



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN GALLETAS FORMULADAS A PARTIR DE HARINAS DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*) Y MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

2. HAMBRE CERO Y 3. SALUD Y BIENESTAR

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

2.00.00 Ingeniería y tecnología - 2.11.01 Alimentos y bebidas

PRESENTADO POR:

Soledad, Yalupalin Sedano

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4042-9681>

ASESOR:

Dr. Gino Paul, Prieto Rosales

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2156-9864>

Dra. Dagnith Liz, Bejarano Lujan (CO-ASESOR)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4354-8933>

Pampas – Perú

2025

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONSTANCIA N° 17-2025-UNAT/FI	Pampas, 27.08.2025	Página 1 de 1
-------------------------------	--------------------	---------------

Quienes al final suscriben este documento, Secretario Académico y Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo",

HACEN CONSTAR:

Que, según aparecen en el respectivo expediente y en el Acta de Sustentación de Tesis Profesional de 21.07.2025:

1. La Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias, YALUPALIN SEDANO SOLEDAD, identificada con DNI N° 71351856 y con código de matrícula 0071351856, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo":
 - 1.1. El 21.07.2025, a las 11:30 horas, en forma presencial y ante el Jurado Evaluador, sustentó su tesis profesional: "COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN GALLETAS FORMULADAS A PARTIR DE HARINAS DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*) Y MAIZ MORADO (*Zea mays L.*)".
 - 1.2. Como resultado de tal sustentación, fue APROBADO, con la calificación de (16) Puntos, que corresponde a la condición académica de BUENO.
2. El Jurado Evaluador, fue designado con Resolución de Coordinación N° 016-2024 UNAT/FI de fecha 05/08/2024 y estuvo conformado por la Dra. PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH (Presidente), M. Sc. HURTADO SORIA BEETHSSY ZZUSSY (Miembro) y Dr. PRIETO ROSALES GINO PAUL (Asesor).

Se expide esta constancia, a requerimiento de parte y para los fines de su uso lícito pertinente, precisando que cualquier enmendadura o anotación invalida este documento.



Dr. DAGNITH LIZ BEJARANO LUJAN
Coordinadora
Facultad de Ingeniería



Dr. LUIS-RONAR CARRANZA HARO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

UNAT

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Ley de Creación N° 29716



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 059-2025

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: "COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN GALLETAS FORMULADAS A PARTIR DE HARINAS DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*) Y MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)", desarrollado por la Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias Yalupalin Sedano Soledad, asesorada por el Dr. Gino Paul Prieto Rosales, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*Software Anti Plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de diecisiete (17%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 04 de noviembre de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA
"DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO"

Dr. Gino Paul Prieto Rosales
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Constancia: N°059-2025.
Cc. Archivo.

<https://unat.edu.pe/>



mesadepartes@unat.edu.pe

OFICINA ADMINISTRATIVA:
Jr. Bolognesi N° 416 - 418 - Pampas - Tayacaja - Huancavelica

OFICINA DE ADMISIÓN:
Jr. Lima, esquina con el Jr. Bolognesi, Plaza Principal,
Pampas - Tayacaja - Huancavelica

LOCAL ACADÉMICO:
Vía Rundo (300 metros al Jr. Alfonso Ugarte,
Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica

Agradecimiento

Antes de cualquier expresión de agradecimiento hacia quienes humanamente impulsaron este trabajo de investigación, quiero agradecer a ese autor invisible pero presente en cada etapa, gracias Dios, por ser mi guía superior y por mostrarme una sabiduría que no nace del intelecto, sino del alma rendida a tu voluntad.

Agradezco también a mi familia por el apoyo emocional y simbólico, por enseñarme más con el ejemplo que con las palabras, ellos fueron mi equilibrio y mi refugio, enseñándome que la perseverancia no es una opción, sino más bien una actitud, estoy eternamente agradecida por las veces que guardaron silencio para no interrumpir mis horas de estudios, las noches que esperaron despiertos dándome aliento para seguir, los días que trabajaron más de lo debido para que a mí no me falte lo necesario, todo ello fue mi mayor fortaleza.

A mi asesor Dr. Gino Paul Prieto Rosales, gracias por la guía académica, gracias por desafiarme a pensar distinto y a cuestionar lo evidente, por exigirme más cuando parecía que no lo lograría, asimismo, a la Dra. Dagnith Liz Bejarano Lujan, de quien valoro mucho su paciencia, por las preguntas que muchas veces no supe responder, que me obligaron hacer esta tesis más profunda de lo que imagine al comienzo, me quedo con sus enseñanzas, su exigencia y esa manera de enseñar que fue un espacio seguro donde pude exponer mis dudas y donde tantas ideas tomaron forma y fueron plasmadas a este trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros agradezco por el apoyo emocional y motivacional que me brindaron, gracias por los espacios de estudio compartidos, a Vilma Chávez Huaycucho, quien con generosa disposición me apoyó en el proceso de obtención de la materia de estudio, un acto que valoro con profunda gratitud, del mismo modo agradezco también por la fortaleza emocional que recibí, las cuales fueron clave para continuar con el desarrollo de este proyecto.

Dedicatoria

A Dios, quien ordenó mis pasos desde el inicio hasta el final, dando testimonio de que, cuando mis fuerzas llegaron al límite, su gracia me sostuvo y convencida de que todo lo bueno, perfecto y duradero procede de él.

A mis padres Samuel Yalupalin Limache y Julia Sedano Chávez, a quienes les pertenece esta dedicatoria por ser pilares fundamentales en mi formación y testigos directos del sacrificio detrás de este proceso, a ustedes les debo más que gratitud, por sostenerme sin condiciones y sin exigencias, porque siempre creyeron en mí, aun cuando yo misma lo dudaba.

A mis hermanos Berlyn Kely y Jhan Marco, quienes fueron mis primeros amigos y son mis cómplices eternos, esta dedicatoria también va para ustedes por entender mis ausencias y por acompañarme siempre sin invadir mis espacios de estudio, los llevó en cada palabra escrita, en cada idea que parecía imposible y terminó siendo una realidad.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue; cuantificar el contenido de compuestos bioactivos y evaluar la aceptabilidad sensorial en galletas formuladas con harina de mashua negra (M1), harina de maíz morado (M2) y harina de trigo (M3). A partir de las harinas se formularon galletas donde 49.6% de su contenido fueron otros ingredientes, cantidades constantes para todas las formulaciones: F0 (50,4% M3), F1 (10,1% M1; 40,3% M2), F2 (20,2% M1; 30,2% M2), F3 (30,2% M1; 20,2% M2) y F4 (40,3% M1; 10,1% M2). Se analizó el contenido químico proximal de las harinas y galletas; compuestos bioactivos de las harinas y galletas, tales como contenido de compuestos fenólicos empleando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, la capacidad antioxidante por el método ORAC, y el contenido de antocianinas por el método del pH diferencial; y evaluación sensorial de las galletas a través de una escala hedónica “1=Me disgusta muchísimo” “9=Me gusta muchísimo”. Los resultados mostraron que la M1 registró mayor contenido de fibra ($2,85 \pm 0,08\%$), M2 mayor contenido de grasa ($4,90 \pm 0,11\%$) y carbohidratos ($76,53 \pm 0,50\%$) y por su parte M3 reflejó mayor concentración de proteína ($13,03 \pm 0,09\%$); en tanto a la determinación de compuestos bioactivos, los compuestos fenólicos M1 ($166,07 \pm 10,04$ mg EAG/100g) y M2 ($305,39 \pm 3,58$ mg EAG/100g), capacidad antioxidante, M1 ($1555,39 \pm 336,90$ mg ET/100g) y M2 ($21880,65 \pm 545,27$ mg ET/100g) y contenido de antocianinas M1 ($206,56 \pm 7,28$ mg C3G/100g) y M2 ($162,40 \pm 3,45$) fueron superiores en comparación a M3, compuestos fenólicos ($29,33 \pm 2,78$ mg EAG/100g), capacidad antioxidante ($1200,06 \pm 57,01$ mg ET/100g) y contenido de antocianinas ($0,38 \pm 0,05$ mg C3G/100g). Respecto a las galletas formuladas se evidenció que la formulación F0 sobresalió en el contenido de proteína ($9,75 \pm 0,45\%$) y carbohidratos ($51,26 \pm 0,59\%$); F1 presentó mayor contenido de grasa ($30,43 \pm 0,04\%$) y cenizas ($3,51 \pm 0,03\%$) y por su parte la F3 sobresalió en el contenido de fibra ($14,69 \pm 0,07\%$); en cuanto al contenido de compuestos bioactivos de las galletas formuladas, F3 presentó mayor contenido de compuestos fenólicos ($375,47 \pm 3,23$ mg EAG/100g), F4 presentó mayor contenido de capacidad antioxidante ($35629,49 \pm 565,73$ mg ET/100g) y F1 evidenció mayor concentración de antocianinas ($55,61 \pm 1,22$ mg C3G/100g), en la evaluación sensorial F1 obtuvo mayor aceptabilidad en todos los atributos evaluados.

Palabras clave: Mashua negra, maíz morado, trigo, galletas, compuestos bioactivos, evaluación sensorial

ABSTRACT

The objective of this study was; to quantify the content of bioactive compounds and evaluate the sensory acceptability in cookies formulated with black mashua flour (M1), purple corn flour (M2) and wheat flour (M3). From the flours, cookies were formulated where 49.6% of its content were other ingredients, constant amounts for all formulations: F0 (50.4% M3), F1 (10,1% M1; 40,3% M2), F2 (20,2% M1; 30,2% M2), F3 (30,2% M1; 20,2% M2) and F4 (40,3% M1; 10,1% M2). The proximate chemical content of flours and cookies was analyzed; Bioactive compounds in flours and biscuits, such as phenolic compound content using the Folin-Ciocalteu colorimetric method, antioxidant capacity using the ORAC method, and anthocyanin content using the differential pH method; and sensory evaluation of the biscuits using a hedonic scale: "1 = I dislike it very much" "9 = I like it very much." The results showed that M1 recorded higher fiber content ($2,85 \pm 0,08\%$), M2 higher fat content ($4,90 \pm 0,11\%$) and carbohydrates ($76,53 \pm 0,50\%$) and M3 reflected higher protein concentration ($13.03 \pm 0,09\%$); Regarding the determination of bioactive compounds, phenolic compounds M1 ($166,07 \pm 10,04$ mg EAG/100g) and M2 ($305,39 \pm 3,58$ mg EAG/100g), antioxidant capacity, M1 ($1555,39 \pm 336,90$ mg ET/100g) and M2 ($21880,65 \pm 545,27$ mg ET/100g) and anthocyanin content M1 ($206.,6 \pm 7,28$ mg C3G/100g) and M2 ($162,40 \pm 3,45$) were higher compared to M3, phenolic compounds ($29,33 \pm 2,78$ mg EAG/100g), antioxidant capacity ($1200,06 \pm 57,01$ mg ET/100g) and anthocyanin content ($0,38 \pm 0,05$ mg C3G/100g). Regarding the formulated biscuits, it was evident that formulation F0 stood out in protein content ($9,75 \pm 0,45\%$) and carbohydrates ($51,26 \pm 0,59\%$); F1 presented higher fat content ($30,43 \pm 0,04\%$) and ash ($3,51 \pm 0,03\%$) and for its part, F3 stood out in fiber content ($14,69 \pm 0,07\%$); Regarding the content of bioactive compounds in the formulated cookies, F3 presented a higher content of phenolic compounds ($375,47 \pm 3,23$ mg EAG/100g), F4 presented a higher content of antioxidant capacity ($35629,49 \pm 565,73$ mg ET/100g) and F1 showed a higher concentration of anthocyanins ($55,61 \pm 1,22$ mg C3G/100g), in the sensory evaluation F1 obtained greater acceptability in all the attributes evaluated.

Keywords: Black mashua, purple corn, wheat, cookies, bioactive compounds, sensory evaluation

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes	18
2.2.1 <i>Mashua</i>	21
2.2.1.1 <i>Generalidades</i>	21
2.2.1.2 <i>Mashua negra</i>	21
2.2.1.4 <i>Valor nutricional de la mashua</i>	22
2.2.1.5 <i>Composición química del tubérculo mashua</i>	23
2.2.2 <i>Maíz</i>	23
2.2.2.1 <i>Generalidades</i>	23
2.2.2.2 <i>Maíz variedad morado</i>	24
2.2.2.4 <i>Valor nutritivo del maíz</i>	25
2.2.3 <i>Derivados de las harinas de mashua negra y maíz morado</i>	26
2.2.3.1 <i>Harinas</i>	26
2.2.3.2 <i>Galleta</i>	26
2.2.3.3 <i>Galleta de harina de trigo</i>	27
2.2.4 <i>Compuestos bioactivos</i>	27
2.2.4.1 <i>Capacidad antioxidante</i>	27
2.2.4.2 <i>Componentes fenólicos</i>	28
2.2.4.3 <i>Antocianinas</i>	28

2.2.5 Estudio microbiológico	29
2.2.6 Evaluación sensorial.....	29
III. METODOLOGÍA	31
3.1 Lugar de ejecución	31
3.2 Materia prima	31
3.3 Materiales, equipos y reactivos	32
3.4 Métodos de análisis	33
3.5 Metodología experimental.....	40
3.6 Diseño experimental.....	48
3.7 Análisis estadístico	49
IV. RESULTADOS	51
4.1 Evaluación de las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	51
4.1.1 Análisis químico proximal.....	51
4.1.2 Compuestos bioactivos	54
4.2 Evaluación de las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	56
4.2.1 Análisis químico proximal.....	56
4.2.2 Compuestos bioactivos	59
4.2.3 Estudio microbiológico	62
4.2.4 Evaluación sensorial.....	63
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIÓN	72

VII. RECOMENDACIONES.....	74
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
IX. ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	22
Tabla 2. Contenido nutricional de la mashua negra	23
Tabla 3. Taxonomía del maíz morado (<i>Zea mays</i> L.).....	25
Tabla 4. Composición nutricional del maíz morado	26
Tabla 5. Restricciones microbiológicas para galletas	29
Tabla 6. Formulación de galletas de harina de mashua negra, maíz morado y trigo	45
Tabla 7. Análisis químico proximal de harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	51
Tabla 8. Compuestos bioactivos de harinas	54
Tabla 9. Análisis químico proximal de galletas	57
Tabla 10. Compuestos bioactivos de galletas.....	60
Tabla 11. Estudio microbiológico de galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo.....	62
Tabla 12. Evaluación sensorial por el método Friedman	63
Tabla 13. Determinación de proteínas (%).....	83
Tabla 14. Determinación de grasa (%).....	84
Tabla 15. Determinación de humedad (%).....	85
Tabla 16. Determinación de cenizas (%).....	86
Tabla 17. Determinación de fibra (%).....	87
Tabla 18. Determinación de carbohidratos (%).....	88
Tabla 19. Cuantificación de compuestos fenólicos	89
Tabla 20. Cuantificación de capacidad antioxidante.....	90
Tabla 21. Cuantificación de antocianinas.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	21
Figura 2. Maíz morado (<i>Zea mays</i> L.)	24
Figura 3: Flujograma de obtención de harina de mashua negra	42
Figura 4: Flujograma de obtención de harina de maíz morado	44
Figura 5: Flujograma de elaboración de galletas.....	47
Figura 6. Esquematización del diseño experimental	49
Figura 8. Gráfica del contenido de compuestos bioactivos de las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	55
Figura 9. Gráfica del contenido porcentual del análisis químico proximal de las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	57
Figura 10. Representacion gráfica del contenido de compuestos bioactivos en galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo	60
Figura 11. Resultados de evaluación sensorial de galletas	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos del análisis proximal de harinas y galletas formuladas	83
Anexo 2: Datos de la determinación de compuestos bioactivos de harinas y galletas formuladas.....	89
Anexo 3: Resultados obtenidos para la evaluación sensorial por el método Friedman	92
Anexo 4: Datos del Análisis de varianza y resumen del modelo del análisis químico proximal	92
Anexo 5: Datos del Análisis de varianza y resumen del modelo de compuestos bioactivos ..	94
Anexo 6: Obtención de harina de mashua negra	96
Anexo 7: Obtención de harina de maíz morado	96
Anexo 8: Determinación del análisis químico proximal a las muestras de estudio	97
Anexo 9: Cuantificación de compuestos bioactivos de las muestras de estudio	98
Anexo 10: Elaboración de galletas formuladas	98
Anexo 11: Evaluación sensorial	99
Anexo 12: Resultados de ensayo microbiológico	100
Anexo 13: Resultados de evaluación sensorial	101
Anexo 14: Flujograma de obtención de harina de mashua negra y maíz morado.....	110

I. INTRODUCCIÓN

La creciente atención a la salud y la nutrición han promovido la búsqueda de alimentos funcionales que contribuyan de manera adicional al bienestar humano, esto ha llevado a un interés particular en la investigación de ingredientes tradicionales con propiedades bioactivas únicas (Zamora y Barboza, 2021). En los últimos años, la producción de tubérculos como la mashua ha mostrado un crecimiento significativo; en Perú, la producción de mashua aumentó 36% en 2019, según Dilas y Ascurra (2020). El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI) reporta que se han producido cerca de 44 toneladas de mashua, lo que ha generado un efecto favorable en la economía (Universidad San Ignacio de Loyola [USIL], 2023). Este tubérculo es altamente valorado en la industria alimentaria no solo por sus beneficios nutricionales, sino también por sus propiedades medicinales, como su contenido en proteínas y vitaminas (Behar et al., 2021). Los compuestos bioactivos, tal como compuestos fenólicos que se ubican en diversas plantas, tienen un rol crucial en la integridad y durabilidad de alimentos debido a su acción antioxidante y contribuyen al sabor (Behar et al., 2021); por su parte los antioxidantes, compuestos indispensables, inhiben la oxidación y protegen al organismo de radicales libres, previniendo procesos patológicos (García et al., 2022). En particular, la mashua negra contiene antioxidantes como flavonoides y compuestos fenólicos, además de glucosinolatos con propiedades anticancerígenas y antiinflamatorias (Castañeda et al., 2020). Estos compuestos bioactivos son esenciales para la salud humana, y las antocianinas presentes en la mashua negra destacan por sus potentes propiedades antioxidantes (Gunsha, 2020).

Por otro lado, el cultivo de granos andinos como el maíz, no solo es nutritivo por sus componentes, sino que también contribuye a la economía local y la preservación de la biodiversidad (Roldan et al., 2022). En 2022, la producción de maíz alcanzó 78 285 toneladas, un aumento del 25,8% respecto al año anterior, impulsado por el aumento de áreas de cultivo y las lluvias en ciertas regiones, (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2022). El maíz morado, proveniente de Perú y Bolivia, ha emergido como un recurso estimable en la industria de los alimentos debido a su elevada concentración de antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos, compuestos con propiedades antioxidantes como peonidina, cianidina, quercetina y ácidos fenólicos, que contribuyen a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, incluidas las enfermedades cardiovasculares y el cáncer; las cuales han sido

exhaustivamente estudiadas por su impacto en el procesamiento de alimentos (Moreno y Andahua, 2020).

En la región de Huancavelica, según datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) del 2023, se registró un índice de pobreza preocupante, alcanzando 39,5% en total y 77,1% en la provincia de Tayacaja (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS], 2024). Acompañando esta situación, se observa un alto porcentaje de anemia (56,6%) y desnutrición crónica infantil (26,1%) en la población (Gobierno regional de Huancavelica [GRH], 2024). En particular, el distrito de Colcabamba destaca con índice de desnutrición del 23,9% (Ministerio de Salud [MINSAL], 2023). Tayacaja se distingue por la producción de alimentos saludables como la mashua negra y el maíz morado, reconocidos por su riqueza en vitaminas y proteínas. A pesar de su valor nutricional, la baja rentabilidad comercial de estos cultivos ha llevado a los agricultores a desaprovechar la mashua. Esta situación motiva la investigación para formular galletas nutritivas que puedan aprovechar estos recursos naturales, buscando así proporcionar una dieta balanceada y nutritiva a la población local. La escasa presencia de la mashua en la dieta regional y su ausencia en los menús de restaurantes subrayan la necesidad de nuevas formulaciones que incluyan este tubérculo. En un contexto donde altos índices de desnutrición y anemia persisten debido a la falta de educación nutricional y el desaprovechamiento de recursos nutritivos, transformar la mashua en harina para la elaboración de galletas no solo mejoraría su conservación, sino también su valor agregado. Este proyecto no solo es relevante para mejorar la situación nutricional local, sino que también promueve la innovación en el sector agrícola y la salud pública. Además, al ofrecer una opción de galleta sin gluten apta para personas con enfermedad celíaca, contribuye a diversificar y enriquecer la oferta de productos basados en alimentos andinos en la región andina.

La **justificación** de la presente investigación, radica en la urgente necesidad de abordar los altos índices de desnutrición y anemia que afectan a la población de Huancavelica, particularmente en la provincia Tayacaja, distrito Colcabamba. Estas problemáticas de salud pública, que presentan un impacto directo en el desarrollo y bienestar de la población, exigen soluciones innovadoras y sostenibles que aprovechen los recursos naturales locales. En este contexto, la mashua negra y el maíz morado se presentan como alimentos funcionales con propiedades bioactivas que podrían marcar una diferencia significativa en la dieta de la población. A pesar de su valor nutricional, estos cultivos han sido desaprovechados debido a la escasa viabilidad económica y al desconocimiento de sus beneficios. Transformar la mashua negra y el maíz morado en ingredientes para la formulación de galletas nutritivas no solo

permitiría su conservación, sino que también agregaría valor a estos productos, brindando una nueva oportunidad económica para los agricultores locales. De este modo, el proyecto no solo responde a la necesidad de mejorar la nutrición de la población, sino que también impulsa el desarrollo económico y la sostenibilidad agrícola en la región. Asimismo, este proyecto ofrece una solución inclusiva al considerar la elaboración de galletas sin gluten, lo que beneficia a personas con enfermedad celíaca y contribuye a diversificar la oferta de productos alimentarios en la región. De esta manera, la investigación presenta un potencial para impactar favorablemente en la salud, la economía local y la innovación alimentaria, promoviendo una dieta más equilibrada y nutritiva, al tiempo que rescata y pone en valor los recursos autóctonos andinos.

El **problema general** de esta investigación fue; ¿Cuál es el efecto sobre el contenido de compuestos bioactivos y aceptabilidad sensorial en galletas formuladas con harina de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.)? y como **problemas específicos** se tuvo; a) ¿Cuál es el contenido químico proximal en las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo?; b) ¿Cuál es el contenido de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas) en las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo?; c) ¿Cuál es el contenido químico proximal en las galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo?; d) ¿Cuál es el contenido de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas) en las galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo?; e) ¿Cuál es el efecto de la harina de mashua negra y maíz morado en la aceptabilidad sensorial de galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo?

El **objetivo general** fue; Cuantificar el contenido de compuestos bioactivos y evaluar la aceptabilidad de galletas formuladas con harinas de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) y como **objetivos específicos** se tuvo; a) Determinar el contenido químico proximal en la harina de mashua negra, maíz morado y trigo; b) Determinar el contenido de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas) en la harina de mashua negra, maíz morado y trigo; c) Determinar el contenido químico proximal en galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo; d) Determinar el contenido de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas) en galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo; e) Determinar la aceptabilidad sensorial de galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo.

La **hipótesis general** fue; H1: El efecto sobre el contenido de compuestos bioactivos y aceptabilidad sensorial en galletas formuladas de la harina de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L) es significativo. H0: El efecto sobre el contenido de compuestos bioactivos y aceptabilidad sensorial en galletas formuladas de la harina de mashua negra, maíz morado y trigo no es significativo; y las **hipótesis específicas** fueron; a) La harina de mashua negra, maíz morado y trigo contiene niveles significativos de contenido químico proximal; b) La harina de mashua negra, maíz morado y trigo contiene niveles significativos de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas); c) Las galletas formuladas de la harina de mashua negra y maíz morado contienen niveles significativos de contenido químico proximal; d) Las galletas formuladas de la harina de mashua negra y maíz morado contienen niveles significativos de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas); e) El efecto sobre la aceptabilidad sensorial en galletas formuladas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo es significativo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para proseguir esta investigación, se revisaron antecedentes internacionales; Gunsha (2020), en su investigación "**Utilización de cuatro niveles de harina de mashua en la elaboración de galletas**", examinó el comportamiento de sustituir la harina del grano de trigo por distintas proporciones de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en la preparación de galletas. Se emplearon niveles de sustitución del 10%, 20%, 30% y 40%, utilizando un diseño experimental aleatorio completo con cuatro repeticiones. Los resultados revelaron que la mezcla con un 10% de harina de mashua presentó mejores propiedades reológicas, mayor absorción de agua, estabilidad y menor debilitamiento. Además, esta mezcla fue la más aceptada sensorialmente y cumplió con los estándares nutricionales y microbiológicos, siendo la opción óptima para la elaboración de galletas.

