. En una mufla.

2.12.5. Fibra

Se determino utilizando la **NTC 6383:2020**: Esta norma colombiana establece el procedimiento para determinar el contenido de fibra dietaria total en alimentos mediante el método enzimático-gravimétrico.

2.12.6. Carbohidratos

Los carbohidratos se determinan por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G), proteínas (P) y fibra dietaria total (FD), de acuerdo con la metodología establecida para la determinación de carbohidratos por diferencia de materia seca (MS-INM) (Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (Achipia, 2020).

2.13. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN FUNCIONAL

2.13.1. Cuantificación de antocianinas

La cuantificación de antocianinas se llevó a cabo utilizando el método de pH diferencial. Este procedimiento se basa en la propiedad de las antocianinas de presentar cambios estructurales reversibles según el pH del medio: a un pH de 1.0, predominan en su forma de oxonio coloreada, mientras que a un pH de 4.5, se encuentran mayoritariamente en su forma hemiacetal incolora. Esta característica permite una medición precisa y rápida de las antocianinas monoméricas totales, incluso en presencia de pigmentos polimerizados y otros compuestos que podrían interferir en la medición. (Zapata & Gutiérrez 2020)

2.13.2. *Determinación de la capacidad antioxidante*

El método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la capacidad antioxidante de diversas sustancias. Este procedimiento se basa en la capacidad de los antioxidantes para reducir el radical libre DPPH•, lo cual se manifiesta en una disminución de la absorbancia medida a 515 nm. Inicialmente, el DPPH• presenta un color violeta intenso debido a su absorbancia característica; al reaccionar con antioxidantes, se reduce y la solución adquiere un tono amarillo pálido, permitiendo cuantificar la actividad antioxidante de la muestra analizada. (Dorantes et al, 2023).

2.14. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

La determinación de la aceptabilidad de las galletas dulce se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de Proceso de la UNSAAC, La evaluación de la aceptabilidad de las galletas dulces con sustitución parcial de la harina de trigo por harina de mashua, por parte de los jueces no entrenados (consumidores habituales) se llevó a cabo con un panel de 60 degustadores, cuyas edades oscilaban entre 18 y 25 años. Se consideraron atributos sensoriales como color, olor y sabor Este procedimiento se realizó siguiendo las directrices establecidas en la Norma UNE-ISO 6658, que proporciona una guía general sobre la metodología del análisis sensorial de alimentos. (UNE, 2023).

Las muestras de galletas con un peso de 20 gr. se sirvieron a temperatura ambiente en platos descartables y estos fueron debidamente codificados, adicionalmente a cada evaluador se le entregó un vaso de agua

para el respectivo enjuague bucal. Cada muestra fue acompañada de una hoja de respuestas. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, en la cual el juez identificó, a través de una escala de 1 a 9, su nivel de agrado respecto a una característica o atributo del producto.

Los atributos evaluados por los jueces son: el color, olor, y el sabor.

Los datos obtenidos se tabularon y analizaron estadísticamente.

Formato para evaluación sensorial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS.
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.

INVESTIGACIÓN: "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón)" SOBRE LA COMPOSICION PROXIMAL, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE".

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIÓN. - Por favor, pruebe las muestras e indique su nivel de agrado, marcando con el número que mejor corresponda, según la escala presentada para cada uno de los atributos evaluados.



PUNTAJE	NIVEL DE AGRADO
9	Gusta extremadamente
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Disgusta ligeramente
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta extremadamente

ATRIBUTO	CÓDIGO					
	6108	9672	9630	8295	3875	6702
COLOR						
OLOR						
SABOR						
TEXTURA						

COMENTARIOS:

MUCHAS GRACIAS

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUCIONES

2.15. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

Los resultados de las características nutricionales de las galletas dulces, elaboradas con una sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), se presentan en la Tabla 5, donde se detallan variables como proteína, grasa, fibra dietaria, cenizas y carbohidratos totales. Para el análisis de los datos, se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) y un análisis de varianza de una vía (ANOVA), complementado con la prueba de Tukey al 5 % para determinar diferencias significativas entre tratamientos.).

Tabla 5

Características nutricionales de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua.

FORMULA	CARACTERISTICAS NUTRICIONALES (%)				
	PROTEINAS	GRASAS	CHOS	CENIZAS	HUMEDAD
1	5.37	12.43	77.35	1.30	3.40
2	5.71	12.39	76.39	1.54	3.43
3	6.08	12.38	75.42	1.80	3.41
4	6.43	12.35	74.50	2.04	3.40
5	6.80	12.34	73.54	2.29	3.40
6	7.16	12.32	72.61	2.54	3.40

Nota: Resultados de los promedios de las características nutricionales (proteína, grasa y carbohidratos) realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Laboratorio de análisis bromatológico.

2.15.1. Proteína

Tabla 6

Resultados de análisis de laboratorio para proteína expresada en gr/100g de galleta.

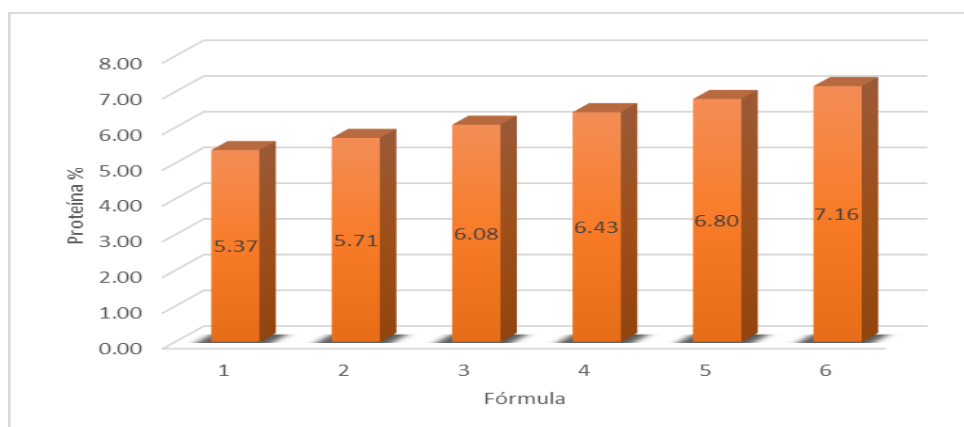
Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	5.36	5.38	5.37 ± 0.01	0.19
T2	5.70	5.72	5.71 ± 0.01	0.18
T3	6.07	6.09	6.08 ± 0.01	0.16
T4	6.42	6.44	6.43 ± 0.01	0.16
T5	6.81	6.79	6.80 ± 0.01	0.15
T6	7.15	7.17	7.16 ± 0.01	0.14

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados evidencian un incremento progresivo en el contenido de proteína desde el tratamiento T1 hasta T6, variando entre 5.37 ± 0.01 % en T1 y 7.16 ± 0.01 % en T6. La baja dispersión de los datos, reflejada en coeficientes de variación inferiores al 0.20 %, confirma la alta precisión y reproducibilidad de las determinaciones experimentales.

Figura 4

Contenido de proteína en los diferentes niveles de sustitución.



Nota: Contenido de proteína expresado en gr/100 gr de galleta dulce. Laboratorio de análisis bromatológico de la UNA-Puno.

La Figura 4, muestra el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua sobre el contenido de proteína en diferentes formulaciones de galletas dulces. Se observa una tendencia creciente en el porcentaje de proteína, pasando de 5.37% en la Fórmula 1 a 7.16% en la Fórmula 6, lo que indica que el incremento en la proporción de harina de mashua contribuye a una mayor cantidad de proteína en el producto final.

Tabla 7

Análisis de varianza para proteína por formula

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	4.51497	5	0.902993	4514.97	0.0000
Error experimental	0.0012	6	0.0002		
Total (Corr.)	4.51617	11			

En la tabla 7, se observa el análisis de varianza de la proteína con respecto a los tratamientos establecidos para la presente investigación, mostrando que existen diferencias estadísticamente significativas (Valor- p = 0.0000), entre los tratamientos y el contenido de proteína con una confianza estadística del 95.0%.

La tabla 8, muestra que en la presente investigación se utilizó el procedimiento de HSD de Tukey el cual emplea las medias para discriminar diferencias significativas, este procedimiento de comparación múltiple determinó que si existen diferencias significativas entre las medias de cada formula con respecto al contenido de proteína, es así como el contenido de proteína aumenta cuando se incrementa la cantidad de harina de mashua en la elaboración de galleta.

Tabla 8

*Pruebas de Múltiple Rangos para Proteínas por Fórmula
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.*

<i>Fórmula</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	2	5.37	X
2	2	5.71	X
3	2	6.08	X
4	2	6.43	X
5	2	6.8	X
6	2	7.16	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.34	0.0562845
1 - 3	*	-0.71	0.0562845
1 - 4	*	-1.06	0.0562845
1 - 5	*	-1.43	0.0562845
1 - 6	*	-1.79	0.0562845
2 - 3	*	-0.37	0.0562845
2 - 4	*	-0.72	0.0562845
2 - 5	*	-1.09	0.0562845
2 - 6	*	-1.45	0.0562845
3 - 4	*	-0.35	0.0562845
3 - 5	*	-0.72	0.0562845
3 - 6	*	-1.08	0.0562845
4 - 5	*	-0.37	0.0562845
4 - 6	*	-0.73	0.0562845
5 - 6	*	-0.36	0.0562845

En el presente estudio, se evaluaron seis formulaciones de galletas con niveles crecientes de sustitución de harina de trigo por harina de mashua, en un rango de 0 % a 25 %. Se observó un incremento progresivo en el contenido de proteína, pasando de 5.37 % en la formulación sin sustitución (F1) a 7.16 % en la formulación con el mayor nivel de sustitución (F6). Este resultado evidencia que el aumento en la proporción de harina de mashua contribuye significativamente al enriquecimiento proteico del producto final.

De manera similar, Gunsha Maji (2020) reportó un contenido proteico de 6.71 % en la formulación con mayor nivel de sustitución, concluyendo que dicho incremento se debe a las propiedades nutricionales de la mashua, caracterizada por su elevado contenido de proteínas. Este hallazgo respalda los resultados obtenidos en la presente investigación, en los que se atribuye el aumento del valor proteico a la incorporación progresiva de esta harina andina.

En conjunto, estos resultados se alinean con el objetivo general del estudio, al demostrar un efecto positivo en la calidad nutricional de las galletas. El aumento en la concentración de proteína posiciona a la mashua como un ingrediente funcional prometedor para el desarrollo de productos de panificación con valor agregado.

2.15.2. Grasa

Tabla 9

Resultados de analisis de laboratorio para grasa expresada en gr/100g de galleta.

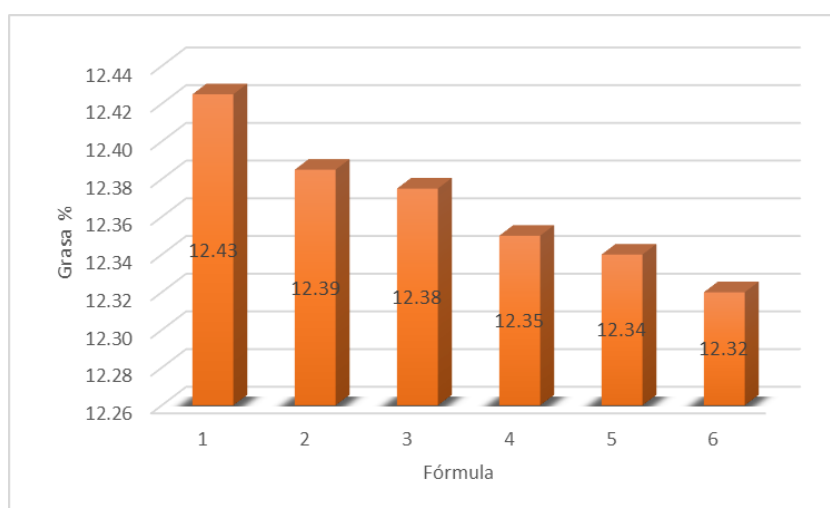
Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	12.42	12.43	12.43 ± 0.00	0.04
T2	12.37	12.4	12.39 ± 0.02	0.12
T3	12.37	12.38	12.38 ± 0.01	0.04
T4	12.34	12.36	12.35 ± 0.01	0.08
T5	12.33	12.35	12.34 ± 0.01	0.08
T6	12.31	12.33	12.32 ± 0.01	0.08

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de grasa se mantuvo relativamente estable entre los tratamientos, con valores comprendidos entre 12.32 ± 0.01 % en T6 y 12.43 ± 0.00 % en T1. Asimismo, los coeficientes de variación menores al 0.12 % evidencian una mínima variabilidad experimental, lo que refleja la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas.

Figura 5

Contenido de grasa por formula en 100 gr de galleta dulce con harina de mashua.



Nota: Contenido de grasa expresado en gr/100 gr de galleta dulce. Laboratorio de análisis bromatológico de la UNA-Puno.

En la Figura 5, se aprecia la variación del contenido de grasa con respecto a las diferentes formulaciones evaluadas. Es así que, en la fórmula 1 (0 % de mashua), el contenido de grasa alcanza el 12.43 %, mientras que en la fórmula 6 (25 % de mashua), disminuye ligeramente a 12.32 %. Por lo tanto, se puede indicar que el contenido de grasa en la galleta dulce con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua varía de forma leve, disminuyendo conforme aumenta el nivel de sustitución. Este comportamiento es lógico debido a que el contenido de grasa y proteína en

la harina de mashua es inferior al de la harina de trigo, lo que influye directamente en la composición final del producto. Además, la presencia de fibra y almidón resistente en la mashua podría contribuir a esta reducción observada.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) para Grasa por Fórmula

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0.0139417	5	0.00278833	14.55	0.0027
Error experimental	0.00115	6	0.000191667		
Total (Corr.)	0.0150917	11			

En la tabla 10, se puede apreciar el análisis de varianza de atributo grasa por fórmula, en el cual se observa que existe diferencias significativas entre las fórmulas utilizadas en la investigación con respecto al contenido de grasa, debido a que el valor de $P < 0,05$, con un nivel de confianza del 95.0% en las galletas elaboradas.