García et al. (2022), en su investigación "**Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado)**", tuvieron como objetivo comparar el análisis del contenido de compuestos fenólicos y capacidad de neutralización de radicales libres en cinco líneas genéticas de maíz azul/morado-, la metodología aplicada fue la extracción de compuestos fenólicos agitación, centrifugación y espectrofotometría en la que se determinan los niveles de fenoles totales por el reactivo de Folin-Ciocalteu, flavonoides mediante la reacción con cloruro de aluminio, taninos condensados por el método vainillina-ácido sulfúrico y antocianinas; la capacidad antioxidante también fue determinada usando los métodos DPPH y ABTS; los resultados revelaron que los genotipos Morado Antonio Narro (MAN) y Morado Peruano (MPE) presentaron las concentraciones más altas del contenido de compuestos fenólicos y asimismo de la capacidad antioxidante, con 6 359,8 y 14 999,2 mg GAE/100 g 15 178,1 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ en DPPH, y 29 640,2 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ en ABTS y n 5 830,8 y 12 836,1 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ en DPPH y ABTS, respectivamente; sugiriendo su potencial uso en suplementos alimenticios con beneficios para la salud.

Aramayo y Ramírez (2023), en su investigación "**Elaboración de galleta con harina de maíz morado**", tuvieron como objetivo elaborar galletas incorporando harina de maíz morado (variedad Kculli); se aplicaron dos diseños experimentales para optimizar la formulación de galletas con harina de maíz morado, evaluando ingredientes y condiciones de horneado; un diseño que consideró tres variables independientes; porcentaje de harina de maíz morado (A), manteca vegetal (B) y almidón de maíz (C), y un diseño que evaluó los efectos de la temperatura (A) y el tiempo de horneado (B) Las mejores muestras fueron G12 (formulada con

un 13,39 % de harina de trigo, 33,48% de maíz morado) y H04 (formulada con un 43,4 % de harina de trigo). La harina de trigo tuvo más fibra y proteína, pero la de maíz morado aportó más energía y minerales. Concluyendo que las galletas elaboradas con esta harina presentaron buen valor nutricional como fibra 0,37%, materia grasa 16,10%, humedad 7,02%, proteína total 6,17%, valor energético 439,5 Kcal/100 g y fueron microbiológicamente seguras demostrando ser una alternativa viable con propiedades nutricionales destacadas.

En cuanto a los antecedentes nacionales, Fernández y Puma (2021), en su investigación **"Comparación de la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas en el extracto fermentado de *Tropaeolum tuberosum* (mashua) frente a los extractos fermentados de *Zea mays* L. (maíz morado) y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano)"**, tuvieron como objetivo comparar la capacidad antioxidante total, junto con la concentración de antocianinas en las muestras fermentadas de mashua, arándano y maíz morado. Para ello se optimizaron las condiciones de fermentación (pH 2–3, 30 °C, 72 h) para extraer antocianinas, utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y 12 °Brix. La mashua mostró la mayor capacidad antioxidante (180.34 mg/eq Trolox/100 g), seguida del maíz morado y el arándano. Mediante HPLC se identificaron cianidina-3-glucósido y delfinidina-3-glucósido en mashua y arándano, mientras que en el maíz morado solo se halló cianidina-3-glucósido. Concluyendo que la mashua fermentada demuestra un alto contenido de antocianinas y alta capacidad antioxidante, lo que resalta su potencial como alimento funcional

Anaya (2018), en su investigación **"Contenido de antocianinas, polifenoles totales, vitamina C y rendimiento de colorante en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cultivado en tres altitudes de la región Huánuco"**, tuvieron como objetivo determinar el contenido de antocianinas, vitamina C, polifenoles totales, rendimiento de colorante y actividad antioxidante en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cultivada a tres distintas altitudes en la ciudad de Huánuco. Aplicaron métodos estandarizados (AOAC) para el análisis fisicoquímico y determinaron que parámetros como pH, sólidos solubles, humedad y cenizas variaron con la altitud, mientras que la acidez y el contenido de grasa no fueron influenciados. En cuanto a los compuestos bioactivos, encontraron que los niveles más altos de antocianinas (0,1130 mg/g de cianidina-3-glucósido), polifenoles totales (365,54 µg AGE/g) y vitamina C (327,13 µg AA/g) se obtuvieron a 3463 msnm. Estos resultados sugieren que la altitud incrementa significativamente la síntesis de metabolitos secundarios en la mashua negra. Además, se observó mayor capacidad antioxidante a esta altitud, con valores de 391,12 mg TE/g para

DPPH y 267,68 mg TE/g para ABTS. El IC₅₀ para ABTS también fue menor (0,0008 g/mL), indicando una mayor eficiencia antioxidante.

Ccaccya (2020), en su trabajo de investigación **“Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del maíz morado *Zea Mays* L. procedente de tres regiones del Perú”** tuvo como finalidad determinar los componentes bioactivos y el potencial antioxidante en la tusa de maíz variedad morado (*Zea mays* L.) de tres departamentos: Lima, Abancay y Cajamarca. Se prepararon extractos con etanol al 20% y se midieron los compuestos bioactivos utilizando varios métodos. Los resultados mostraron que la muestra de Lima tuvo los valores más altos de antocianinas totales (42,64 mg/g), polifenoles totales (94,09 mg/g), flavonoides (4,43 mg/g) y cianidina-3-glucósido (18,50 mg/g), conjuntamente con la mayor capacidad antioxidante. En conclusión, la coronta proveniente de Lima mostró ser la más enriquecida en compuestos bioactivos y la que posee la mayor capacidad antioxidante.

En cuanto a los antecedentes locales, Canchari (2024) en su investigación **“Compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes de los residuos de las papas nativas frescas y liofilizadas”** tuvo como objetivo determinar el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA) de los residuos de cuatro variedades de papas nativas (cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco), tanto en estado fresco como liofilizado. La metodología empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y se aplicaron los métodos de Folin-Ciocalteu para CFT y DPPH para CA. Los resultados mostraron que las variedades huayro macho y cacho de toro presentaron los mayores niveles tanto de compuestos fenólicos como de capacidad antioxidante, en comparación con las variedades cceccorani y sumac soncco. En conclusión, los residuos de papas nativas, poseen un alto valor nutricional y funcional, representando una fuente potencial de compuestos bioactivos para la elaboración de nuevos productos.

Picho (2024) en su investigación **“Influencia de la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y subproducto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la propiedad nutricional, bioactiva y sensorial de las galletas”** tuvo como objetivo evaluar la influencia de la harina de mashua y el subproducto de aguaymanto en las propiedades nutricionales, bioactivas y sensoriales de galletas. La metodología consistió en obtener harina de mashua y subproducto de aguaymanto mediante secado y molienda; se formularon diez tipos de galletas combinando estos insumos con harina de trigo, aplicando un diseño de mezclas y se analizaron la composición proximal y compuestos bioactivos. Los resultados evidenciaron que la galleta

con 4% de mashua y 35% de subproducto tuvo mayor aceptación sensorial, concluyendo que emplear mashua y aguaymanto mejora el valor nutricional y funcional de las galletas sin afectar su aceptación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Mashua

2.2.1.1 Generalidades.

La mashua se destaca por ser una raíz con una composición nutricional elevada en carbohidratos, proteínas, fibra, vitamina C y energía, además de contener glucosinolatos. Su valor nutricional es significativo, ya que contiene niveles apreciables de carotenoides y aminoácidos esenciales como la lisina, que suele estar presente en cantidades limitadas en múltiples tipos de cereales y legumbres, Behar et al. (2021).

2.2.1.2 Mashua negra.

La mashua oscura originario del Perú que posee notables propiedades medicinales y terapéuticas para el organismo humano. Este producto ha ido ganando terreno gradualmente en el mercado local, principalmente debido a su destacado valor nutricional que facilita su comercialización. La mashua contiene carbohidratos, vitaminas del grupo B y C, así como minerales como calcio, fósforo, hierro, vitamina C y fibra, lo que la convierte en un alimento altamente beneficioso (Encarnación, 2019).

Figura 1

Mashua negra (Tropaeolum tuberosum)



Nota. Mashua negra proveniente del centro poblado Checche

2.2.1.3 Taxonomía del tubérculo.

Tabla 1

Taxonomía de la mashua negra (Tropaeolum tuberosum)

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermas
Sub clase	Dicotiledóneas
Familia	Tropaeolaceae
Género	Tropaeolum
Especie	Tuberosum
Nombre científico	Tropaeolum Tuberosum
Nombre común	Mashua, navios, ñu

Fuente: Guevara (2023)

2.2.1.4 Valor nutricional de la mashua.

La mashua posee un alto valor nutricional que la hace adecuada para la alimentación de cerdos y terneros, lo que la convierte en un recurso alimenticio valioso y económico gracias a su productividad. No obstante, la cantidad de proteína en la mashua es variable y está estrechamente influenciado por la variedad. Además, este tubérculo es rico en aminoácidos esenciales, incluyendo la lisina, que a menudo es deficiente en distintas variedades de leguminosas y cereales, Behar et al. (2021).

Tabla 2*Contenido nutricional de la mashua negra*

Componente	En 100 g de mashua negra
Proteína	11,4 g
Fibra	5,7 g
Cenizas	5,7 g
Calcio	50 mg
Fósforo	300 mg
Carbohidratos totales	78,6 g

Nota. Adaptado de Echeverri (2023).

2.2.1.5 Composición química del tubérculo mashua.

La mashua presenta compuestos benéficos, que está influenciada principalmente por sus características genéticas, aunque alimentos de una misma variedad pueden presentar variaciones significativas en sus compuestos benéficos, esta se ve influenciada por aspectos como las condiciones de crecimiento, los métodos de cultivo, el almacenamiento y el momento de la cosecha. Se resalta que la mashua contiene y presenta niveles notables de carotenos (vitamina A) y vitamina C, siendo esta última más superior a la cantidad encontrada en el tubérculo de la papa Behar et al. (2021).

2.2.2 Maíz

2.2.2.1 Generalidades.

El maíz, considerado como un cereal de gran importancia socioeconómica, posee una versatilidad que lo convierte en una fuente valiosa para una variedad de usos, destacándose su papel en la producción de bioetanol (Hasang et al., 2022). Esta planta,

científicamente conocida como *Zea mays* L.; no solo es consumida por humanos, sino también por animales en diferentes etapas de su desarrollo, lo que refleja su amplia gama de utilidades (Guamán et al., 2020).

2.2.2.2 Maíz variedad morado.

El maíz de variedad morada es una variedad amilácea que incluye colorantes antocianicos, que se encuentran dispersos en toda la planta. Sus mazorcas se caracterizan por un aspecto fuertemente coloreado de morado, tanto en la superficie como en la base. Las antocianinas, pigmentos hidrosolubles de color rojo, son comunes en muchas plantas (Carrasco y Sánchez, 2019).

Figura 2

Maíz morado (Zea mays L.)



Nota. Maíz morado proveniente de la asociación “Semillero Pampino”

2.2.2.3 Taxonomía del cereal.

Tabla 3

Taxonomía del maíz morado (Zea mays L.)

Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Sub clase	Commelinidae
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Z. mays
Nombre científico	Zea mays L.
Nombre común	Maíz morado

Nota. Adaptado de Guevara (2023)

2.2.2.4 Valor nutritivo del maíz.

El maíz es nutricionalmente más ventajoso que muchos cereales, a pesar de tener un contenido de proteínas comparable (8-10%) a otros, el maíz morado es rico en carbohidratos (80%), principalmente almidón, con 75% de amilopectina y 25% de amilosa; sus proteínas (10%) incluyen albúminas, globulinas, glutelinas y prolaminas, aunque es bajo en triptófano; contiene lípidos (5%), mayormente en el germen, y fibra dietética (8-14%), principalmente insoluble; también posee vitaminas A y E, además de B1, piridoxina, niacina y C en menores cantidades, y minerales, principalmente fósforo en forma de fitatos, que son poco asimilables (Aramayo y Ruiz, 2023).

Tabla 4*Composición nutricional del maíz morado*

Componentes	(100 gramos de maíz morado)	(100 gramos de la coronta)
Humedad	11,40%	11,20%
Calorías	496,40 Kcal	694,73 Kcal
Proteína	6,70%	3,74%
Cenizas totales	1,70%	3,29%
Carbohidratos	76,90%	57,44%
Fibra	1,80%	24,01%
Grasa	1,50%	0,32%

Nota. Adaptado de Fernández y Puma (2021).

2.2.3 Derivados de las harinas de mashua negra y maíz morado

2.2.3.1 Harinas.

La harina de extracción al 100% es el producto resultante de moler granos orgánicos, sin realizar eliminación ni adición de componentes. Esta harina se caracteriza por su contenido de agente leudante y se utiliza para formular alimentos como pastas, panes y galletas (Llumiquinga, 2022).

2.2.3.2 Galleta.

Las galletas se describen como snacks elaborados a partir de una masa, ya sea simple o compuesta, que se hornea y comúnmente se elaboran con harina de trigo. Sin embargo, se ha notado que su valor nutricional puede incrementar dependiendo de los ingredientes utilizado (Soler et al., 2023).

2.2.3.3 Galleta de harina de trigo.

Es una preparación formulada con harina de trigo, con la posible inclusión de otras harinas, con o sin fortificación adicional, y otros ingredientes permitidos. Tras el proceso de horneado, se logra obtener un producto de textura suave y crujiente (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS], 2022).

2.2.3.4 Características fisicoquímicas de la galleta según la RM-1020-2010.

Las galletas elaboradas, tienen que cumplir las siguientes características fisicoquímicas según la RM-1020-2010; humedad máxima: 12%, según normas de panificación y galletería; proteína mínima: 8.5%, exigido por el programa Qali Warma; espesor máximo: 4 mm; azúcar total: sólidos mayor o igual a 22.5g. /100g, según normativas vigentes y Ley N° 30021 de alimentación saludable (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS], 2022).

2.2.4 Compuestos bioactivos

2.2.4.1 Capacidad antioxidante.

La capacidad o potencial antioxidante es la habilidad de un elemento para prevenir el proceso oxidativo de un sustrato, incluso en pequeñas cantidades. Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad de un producto alimenticio, ya que proporciona información sobre su capacidad para protegerse contra el daño oxidativo (Benites et al., 2021). Son diversos los métodos para determinar la capacidad antioxidante en alimentos, entre los cuales se encuentra el método ABTS que consiste en la generación del radical ABTS⁺, cuya decoloración se produce al ser neutralizado por los antioxidantes presentes en la muestra. Asimismo, el método ORAC, evalúa la capacidad antioxidante frente a radicales peroxilo, utilizando un marcador fluorescente que permite medir la pérdida de fluorescencia a lo largo del tiempo. Por otra parte, el método FRAP estima el poder reductor de los antioxidantes al medir la conversión de iones férricos (Fe³⁺) en ferrosos (Fe²⁺), generando un complejo coloreado que se cuantifica espectrofotométricamente (Rumpf et al, 2023). De los cuales el método ORAC es el más recomendado porque mide la acción antioxidante a lo largo del tiempo, es más preciso para compuestos hidrosolubles como flavonoides y permite un análisis detallado gracias al uso de fluoresceína como marcador (Madhuranga et al, 2023).

2.2.4.2 Componentes fenólicos.

Los compuestos o componentes fenólicos, también conocidos como polifenoles, son estructuras químicas derivadas del proceso de metabolismo de plantas. Se clasifican en dos categorías principales: flavonoides y no flavonoides, que incluyen lignanos, ácidos fenólicos y otros compuestos (Soler, 2019). El método más utilizado es el de Folin–Ciocalteu, que permite determinar el contenido total de fenoles mediante una reacción colorimétrica, donde los compuestos fenólicos reducen el reactivo en medio alcalino, formando un complejo azul que se mide por espectrofotometría (López et al, 2024). Pero cuando se requiere mayor precisión, se recurre a la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), la cual permite separar, identificar y cuantificar individualmente los compuestos fenólicos presentes en la muestra, como flavonoides, ácidos fenólicos o antocianinas (Ignat et al, 2024).

2.2.4.3 Antocianinas.

Las antocianinas son un tipo de flavonoide responsable de proporcionar colores rojos, morados y azules a muchos alimentos, como frutas y verduras. Además de ser un pigmento, las antocianinas poseen propiedades antioxidantes y se han asociado con efectos positivos en la salud, que comprenden la prevención de enfermedades cardíacas y el aumento en el rendimiento cognitivo (De la Rosa et al., 2022). La determinación de antocianinas puede realizarse mediante diferentes métodos, dependiendo del objetivo del análisis y del nivel de precisión requerido. Uno de los métodos más empleados es el método del pH diferencial, una técnica espectrofotométrica que permite cuantificar el contenido total de antocianinas. Este método se basa en el cambio estructural reversible que experimentan las antocianinas ante diferentes niveles de pH, lo que provoca una variación en su color. Al medir la absorbancia a dos valores de pH (1,0 y 4,5), se puede calcular la concentración total de antocianinas, expresada comúnmente como cianidina-3-glucósido equivalente (Zheyang et al, 2023) . Por otro lado, cuando se requiere identificar y cuantificar antocianinas específicas, como cianidina, delphinidina o pelargonidina, se emplea la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Esta técnica permite separar los distintos tipos de antocianinas presentes en una muestra, proporcionando un perfil más detallado y exacto. Puede complementarse con detectores UV-Vis o espectrometría de masas para una mayor sensibilidad y especificidad (Shao et al, 2023).

2.2.5 Estudio microbiológico

El estudio microbiológico es crucial para el control de calidad, ya que tiene el objetivo de identificar y controlar las posibles fuentes de contaminación o multiplicación microbiológica (Vázquez, 2017). Para determinar este estudio, se emplean diversos métodos y entre ellos se encuentran los recuentos de mohos y levaduras, coliformes totales y fecales, así como la detección de patógenos como *Salmonella spp.* y *Staphylococcus aureus* (Falla y Ramon, 2018). Según RM N° 1020-2010/MINSA y la NTP 206.001:2016 los valores permisibles de microorganismos presentes en una muestra son mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5

Restricciones microbiológicas para galletas

Agentes microbianos	Categoría	Clases	n	C	Limite por g	
					M	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
Bacillus cereus(#)	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴
Escherichia coli(##)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus(##)	8	3	5	1	10	10 ²
Salmonella sp.(##)	10	2	5	0	Ausencia/25g	-----
Clostridium perfringens(###)	8	3	5	1	10	10 ²

(#) Para galletas elaboradas con harina de arroz y derivados

(##) Para galletas con relleno

(###) Para aquellos productos con relleno de vegetales o carne

Nota. Recuperado de NTP 206.001:2016 y RM N° 1020-2010/MINSA. Falla y Ramón (2018).

2.2.6 Evaluación sensorial

El análisis de las percepciones sensoriales es una rama científica que, mediante sus técnicas, examina, cuantifica, valora y caracteriza los rasgos de un producto alimenticio o sustancias diversas, utiliza un equipo de individuos escogidos por su sensibilidad sensorial (Franco et al., 2021). Las pruebas hedónicas miden el grado de agrado de consumidores no entrenados mediante escalas de preferencia, generalmente de 7 a 10 puntos, para evaluar apariencia, olor,

sabor, textura y aceptación global, los resultados muestran la aceptabilidad por parte de los consumidores (Almora-Hernández et al., 2021).

2.2.7 Método estadístico

El método estadístico comprende un conjunto de procedimientos que permiten analizar datos de manera objetiva para extraer conclusiones válidas en una investigación. Los métodos que existen para determinar la parte estadística de una investigación tenemos; a la prueba de Tukey, un método de comparación múltiple que se aplica después de realizar un ANOVA; su función principal es identificar qué pares de medias difieren significativamente entre sí, controlando el error asociado a realizar múltiples comparaciones. Por otra parte, la prueba de Friedman, es un método no paramétrico que se utiliza para comparar tres o más tratamientos relacionados, cuando los datos no cumplen los supuestos del ANOVA. Es especialmente útil en evaluaciones sensoriales donde los mismos jueces califican varias muestras. En lugar de usar los valores directos, Friedman analiza los rangos asignados a cada tratamiento, detectando si hay diferencias significativas entre ellos (Aparicio y Aparicio, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1 Lugar de ejecución

La ejecución de la presente investigación experimental se llevó a cabo en distintos lugares, dependiendo a la necesidad de la investigación, primeramente, el acondicionamiento de las materias primas para el posterior procesamiento se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT), seguidamente el producto final fue evaluado en los laboratorios de la UNAT y laboratorios externos. El procesamiento para convertir en harina tanto la mashua negra como el maíz morado, se realizó en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Enfermería de la UNAT, para determinar los análisis de la evaluación microbiológica de las galletas formuladas, se enviaron las muestras a los laboratorios de la Universidad Nacional de Chota. Cajamarca, mientras que el análisis químico proximal, también la cuantificación de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas tanto de harinas como de las galletas formuladas se realizaron en el “Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial” (IITA), ubicado en la Universidad Nacional del Santa, Chimbote. En cuanto a la evaluación sensorial de las galletas formuladas, se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja.

3.2 Materia prima

- a. **Población:** El estudio incluyó tres tipos de materias primas diferentes, mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.). La mashua negra procedente del anexo de Checche, distrito Colcabamba, cultivada a una altitud de 4 180 m.s.n.m. y coordenadas; -12.4071459, -74.7796410; recolectada en el mes de junio del 2024; el maíz morado procedente de la asociación “Semillero Pampino”, distrito Pampas Tayacaja, adquirida en el mes de junio del 2024 y la harina de trigo de marca blanca flor fue adquirida en el Mercado de Abastos de la ciudad de Pampas.
- b. **Muestra:** Se recolectó y seleccionó una muestra de 60 kg de mashua negra; 12 kg de maíz morado y se adquirió 2 kilos de harina de trigo blanca flor.
- c. **Muestreo:** Se utilizó una toma de muestras según criterios no probabilístico, desconociéndose con precisión los datos exactos sobre la producción de mashua negra, maíz morado y trigo en la región, lo que limitó el acceso a una población determinada. Dicho muestreo permitió centrarse en obtener datos puntuales y precisos tanto en lo referido a las cantidades de los compuestos bioactivos como a la evaluación de las

características sensoriales de las galletas formuladas, sin necesidad de tener que generalizar los resultados, permitiendo así optimizar los recursos y ajustarse a los objetivos del estudio.

3.3 Materiales, equipos y reactivos

Materiales: Los materiales que se usaron, incluyeron tubos de ensayo, papel aluminio, papel filtro, placa Petri, matraces (25 mL, 50 mL, 250 mL y 1000 mL), vasos precipitados, pipetas (1, 5 y 10 mL) y puntas estériles; probetas (100 mL), guantes, agitador vórtex, placas de 96 pozos color negro, viales, vasos medidores, tubos de centrifugado, bolsas herméticas, fioles (10 mL, 25 mL, 50 mL), gradilla, micropipeta (100 uL, 200 uL y 1000 uL); microplaca (96 pocillos), crisol de porcelana (5); picnómetro, pinzas, cortador, varilla de vidrio, pinzas, espátula metálica, bureta (50 mL), probeta (250 mL), mortero, papel indicador de pH, picetas, puntas de micropipeta, bandejas de metal, cuchillos, vasos descartables, platos descartables, agua cielo (3L), recipientes de plástico y acero inoxidable,

Equipos: Los equipos que se emplearon para la obtención de muestra y también para la determinación de los compuestos bioactivos, fueron:

- Estufa con aire caliente (Mettler®, models 30-160, serie B820.0500)
- Molino de rotor (Fritsch®, modelo Pulverisette 14, serie 145020/06089)
- Horno eléctrico (Wurden®, modelo WMWO-30DSILVER, serie 300)
- Centrifuga (Centurion®, modelo C2006, serie 209539-14)
- Lector multimodal (Biotek®, modelo Synergy LX)
- Mufla (Thermolyne Sybron®, modelo FB1414M, Serie 34703484)
- Estufa (Blue-M®, Modelo: SLW 115STD, Serie SW-1990)
- Equipo Soxhlet (Daihan-KR®, modelo VHM-6P, serie DH.WHM-6P)
- Espectrofotómetro (Perkin Elmer®, modelo 2800, serie 2802.0000)
- Balanza analítica (Adam®, modelo IX 220, serie 321LX)
- Baño ultrasónico (Sunshine®, modelo CD-4862-BFFM024, serie 111620)
- Desecador (BellVid®, modelo CDesecdorLLPPP, serie 100)
- Batidora eléctrica (Oster®, modelo PT-6259)
- Baño María (Lab Companion®, modelo BW-20G, serie V105059)
- Licuadora (Oster®, modelo PT-6259)

Reactivos: Los reactivos requeridos para los estudios realizados fueron;

- Metanol (50 mL)
- Etanol (95%)
- Solución DPPH (2,2 – Dfenil-1-Picrilhidrazilo)
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)
- Acetona (70%)
- Ácido gálico (98%)
- Carbonato de sodio (7.5%)
- Reactivo de Folin-Ciocalteu (2 N)
- Agua destilada
- Disoluciones tampón utilizadas con pH 1 y pH 4.5
- Sulfato de cobre
- Hidróxido de sodio 0,275 N
- Ácido sulfúrico (1 M)
- Ácido perclórico
- Éter de petróleo (98%)
- Alcohol 96°C
- Fosfato di básico de sodio monohidratado
- Buffer fosfato pH 6,0.
- Ácido ascórbico (10%)
- Ácido clorhídrico (2 N)

3.4 Métodos de análisis

3.4.1 *Análisis químico proximal de harinas de mashua negra (M1), maíz morado (M2) y trigo (M3) y galletas formuladas*

a. Análisis químico proximal

La determinación del estudio químico proximal de las harinas y galletas formuladas se realizaron en los laboratorios del IITA, siguiendo las siguientes metodologías:

- **Determinación de proteínas. – Norma Técnica Peruana - NTP 205.005 (2018):** Se realizó según la NTP 205.005:2018 que establece el uso del método Kjeldahl como técnica oficial para determinar el contenido de proteínas totales en cereales y menestras. Este procedimiento se basó en medir el nitrógeno presente en la muestra y convertirlo en proteína mediante un factor estándar (Díaz y Zuloeta, 2022).