En la Tabla 11, se aprecia cómo se aplica en las muestras la comparación múltiple entre las 6 fórmulas utilizadas en el trabajo de investigación, con el objetivo de identificar si sus medias presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. Al realizar las pruebas de rangos múltiples para el contenido de grasa, se obtuvo que solo cuatro pares de muestras presentan diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95.0 % de confianza, mientras que los demás pares no muestran diferencias significativas. Este análisis estadístico confirma que la sustitución de harina de trigo por mashua afecta en forma selectiva la composición lipídica, dependiendo del nivel de inclusión, lo cual es

relevante para formular productos con perfiles nutricionales más saludables y consistentes.

Tabla 11

*Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa (%) por Fórmula
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD*

<i>Fórmula</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
6	2	12.32	X
5	2	12.34	XX
4	2	12.35	XX
3	2	12.375	XXX
2	2	12.385	XX
1	2	12.425	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.04	0.0550994
1 - 3		0.05	0.0550994
1 - 4	*	0.075	0.0550994
1 - 5	*	0.085	0.0550994
1 - 6	*	0.105	0.0550994
2 - 3		0.01	0.0550994
2 - 4		0.035	0.0550994
2 - 5		0.045	0.0550994
2 - 6	*	0.065	0.0550994
3 - 4		0.025	0.0550994
3 - 5		0.035	0.0550994
3 - 6		0.055	0.0550994
4 - 5		0.01	0.0550994
4 - 6		0.03	0.0550994
5 - 6		0.02	0.0550994

Nota: * indica una diferencia significativa

En la investigación, se observó una ligera disminución en el contenido de grasa conforme aumentó el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de mashua. La formulación F1 (0 % de mashua) presentó un contenido graso de 12.43 %, mientras que en la formulación F6 (25 % de mashua) se registró un valor de 12.32 %. Esta reducción, aunque leve, sugiere que la harina de mashua contribuye a una menor concentración de lípidos en el producto final, debido a su menor contenido graso en comparación con la harina de trigo.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados por Cañar Pujos (2023), quien al emplear harina de mashua y zanahoria blanca en la elaboración de galletas dulces, obtuvo un contenido graso de 12.30 %. La similitud en los valores obtenidos puede atribuirse a la naturaleza de los ingredientes utilizados; sin embargo, la ligera variación entre los estudios probablemente se debe a diferencias en las proporciones de sustitución y en las formulaciones empleadas.

En términos nutricionales, una reducción moderada en el contenido de grasa puede ser favorable desde una perspectiva de salud pública, sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto. Por tanto, la harina de mashua no solo aporta beneficios funcionales y proteicos, sino que también podría contribuir a mejorar el perfil lipídico del producto final.

4.1.1. Carbohidratos

La tabla 12 evidencia una tendencia decreciente en el contenido de carbohidratos, desde 77.35 ± 0.01 % en T1 hasta 72.61 ± 0.01 % en T6. La baja dispersión de los datos, reflejada en coeficientes de variación del 0.01

%, confirma la alta precisión y consistencia de las determinaciones experimentales.

Tabla 12

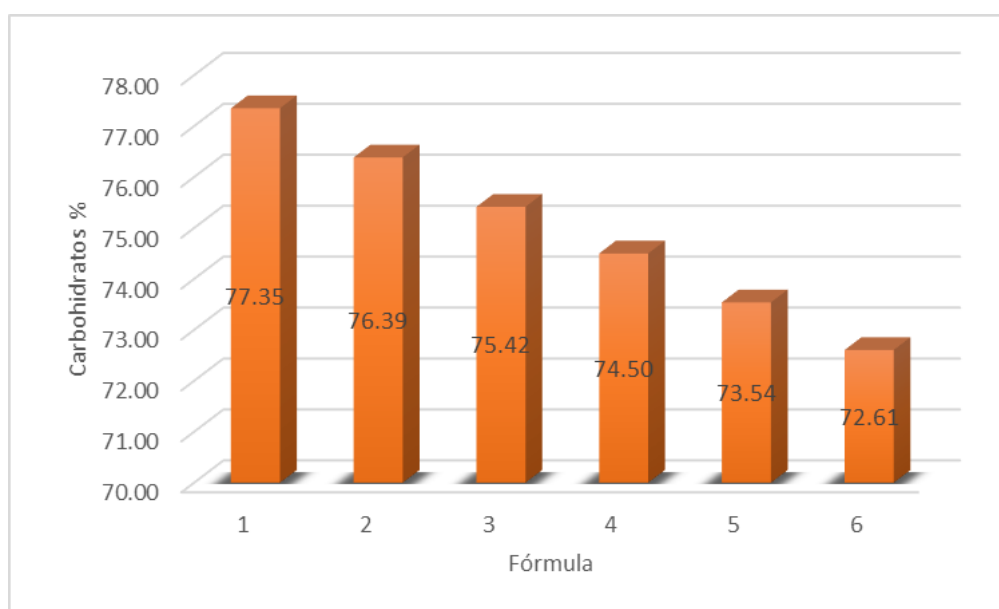
Resultados de analisis de laboratorio para carbohidratos expresada en gr/100g de galleta.

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	77.34	77.36	77.35 ± 0.01	0.01
T2	76.38	76.39	76.39 ± 0.01	0.01
T3	75.42	75.41	75.42 ± 0.01	0.01
T4	74.49	74.51	74.50 ± 0.01	0.01
T5	73.53	73.55	73.54 ± 0.01	0.01
T6	72.6	72.61	72.61 ± 0.01	0.01

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Figura 6

Promedio de los carbohidratos en porcentaje entre formulas



Nota: Contenido de carbohidratos expresado en gr/100 gr de galleta dulce. Laboratorio de análisis bromatológico de la UNA-Puno.

En la figura 6 podemos observar que el contenido de carbohidratos en los diferentes tratamientos en las formulaciones F1, F2, F3, F4, F5 y F6,

tienden a variar en función del porcentaje de harina de mashua utilizada, por ende, el contenido de carbohidrato desciende de 77.35 a 72.61 porciento. Esto indica que la harina de mashua tiene menor contenido de carbohidratos.

Tabla 13

Análisis de varianza de carbohidrato (%) (ANOVA) por Fórmula

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	31.4471	6.28943	50315.43	0.0000
Error experimental	0.00075	0.000125		
Total (Corr.)	31.4479			

La tabla 13 El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas en el contenido de carbohidratos entre las distintas formulaciones de galletas con harina de mashua, evidenciando un efecto real de la sustitución parcial sobre esta variable nutricional. La alta razón F (50315.43) y el valor-p de 0.0000 confirman que las variaciones observadas no son producto del azar, sino del nivel de incorporación de mashua. Además, la mínima variabilidad atribuida al error experimental respalda la consistencia del efecto del tratamiento.

La tabla 14 muestra que entre los tratamientos con diferentes formulaciones F1, F2, F3, F4, F5 y F6, si existe diferencias estadísticamente significativas entre una fórmula de otra, con un nivel del 95.0% de confianza.

En el presente estudio, el contenido de carbohidratos en las galletas formuladas presentó una ligera tendencia decreciente conforme se incrementó el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de mashua, oscilando entre 77.35 % (formulación F1) y 72.60 % (formulación F6). Esta

disminución se atribuye a la menor concentración de almidones disponibles en la harina de mashua en comparación con la harina de trigo, lo cual coincide con lo reportado por Chauhan et al. (2015), quienes señalaron que la composición de carbohidratos en productos horneados varía significativamente en función del tipo de harina y del contenido de azúcares añadidos

Tabla 14

Pruebas de Múltiple Rangos para Carbohidrato (%) por Fórmula
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Fórmula	Casos	Media	Grupos Homogéneos
6	2	72.605	X
5	2	73.54	X
4	2	74.5	X
3	2	75.415	X
2	2	76.385	X
1	2	77.35	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	0.965	0.0444968
1 - 3	*	1.935	0.0444968
1 - 4	*	2.85	0.0444968
1 - 5	*	3.81	0.0444968
1 - 6	*	4.745	0.0444968
2 - 3	*	0.97	0.0444968
2 - 4	*	1.885	0.0444968
2 - 5	*	2.845	0.0444968
2 - 6	*	3.78	0.0444968
3 - 4	*	0.915	0.0444968
3 - 5	*	1.875	0.0444968
3 - 6	*	2.81	0.0444968
4 - 5	*	0.96	0.0444968
4 - 6	*	1.895	0.0444968
5 - 6	*	0.935	0.0444968

Nota: * indica una diferencia significativa. (HSD) de Tukey

Cabe resaltar que la formulación F3, con un contenido de carbohidratos del 75.42 %, obtuvo la mayor aceptación sensorial por parte de los consumidores. Este resultado sugiere que una sustitución moderada

de harina de mashua no solo preserva un nivel adecuado de carbohidratos, sino que también optimiza las características sensoriales del producto, logrando un equilibrio entre valor nutricional y aceptabilidad.

Comparativamente, los valores obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por Cañar Pujos (2023), lo cual se debe a diferencias en la formulación, las proporciones de sustitución y los ingredientes adicionales utilizados. Estos hallazgos refuerzan la importancia de una formulación balanceada, donde el tipo y cantidad de cada ingrediente influyen directamente en el perfil nutricional final del producto

7.1.1. Cenizas

Tabla 15

Resultados de analisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	1.28	1.32	1.30 ± 0.02	1.54
T2	1.53	1.55	1.54 ± 0.01	0.65
T3	1.78	1.81	1.80 ± 0.02	0.84
T4	2.02	2.06	2.04 ± 0.02	0.98
T5	2.28	2.3	2.29 ± 0.01	0.44
T6	2.53	2.55	2.54 ± 0.01	0.39

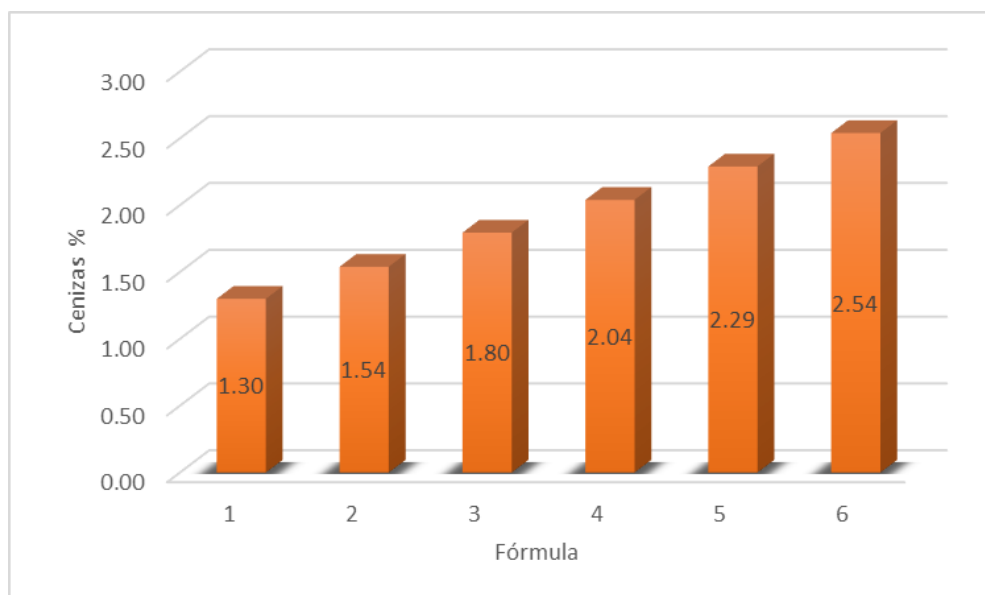
Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

La tabla 15 muestra un incremento progresivo en el contenido de cenizas, pasando de 1.30 ± 0.02 % en T1 hasta 2.54 ± 0.01 % en T6. Los coeficientes de variación entre 0.39 % y 1.54 % indican una adecuada precisión experimental, confirmando la confiabilidad de las determinaciones realizadas.

La figura 7, muestra el porcentaje de cenizas en diferentes formulaciones de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua. Se observa un incremento progresivo en el contenido de cenizas, desde 1.30% en la Fórmula 1 hasta 2.54% en la Fórmula 6, lo que indica un aumento en la cantidad de cenizas a medida que se incrementa la proporción de harina de mashua en las formulaciones.

Figura 7

Promedio de ceniza en porcentaje entre formula



Nota: promedio del porcentaje de ceniza y variación en función a cada formula.

Tabla 16

ANOVA para cenizas (%) por fórmula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamiento	2.16017	5	0.432035	978.19	0.0000
Error experimental	0.00265	6	0.000441667		
Total (Corr.)	2.16282	11			

Esta tabla 16 apreciamos el análisis de varianza de ceniza ANOVA muestra que en este trabajo de investigación si existe diferencias estadísticamente significativas (valor-P = 0.0000) entre la media de la

ceniza (%) entre un nivel de fórmula y otra, con un nivel de confianza del 95% entre tratamiento. en esta investigación se elaboró galletas con 6 formulas en el cual se utilizaron diferentes porcentajes de harina de mashua, que hace que varía el contenido de ceniza total en el producto. En el trabajo de investigación de (Gunsha Maji, 2020) quien obtuvo 1.48 % de ceniza valor inferior de ceniza a comparación con este trabajo de investigación.

La Tabla 17 muestra la variación del contenido de ceniza entre los tratamientos, permitiendo identificar qué medias son significativamente diferentes entre sí. Se observa la existencia de diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que cada fórmula presenta una composición distinta, con un nivel de confianza del 95.0%.

El contenido de cenizas en las galletas formuladas con niveles crecientes de sustitución de harina de trigo por harina de mashua mostró una tendencia ascendente proporcional al porcentaje de sustitución. Como se observa en la figura, los valores se incrementaron desde 1.30 % en la formulación F1 (0 %) hasta 2.54 % en la formulación F6 (25 %). Este comportamiento evidencia la influencia directa de la incorporación de harina de mashua en el enriquecimiento mineral del producto, ya que este tubérculo andino es una fuente reconocida de minerales esenciales como potasio, fósforo, calcio y hierro, los cuales se reflejan en el aumento del residuo inorgánico determinado como cenizas.