Mediante la siguiente ecuación

$$Proteina (\%) = \frac{N \times F}{P} \times 100$$

Donde:

N: Cantidad de nitrógeno total encontrado en la muestra.

F: Factor de conversión estándar (6.25 diversos alimentos).

P: Porcentaje de nitrógeno en proteínas (16 para la mayoría de las proteínas).

- **Determinación de grasa. – Norma Técnica Peruana - NTP 205.006 (2017):** Según esta norma técnica la determinación de grasa total en alimentos se efectuó mediante el método de extracción Soxhlet, el cual utilizó éter etílico como solvente para disolver y cuantificar los lípidos presentes (Gutiérrez, 2022).
- **Determinación de humedad. – Norma Técnica Peruana - NTP 205.002 (2021):** Según lo establecido por esta norma técnica, se empleó el método gravimétrico de secado en estufa a temperatura controlada (105 °C), hasta alcanzar peso constante. Este procedimiento fue fundamental para determinar el contenido de agua del alimento, ya que influye directamente en su estabilidad microbiológica y vida útil (Chávez, 2021).
- **Determinación de cenizas. – Norma Técnica Peruana - NTP 205.004 (2017):** Se llevó a cabo por incineración de la muestra a altas temperaturas (550 °C) en una mufla. Esto permitió eliminar la materia orgánica y cuantificar el residuo mineral total, información útil para estimar el contenido de minerales y detectar impurezas inorgánicas (Oré, 2020).
- **Determinación de fibra. – Norma Técnica Peruana - NTP 205.003 (2016):** Se simuló el proceso digestivo humano utilizando enzimas específicas: amilasa

para descomponer almidones, proteasa para eliminar proteínas, y amiloglucosidasa para completar la digestión de carbohidratos. Luego, el residuo no digerido (la fibra) se filtró, secó y pesó para calcular el contenido de fibra dietética total, incluyendo la fracción soluble e insoluble (Ramírez, 2022).

- **Determinación de carbohidratos:** Para determinar el contenido de carbohidrato se realizó una resta del 100%, de los demás componentes nutricionales:

$$C\% = 100\% - (P\% + G\% + H\% + Ce\% + F\%)$$

Donde:

C: Carbohidratos

P: Proteínas

G: Grasa

H: Humedad

Ce: Cenizas

F: Fibra

b. Análisis de compuestos bioactivos

a. Compuestos fenólicos.

Para cuantificar los compuestos fenólicos en galletas elaboradas con harina de mashua negra (M1), maíz morado (M3) y trigo (M3), se utilizó el método de Caballero (2021) con algunas modificaciones. se empleó el Método Colorimétrico de Folin-Ciocalteu, considerando al ácido gálico como sustancia de referencia. Para ello se prepararon los respectivos reactivos: solución estándar de ácido gálico a 0,02 g de ácido gálico en 50 mL de agua destilada), Asimismo, se preparó una solución de carbonato de sodio al 20% (p/v) disolviendo 20 g de Na_2CO_3 en 100 mL de agua. El reactivo de Folin-Ciocalteu fue diluido utilizando 5 mL del reactivo comercial, aforado hasta 50 mL con agua destilada.

Seguido a ello, se elaboró la curva de calibración, en seis tubos; en cada uno de estos se incorporaron distintos volúmenes de solución estándar, dando lugar a concentraciones de 20, 40, 60, 80, 100 y 120 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de ácido gálico. A todos los

tubos se les añadieron 1000 μL de agua destilada y 50 μL de solución de carbonato de sodio, permitiendo reposar la mezcla en cuestión durante cinco minutos; a continuación, se adicionó 100 μL de la solución de Folin-Ciocalteu dejándola reaccionar durante una hora. Se preparó un blanco siguiendo el mismo procedimiento que los tubos, pero omitiendo el estándar. Una vez transcurrido el tiempo de reacción, se tomaron 200 μL de cada tubo para ser colocados en la micro placa con 96 pozos y así poder ser medido la absorbancia a una longitud de onda 735 nm, y con esto, construir la curva de calibración a partir de los datos obtenidos, igualmente, para evaluar el nivel de polifenoles presentes en las muestras, expresado como equivalentes de ácido gálico (EAG).

b. Compuestos fenólicos.

Para cuantificar la capacidad antioxidante de galletas formuladas a partir de harinas de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays L.*) y trigo (*Triticum aestivum L.*), se siguió el método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), descrito por Verona (2022), con mínimas modificaciones.

Preparación de la muestra

Se pesaron aproximadamente 0,5 g de muestra seca y se extrajeron los compuestos antioxidantes mediante 20 mL de una solución acetona-agua (50:50 v/v). La mezcla fue agitada en un agitador orbital a 400 rpm durante 60 minutos a temperatura ambiente, y posteriormente centrifugada a 14 000 rpm por 15 minutos. El sobrenadante fue recolectado, filtrado y diluido con buffer fosfato 75 mM (pH 7,4) para el análisis.

Preparación de los reactivos

Se preparó una solución de fluoresceína (5,70 μM) y una solución fresca de AAPH (2,2'-azobis(2-amidino-propano) dihidrocloruro) en buffer fosfato. Como estándar antioxidante, se utilizó Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), preparado en concentraciones entre 6,25 y 100 μM para construir la curva de calibración.

Montaje de la placa

En una placa de 96 pozos, se añadieron 150 μL de solución de fluoresceína a cada pozo, seguido de 25 μL de la muestra diluida, del blanco (buffer) o del estándar de Trolox. La placa fue incubada a 37 °C durante 30 minutos. Posteriormente, se añadieron 25 μL de la solución de AAPH para iniciar la reacción, alcanzando un volumen total de 200 μL por pozo.

Lectura y análisis

La fluorescencia fue medida inmediatamente en un lector de microplacas con excitación a 485 nm y emisión a 530 nm, registrando datos cada minuto durante 35 minutos. Se calculó el área bajo la curva (AUC) para cada muestra y se obtuvo el AUC neto restando el valor del blanco. Finalmente, la capacidad antioxidante se expresó miligramos equivalentes de Trolox (ET) por cada 100 gramos de muestra (mg ET/g), utilizando la ecuación de regresión obtenida a partir de la curva estándar de Trolox.

c. Antocianinas.

Para cuantificar el contenido de antocianinas de galletas formuladas a partir de harinas de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), maíz morado (*Zea mays l.*) y trigo (*Triticum*) se siguió el método de pH diferencial descrito por León (2020) con mínimas modificaciones necesarias.

Preparación de las muestras de estudio

Se tomaron 0,5 gramos de muestra y se llevaron a un tubo con 10 mL de metanol acidificado, preparado con ácido clorhídrico (HCl) al 1% en 100 mL de metanol. Para esta preparación, se tomó 1 mL de HCl y se mezcló con 99 mL de metanol.

Centrifugación y filtrado

La mezcla fue sometida a un tratamiento con ultrasonido por 30 minutos, para luego ser centrifugado por 20 minutos, muestra que fue filtrada para poder obtener una muestra libre de cualquier partícula.

Preparación de soluciones buffer

Se preparó una solución tampón de cloruro de potasio (KCl), disolviendo 0.186 g en 100 mL de agua destilada, para obtener Buffer KCl 0.025 M a un pH de 1.0. Asimismo, se preparó una solución de acetato de sodio trihidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), pesaron 1.54 g y disolviéndolo en 8 mL de agua destilada. Seguido a ello, se añadió ácido acético glacial poco a poco hasta alcanzar un pH de 4.5. para finalizar esta preparación se añadió agua destilada para llenar lo que restaba.

Dilución

Las muestras se diluyeron con las soluciones buffer en 1:2

Lectura en el espectrofotómetro

Buffer CH_3COONa (pH 4.5): se disolvieron 1,54 g de acetato de sodio trihidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) en 8 mL de agua destilada. Posteriormente se ajustó el pH con ácido acético glacial y se ajustó a volumen con agua destilada.

Dilución de la muestra

El extracto mediante soluciones buffer, se diluyó en 1:2 con buffers de las soluciones ya descritas (una parte de muestra con dos partes de cada buffer).

Lectura espectrofotométrica

Para la lectura se empleó agua blanca ultra pura como blanco, a 510nm y 700nm (longitud de onda de la luz)

Ecuación para calcular contenido de antocianinas

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}$$

$$AT \left(\frac{mg}{L} \right) = \left(\frac{AxPMxFDx10^3}{ExL} \right)$$

- AT: Antocianinas totales
- ΔA : Variación de absorbancia,
PM: Masa molecular para cianidina-3-glucósido = 449,2 g/mol,
FD: Factor de dilución,
 10^3 = Factor de conversión de mg a g
- E: Coeficiente de extinción molar = 26900 l / mol*cm
- L: Espesor de la celda en cm = 1 cm

a. Análisis microbiológico

Para cuantificar la carga microbiana se siguió la metodología descrita por Silva et al. (2017), con ligeras modificaciones, basada en la Norma Técnica Peruana NTP 205.074:2006, la cual establece el procedimiento para el recuento de mohos y levaduras en alimentos mediante siembra en profundidad. Se tomaron muestras representativas de galletas formuladas con harinas de mashua negra y maíz morado, previamente molidas y homogenizadas. De cada muestra, se pesaron 10 g, que fueron transferidos a un frasco estéril con 90 mL de diluyente peptonado estéril al 0,1 %, obteniéndose una dilución 1:10. La mezcla fue agitada por 1 minuto para asegurar una dispersión homogénea de microorganismos.

Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas decimales, y se inocularon 1 mL de cada dilución en placas Petri estériles, a las cuales se añadió el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa Acidificado (PDA), fundido y enfriado a 45 °C. Las placas fueron incubadas a 25 ± 1 °C durante 5 a 7 días en posición invertida. Finalizado el periodo de incubación, se procedió al conteo de colonias características de mohos (textura filamentosa, coloración variable) y se expresaron los resultados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g). Solo se consideraron válidas aquellas placas que presentaban entre 10 y 150 colonias.

3.4.2 *Análisis en galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo*

a. Evaluación sensorial de galletas formuladas

Se realizó mediante degustaciones con 80 panelistas de 18 a 22 años de edad no entrenados conformado por estudiantes de sexto y octavo ciclo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja, quienes evaluaron las 5 formulaciones de galletas, las cuales no tuvieron una codificación de forma secuencial, para realizar la prueba de análisis sensorial se usó la escala hedónica de fue desde 1 a 9 puntos para dar puntuación del producto para los atributos; sabor, textura, color, astringencia, olor, apariencia sensorial; estos 9 puntos de calificación fueron desde un “Me disgusta muchísimo” que tuvo la puntuación 1; hasta la puntuación 9 que es “Me gusta muchísimo”; siguiendo la metodología de Jorge y Ponce (2016). El análisis estadístico a utilizar para la evaluación sensorial es la prueba no paramétrica de Friedman que sirvió para encontrar si existen diferencias significativas o no entre las formulaciones con un nivel de confianza del 95%.

3.5 Metodología experimental

3.5.1 *Recolección de la materia prima*

Las muestras de mashua negra fueron recolectadas de la comunidad Checche, distrito Colcabamba y el maíz morado fue adquirido de la asociación Semillero Pampino, luego se transportaron al Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, donde se realizó el acondicionamiento de la materia prima.

3.5.2 *Obtención de las harinas de mashua negra y maíz morado*

b. Producción de harinas de mashua negra y maíz morado.

Para la producción de harina de mashua negra se siguió el método que describe Taipe (2017) con ciertas modificaciones (Figura 3). A continuación, se describe el procedimiento:

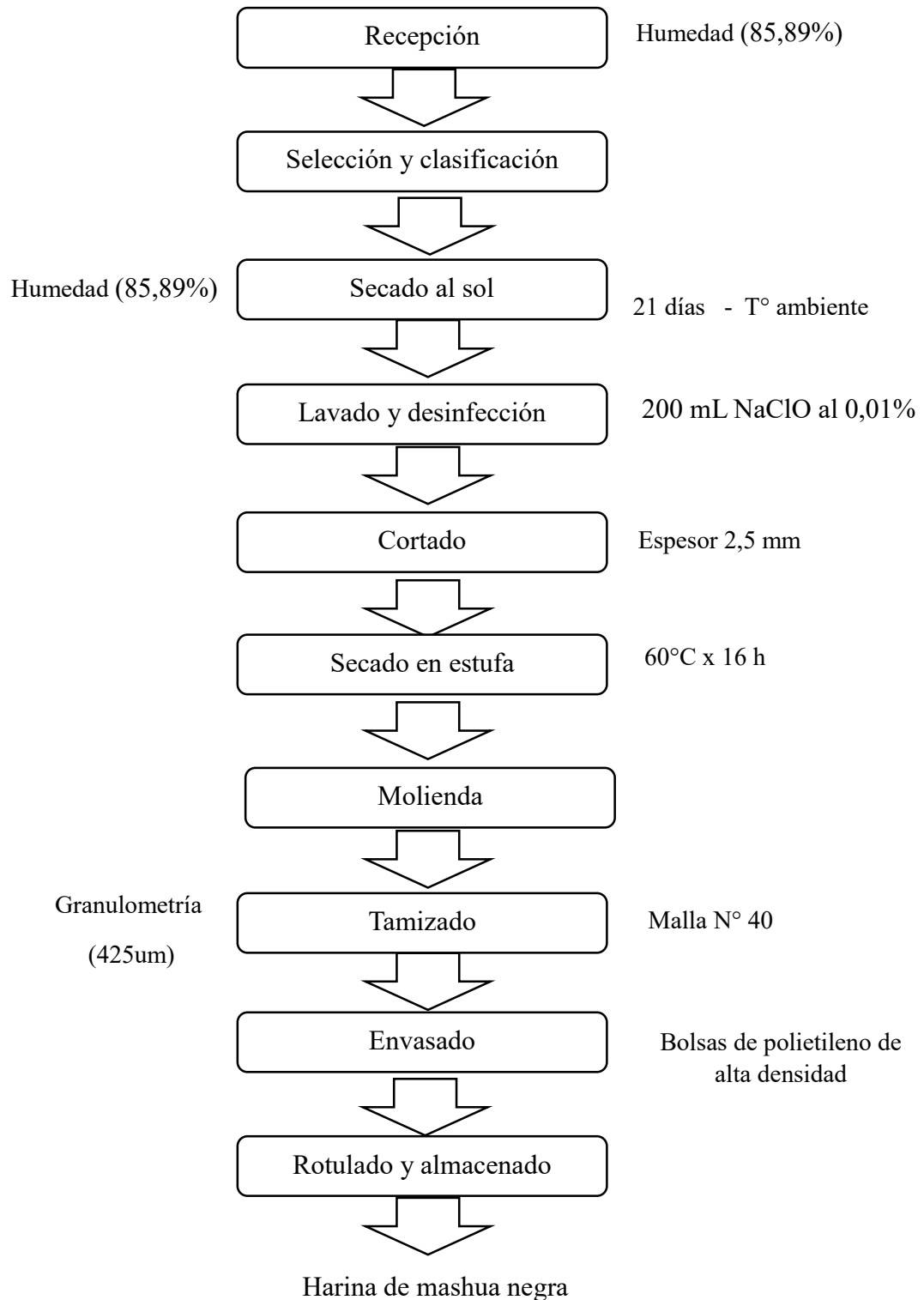
- a. Recepción:** La mashua negra procedente de Checche Colcabamba; se recepcionó en estado fresco en costales de rafia, a este tubérculo se le determinó el contenido de humedad (85,89%).

- b. Selección y clasificación:** Se seleccionaron y clasificaron del mismo tamaño, la mashua sin defecto y en estado fresco.
- c. Secado al sol:** Las muestras de mashua negra, fresca y entera fueron sometidas a un proceso de secado y oreado al sol por un tiempo de 21 días, por 8 horas diarias a temperatura ambiente, para reducir el amargor de este tubérculo.
- d. Lavado y desinfección:** Los tubérculos de mashua negra ya oreados fueron limpiados, retirándose todo tipo de impurezas, lavados con agua potable y desinfectados con 200 mL de hipoclorito de sodio al 0,01%, enjuagados con abundante agua potable.
- e. Cortado:** Seguidamente fueron cortados con una cortadora manual con una medida de 0,5 mm de espesor.
- f. Secado en estufa:** Las muestras de mashua cortadas, se colocaron en bandejas para ser sometidas al secado en una estufa por convección de aire caliente a 60 °C de temperatura por un tiempo de 16 horas, luego se envasaron las muestras secas en bolsas de polietileno de alta densidad.
- g. Molienda:** Las muestras secas de mashua negra se molieron previamente en una licuadora Oster, para reducir el tamaño de las muestras para luego ser molidas en el molino de rotor.
- h. Tamizado:** Las muestras molidas se tamizaron con una granulometría de tamaño 425um, en un tamiz N° 40.
- i. Envasado:** Las muestras tamizadas fueron envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad para ser almacenadas
- j. Rotulado y almacenado:** se rotularon las muestras colocando la fecha de envasado y a que muestra de estudio correspondía, para finalmente almacenarlos en un lugar seco, dentro del Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Enfermería.

Diagrama de flujo de obtención de harina de mashua negra

Figura 3

Flujograma de obtención de harina de mashua negra



Nota: Taipe (2017)

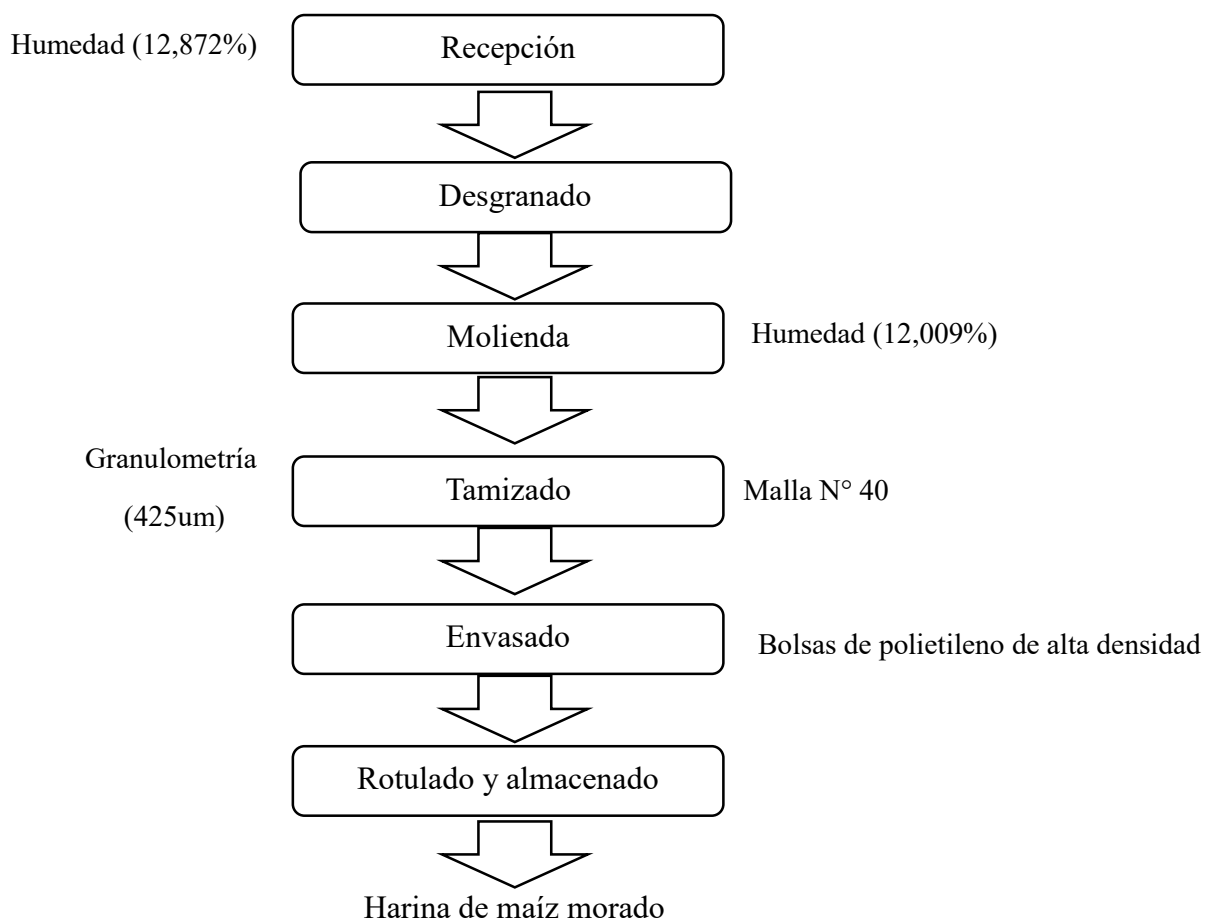
Para obtener harina de maíz se siguió el método que describen Vincés y Zavala (2020), con mínimas modificaciones, la cual presentó el siguiente procedimiento (Figura 4).

- a. Recepción de mazorcas de maíz morado:** Se recepcionó los 12 Kilos de maíz morado, procedentes de cultivos locales, las cuales fueron sometidas a una inspección visual y manual con el fin de garantizar su integridad física y ausencia de signos de daño mecánico.
- b. Desgranado mazorcas:** Las mazorcas seleccionadas fueron desgranadas manualmente, separando cuidadosamente los granos del eje central (coronta) para evitar pérdidas.
- c. Molienda de granos:** Una vez completamente secos, los granos se sometieron a un proceso de molienda en seco, utilizando un molino de rotor, hasta obtener una harina de textura fina y homogénea. La molienda fue controlada para obtener un tamaño de partícula adecuada (malla N° 40, equivalente a 425 micrómetros)
- d. Envasado harina:** La harina obtenida fue inmediatamente envasada en bolsas de polietileno de alta densidad, las cuales ofrecen barrera a la humedad, al oxígeno y a la luz, se utilizaron empaques de tamaño uniforme, debidamente sellados para evitar la reabsorción de humedad.
- e. Rotulado y almacenado:** Los envases fueron rotulados de forma clara, incluyendo fecha de envasado, lote de producción, tipo de materia prima y condiciones de almacenamiento recomendadas. Posteriormente, se almacenaron en un ambiente fresco, seco y oscuro.

Diagrama de flujo de obtención de harina de maíz morado

Figura 4

Flujograma de obtención de harina de maíz morado



Nota: Vincés y Zavala (2020)

Formulación de galletas con harina de mashua negra y maíz morado

Para la formulación se siguió la metodología que describe Cañar (2023), con algunas modificaciones y el procedimiento fue el siguiente (Figura 5):

Se realizó 4 formulaciones (tratamientos) y una formulación control con diferentes cantidades de harinas, como se observa en la tabla 6:

Tabla 6*Formulación de galletas de harinas de mashua negra, maíz morado y trigo*

Ingredientes	Formulaciones (%)				
	F ₀ (control)	F1	F2	F3	F4
Harina de trigo	50,4	-	-	-	-
Harina de mashua negra	-	10,1	20,2	30,2	40,3
Harina de maíz morado	-	40,3	30,2	20,2	10,1
Otros ingredientes					
Azúcar	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Manteca vegetal	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Polvo de hornear	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Esencia de vainilla	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Extracto de tusa de maíz morado	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Huevo	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
TOTAL (%)	100	100	100	100	100

Los ingredientes adicionales que se añadieron para la producción de galletas (manteca vegetal, azúcar, polvo de hornear, extracto de tusa de maíz, esencia de vainilla) fueron las mismas proporciones para las 5 formulaciones.

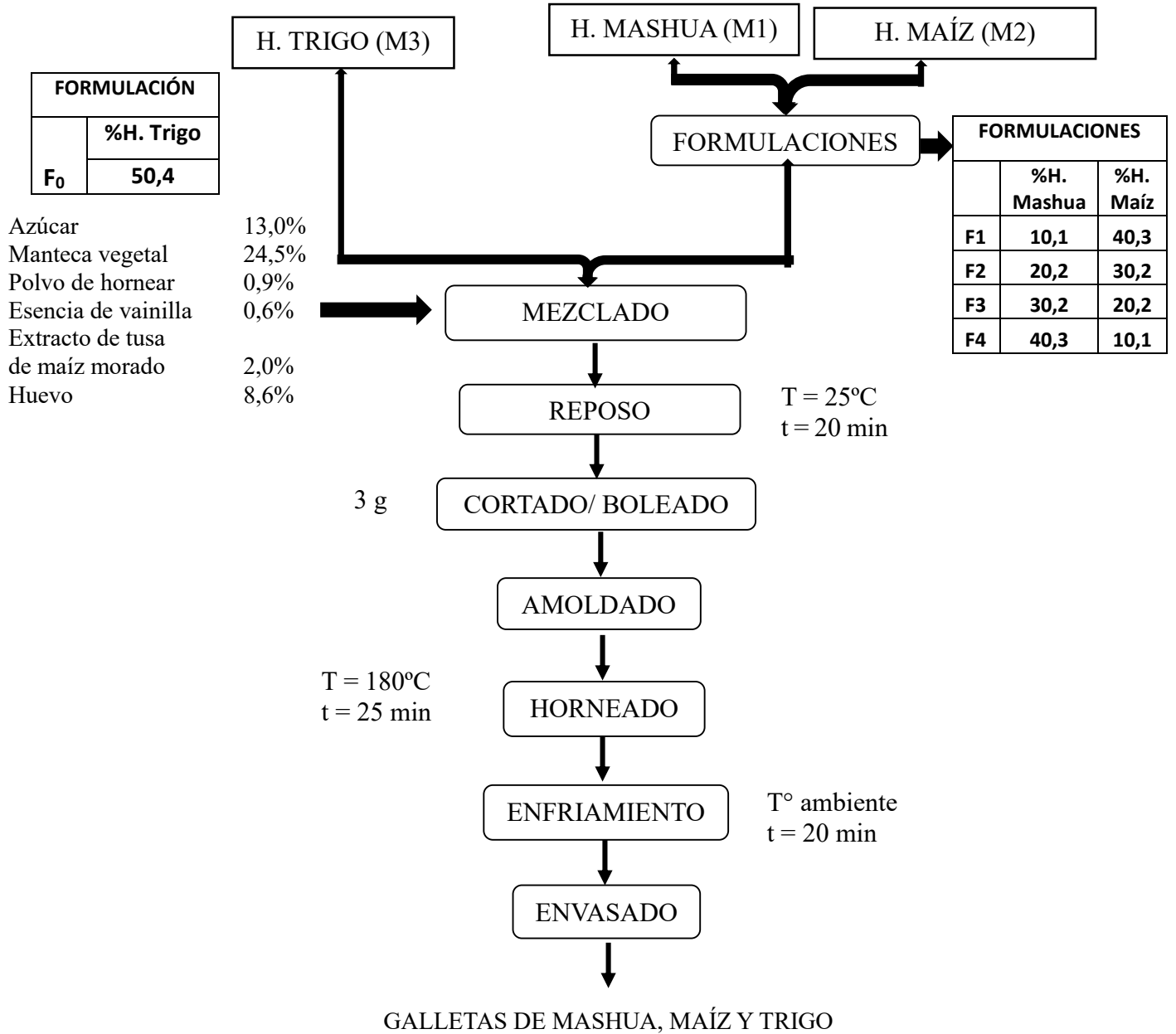
a. Mezclado: Los ingredientes sólidos (harinas, azúcar y polvo de hornear) fueron mezclados previamente en seco para lograr una distribución homogénea. Posteriormente, se incorporaron los ingredientes líquidos (manteca derretida, extracto de tusa y esencia de vainilla), realizando un mezclado mecánico y manual hasta formar una masa de textura uniforme, cohesiva y moldeable. Esta etapa duró aproximadamente 10 minutos.

- b. Fermentación:** Se dejó reposar la masa por 15 minutos a temperatura ambiente, este reposo permitió la hidratación completa de las harinas que contribuyen a una mejor textura tras la cocción
- c. Cortado y boleado:** Finalizado el reposo, la masa fue dividida en porciones iguales de 3 g y luego boleadas manualmente, es decir, moldeadas en forma de esferas con las palmas de las manos. Este procedimiento aseguró uniformidad en el peso y tamaño de las galletas, facilitando una cocción homogénea.
- d. Amoldado:** Las esferas de masa se colocaron en bandejas para horno y se amoldaron utilizando moldes circulares de acero inoxidable. Se procuró un espesor promedio de 1 cm, estandarizando la forma y tamaño de las galletas, con separación adecuada entre unidades para evitar deformaciones por expansión durante la cocción.
- e. Cocción:** Las galletas fueron horneadas en horno eléctrico precalentado, a una temperatura constante de 180 °C durante 25 minutos. Este parámetro fue establecido con base en pruebas preliminares para asegurar una cocción completa.
- f. Enfriamiento:** Al finalizar la cocción, las bandejas con galletas fueron retiradas del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (20–22 °C) durante 10 minutos, permitiendo la solidificación de la estructura interna y la estabilización del producto antes del envasado.
- g. Envasado:** Las galletas enfriadas fueron clasificadas según formulación (F0 a F4) y envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad, limpias y selladas. Este paso permitió conservar las galletas hasta su análisis posterior.

Diagrama de flujo de elaboración de galletas de mashua negra, maíz morado y trigo

Figura 5

Flujograma de elaboración de galletas



3.6 Diseño experimental

Diseño experimental de la investigación

La presente investigación tuvo como variables dependientes e independientes a:

Variable independiente:

- a) Proporción de harinas (mashua negra, maíz morado y trigo)

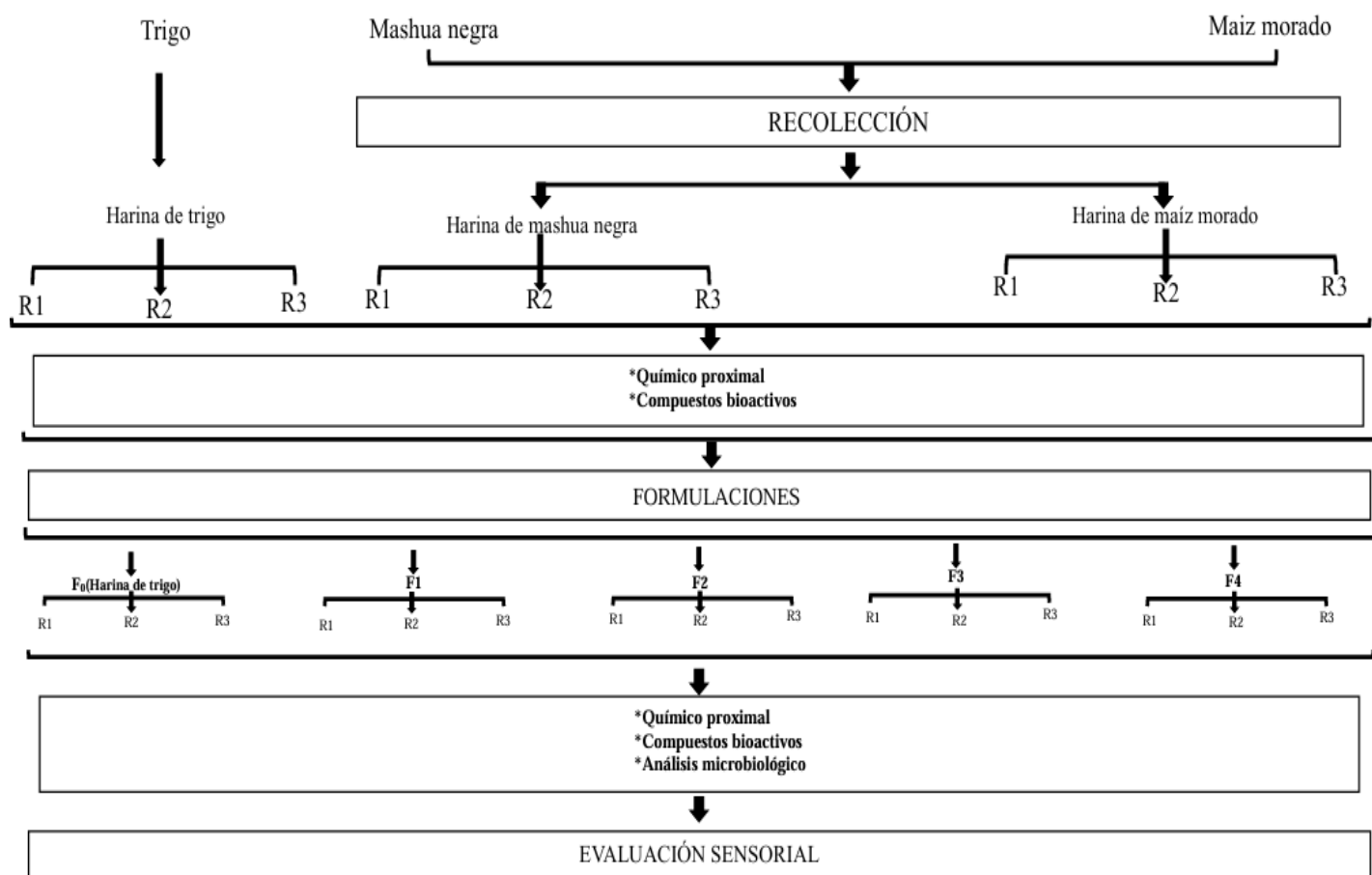
Variables dependientes:

- a) Composición químico proximal (Humedad (%), proteína (%), grasa (%), cenizas (%), fibra (%), carbohidratos (%))
- b) Compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, antocianinas)
- c) Contenido microbiológico (mohos)
- d) Aceptabilidad sensorial

En la figura 6 se detallan los análisis correspondientes a cada formulación y a las respectivas repeticiones incluidas, para la presente investigación.

Figura 6

Esquematación del diseño experimental



3.7 Análisis estadístico

3.7.1 Análisis estadístico

Para analizar los resultados del análisis químico proximal y de los compuestos bioactivos (contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y antocianinas), se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$), seguido de una prueba de comparación de medias mediante el test de Tukey para identificar diferencias significativas entre las formulaciones de galletas formuladas.

El análisis estadístico es un DCA para los datos de la evaluación químico proximal y compuestos bioactivos.

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

Dónde:

Y_{ij}: Variable respuesta (químico proximal y compuestos bioactivos de las galletas formuladas).

μ: Media central que representa el comportamiento promedio de todos los datos experimentales

T_i: Efecto de las formulaciones (Harinas de mashua negra, maíz morado y trigo).

ε_{ij}: Error experimental asociado a la investigación

En el caso de los resultados de la evaluación sensorial, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman, con el fin de determinar diferencias significativas en la aceptabilidad de color, olor, sabor, textura, astringencia y apariencia general de las galletas formuladas.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Minitab® versión 21.1.0

IV. RESULTADOS

4.1 Evaluación de las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo

La presente investigación incluyó la ejecución del análisis químico proximal y la cuantificación de compuestos bioactivos de las materias primas; harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

4.1.1 Análisis químico proximal

La Tabla 7 contiene los datos obtenidos del estudio químico proximal efectuado a las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 7

Análisis químico proximal de harinas de mashua negra, maíz morado y trigo en base seca

Análisis/ Muestra	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
M1	8,33 ± 0,10 ^b	1,05 ± 0,13 ^c	7,15 ± 0,05 ^b	5,59 ± 0,53 ^a	2,85 ± 0,08 ^a	75,64 ± 0,51 ^a
M2	8,12 ± 0,10 ^b	4,90 ± 0,11 ^a	6,21 ± 0,54 ^c	1,89 ± 0,06 ^b	2,36 ± 0,09 ^a	76,53 ± 0,50 ^a
M3	13,03 ± 0,09 ^a	1,41 ± 0,02 ^b	9,81 ± 0,28 ^a	1,82 ± 0,05 ^b	1,31 ± 0,35 ^b	72,62 ± 0,46 ^b

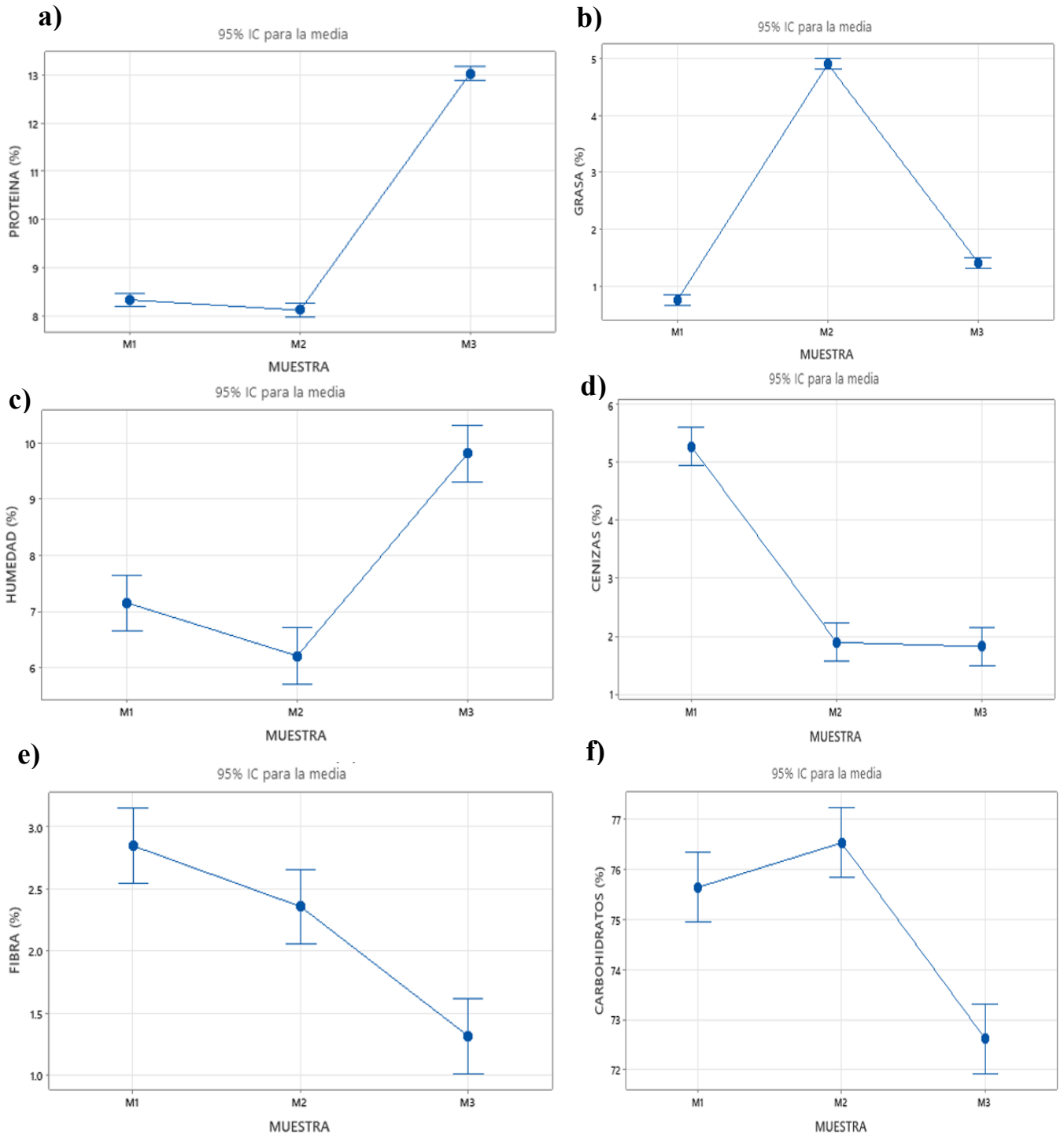
*M1 (harina de mashua negra), M2 (harina de maíz morado) y M3 (harina de trigo)

* Las letras diferentes (a, b y c) entre muestras refieren que fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Los resultados que figuran en la Tabla 7, sobre el análisis de varianza (ANOVA) da a entender que en todos los componentes analizados (proteína, grasa, humedad, cenizas, fibra y carbohidratos), el valor $p < 0,05$. Esto indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existen diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los tipos de harinas en todos los parámetros evaluados.

Figura 7

Gráfica del contenido porcentual del análisis químico proximal de harinas de mashua negra, maíz morado y trigo



*a) Proteína (%) de harinas b) Grasa (%) de harinas c) Humedad (%) de harinas d) Cenizas (%) de harinas e) Fibra (%) de harinas f) Proteína (%) de harinas

a) Proteína

Los resultados obtenidos al evaluar el contenido de proteína a las materias primas reflejan que la harina de trigo (M3) muestra un porcentaje superior ($13,03 \pm 0,093$) frente a las harinas de mashua negra (M1) que presentó un porcentaje de $8,33 \pm 0,096$ y harina de maíz morado (M2) con porcentaje aproximado a este ($8,12 \pm 0,099$).

b) Grasa

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación de porcentaje de grasa de las materias primas apreciamos que la harina M2 muestra un porcentaje superior ($4,90 \pm 0,11$) frente a las harinas M3 que presentó un porcentaje de $1,41 \pm 0,02$ y harina M1 con porcentaje inferior a estos dos ($1,05 \pm 0,13$), por lo que se afirma que la harina con mayor porcentaje de grasa es M2 y la harina con menor contenido porcentual de grasa es M1.

c) Humedad

Los resultados obtenidos al determinar el contenido porcentual de humedad muestran que la harina M3 presentó porcentaje superior ($9,81 \pm 0,28$) frente a las harinas M1 con porcentaje $7,15 \pm 0,05$ y harina M2 con porcentaje inferior a estos dos ($6,21 \pm 0,54$), estos resultados indican que se cumple con lo que estipula la norma NTP 205.064:2015, que el porcentaje de humedad de las harinas deben ser inferior al 15% de humedad.

d) Cenizas

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación de porcentaje de cenizas de las materias primas apreciamos que M1 muestra un porcentaje superior ($5,59 \pm 0,53$) frente a las harinas M2 que presentó porcentaje $1,89 \pm 0,06$ y harina M3 con porcentaje similar a este último ($1,31 \pm 0,35$), por lo que aseguramos que harina con mayor contenido porcentual de cenizas es M1 y la harina con menor contenido porcentual de cenizas es M3.

e) Fibra

Los resultados obtenidos al determinar el contenido porcentual de fibra muestran que la harina M1 presentó un porcentaje superior ($2,85 \pm 0,08$) frente a la harina M2 ($2,36 \pm 0,09$) y harina M3, inferior a estos dos ($1,31 \pm 0,35$), estos resultados reflejan que la harina M1 registra un aporte mayor de fibra dietética, lo que se traduce en mayores propiedades funcionales.

f) Carbohidratos

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación de porcentaje de carbohidratos de las materias primas apreciamos que M2 muestra porcentaje elevado ($76,53 \pm 0,50$) frente a la harina M1 que presentó porcentaje $75,64 \pm 0,51$ y harina M3 con porcentaje similar a este último ($72,62 \pm 0,46$), por lo que aseguramos que la harina con mayor contenido porcentual de carbohidratos es la M2 y la harina con menor contenido porcentual de carbohidratos es M3; lo cual podría influir en el aporte energético y las características tecnofuncionales del producto final.

4.1.2 Compuestos bioactivos

En la Tabla 8 se detallan los resultados de la cuantificación de compuestos bioactivos en las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 8

Compuestos bioactivos de harinas

Análisis/Muestra	Compuestos fenólicos (mg EAG/100g)	Capacidad antioxidante (mg ET/100g)	Antocianinas (mg C3G/100g)
M1	$166,07 \pm 10,04^b$	$1555,39 \pm 336,90^b$	$206,56 \pm 7,28^a$
M2	$305,39 \pm 3,58^a$	$21880,65 \pm 545,27^a$	$162,40 \pm 3,45^b$
M3	$29,33 \pm 2,78^c$	$1200,06 \pm 57,01^b$	$0,38 \pm 0,05^c$

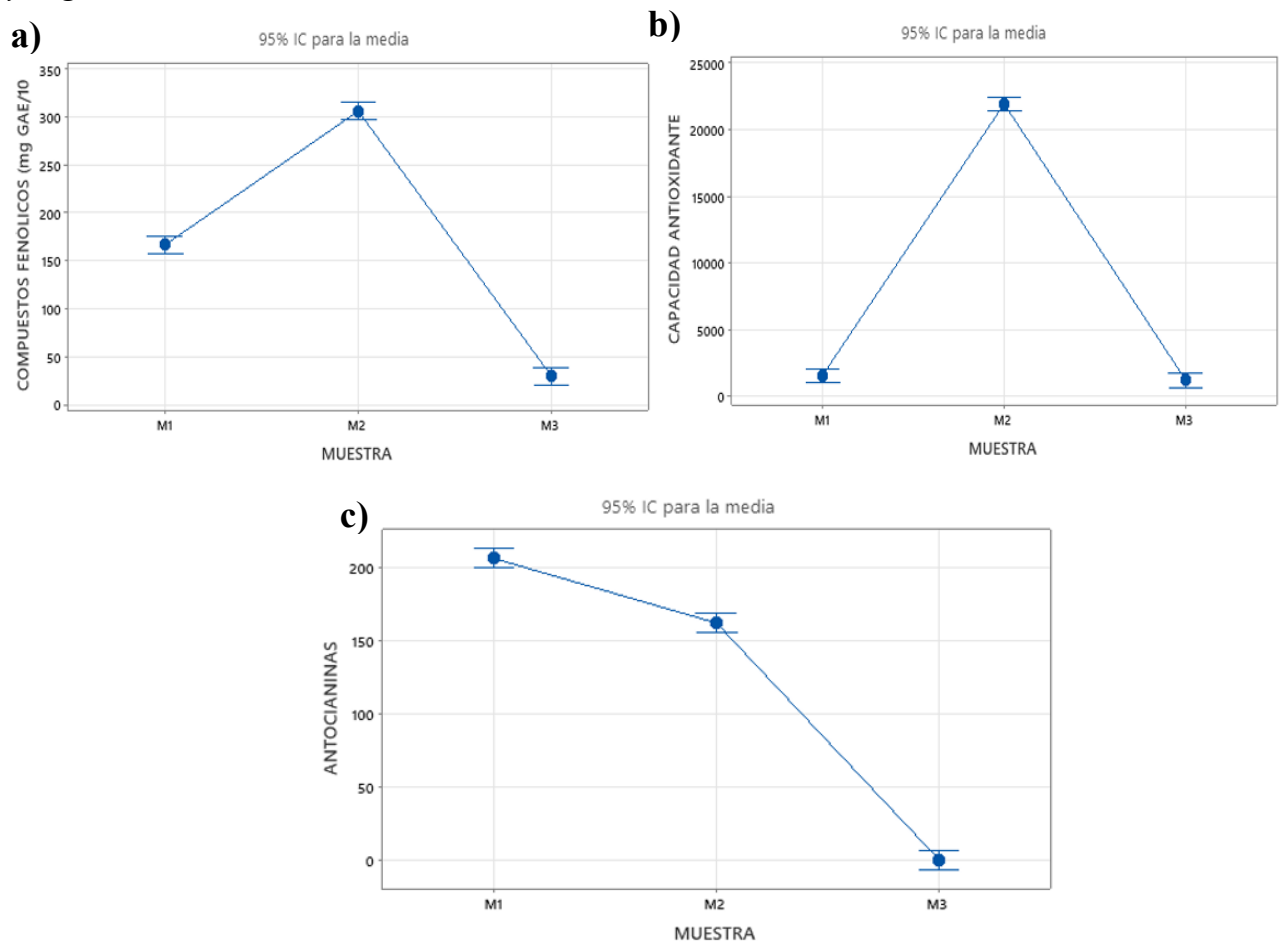
*M1 (harina de mashua negra), M2 (harina de maíz morado) y M3 (harina de trigo)

*Las letras diferentes (a, b y c) entre muestras refieren que fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Con base a los resultados presentados en la Tabla 8, que corresponden al análisis de varianza (ANOVA) se visualiza que en todos los casos el valor $p < 0,05$, esto permite rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo que se afirma que hay diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los compuestos bioactivos entre las tres harinas analizadas.

Figura 8

Gráfica del contenido de compuestos bioactivos de las harinas de mashua negra, maíz morado y trigo



*a) Compuestos fenólicos de harinas b) Capacidad antioxidante de harinas c) Antocianinas en harina

a) Compuestos fenólicos

En el análisis de compuestos fenólicos totales, expresados en mg de equivalente de ácido gálico por 100 g, se observó que la harina de mashua negra (M1) presentó un valor $166,07 \pm 10,04$; mientras que la harina de maíz morado (M2) alcanzó un

contenido $305,39 \pm 3,58$, significativamente superior al de la harina de trigo (M3) con $29,33 \pm 2,78$.

b) Capacidad antioxidante

En cuanto a la capacidad antioxidante, medida en μmol equivalentes de Trolox por 100 gramos, se evidenció que M2 presentó el mayor valor $22191,4 \pm 123,182$, mientras que M3 mostró la menor capacidad antioxidante ($1232,97 \pm 0,5012$).

c) Antocianinas

Los resultados obtenidos al determinar la concentración de antocianinas expresados en mg de equivalente de cianidina, 3 glucósido por 100g, muestran que las materias primas con un alto nivel de antocianinas fueron M1 ($206,56 \pm 7,28$) y M2 que también presentó un contenido significativo de antocianinas ($162,40 \pm 3,45$), por lo que, si hacemos una comparación entre las harinas de mashua negra y maíz morado, la mashua negra presentó un contenido superior.