Tabla 17

Pruebas de múltiples rangos para cenizas (%) por fórmula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Fórmula	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	1.3	X
2	2	1.54	X
3	2	1.795	X
4	2	2.04	X
5	2	2.29	X
6	2	2.54	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.24	0.0836414
1 - 3	*	-0.495	0.0836414
1 - 4	*	-0.74	0.0836414
1 - 5	*	-0.99	0.0836414
1 - 6	*	-1.24	0.0836414
2 - 3	*	-0.255	0.0836414
2 - 4	*	-0.5	0.0836414
2 - 5	*	-0.75	0.0836414
2 - 6	*	-1.0	0.0836414
3 - 4	*	-0.245	0.0836414
3 - 5	*	-0.495	0.0836414
3 - 6	*	-0.745	0.0836414
4 - 5	*	-0.25	0.0836414
4 - 6	*	-0.5	0.0836414
5 - 6	*	-0.25	0.0836414

Nota: * indica una diferencia significativa.

Este resultado guarda relación con el estudio de Gunsha Maji (2020), quien reportó un contenido de cenizas de 1.48 % en galletas formuladas con un 10 % de harina de mashua. En comparación, en la presente investigación se obtuvo un valor superior de 1.80 % para el mismo nivel de sustitución. Esta diferencia podría atribuirse a factores como la variedad genética de la

mashua empleada, las condiciones agroecológicas de cultivo, o variaciones en la formulación del producto, incluyendo otros ingredientes con contenido mineral. Además, las técnicas de procesamiento, secado y molienda podrían afectar la concentración de minerales retenidos en la harina final.

En conjunto, los resultados obtenidos corroboran el potencial de la harina de mashua como un ingrediente funcional para la mejora del perfil nutricional en productos de panificación. El incremento progresivo de cenizas confirma su contribución al contenido mineral del alimento, aportando valor agregado en términos de nutrición y funcionalidad alimentaria.

9.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

9.1.1. Fibra dietética

Tabla 18

Resultados de análisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	1.53	1.52	1.53 ± 0.01	0.33
T2	1.79	1.8	1.80 ± 0.01	0.28
T3	2.05	2.09	2.07 ± 0.02	0.97
T4	2.34	2.32	2.33 ± 0.01	0.43
T5	2.6	2.62	2.61 ± 0.01	0.38
T6	2.87	2.88	2.88 ± 0.00	0.17

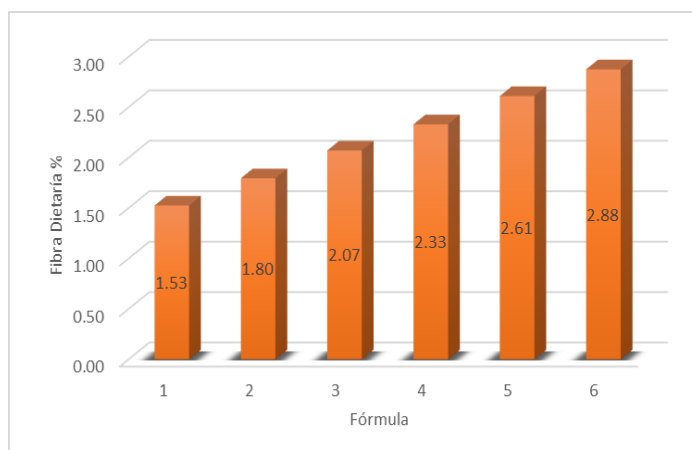
Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados muestran un incremento sostenido en el contenido de fibra dietética, que varió desde 1.53 ± 0.01 % en T1 hasta 2.88 ± 0.00 % en T6. Los coeficientes de variación, comprendidos entre 0.17 % y 0.97 %,

evidencian una baja dispersión de los datos, lo que confirma la precisión y confiabilidad de las determinaciones experimentales.

Figura 8

Promedio de Fibra dietaria en porcentaje entre formula.



Nota: Promedio de la fibra dietaria de las galletas elaboradas con harina de Mashua en porcentajes diferentes de sustitución.

En la figura 8, se observa una tendencia creciente en el contenido de fibra dietaria conforme aumenta la cantidad de mashua es así que en: Fórmula 1: 1.53%, Fórmula 2: 1.80%, Fórmula 3: 2.07%, Fórmula 4: 2.33%, Fórmula 5: 2.61%, Fórmula 6: 2.88%. Esta progresión sugiere que las modificaciones en la formulación incrementan el contenido de fibra dietaria, lo que está relacionado con la sustitución de harina de trigo por harina de mashua.

Tabla 19

Análisis de varianza de fibra dietaria (%) por fórmula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamiento	2.55434	5	0.510868	2270.53	0.0000
Error experimental	0.00135	6	0.000225		
Total (Corr.)	2.55569	11			

La tabla 19, muestra los resultados del análisis de varianza e indica que el contenido de fibra dietaría varía significativamente entre las diferentes formulaciones. Dado que el valor de p es menor a 0.05, con un nivel del 95.0% de confianza.

En la tabla 20 Se observa que con este método de comparación múltiple podemos determinar las medias de la fibra dietaría entre formulas, si hay diferencias estadísticamente significativas entre formulas unas de otras, con un nivel del 95.0% de confianza. Es así que las diferencias entre las formulaciones son estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo que confirma que el contenido de fibra dietaría varía de entre las distintas formulaciones. También muestra que las formulaciones con mayor nivel de sustitución (harina de trigo por harina de mashua) tienen mayor contenido de fibra.

Las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua presentaron un aumento progresivo en el contenido de fibra dietaria. La formulación F1 (0 % de mashua) registró un valor de 1.53 %, mientras que la formulación F6 (25 % de mashua) alcanzó 2.88 %. Este incremento se relaciona directamente con la incorporación de mashua, un tubérculo andino que destaca por su alto contenido de fibra soluble e insoluble, polisacáridos estructurales y compuestos prebióticos, lo que refuerza su potencial como ingrediente funcional en productos de galletería, especialmente en el desarrollo de alimentos saludables dirigidos a poblaciones con necesidades digestivas o dietas enriquecidas.

Tabla 20

*Pruebas de múltiples rangos para fibra dietaria (%) por fórmula método:
95.0 porcentaje Tukey HSD*

Fórmula	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	1.525	X
2	2	1.795	X
3	2	2.07	X
4	2	2.33	X
5	2	2.61	X
6	2	2.875	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.27	0.0596987
1 - 3	*	-0.545	0.0596987
1 - 4	*	-0.805	0.0596987
1 - 5	*	-1.085	0.0596987
1 - 6	*	-1.35	0.0596987
2 - 3	*	-0.275	0.0596987
2 - 4	*	-0.535	0.0596987
2 - 5	*	-0.815	0.0596987
2 - 6	*	-1.08	0.0596987
3 - 4	*	-0.26	0.0596987
3 - 5	*	-0.54	0.0596987
3 - 6	*	-0.805	0.0596987
4 - 5	*	-0.28	0.0596987
4 - 6	*	-0.545	0.0596987
5 - 6	*	-0.265	0.0596987

Nota: * indica una diferencia significativa.

En comparación con investigaciones previas, los resultados obtenidos superan significativamente a los reportados por Astuhamán Cajahuanca y Medina Paita (2019), quienes obtuvieron un contenido de fibra de apenas 0.53 % en galletas formuladas con una proporción menor de harina de mashua. Asimismo, Medina y Uscca (2018) obtuvieron un valor de 1.98 % en la elaboración de cupcakes, también con harina de mashua. Las diferencias observadas pueden atribuirse a la menor proporción de sustitución utilizada en esos estudios, así como a variaciones en la formulación, tipo de producto, métodos de procesamiento, condiciones térmicas, tiempo de horneado y características fisicoquímicas propias de la

mashua empleada, como la variedad, el contenido de humedad o el nivel de madurez.

En conjunto, estos resultados respaldan el uso de harina de mashua como fuente natural de fibra dietaria en productos horneados, y demuestran que su inclusión en niveles crecientes contribuye significativamente al mejoramiento del perfil funcional del alimento. Por tanto, las galletas formuladas no solo ofrecen valor nutricional, sino que también presentan propiedades beneficiosas para la salud del consumidor, lo que las convierte en una alternativa viable dentro de la tendencia hacia alimentos funcionales y de mayor valor agregado para el mercado.

11.1.1. *Antioxidantes totales*

Tabla 21

Resultados de analisis de laboratorio para ceniza expresada en gr/100g de galleta.

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	0	0	0.00 ± 0.00	
T2	66.69	66.7	66.70 ± 0.01	0.01
T3	133.36	133.4	133.38 ± 0.02	0.01
T4	200.01	200.02	200.02 ± 0.01	0.00
T5	266.75	266.78	266.77 ± 0.01	0.01
T6	333.45	333.47	333.46 ± 0.01	0.00

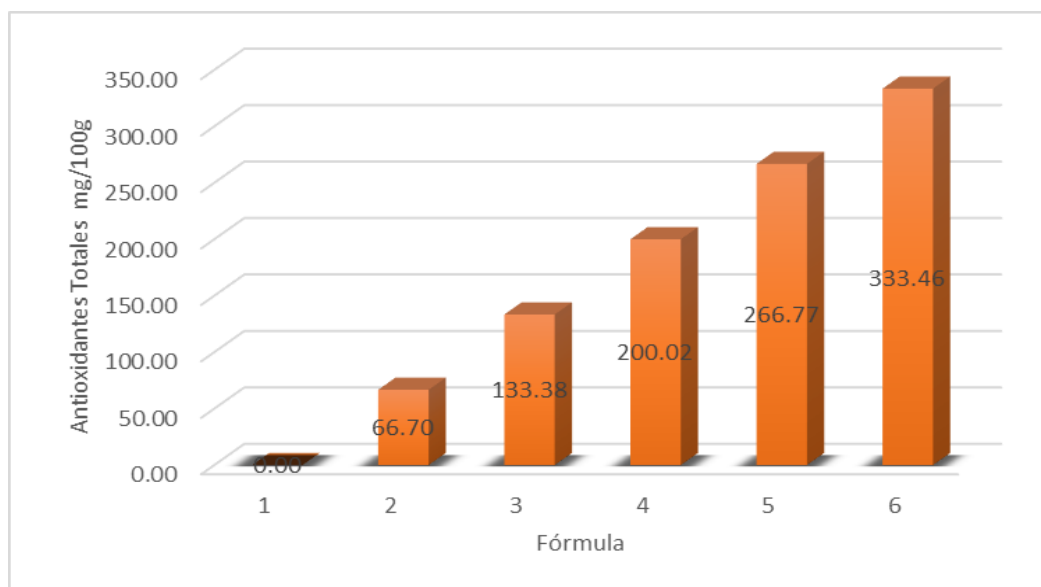
Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados revelan un incremento progresivo en el contenido de antioxidantes totales, que se elevó desde 0.00 ± 0.00 en T1 hasta 333.46 ± 0.01 en T6. La mínima dispersión de los datos, con coeficientes de variación

entre 0.00 % y 0.01 %, refleja una altísima precisión y confiabilidad en las mediciones realizadas.

Figura 9

Promedio de antioxidantes en porcentaje entre formulas.



Nota: Promedio de Antioxidantes presentes en la galleta de mashua en las seis formulas.

La figura 9 muestra que el contenido de antioxidantes totales expresado en (mg/100 g) en las galletas dulces aumenta progresivamente conforme se incrementa la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), pasando de 0.00 mg/100 g en la fórmula 1 (control) hasta 333.46 mg/100 g en la fórmula 6, con incrementos intermedios proporcionales. Este resultado evidencia que la harina de mashua contribuye significativamente al contenido de compuestos antioxidantes en las galletas, mejorando su valor funcional y demostrando el efecto positivo de esta raíz andina sobre las características del producto final.

Tabla 22

ANOVA para Antioxidantes (mg/100g) por Fórmula

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	155664.	5	31132.8	120513911.65	0.0000
Error Experimental	0.00155	6	0.000258333		
Total (Corr.)	155664.	11			

En la tabla 22, presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar diferencias significativas entre grupos se observa que entre cada una de las fórmulas si existe diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$), entre el nivel de contenido de Antioxidantes y el nivel de formula unas de otras, el cual tiene un nivel de confianza del 95.0% entre cada formula, en las galletas dulces elaboradas con harina de mashua.

Tabla 23

Pruebas de múltiples rangos para antioxidantes (mg/100g) por fórmula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Fórmula	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	0	X
2	2	66.695	X
3	2	133.38	X
4	2	200.015	X
5	2	266.765	X
6	2	333.46	X

Con	Difer	+/-
traste	encia	Límites
1 - 2	-66.695	0.0639682
1 - 3	-133.38	0.0639682
1 - 4	-200.015	0.0639682
1 - 5	-266.765	0.0639682
1 - 6	-333.46	0.0639682
2 - 3	-66.685	0.0639682
2 - 4	-133.32	0.0639682
2 - 5	-200.07	0.0639682
2 - 6	-266.765	0.0639682
3 - 4	-66.635	0.0639682
3 - 5	-133.385	0.0639682
3 - 6	-200.08	0.0639682
4 - 5	-66.75	0.0639682
4 - 6	-133.445	0.0639682
5 - 6	-66.695	0.0639682

Nota: * indica una diferencia significativa HSD Tukey

En la tabla 23 se aprecia que las seis formulas (F1, F2, F3, F4, F5 y F6) con las que se trabajó en esta investigación, al realizar la comparación múltiple se obtuvo resultados en los que indica que si hay diferencia estadísticamente significativa entre cada uno de las fórmulas con un nivel de ($P < 0,05$), con una de confianza del 95.0 %, los resultados obtenidos en las fórmulas (F2, F3, F4, F5 y F6).

Las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua presentaron valores de capacidad antioxidante total que oscilaron entre 66.70 y 333.mg/100g. Este comportamiento evidencia el aporte funcional de la mashua, cuya riqueza en compuestos bioactivos, como antocianinas, flavonoides y ácido ascórbico, ha sido ampliamente documentada (Arteaga-Cano et al., 2022).

En comparación con otras investigaciones, los valores obtenidos en este estudio son consistentes con los reportados por diversos autores que evaluaron la incorporación de ingredientes funcionales en productos de panificación. Kumar et al. (2022) evaluaron galletas enriquecidas con pulpa de karité (*Vitellaria paradoxa*), obteniendo una capacidad antioxidante entre 83.25 y 627.49 mg/100 g, con incrementos significativos al aumentar el porcentaje de sustitución. También Hosseinia et al. (2021) desarrollaron galletas con harina de *Elaeagnus angustifolia* (oleaster), donde los valores de capacidad antioxidante, medidos por los métodos ABTS, CUPRAC y FRAP, oscilaron entre 5.68 y 23.mg/100g, dependiendo del porcentaje de incorporación, los cuales correlacionaron positivamente con el contenido de antioxidantes totales.

Asimismo, Bastias-Montes et al. (2023) desarrollaron galletas con harina de maqui (*Aristotelia chilensis*), logrando valores de DPPH entre 118.03 y 1213.86 $\mu\text{g TE/ml}$, demostrando que pigmentos ricos en antocianinas pueden mantener su capacidad antioxidante incluso tras el horneado.

En este contexto, los valores de hasta 333.46 mg /100g registrados en galletas con harina de mashua se encuentran dentro de un rango competitivo y validan el uso de este tubérculo como ingrediente funcional. La variación observada entre estudios puede explicarse por las diferencias en el tipo y origen del ingrediente funcional, el porcentaje de sustitución, el método de extracción y análisis antioxidante (DPPH, ABTS, ORAC, FRAP) y las condiciones de horneado.

13.1.1. Antocianinas

Tabla 24

Resultados de analisis de laboratorio para antocianinas expresada en mg/g de galleta.

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	0.00	0.00	0.00 ± 0.00	
T2	0.60	0.62	0.61 ± 0.01	1.64
T3	1.21	1.23	1.22 ± 0.01	0.82
T4	1.83	1.82	1.83 ± 0.01	0.27
T5	2.43	2.45	2.44 ± 0.01	0.41
T6	3.04	3.05	3.05 ± 0.00	0.16

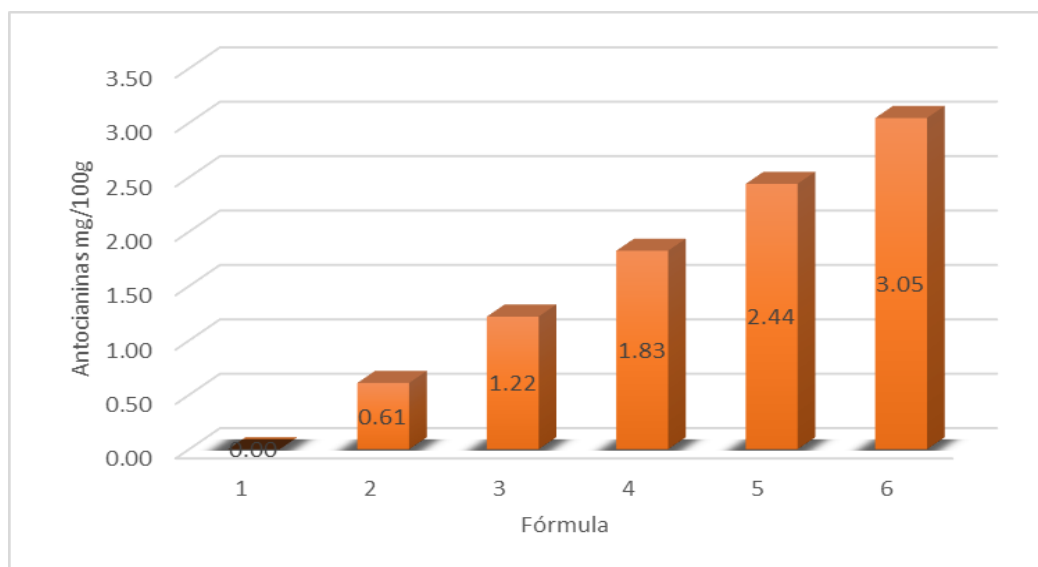
Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados evidencian un aumento progresivo en el contenido de antocianinas, pasando de 0.00 ± 0.00 en T1 hasta 3.05 ± 0.00 en T6. Los

coeficientes de variación, entre 0.16 % y 1.64 %, reflejan una adecuada precisión experimental, lo que garantiza la confiabilidad de las determinaciones realizadas.

Figura 10

Promedio antocianina en porcentaje entre formula



Nota: promedio de Antocianinas presentes en las galletas dulces con mashua en las seis formulas.

La figura 10, evidencia un incremento progresivo en el contenido de antocianinas (mg/100 g) en las galletas dulces conforme se incrementa el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). La fórmula 1, correspondiente al tratamineto sin mashua, presenta un valor nulo (0.00 mg/100 g), mientras que las formulaciones sucesivas muestran aumentos graduales, alcanzando un máximo de 3.05 mg/100 g en la fórmula 6, que contiene el mayor porcentaje de harina de mashua. Este comportamiento indica que la incorporación de mashua aporta de manera significativa compuestos bioactivos como las antocianinas, pigmentos naturales con propiedades antioxidantes reconocidas.

Tabla 25 *Análisis de varianza para antocianinas (mg/100g) por fórmula*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamiento	12.987	5	2.59739	22263.37	0.0000
Error experimental	0.0007	6	0.000116667		
Total (Corr.)	12.9877	11			

En la Tabla 25 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de antocianinas en galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de mashua. Los resultados evidencian que existe una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre las fórmulas evaluadas, lo que indica que al menos una de ellas difiere en su nivel de antocianinas, con un nivel de confianza del 95 %. Este hallazgo sugiere que el incremento en el porcentaje de harina de mashua tiene un efecto directo sobre el contenido de antocianinas en el producto final. El comportamiento creciente observado en las medias respalda la influencia positiva de este ingrediente andino en la mejora del perfil funcional de las galletas.

La tabla 26, prueba de rangos múltiples de Tukey HSD aplicada al contenido de antocianinas (mg/100 g) evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todas las fórmulas evaluadas ($p < 0.05$), como se observa en el contraste de pares. La fórmula 6 presentó la mayor media (3.045 mg/100 g), mientras que la fórmula 1 no presentó contenido de antocianinas (0 mg/100 g). Cada fórmula conforma un grupo homogéneo distinto, lo cual indica que el incremento en el porcentaje de harina de mashua generó aumentos estadísticamente significativos en la concentración de antocianinas. Las diferencias entre todas las

combinaciones de fórmulas superan el límite de significancia de 0.042988, confirmando la eficacia de la sustitución en el enriquecimiento antioxidante. Este resultado respalda la hipótesis de que el contenido de antocianinas en las galletas se incrementa proporcionalmente con la inclusión de mashua en la formulación, lo cual es relevante para el desarrollo de productos funcionales con propiedades bioactivas.

Tabla 26

*Pruebas de múltiples rangos para antocianinas (mg/100g) por fórmula
método: 95.0 porcentaje Tukey HSD*

Fórmula	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	0	X
2	2	0.61	X
3	2	1.22	X
4	2	1.825	X
5	2	2.44	X
6	2	3.045	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.61	0.042988
1 - 3	*	-1.22	0.042988
1 - 4	*	-1.825	0.042988
1 - 5	*	-2.44	0.042988
1 - 6	*	-3.045	0.042988
2 - 3	*	-0.61	0.042988
2 - 4	*	-1.215	0.042988
2 - 5	*	-1.83	0.042988
2 - 6	*	-2.435	0.042988
3 - 4	*	-0.605	0.042988
3 - 5	*	-1.22	0.042988
3 - 6	*	-1.825	0.042988
4 - 5	*	-0.615	0.042988
4 - 6	*	-1.22	0.042988
5 - 6	*	-0.605	0.042988

Nota: * indica una diferencia significativa.HSD| Tukey

Li, Walker y Faubion (2011) investigaron el contenido de antocianinas en galletas elaboradas con harina de maíz azul, y determinaron que tanto la acidez como el tipo de horno influyen significativamente en su retención. Bajo condiciones controladas (uso de ácido cítrico y horno de convección), alcanzaron valores cercanos a 22.7 mg/100 g, lo que demuestra

que las características del proceso y de la materia prima son determinantes en la estabilidad de estos compuestos.

En contraste, aunque los valores de antocianinas obtenidos en este estudio con harina de mashua (hasta 3.05 mg/100 g) son inferiores a los reportados por Li et al., la tendencia creciente confirma el potencial funcional de la mashua como ingrediente antioxidante. A diferencia del maíz azul, la mashua no requiere condiciones de acidificación para estabilizar sus antocianinas, lo cual representa una ventaja tecnológica en la formulación de productos funcionales sin aditivos adicionales.

Por tanto, los resultados sugieren que la mashua puede ser una alternativa local viable para el desarrollo de productos horneados con capacidad antioxidante, especialmente en regiones andinas donde esta especie es accesible.

15.1. EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS SENSORIALES

El análisis sensorial de las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua fue realizado con la participación de 30 consumidores habituales. Se evaluaron tres atributos sensoriales: color, olor y sabor. Para determinar si existían diferencias significativas entre las formulaciones, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Además, se emplearon pruebas de rangos múltiples (Tukey HSD) con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre las distintas fórmulas evaluadas. Asimismo, se utilizaron gráficos de medias para facilitar la interpretación de los resultados y evaluar la relevancia práctica de las diferencias encontradas entre tratamientos.

15.1.1. Color

Tabla 27

Resultados de la evaluación sensorial el color

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	6.23	6.30	6.27 ± 0.03	0.56
T2	6.70	6.63	6.67 ± 0.04	0.53
T3	8.00	7.97	7.99 ± 0.02	0.19
T4	6.97	6.90	6.94 ± 0.03	0.50
T5	6.23	6.03	6.13 ± 0.10	1.63
T6	6.13	6.00	6.07 ± 0.06	1.07

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los tratamientos mostraron diferencias notables en la aceptación. El T3 presentó la mayor puntuación (7.99 ± 0.02 ; CV = 0.19 %), evidenciando una alta preferencia y homogeneidad en las respuestas. Le siguieron T4 (6.94 ± 0.03 ; CV = 0.50 %) y T2 (6.67 ± 0.04 ; CV = 0.53 %), con valores cercanos y baja variabilidad, lo que refleja una aceptación estable. En cambio, T1 (6.27 ± 0.03 ; CV = 0.56 %), T5 (6.13 ± 0.10 ; CV = 1.63 %) y T6 (6.07 ± 0.06 ; CV = 1.07 %) obtuvieron las calificaciones más bajas, destacando T5 por presentar la mayor dispersión en las respuestas, lo que indica menor uniformidad en la percepción del color. Estos resultados permiten concluir que el tratamiento T3 fue el más aceptado por los jueces en términos de color, con alta consistencia en la evaluación.

Tabla 28*Análisis de varianza del color por Formula*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamiento	5.24204	5	1.04841	173.53	0.0000
Error experimental	0.03625	6	0.00604167		
Total (Corr.)	5.27829	11			

La tabla 28, muestra los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) aplicado al atributo color en la evaluación sensorial de galletas con diferentes formulaciones. El valor-p obtenido es 0.0000, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas ($p < 0.05$). Esto significa que el atributo color fue influenciado por la variación en la composición de las fórmulas, específicamente por la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua. En consecuencia, se puede afirmar que el tratamiento aplicado (tipo de fórmula) tiene un efecto significativo sobre la percepción del color en los productos evaluados por los panelistas.

La Tabla 29 y Figura 11 correspondiente a la prueba de rangos múltiples de Tukey HSD al 95% de confianza, evidenció la existencia de dos grupos homogéneos sin diferencias significativas internas: el primero conformado por las formulaciones 6, 5 y 1, y el segundo por las formulaciones 2 y 4. En contraste, la formulación 3 se diferenció significativamente de todas las demás, al presentar la media más alta en la evaluación sensorial del atributo color. Esta diferencia estadística sugiere que la incorporación de un 10% de harina de mashua correspondiente a la formulación 3(media de 7.985) contribuyó de manera positiva a la

percepción visual del producto final. Por lo tanto, la formulación 3 se identifica como la mejor en términos de aceptación del color por parte de los panelistas consumidores.

Tabla 29

Pruebas de múltiples rangos para color por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

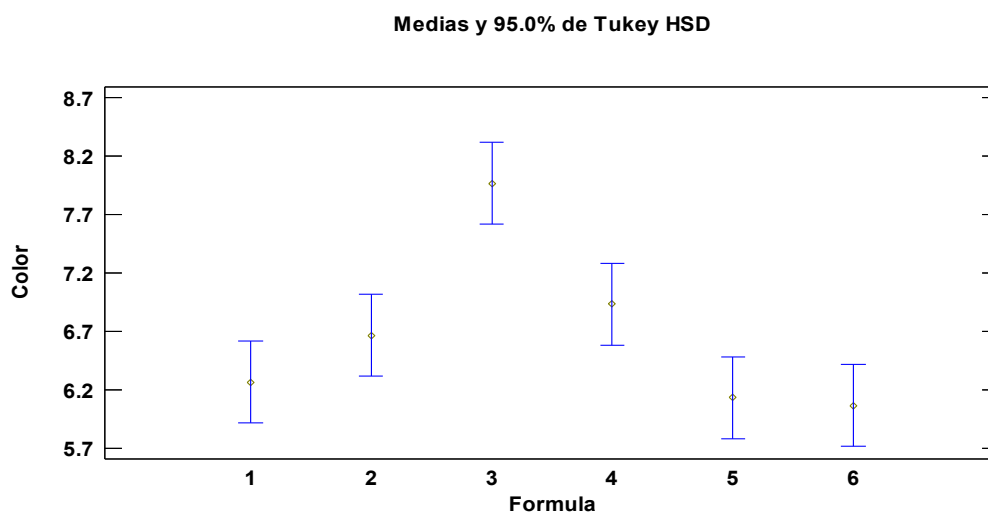
<i>Formulación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
6	2	6.065	X
5	2	6.13	X
1	2	6.265	X
2	2	6.665	X
4	2	6.935	X
3	2	7.985	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.4	0.309352
1 - 3	*	-1.72	0.309352
1 - 4	*	-0.67	0.309352
1 - 5		0.135	0.309352
1 - 6		0.2	0.309352
2 - 3	*	-1.32	0.309352
2 - 4		-0.27	0.309352
2 - 5	*	0.535	0.309352
2 - 6	*	0.6	0.309352
3 - 4	*	1.05	0.309352
3 - 5	*	1.855	0.309352
3 - 6	*	1.92	0.309352
4 - 5	*	0.805	0.309352
4 - 6	*	0.87	0.309352
5 - 6		0.065	0.309352

Nota: * indica una diferencia significativa.