4.2 Evaluación de las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo

En este estudio se determinaron el análisis proximal, la cuantificación de compuestos bioactivos, microbiológico y evaluación sensorial de las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

4.2.1 Análisis químico proximal

La Tabla 9 presenta los resultados correspondientes al estudio químico proximal realizado a las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 9

Análisis químico proximal de galletas

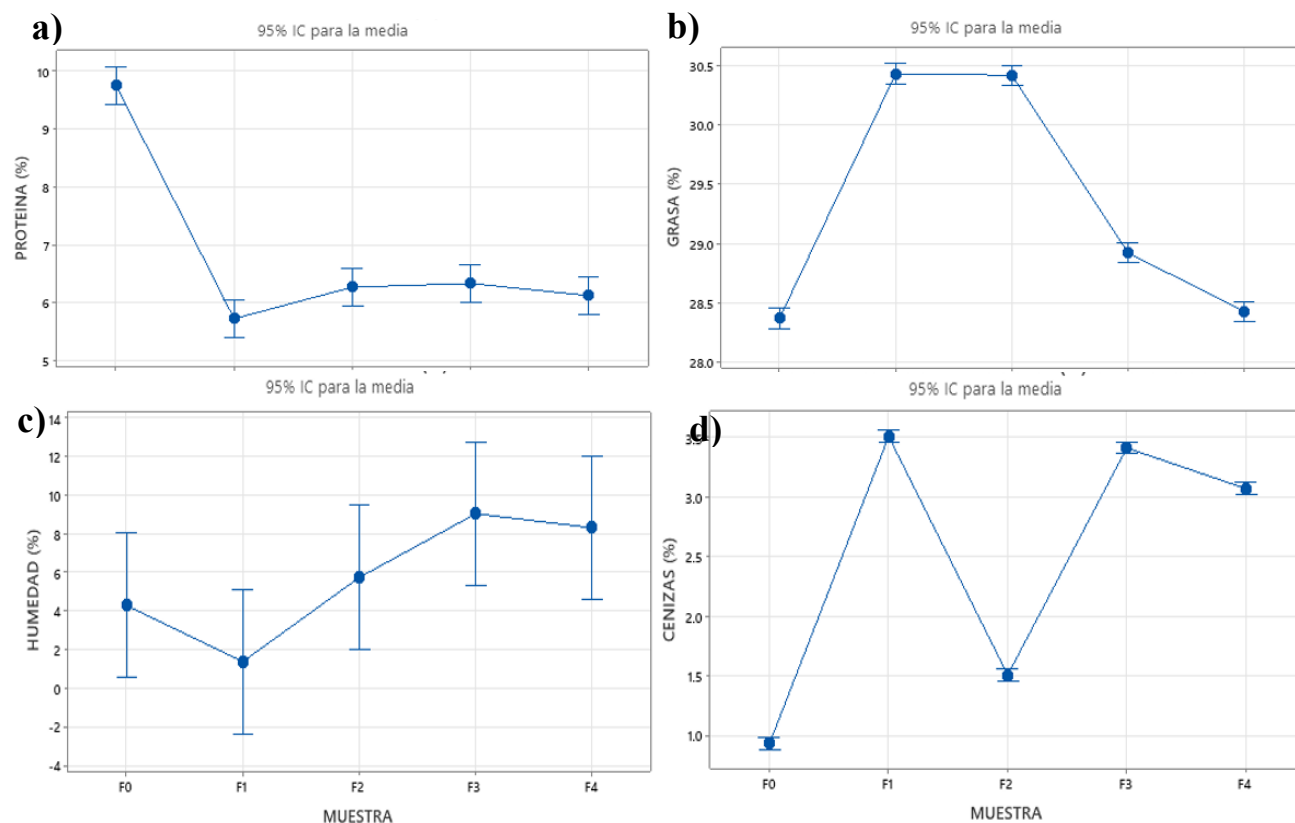
	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
F0	9,75 ± 0,45 ^a	28,37 ± 0,06 ^c	4,26 ± 0,09 ^a	0,93 ± 0,05 ^d	5,43 ± 0,17 ^e	51,26 ± 0,59 ^a
F1	5,73 ± 0,07 ^b	30,43 ± 0,04 ^a	1,35 ± 0,34 ^a	3,51 ± 0,03 ^a	11,19 ± 0,12 ^d	47,80 ± 0,20 ^{ab}
F2	6,27 ± 0,18 ^b	30,42 ± 0,02 ^a	5,70 ± 2,92 ^a	1,51 ± 0,04 ^c	12,06 ± 0,10 ^c	44,04 ± 2,78 ^{abc}
F3	6,33 ± 0,20 ^b	28,92 ± 0,04 ^b	8,99 ± 4,53 ^a	3,41 ± 0,03 ^a	14,69 ± 0,07 ^a	37,65 ± 4,44 ^c
F4	6,12 ± 0,19 ^b	28,43 ± 0,12 ^c	8,27 ± 3,58 ^a	3,07 ± 0,05 ^b	12,59 ± 0,06 ^b	41,52 ± 3,50 ^{bc}

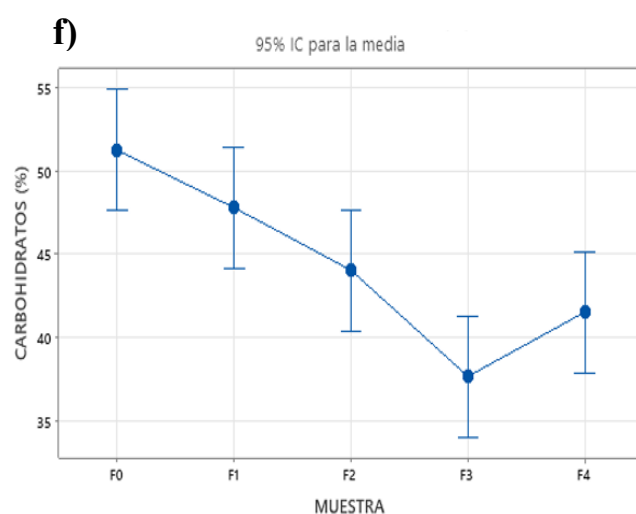
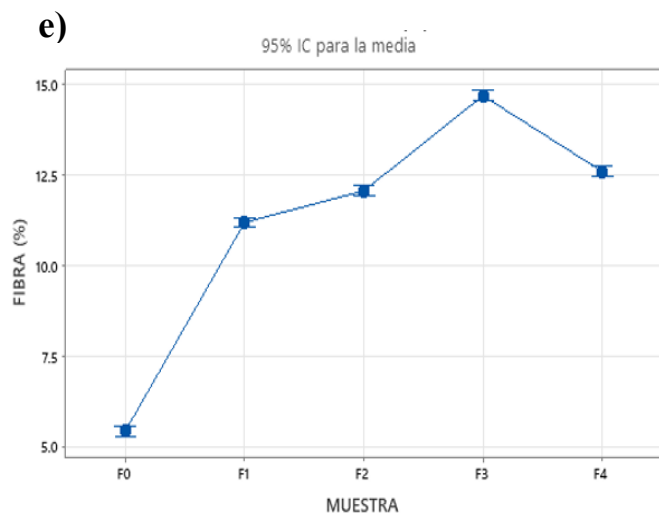
* Las letras diferentes (a, b, c, d y e) entre formulaciones refieren que fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$)

De los resultados que se presentan en la Tabla 9, sobre el análisis de varianza (ANOVA), se concluye que todos los valores $p < 0,05$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna para todos los parámetros, excepto para humedad, ya que tiene un valor $p = 0,052$, por lo que se acepta la hipótesis nula.

Figura 9

Gráfica del contenido porcentual del análisis químico proximal de las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo





*a) Proteína (%) de galletas formuladas b) Grasa (%) de galletas formuladas c) Humedad (%) de galletas formuladas d) Cenizas (%) de galletas formuladas e) Fibra (%) de galletas formuladas f) Proteína (%) de galletas formuladas

a) Proteína

Los resultados obtenidos al evaluar el contenido porcentual de proteína a las galletas formuladas reflejan que la formulación F0 ($9,75 \pm 0,45$) es la que contiene mayor contenido proteína en comparación a las demás formulaciones; por su parte la formulación F1 ($5,73 \pm 0,07$), presentó menor contenido porcentual de proteína, afirmándose que las galletas formuladas con 100% de harina de trigo, son las que presentan mayor contenido de proteína.

b) Grasa

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación del contenido porcentual de grasa en las galletas formuladas apreciamos que las formulaciones F1 ($30,43 \pm 0,04$) y F2 ($30,42 \pm 0,02$) presentan un mayor contenido de grasa a diferencia de las demás formulaciones, mientras que la formulación con menor concentración de grasa fue la formulación F0.

c) Humedad

Los resultados obtenidos al determinar el contenido porcentual de humedad a las galletas formuladas reflejan que la formulación F3 ($8,99 \pm 4,53$) presenta un contenido porcentual de humedad superior al resto de formulaciones, asimismo la

formulación F1 ($1,35 \pm 0,34$), refleja un bajo contenido de humedad, con lo que se afirma que todas las formulaciones cumplen con los límites permisibles que estipula la RM N° 1020-2010/MINSA, que el porcentaje de humedad de las harinas deben ser inferior al 12% de humedad.

d) Cenizas

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación de porcentaje de cenizas de las galletas formuladas apreciamos que la formulación F1 ($3,51 \pm 0,03$) presenta un nivel superior comparado con las demás formulaciones en cuanto al contenido de cenizas, en tanto la formulación F0 ($0,93 \pm 0,05$), refleja un bajo contenido porcentual de cenizas.

e) Fibra

Los resultados obtenidos al evaluar el porcentaje de fibra indican que F3 ($14,69 \pm 0,07$) muestra porcentaje superior frente a las demás formulaciones, mientras que la formulación F0 ($5,43 \pm 0,17$), presentó porcentaje relativamente bajo de concentración porcentual de fibra. Por ende, se concluye que las galletas formuladas con harinas de mashua negra y maíz morado presentaron una concentración superior de fibra a diferencia de las galletas formuladas con harina de trigo.

f) Carbohidratos

Al evaluar los resultados obtenidos de la determinación de porcentaje de carbohidratos de las galletas formuladas apreciamos que la formulación F0 ($51,26 \pm 0,59$) evidencia un porcentaje elevado de contenido porcentual de carbohidratos, mientras que la formulación F3 ($37,65 \pm 4,44$) presenta un contenido relativamente inferior en cuanto a la concentración de carbohidratos, este resultado nos muestra una ventaja de consumir galletas formuladas con harina de mashua negra y maíz morado, debido a su bajo contenido de carbohidratos.

4.2.2 *Compuestos bioactivos*

En la Tabla 10 se detallan los resultados de la cuantificación de compuestos en las galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 10*Compuestos bioactivos de galletas*

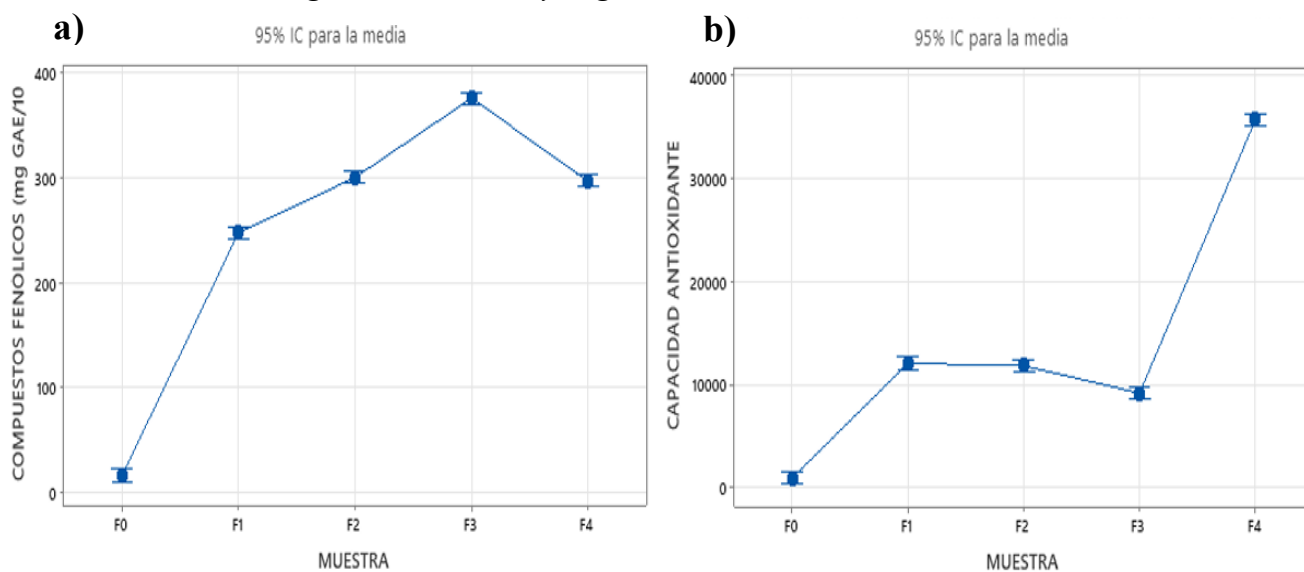
Análisis/Muestra	Compuestos fenólicos (mg EAG/100g)	Capacidad antioxidante (mg ET/100g)	Antocianinas (mg C3G/100g)
F0	15,60 ± 0,72 ^d	907,37 ± 277,24 ^d	0,13 ± 0,05 ^e
F1	247,32 ± 3,18 ^c	12024,49 ± 404,12 ^b	55,61 ± 1,22 ^a
F2	299,90 ± 4,57 ^b	11782,66 ± 78,83 ^b	33,08 ± 0,05 ^b
F3	375,47 ± 3,23 ^a	9128,07 ± 771,30 ^c	13,80 ± 1,10 ^d
F4	296,69 ± 8,09 ^b	35629,49 ± 565,73 ^a	19,32 ± 0,73 ^c

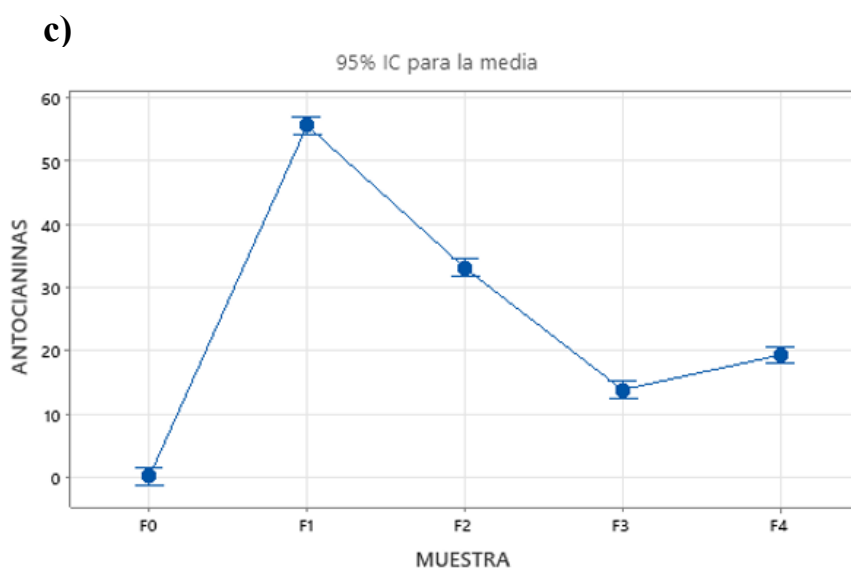
* Las letras diferentes (a, b, c, d y e) entre formulaciones refieren que fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Con base a los resultados presentados en la Tabla 10, que corresponden al análisis de varianza (ANOVA) se visualiza que en todos los casos el valor $p < 0,05$, esto permite rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma que hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la cuantificación de compuestos bioactivos entre las 5 galletas formuladas.

Figura 10

Representación gráfica del contenido de compuestos bioactivos en galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo





a) Compuestos fenólicos de galletas formuladas b) Capacidad antioxidante de galletas formuladas c) Antocianinas en galletas formuladas

a) Compuestos fenólicos

La galleta (F0), formulada con 100% de harina de trigo, mostró bajo contenido de fenoles totales ($15,60 \pm 0,72$ mg EAG/100 g). En contraste, las formulaciones F1, F2, F3 y F4, elaboradas únicamente con las harinas de mashua y maíz morado, exhibieron valores superiores de compuestos fenólicos, siendo F3 la que obtuvo el mayor contenido ($375,47 \pm 3,23$ mg EAG/100 g), seguida por F1 ($247,32 \pm 3,18$ mg EAG/100 g), F4 ($296,69 \pm 8,09$ mg EAG/100 g) y F2 ($299,90 \pm 4,57$ mg EAG/100 g).

b) Capacidad antioxidante

La galleta control (F0) alcanzó un valor moderado ($907,37 \pm 277,24$ mg ET/100 g). Las formulaciones de galletas que emplearon diversas combinaciones de harina de mashua negra y maíz morado (F1-F4) destacaron por una capacidad antioxidante superior al control, siendo F4 la formulación con mayor actividad antioxidante ($35629,49 \pm 565,73$ mg ET/100 g), seguida de F1 ($12024,49 \pm 404,12$ mg ET/100 g), F2 ($11782,66 \pm 78,83$ mg ET/100 g) y F3 ($9128,07 \pm 771,30$ mg ET/100 g).

c) Antocianinas

Los resultados obtenidos al determinar la concentración de antocianinas expresados en mg de equivalente de cianidina, 3 glucósido por 100g, muestran que la galleta control (F0) presentó una baja concentración de antocianinas ($0,13 \pm 0,05$ mg C3G/100 g). Y por su parte la formulación F1 ($55,61 \pm 1,22$ mg C3G/100 g) presentó un contenido significativamente alto de antocianinas, así como las demás formulaciones; F2 ($33,08 \pm 0,05$ mg C3G/100 g), F4 ($19,32 \pm 0,73$ mg C3G/100 g) y F3 ($13,80 \pm 1,10$ mg C3G/100 g); por lo que, si hacemos una comparación entre las galletas formuladas con harina de trigo y las formuladas con las harinas mashua negra y maíz morado, las galletas formuladas con mashua negra y maíz morado presentaron un contenido superior y significativo.

4.2.3 Estudio microbiológico

La Tabla 11 expresa los datos obtenidos del estudio microbiológico de las 5 formulaciones de galletas a partir de harinas de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 11

Estudio microbiológico de galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo

Formulaciones	Indicador microbiológico evaluado	Resultado (UFC/g)
F0	Mohos	<10
F1	Mohos	<10
F2	Mohos	$1,5 \times 10^2$
F3	Mohos	<10
F4	Mohos	<10

El estudio microbiológico realizado evaluó el indicador de mohos en diferentes muestras de galletas (F0, F1, F2, F3 y F4). Los resultados obtenidos en UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo) fueron los siguientes; F0, F1, F3 y F4 registraron niveles inferiores a 10 UFC/g, indicando una carga microbiana mínima y dentro de los parámetros aceptables para productos alimenticios; F2 presentó un conteo de mohos de $1,5 \times 10^2$ UFC/g, lo que

indica un incremento en la carga microbiana en esta galleta, sin embargo, aún se encuentra debajo de los límites permisibles.

4.2.4 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las cinco formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua negra, maíz morado y trigo se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman, debido a que los datos obtenidos corresponden a escalas ordinales y no cumplen los supuestos de normalidad.

La Tabla 12 presenta los datos obtenidos al realizar la evaluación sensorial de las 5 formulaciones de galletas a partir de harina de mashua negra, maíz morado y trigo.

Tabla 12

Evaluación sensorial por el método Friedman

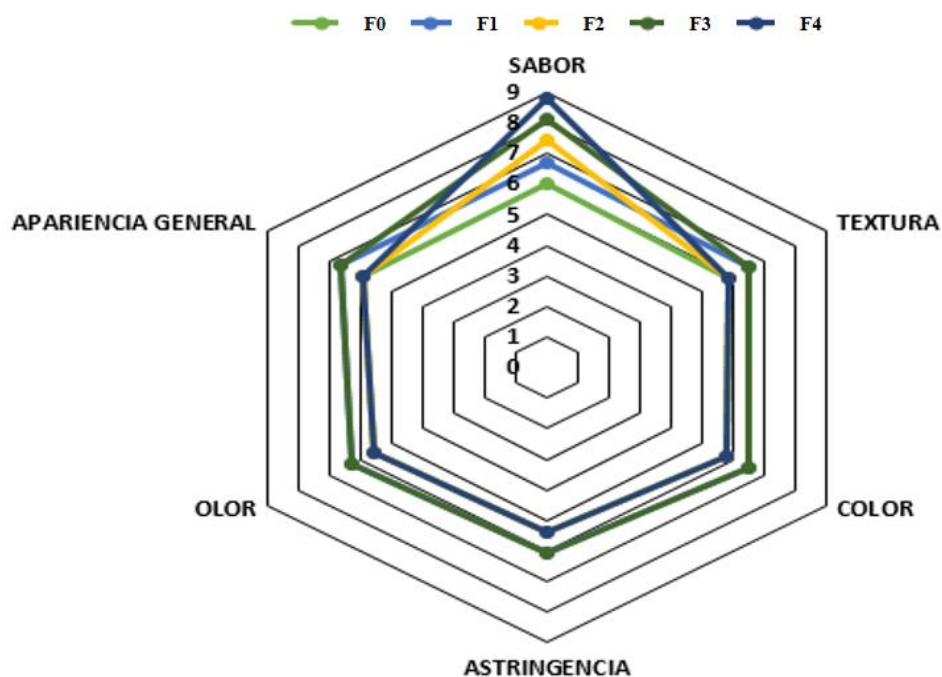
Formulación	Sabor	Textura	Color	Astringencia	Olor	Apariencia general
F0	6,03 ± 2,04	5,84 ± 1,93	5,80 ± 2,13	5,38 ± 1,86	5,56 ± 2,02	5,95 ± 2,04
F1	6,30 ± 1,60	6,08 ± 1,73	6,41 ± 1,76	5,16 ± 1,55	6,13 ± 1,84	5,90 ± 1,65
F2	5,44 ± 1,64	5,56 ± 1,85	5,61 ± 1,87	4,75 ± 1,85	5,01 ± 1,80	5,25 ± 1,93
F3	3,33 ± 1,76	3,99 ± 1,81	4,66 ± 1,99	3,08 ± 1,69	4,10 ± 1,82	4,10 ± 1,97
F4	5,05 ± 1,87	4,95 ± 1,65	5,00 ± 1,79	4,08 ± 1,62	4,75 ± 1,81	4,88 ± 1,91

Los datos obtenidos a partir de la evaluación sensorial muestran que F1 sobresalió en los atributos sabor, textura, color y olor. En el atributo de apariencia general F1 fue similar a F0 y con mayor aceptabilidad respecto a las otras formulaciones. Del mismo modo se observa que F3 alcanzó una menor puntuación de aceptabilidad respecto a las otras formulaciones.

Asimismo, podemos observar los resultados de la evaluación sensorial de galletas en la Figura 11.

Figura 11

Resultados de evaluación sensorial de galletas



De la figura 11, podemos afirmar que, de los resultados de la evaluación sensorial de galletas, las formulaciones F0 y F1, fueron las que tuvieron mayor aceptabilidad, de forma general considerando los seis atributos, mismos resultados que se muestran en la Tabla 12; en cuanto al atributo sabor de las galletas podemos observar en la Figura 11 que las formulaciones F0 y F1 tuvieron mayor aceptabilidad. La textura de galletas fue otro de los atributos evaluados, presentando mayor aceptabilidad, las formulaciones F0, F1 y F2. La formulación F1 se caracterizó por mayor aceptabilidad de las galletas en cuanto al atributo astringencia de galletas, las formulaciones F1, y F0 resaltaron en mayor aceptabilidad en cuanto al atributo olor de galletas. De las diferentes formulaciones evaluadas las formulaciones F0 y F1 destacaron en el atributo de mayor aceptabilidad de las galletas formuladas con harinas de trigo, mashua negra y maíz morado respectivamente.

V. DISCUSIÓN

5.1 Análisis químico proximal de la harina de mashua negra, maíz morado y trigo

En el análisis químico proximal realizado a la harina de mashua negra (Tabla 7), se determinó un contenido de proteína $8,33 \pm 0,10\%$, cifra ligeramente menor al reportado por Salazar (2014), quien obtuvo valor $9,8\%$. A pesar de esta diferencia, el nivel proteico encontrado resulta relevante; en cuanto a la humedad, se registró valor $7,15 \pm 0,05\%$, considerablemente inferior al $12,7\%$ reportado por el mismo autor; estas diferencias se atribuyen a las condiciones de secado y almacenamiento; y así también el contenido de fibra $2,85 \pm 0,08\%$, valor muy cercano al $2,9\%$ registrado también por Salazar. Este resultado confirma que la harina de mashua negra presenta una fuente interesante de fibra. Con relación al contenido de grasa, se obtuvo $0,71\%$, coincidiendo con lo señalado por Anaya (2018); esta baja proporción de lípidos es coherente con el perfil nutricional típico de los tubérculos andinos. Respecto al contenido de cenizas, se obtuvo $5,59 \pm 0,53\%$, que supera ligeramente al encontrado por este mismo autor, quien reportó $4,72 \pm 0,12\%$. Esta diferencia se ajusta al origen del cultivo que es un factor para la presencia de minerales en los cultivos.

El análisis del contenido proteico en la harina de maíz morado arrojó $8,12 \pm 0,10\%$, valor similar al reportado por Aramayo y Ramírez (2023), quienes encontraron $7,02\%$. Esta diferencia se relaciona con la diferencia del origen geográfico del maíz empleado en cada estudio, el estudio de estos autores mencionados, se realizó con maíz morado de Bolivia, mientras que el estudio de esta investigación empleó el maíz morado proveniente de Huancavelica, Perú. En cuanto a la fibra, se determinó $2,36 \pm 0,09\%$, muy superior al $0,52\%$ reportado por los mismos autores. Esta diferencia se atribuye al grado de refinamiento de la harina. Mientras que, el contenido de carbohidratos fue $76,53 \pm 0,50\%$, muy próximo al $76,40\%$ informado por Aramayo y Ramírez (2023); esta similitud indica una notable consistencia en la composición energética del grano de maíz morado, lo que reafirma su potencial como fuente importante de energía en productos alimenticios formulados. En cuanto al contenido de grasa, se determinó $4,90 \pm 0,11\%$, ligeramente inferior al $5,84\%$ reportado por los mismos autores. Esta variación atribuye a las diferencias en el tipo de grano o condiciones de molienda empleadas. El contenido de humedad fue $6,21 \pm 0,54\%$, considerablemente menor al $10,33\%$ registrado por Rojas y Rojas (2024). Esta diferencia se relaciona a los factores que influyeron en el proceso de secado, así como el tiempo de almacenamiento. Y respecto al contenido de cenizas, se obtuvo $1,89 \pm 0,06\%$, que supera ligeramente al $1,62\%$ informado por estos mismos

autores; aunque la diferencia no es muy marcada, los resultados que se obtuvieron en esta presente investigación reflejan un contenido mayor de minerales.

En cuanto al contenido químico proximal de la harina de trigo (Tabla 7), se obtuvo $13,03 \pm 0,09\%$ de proteína, un valor ligeramente menor al de Salazar (2014), quien reportó 14%. Aunque hay una leve diferencia, ambos resultados coinciden en que la harina de trigo presenta un contenido proteico más alto que la mashua negra, lo que es característico de este tipo de cereal. Asimismo, se determinó contenido de grasa de la harina de trigo, la cual reflejó $1,41 \pm 0,02\%$, valor prácticamente igual al reportado por el mismo autor; que indica 1,4%, lo que confirma la consistencia de esta característica en este tipo de harina de trigo. Por otra parte, la harina de trigo presentó $9,81 \pm 0,28\%$ de contenido de humedad, un resultado menor al valor de Salazar; quien obtuvo 16%. Esto puede estar relacionado con un secado más eficiente o un mejor control de humedad en la harina comercial utilizada. En ambos casos, los resultados son adecuados para una buena estabilidad del producto. En cuanto al contenido de cenizas la harina de trigo presentó $1,82 \pm 0,05\%$, un valor superior al de Salazar; quien obtuvo 0,6%. Este aumento puede deberse a un menor grado de refinamiento. Por otro lado, en la harina de trigo se encontró $1,31 \pm 0,35\%$, mientras que Salazar reportó 0%. Esta diferencia puede estar relacionada con el tipo de trigo utilizado o con variaciones en el grado de refinamiento de la harina. Por último, la Tabla 7, muestra un contenido alto de carbohidratos presente en la harina de trigo ($72,62 \pm 0,46\%$), estos resultados se relacionan con lo que afirma Sanz (2018) presentando también un contenido alto de carbohidratos presentes en la harina de trigo (73.2%), con esto podemos asegurar que, a pesar de la variedad de trigo, el contenido de carbohidratos en la harina es generalmente alto.

5.2 Compuestos bioactivos de la harina de mashua negra, maíz morado y trigo

La medición de compuestos fenólicos en la harina de mashua negra (Tabla 8) reveló $305,39 \pm 3,58$ mg EAG/100 g, superando al registrado por Anaya (2018), quien reportó $276,87 \pm 7,14$ mg EAG/100 g. Con respecto a la capacidad antioxidante los resultados indicaron $21\ 880,65 \pm 545,27$ $\mu\text{mol TE}/100$ g, cifra notablemente mayor a la obtenida por García et al. (2021), quienes registraron $95,73$ $\mu\text{mol TE}/100$ g en extractos fermentados de mashua negra. Esta diferencia significativa se entiende por el método de evaluación empleado, ya que mientras García et al.; utilizaron el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), el presente estudio empleó el método ORAC, que cuantifica la habilidad antioxidante frente a radicales peroxilo.

La concentración de fenoles totales en la harina de maíz morado fue $305,39 \pm 3,58$ mg EAG/100 g, resultado que se encuentra dentro del amplio rango reportado por García et al. (2021) para granos de maíz morado sin procesar, el cual varió entre 239,2 y 14 999,2 mg EAG/100 g. Esto sugiere que el proceso de transformación del grano en harina no produjo pérdidas relevantes de compuestos fenólicos, lo cual es positivo desde el punto de vista nutricional y funcional. Respecto a la capacidad antioxidante, se obtuvo $1555,39 \pm 336,90$ $\mu\text{mol TE}/100$ g, cifra que también supera ampliamente a la registrada por el mismo autor; quienes evaluaron extractos fermentados de maíz morado y obtuvieron $84,38$ $\mu\text{mol TE}/100$ g. La diferencia observada se relaciona con los efectos de la fermentación, proceso que, aunque mejora ciertas características sensoriales y digestivas, también puede degradar o transformar compuestos fenólicos sensibles, reduciendo la capacidad antioxidante final. En contraste, el uso directo de la harina conserva en mayor medida la integridad estructural de estos compuestos.

No habiendo mayor información sobre estudios relacionados al estudio de compuestos bioactivos de la harina de trigo, los resultados obtenidos en este estudio se muestran relevantes para futuras investigaciones, al comparar entre las harinas empleadas en este estudio la harina de trigo evidenció un resultado inferior en cuanto al contenido de compuestos fenólicos ($29,33 \pm 2,78$ mg EAG/100 g), mientras que en cuanto a su capacidad antioxidante presentó también un resultado inferior ($1200,06 \pm 57,01$ $\mu\text{mol TE}/100$ g), pero a su vez significativo, lo que da a entender que el trigo también forma parte de alimentos funcionales con capacidad antioxidante, sin embargo no contiene antocianinas ($0,38 \pm 0,05$ mg C3G/100 g), esto puede estar ligado al color característico del trigo en sí.

5.3 Análisis químico proximal de galletas formuladas con la harina de mashua negra, maíz morado y trigo

Respecto a la información que presenta la Tabla 9, el contenido de proteína evidenció una disminución conforme al aumento de harina de mashua negra. Mientras que la formulación F0 presentó el valor más alto (9,75%), el contenido proteico se redujo hasta 6,12% en la formulación F4. No obstante, es importante destacar que el valor reportado por Gunsha (2020) que fue porcentaje de 6,71% para (10% de HMN y 90% de HT) se encuentra dentro del rango intermedio entre F2 y F3, lo cual indica que un bajo nivel de inclusión de mashua podría complementar el perfil proteico sin afectar el contenido porcentual significativamente. Asimismo, los resultados obtenidos en galletas muestran contenidos de proteína que oscilan

entre 5,73% y 9,75%, destacando que el tratamiento presentó el mayor contenido. Al comparar con los valores reportados por Moreno y Pizarro (2018) en panes artesanales, que fueron sustituidos con 15% de harina de maíz morado, se observó que los valores alcanzaron hasta 13,94%, se observa que las galletas presentan una menor proporción proteica. Esta diferencia está ligada a que el pan posee mayor contenido de humedad a diferencia de las galletas, lo que favorece una mejor distribución de componentes hidrosolubles. Por otra parte, el contenido graso varió entre 28,37% y 30,43%, cifras considerablemente superiores a las reportadas por los mismos autores, donde el valor máximo fue 12,70% en panes formulados con una sustitución 15% de harina de maíz morado. Esta diferencia es coherente con la naturaleza del producto; las galletas requieren mayor cantidad de grasa (manteca o margarina) para lograr la textura crocante, mientras que los panes tienen una estructura más esponjosa y menor contenido lipídico. El contenido de cenizas en panes, que determinaron Moreno y Pizarro; alcanzó un máximo porcentaje 2,38% en la formulación con 15% de harina de maíz morado. En las galletas, los valores más altos se observaron en F1 y F2 (3,51% y 1,51%) respectivamente, lo cual indica que, a pesar de utilizar menor porcentaje de harina de maíz morado (hasta 80% en la Formulación 1), el aporte mineral fue significativo. Esto sugiere que la combinación con mashua negra podría haber potenciado el contenido mineral, ya que esta raíz andina es rica en micronutrientes. Las galletas presentaron un contenido significativamente superior de fibra respecto al pan de estos autores; cuyos valores se mantuvieron entre 2,79% y 3,17%. En cambio, las formulaciones F1 a F4 mostraron fibra entre 11,19% y 14,69%. Esta diferencia se relaciona tanto con la naturaleza del producto como con los ingredientes utilizados. La mashua negra es reconocida por su alto contenido de fibra dietética, al igual que el maíz morado en grano. En comparación, la tusa de maíz tiene también fibra, pero el proceso de formulación del pan puede haber afectado su retención. Asimismo, Moreno y Pizarro también reportaron niveles de carbohidratos desde 69,11% hasta 68,31%. Mientras que, las galletas formuladas en la presente investigación mostraron valores más bajos, desde 37,65% (F3) hasta 47,80% (F1). Esto está asociado al reemplazo progresivo de la harina de trigo (rica en almidones) por harinas de mashua negra y maíz morado, que poseen menor proporción de carbohidratos totales. Respecto a los resultados de humedad, se evidenció incremento conforme aumentó la proporción de harina de mashua negra, alcanzando valor máximo ($8,99 \pm 4,53$) en F3 (60% HMN). Gunsha (2020) reportó una humedad de 2,85% para una inclusión mínima de harina de mashua negra del 10%, lo cual concuerda con la menor retención de agua en formulaciones con predominancia de harina de trigo. Asimismo, los resultados reportados por Moreno y Pizarro (2018) indicaron que los panes presentaron una mayor humedad en base seca (hasta

15,36%), mientras que las galletas mantuvieron niveles más bajos, siendo el más alto de 8,99% (F3) y el más bajo de 1,35% (F1). Esto es consistente con la naturaleza del producto, pues las galletas son productos secos y con una vida útil prolongada, por lo que requieren menor humedad. Por último, respecto a los resultados sobre el contenido de cenizas, indicador del aporte mineral, se observó que las formulaciones con mayor proporción de harina de mashua negra; especialmente F1 y F2 presentaron valores significativamente más altos ($3,41 \pm 0,03$). Esto contrasta con los 1,48% reportados por Gunsha (2020); lo cual sugiere que la combinación de mashua negra y maíz morado incrementa notablemente el contenido mineral del producto.

5.4 Compuestos bioactivos de galletas formuladas con la harina de mashua negra, maíz morado y trigo

Según la Tabla 10, la galleta F4 presentó contenido total de compuestos fenólicos $296,69 \pm 8,09$ mg EAG/100g, lo cual representa un valor significativamente superior al reportado por Trujillo y Reynoso (2024), quienes obtuvieron $207,40 \pm 25,40$ mg EAG/100g bs en su tratamiento T1, formulado con 15% de harina de granos germinados de maíz blanco, por lo que se afirma que la harina de maíz morado contiene mayor contenido de compuestos fenólicos a diferencia de la harina de maíz blanco. Murillo (2018), aseguró que las galletas con harina de cascara de cacao criollo presentaron $17,32 \pm 0,35$, de compuestos fenólicos; un resultado muy inferior al reportado por nuestro estudio, lo cual muestra que un tubérculo y un cereal, contienen mayor contenido de compuestos fenólicos a comparación de la cascara de cacao.

En cuanto a la capacidad antioxidante, la galleta F4, alcanzó una capacidad antioxidante de $35\ 629,49 \pm 565,73$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$, determinada mediante el método ORAC. Este valor superó ampliamente al reportado por Trujillo y Reynoso (2024), quienes obtuvieron $22.397 \pm 0,965$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ en su tratamiento T1, elaborado con 15% de harina de granos germinados de maíz blanco y evaluado mediante el método DPPH. La notable diferencia se atribuye a la variedad de maíz utilizada. La formulación F4 incorporó maíz morado, una variedad que presenta una alta capacidad antioxidante; mientras que el maíz blanco, es considerablemente inferior en capacidad antioxidante a comparación del maíz morado. La investigación realizada por Murillo (2018), una capacidad antioxidante $2,05 \pm 0,05$ para galletas formuladas con harina de cáscara de cacao CCN 51; al comparar estos resultados con los reportados con la presente investigación, podemos observar una diferencia significativa e indicar que las galletas formuladas en la presente investigación, son superiores en cuanto a capacidad antioxidante, lo que les atribuye relevancia a estas galletas.

Mollan (2024), revelo que los resultados de su investigación al cuantificar el contenido de antocianinas a diferentes longitudes de onda, mostraron valores que fueron estadísticamente significativas, tal como en esta presente investigación, realizado por la prueba Tukey, que dio como resultado un $p < 0,05$. Del mismo modo la investigación de Mollan; determinó el contenido de antocianinas en galleta dulce con nibs de cacao y harina de sacha papa, obteniendo valores muy inferiores a esta investigación, siendo 15,1, su valor máximo de contenido de antocianinas, por lo que se afirma que la mashua negra y el maíz morado, se diferencian significativamente de este producto, lo que los convierte en ingredientes ideales para estos productos. La formulación F0, presentó un contenido de antocianinas de $0,13 \pm 0,05$ mg de cianidina-3-glucósido equivalente/g base seca. Este valor, se asemeja al reportado por Murillo (2018), quien no detectó presencia de antocianinas en galletas elaboradas también con harina de trigo al 100%. Estos resultados son reflejo de que las galletas formuladas con trigo no presentan contenido de antocianinas.

5.5 Estudio microbiológico de galletas formuladas con la harina de mashua negra, maíz morado y trigo

De acuerdo con los resultados del estudio microbiológico (Tabla 11), las formulaciones de galletas F0, F1, F3 y F4 presentaron recuentos de mohos inferiores a 10 UFC/g, mientras que la formulación F2 registró $1,5 \times 10^2$ UFC/g. La Norma Sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería, aprobada por la Resolución Ministerial N.º 1020-2010/MINSA establece que el límite máximo permitido para mohos en productos de galletería es de 10^3 UFC/g (Ministerio de Salud [MINSA], 2011). Al comparar estos resultados con la normativa vigente, se observa que todas las formulaciones cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos, ya que los resultados están considerablemente por debajo del límite permitido. En particular, aunque la F2 presentó una carga microbiana $1,5 \times 10^2$ UFC/g, este valor sigue siendo seguro y está dentro de los estándares aceptables, lo que garantiza la inocuidad del producto y su aptitud para el consumo humano.

5.6 Análisis sensorial de galletas formuladas con harinas de mashua negra, maíz morado y trigo

Los resultados presentados en la Tabla 12 del estudio, coinciden con los datos reportados por Gunsha (2020); quien encontró alta aceptabilidad, en cuanto a los atributos textura, color, sabor y olor, en la formulación de galletas con 10% de harina de mashua negra y 90% de harina de

trigo; similarmente en nuestro estudio la formulación F1, presentó mayor aceptabilidad en cada uno de los atributos que se evaluaron. Asimismo, en la investigación del mismo autor; se formuló galletas con 40% de harina de mashua negra, formulación que tuvo menor aceptabilidad por parte de los panelistas y al comparar con nuestros resultados observamos también que esta formulación F2 tuvo baja aceptabilidad. la formulación F1 presentó mayor aceptabilidad en los atributos de sabor, textura, color y apariencia general, lo que coincide con lo reportado por Ramírez et al. (2021), quienes indicaron que la incorporación de harinas andinas puede mejorar significativamente la aceptación de productos de panificación debido a su aporte nutricional y características organolépticas. Nuestros resultados también son comparados con Aramayo y Ruiz (2023), quienes reportaron que la galleta formulada con 32% de harina de maíz morado fue la más aceptada frente a las demás proporciones; 35%, 33%, 28%, 30% de harina de maíz morado con harina de trigo, en tanto, que también la mayor aceptación correspondió a la F1 con 80% de harina de maíz morado, seguido de la F2 con 60% de harina de maíz morado, destacándose ambas por presentar diferencias altamente significativas, en cuanto al resto de las formulaciones, asimismo, resaltan que el uso de maíz morado contribuye no solo a mejorar el perfil nutricional de los productos horneados, sino también a su coloración natural, aspecto que influye positivamente en la percepción del consumidor. Esto respalda la tendencia observada en la formulación F1, donde la combinación equilibrada de estos ingredientes permitió alcanzar una mayor preferencia sensorial. Por otro lado, la menor aceptabilidad observada en la formulación F3 podría estar relacionada con proporciones inadecuadas de harinas alternativas, las cuales pueden afectar la textura y la percepción de sabor, tal como señalan Quispe et al. (2022) en su estudio sobre galletas enriquecidas con tubérculos andinos.

VI. CONCLUSIÓN

- La evaluación del estudio químico proximal de las harinas empleadas nos indica que la harina de mashua negra, registró mayor contenido de ceniza ($5,59 \pm 0,53\%$) y fibra ($2,85 \pm 0,08\%$), mientras que la harina de maíz morado se diferenció de las otras harinas en cuanto al contenido de grasa ($4,90 \pm 0,11\%$) y carbohidratos ($76,53 \pm 0,50\%$) y por su parte la harina de trigo mostró resultados significativos en el contenido de proteína ($13,03 \pm 0,09\%$) y humedad ($72,62 \pm 0,46\%$). Estos resultados fueron estadísticamente significativos.
- En cuanto a los resultados de la determinación de compuestos bioactivos en las harinas de estudio, se concluye que la harina de mashua negra y la harina de maíz morado, presentaron contenidos significativamente superiores en cuanto al contenido de compuestos fenólicos, mashua negra ($166,07 \pm 10,04$ mg EAG/100g) y maíz morado ($305,39 \pm 3,58$ mg EAG/100g); capacidad antioxidante, mashua negra ($1555,39 \pm 336,90$ mg ET/100g) y maíz morado ($21880,65 \pm 545,27$ mg ET/100g) y contenido de antocianinas, mashua negra ($206,56 \pm 7,28$ mg C3G/100g) y maíz morado ($162,40 \pm 3,45$); en comparación a la harina de trigo; compuestos fenólicos ($29,33 \pm 2,78$ mg EAG/100 g), capacidad antioxidante ($1200,06 \pm 57,01$ mg ET/100g) y contenido de antocianinas ($0,38 \pm 0,05$ mg C3G/100g). Estadísticamente los resultados mencionados fueron significativos.
- Respecto al contenido químico proximal de las galletas formuladas proporcionalmente con las harinas de estudio; se llegó a la conclusión que, la F0 sobresalió en cuanto al contenido de proteína ($9,75 \pm 0,45\%$) y carbohidratos ($51,26 \pm 0,59\%$); en tanto la F1 presentó mayor contenido de grasa ($30,43 \pm 0,04\%$) y cenizas ($3,51 \pm 0,03\%$); por último, la F3 sobresalió en cuanto al contenido de humedad ($8,99 \pm 4,53\%$) y fibra ($14,69 \pm 0,07\%$). Todos los resultados excepto humedad, fueron estadísticamente significativos.
- Los resultados obtenidos al determinar compuestos bioactivos a las galletas formulados con las harinas de estudio, indicaron que las galletas formuladas con harina de mashua negra y maíz morado, presentaron mayor contenido de compuestos bioactivos; siendo la F3 con mayor contenido de compuestos fenólicos ($375,47 \pm 3,23$ mg EAG/100 g); mientras que la F4 presentó mayor capacidad antioxidante ($35629,49 \pm 565,73$ mg ET/100g) y por su parte la F1 fue la galleta con mayor concentración de antocianinas

(55,61 ± 1,22 mg C3G/100g) a diferencia de la galleta formulada con harina de trigo (F0). Estadísticamente los resultados mencionados fueron significativos.

- La evaluación sensorial analizada mediante la prueba no paramétrica de Friedman resaltó que la formulación F1 alcanzó la mayor aceptabilidad sensorial por parte de los panelistas, al presentar puntajes promedio superiores en los atributos de sabor, textura, color y apariencia general. Esta tendencia evidencia la influencia positiva de la mezcla de harina de mashua negra y maíz morado en la calidad organoléptica de las galletas, confirmando que una formulación balanceada favorece la preferencia del consumidor. resultado a la F1, como la galleta más aceptable por los panelistas, seguida por la formulación F0.

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda que antes de secar mashua negra en la estufa, se realice el proceso de oreado, para reducir el sabor amargo de la mashua negra cruda.
- ❖ Formular nuevos productos con harina de mashua negra y maíz morado, por su alto contenido de compuestos fenólicos
- ❖ Se recomienda evaluar nuevas proporciones de harina de mashua negra, maíz morado y trigo para optimizar aún más la aceptabilidad sensorial y maximizar el contenido de compuestos bioactivos
- ❖ Elaborar galletas u otros productos de panificación con menos del 20% de harina de mashua negra.
- ❖ Realizar más estudios a la harina de mashua negra, para contrarrestar el sabor amargo que posee como cultivo.
- ❖ Realizar estudios de vida útil y almacenamiento para determinar la estabilidad de los compuestos bioactivos y las características sensoriales de las galletas en diferentes condiciones de empaque y tiempo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya, R., E. (2018). *Contenido de antocianinas, polifenoles totales, vitamina c y rendimiento de colorante en mashua negra (Tropaeolum tuberosum) cultivado en tres altitudes de la región Huánuco*. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/022ed7c7-cd61-4936-b04f-1fa9625f99ea/content>
- Aramayo, R., T. y Ramírez, E. (2023). *Elaboración de galleta con harina de maíz morado*. *Revista "Ventana Científica"*, 13(21), 43-45. <file:///C:/Users/USER/Downloads/1612-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2912-1-10-20231123.pdf>
- Behar, H., Reategui, O., Liviach, D. Arcos, J. y Best, I. (2021). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de seis accesiones de *mashua (Tropaeolum tuberosum R. & P.)* de la Región Puno, Perú. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 74(3), 9710-9013. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.93020>.
- Benites, A., Villanueva, J., Gonzales, G., Alcantar, V. E., Puga, R. y Quintero, A. G. (2021). "Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por foto quimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP)" *Revista Scielo*, 23(1), 1-9. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Caballero, J., D. (2021). *"Efecto del secado sobre los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en la hoja de moringa (Moringa oleífera)"*. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3900/52414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Canchari, M., L. (2024). *Compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes de los residuos de las papas nativas frescas y liofilizadas*. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja]. <https://repositorio.unat.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c80040b4-4545-42c8-92b2-381c15c57ba3/content>

- Cañar, A., M. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y Mashua (Tropaeolum tuberosum) en el desarrollo de galletas dulces*. [Tesis para optar título profesional, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37895/1/CAL%20026.pdf>
- Castañeda, A., Pacheco, L., Páez, M. E., Rodríguez, J. A., y Galán, C. A. (2020). Estudios químicos de antocianinas: una revisión. *Revista Science Direct*, 113(4), 859-871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Ccaccya, A., M. (2020) *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del maíz morado Zea Mays L. procedente de tres regiones del Perú*. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/134b1e66-b23c-4e5c-a557-b8bb950d8b23/content>
- Chávez, L., A. (2021). *Caracterización físico-química y microbiológica de snacks elaborados a base de mashua (Tropaeolum tuberosum) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]*. <https://repositorio.unap.edu.pe>
- Coa, M., A. (2022). *Determinación de la capacidad antioxidante in vitro del fruto (Quararibea cordata) zapote*. [Tesis para optar título profesional, “Universidad Católica de Santa María”, Arequipa-Perú]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b84a4ae8-7c93-4388-959f-ffc3ad5ee269/content>
- De la Rosa, X., Garcia, I., Hernandez, J., Morales, J. y Quiroz, J. D. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155-163, Universidad Mayor de San Andrés. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1>
- Díaz, R., Y. & Zuloeta C., C. (2022). Caracterización de las características nutricionales de hojuelas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/508/5/T_D%C3%80DAZ%20RU%C3%80DZ%20%20Y%20ZULOETA%20CAMPOS_IJA%20.pdf?utm_source=chatgpt.com

- Dilas, J., O. y Ascurra, D., Y. (2020). Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) cultivo subutilizado con alto potencial para zonas altoandinas en el Perú. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 1(1), 16-18. <https://journalalphacentauri.com/index.php/revista/article/view/3/5>
- Fernández, A., B. y Puma, R., H. (2021). *Comparación de la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas en el extracto fermentado de Tropaeolum tuberosum (mashua) frente a los extractos fermentados de zea mays l. (maíz morado) y Vaccinium corymbosum L. (arándano)*. [Tesis para optar título profesional, “Universidad Católica de Santa María”, Arequipa–Perú]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fb65bd02-8a20-4a44-a966-d96687e2bd35/content>
- Franco, A., F., Naranjo, F., G. y Moreira, L., V. (2021). Análisis educativo sobre la valoración sensorial en “Catación de vinos”. *Revista Conrado*, 17(78), 178-182.
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1>
- García, E.; Flores, A.; Ruiz, N.; Camposeco, N.; Ramirez, S., N. y Garcia, J., I. (2022). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado). *Revista UTM*, 26 (77), 13 – 19. https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas77/T77_E02_fenolicos_genotipos_maíz_pigmentado.pdf
- Gobierno regional de Huancavelica (18 de junio de 2024). *MIDIS y GRH quieren seguir haciendo historia en lucha contra la anemia y la desnutrición*. <https://regionhuancavelica.gob.pe/midis-y-grh-quieren-seguir-haciendo-historia-en-lucha-contra-la-anemia-y-la-desnutricion/>
- Guamán, R. N., Desiderio, T. X., Villavicencio, A. F., Ulloa, S. M. y Ulloa, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* l. L.) utilizando cuatro híbridos. *Revista Redalyc*, 7(2), 047-056.
- Gunsha, L., M. (2020). *Utilización de cuatro niveles de harina de mashua en la elaboración de galletas*. [Tesis para optar título profesional, Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo].<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15505/1/27T00456.pdf>

Gutiérrez, D., A. (2022). Determinación del valor nutricional de harina de tarwi y quinua en mezclas para panificación [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe>

Hasang, E. S., García, S. J., Carrillo, M. D., Durango, W. D. Medina, R. C. y Lombeida, E. D. (2022). Evaluación de sistemas productivos de maíz, sobre la sostenibilidad económica. *Revista Scielo*, 27(1), 18-30. <https://doi.org/10.32480/rscp.2022.27.1.18>

Hernández, P., Domínguez, J. A., Ortega, L. A. y Welti, J. (2021). Actividad antioxidante y contenido fenólico de harina y tortillas de maíz morado (*Zea mays* l. L.) obtenidas por proceso de extrusión. *Revista de medición y caracterización de alimentos*, 15(3), 1486-1494. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00804-2>
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000100178
<https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], (2023). *Producción de maíz amarillo alcanzó 130 mil 415 toneladas en febrero de este año. Nota de prensa.* <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/748976-produccion-de-maiz-amarillo-alcanzo-130-mil-415-toneladas-en-febrero-de-este-ano>

Jorge, F. C. y Ponce, H. (2016). *Determinación de la proporción óptima de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) como sustituto parcial para la elaboración de pan integral - Huánuco.* [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional Hermillo Valdizán]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/1247/TAI%2000070%20J73.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

León, M. (2020). Estudio del perfil de antocianinas en *Rubus Niveus* utilizando cromatografía líquida (HPLC) y pH diferencial. *Revista Universidad Católica Andrés Bello*, 147-156. <file:///C:/Users/USER/Downloads/483-124-PB.pdf>

Llumiquinga, N., A. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería.* [Tesis para

optar título profesional, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34932/1/AL%20823.pdf>

Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS], (2024). *Reporte regional de indicadores sociales del departamento de Huancavelica. Nota de prensa.*
https://sdv.midis.gob.pe/redinforma/Upload/regional/Huancavelica_ok.pdf

Ministerio de Salud [MINSA], (2023). VRAEM: Indicadores nutricionales en niños menores de 3 y 5 años. nota de prensa.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcdn.www.gob.pe%2Fuploads%2Fdocument%2Ffile%2F5026584%2FIndicadores%2520Ni%25C3%25B1os%2520VRAEM%2520Enero%2520%25E2%2580%2593%2520Junio%25202023%2520%2528Base%2520de%2520Datos%2520HIS-Minsa%2529.xlsx&psig=AOvVaw3_1gvMjiTA8E3n1SLuYf6c&ust=1724905863932000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwiYsZq8gJiIAxUAAAAAHQAAAAAQBA

Mollan, (2024). “*Determinación de antocianinas presentes en galleta dulce con nibs de cacao (Theobroma cacao L.) usando harina de sacha papa (Dioscorea trifida L.) como sucedánea*”. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5ef7a20a-f6d5-4220-b11a-69e404ffe4b0/content>.

Moreno, J., M. & Andahua, V., D. (2020). “*Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (Zea mays l.), camote morado (Ipomoea batata) y Algarrobo (Prosopis pallida)*”. [Tesis para optar título profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5248/MORENO%20y%20ANDAHUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oré, M., J. (2020). *Determinación de humedad, cenizas y fibra en galletas elaboradas con harina de kiwicha y sacha inchi*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2023). *Situación Alimentaria Mundial. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales.*

<https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/#:~:text=Estos%20descensos%20se%20ven%20compensados,1%20215%20millones%20de%20toneladas.>

Picho, G. (2024). *Influencia de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) y subproducto de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en la propiedad nutricional, bioactiva y sensorial de las galletas*. [Tesis para optar de título profesional, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja]. <https://repositorio.unat.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7af8f08d-3e12-497e-b598-f70d68757bb0/content>

Ramírez, V. M. (2022). *Análisis proximal y capacidad antioxidante de barras energéticas a base de mashua y quinua*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe>

Ramos, R., A. (2011). *Evaluación de la capacidad antioxidante de productos tradicionales de la región Junín “granadilla, guinda, habas, quiwicha, oca, quinua, tuna, tumbo y yacon”*. [Tesis para optar de título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1219/TESIS%20RICARDO%20A.%20RAMOS%20CRISPIN.pdf>

Rojas, S., G. & Rojas, F., L. (2024). “*Elaboración de galletas enriquecidas con la adición de harina de cebada (Hordeum vulgare L.), harina de soja (Glycine max.) y harina de maíz morado (Zea mays L.)*”. [Tesis para optar de título profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/10093/TESIS.pdf?sequence=1>

Salazar, M., F. (2014). “*Procesamiento de harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) para la aplicación en productos de panadería*”. [Tesis para optar de título profesional, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9708279a-e036-4a2f-9235-d7fe9659f058/content>

Sanez, L., C. (2018). “*Propiedades nutricionales de pan elaborado con harina de trigo (Triticum aestivum), quinua (Chenopodium quinoa w.), kiwicha (Amaranthus caudatus) y soya (Glycine max.)*”. [Tesis para optar de título profesional,

- Universidad Nacional del Callao].
https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4061/Sanez%20Falcon_IF_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soler, A. (2009). *Estudio de la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva. Primeras etapas en el desarrollo de un aceite de oliva funcional*. [Tesis de doctorado, Universidad de Lleida].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=83704>
- Soler, N., Castillo, O., Rodríguez, G., Perales, A. y González, A. L. (2023). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Revista Scielo*, 67(3), 227-233.
https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222017000400227&script=sci_abstract
- Taipe, L. (2017). *Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (Tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra*. [Tesis para optar de título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1592/Taipe%20Quispe%20-%20TESIS%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trujillo, K., M. y Reynoso, M., A. (2024). *Compuestos bioactivos y aceptabilidad sensorial de galletas enriquecidas con harina de germinados de Maíz blanco, Kiwicha y Lenteja*. [Tesis para optar de título profesional, Universidad Nacional de Barranca].
<https://repositorio.unab.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5d782a6a-d504-4934-81a1-f22a1bd9b3ad/content>
- Tulcán, M., G. (2020). “*Comparación de metodologías para determinación de humedad total en trigo importado variedad CWRS*”. [Tesis para optar de título profesional, Universidad de Las Américas].
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12190/1/UDLA-EC-TIAG-2020-20.pdf>
- USIL Blogs (06 de octubre del 2023). *¿Qué es la mashua y por qué sus propiedades son consideradas milagrosas?* <https://blogs.usil.edu.pe/novedades/la-mashua-un-producto-andino->

IX. ANEXOS

Anexo 1: Datos del análisis proximal de harinas y galletas formuladas Proteínas (%)

Tabla 13

Determinación de proteínas (%)

MUESTRA	PROTEÍNA (%)	P	SD
M1	8.41	8.33	0.10
M1	8.35		
M1	8.22		
M2	8.00	8.12	0.10
M2	8.17		
M2	8.17		
M3	13.14	13.03	0.09
M3	13.01		
M3	12.96		
F0	9.44	9.75	0.45
F0	9.55		
F0	10.27		
F1	5.65	5.73	0.07
F1	5.73		
F1	5.80		
F2	6.48	6.27	0.18
F2	6.17		
F2	6.17		
F3	6.37	6.33	0.20
F3	6.12		
F3	6.52		
F4	6.14	6.12	0.19
F4	6.30		
F4	5.93		

Grasa (%)**Tabla 14***Determinación de grasa (%)*

MUESTRA	GRASA (%)	P	SD
M1	0.75	0.76	0.005
M1	0.76		
M1	0.76		
M2	4.93	4.90	0.110
M2	5.00		
M2	4.78		
M3	1.41	1.41	0.019
M3	1.43		
M3	1.39		
F0	28.38	28.37	0.056
F0	28.42		
F0	28.31		
F1	30.44	30.43	0.036
F1	30.39		
F1	30.46		
F2	30.41	30.42	0.021
F2	30.40		
F2	30.44		
F3	28.96	28.92	0.038
F3	28.91		
F3	28.89		
F4	28.46	28.43	0.124
F4	28.53		
F4	28.29		

Humedad (%)

Tabla 15

Determinación de humedad (%)

MUESTRA	HUMEDAD (%)	P	SD
M1	7.19	7.15	0.050
M1	7.09		
M1	7.17		
M2	6.83	6.21	0.538
M2	5.85		
M2	5.94		
M3	9.49	9.81	0.277
M3	9.93		
M3	10.00		
F0	4.17	4.26	0.091
F0	4.25		
F0	4.35		
F1	1.66	1.35	0.343
F1	1.42		
F1	0.98		
F2	2.33	5.70	2.921
F2	7.25		
F2	7.53		
F3	3.77	8.99	4.526
F3	11.41		
F3	11.80		
F4	4.15	8.27	3.576
F4	10.16		
F4	10.50		

Cenizas (%)

Tabla 16

Determinación de cenizas (%)

MUESTRA	CENIZAS (%)	P	SD
M1	5.69	5.28	0.401
M1	4.89		
M1	5.26		
M2	1.90	1.89	0.060
M2	1.83		
M2	1.95		
M3	1.83	1.82	0.046
M3	1.77		
M3	1.86		
F0	0.98	0.93	0.045
F0	0.93		
F0	0.89		
F1	3.51	3.51	0.025
F1	3.48		
F1	3.53		
F2	1.47	1.51	0.035
F2	1.54		
F2	1.51		
F3	3.44	3.41	0.029
F3	3.39		
F3	3.40		
F4	3.09	3.07	0.053
F4	3.01		
F4	3.11		

Fibra (%)**Tabla 17***Determinación de fibra (%)*

MUESTRA	FIBRA (%)	P	SD
M1	2.90	2.85	0.076
M1	2.88		
M1	2.76		
M2	2.39	2.36	0.095
M2	2.25		
M2	2.43		
M3	1.06	1.31	0.348
M3	1.71		
M3	1.17		
F0	5.41	5.43	0.166
F0	5.27		
F0	5.60		
F1	11.17	11.19	0.116
F1	11.08		
F1	11.31		
F2	12.07	12.06	0.095
F2	11.96		
F2	12.15		
F3	14.70	14.69	0.071
F3	14.61		
F3	14.75		
F4	12.61	12.59	0.057
F4	12.64		
F4	12.53		

Carbohidratos (%)

Tabla 18

Determinación de carbohidratos (%)

MUESTRA	CARBOHIDRATOS (%)	P	SD
M1	75.06	75.64	0.509
M1	76.02		
M1	75.83		
M2	75.96	76.53	0.502
M2	76.90		
M2	76.73		
M3	73.07	72.62	0.459
M3	72.16		
M3	72.62		
F0	51.62	51.26	0.587
F0	51.57		
F0	50.58		
F1	47.57	47.80	0.197
F1	47.90		
F1	47.92		
F2	47.24	44.04	2.776
F2	42.69		
F2	42.21		
F3	42.75	37.65	4.440
F3	35.56		
F3	34.64		
F4	45.55	41.52	3.497
F4	39.36		
F4	39.64		

Anexo 2: Datos de la determinación de compuestos bioactivos de harinas y galletas formuladas

Compuestos fenólicos (Folin-Ciocalteu)

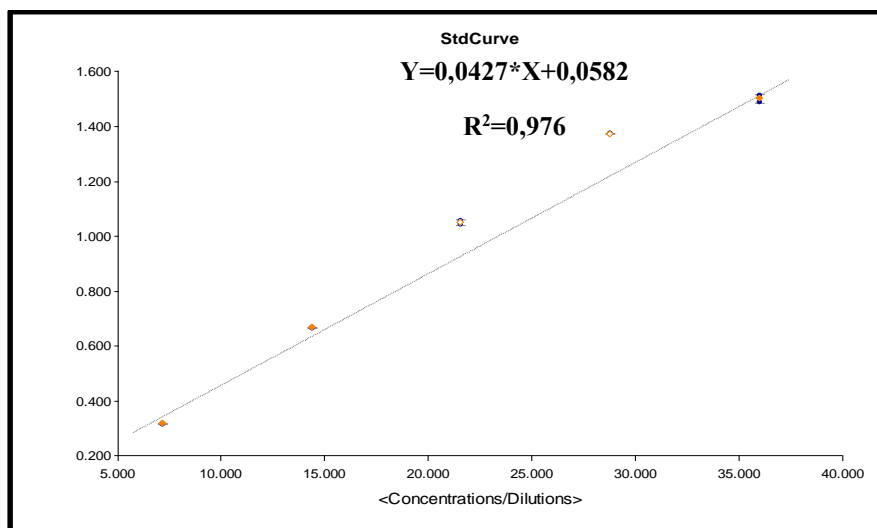
Tabla 19

Cuantificación de compuestos fenólicos

MUESTRA	COMPUESTOS FENÓLICOS (mg GAE/100g)	P	SD
M1	154.492	166.072	10.038
M1	172.286		
M1	171.439		
M2	301.947	305.390	3.583
M2	309.098		
M2	305.125		
M3	26.446	29.334	2.781
M3	31.994		
M3	29.562		
F0	14.830	15.600	0.723
F0	15.707		
F0	16.265		
F1	244.135	247.316	3.181
F1	250.497		
F1	247.316		
F2	294.624	299.904	4.573
F2	302.544		
F2	302.544		
F3	374.938	375.471	3.231
F3	372.539		
F3	378.935		
F4	289.313	296.692	8.091
F4	305.344		
F4	295.420		

Figura 13

Curva de calibración de polifenoles



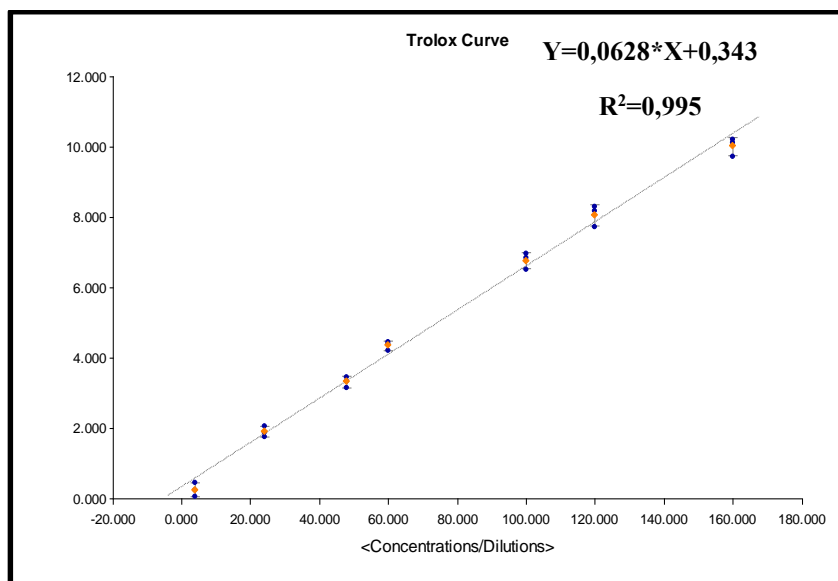
Capacidad antioxidante (ORAC)

Tabla 20: *Cuantificación de capacidad antioxidante*

MUESTRA	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ET/100g)	P	SD
M1	1942.798059	1555.386	336.904
M1	1392.305104		
M1	1331.05421		
M2	21259.105	21880.645	545.271
M2	22104.312		
M2	22278.518		
M3	1232.617	1200.058	57.013
M3	1233.331		
M3	1134.226		
F0	742.7067969	907.375	277.236
F0	751.9633247		
F0	1227.454654		
F1	11585.88072	12024.486	404.118
F1	12105.84095		
F1	12381.73757		
F2	11870.51579	11782.662	78.827
F2	11759.35056		
F2	11718.119		
F3	9635.585577	9128.073	771.297
F3	9508.131519		
F3	8240.500646		
F4	34986.2644	35629.487	565.735
F4	35852.33627		
F4	36049.86143		

Figura 14

Curva de calibración de las concentraciones de disolución



Contenido de antocianinas (Ph diferencial)

Tabla 21 *Cuantificación de antocianinas*

MUESTRA	ANTOCIANINAS (mg eq-cianidina-3-glucósido/100g)	P	SD
M1	213.40	206.56	7.273
M1	198.92		
M1	207.36		
M2	162.76	162.40	3.446
M2	158.79		
M2	165.65		
M3	0.32	0.38	0.052
M3	0.40		
M3	0.42		
F0	0.07	0.13	0.053
F0	0.14		
F0	0.17		
F1	56.19	55.61	1.219
F1	54.21		
F1	56.43		
F2	34.71	33.08	1.580
F2	32.98		
F2	31.56		
F3	12.72	13.80	1.096
F3	14.91		
F3	13.78		
F4	18.81	19.32	0.728
F4	20.15		
F4	18.99		

Anexo 3: Resultados obtenidos para la evaluación sensorial por el método Friedman

Atributo sensorial	N	$\bar{x} \pm s$	Chi-cuadrado (χ^2)	(p)
Sabor	400	5.23 \pm 2.067	295.840	0.000
Textura	400	5.28 \pm 1.938	309.343	0.000
Color	400	5.50 \pm 2.000	297.327	0.000
Astringencia	400	4.49 \pm 1.902	323.646	0.000
Olor	400	5.11 \pm 1.976	312.889	0.000
Apariencia General	400	5.21 \pm 2.016	301.329	0.000

*N: Número total de observaciones (80 panelistas \times 5 formulaciones = 400 datos por atributo).

*Media y Desv: Promedio de las puntuaciones sensoriales (escala 1–9).

*Chi-cuadrado (χ^2): Estadístico que evalúa si existen diferencias significativas entre formulaciones.

*Gl: Grados de libertad.

*(p): Nivel de significancia estadística. Si $p < 0.05$, existen diferencias significativas.

Anexo 4: Datos del Análisis de varianza y resumen del modelo del análisis químico proximal

a. Harinas

GRASA (%)					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	29.8040	14.9020	3561.57	0.000
Error	6	0.0251	0.0042		
Total	8	29.8291			

R² **R² (ajustado)**
 99.92% 99.89%

HUMEDAD (%)					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	20.9180	10.4590	85.02	0.000
Error	6	0.7381	0.1230		
Total	8	21.6561			

R² **R² (ajustado)**
 96.59% 95.46%

PROTEÍNA (%)					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	46.3877	23.1938	2514.01	0.000
Error	6	0.0554	0.0092		
Total	8	46.4430			

R² **R² (ajustado)**
 99.88% 99.84%

CENIZAS (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	23.4715	11.7358	211.17	0.000
Error	6	0.3334	0.0556		
Total	8	23.8050			
R²		R² (ajustado)			
98.60%		98.13%			

FIBRA (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	3.6798	1.83988	40.68	0.000
Error	6	0.2714	0.04523		
Total	8	3.9512			
R²		R² (ajustado)			
93.13%		90.84%			

CARBHIDRATOS (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	25.204	12.6022	52.38	0.000
Error	6	1.443	0.2406		
Total	8	26.648			
R²		R² (ajustado)			
94.58%		92.78%			

b. Galletas formuladas**GRASA (%)**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	12.8764	3.21910	749.19	0.000
Error	10	0.0430	0.00430		
Total	14	12.9194			
R²		R² (ajustado)			
99.67%		99.53%			

HUMEDAD (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	115.33	28.832	3.44	0.052
Error	10	83.85	8.385		
Total	14	199.18			
R²		R² (ajustado)			
57.90%		41.06%			

PROTEÍNA (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	32.4777	8.11941	129.23	0.000
Error	10	0.6283	0.06283		
Total	14	33.1059			
R²		R² (ajustado)			
98.10%		97.34%			

CENIZAS (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	16.8191	4.20477	2780.94	0.000
Error	10	0.0151	0.00151		
Total	14	16.8342			
R²		R² (ajustado)			
99.91%		99.87%			

FIBRA (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	144.507	36.1267	3101.89	0.000
Error	10	0.116	0.0116		
Total	14	144.623			
R²		R² (ajustado)			
99.92%		99.89%			

CARBHIDRATOS (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	337.67	84.418	10.54	0.001
Error	10	80.06	8.006		
Total	14	417.74			
R²		R² (ajustado)			
80.83%		73.17%			

Anexo 5: Datos del Análisis de varianza y resumen del modelo de compuestos bioactivos**a. Harinas****COMPUESTOS FENOLICOS**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	114314	57156.8	1413.24	0.000
Error	6	243	40.4		
Total	8	114556			
R²		R² (ajustado)			
99.79%		99.72%			

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	840929097	420464549	3046.29	0.000
Error	6	828151	138025		
Total	8	841757248			
R²		R² (ajustado)			
99.90%		99.87%			

ANTOCININAS

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	2	70711.8	35355.9	1637.43	0.000
Error	6	129.6	21.6		
Total	8	70841.4			
R²		R² (ajustado)			
99.82%		99.76%			

b. Galletas formuladas**COMPUESTOS FENOLICOS**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	225956	56489.1	2628.68	0.000
Error	10	215	21.5		
Total	14	226171			
R²		R² (ajustado)			
99.90%		99.87%			

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	2015252206	503813051	2169.10	0.000
Error	10	2322679	232268		
Total	14	2017574885			
R²		R² (ajustado)			
99.88%		99.84%			

ANTOCININAS

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MUESTRA	4	5330.78	1332.69	1165.96	0.000
Error	10	11.43	1.14		
Total	14	5342.21			
R²		R² (ajustado)			
99.79%		99.70%			

Anexo 6: Obtención de harina de mashua negra



Fotografía 1. Acondicionamiento de la mashua



Fotografía 2. Secado de la mashua (después del oreo)



Fotografía 3. Control de H (%) después del secado



Fotografía 4. Pesado y molienda de la mashua seca



Fotografía 5. Envasado de la mashua molida



Fotografía 6. Molienda más fina en el molino de rotor

Anexo 7: Obtención de harina de maíz morado



Fotografía 7. Acondicionamiento de maíz morado



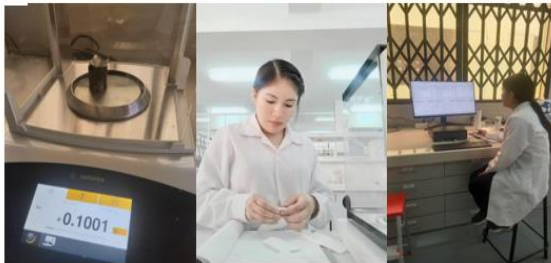
Fotografía 8. Molienda del maíz en la licuadora



Fotografía 9. Tamizado y molienda más fina en molino de rotor

Anexo 8: Determinación del análisis químico proximal a las muestras de estudio

a)



b)



c)



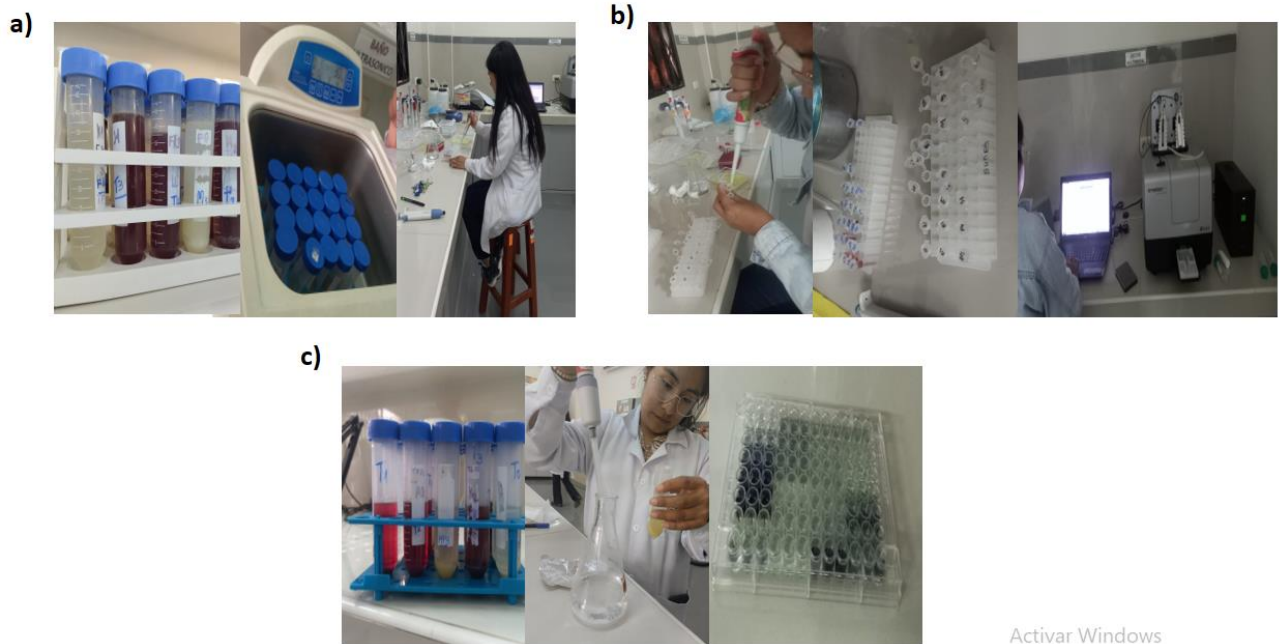
d)



Fotografía 10. Determinación de análisis químico proximal

*a) Proteína (%) de harinas y galletas formuladas b) Grasa (%) de harinas y galletas formuladas c) Humedad (%) de harinas y galletas formuladas d) Cenizas (%) de harinas y galletas formuladas

Anexo 9: Cuantificación de compuestos bioactivos de las muestras de estudio



Fotografía 11. Determinación de compuestos bioactivos

*a) Compuestos fenólicos de harinas y galletas formuladas b) Capacidad antioxidante de harinas y galletas formuladas
c) Antocianinas en harinas y galletas formuladas

Anexo 10: Elaboración de galletas formuladas



Fotografía 12. Pesado de ingredientes



Fotografía 13. Amasado y horneado



Fotografía 14. Enfriado y envasado de galletas

Anexo 11: Evaluación sensorial



Fotografía 15. Preparación de muestras y materiales



Fotografía 16. Evaluación sensorial

ANÁLISIS SENSORIAL DE GALLETAS FORMULADAS CON HARINA DE MASHUA NEGRA Y MAIZ MORADO

Apellidos y Nombres:

Edad:

Fecha:

Usted tiene a continuación los parámetros de una escala hedónica de 9 puntos, para que pueda evaluar la galleta formulada con harina de mashua negra y maíz morado en la siguiente tabla.

- | |
|-------------------------------|
| 9. Me gusta muchísimo |
| 8. Me gusta mucho |
| 7. Me gusta moderadamente |
| 6. Me gusta ligeramente |
| 5. Ni me gusta ni me disgusta |
| 4. Me disgusta ligeramente |
| 3. Me disgusta moderadamente |
| 2. Me disgusta mucho |
| 1. Me disgusta muchísimo |

Producto: Galletas					
Factores Sensoriales	M1	M2	M3	M4	M5
Sabor					
Textura					
Color					
Astringencia					
Olor					
Apariencia general					
Total					

Fotografía 17. Ficha de evaluación sensorial

Anexo 12: Resultados de ensayo microbiológico

INFORME DE ENSAYO LMBA N° 008/2024

SOLICITANTE:	SOLEDAD YALUPALIN SEDANO
TÍTULO DEL PROYECTO:	Compuestos Bioactivos Y Evaluación Sensorial En Galletas Formuladas A Partir De Harinas De Mashua Negra (<i>Tropaeolum Tuberosum</i>) Y Maiz Morado (<i>Zea mays L.</i>)
MUESTRA:	Galleta
FECHA DE RECEPCIÓN:	21/noviembre/ 2024
FECHA DE ANÁLISIS:	21/noviembre/ 2024
PRESENTACIÓN	Envasado en táper de plástico
IDENTIFICACIÓN:	F0, F1, F2, F3 y F4

Cuadro 1. Resultado de presencia de mohos en las muestras analizadas

CÓDIGO DE MUESTRA	INDICADOR MICROBIOLÓGICO EVALUADO	RESULTADO (UFC/g)
<i>F0</i>	Mohos	<10
<i>F1</i>	Mohos	<10
<i>F2</i>	Mohos	1,5x10 ²
<i>F3</i>	Mohos	<10
<i>F4</i>	Mohos	<10

Nota: UFC= Unidad Formadora de colonia.

Las muestras de galletas analizadas atienden a los indicadores microbiológicos establecidos por la RM 591-MINSA 2008, para una muestra representativa (M), con respecto a los indicadores microbiológicos realizados.

Anexo 13: Resultados de evaluación sensorial

N°	FORMULACIÓN	SABOR	TEXTURA	COLOR	ASTRINGENCIA	OLOR	APARIENCIA GENERAL
1	F0	7	6	5	5	5	6
2	F0	9	9	5	5	8	9
3	F0	9	9	8	8	9	9
4	F0	7	7	9	9	8	7
5	F0	9	8	9	5	8	8
6	F0	7	9	9	5	6	7
7	F0	2	2	8	8	1	8
8	F0	4	4	5	5	5	5
9	F0	6	8	5	6	8	4
10	F0	3	4	3	2	5	2
11	F0	3	2	1	4	3	3
12	F0	4	5	5	4	6	4
13	F0	2	2	2	2	2	2
14	F0	5	7	6	5	5	5
15	F0	3	5	6	5	6	5
16	F0	8	9	9	4	9	9
17	F0	6	8	6	4	6	7
18	F0	8	7	7	7	7	8
19	F0	7	6	8	6	8	6
20	F0	8	8	8	8	6	8
21	F0	7	8	7	5	7	6
22	F0	8	7	5	9	6	7
23	F0	4	6	7	6	6	7
24	F0	6	4	4	4	5	5
25	F0	8	7	7	7	7	9
26	F0	4	7	7	4	5	8
27	F0	5	6	7	7	6	6
28	F0	9	6	8	8	4	8
29	F0	7	5	6	7	5	7
30	F0	4	6	5	3	5	5
31	F0	5	5	4	6	3	6
32	F0	6	3	2	2	1	4
33	F0	5	3	2	1	2	1
34	F0	7	6	5	5	6	5
35	F0	8	8	4	7	5	8
36	F0	6	7	7	5	6	7
37	F0	9	6	9	5	8	4
38	F0	5	6	3	7	5	4
39	F0	6	6	8	6	6	8
40	F0	8	6	8	5	8	9

41	F0	9	7	8	6	8	7
42	F0	9	7	8	9	9	8
43	F0	9	8	9	8	7	9
44	F0	4	6	7	6	6	7
45	F0	8	8	7	8	5	7
46	F0	6	6	5	4	5	5
47	F0	9	7	7	5	6	4
48	F0	3	3	2	5	3	2
49	F0	6	4	5	3	5	6
50	F0	5	4	5	5	5	5
51	F0	3	3	6	3	3	5
52	F0	6	7	5	6	7	5
53	F0	7	8	8	7	7	7
54	F0	6	7	7	8	8	8
55	F0	8	2	8	5	6	4
56	F0	7	8	7	5	6	9
57	F0	7	8	6	5	6	6
58	F0	9	8	9	7	8	8
59	F0	8	6	7	6	5	5
60	F0	2	2	2	2	1	2
61	F0	8	7	7	7	7	7
62	F0	1	6	5	5	7	3
63	F0	8	5	6	6	6	6
64	F0	5	6	4	5	5	6
65	F0	6	5	6	6	7	7
66	F0	5	8	2	3	2	8
67	F0	5	6	7	5	6	6
68	F0	5	4	4	5	5	6
69	F0	5	6	6	7	6	7
70	F0	8	8	9	8	9	9
71	F0	7	6	6	7	6	7
72	F0	5	6	4	6	7	5
73	F0	6	7	5	6	7	5
74	F0	3	3	2	5	3	2
75	F0	6	4	5	3	5	6
76	F0	5	4	5	5	5	5
77	F0	3	3	6	3	3	5
78	F0	5	5	4	6	3	6
79	F0	6	3	2	2	1	4
80	F0	5	3	2	1	2	1
1	F1	8	6	5	5	6	4
2	F1	9	9	8	6	4	7
3	F1	9	8	8	8	8	9
4	F1	8	7	8	7	9	8
5	F1	8	6	8	3	7	6

6	F1	9	8	8	4	8	8
7	F1	9	8	8	8	9	9
8	F1	5	6	5	5	6	8
9	F1	8	8	5	7	8	3
10	F1	8	8	8	8	8	8
11	F1	7	8	4	6	6	4
12	F1	7	4	9	3	5	5
13	F1	7	8	4	3	6	6
14	F1	7	7	7	5	7	6
15	F1	6	8	5	6	8	8
16	F1	4	9	9	4	6	7
17	F1	5	6	4	5	5	6
18	F1	8	8	7	7	9	8
19	F1	8	7	9	7	9	6
20	F1	7	8	7	5	7	7
21	F1	6	7	7	6	5	5
22	F1	4	5	4	5	4	5
23	F1	7	6	5	6	5	4
24	F1	5	6	6	6	5	6
25	F1	5	5	7	4	6	5
26	F1	5	4	6	5	6	4
27	F1	5	6	6	3	4	5
28	F1	6	5	5	4	6	5
29	F1	8	9	7	7	9	8
30	F1	7	5	6	2	4	5
31	F1	6	5	5	5	6	6
32	F1	4	2	4	2	1	5
33	F1	4	2	5	3	4	2
34	F1	5	7	7	5	4	6
35	F1	6	8	8	5	5	7
36	F1	5	6	5	4	7	7
37	F1	7	6	4	5	7	5
38	F1	7	5	5	6	5	3
39	F1	8	7	7	7	4	7
40	F1	5	3	6	4	8	5
41	F1	5	7	5	5	4	6
42	F1	7	6	5	6	6	5
43	F1	2	4	1	5	1	2
44	F1	6	7	7	5	8	7
45	F1	4	5	7	3	4	6
46	F1	4	3	2	2	4	3
47	F1	8	7	8	5	8	6
48	F1	6	5	6	6	6	5
49	F1	4	2	2	5	3	2
50	F1	5	5	6	5	5	5

51	F1	8	5	6	5	7	7
52	F1	8	7	9	6	5	5
53	F1	5	5	5	5	5	5
54	F1	5	5	5	5	5	5
55	F1	6	2	7	6	7	5
56	F1	6	6	6	7	7	6
57	F1	4	8	9	4	8	5
58	F1	8	4	8	4	8	8
59	F1	6	6	7	2	8	4
60	F1	3	3	3	3	3	3
61	F1	4	7	8	3	6	8
62	F1	6	6	8	7	5	6
63	F1	7	6	7	6	5	7
64	F1	6	6	5	5	5	6
65	F1	7	5	8	6	6	7
66	F1	6	5	7	3	5	6
67	F1	7	6	6	6	7	7
68	F1	5	6	6	5	7	6
69	F1	4	6	7	4	4	4
70	F1	6	6	7	7	7	8
71	F1	8	3	8	8	8	8
72	F1	6	6	7	4	8	6
73	F1	8	7	9	6	5	5
74	F1	8	8	8	8	8	8
75	F1	9	8	8	8	9	9
76	F1	6	8	8	5	5	7
77	F1	7	8	7	5	7	7
78	F1	8	7	8	5	8	6
79	F1	8	7	9	7	9	6
80	F1	6	7	7	5	8	7
1	F2	6	7	5	6	5	6
2	F2	8	9	8	5	6	7
3	F2	5	7	8	5	5	4
4	F2	7	6	7	6	7	6
5	F2	6	5	5	5	5	5
6	F2	2	2	2	2	1	1
7	F2	8	2	2	2	2	2
8	F2	3	5	5	5	5	2
9	F2	6	7	4	7	8	6
10	F2	6	9	8	5	8	7
11	F2	4	5	6	5	6	4
12	F2	6	6	6	2	9	3
13	F2	3	4	4	2	4	3
14	F2	7	7	6	7	7	6
15	F2	4	6	5	3	5	6

16	F2	3	3	8	3	3	3
17	F2	6	4	5	4	2	6
18	F2	6	7	7	6	6	7
19	F2	5	6	7	3	5	6
20	F2	6	8	6	8	5	6
21	F2	5	6	5	6	5	6
22	F2	3	5	4	2	4	3
23	F2	5	5	4	3	5	3
24	F2	4	5	3	4	3	6
25	F2	5	5	7	2	3	5
26	F2	6	5	5	3	5	4
27	F2	6	6	6	7	4	6
28	F2	5	5	5	4	5	5
29	F2	8	7	9	8	7	8
30	F2	4	4	6	3	5	5
31	F2	6	6	7	6	6	7
32	F2	6	5	1	1	1	2
33	F2	6	5	3	3	1	2
34	F2	3	4	6	6	5	7
35	F2	7	7	8	9	6	8
36	F2	2	3	4	2	4	4
37	F2	6	3	5	2	4	6
38	F2	4	6	6	5	6	5
39	F2	7	6	7	6	5	7
40	F2	7	8	8	7	7	7
41	F2	6	7	7	8	8	8
42	F2	8	2	8	5	6	4
43	F2	7	8	7	5	6	9
44	F2	7	8	6	5	6	6
45	F2	9	8	9	7	8	8
46	F2	2	3	2	3	1	2
47	F2	8	6	6	4	6	3
48	F2	4	3	4	4	4	4
49	F2	3	2	1	2	1	2
50	F2	4	4	4	4	4	4
51	F2	8	8	6	8	7	8
52	F2	6	4	7	5	5	5
53	F2	2	2	2	2	2	2
54	F2	6	6	6	6	7	6
55	F2	6	7	7	6	6	6
56	F2	6	4	3	4	3	4
57	F2	4	4	5	4	6	4
58	F2	4	4	8	4	4	4
59	F2	7	6	5	5	5	4
60	F2	2	2	2	2	2	2

61	F2	5	8	7	4	4	7
62	F2	7	8	7	7	6	6
63	F2	5	5	4	5	4	4
64	F2	5	6	6	6	6	7
65	F2	6	6	7	6	7	7
66	F2	7	8	7	3	6	9
67	F2	6	6	6	7	7	6
68	F2	5	3	3	4	4	4
69	F2	4	5	5	5	4	4
70	F2	7	7	7	7	7	8
71	F2	5	6	5	6	5	5
72	F2	4	5	5	4	5	5
73	F2	6	4	7	5	5	5
74	F2	5	8	7	4	4	7
75	F2	7	8	7	7	6	6
76	F2	5	5	4	5	4	4
77	F2	5	6	6	6	6	7
78	F2	6	6	7	6	7	7
79	F2	7	8	7	3	6	9
80	F2	7	8	7	7	6	6
1	F3	7	6	6	5	5	5
2	F3	4	7	6	5	5	6
3	F3	1	1	2	1	1	4
4	F3	6	5	5	4	6	5
5	F3	6	5	8	3	5	5
6	F3	1	1	2	1	1	1
7	F3	1	1	8	1	1	1
8	F3	2	5	5	4	4	2
9	F3	1	2	3	1	1	2
10	F3	4	9	9	1	6	8
11	F3	3	2	4	2	6	2
12	F3	5	7	6	5	3	2
13	F3	2	7	3	2	5	4
14	F3	2	4	4	2	5	3
15	F3	4	3	5	1	5	3
16	F3	1	3	9	1	4	4
17	F3	5	4	4	2	2	2
18	F3	7	7	7	6	7	8
19	F3	4	6	5	3	5	8
20	F3	1	1	6	1	3	1
21	F3	5	6	6	5	5	5
22	F3	1	2	3	1	3	3
23	F3	2	2	4	1	5	3
24	F3	3	4	6	3	3	7
25	F3	2	4	5	2	3	4

26	F3	5	4	4	3	3	5
27	F3	3	6	6	2	3	6
28	F3	2	4	5	2	3	3
29	F3	3	2	4	1	6	2
30	F3	2	3	4	2	4	5
31	F3	4	4	6	4	6	6
32	F3	1	1	1	1	1	1
33	F3	1	1	1	1	1	1
34	F3	2	6	4	4	6	5
35	F3	4	5	8	2	7	4
36	F3	2	3	3	1	2	2
37	F3	2	4	3	4	5	3
38	F3	2	5	4	2	5	6
39	F3	3	6	6	2	4	7
40	F3	3	4	2	4	2	1
41	F3	4	5	5	4	3	4
42	F3	5	5	4	4	4	5
43	F3	1	2	2	1	1	1
44	F3	3	2	5	4	5	4
45	F3	2	3	4	4	3	5
46	F3	1	3	2	3	2	2
47	F3	3	2	2	2	2	5
48	F3	4	3	3	4	3	2
49	F3	2	3	1	2	2	1
50	F3	3	4	2	2	3	4
51	F3	5	3	6	2	5	5
52	F3	5	4	6	6	4	5
53	F3	1	1	1	1	1	1
54	F3	4	4	4	4	4	4
55	F3	1	4	2	1	5	3
56	F3	4	3	4	5	4	3
57	F3	5	5	8	3	3	4
58	F3	2	2	8	3	3	4
59	F3	6	5	6	5	8	6
60	F3	2	2	2	3	3	4
61	F3	2	4	8	2	6	7
62	F3	2	2	4	3	3	3
63	F3	4	3	4	3	4	4
64	F3	4	5	5	5	5	4
65	F3	4	5	6	7	7	7
66	F3	7	6	6	5	7	8
67	F3	5	4	5	4	6	5
68	F3	3	4	5	3	3	3
69	F3	3	4	3	2	3	4
70	F3	7	7	6	6	6	7

71	F3	3	3	3	3	3	3
72	F3	2	2	2	2	2	2
73	F3	5	4	6	6	4	5
74	F3	4	5	5	5	5	4
75	F3	4	5	6	7	7	7
76	F3	7	6	6	5	7	8
77	F3	5	4	5	4	6	5
78	F3	2	6	4	4	6	5
79	F3	4	5	8	2	7	4
80	F3	7	8	7	7	6	6
1	F4	6	5	5	5	5	6
2	F4	7	7	5	5	6	7
3	F4	4	3	4	2	2	3
4	F4	7	6	6	5	6	7
5	F4	6	5	5	5	5	5
6	F4	1	2	2	2	1	1
7	F4	1	1	2	1	1	2
8	F4	2	5	5	5	5	2
9	F4	4	5	3	2	6	6
10	F4	7	9	8	5	9	8
11	F4	6	3	3	3	7	3
12	F4	6	5	9	3	7	2
13	F4	6	4	4	3	5	6
14	F4	6	7	7	7	7	6
15	F4	5	4	5	4	6	4
16	F4	1	5	4	1	1	3
17	F4	5	5	4	2	2	2
18	F4	6	6	6	6	6	6
19	F4	6	6	6	5	5	6
20	F4	6	6	6	4	5	6
21	F4	6	6	4	4	5	5
22	F4	2	5	3	2	2	3
23	F4	4	5	4	3	5	3
24	F4	5	5	5	8	4	5
25	F4	5	6	7	2	5	5
26	F4	5	5	6	2	4	2
27	F4	4	6	6	2	5	6
28	F4	7	6	6	5	5	6
29	F4	9	8	9	7	9	9
30	F4	4	4	5	2	5	4
31	F4	5	5	7	6	5	7
32	F4	5	5	3	3	1	1
33	F4	5	5	3	3	1	1
34	F4	2	5	4	5	4	5
35	F4	5	2	8	5	5	6

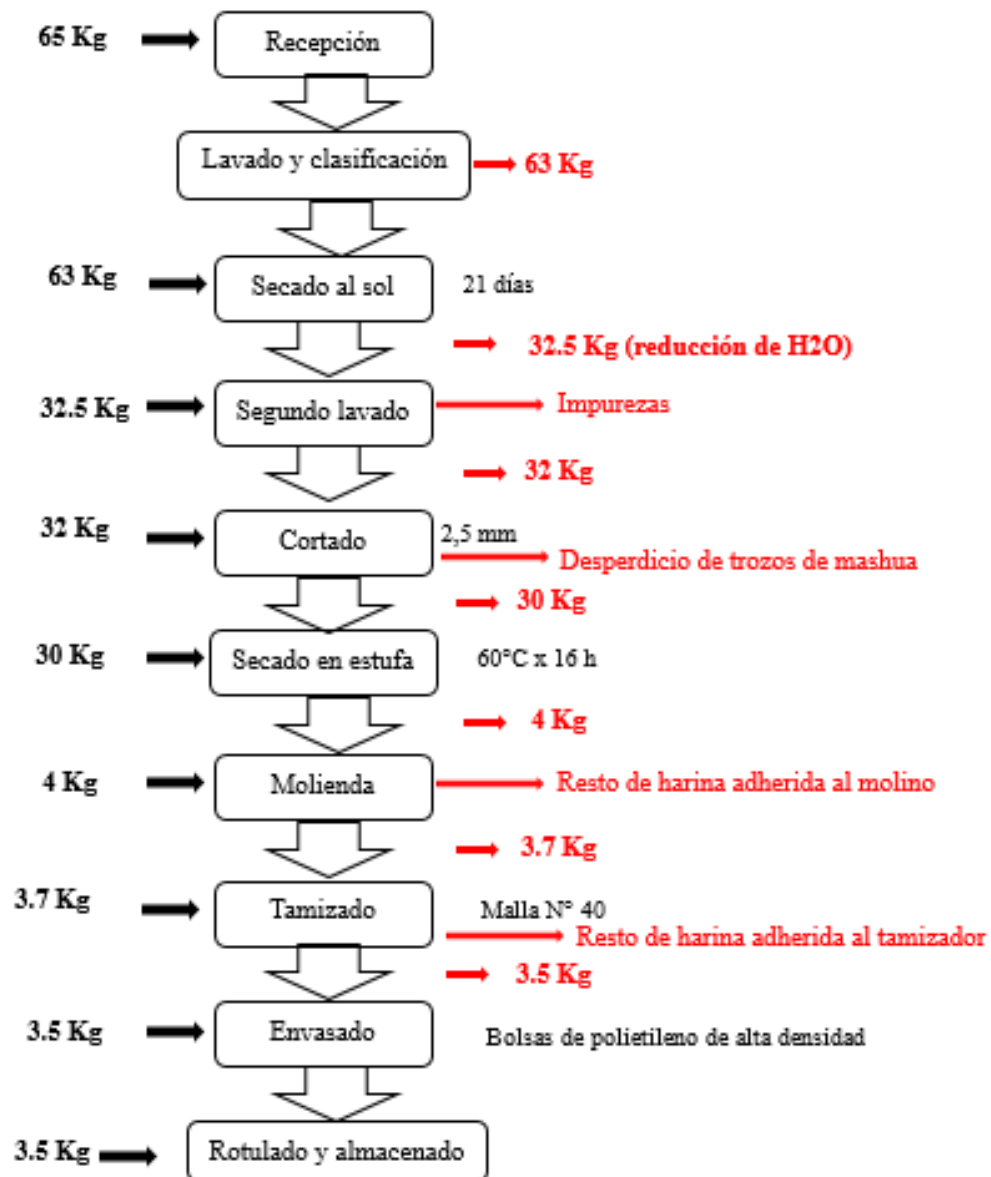
36	F4	4	3	3	2	4	4
37	F4	3	2	5	4	6	4
38	F4	2	4	5	2	6	4
39	F4	4	6	5	4	4	6
40	F4	4	3	1	2	5	4
41	F4	3	5	5	3	4	6
42	F4	6	7	6	5	4	6
43	F4	3	4	3	4	4	3
44	F4	5	7	6	7	6	5
45	F4	6	5	5	4	6	6
46	F4	2	3	2	3	2	1
47	F4	5	6	7	7	6	6
48	F4	4	4	4	4	6	6
49	F4	3	2	1	2	1	2
50	F4	3	4	3	4	4	4
51	F4	8	7	6	6	6	7
52	F4	6	3	5	5	5	5
53	F4	2	2	2	2	2	2
54	F4	5	6	5	5	5	5
55	F4	2	3	6	4	6	5
56	F4	6	4	3	4	5	6
57	F4	6	4	4	5	6	8
58	F4	4	4	8	4	4	5
59	F4	5	5	7	3	6	3
60	F4	2	2	2	1	1	2
61	F4	7	7	7	5	5	8
62	F4	6	7	6	6	7	6
63	F4	6	5	5	4	5	4
64	F4	6	5	6	5	5	6
65	F4	8	6	6	6	7	7
66	F4	8	8	6	3	4	6
67	F4	7	6	6	5	6	6
68	F4	5	4	3	3	3	4
69	F4	6	4	5	5	4	5
70	F4	8	7	8	7	7	8
71	F4	5	5	5	5	5	5
72	F4	4	3	2	3	2	3
73	F4	6	3	5	5	5	5
74	F4	7	7	7	5	5	8
75	F4	6	7	6	6	7	6
76	F4	6	5	5	4	5	4
77	F4	6	5	6	5	5	6
78	F4	8	6	6	6	7	7
79	F4	8	8	6	3	4	6
80	F4	7	6	6	5	6	6

Anexo 14: Flujograma de obtención de harina de mashua negra y maíz morado

a. Mashua negra

Figura 17

Balance de masa de obtención de harina de mashua negra



b. Maíz morado

Figura 18

Balance de masa de obtención de harina de maíz morado