Figura 11

Resultados de la media y 95.0% de Tukey HSD del atributo color



Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los reportados por Astuhuamán Cajahuanca & Medina Paita (2019), quienes evaluaron galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua. En su estudio, la formulación M4, que contenía un 12 % de harina de mashua, alcanzó una aceptación sensorial de 4.5 puntos en una escala hedónica de 5 puntos, correspondiente al nivel de "me gusta mucho". De manera similar, en esta investigación, la formulación 3, con 10 % de sustitución, obtuvo la mayor puntuación promedio en el atributo color (7.98 en escala de 9 puntos), además de altas calificaciones en olor (8.14), sabor (8.00) y textura (7.95). Estos resultados confirman que niveles moderados de incorporación de harina de mashua, cercanos al 10–12 %, mejoran significativamente la calidad sensorial del producto, sin afectar negativamente su aceptabilidad por parte de los consumidores, y permiten mantener un equilibrio entre funcionalidad nutricional y preferencia organoléptica.

17.1.1. Olor

Tabla 30

Resultados de la evaluación sensorial el olor

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	5.67	5.53	5.60 ± 0.07	1.25
T2	6.67	6.87	6.77 ± 0.10	1.48
T3	8.10	8.17	8.14 ± 0.04	0.43
T4	7.00	7.13	7.07 ± 0.06	0.92
T5	6.37	6.30	6.34 ± 0.04	0.55
T6	6.30	6.43	6.37 ± 0.06	1.02

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

Los resultados indican que la percepción del olor mostró diferencias entre tratamientos, con valores que oscilaron entre 5.60 ± 0.07 en T1 y 8.14 ± 0.04 en T3. El tratamiento T3 destacó por presentar la mayor aceptación sensorial del olor, acompañado de un coeficiente de variación bajo (0.43 %), lo que evidencia consistencia en la evaluación panelista. En contraste, T1 registró la menor puntuación, mientras que los demás tratamientos se ubicaron en un rango intermedio (6.34–7.07), con variabilidades moderadas (CV entre 0.55 % y 1.48 %).

La Figura 14 muestra los promedios obtenidos en la evaluación sensorial del atributo olor para seis formulaciones de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua. La fórmula 3 destacó con el puntaje más alto (8.13), reflejando una mayor preferencia por su aroma. Le siguieron la fórmula 4 (7.07) y la fórmula 2 (6.77), las cuales también fueron bien valoradas por los panelistas. En contraste, las fórmulas 5 (6.33), 1 (5.60) y 6 (6.) recibieron los puntajes más bajos, lo que sugiere

una menor aceptación olfativa. Estos resultados evidencian que una sustitución intermedia de harina de mashua mejora la percepción del olor en el producto final, posiblemente por la contribución de compuestos volátiles naturales de la mashua. Sin embargo, niveles más altos de sustitución podrían alterar negativamente el perfil aromático, disminuyendo su atractivo sensorial y la aceptación por parte del consumidor.

Figura 12

Promedio de analisis sensorial para el olor

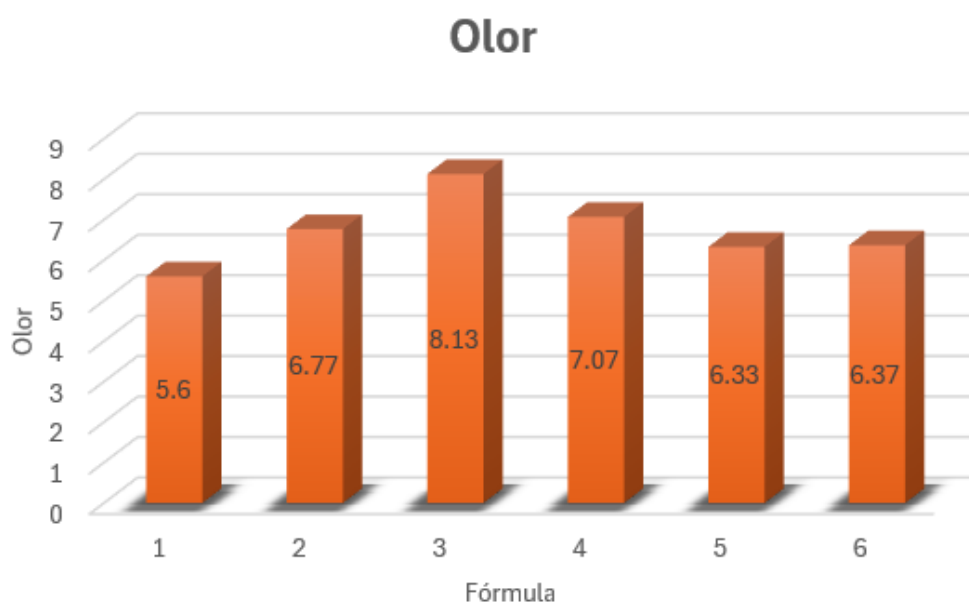


Tabla 31

ANOVA para olor por formula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamiento	7.30397	5	1.46079	169.86	0.0000
Error Experimental	0.0516	6	0.0086		
Total (Corr.)	7.35557	11			

La Tabla 31 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al atributo olor en la evaluación sensorial de galletas elaboradas con distintas proporciones de harina de mashua. El valor-p de 0.0000 revela que existen diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p < 0.05$), lo cual indica que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua afectó de manera directa la percepción olfativa del producto. En este sentido, se confirma que el tratamiento aplicado incide significativamente en la valoración sensorial del olor, mostrando que los niveles de incorporación de mashua influyen en la aceptabilidad aromática de las galletas, mejorándola o reduciéndola según el porcentaje utilizado.

La Tabla 32 y la Figura 13, correspondientes a la prueba de rangos múltiples de Tukey HSD con un 95 % de confianza, muestran la formación de dos grupos homogéneos sin diferencias significativas dentro de cada uno: el primero conformado por las formulaciones 6, 5 y 1; y el segundo, por las formulaciones 2 y 4. En contraste, la formulación 3 se destacó significativamente del resto, al alcanzar la media más alta en la evaluación del atributo olor. Este resultado sugiere que la incorporación del 10 % de harina de mashua, correspondiente a dicha formulación (media de 8.135), mejoró notablemente la percepción aromática del producto. Por tanto, se concluye que la formulación 3 fue la más valorada sensorialmente en términos de olor, lo que evidencia una aceptación superior por parte del panel de consumidores.

Tabla 32

Pruebas de múltiples rangos para olor por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

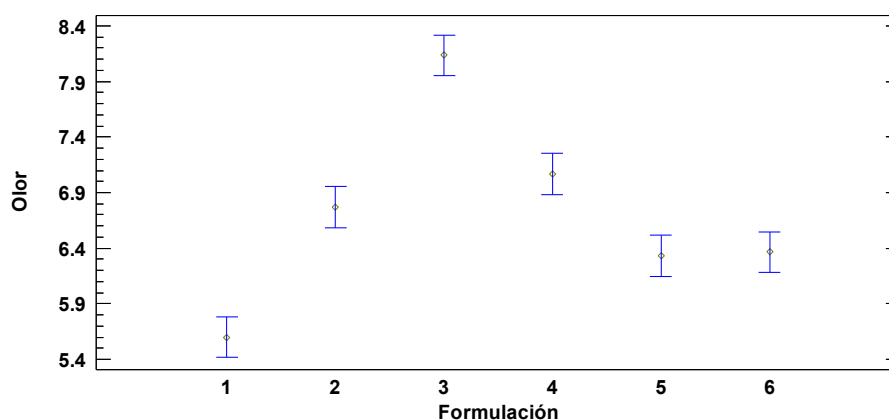
<i>Formulación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	2	5.600	X
5	2	6.335	X
6	2	6.365	X
2	2	6.770	X
4	2	7.065	X
3	2	8.135	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.17	0.369082
1 - 3	*	-2.535	0.369082
1 - 4	*	-1.465	0.369082
1 - 5	*	-0.735	0.369082
1 - 6	*	-0.765	0.369082
2 - 3	*	-1.365	0.369082
2 - 4		-0.295	0.369082
2 - 5	*	0.435	0.369082
2 - 6	*	0.405	0.369082
3 - 4	*	1.07	0.369082
3 - 5	*	1.8	0.369082
3 - 6	*	1.77	0.369082
4 - 5	*	0.73	0.369082
4 - 6	*	0.7	0.369082
5 - 6		-0.03	0.369082

* indica una diferencia significativa.

Figura 13

Resultados de la media y 95.0% de Tukey HSD del atributo olor



Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la formulación 3, con un 10 % de sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua, alcanzó el mayor nivel de aceptación sensorial en el atributo olor, con una puntuación promedio de 8.135 sobre 9, correspondiente a la categoría hedónica de "me gusta mucho". Este resultado sugiere que dicho nivel de sustitución favorece el perfil aromático del producto, debido a la presencia de compuestos volátiles característicos de la mashua.

Estos hallazgos coinciden con los reportados por Astuhamán Cajahuanca y Medina Paita (2019), quienes también obtuvieron un nivel de aceptación equivalente a “me gusta mucho” en galletas elaboradas con una fórmula compuesta por 12 % de harina de mashua y 88 % de harina de trigo. Asimismo, la investigación de Gunsha Maji (2020) respalda estos resultados, al reportar una alta aceptación del atributo olor en formulaciones con 10 % de harina de mashua, reafirmando que niveles moderados de sustitución contribuyen positivamente a la percepción sensorial del aroma en productos de galletería.

19.1.1. Sabor

Tabla 33

Resultados de la evaluación sensorial para el sabor

Tratamiento	R1	R2	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
T1	5.81	5.73	5.77 ± 0.04	0.69
T2	6.83	6.70	6.77 ± 0.06	0.96
T3	8.03	7.97	8.00 ± 0.03	0.37
T4	7.17	6.97	7.07 ± 0.10	1.41
T5	6.03	6.10	6.07 ± 0.03	0.58
T6	5.20	5.00	5.10 ± 0.10	1.96

Nota: $\bar{x} \pm s$ es la media $\pm$ la desviación estándar y CV (%) porcentaje de coeficiente de variación

el tratamiento T3 alcanzó la mayor puntuación (8.00 ± 0.03 ; CV = 0.37 %), evidenciando una clara preferencia y alta uniformidad en la aceptación. Le siguieron T4 (7.07 ± 0.10 ; CV = 1.41 %) y T2 (6.77 ± 0.06 ; CV = 0.96 %), con buena valoración, aunque con mayor dispersión en comparación con T3. Los tratamientos T5 (6.07 ± 0.03 ; CV = 0.58 %) y T1 (5.77 ± 0.04 ; CV = 0.69 %) obtuvieron calificaciones intermedias con baja variabilidad, mientras que T6 (5.10 ± 0.10 ; CV = 1.96 %) presentó la menor aceptación y la mayor dispersión en las respuestas. Estos resultados demuestran que el tratamiento T3 fue el más valorado en sabor, confirmando su ventaja sobre los demás en términos de preferencia sensorial.

La Figura 14 muestra los promedios obtenidos en la evaluación sensorial del sabor de seis formulaciones de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua. La formulación 3 obtuvo la mayor puntuación (8.00 sobre 9), lo que indica una fuerte preferencia por parte de los panelistas en cuanto a su perfil gustativo. Le siguen las formulaciones 4

(7.07) y 2 (6.77), que también recibieron una valoración positiva. En contraste, las formulaciones 5 (6.07), 1 (5.80) y 6 (5.10) presentaron niveles de aceptación sensorial más bajos. Estos resultados sugieren que una proporción moderada de mashua (10 %) mejora significativamente el sabor del producto, posiblemente debido a su equilibrio entre compuestos bioactivos y características dulces-terrosas. Sin embargo, cantidades superiores o inferiores podrían alterar el perfil gustativo de manera desfavorable, disminuyendo la aceptación del consumidor.

Figura 14

Promedio de análisis sensorial para el sabor

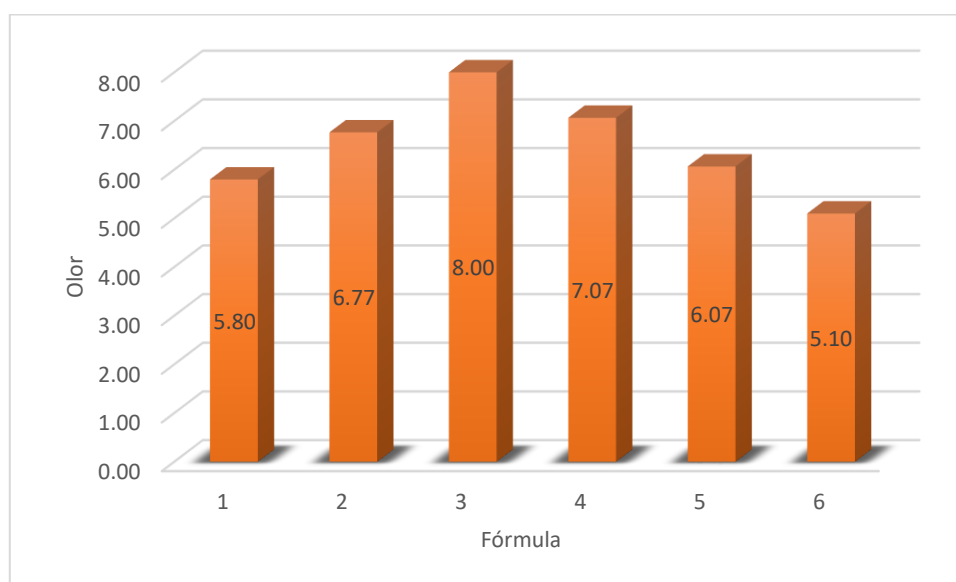


Tabla 34

Análisis de varianza para sabor por fórmula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	10.5554	5	2.11107	202.66	0.0000
Error Experimental	0.0625	6	0.0104167		
Total (Corr.)	10.6179	11			

La Tabla 35 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al atributo sabor en la evaluación sensorial de galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de mashua. El valor-p igual a 0.0000 indica la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas ($p < 0.05$), lo que evidencia que la proporción de harina de mashua utilizada afectó directamente la percepción del sabor por parte de los panelistas. En consecuencia, se confirma que el tipo de formulación influye de manera significativa en la aceptabilidad gustativa del producto.

La Tabla 36 y la Figura 15, correspondientes a la prueba de rangos múltiples de Tukey HSD al 95 % de nivel de confianza, evidencian la formación de dos grupos homogéneos sin diferencias significativas dentro de cada uno: el primero conformado por las formulaciones 6 y 5, que mostraron valores similares en la percepción de sabor, y el segundo integrado por las formulaciones 2 y 4, las cuales mantuvieron una aceptabilidad intermedia. En contraste, la formulación 3 se diferenció de manera significativa respecto a todas las demás, al registrar la media más alta en la evaluación del atributo sabor (8.00), lo que la posicionó como la mejor valorada por los jueces. Este resultado demuestra que la incorporación del 10 % de harina de mashua en dicha formulación potenció de manera positiva la percepción gustativa del producto, aportando notas organolépticas más agradables y diferenciadoras. En consecuencia, se concluye que la formulación 3 fue la más aceptada sensorialmente en cuanto al sabor, lo cual evidencia no solo una mejora notable en la palatabilidad atribuible al nivel adecuado de sustitución, sino también la posibilidad de

revalorizar el uso de cultivos andinos en productos de galletería, favoreciendo la innovación y diversificación en la industria alimentaria.

Tabla 35

Pruebas de múltiples rangos para sabor por formula método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

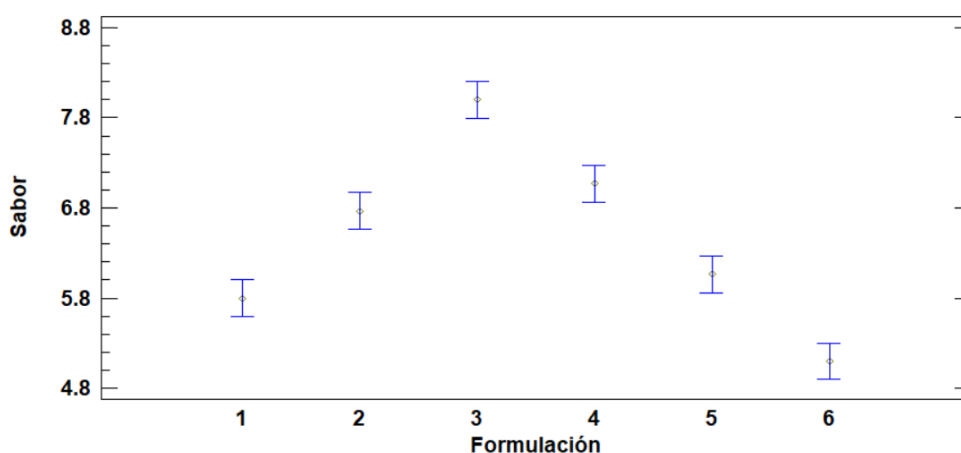
<i>Formulación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
6	2	5.1	X
1	2	5.8	X
5	2	6.065	X
2	2	6.765	X
4	2	7.07	X
3	2	8.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.965	0.406198
1 - 3	*	-2.2	0.406198
1 - 4	*	-1.27	0.406198
1 - 5		-0.265	0.406198
1 - 6	*	0.7	0.406198
2 - 3	*	-1.235	0.406198
2 - 4		-0.305	0.406198
2 - 5	*	0.7	0.406198
2 - 6	*	1.665	0.406198
3 - 4	*	0.93	0.406198
3 - 5	*	1.935	0.406198
3 - 6	*	2.9	0.406198
4 - 5	*	1.005	0.406198
4 - 6	*	1.97	0.406198
5 - 6	*	0.965	0.406198

Nota: * indica una diferencia significativa.

Figura 15

Resultado de Medias y 95.0 % de Tukey HSD



Los resultados obtenidos en esta investigación respecto al atributo sabor coinciden con los hallazgos de estudios previos. La formulación 3, con un 10 % de sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua, fue la más valorada sensorialmente, alcanzando un puntaje promedio de 8.00 sobre 9, equivalente al calificativo de “me gusta mucho”. Este nivel de aceptación es coherente con lo reportado por Astuhumán Cajahuanca y Medina Paita (2019), quienes observaron una alta aceptación sensorial en galletas elaboradas con 12 % de harina de mashua y 88 % de harina de trigo, también ubicadas en la escala hedónica como “me gusta mucho”. Asimismo, Gunsha Maji (2020) encontró resultados similares en su evaluación sensorial del atributo sabor al emplear un 10 % de sustitución, sugiriendo que este rango de incorporación favorece el equilibrio gustativo del producto. Estos antecedentes respaldan que niveles intermedios de mashua (entre 10–12 %) contribuyen positivamente a la palatabilidad sin comprometer la aceptabilidad del consumidor, probablemente debido al perfil aromático-terroso característico de este tubérculo andino.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos evidencian que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua (***Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón**) genera cambios significativos en la composición nutricional de la galleta dulce. Se observó que el contenido de proteína y cenizas incrementan cuando la sustitución es mayor y los carbohidratos y las grasas disminuyen, lo que indica una mejora en la calidad nutricional del producto. En particular, con un nivel de sustitución del **25%**, se alcanzaron valores de proteína del 7.16% y cenizas del 2.54%.
2. El análisis de las características funcionales permitió determinar que la harina de mashua aporta fibra dietaria antioxidantes totales y antocianinas, componentes con reconocidos beneficios para la salud. Se evidenció una concentración significativa en el contenido de fibra dietaria (2.88%), antioxidantes (3.05 $\mu\text{mol}/333.45\text{g}$) y antocianinas (3.05 mg/g) con una sustitución del **25%**.
3. La evaluación sensorial con sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua afecta la percepción de atributos como color, olor y sabor. Sin embargo, con un nivel de sustitución del 10%, se lograron las mejores puntuaciones sensoriales, obteniendo 7.98 en color, 8.13 en olor y 8.00 en sabor. Estos resultados sugieren que una sustitución moderada de harina de trigo por harina de mashua permite conservar la calidad organoléptica del producto, asegurando su aceptación por parte del consumidor.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable llevar a cabo estudios de vida útil que permitan analizar la estabilidad de los compuestos funcionales, el mantenimiento de las características sensoriales y la seguridad microbiológica del producto a lo largo del tiempo, con el fin de garantizar su calidad durante su almacenamiento y comercialización.
2. Se sugiere realizar estudios complementarios que evalúen el impacto de la incorporación de harina de mashua en la digestibilidad de los macronutrientes y la biodisponibilidad de los compuestos funcionales en el organismo, con el propósito de validar los beneficios nutricionales y funcionales en condiciones reales de consumo.
3. Se recomienda ampliar la investigación hacia el desarrollo de otros productos de panificación o snacks que incorporen harina de mashua, evaluando su impacto en diferentes matrices alimentarias. Además, se sugiere realizar estudios de viabilidad económica y aceptación en el mercado para analizar el potencial de comercialización del producto.
4. Realizar análisis detallado de los metabolitos secundarios presentes en la mashua (como glucosinolatos, alcaloides o compuestos fenólicos), para comprender mejor su influencia en las propiedades funcionales, organolépticas y de salud del producto final.
5. Evaluar cómo influyen distintos métodos de secado (como secado solar, por convección o liofilización) en la calidad funcional, sensorial y nutricional de la harina de mashua, ya que el tratamiento térmico puede modificar sus propiedades bioactivas.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, C. A. R. (2021). Revisión bibliográfica: Generalidades de las antocianinas.

Recuperado de https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/acevedo_c_ar/capitulo4.pdf

Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA). (2020).

Determinación de azúcares totales y carbohidratos disponibles.

[https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/06/8-M--todos-Az--cares-Totales-H.-de-](https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/06/8-M--todos-Az--cares-Totales-H.-de-Carbono-F--ctores-c--lculo-energ--a-Dra.-Gloria-Vera.pdf)

[Carbono-F--ctores-c--lculo-energ--a-Dra.-Gloria-Vera.pdf](https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/06/8-M--todos-Az--cares-Totales-H.-de-Carbono-F--ctores-c--lculo-energ--a-Dra.-Gloria-Vera.pdf)

Aguado Quispe, B. V. (2017). influencia del tiempo de soleado sobre la concentración de

azúcares reductores y capacidad antioxidante de la mashua (*tropaeolum tuberosum*)

eco tipo negra. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2324>

Aguirre Huayhua, L. L. (2019). evaluación de presión, temperatura y cosolvente en el

rendimiento y actividad antioxidante de antocianinas extraídas de mashua negra por

fluidos supercríticos.

Ale Ruiz, R. E. C. (2018). Análisis de la industria de harina de trigo en el Perú.

<https://repositorio.esan.edu.pe///handle/20.500.12640/1502>

Anaya, J., Pérez, M., & López, R. (2024). Alimentos funcionales y su impacto en la salud

humana. *Revista de Nutrición y Ciencia de los Alimentos*, 12(3), 45–56

Arteaga-Cano, D., Chacón-Calvo, L., Samamé-Herrera, V., Valverde-Cerna, D., & Paucar-

Menacho, L. M. (2022). Mashua (*tropaeolum tuberosum*): Composición nutricional,

características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la

salud. *Agroindustrial Science*, 12(1), 95-101.

Asociación Española de Normalización (UNE). (2023). UNE-ISO 6658:2023. Análisis

sensorial. Metodología. Guía general.

- Astuhuaman Cajahuanca, K. M., & Medina Paita, H. E. (2019). Formulación de una galleta dulce con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*).
- Badii, M. H., Castillo, J., Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica.
- Bastias-Montes, J. M., Morales, C., Orellana-Palma, P., Vega-Gálvez, A., & López, J. (2023). Incorporation of *Aristotelia chilensis* (maqui) into cookie formulations: Physicochemical properties and antioxidant capacity. *Journal of Food Science and Technology*, 60(2), 450–460. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05406-6>
- Bordas, J. (2021). El azúcar en pastelería: mucho más que dulzor. Recuperado de <https://jordibordas.com/blog/el-azucar-en-pasteleria-mucho-mas-que-dulzor/>
- Bunge, M. (2004). La investigación científica. Siglo XXI Editores
- Cabezas Zabala, C. C., Hernández Torres, B. C., & Vargas Zárate, M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: Efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64 (2), 319. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143>
- Campos San Román, A. A. (2020). Plan de negocio para la producción y comercialización de galletas saludables de harina de cañihua en Lima Metropolitana [Tesis de pregrado, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional Ulima.
- Cañar Pujos, A. M. (2023). Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en el desarrollo de galletas dulces [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/37895>

- Carbajal-Sánchez, J. A., Moreno-Pérez, P. A., Carbajal-Sánchez, J. A., & Moreno-Pérez, P. A. (2023). Aditivos alimentarios adicionados en alimentos envasados o enlatados en México ¿información confiable? *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 27(1), 51-62. <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1768>
- Chavez, A. Y., Silva, R. J., & Pampa, N. B. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas enriquecidas con harina de castaña (*Bertholletia excelsa*). *Peruvian Agricultural Research*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.51431/par.v2i1.620>
- Contreras, L. D. C. (2015). Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (*Chenopodium quinoa*) utilizando diseño de mezclas.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2019). *FENNEMA Química de los alimentos*. Cuarta edición—Editorial Acribia, S.A. https://www.editorialacribia.com/libro/fennema-quimica-de-los-alimentos_91433/, https://www.editorialacribia.com/libro/fennema-quimica-de-los-alimentos_91433/
- Daniells, L., & Diaz, Y. (2020). Preferencia sensorial de galletas dulces a partir de una mezcla de harina de trigo y batata (*Ipomoea batatas*).
- Delarue, J., Lawlor, B., & Rogeaux, M. (2021). *Rapid Sensory Profiling Techniques: Applications in New Product Development and Consumer Research*. Woodhead Publishing
- Delwiche, J. (2021). Gustation and Olfaction in Flavor Perception. *Food Quality and Preference*, 91, 104210.
- Digital. (2022). Aroma a galleta: Usos y aplicaciones en marketing olfativo | Aromas Fenpal. www.aromasfenpal.com. <https://aromasfenpal.com/blog/usos-y-aplicaciones/aroma-a-galleta-usos-y-aplicaciones-en-marketing-olfativo/>

- Dorantes-Salazar, M., García-Lara, S., & Salinas-Moreno, Y. (2023). Determinación de actividad antioxidante en alimentos funcionales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8, 643-649. Recuperado de <https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/download/84/79/158>
- Elena, J. H. M., Irene, G. G. Y., Iván, Y. G., & Migdalia, M. M. (2019). Chemical Study and Determination of the Antioxidant Activity of Three Varieties *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). *American Journal of Plant Sciences*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.1012159>
- Espinoza, K., Ccapa, M., & Huamán, J. (2022). Evaluación tecnológica y nutricional de galletas elaboradas con harinas andinas. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 18(2), 45-56.
- García-García, P., & González, M. (2020). Efecto de las condiciones de horneado sobre la calidad nutricional y sensorial de galletas funcionales. *Alimentos Hoy*, 26(3), 33-42.
- Figuerola Reynoso, D. A., & Calixto Naupay, B. (2021). Efecto de la cocción y digestión invitro, en las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de Mashua Negra (*Tropaeolum tuberosum*). <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7160>
- Fonseca-Santanilla, E., & Betancourt-López, L. (2021). Physicochemical and structural characterization of starches from Andean roots and tubers grown in Colombia. *Food Science and Technology International*. <https://doi.org/10.1177/1082013221997313>
- Furtado, P., Figueiredo, P., Chaves das Neves, H., & Pina, F. (1993). Photochemical and thermal degradation of anthocyanidins. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 75(2), 113-118. [https://doi.org/10.1016/1010-6030\(93\)80191-B](https://doi.org/10.1016/1010-6030(93)80191-B)

- Flores, J., Aguilar, C., & Medina, L. (2021). Propiedades nutricionales y funcionales de harinas andinas en productos de panificación. *Revista Peruana de Ciencia de los Alimentos*, 5(2), 45-53.
- García Gómez, Mendoza-Perez, Duran-Dominguez, (2022) antocianinas: revisión bibliográfica de su procesamiento y potencial uso como colorante natural en alimentos Universidad Nacional Autonoma de México, Facultad de química, Departamento de ingeniería química.
- Galindo Quispe, E. (2023). Influencia de zonas agroecológicas y métodos de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de harina instantánea de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en Perú [Tesis]. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19986>
- Gonzáles, M. V. G., Andrade, G. I. M., & Sampedro, S. E. L. (2020). Caracterización nutricional y funcional de la harina de mashua. *ConcienciaDigital*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1299>
- Gonzales, J. (2023). Obtención de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
- Gómez, L., Martínez, F., & Rivas, D. (2019). Tendencias alimentarias y su impacto en la salud pública. *Revista de Nutrición y Salud*, 26(2), 145–152. <https://doi.org/10.1234/rns.v26i2.2019>
- Gunsha Maji, L. M. G. (2020). “Utilización de cuatro niveles de harina de mashua en la elaboración de galletas”.
- Gutiérrez, M., Rojas, P., & Alvarado, D. (2020). Efecto del horneado en la composición nutricional y antioxidante de galletas funcionales. *Journal of Food Science and Technology*, 12(3), 33-41.

- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana.
- Huamán, R. (2022). Deshidratado osmótico de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) a diferentes concentraciones de solución y tiempos de inmersión. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8110>
- Hosseinia, H., Dastjerdi, A. M., & Baghbani-Arani, M. (2021). Nutritional and antioxidant properties of cookies enriched with *Elaeagnus angustifolia* flour. Food Science & Nutrition, 9(9), 5000–5008. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2491>
- Iglesias G., González C., González R. Casariego (2022) La copigmentación y encapsulación de antocianinas como alternativas para aumentar su estabilidad, Universidad de La Habana, Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana, Cuba.
- INACAL. (1981/2016). Norma Técnica Peruana NTP 206.001:1981 (revisada 2016). Galletas. Requisitos. Lima: Instituto Nacional de Calidad.
- Innograin. (2023). Maillard y caramelización (el color del pan). Recuperado de <https://innograin.uva.es/2023/09/05/maillard-y-caramelizacion-el-color-del-pan/>
- Innograin. (2024). Galletas II. Papel de los ingredientes. Innograin. <https://innograin.uva.es/2024/05/28/galletas-ii-papel-de-los-ingredientes/>
- Kerlinger, F., & Lee, H. (2002). Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales. McGraw-Hill.
- Lamos, D. A., Díaz, L. N. M., Sánchez, M. A. V., & Girón, J. M. (2018). Alimentos funcionales: Avances de aplicación en agroindustria. Tecnura, 22(57), 55-68. <https://www.redalyc.org/journal/2570/257057438004/html/>
- Lara, K. P. S., Flores, J. G. P., López, E. C., Vega, K. S., Curiel, L. G., Escalante, E. P., Jijón, C. Á., & Torres, L. A. P. (2024). Exploración Integral de los Colorantes

- Naturales en la Industria Alimentaria: Desafíos y Oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), Article 3.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11668
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2022). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Springer.
- Li, J., Walker, C. E., & Faubion, J. M. (2011). Acidulant and oven type affect total anthocyanin content of blue corn cookies. *Cereal Chemistry*, 88(6), 579–583.
<https://doi.org/10.1094/CCHEM-03-11-0037>
- López, R., Pérez, M., & Gómez, J. (2023). *Propiedades nutricionales y beneficios para la salud de la mashua andina*. Editorial Científica Andina.
- Lopes, M. C. (2023, junio 2). Medición del color en la industria Alimentaria. SCL Sistemas de Control de Línea, S.L. <https://scl.es/blog/medicion-del-color-en-la-industria-alimentaria/>
- Luna, O. H. L. (2021). *Análisis estratégico del sector galletas en lima metropolitana*.
- Medina, E. B., & Uscca, Y. K. (2018). “Elaboración de cupcakes a partir de harina de mashua (*tropaeolum tuberosum*), utilizando como agentes fermentadores leudantes químicos”.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2023). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press.
- Mwangi, J., & Abiero, G. (2021). The Impact of Street Layout Design on Non-Motorized Activities with Nairobi City, Kenya.
[https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55.\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3010725](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55.))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3010725)
- Muñoz, A. M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2021). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press.

- Nacho. (2019, enero 24). Los aditivos alimentarios utilizados por la industria. BTSA.
<https://www.btsa.com/aditivos-para-alimentos-industria-alimentaria/>
- NTP.206.001. (2016). PANADERIA, PASTELERIA Y GALLETERIA. Galletas. Requisitos. NTP 206.001 2016 | PDF.
<https://es.scribd.com/document/773018469/PANADERIA-PASTELERIA-Y-GALLETERIA-Galletas-Requisitos-NTP-206-001-2016>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pérez Elortondo, F. J., & Salvador Moya, M. D. (2022). Análisis sensorial de alimentos y respuesta del consumidor. Editorial Acribia, S.A
- Prescott, J. (2021). Multisensory Processes in Flavor Perception: The Role of Taste and Smell Integration. *Current Opinion in Food Science*, 40, 67-73.
- Quipe Ruiz, Y. (2018). Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) de las variedades amarilla y negra [Tesis]. Universidad Nacional José María Arguedas.
<https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/694>
- Ramírez, J., López, M., & García, P. (2020). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. ResearchGate. Recuperado de
https://www.researchgate.net/publication/321009832_El_gluten_del_trigo_y_su_rol_en_la_industria_de_la_panificacion
- Reyes Sandoval, (2022) Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas Received 10 02 2022 39(5); Nov./Dec. 2022 Accepted 12 15 2022
 FRONTERA BIOTECNOLÓGICA, año 11, número 24, enero - abril 2023 ISSN: 2448-8461

- Reyna, X. F. de la R., León, I. G., Mendoza, J. H., Baquera, J. M., & Velásquez, J. D. C. Q. (2022). Antocianinas, Propiedades Funcionales Y Potenciales Aplicaciones Terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155-163. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426374726001/html/>
- Risco Valdez, G. A. (2023). Estudio de la situación actual del mercado de galletas saludables en el Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/190446>
- Rubinskiene, M., Viskelis, P., Jasutiene, I., Viskeliene, R., & Bobinas, C. (2005). Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Research International*, 38(8), 867-871. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.02.027>
- Sampieri, R. H., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Sensory Analysis Committee. (2023). *Guidelines for Sensory Evaluation Training*. Institute of Food Science
- Unicef. (2019). La mala alimentación está perjudicando la salud de la infancia mundialmente. <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/la-mala-alimentaci%C3%B3n-est%C3%A1-perjudicando-la-salud-de-la-infancia-mundialmente>
- Vásquez, R., Huamán, S., & Paredes, F. (2022). Innovación en alimentos funcionales: formulación y efectos en la salud. *Revista Latinoamericana de Nutrición*, 72(1), 58-67.
- Villacrés, E., Quelal, M. B., & Álvarez, J. (2016). *Redescubriendo la oca y la mashua: Desarrollo de nuevos snacks*. Valencia, ES: Académica Española, 2016. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3152>

- Villanueva T. Bravo, Briceño y Vásquez- Rojas, (2024) Contenido de Polifenoles Totales, Antocianinas y Actividad Antioxidante en arándanos nativos (*Vaccinium floribundum* H.B.K) de la región andina <https://orcid.org/0000-0002-7687-5984> Universidad de La Habana, Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana, Cuba. 2024
- Xóchitl F. de la Rosa Reyna, Israel García León, José Hernández Mendoza, Jaime Morales Baquera, Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez, (2022) Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas
- Zamora Utse. (2020). Evaluación objetiva de la calidad sensorial de alimentos procesados. Editorial Universitaria (Cuba).
- Zapata, S., & Gutiérrez, M. (2020). Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum*) de los páramos de Nariño, Colombia. Revista de la Sociedad Química del Perú, 86(2), 161-172.

ANEXOS

Anexo 1

*Evidencias fotográficas de la elaboración de
las galletas de mashua*

Recepción de la materia prima



Harina de mashua



azúcar rubia



harina de trigo



Manteca



Sal



Huevo



Polvo de Hornear

Anexo 2

*Pesado de la materia prima e insumos para
la elaboración de galleta de mashua*



Realizando el pesado del azucar



Materias primas e insumos ya pesados

Anexo 3

*Mezclado y amasado en la elaboración de
galleta con harina de mashua*



Mezclando los ingredientes



Masa mezclada y amasado lista para laminar

Anexo 4

Proceso de laminado y cortado en la elaboración de galleta con harina de mashua.



Galletas ya laminadas y cortadas



Galletas listas para hornear



Horno para el horneado 165°C por 15min.

Anexo 5

*Enfriado y envasado para las galletas
elaboradas con harina de mashua.*



Galletas envasadas y codificadas



Anexo 6

*Evaluación sensorial de las galletas
elaboradas con harina de mashua*



Muestras listas para su catación en el laboratorio de alimento. En la UNSAAC. EPIA Ingeniería Agroindustrial.



Consumidores habituales realizando la catación de las galletas de mashua.

Anexo 7

*Certificado de laboratorio de los resultados
de análisis de las características
nutricionales y funcionales.*



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE ANALISIS DE BROMATOLOGIA



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS BROMATOLOGICO DE HARINA DE MASHUA Y GALLETAS

PROCEDENCIA : SICUANI - CUSCO
INTERESADO : Bach. JESUS JULIAN QUISPE CONDORI
PROYECTO DE TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum Rufz & Pavón) SOBRE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE"
MOTIVO : ANALISIS BROMATOLOGICO
FECHA DE MUESTREO : 07/07/2022 (por el interesado)
FECHA DE ANALISIS : 08/07/2022

RESULTADOS:

CARACTERISTICAS NUTRICIONALES										
CODIGO	HUMEDAD %		CENIZAS %		PROTEINAS %		GRASAS %		CARBOHIDRATOS %	
	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION
9630	3.2	3.6	1.28	1.32	5.36	5.38	12.42	12.43	77.34	77.36
9672	3.38	3.48	1.53	1.55	5.7	5.72	12.37	12.4	76.38	76.39
6108	3.37	3.45	1.78	1.81	6.07	6.09	12.37	12.38	75.42	75.41
8295	3.36	3.44	2.02	2.06	6.42	6.44	12.34	12.36	74.49	74.51
3875	3.38	3.42	2.28	2.3	6.81	6.79	12.33	12.35	73.53	73.55
6702	3.39	3.41	2.53	2.55	7.15	7.17	12.31	12.33	72.6	72.61
HARINA MASHUA	4.06	4.1	5.32	5.43	6.19	6.38	6.29	6.28	77.84	77.81

CODIGO	FIBRA DIETARIA (g)		ANTIOXIDANTES TOTALES (µmol/g)		CUANTIFICACION DE ANTIOCIANINAS CONCENTRACION (mg/g)	
	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION	ORIGINAL	REPETICION
9630	1.53	1.52	0	0	0	0
9672	1.79	1.8	66.69	66.7	0.6	0.62
6108	2.05	2.09	133.36	133.4	1.21	1.23
8295	2.34	2.32	200.01	200.02	1.83	1.82
3875	2.6	2.62	266.75	266.78	2.43	2.45
6702	2.87	2.88	333.45	333.47	3.04	3.05
HARINA MASHUA	0.69	0.68	1280.1	1260.6	102.6	102.62



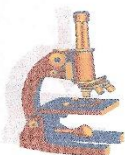
Dr. Benito Fernández Calloapaza
 ANALISTA
 PUNO - PERU



Dr. Sr. Evaristo Mamani Mamani
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 8

*Certificado del laboratorio del método
utilizado*



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE ANALISIS DE BROMATOLOGIA



MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS

Análisis	Método
Humedad	Estufa eléctrica
Cenizas	Horno eléctrico (Mufla)
Proteínas	Micro Kjeldald
Grasa	Equipo Soxhet
Carbohidratos	Diferencia
Fibra dietaria	Método enzimático – gravimétrico
Antioxidantes	Equipo Espectrofotómetro
Antocianinas	Equipo Ultrasonido

Anexo 9

*Certificado de laboratorio del análisis de la
microbiología*



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA



N°002-2022

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. JESUS JULIAN QUISPE CONDORI
PROYECTO DE TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) SOBRE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE GALLETA DULCE
MUESTRA : Bolsa ziploc cierre hermético 200gr galletas y 250gr de harina de mashua
LUGAR : SICUANI - CUZCO
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/07/2022
FECHA DE ANÁLISIS : 08/07/2022
MOTIVO : CALIDAD MICROBIOLÓGICA
REFERENCIA : MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO 11.00 HORAS

RESULTADOS

N°	PUNTO DE MUESTREO	RESULTADOS		
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
01	Galletas de mashua	<3 NMP/100gr	<3 NMP/100gr	0 NMP/100gr
02	Harina de mashua	3 NMP/100gr	<3 NMP/100gr	3 NMP/100gr

NMP/100ml = Numero Más Probable por cien mililitros.

UFC/100ml = Unidad Formadora de Colonias por cien mililitros.

METODO DE ENSAYO: NUMERACIÓN COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALIS Y *E. coli* METODO ESTANDARIZADO DE TUBOS MULTIPLES, APHA, AWWA, WEF, Per.6221B.E 21 th ed. 2005


C.B.P. 11900

Anexo 10

Resultados de la evaluación sensorial

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL COLOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	6	6	9	6	6	6
2	7	5	8	6	7	6
3	8	5	6	8	7	7
4	7	5	8	7	5	7
5	5	8	7	6	6	7
6	5	7	9	8	4	5
7	6	8	7	8	5	7
8	5	6	8	7	6	6
9	5	6	8	5	7	6
10	7	8	9	7	6	6
11	7	7	9	6	7	6
12	7	8	8	5	7	6
13	6	6	8	7	5	6
14	7	7	8	8	7	6
15	7	5	8	6	6	7
16	6	6	6	7	6	5
17	5	6	8	8	7	7
18	8	7	9	8	5	6
19	5	7	7	7	7	6
20	8	7	9	7	7	7
21	7	8	7	7	6	5
22	8	6	8	6	7	5
23	5	8	9	6	7	5
24	5	7	9	7	5	7
25	7	6	9	7	7	7
26	6	6	8	8	7	7
27	6	8	8	7	5	5
28	6	7	8	8	6	6
29	5	8	8	8	7	6
30	5	7	7	8	7	6
Total suma	187	201	240	209	187	184
Media	6.23	6.70	8.00	6.97	6.23	6.13

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL COLOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	7	7	7	7	5	6
2	5	6	8	6	6	4
3	6	8	9	8	6	6
4	5	7	6	7	5	6
5	6	8	6	6	6	6
6	7	7	9	7	6	6
7	8	7	8	6	7	6
8	5	7	8	7	7	7
9	8	7	9	7	5	7
10	5	5	8	8	6	7
11	7	7	7	7	7	5
12	7	7	7	6	5	5
13	7	7	9	7	4	6
14	5	5	9	8	7	7
15	6	8	9	8	7	5
16	4	5	8	7	6	7
17	6	7	7	7	7	5
18	5	5	8	7	6	7
19	5	7	8	8	5	7
20	5	7	9	6	6	7
21	7	7	6	6	7	5
22	8	6	7	7	6	7
23	6	6	9	8	5	5
24	5	7	8	7	7	7
25	8	7	9	7	5	6
26	8	6	7	5	7	6
27	7	6	9	7	6	5
28	7	5	7	7	7	6
29	8	8	9	5	7	7
30	6	7	9	8	5	4
Total suma	189	199	239	207	181	180
Media	6.30	6.63	7.97	6.90	6.03	6.00

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL OLOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	6	8	7	6	7	8
2	7	6	7	6	8	7
3	7	7	8	6	7	8
4	6	7	7	6	7	5
5	5	8	9	6	6	8
6	5	6	9	6	7	6
7	6	6	8	7	8	7
8	6	7	9	8	8	5
9	4	6	7	8	5	5
10	6	6	7	8	6	7
11	4	6	8	7	5	8
12	7	6	8	6	8	7
13	6	6	9	8	5	8
14	7	5	8	8	5	5
15	6	8	9	6	7	6
16	5	5	9	8	7	6
17	4	8	7	7	5	6
18	7	8	7	7	5	6
19	5	7	9	8	7	6
20	7	8	9	8	7	5
21	5	5	9	6	6	7
22	5	7	7	6	7	5
23	7	7	8	7	6	5
24	7	7	7	8	8	8
25	4	7	8	6	7	5
26	4	8	9	8	5	5
27	7	6	8	6	5	5
28	5	6	9	8	7	8
29	6	6	9	8	5	5
30	4	7	8	7	5	7
Total suma	170	200	243	210	191	189
Media	5.67	6.67	8.10	7.00	6.37	6.30

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL OLOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	7	7	8	8	5	7
2	7	8	9	7	6	8
3	5	6	9	8	8	7
4	5	6	9	7	8	5
5	6	8	9	7	5	8
6	7	8	9	8	8	7
7	6	7	8	8	5	6
8	7	7	8	8	7	7
9	4	6	7	7	5	5
10	5	6	8	6	5	8
11	5	6	8	6	7	8
12	7	7	9	8	6	7
13	6	8	7	7	5	5
14	5	7	9	7	6	5
15	4	6	7	7	7	6
16	6	6	8	7	6	5
17	5	5	9	6	7	5
18	5	8	7	6	7	7
19	7	7	7	8	5	5
20	5	6	9	8	7	7
21	6	7	8	6	7	6
22	6	8	7	6	5	5
23	5	7	8	8	5	6
24	5	7	9	7	7	6
25	4	7	9	8	7	7
26	5	6	9	6	6	5
27	6	8	8	8	7	8
28	4	7	9	8	6	8
29	7	7	7	7	6	6
30	4	7	7	6	8	8
Total suma	166	206	245	214	189	193
Media	5.53	6.87	8.17	7.13	6.30	6.43

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL SABOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	4	8	9	7	5	4
2	5	7	9	7	6	4
3	6	5	6	8	7	7
4	7	8	9	5	5	6
5	8	8	8	5	6	7
6	7	5	8	7	6	4
7	6	7	8	6	6	7
8	5	7	9	8	6	6
9	5	6	8	7	7	4
10	7	8	8	8	5	5
11	6	8	9	7	6	5
12	6	7	6	8	6	6
13	8	8	6	7	6	6
14	6	6	8	8	7	5
15	5	6	9	7	6	6
16	4	7	9	8	5	4
17	5	5	8	8	7	6
18	8	6	9	8	5	6
19	5	7	9	8	7	7
20	5	7	9	8	4	4
21	8	7	6	6	7	4
22	4	5	7	7	6	5
23	5	6	6	7	7	4
24	5	7	8	7	5	5
25	6	6	9	7	5	4
26	5	8	9	7	7	5
27	4	6	9	7	6	5
28	7	8	8	7	7	5
29	8	8	7	7	7	6
30	6	8	8	8	6	4
Total suma	176	205	241	215	181	156
Media	5.87	6.83	8.03	7.17	6.03	5.20

PANELISTAS	ATRIBUTOS DEL SABOR					
	TRATAMIENTOS					
Nº	M1(9630)(0%)	M2 (9672)(5%)	M3 (6108)(10%)	M4(8295)(15%)	M5(3875)(20%)	M6(6702)(25%)
1	6	7	9	8	6	4
2	5	8	8	6	6	6
3	5	6	9	6	5	6
4	8	5	7	6	6	5
5	8	7	8	8	7	4
6	5	8	9	5	6	4
7	7	6	7	8	7	5
8	6	6	7	7	6	6
9	4	6	9	8	7	4
10	6	5	9	7	5	5
11	6	8	8	8	7	4
12	7	8	8	8	7	4
13	7	8	7	8	5	4
14	5	8	7	7	4	6
15	5	7	9	6	6	7
16	5	7	8	8	7	5
17	5	8	7	6	6	4
18	4	7	9	7	6	4
19	5	7	8	8	6	4
20	5	7	8	7	7	6
21	5	7	6	6	6	4
22	5	7	8	7	7	5
23	4	7	8	5	7	6
24	8	5	9	7	6	7
25	8	8	8	7	7	4
26	5	7	9	8	6	5
27	7	5	6	7	6	6
28	6	5	9	7	4	4
29	5	6	6	5	7	5
30	5	5	9	8	5	7
Total suma	172	201	239	209	183	150
Media	5.73	6.70	7.97	6.97	6.10	5.00

Anexo 11

Norma técnica peruana para elaboración de galleta.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 206.011
2018

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

BIZCOCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad

BISCUITS, COOKIES AND PASTA OR NOODLES. Moisture determination

2018-08-15
2ª Edición

R.D. N° 021-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-08-27

Precio basado en 06 páginas

I.C.S.: 67.060

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Bizcocho, galleta, pasta, fideo, humedad

© INACAL 2018

© INACAL 2018

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 817, San Isidro
Lima - Perú
Tel.: +51 1 640-8820
administracion@inacal.gob.pe
www.inacal.gob.pe

i

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	ii
	PRÓLOGO	iii
1	Objeto y campo de aplicación	1
2	Referencias normativas	1
3	Términos y definiciones	1
4	Principio del método	2
5	Equipos y materiales	2
6	Preparación de la muestra	2
7	Procedimiento	3
8	Expresión de resultados	4
9	Informe del ensayo	5
	BIBLIOGRAFÍA	6

PRÓLOGO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 El Instituto Nacional de Calidad - INACAL, a través de la Dirección de Normalización es la autoridad competente que aprueba las Normas Técnicas Peruanas a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), en representación del país.

A.2 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Panadería, pastelería y galletería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de diciembre de 2017 a marzo de 2018, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en la Bibliografía.

A.3 El Comité Técnico de Normalización de Panadería, pastelería y galletería presentó a la Dirección de Normalización –DN–, con fecha 2018-05-09, el PNT 206.011:2018, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2018-06-04. No habiéndose recibido observaciones, fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 206.011:2018 BIZCOCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad**, 2ª Edición, el 27 de agosto de 2018.

A.4 Esta segunda edición de la NTP 206.011 reemplaza a la NTP 206.011:1981 (revisada el 2016) BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de humedad, la cual ha sido revisada técnicamente y contiene los siguientes cambios: se han incluido referencias normativas y bibliografía. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:2016 y GP 002:2016.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría

Asociación Peruana de Empresarios de la Panadería y Pastelería – ASPAN

Secretario CTN

Jesús Rodríguez Reaño

ENTIDAD	REPRESENTANTE
Álicorp S. A. A.	Milagritos Huaylla Yta
Asociación Peruana de Empresarios de la Panadería y Pastelería - ASPAN	Pedro Martínez García
Calsa Perú S. A. C.	Katia Murillo Obregón Evelyn Ríos Ruiz
Certificaciones y Calidad S. A. C.	Yuri Ascarza Felices
Certificaciones del Perú S. A.	Gloria Reyes Robles Esther Terrones Bazán
Granotec Perú S. A.	Miluska Gonzales Morales Diana Rojas Cruz
Comité de Molinos de Trigo - Sociedad Nacional de Industria	Ingrid Jáuregui Lozano
Horno, Trigo y Miel S. A. C.	Marianella Salazar Noriega
Instituto Tecnológico de la Producción	Nancy Vera Pumaricra
Intertek Testing Services Perú S. A.	Silvia Quevedo Bacigalupo
Levapan del Perú S. A. C.	Ana Gates Ojeda
Centro Nacional de Alimentación y Nutrición - INS	Mariela Jurado Santos Gustavo Ramírez Beltrán
Molitalia S. A.	Martha Limo Figueroa
Ovosur S. A.	Giuliana Minaya Varas
Supermercados Peruanos S. A.	Carmen Rojas Yarleque
Consultor	Braulio Bustamente Oyague

---0000000---

BIZCOCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad

1 Objeto y campo de aplicación

La presente Norma Técnica Peruana establece el método de determinación de la humedad en bizcochos, galletas, pastas o fideos.

La presente Norma Técnica Peruana es aplicable a los bizcochos, galletas, pastas o fideos.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos a los cuales se hace referencia en el texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana en parte o en todo su contenido. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

NTP 206.001	PANADERÍA, PASTELERÍA Y GALLETERÍA. Galletas. Requisitos
NTP 206.002	BIZCOCHOS. Requisitos
NTP 206.010	PASTAS O FIDEOS PARA CONSUMO HUMANO. Requisitos

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana, se aplican los términos y definiciones dados en NTP 206.001, NTP 206.002 y NTP 206.010 y la siguiente:

3.1**contenido de humedad en bizcochos, galletas y pastas o fideos**

es la pérdida de masa experimentada bajo las condiciones de operación descritas en la presente Norma Técnica Peruana

4 Principio del método

El método consiste en la determinación de la pérdida de masa experimentada por la muestra cuando es sometida a la acción de la temperatura.

5 Equipos y materiales

5.1 Balanza analítica con sensibilidad de 0,1 mg .

5.2 Estufa regulable a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3 Desecador con sílice-gel, CaCl_2 o cualquier otro agente deshidratante equivalente.

5.4 Placas Petri o cápsulas con tapa.

5.5 Molinillo.

6 Preparación de la muestra**6.1 En productos secos (con menos de 16 % de humedad) tales como galletas, fideos o pastas secas**

6.1.1 Partir de una muestra representativa de por lo menos 100 g .

6.1.2 Moler la muestra hasta que el producto pase por el tamiz N° 18 (1 mm).

6.1.3 Homogeneizar la muestra antes de tomarla para el ensayo.

6.2 En productos húmedos (con más de 16 % de humedad) tales como bizcochos, fideos y pastas húmedas, sin rellenar

6.2.1 Partir de una muestra representativa de por lo menos 100 g .

6.2.2 De esta muestra determinar una masa (m) de 8 g aproximadamente, en una cápsula o placa petri (5.4) previamente secada durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tararla con una aproximación de 0,1 mg .

6.2.3 Colocar la cápsula o placa petri destapada con la muestra en una estufa a temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5.2) hasta reducir la humedad a valores inferiores de 16 % (presecado).

6.2.4 Tapar la cápsula o placa petri, retirar de la estufa y dejar enfriar durante no menos de 2 h a temperatura ambiente. Determinar la masa (m_2).

6.2.5 Moler toda la muestra hasta que el producto pase por el tamiz N° 18 (1 mm). Transferir la muestra molida a la cápsula o placa petri y determinar la masa (m_3). Luego proceder como en el subcapítulo 7.2 .

El intervalo entre las pesadas para determinar m_2 y m_3 debe ser el menor posible.

7 Procedimiento

7.1 En la cápsula o placa petri previamente tarados junto con su tapa, pesar de 3 g a 5 g de la muestra preparada según el subcapítulo 6.1, con aproximación a la cuarta cifra decimal.

7.2 Luego de realizar las operaciones descritas en los subcapítulos 6.2.5 y 7.1 según el caso, colocar las muestras en la estufa regulada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 h .

7.3 Antes de retirar la muestra de la estufa, tapar la cápsula o placa petri, y colocarla en un desecador hasta temperatura ambiente.

7.4 Determinar con exactitud la masa de la cápsula o placa petri conteniendo la muestra seca (m_1).

8 Expresión de resultados

8.1 Método de cálculo y fórmula.

8.1.1 En productos secos se hacen los cálculos expresándose en g/100 g .

$$H = \frac{(m - m_1) \times 100}{m}$$

donde:

H = Humedad en g/100 g .

m = Masa, en gramos, de la muestra original.

m_1 = Masa, en gramos, de la muestra seca.

8.1.2 En productos húmedos se hacen los cálculos expresándose en g/100 g .

$$H = \left[\left[\frac{(m_3 - m_1)m_2}{m_3} \right] + (m - m_2) \right] \times \frac{100}{m}$$

donde:

- H = Contenido de humedad en g/100 g .
- m = Masa, en gramos, de la muestra original.
- m_1 = Masa, en gramos, de la muestra seca.
- m_2 = Masa, en gramos, de la muestra luego del presecado.
- m_3 = Masa, en gramos, de la muestra luego de la molienda.

8.2 El contenido de humedad en el informe deberá ser de por lo menos 2 determinaciones analíticas y la diferencia de los dos resultados no debe ser superior al 0,2 % .

8.3 Expresar el resultado con dos decimales.

9 Informe del ensayo

9.1 El informe del ensayo debe indicar el método usado y el resultado obtenido. Se debe mencionar cualquier condición de operación no especificado en esta Norma Técnica Peruana o señalada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido en el resultado.

9.2 El informe debe indicar todos los detalles requeridos para una completa indentificación de la muestra.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NTP 206.011:1981 (revisada el 2016), BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de humedad

- [2] AACC International, Approved Methods of Analysis, 11 th Ed. Method 44-15.02. Moisture. Air – Oven Methods. Reapproved November 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN, USA

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL