



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS,
NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE MUFFIN BAJO EN
GRASAS A BASE DE HARINAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd) Y CENTENO (*Secale cereale L.*)”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ROCIO CAROL QUISPE HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE MUFFIN BAJO EN GRASAS A BASE D

AUTOR

ROCIO CAROL QUISPE HUANCA

RECuento DE PALABRAS

17022 Words

RECuento DE CARACTERES

91862 Characters

RECuento DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 15, 2024 1:55 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 15, 2024 1:57 PM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

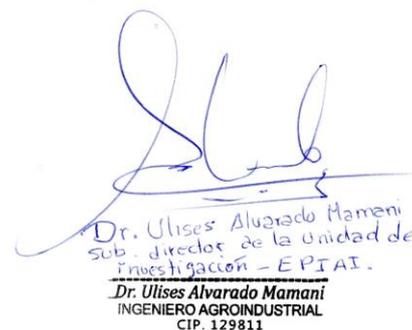
- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ing. Sc. S. Rocio Quispe Huanca
DOCENTE UTA - PURO TC
CIP. 108483



Dr. Ulises Alvarado Mamani
Sub-director de la Unidad de
Investigación - EPIAI.
Dr. Ulises Alvarado Mamani
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP. 129811

Resumen



DEDICATORIA

Primeramente, a Dios Jehová, por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante y por otorgarme sabiduría e inteligencia en los momentos más difíciles.

Quiero expresar mi profunda gratitud hacia mis padres, Miguel Quispe Apaza y Pilar Serafina Huanca Huanca, por su constante apoyo, paciencia y confianza en mi capacidad para convertirme en una profesional. Estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis amados hijos, Alessandro y Valentina, mi gratitud hacia ellos quienes son mi inspiración, mi mayor bendición en la vida y mis motivos que me impulsan a realizarme.

A mi hermanita Lety Geraldine, por brindarme su constante apoyo, motivándome a seguir adelante.

Finalmente, a mi mejor amiga Patricia quien siempre me brindó su apoyo, aliento y motivación para llevar a cabo este proyecto y seguir adelante.

Rocío Carol Quispe Huanca



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera en la realización de esta tesis.

En primer lugar, A la Universidad Nacional del Altiplano, mi Alma Mater, que ha sido el lugar donde he recibido mi formación profesional. Agradezco especialmente a los profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias, en particular a la planilla de docentes y al personal administrativo de mi Querida Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes compartieron sus valiosas enseñanzas y experiencias a lo largo de mi formación profesional.

Mi sincero agradecimiento se dirige al director de esta tesis, el M.Sc. Ing. Saire Roenfi Guerra Lima, por su apoyo, orientación y ayuda que me brindó para realizar esta tesis. A la Dra. Alicia Magaly León Tacca, por sus consejos, aliento, sugerencias y orientación constante durante todo el desarrollo de este trabajo de investigación. También quiero reconocer la guía y el apoyo brindado por el Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza, la M.Sc. Ing. Nury Yaneth Mayta Barrios y el Dr. Ronal Astete Tebes, quienes ofrecieron acertadas sugerencias, recomendaciones, consejos y correcciones desde el inicio hasta la conclusión de este proyecto de investigación.

Rocío Carol Quispe Huanca



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS	24
2.2.1. Quinoa.....	24
2.2.2. Centeno	29
2.2.3. Alimentos bajo en grasas	32
2.2.4. Muffins.....	33
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	



3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	36
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	36
	3.2.1. Materia prima.....	36
	3.2.2. Insumos	37
	3.2.3. Materiales.....	37
	3.2.4. Reactivos.....	38
	3.2.5. Equipos	39
	3.2.6. Softwares	39
3.3.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	40
3.4.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	42
	3.4.1. Formulación y cocción de los muffins.....	42
	3.4.2. Análisis de textura	44
	3.4.3. Análisis de porosidad.....	44
	3.4.4. Evaluación del color	45
	3.4.5. Análisis nutricional	45
	3.4.6. Evaluación de las propiedades sensoriales	48
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL MUFFIN BAJO EN GRASAS.....	49
	4.1.1. Análisis de perfil de textura	49
	4.1.2. Evaluación de porosidad	52
	4.1.3. Evaluación del color	54
4.2.	PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL MUFFIN BAJO EN GRASAS	58
	4.2.1. Análisis nutricional	58



4.3. PROPIEDADES SENSORIALES DEL MUFFIN BAJO EN GRASAS	61
4.3.1. Análisis del atributo sensorial.....	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	75

ÁREA: Ingeniería y Tecnología

TEMA: Propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17 de julio del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valores de composición macro y micro nutrientes de granos de quinua en 100 gr	26
Tabla 2 Insumos utilizados para formulaciones de muffins bajo en grasa (g/100 g)	43
Tabla 3 Resultados de los análisis proximales de los muffins a base de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente) (b.h.), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	60



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diagrama de flujo de elaboración de muffins a base de harinas de quinua y centeno.	40
Figura 2 Valores de la dureza de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	49
Figura 3 Valores de la masticabilidad de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	50
Figura 4 Porosidad de la miga de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	53
Figura 5 Valores de color de la corteza externa de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). (a) Saturación (%) versus tonalidad ($^{\circ}$); (b) Luminosidad versus tonalidad ($^{\circ}$).	55
Figura 6 Valores de color de la corteza interna de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). (a) Saturación (%) versus tonalidad ($^{\circ}$); (b) Luminosidad versus tonalidad ($^{\circ}$).	56



Figura 7 Parámetros de los atributos sensoriales de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). 63



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Valores de las propiedades texturales de los muffins bajo en grasa a base de harinas quinua y centeno: dureza y masticabilidad. Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	75
ANEXO 2: Valores de porosidad de la miga interna de los muffins a base de quinua y centeno. Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	75
ANEXO 3: Valores de color de la corteza externa y corteza interna de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significa	76
ANEXO 4: Valores de los parámetros sensoriales de muffins a base de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).	76
ANEXO 5: Certificado de análisis de composición química de los muffins.	77
ANEXO 6: Formato de consentimiento para un análisis sensorial de un muffin a base de harinas de quinua y centeno dirigido a 20 panelistas.	78
ANEXO 7: Declaración jurada de autenticidad de tesis	79
ANEXO 8: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	80



ACRÓNIMOS

HQ	: Harina de Quinoa.
HC	: Harina de Centeno.
H	: Tonalidad.
S	: Saturación.
L	: Luminosidad.
B.H.	: Base húmeda.



RESUMEN

Este estudio evaluó las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales de un *muffin* bajo en grasas a base de diferentes concentraciones de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y centeno (*Secale cereale* L.). Se elaboraron *muffins* utilizando diferentes proporciones de harina de quinua (HQ) y centeno (HC) en formulaciones F0 (HQ: 100%, HC: 0%), F1 (HQ: 60%, HC: 40%) y F2 (HQ: 40%, HC: 60%). Se incluyó un *muffin* comercial como referencia. Se realizaron pruebas instrumentales para analizar el perfil de textura, se evaluó los parámetros de color HSL de la corteza externa e interna, y se determinó la porosidad de la miga interna mediante análisis de imágenes digitales. Se llevó a cabo un análisis de composición proximal y se evaluó los atributos sensoriales con una prueba de aceptabilidad en una escala de 1 a 5 puntos, con 20 panelistas. Los resultados mostraron que el *muffin* comercial fue el menos duro (15.72 N) seguido por F2 (37.40 N), F1 (39.34 N) y F0 (41.11 N), siendo estos últimos significativamente más duros que el comercial. En cuanto a la masticabilidad, el *muffin* comercial tuvo el valor más bajo (18.95 N), seguido por F2 (36.52 N), F1 (38.52 N) y F0 (45.53 N). La porosidad de la miga interna fue del 43.22% en F0, similar a F1 (45.58%), pero diferente de F2 (46.37%) y el comercial (51.04%). Los valores de tono en la corteza externa variaron entre 37.60° y 39.00°, en la capa interna entre 39.40° y 41.40°. Las diferentes formulaciones, presentaron valores del contenido de grasa (7.52%) significativamente bajo frente al *muffin* comercial (16.29%). Respecto al análisis sensorial, todos los *muffins* superaron el umbral de "ni me gusta ni me disgusta". En conclusión, se elaboraron *muffins* con bajo contenido de grasas, presentan cualidades nutricionales favorables y son aptos para el consumo humano.

Palabras clave: Bajo en grasas, Calidad nutricional, Centeno, *Muffins*, Quinua, Textura.



ABSTRACT

This study evaluated the physical, nutritional and sensory properties of a low-fat muffin based on different concentrations of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and rye (*Secale cereale* L.) flours. Muffins were prepared using different proportions of quinoa flour (HQ) and rye (HC) in formulations F0 (HQ: 100%, HC: 0%), F1 (HQ: 60%, HC: 40%) and F2 (HQ: 40%, HC: 60%). A commercial muffin was included as a reference. Instrumental tests were performed to analyze the texture profile, the HSL color parameters of the outer and inner crust were evaluated, and the porosity of the inner crumb was determined by digital image analysis. A proximate composition analysis was carried out and the sensory attributes were evaluated with an acceptability test on a 1 to 5 point scale, with 20 panelists. The results showed that the commercial muffin was the least hard (15.72 N) followed by F2 (37.40 N), F1 (39.34 N) and F0 (41.11 N), the latter being significantly harder than the commercial one. Regarding chewiness, the commercial muffin had the lowest value (18.95 N), followed by F2 (36.52 N), F1 (38.52 N) and F0 (45.53 N). The porosity of the internal crumb was 43.22% in F0, similar to F1 (45.58%), but different from F2 (46.37%) and the commercial one (51.04%). The tone values in the outer crust varied between 37.60° and 39.00°, in the inner layer between 39.40° and 41.40°. The different formulations presented significantly lower fat content values (7.52%) compared to the commercial muffin (16.29%). Regarding the sensory analysis, all the muffins exceeded the "neither like nor dislike" threshold. In conclusion, muffins with low fat content were produced, they present favorable nutritional qualities and are suitable for human consumption.

Keywords: Low fat, Nutritional quality, Rye, *Muffins*, Quinoa, Texture.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La obesidad es un trastorno que actúa favoreciendo el almacenamiento de energía en los depósitos adiposos por ingesta de una alta energía calórica. La mayoría de los casos de obesidad humana se adquieren sin ninguna base genética subyacente (Iqbal et al., 2019). La grasa dietética contribuye a las características sensoriales de muchos alimentos, pero el consumo masivo de ésta puede ocasionar enfermedades como la obesidad, la diabetes y enfermedades cardíacas. Sin embargo, existen diferencias individuales en el gusto por los productos regulares y reducidos en grasa. La preferencia por la grasa en la dieta puede diferir entre individuos sanos y aquellos con diagnóstico de enfermedad cardiovasculares (Rapp et al., 2009).

Los malos hábitos alimenticios de la población han conllevado a una orientada preocupación por una alimentación saludable y conveniente para el estilo de vida sedentaria que llevan. La existencia de enfermedades crónicas como el sobrepeso y las enfermedades cardiovasculares, ha provocado un incremento en el consumo de productos con menor contenido calórico. Este tipo de productos se obtienen comúnmente sustituyendo parcialmente la grasa por algunos polisacáridos y/o proteínas. Sin embargo, estos sustitutos de grasa no son completamente efectivos para compensar las propiedades sensoriales impartidas por la grasa (Carrascal et al., 2019).

Los productos a base de granos andinos como los elaborados con harina de quinua (*chenopodium quinoa Willd*), incrementa su valor nutricional ya que la quinua tiene un alto contenido de proteínas, fibra, hierro, calcio, fósforo, vitaminas y es libre de glúten además proporciona un valor calórico de 350 cal/g (Medrano Echalar & Torrico, 2017).



El consumo de productos de centeno (*Secale cereale L.*) ricos en fibra como parte de una dieta hipocalórica provoca la disminución de peso y de grasa corporal (Iversen et al., 2021). Estos nuevos productos bajo en grasas no solo amplían la variedad de alimentos para las personas con obesidad y personas con enfermedades cardiovasculares, sino que también aumentan el valor agregado de los granos como la quinua, lo que motiva su producción e industrialización.

Por esta razón, las tecnologías de procesamiento de alimentos han surgido como un enfoque alternativo para la obtención de productos bajo en grasas de alta calidad y los estudios relacionados con su uso son cada vez mayores. Recientemente, en un estudio realizado por (Aganovic et al., 2018)

Los alimentos ricos en proteínas y fibra podrían reducir el peso y mejorar los factores de riesgo de diabetes (Wijaya et al., 2022) La quinua (*chenopodium quinoa willd*) un grano andino que presenta beneficios para la salud y cualidades de superalimento, además, se ha demostrado que este cereal disminuye moderadamente el colesterol malo del organismo (Navarro-Perez et al., 2017). El centeno presenta alto contenido de fibra dietética, este cereal aumenta la saciedad hasta por 8 horas, en comparación con las comidas que contienen productos de trigo refinado. La alta ingesta de alimentos integrales se asocia inversamente con el índice de masa corporal y la grasa corporal (Iversen et al., 2021).

Por ende, el objetivo de esta investigación fue utilizar las harinas de quinua y centeno en la elaboración de *muffins* con bajo contenido de grasas. Igualmente, se busca obtener un producto con características físicas, propiedades nutricionales y atributos sensoriales apropiados. Se espera que estos hallazgos impulsen el desarrollo de productos con baja cantidad de grasas, manteniendo altos estándares de calidad para su consumo



humano. Además, los productos con bajo contenido graso se consideran como una alternativa para mejorar la alimentación y nutrición de la población en general.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y centeno (*Secale cereale L.*) sobre las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales de los *muffins* bajo en grasas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la textura (dureza y masticabilidad), la porosidad y el color (HSL) de los *muffins* elaboradas a diferentes concentraciones de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y centeno (*Secale cereale L.*).

Determinar las propiedades nutricionales (humedad, carbohidratos, proteínas, grasa, cenizas, fibra cruda y energía calórica) de los *muffins* elaboradas a diferentes concentraciones de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y centeno (*Secale cereale L.*).

Evaluar las propiedades sensoriales (sabor, aroma, apariencia general, textura (pegajosidad), color y aceptabilidad general) de los *muffins* elaboradas a diferentes concentraciones de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y centeno (*Secale cereale L.*).



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

(Wang et al., 2021) estudiaron la inclusión de harina integral de quinua (HIQ) a diferentes concentraciones en panes de trigo. La adición de HIQ disminuyó el volumen específico de los panes al afectar la red de gluten de la masa, pero la masticabilidad y la dureza no se vieron afectados con una sustitución $\leq 20\%$ de HIQ. Por otra parte, la adición de harina de quinua redujo la digestibilidad en un 17% de la cantidad máxima de digestión de almidón al adicionar 40% de HIQ en comparación con panes de trigo. En el microscopio electrónico de barrido se mostró que los gránulos de almidón de trigo de tipo A estaban gelificados masivamente, mientras que los gránulos de almidón de trigo de tipo B y de almidón de quinua estaban relativamente intactos y envueltos en la película de proteína-azúcar-aceite después del horneado. El almidón de quinua presenta un potencial en el desarrollo de panes bajos en carbohidratos y un atributo textural deseable.

(Iversen et al., 2021) determinaron el efecto del consumo de comidas en base a centeno, en comparación con comidas de trigo refinado, sobre la pérdida de grasa corporal y el peso corporal con una dieta bajo en energía. Se estudiaron en 242 hombres y mujeres con sobrepeso de 30 a 70 años de edad, fueron aleatorizados para consumir comidas de centeno con alto contenido de fibra o refinado productos de trigo durante 12 semanas, siguiendo una dieta hipocalórica. Después de 12 semanas, los participantes del grupo de centeno perdieron 1.08 kg de peso corporal y 0.54 % de grasa corporal más que el grupo de trigo.



(Navarro-Perez et al., 2017) estudiaron el efecto de diferentes proporciones de quinua (25 y 50 g/d) sobre los lípidos séricos y la ingesta de nutrientes en humanos con sobrepeso y obesidad. El ensayo se desarrolló con 50 participantes con sobrepeso y obesos durante 12 meses. La ingesta de nutrientes y el colesterol total no se vieron alterados por el consumo de quinua. La concentración media de triglicéridos séricos disminuyó significativamente en el grupo de quinua de 50 g (de 1.14 a 0.72 mmol/L). La prevalencia del síndrome metabólico también se redujo en este grupo en un 70%. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en los grupos de control y quinua de 25 g.

(Noratto et al., 2019) estudiaron si la quinua es una buena fuente de nutrientes, fibra y fitoquímicos, que puede modular los biomarcadores de enfermedades de riesgo en ratones obesos-diabéticos. La ingesta de quinua redujo los niveles del colesterol total en plasma de forma significativa. La fibra de quinua y los fitoquímicos contribuyen los beneficios para la salud. Sin embargo, la ingesta de quinua aumentó la insulina plasmática y no protege otras manifestaciones fisiopatológicas del modelo de investigación. Se necesitan más estudios con otros modelos de investigación y dosis de quinua alcanzables por la dieta humana para validar la relevancia clínica de este estudio.

(Miranda-Villa et al., 2019) evaluaron los efectos de la adición de harinas de quinua integral y malteada sobre las características físicas, nutricionales y sensoriales de *muffins* sin gluten. Se evaluaron diferentes formulaciones: con 100% harina de arroz y con un 30% de sustitución de harina de quinua integral o malteada. Las harinas de quinua mostraron un aumento entre 12% y 18% en proteína, 8% a 18% en minerales y 22% a 25% en aminoácidos, en comparación con las muestras que contenían solo harina de arroz. Las mejoras tecnológicas y sensoriales en la calidad de los panecillos evaluados también se asociaron con la adición de harinas de quinua. Los *muffins* adicionados con



harina de quinua malteada durante 24 h presentaban humedad, altura, volumen y firmeza cercanos a los de arroz. En todas las muestras, las células pequeñas (0,002 a 0,005 cm²) fueron predominantes en la estructura de la miga y la evaluación sensorial dio como resultados similares para el color y textura. Sin embargo, la fórmula con harina de quinua malteada durante 24 horas obtuvo la mejor puntuación en sabor y olor. La adición de harinas de quinua entera o malteada a formulaciones de productos sin gluten mejora sus características nutricionales y tecnológicas.

(Moss et al., 2022) desarrollaron y optimizaron *muffins* utilizando un procedimiento de selección inicial. Se analizaron y compararon 91 mezclas horneadas aleatorias en cuanto a atributos físicos y sensoriales básicos utilizando técnicas de optimización numérica. Las mezclas de harina de almendras, concentrado de proteína de suero y una mezcla 50/50 de fibra de avena y maltodextrina resistente lograron las estructuras deseadas para *muffins* ricos en proteínas y fibra. Las combinaciones de crema de coco no láctea, concentrado de proteína de suero y la misma mezcla de fibra de avena y maltodextrina componían la variante alta en grasas. Las mezclas de reemplazo de harina optimizadas permitieron una comparación de reemplazo de azúcar en un diseño categórico separado. *Muffins* con sabor a vainilla formuladas con monosacáridos (alulosa o tagatosa) o sacarosa (como control), presentaban niveles de dulzura aumentados con stevia a niveles teóricamente equivalentes. Los *muffins* con alulosa o tagatosa diferían de los que contenían sacarosa en la actividad del agua y el color de la corteza (luminosidad, L*). Después de proporcionar la composición nutricional de los productos muestreados al final del análisis sensorial, la intención de compra de los productos de sustitución del azúcar fue comparable a la de los *muffins* de control.



(Rakmai et al., 2021) realizaron la sustitución parcial de maltodextrina por harinas de arroz Jasmine o Sangyod y sustitución parcial de edulcorantes (esteviósido/sucralosa) por sacarosa y se evaluó las características fisicoquímicas, índice glucémico in vitro y aceptación de tortitas de arroz sin gluten. La maltodextrina redujo el índice glucémico, asimismo, promovió una textura suave en las tortitas de arroz. Para elaboración de panqueques, se utilizó harina de arroz jazmín con una puntuación general de agrado entre 5,7 y 6,2. La sustitución parcial de sucralosa (25%) y maltodextrina resistente (10%) proporcionó al panqueque un bajo índice glucémico y los panelistas también asignaron un puntaje de aceptabilidad general más alto a panqueque preparado con esta fórmula en comparación con la fórmula original. La sustitución parcial de harina de arroz jazmín, y la adición parcial de maltodextrina y sucralosa, respectivamente, disminuyó los carbohidratos (7,34 g) y la energía de las tortitas (9,79 kcal).

(Jan et al., 2018) optimizaron los parámetros de proceso para la formulación de galletas sin gluten a partir de harina de quinua. Se utilizó superficie de respuesta para optimizar los niveles de ingredientes y las condiciones del proceso. El aumento de grasa y azúcar aumentó el factor de dispersión y disminuyó la dureza de las galletas, mientras que un aumento en la temperatura y el tiempo de horneado disminuyó el factor de dispersión y aumentó la dureza. Los valores optimizados obtenidos para las variables independientes, es decir, contenido de grasa, contenido de azúcar, temperatura de horneado y tiempo de horneado, fueron 41,83 %, 33,95 %, 181 °C y 18 min, respectivamente. Los valores determinados experimentalmente para las respuestas fueron color 53,05, factor de dispersión 7,16, dureza 47,05, actividad antioxidante 20,67 (% de inhibición de DPPH) y aceptabilidad general 7,61. Los resultados obtenidos de este estudio validan la producción de galletas sin gluten funcionales y aceptables a base de quinua.



(Harastani et al., 2021) desarrollaron panecillos semejantes a la marca comercial y comprobaron la posibilidad de reformularlos utilizando inulina y harina de plátano verde. Se desarrollaron diez formulaciones diferentes mediante la reducción del 10% o 30% de azúcar y/o grasa. Los resultados sobre las propiedades físicas mostraron que la firmeza había aumentado en los *muffins* reformulados, mientras que la elasticidad solo disminuyó cuando tanto el azúcar como la grasa se redujeron en un 30%. La textura y las propiedades sensoriales de los *muffins* reformulados fueron aceptables y la tasa de intención de compra fue alta. En cuanto a las propiedades nutricionales, los *muffins* que incorporaron más del 10% de fibras permitieron la adición de alegaciones nutricionales. Existe un potencial significativo para producir industrialmente panecillos reducidos en azúcar o grasa usando inulina o GBF hasta en un 30 % sin modificar los atributos de calidad.

(Vidaurre-Ruiz et al., 2022) evaluaron la composición proximal y propiedades tecnofuncionales de las harinas de tarwi y kañiwa, y la calidad de batidos y *muffins* a base de almidón de papa formulados con 50% de estas harinas. Las harinas andinas tienen un alto contenido de proteína, grasa y fibra, y muestran una alta absorción de agua y aceite. Las mezclas de almidón de papa y harinas andinas mostraron una disminución en la viscosidad de la pasta. Los rebozados formulados con estas harinas presentaron mayor consistencia debido a la interacción con el agua. Los resultados en la micrografía de barrido láser confocal, los rebozados con harinas andinas mostraban una matriz compleja con gránulos de almidón dispersos rodeados de proteínas y fragmentos de fibra. Los *muffins* elaborados con harinas andinas presentaron un volumen específico ligeramente menor que el control, pero la dureza de la miga no fue afectada por la harina de tarwi (50%) y una mezcla de harinas de tarwi (25%) y kañiwa (25%). El color de estas harinas



modifica el color de la miga y el contenido de azúcares reductores. Las harinas de tarwi y kañiwa son aptas para elaborar *muffins* veganos sin gluten y perfil nutricional mejorado.

(Hopkin et al., 2022) analizaron las características sensoriales y textura de cupcakes cetogénicos sin gluten formuladas a diferentes cantidades de harina de almendra y coco. El tamaño granular de harina de coco influyó en la estructura de la miga y volumen de cupcakes, por otra parte, las harinas de coco con gránulos más finos disminuyeron la densidad de la miga e incrementaron relativamente el volumen. Sin embargo, el tamaño granular de las harinas de almendra no influyó sobre las características de los cupcakes, pero aumentó el volumen relativamente en cupcakes con cantidades altas de harina de almendra. La adición de harina de coco disminuyó la densidad celular y aumentó el tamaño celular. En pruebas mecánicas los cupcakes con harina de almendra presentaron mayor suavidad. Los resultados de cohesión y adhesión no presentaron diferencias estadísticas después de 24 horas. En el atributo sensorial, se precisó que los cupcakes que contenían harina de almendra son más blandos y húmedos, pero prefirieron los cupcakes de coco. Las harinas de coco y almendra se pueden utilizar en cupcakes sin gluten, y las harinas de almendra mejoran los parámetros estudiados.

(Siswantoro, 2019), menciona en su revisión de las últimas aplicaciones de mediciones de color en los alimentos. Se utilizan varios espacios de color, como RGB, HSI, HSL, HSV, L^*a^*b y el índice de color, para medir el color en la inspección de productos alimenticios. Las características de color, como el valor, la media, la varianza y la desviación estándar de cada canal en el espacio de color, son ampliamente utilizadas en esta área. Las aplicaciones de la medición del color en la inspección de productos alimentarios incluyen evaluación, detección de anomalías o daños, detección de contenido específico y evaluación de cambios de color.



(Paquet-durand et al., 2012), desarrollaron algoritmos para diferenciar productos de panadería y describir la saturación del color (HSL) y la forma, creando un sistema óptico de seguimiento en línea del proceso. Se utilizó un algoritmo adaptado de Viola-Jones para identificar el tipo de producto horneado en el horno con un error del 5,6%. El error en la determinación automática del cambio de ancho y alto de los panecillos en comparación con la evaluación manual fue inferior al 4%. Se aplicó una red neuronal para identificar el producto horneado píxel a píxel, con un error de entrenamiento del 7,0%. Esto permitió calcular la evolución de la luminosidad y la saturación del color, facilitando la identificación fiable del estado del proceso de horneado y proporcionando los principios básicos para el control automático. En el caso de los panecillos, la evaluación se realiza durante el primer tercio del proceso, marcando la primera etapa de horneado. El color no cambió durante esta etapa. Comienza a evolucionar en el segundo tercio del proceso, que indica la segunda etapa, cuando el calor no se puede disipar rápidamente y se utiliza para las reacciones de Maillard en la superficie.

2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.2.1. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un cultivo ancestral del altiplano, posee una amplia diversidad y variabilidad que le permite resistir condiciones extremas de sequía, adaptándose a entornos áridos y semiáridos (Mujica et al., 2010). Este grano andino representa una valiosa fuente de carbohidratos, proteínas, vitaminas, ácidos grasos insaturados, minerales, compuestos bioactivos y fibra dietética (Dev & Gupta, 2024).

Este grano andino exhibe un elevado contenido de antioxidantes naturales, entre los que se encuentran compuestos fenólicos como ácidos fenólicos,



flavonoides, lignanos, estilbenos y taninos, que podrían ser incorporados como parte de una dieta funcional. Se ha evidenciado científicamente la presencia de efectos terapéuticos asociados a la quinua, los cuales abarcan actividades anticancerígenas, antienvjecimiento, antimutagénicas, cardioprotectoras, antimicrobianas, antivirales, antiinflamatorias y la capacidad de prevenir enfermedades degenerativas (Xu et al., 2019).

La variedad Pasankalla se adapta a la región del altiplano ubicada entre los 3800 y 3900 m.s.n.m. Este entorno se caracteriza por un clima frío y seco, con una precipitación pluvial que varía de 400 a 550 mm. Las temperaturas del clima oscilan entre 4° y 15°C, y los suelos, predominantemente de textura franco y franco arenoso, exhiben un pH que va desde 5.5 hasta 8.0. La quinua Pasankalla fue desarrollada en el distrito de Acora, en Puno, por el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos. Esta variedad se distingue por ser especialmente adecuada para la agroindustria, demostrando una elevada productividad y una calidad de grano excepcional (Gómez et al., 2018). La composición proximal de esta variedad en base húmeda presenta una humedad 11.66%, proteínas 11.21%, lípidos 5.21%, fibra 3.52%, cenizas 3.12%, carbohidratos 68.79% y 366.84 kcal de energía (Arzapalo et al., 2015).

2.2.1.1. Composición nutricional de la quinua

La estructura de este producto ha captado la atención de la comunidad científica debido a su notable contenido nutritivo, por su abundancia en proteínas, lípidos, fibras, vitaminas y minerales, y un excepcional equilibrio de aminoácidos esenciales. Además, carece de

gluten, lo que convierte en una opción adecuada para personas con enfermedad celíaca (Filho et al., 2017).

En la Tabla 1 muestra la composición de los macronutrientes y micronutrientes presentes en los granos de quinua.

Tabla 1

Valores de composición macro y micro nutrientes de granos de quinua en 100 gr

Valor nutricional de quinua en 100gr	
Proteína	13.64 gr
Carbohidratos	70.67 gr
Grasa	5.89 gr
Fibra	6.70 gr
Humedad	11%
Cenizas	3.10 gr
Calcio	650 mg
Sodio	176 mg
Potasio	830 mg
Fósforo	122 mg
Hierro	14.50 mg
Zinc	450 mg
Magnesio	326 mg
Manganeso	194 mg

Nota: Alamri et al., 2023.

2.2.1.2. Propiedades sensoriales de la quinua

La aceptación de la quinua como alimento por parte de los consumidores se ve influenciada por diversos factores, tanto sensoriales como sociales y políticos. Las semillas de quinua son sometidas a diferentes métodos de cocción en entornos domésticos, como cocción al vapor, horneado, fritura, hervido, extrusión y cocción a alta presión. Estos métodos de preparación modifican diversas propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de las semillas de quinua. Las propiedades



sensoriales de las semillas de quinua representan un parámetro crucial para su aplicación comercial. Se han realizado esfuerzos para evaluar la calidad sensorial de las semillas de quinua cocidas, y estos análisis se resumen en este documento. Aún está pendiente el establecimiento de estándares sensoriales para las semillas de quinua cocidas (Zhu, 2023b).

La primera impresión que influye en la aceptación de los consumidores respecto a los productos alimenticios se relaciona con su apariencia y color, siendo el sabor un elemento sensorial esencial que contribuye significativamente al gusto general de dichos productos (Dev & Gupta, 2024).

2.2.1.3. Productos alimenticios a base de quinua

Las industrias alimentarias están enfocadas en el procesamiento de valor agregado de la quinua. Se ha desarrollado una variedad de productos alimenticios y bebidas utilizando harina y extractos de semillas de quinua. Estos productos pueden ser libres de gluten o contener gluten, y los productos sin gluten a base de quinua han sido objeto de considerable atención en la investigación. Dado que la quinua es rica en almidón y comparte propiedades de procesamiento similares a los cereales (Zhu, 2023a).

Se elabora gran diversidad de productos alimenticios a base de quinua, como quinua crujiente, elaborado a partir de quinua entera, presenta una buena fuente de proteínas, fibra dietética, carbohidratos y compuestos fenólicos (Dev & Gupta, 2024). Se procesaron tortas a base de harinas de quinua y amaranto que contiene alto contenido de ácidos



grasos insaturados y minerales (Hamzehpour & Dastgerdi, 2023). La incorporación de 5% y 10% de harina de quinua en panes presentan una buena calidad del producto, asimismo para los bizcochos, y en galletas mejora la apariencia y la extensión al añadir harina de quinua en la formulación (Lorenz & Coulter, 1991).

2.2.1.4. Características físicas de los productos alimenticios a base de quinua

La inclusión de harina de quinua en la elaboración del pan mejora sus propiedades tecnológicas al incrementar de manera progresiva la viscosidad, gracias a un mayor contenido de fibra dietética soluble en comparación con la harina de trigo sarraceno. Este aumento compensa la pérdida de estructura asociada a la ausencia de gluten. Además, la incorporación gradual de esta harina contribuye a aumentar la dureza y la masticabilidad de la miga del pan. En este contexto, la adición de un 25% de harina de quinua en la formulación de los panes resulta en productos con características adecuadas, sin provocar efectos negativos en las propiedades sensoriales (Turkut et al., 2016).

La harina de quinua mejora el volumen específico en un 33% de los panes (Elgeti et al., 2014). Las tortas preparadas con harina de quinua exhiben una gama de durezas, oscilando entre 5.70 y 34.58 N, y masticabilidades que varían de 2.61 a 13.38 N. El índice de volumen de estas tortas abarca desde 57.50 hasta 107.60 mm, con un índice de simetría de 0.50 a 14.00 mm y un volumen específico de 0.74 a 2.38 cm³/g. En cuanto a los atributos de color, los pasteles muestran variaciones en los



valores de luminosidad entre 35.45 y 50.70, y en los valores de croma a entre 3.23 y 13.09 (Nakilcioğlu & Ötleş, 2022).

2.2.2. Centeno

El centeno (*Secale cereale* L) se cultiva extensivamente en regiones de Europa y América del Norte, donde las condiciones del suelo y la temperatura son poco propicias para el desarrollo de otros cereales. Los granos de centeno se destacan por su alto contenido de fibra en comparación con otros cereales comúnmente consumidos (Ikram et al., 2023).

Este grano ofrece una abundante fuente de macromoléculas, en especial almidón, fibra y proteínas, lo que impulsa a investigadores e industrias a emplearlo para diversos propósitos, como la elaboración de productos de panadería, bebidas y la formulación de películas comestibles (Kaur et al., 2021).

2.2.2.1. Composición nutricional del centeno

El centeno constituye una de las más destacadas fuentes de compuestos nutricionales y bioactivos (Ikram et al., 2023). La harina integral de centeno presenta una composición, expresada en porcentaje de materia seca, que abarca proteínas (8–13%), lípidos (2–3%), cenizas (2%), carbohidratos (56–70%) y fibra dietética total (15-21%). En comparación con el trigo, el centeno contiene una mayor proporción de fibra dietética (15-21% frente al 11-13% del trigo), siendo aproximadamente un 20% de esta fibra soluble. Las fibras principales en el centeno comprenden arabinosilanos (8 a 12%), β -glucano (1.3 a 2.2%) y celulosa (1 a 1.7%) (Brownlee et al., 2017).



2.2.2.2. Productos alimenticios a base de centeno

El centeno es la segunda materia prima más relevante para la elaboración de pan y productos de panadería después del trigo. Además, el centeno se incorpora en diversos productos culinarios como pasta, snacks, cereales para el desayuno, gachas de avena (Ikram et al., 2023), chips de centeno, centeno extruido y maíz triturado, entre otros productos alimenticios (Wrigley & Bushuk, 2017).

Los productos elaborados con centeno presentan niveles más elevados de fibra en comparación con los productos a base de trigo, y la consistencia del centeno empleado suele ser el doble que la de los alimentos elaborados con trigo. Asimismo, los productos horneados con centeno exhiben un índice glucémico más bajo, indicando posibles beneficios nutricionales adicionales atribuibles a los bioactivos. En estudios in vivo, se observa que el salvado de cereal desempeña un papel antioxidante más eficaz que en estudios in vitro. Los ácidos fenólicos presentes en el centeno contribuyen a prevenir la degradación de las lipoproteínas de baja densidad. La capacidad antioxidante del pan de centeno sugiere que el mecanismo de reacción podría favorecer el aumento de antioxidantes naturales. Investigaciones recientes se centran en los beneficios nutricionales de los fenólicos, como ácidos fenólicos, lignanos y alquilresorcinoles, en la alimentación humana (Buksa et al., 2016).

2.2.2.3. Propiedades sensoriales del centeno

las características a mantener bajo control para el desarrollo de un pan dirigido a personas mayores deben ser el aspecto casero, el olor y sabor



del pan, la textura crujiente y quebradiza y la facilidad de deglución, que fueron los atributos que impulsaron la satisfacción de los consumidores. La oscuridad, porosidad y suavidad de la corteza no influyeron en el gusto y, por tanto, son poco relevantes (Morettona et al., 2023).

La apreciación sensorial del centeno está vinculada a la fracción de molienda, tanto en el caso de la harina como del pan. El color percibido del centeno también está fuertemente influenciado por la fracción de molienda. El núcleo más interno del grano, el endospermo, presenta un sabor suave, en contraste con las capas externas del salvado, que concentran sabores amargos y fuertes, así como un regusto pronunciado (Heiniö et al., 2003).

2.2.2.4. Características físicas de los productos alimenticios a base de centeno

Durante el proceso de preparación del centeno y su conversión en harina, se llevan a cabo diversos procesos fisicoquímicos que influyen en la composición, características y disponibilidad de nutrientes y componentes tecnológicamente relevantes. Variaciones en estos procesos impactan en la capacidad de la harina de centeno para absorber agua, la viscosidad y estructura de la masa, la calidad y rendimiento del pan. Una tendencia reciente en la molienda y procesamiento del centeno apunta hacia la producción de harinas con mayor contenido de fibra y de grano integral. Con frecuencia, se utilizan equipos de molino personalizados y no convencionales para producir harinas integrales y de centeno oscuro con una granulación fina (Ikram et al., 2023).



El pan poroso se desintegra fácilmente durante la digestión, liberando gránulos de almidón que son fácilmente accesibles a las α -amilasas. En comparación, los panes de centeno se desintegran en partículas más compactas, pero más pequeñas que el pan de trigo durante la masticación. Estos panes de centeno exhiben características como paredes celulares más gruesas, mayor porosidad cerrada, menor volumen específico y una textura más dura y menos cohesiva. Al hornear con fermentación de masa madre, los panes de centeno muestran una estructura más dura y densa. En términos de porosidad total, porosidad cerrada, dureza, elasticidad y cohesividad, el pan de trigo y el pan integral de centeno se encuentran en dos extremos opuestos (Pentikäinen et al., 2014). Durante el almacenamiento, el pan elaborado con centeno y altramuces experimenta un incremento en su firmeza, acompañado de una reducción en la humedad, la actividad de agua, así como en la elasticidad, cohesividad y resistencia (Pereira et al., 2024).

2.2.3. Alimentos bajo en grasas

Originalmente, los productos con bajo contenido de grasas y calorías fueron concebidos para atender a diabéticos y personas con problemas de salud específicos, siendo notoriamente costosos. En la actualidad, la creciente demanda de los consumidores por productos con reducción de grasas y calorías se ha vuelto significativa, ya sea con el propósito de gestionar problemas de salud, controlar el peso o adherirse a una dieta más saludable (Ludwig et al., 2023).

La industria alimentaria se encuentra en el desafío de satisfacer esta demanda, desarrollando productos con bajos niveles de grasas y calorías que

mantengan características sensoriales aceptables y precios competitivos. Esto se realiza utilizando equipos de procesamiento convencionales y cumpliendo con la estricta normativa vigente. El desempeño crucial de los sustitutos de grasas y azúcares en la exitosa fabricación de estos productos no puede ser pasado por alto (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000)

Entre los alimentos procesados con bajo contenido de grasa tenemos, la salchicha de conejo presenta un mayor contenido proteico y menor contenido en grasas y sal que las salchichas comerciales (Honrado et al., 2023). Se elaboraron recetas de pan multicereales que presentan un elevado contenido de proteínas y bajos niveles de grasas saturadas, mediante la combinación de altramuz con diversos cereales como centeno, espelta, avena y algarroba, junto con la inclusión de *Chlorella vulgaris* (Pereira et al., 2024). La proporción de ácidos grasos saturados e insaturados en los panes horneados con levadura, que incorporan oleogel de aceite de salvado de arroz, experimenta una reducción considerable en comparación con los panes que contienen mantequilla (Jung et al., 2020).

2.2.4. Muffins

El *muffin* es un pastel con características de una cabeza grande y bulbosa que sobrepasa ligeramente los lados del molde de soporte. Por lo general, la cabeza bulbosa está ubicada más o menos simétrica y centralmente en el producto. La última porción de la masa que se asienta durante el horneado está aproximadamente a dos tercios de la altura vertical del molde. La expansión de esta porción de la masa proporciona suficiente fuerza para estimular la formación de la cabeza bulbosa y romperse en la corteza superior (Cauvain, 2017)



2.2.4.1. Características de los *muffins*

Los *muffins* españoles y los *muffins* americanos son productos horneados dulces que destacan por su sabor y textura suave, siendo apreciados por los consumidores a pesar de su alto contenido calórico. La principal distinción entre estas formulaciones de *muffins* radica en el tipo de grasa empleada, siendo aceite vegetal en los *muffins* españoles y mantequilla en los *muffins* americanos (Martínez-Cervera et al., 2015).

Las características texturales de los *muffins* varían según la composición química. Incorporar fibra de cacao soluble en lugar de grasa en la preparación de *muffins* produce una textura más tierna y quebradiza, con una miga más compacta y menos esponjosa. Además, se observa una retención superior de humedad en los *muffins* con fibra de cacao soluble, lo que los hace más densos al masticar (Martínez-Cervera et al., 2011). En contraste, las propiedades de textura varían dependiendo del método de cocción empleado. La cocción de *muffins* en un microondas genera productos que presentan una textura más suave, con una disminución en la dureza y facilidad para masticar en comparación con la cocción tradicional (Rodríguez et al., 2022).

Los *muffins* sin gluten que incorporan parcialmente torta de nuez de pecana en lugar de las mezclas tradicionales de *muffins* sin gluten exhiben un contenido de humedad más elevado, así como una textura de miga más suave y aireada. Además, los *muffins* muestran un volumen adecuado y una miga notablemente porosa. Por ende, las matrices que incluyen torta de nuez de pecana presentan estructuras con características



más esponjosas. Estos aspectos son elementos cruciales para la aceptabilidad y la calidad sensorial de los *muffins* (Marchetti et al., 2021).

Las características sensoriales cambian en función de los ingredientes presentes en el producto. Por ejemplo, al sustituir en pequeñas cantidades el bagazo de cerveza modificado enzimáticamente, se logra una reducción beneficiosa en la viscosidad de la masa y la dureza de los *muffins*, y se obtienen productos con atributos sensoriales adecuadas (Cermeño et al., 2021).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, situados en la ciudad de Puno, a una altitud de 3827 ms.n.m. En el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial se llevó a cabo la formulación y preparación de los *muffins*, así como la captura de imágenes digitales para el análisis de porosidad y color. El análisis del perfil de textura se efectuó en el Laboratorio de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Por otro lado, el análisis nutricional se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Química. Y la evaluación sensorial se llevó a cabo en la Escuela Gastronómica Antoni Cardenaz, ubicada en la ciudad de Juliaca.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

- Harina de quinua: se empleó variedad de Pasankalla que fue adquirido del supermercado de la ciudad de Puno.
- Harina de centeno: se empleó variedad de Centeno blanco peruano de marca La Casa de Marimiel adquiridos del supermercado de la ciudad de Puno.



3.2.2. Insumos

- Miel: marca Bell's adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Leche descremada UHT Light: marca Bell's adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Huevo: marca La Calera adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Harina de almendra: marca La Casa de Marimiel adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Plátano seda marca Bell's adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Levadura seca marca Okendo Instatant
- Sal yodada marca Marisur
- Carboximetilcelulosa
- Extracto de vainilla adquirido del supermercado de la ciudad de Puno
- Agua potable.
- Muffin Comercial de la marca La Florencia, adquirido en el super mercado de Puno

3.2.3. Materiales

- Probetas (100 ml y 250 ml).
- Vasos precipitados (Pírex de 250 ml y 1000 ml).
- Unidad de digestión y destilador Kjeldahl.
- Matraces Kjeldahl de 500 ml.
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- Perlas de ebullición.
- Aparato de extracción Soxhlet.



- Desecador.
- Dedales de extracción.
- Recipientes de vidrio herméticos (100 ml y 500 ml).
- Matraz de bola fondo plano, 600 ml, cuello esmerilado.
- Unidad de condensación para el matraz.
- Matraz Kitasato de un litro.
- Embudo Buchner.
- Crisol de filtración.
- Conos de hule.
- Papel filtro Whatman No. 541.
- Piseta de 500 ml.
- Táperes de alta densidad N9 (Reyplast, dimensiones: 40 cm x 30 cm x 10 cm).
- Bol de acero inoxidable (Carisma, modelo Medidora, Cap. 5 litros, Alemania).
- Bolsas termosellables de polipropileno (T/CEL 8X12" X2MIC PQT100).
- Plumón indeleble (Marca Faber 421-F, color negro).
- Pirotines para *muffins* N° 6 (UmPapel).

3.2.4. Reactivos

- Oxido de mercurio, grado reactivo.
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio anhidro, grado reactivo.
- Ácido sulfúrico (98%), libre de nitrógeno.
- Solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Solución de sulfato de sodio al 4%.



- Solución indicadora de ácido bórico.
- Solución estándar de ácido clorhídrico 0.1N.
- Éter de petróleo, punto de ebullición 40–60°C.
- Solución de ácido sulfúrico 0.255N.
- Solución de hidróxido de sodio 0.313N, libre de carbonato de sodio.
- Alcohol etílico al 95% (V/V).
- Solución de ácido clorhídrico al 1% (V/V).
- Parafina.

3.2.5. Equipos

- Texturómetro de ensayo universal (Instron Universal, Modelo 3365, Norwood, Massachusetts, Estados Unidos).
- Sistema de adquisición de imágenes equipada con una cámara fotográfica (Nikon, modelo D5600, Japón).
- Balanza analítica (Sartorius, modelo 23-1S, Estados Unidos).
- Analizador de humedad (Mettler Toledo, modelo HX204, España).
- Horno de laboratorio ajustado a 105°C (POL-EKO, modelo SLWN 53, España).
- Mufla (Thermo Scientific, modelo FB1418M, Colombia).
- Horno de microondas (Oster, modelo TSSTTVLC60L-053, China).
- Batidora (Thomas, modelo TH-350P, 300 W, Alemania).
- Selladora (Stander, modelo SD-053, 300 W, Estados Unidos).

3.2.6. Softwares

- ImageJ (<https://imagej.nih.gov/>).

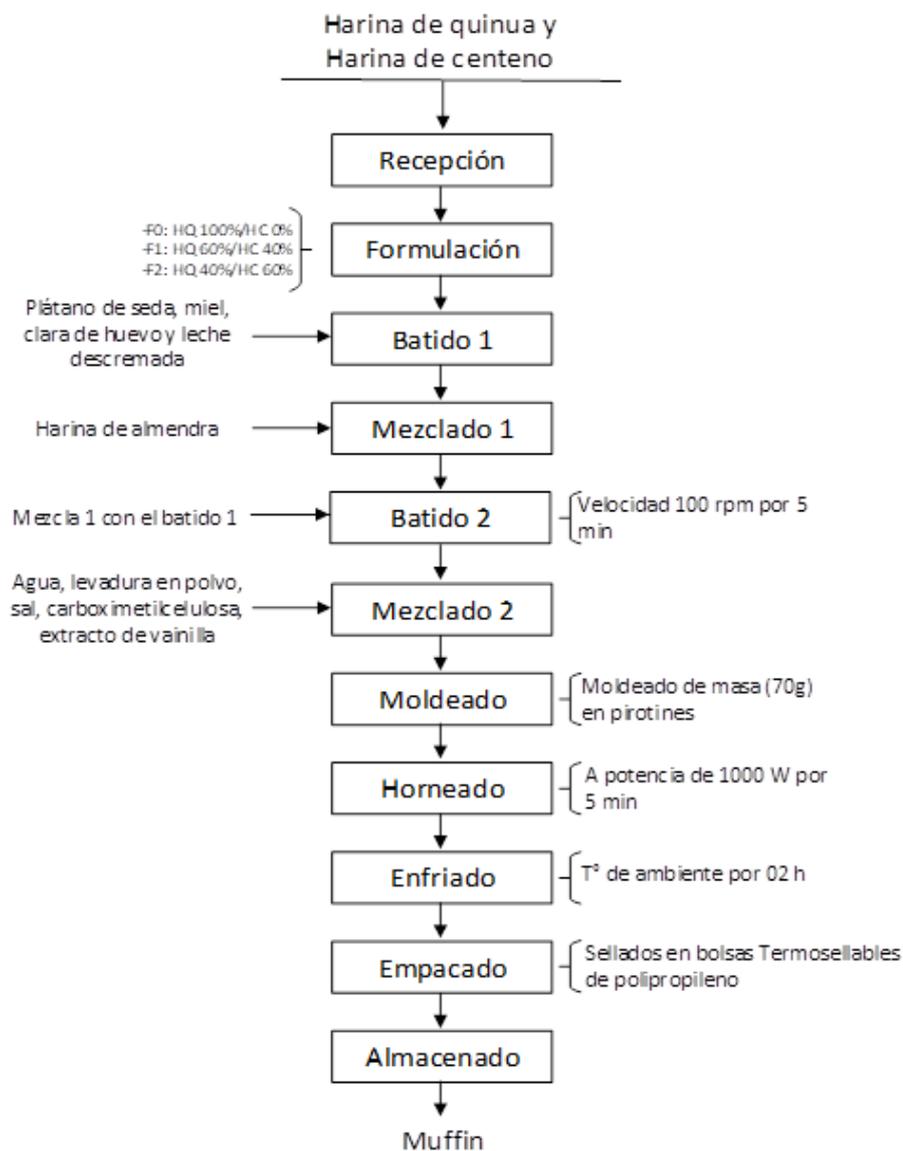
- Statgraphics 19 (Statistical Graphics Corp., Herndon, Va., Estados Unidos).

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la Figura 1 se presenta el esquema de proceso para la producción de los muffins, junto con las evaluaciones correspondientes de sus propiedades físicas, químicas y sensoriales.

Figura 1

Diagrama de flujo de elaboración de muffins a base de harinas de quinua y centeno.





A continuación, se detalla la descripción del diagrama de flujo:

- a) **Recepción:** Se recibieron la materia prima e insumos provenientes del Super mercado Plaza Vea, Puno.
- b) **Formulación:** Se prepararon las formulaciones según lo especificado en la Tabla 2 para los diferentes tratamientos (F0, F1 Y F2), que implican distintos porcentajes de harina de quinua y harina de centeno. Los demás insumos, como la harina de almendra, leche descremada clara de huevo, miel, agua, extracto de vainilla, levadura seca y carboximetilcelulosa se agregaron en la misma proporción a todas las formulaciones.
- c) **Batido 1:** Se utilizó una batidora (Thomas, modelo TH-350P, 300 w, Alemania) para mezclar a una velocidad de 100 rpm durante 5 minutos el plátano de seda sin cáscara, miel, clara de huevo y la leche descremada.
- d) **Mezclado 1:** Se combinaron las harinas de quinua y centeno para cada formulación de la siguiente manera: formulación F0 (HQ: 100%, HC: 0%), formulación F1 (HQ: 60%, HC: 40%) y formulación F2 (HQ: 40%, HC: 60%). Además, se añadió harina de almendra en la misma proporción a cada formulación. La mezcla se homogeneizó en un bol de acero inoxidable (Carisma, modelo Medidora, Cap. 5 litros, Alemania).
- e) **Batido 2:** En un bol se vierte toda la mezcla de plátano, miel, clara de huevo y leche descremada. Luego, se agita con una batidora (Thomas, modelo TH-350P, 300 W, Alemania), seguidamente se añade la mezcla 1 (mezcla de harinas) y se continúa batiendo hasta lograr una mezcla homogénea
- f) **Mezclado 2:** En el mismo bol de la mezcla 1, se añaden los demás ingredientes (agua, levadura en polvo, sal, carboximetilcelulosa y extracto de vainilla). Esta



mezcla se homogeneizó durante 5 minutos a 280 rpm con una batidora (Thomas, modelo TH-350P, 300 W, Alemania).

- g) **Moldeado:** Después de amasar la masa para muffins, se distribuyen 70 g de masa en cada molde para *muffins* N° 6 (UmPapel), utilizando una balanza digital (Sartorius, modelo 23-1S, Estados Unidos).
- h) **Horneado:** La masa de los *muffins* se horneó en un horno de microondas (Oster 60L, modelo TSSTTVLC60L-053, China) durante 5 minutos a una potencia de 1000 W.
- i) **Enfriado:** Después de hornear, se dejó enfriar durante 2 horas a temperatura ambiente (~18°C).
- j) **Empacado:** Los *muffins* enfriados se envasaron en bolsas termosellables de polipropileno (T/CEL 8X12" X2MIC PQT X100) utilizando una selladora (Stander, modelo SD-053, 300 W, Estados Unidos).
- k) **Almacenado:** Los *muffins* se almacenaron en ambiente fresco y seco por 24 horas para su posterior análisis de las propiedades físicas, propiedades nutricionales y atributos sensoriales.

3.4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

3.4.1. Formulación y cocción de los *muffins*

En la presente investigación, se desarrollaron formulaciones de *muffins* siguiendo el método establecido por (Miranda-Villa et al., 2019) con algunas modificaciones. Se evaluaron tres formulaciones que contenían harina de quinua (HQ) y harina de centeno (HC) como insumos principales, cuyas proporciones se detallan en la Tabla 2. Los demás insumos se calcularon en base a 100 g de las harinas mencionadas. La formulación de referencia fue la F0 (100% HQ). La

preparación de la masa implicó mezclar los insumos secos y luego añadir los insumos húmedos a la mezcla seca. Posteriormente, se batió la masa durante 5 minutos a velocidad máxima (280 rpm) hasta lograr una mezcla homogénea. Setenta gramos de masa se distribuyeron en moldes para *muffins* de papel encerado (pirotines) y se cocinaron en un horno de microondas (Oster 60L, modelo TSSTTVLC60L-053, China) durante 5 minutos a 1000 W. Los *muffins* se dejaron reposar durante 2 horas a una temperatura ambiente de 18°C y una humedad relativa de aproximadamente el 76%. Finalmente, se envasaron en bolsas termosellables de polipropileno y se permitió que reposaran durante otras 24 horas antes de su análisis subsiguiente.

Tabla 2

Insumos utilizados para formulaciones de muffins bajo en grasa (g/100 g)

Insumos	F0	F1	F2
Harina de quinua (HQ) (%)	100	60	40
Harina de centeno (HC) (%)	---	40	60
Harina de almendra (HA) (g)	10	10	10
Plátano seda (g)	40	40	40
Agua (g)	120	120	120
Miel (g)	40	40	40
Leche descremada (g)	10	10	10
Clara de huevo (g)	5	5	5
Levadura en polvo (g)	4	4	4
Sal (g)	1.5	1.5	1.5
Carboximetilcelulosa (g)	0.5	0.5	0.5
Extracto de vainilla (g)	1	1	1

3.4.2. Análisis de textura

El estudio del análisis de perfil de textura (TPA) fue llevado a cabo siguiendo el procedimiento descrito por (Miranda-Villa et al., 2019). La textura fue evaluada mediante una prueba de compresión aplicada a rebanadas cilíndricas de muffin con un diámetro de 3 cm y un espesor de 2.5 cm. Para este fin, se utilizó un texturómetro de ensayo universal (Instron Universal, Modelo 3365, Norwood, Massachusetts, Estados Unidos). La evaluación se realizó a una velocidad de 5 mm/s, una precarga de 0.049 N y con una deformación del 60%. Se analizaron los perfiles de dureza (N) y masticabilidad (N), con un total de cuatro repeticiones.

3.4.3. Análisis de porosidad

La porosidad de la corteza interna de la miga del *muffin* fue evaluada siguiendo el método de (Shehzad et al., 2010), con algunas adaptaciones. Para el análisis de porosidad, se tomaron imágenes únicamente de la vista superior de cada rebanada cilíndrica de 3 cm de diámetro y 1 cm de espesor. Las imágenes digitales se capturaron con una cámara fotográfica (Nikon, modelo D5600, Japón). Estas imágenes se procesaron utilizando el software ImageJ (Instituto Nacional de Salud, Bethesda, MD, Estados Unidos). Primero, las imágenes a color se convirtieron a niveles de gris para determinar el umbral de segmentación, el cual se aplicó a la región de interés en las imágenes en escala de grises. Posteriormente, las imágenes se convirtieron a escala binaria para calcular las dimensiones porosas o huecos (P) en la superficie superior total de la miga (ST), expresada como: $P = ST - SNP$, donde SNP representa la superficie no porosa. Los valores obtenidos se expresaron como porcentajes y se realizaron cinco repeticiones para el análisis.



3.4.4. Evaluación del color

El color de la corteza externa y la miga interna se analizó siguiendo el protocolo descrito por (Medina et al., 2010). Para este análisis, se tomaron imágenes únicamente de la vista superior de cada rebanada de *muffin* (3 cm de diámetro y 2.5 cm de espesor) utilizando una cámara fotográfica (Nikon, modelo D5600, Japón). Estas imágenes se procesaron con el software ImageJ (Instituto Nacional de Salud, Bethesda, MD, Estados Unidos), para extraer las densidades de color rojo (R), verde (G) y azul (B) en el espacio de color RGB. Posteriormente, se convirtieron al modelo de tono-saturación-luminosidad (HSL). En este modelo, el componente H representa el tono, medido en grados alrededor de la "rueda de colores", mientras que el componente S indica la saturación, es decir, la intensidad del color (0-1). La luminosidad L refleja el brillo de la imagen. El análisis se llevó a cabo con cinco repeticiones.

3.4.5. Análisis nutricional

La determinación nutricional de *muffins* se llevó a cabo mediante el análisis químico proximal, según el método descrito por la (AOAC, 2005), el análisis se realizó por triplicado. A continuación, se describen los detalles de este análisis:

El contenido de humedad se midió por el método NTP 205.002:1979 (Revisado en 2016). En la cual se tomó una muestra de 10 g, luego se colocó en un horno precalentado a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ y se secó durante 2 horas. Después de este proceso inicial de secado, la muestra se retiró del horno y se colocó en un desecador para que se enfríe a temperatura ambiente. Luego, se volvió a pesar la muestra con precisión. Finalmente, el contenido de humedad se calculó utilizando



la fórmula: Contenido de humedad (%) = $(m_1 - m_2 / m_1) \times 100$, donde m_1 es el peso inicial de la muestra y m_2 es el peso final de la muestra después del secado.

El contenido de proteínas se analizó mediante el método NTP 205.004:2017. Se tomó una muestra de 10 g y se pulverizó hasta obtener un polvo fino y homogéneo. Una porción de 5 g de la muestra pulverizada se colocó en un matraz de digestión, al cual se le añadió ácido sulfúrico concentrado y peróxido de hidrógeno para digerir la muestra a alta temperatura. Después de la digestión, la solución se neutralizó con hidróxido de sodio y se diluyó con agua destilada. El contenido de nitrógeno en la muestra se determinó mediante el método de Kjeldahl. Una vez obtenido el contenido de nitrógeno, se calculó el contenido de proteínas utilizando un factor de conversión específico para el tipo de muestra analizada, siendo el factor de conversión para cereales y legumbres de 6.25.

El contenido de grasa se determinó mediante el método AOAC 2003.06-2006. Se tomó una muestra de 10 g y se pulverizó hasta obtener un polvo fino y homogéneo. Una porción de 5 g de la muestra pulverizada se colocó en un extractor Soxhlet, donde se extrajo la grasa con éter de petróleo como solvente, durante 6 a 8 horas. Después de la extracción, el solvente del extracto de grasa se evaporó utilizando un evaporador rotatorio. El extracto de grasa se secó en un horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para eliminar cualquier residuo de solvente y se pesó con precisión. El contenido de grasa en la muestra se calculó utilizando la fórmula: Contenido de grasa (%) = $(\text{Peso de la muestra seca} / \text{Peso del residuo graso}) \times 100$.

La cantidad de fibra cruda se determinó utilizando el método NTP 205.003:2017/CT 1:2018. Se pesaron 3 g de muestra molida y se transfirieron a



un matraz de digestión, añadiendo 200 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.255 N. La mezcla se hirvió durante 30 minutos, manteniendo el volumen constante con agua destilada. Luego se filtró a través de un filtro resistente a ácidos y se lavó con agua caliente (70°C). El residuo se transfirió a un matraz limpio, donde se añadieron 200 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 0.313 N. La mezcla se hirvió nuevamente durante 30 minutos y se filtró a través de un filtro resistente a álcalis, lavando con agua caliente. El residuo filtrado se transfirió a un crisol previamente tarado y se secó a 105°C hasta peso constante. El contenido de fibra cruda se calculó usando la fórmula: $\text{Fibra cruda (\%)} = ((P1 - P2) / P \text{ muestra inicial}) \times 100$, donde P1 es el peso del crisol con el residuo seco, P2 es el peso del crisol con las cenizas, y Pmuestra inicial es el peso de la muestra inicial.

El contenido de cenizas se determinó mediante el método NTP 205.005:2018. Se tomó una muestra de 10 g, se secó a una temperatura no superior a 70°C hasta peso constante para eliminar la humedad. Luego, la muestra se colocó en un horno precalentado a $550^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ y se quemó completamente. Las cenizas resultantes se enfriaron en un desecador y se pesaron junto con el crisol. El contenido de cenizas en la muestra se calculó utilizando la fórmula: $\text{Cenizas (\%)} = ((P2 - P1) / P_{\text{muestra inicial}}) \times 100$, donde P1 es el peso del crisol vacío antes de la incineración, P2 es el peso del crisol con las cenizas después de la incineración y Pmuestra inicial es el peso de la muestra inicial.

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia, utilizando la fórmula: $100 - (\% \text{ fibra cruda} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ humedad})$. Por otro lado, la energía calórica se calculó mediante la fórmula: $E \text{ (kcal)} = (\text{carbohidratos (g)} \times 4 \text{ kcal}) + (\text{grasas (g)} \times 9 \text{ kcal}) + (\text{proteínas (g)} \times 4 \text{ kcal})$.



3.4.6. Evaluación de las propiedades sensoriales

Los *muffins* bajo en grasas fueron evaluados con 20 panelistas con especialidad en pastelería y panificación, todos egresados de la Escuela Gastronómica Antonio Cárdenas de la ciudad de Juliaca (12 mujeres y 8 hombres de 24.92 ± 2.68 y 27.25 ± 2.82 años de edad, respectivamente). Esto mediante la escala hedónica. La escala hedónica o Likert, consistió de una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas, estas respuestas han sido de números enteros de 5 puntos hedónicos acompañadas de figuras (1: no me gusta, 2: me disgusta un poco, 3: me gusta ni me disgusta, 4: me gusta un poco, 5: me gusta mucho). Los parámetros sensoriales a evaluar fueron el sabor, el aroma, la apariencia general, la textura (pegajosidad), el color y la aceptabilidad general.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos para las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales, se evaluaron por el Diseño Completamente Aleatorio (DCA) y una prueba de Test de LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95 % (valor $P < 0.05$) para determinar diferencias significativas en las mediciones de la relación de proporción de harinas añadidas frente a las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales del producto. Este análisis se realizó con Statgraphics 19 (Statistical Graphics Corp., Herndon, Va., EE. UU.).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

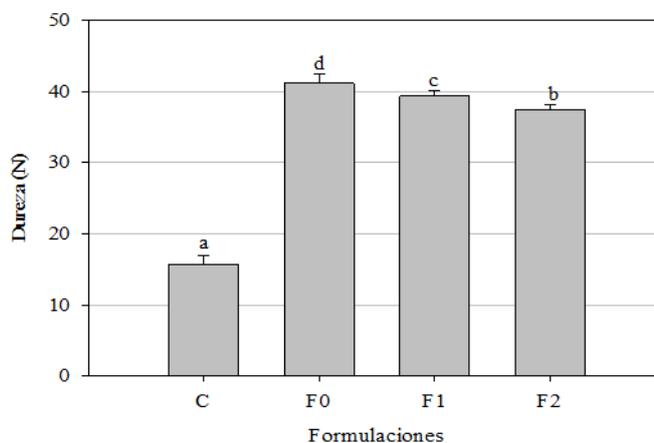
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL *MUFFIN* BAJO EN GRASAS

4.1.1. Análisis de perfil de textura

Los resultados de la dureza para las tres formulaciones de *muffin* y el *muffin* comercial se presentan en la Figura 2 y en el Anexo 1. El *muffin* comercial (C) muestra la menor dureza (15.72 N), seguido por F2 (37.40 N), F1 (39.34 N) y F0 (41.11 N). Se observa que todos los *muffins* de las formulaciones F0, F1 y F2 son significativamente más duros que el *muffin* comercial. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la dureza entre los *muffins* F0, F1 y F2.

Figura 2

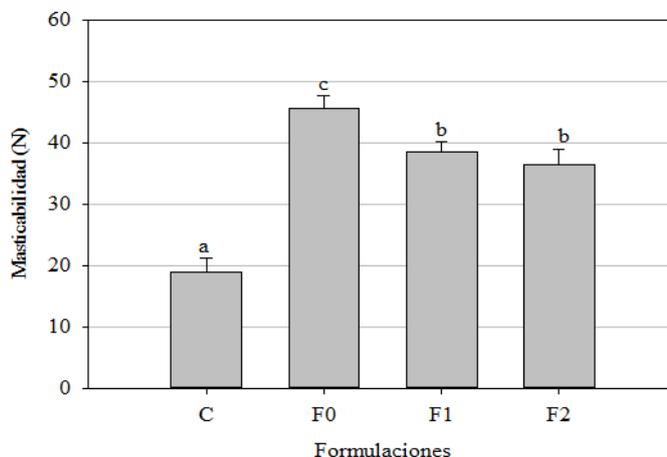
Valores de la dureza de los *muffins* a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y *muffin* comercial (C). Letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).



En cuanto a los valores de la masticabilidad se muestran en la Figura 3 y en el Anexo 1. El *muffin* comercial (C) presentó la menor masticabilidad (18.95 N), seguido por F2 (36.52 N), F1 (38.52 N) y F0 (45.53 N). No se encontraron diferencias significativas en la masticabilidad entre los *muffins* F1 y F2, ni entre F1 y F2. En general, los *muffins* F0 son los más duros, pero también los más masticables, mientras que el *muffin* comercial es menos duro y masticable. Los *muffins* F1 y F2 presentan valores intermedios en ambas propiedades.

Figura 3

Valores de la masticabilidad de los *muffins* a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y *muffin* comercial (C). Letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).



Los resultados obtenidos para la dureza de las formulaciones F0 (41.11N), F1 (39.34 N) y F2 (37.40 N) son consistentes con los hallazgos de (Silva & Salazar, 2019), quienes indican que la dureza de los *muffins* elaborados con harinas de cultivos andinos oscila entre 22.99 y 34.87 N. Asimismo, los resultados para la dureza son similares a los hallazgos de (Nakilcioğlu & Ötleş, 2022), quienes mencionan que los *muffins* elaborados con harina de quinua exhiben una



dureza entre 5.70 y 34.58 N. Por otra parte, (Rodríguez et al., 2022), mencionan que la harina de centeno influye significativamente sobre los valores de la dureza de los *muffins*.

(Estrada & Silva, 2019) indican que la dureza aumenta conforme se incrementa la proporción de harina de quinua en la elaboración de bizcochos. Este aumento en la dureza se debe a la presencia disminuida de aire en la estructura del producto, fenómeno que está influenciado por el tipo de harina empleada en la preparación de los bizcochos. Por otro lado, (Cauvain, 2012), menciona que la dureza se origina debido a que la humedad se desplaza desde la miga hacia la superficie externa, y la recristalización del almidón ocasiona la rigidez del material que compone las paredes de los alveolos.

Sin embargo, los valores de masticabilidad encontrados para los *muffins* de las formulaciones F0, F1 y F2 difieren de los valores encontrados por (Nakilcioğlu & Ötleş, 2022) en los bizcochos sin gluten elaborados con harina de quinua blanca entera, los cuales oscilan entre 2.61 y 13.38 N. Esta diferencia en los valores de masticabilidad de los *muffins* se debe a la proporción de harina de quinua añadida. Por otro lado, (Pereira et al., 2024) señalan que la harina de centeno reduce los valores de masticabilidad, tal como se observa en la formulación F2, que contiene una mayor proporción de harina de centeno en comparación con la F1 y F0.

Por otro lado, se indica que los productos de panificación elaborados con harina de centeno presentan paredes celulares más gruesas y una textura más dura y valores de masticabilidad reducida, según lo reportado por (Pentikäinen et al., 2014). Por consiguiente, se puede afirmar que los resultados obtenidos para la

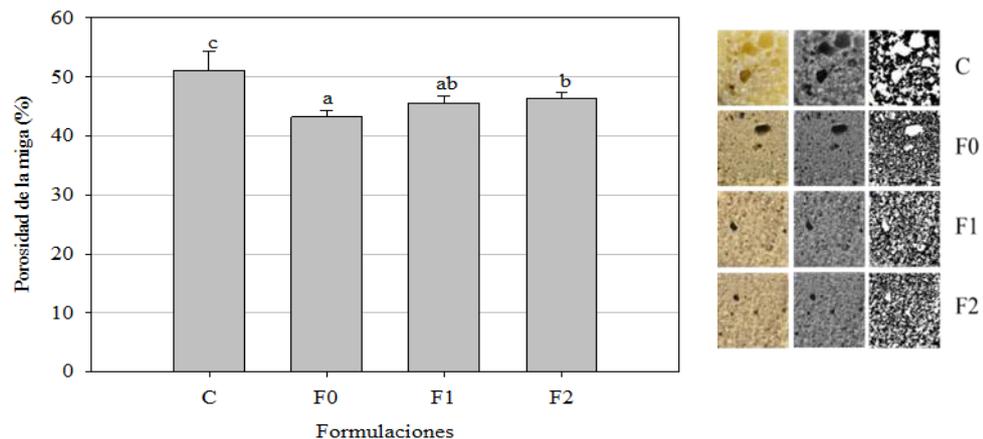
masticabilidad se deben a la presencia de harina de centeno en las formulaciones F1 y F2. Además, de acuerdo con (Guajardo, 2007), menciona que la masticabilidad se ve significativamente afectada al reemplazar la harina de trigo por harina de quinua, fenómeno atribuido a la falta de incorporación de aire en la estructura del producto. En este sentido, la formulación F0 presenta un mayor valor de masticabilidad en comparación con las formulaciones F1, F2 y el *muffin* comercial.

4.1.2. Evaluación de porosidad

Los resultados de porcentaje de área de porosidad de la miga interna de las tres formulaciones de *muffin* y el *muffin* comercial se muestran en la Figura 4 y en el Anexo 2. La formulación F0 tiene una porosidad media del 43.22% y no difiere significativamente en porosidad con F1, pero sí con F2 y el *muffin* comercial. En contraste, la formulación F1 tiene una porosidad media del 45.58%, similar a F0, pero diferente de F2 y el *muffin* comercial. La formulación F2, con una porosidad media del 46.37%, difiere significativamente de F0 y F1, pero no del *muffin* comercial. El *muffin* comercial (C) presenta la mayor porosidad, con un valor medio del 51.04%, siendo significativamente diferente de todas las formulaciones experimentales y mostrando la mayor porosidad del grupo.

Figura 4

Porosidad de la miga de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).



(Villanueva, 2014), señala que las harinas blandas, como la de trigo, son esenciales en repostería por su contenido de gluten. El gluten, formado por proteínas, aporta cohesión, elasticidad y extensibilidad a la masa, permitiéndole retener el gas generado durante la fermentación. Asimismo, plantea que no hay una harina alternativa capaz de producir una masa con propiedades viscoelásticas equivalentes. Así, la alta porosidad observada en el *muffin* comercial se atribuye a la presencia de gluten de la harina de trigo, en contraste con las otras tres formulaciones que emplean harinas de quinua. La harina de quinua carece de gluten, lo que resulta en productos de panadería con menos poros en la miga, según lo indicado por (Filho et al., 2017).

Por otro lado, según Duta & Culetu, (2015) la harina de trigo tiene una estructura más compacta y uniforme debido a que el tamaño de sus partículas es más pequeño en comparación con otras harinas como las de kiwicha, cañihua,



entre otras. Por lo tanto, al mezclar o sustituir diferentes harinas, las masas resultantes son menos uniformes y la textura final del producto, en este caso los *muffins*, no es igual a la de un *muffin* comercial o tradicional. En este sentido, la adición en mayor proporción de harina de centeno en la formulación F2 es responsable de los niveles de porosidad (46.37%), que se acercan a los valores de porosidad del *muffin* comercial (51.04%). Dado que el centeno contiene gluten, al igual que el trigo y la cebada, esto conduce a la formación de productos con una porosidad más compacta (Pentikäinen et al., 2014).

Los resultados de porosidad de los *muffins* F0, F1 y F2 son similares a los obtenidos por (Sotomayor & Amado, 2019), quienes observaron que los *muffins* elaborados con diversas proporciones de harina de cacao y cañihua exhibieron valores de porcentaje de área de porosidad en un rango de 7.39% a 22.57%. Por otra parte, (Villanueva, 2014) explica que la clave para que los pasteles alcancen un volumen específico mayor radica en la incorporación de aire, así como en la distribución y retención de este durante la emulsión y el horneado. Además, el almidón cumple la función de regular el agua, lo que facilita la conversión de una masa batida con agua en la estructura porosa típica de un pastel.

4.1.3. Evaluación del color

Los resultados de color HSL de la corteza externa de los *muffins* se muestran en la Figura 5 y en el Anexo 3. Los valores de H indican el tono de color, en este caso, el *muffin* comercial (C) tiene el valor más alto de tonalidad (40.60°), lo que confiere un tono naranja-amarillo en comparación con los *muffins* F0 (39.00°), F1 (38.20°) y F2 (37.60°), que tienen valores más bajos, siendo un tono naranja-rojo. Mientras los valores de S indican la intensidad o pureza del color,

donde valores más altos representan colores más intensos; el *muffin* comercial (C) tiene una saturación significativamente mayor (63.14%) en comparación con los *muffins* F0 (33.16%), F1 (33.02%) y F2 (33.98%), que tienen valores más bajos y similares entre sí. Los valores de L representan la luminosidad del color, siendo valores más altos indicativos de colores más claros; en tal sentido, el *muffin* comercial (C) tiene una luminosidad significativamente menor (57.32%) en comparación con los *muffins* F0 (60.66%), F1 (61.38%) y F2 (61.84%), que tienen valores más altos y similares entre sí.

Figura 5

Valores de color de la corteza externa de los *muffins* a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y *muffin* comercial (C). (a) Saturación (%) versus tonalidad (°); (b) Luminosidad versus tonalidad (°).

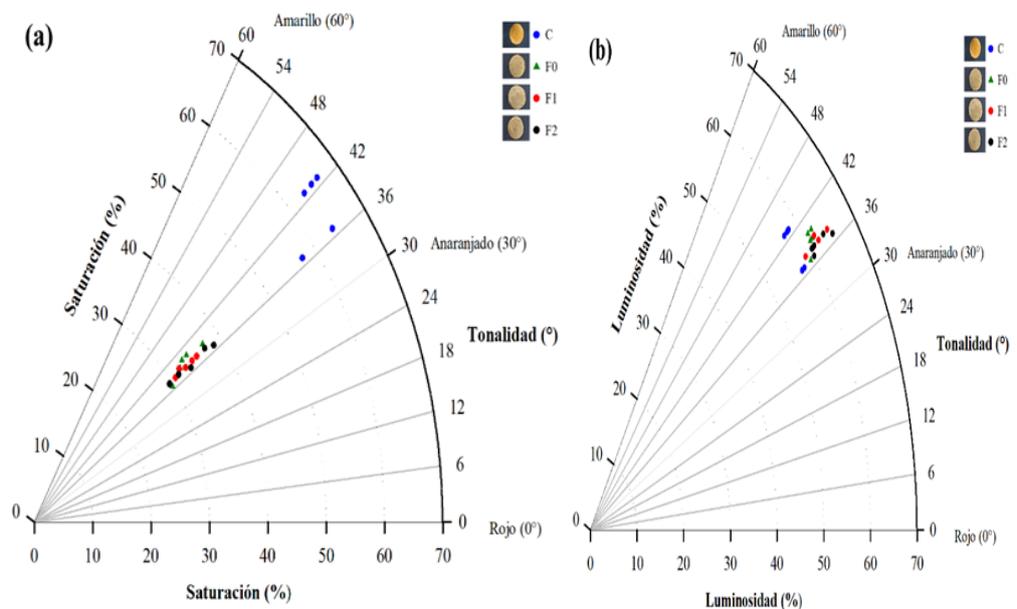
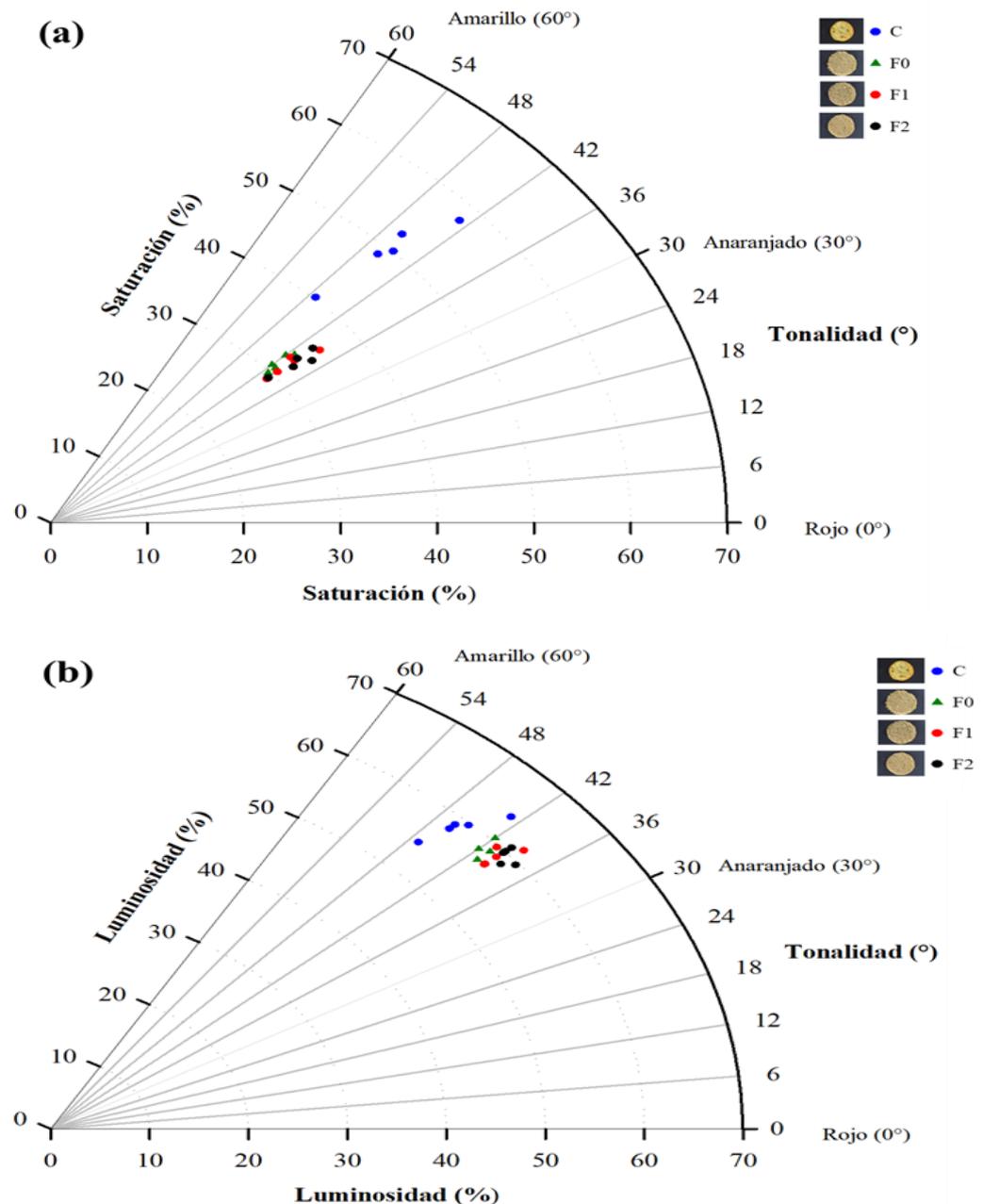


Figura 6

Valores de color de la corteza interna de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). (a) Saturación (%) versus tonalidad (°); (b) Luminosidad versus tonalidad (°).



En lo que respecta a los valores de HSL de la corteza interna de los *muffins* se muestran en la Figura 6 y en el Anexo 3. El *muffin* comercial (C) tiene el valor



más alto de tonalidad (45.40°), lo que confiere un tono amarillo oscuro en comparación con los *muffins* F0 (41.40°), F1 (40.00°) y F2 (39.40°), que tienen valores más bajos, siendo un tono naranja-amarillo. Por otro lado, los valores de saturación para el *muffin* comercial (C) tiene una saturación significativamente mayor (49.82%) en comparación con los *muffins* F0 (31.50%), F1 (32.28%) y F2 (32.94), que tienen valores más bajos y similares entre sí. Y en los valores de luminosidad no se observaron diferencias significativas entre los grupos, siendo para el *muffin* comercial (58.92%), F0 (58.84%), F1 (58.90%) y F2 (59.72%).

Los valores de color están estrechamente relacionados con los ingredientes alimentarios incorporados en el producto (Heiniö et al., 2003). Los valores de color obtenidos de los *muffins* son similares a los encontrados por (Nakilcioğlu & Ötleş, 2022) en pasteles hechos con quinua, con luminosidades que oscilan entre 35.45% y 50.70% y valores de croma entre 3.23 y 13.09. Además, (Sotomayor & Amado, 2019), señalan que la adición de harinas como cañihua, quinua y otras reduce la intensidad del color de la corteza.

Por otro lado, (Padrón-Pereira et al., 2009) mencionaron que, al sustituir harina de trigo por harina alternativa, el valor de luminosidad disminuye. Además, señalaron que el parámetro a^* aumenta (+rojo) a medida que se incrementa el porcentaje de harina alternativa, debido al efecto de la materia prima utilizada, ya que el color marrón de la harina de cañihua es similar al color rojizo. De manera similar, (Pesantes, 2014) informó un comportamiento comparable al analizar galletas con y sin sustitución parcial de harina sucedánea.



4.2. PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL *MUFFIN* BAJO EN GRASAS

4.2.1. Análisis nutricional

Los datos de los análisis proximales de los *muffins* de las diferentes formulaciones y del *muffin* comercial se muestran en la Tabla 2. Los niveles de humedad varían significativamente entre las formulaciones. La formulación F1 presenta un alto contenido de humedad (48.11%), mientras que el *muffin* comercial (C) exhibe el contenido más bajo (21.04%). La elevada humedad en F1 puede explicarse por la proporción equilibrada de quinua y centeno, que tienen una mayor capacidad de retención de agua en comparación con las otras formulaciones. La menor humedad en el *muffin* comercial podría estar influenciada por su proceso de producción industrial.

En términos de contenido de carbohidratos, el *muffin* comercial presenta el mayor contenido (49.77%), seguido por la formulación F2 (41.96%). La formulación F1, en cambio, tiene el menor contenido de carbohidratos (33.54%). Esto sugiere que los ingredientes empleados en los *muffins* comerciales tienen un mayor contenido de carbohidratos o que se han agregado azúcares adicionales. En cuanto a las proteínas, el *muffin* comercial contiene significativamente más proteínas (9.71%) que las formulaciones F0 (6.23%), F1 (6.03%) y F2 (5.85%). Esto podría deberse a la adición de proteínas o al uso de ingredientes con un mayor contenido proteico en la formulación comercial. Entre las formulaciones experimentales, la formulación F0 tiene el contenido más alto de proteínas (6.23%).

Por otro lado, el *muffin* comercial presenta el nivel más alto en grasa (16.29%), seguido por la formulación F0 (10.28%). La formulación F1 tiene el



menor contenido de grasa (7.52%). La elevada cantidad de grasa en el *muffin* comercial puede mejorar su textura y sabor, haciéndolo más atractivo para los consumidores. Por otro lado, el contenido de cenizas, que representa los minerales totales, es similar en F0 y el *muffin* comercial (C), con valores de 1.99% y 2.01% respectivamente. Las formulaciones F1 y F2 presentan valores ligeramente más bajos, de 1.65% y 1.68% respectivamente.

La formulación F2 presenta el mayor contenido de fibra cruda (3.68%), seguido por F1 (3.15%). El *muffin* comercial (C) tiene el contenido más bajo de fibra (1.18%). La mayor cantidad de fibra en las formulaciones F1 y F2 se atribuye al uso de harinas de quinua y centeno, que naturalmente son ricas en fibra. En cuanto al contenido energético, el *muffin* comercial tiene el valor más alto (384.53 kcal), esto debido a su mayor contenido de grasas y carbohidratos. Por otro lado, F1 tiene el valor energético más bajo (225.96 kcal), debido a su menor contenido de grasa y carbohidratos.

Tabla 3

Resultados de los análisis proximales de los muffins a base de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente) (b.h.), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Formulación	Componentes nutricionales para 100 g de muestra						
	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Energía (kcal)
F0	42.08±0.08 _c	36.57±0.22 ^b	6.23±0.03 _c	10.28±0.04 _c	1.99±0.04 _b	2.85±0.04 _b	263.72±0.40 _b
F1	48.11±0.13 _d	33.54±0.14 ^a	6.03±0.07 _b	7.52±0.05 ^a	1.65±0.01 _a	3.15±0.02 _c	225.96±0.69 _a
F2	38.23±0.03 _b	41.96±0.30 ^c	5.85±0.05 _a	8.60±0.10 ^b	1.68±0.04 _a	3.68±0.08 _d	268.64±0.10 _c
C*	21.04 ^a	49.77 ^d	9.71 ^d	16.29 ^d	2.01 ^b	1.18 ^a	384.53 ^d

Nota: *Muffin comercial

El contenido de proteínas y cenizas de las formulaciones experimentales (F0, F1 y F2) se asemeja a los resultados encontrados por (Mancachi, 2016), quien reportó un contenido de proteínas del 7.49% y de cenizas del 0.83% en panes elaborados con quinua, soya y tarwi. La alta presencia de fibra cruda en la formulación F2 se debe a la mayor proporción de harina de quinua, así como a la inclusión de harina de centeno. Este último cereal se caracteriza por tener un contenido de fibra significativamente alto en comparación con otros cereales de consumo común (Ikram et al., 2023).

La quinua es reconocida por ser una fuente excepcionalmente rica en proteínas completas y aminoácidos esenciales, una característica poco común en el reino vegetal. Además, es una excelente fuente de carbohidratos complejos y fibra dietética, que proporcionan energía sostenida y benefician la salud digestiva. Aunque su contenido de grasa es bajo, contiene ácidos grasos omega-3 y omega-

6 en proporciones saludables (Dev & Gupta, 2024). En este sentido, los niveles de carbohidratos en la formulación F2 son elevados en comparación con las formulaciones F0 y F1. Además, la cantidad de grasa en la formulación F1 es baja en comparación con la formulación F0, F2 y el *muffin* comercial. Estos resultados se deben a la abundancia de carbohidratos y al bajo contenido de grasa de la quinua (Zhu, 2023a).

4.3. PROPIEDADES SENSORIALES DEL *MUFFIN* BAJO EN GRASAS

4.3.1. Análisis del atributo sensorial

Las evaluaciones sensoriales de las tres formulaciones de *muffins* y del *muffin* comercial se presentan gráficamente en la Figura 7 y están detalladas en el Anexo 4. Los resultados de los parámetros sensoriales de los *muffins* muestran diferencias significativas entre las formulaciones. En cuanto al sabor, el *muffin* comercial (C) obtuvo la puntuación más alta (4.45), seguido por la formulación F1 (3.85). En cuanto al aroma, nuevamente el *muffin* comercial obtuvo la puntuación más alta (4.70), seguido por la formulación F2 (3.80). En apariencia general, el *muffin* comercial y la formulación F1 obtuvieron puntuaciones similares (4.55 y 3.50 respectivamente), mientras que las formulaciones F0 y F2 tuvieron puntuaciones más bajas en este aspecto.

En cuanto a la textura, el *muffin* comercial y la formulación F0 obtuvieron las puntuaciones más altas (4.70 y 3.75 respectivamente), mientras que las formulaciones F1 y F2 obtuvieron puntuaciones ligeramente más bajas. En cuanto al color, el *muffin* comercial y la formulación F1 obtuvieron las puntuaciones más altas (4.25 y 3.45 respectivamente), mientras que las formulaciones F0 y F2 obtuvieron puntuaciones más bajas. En términos de aceptabilidad general, el



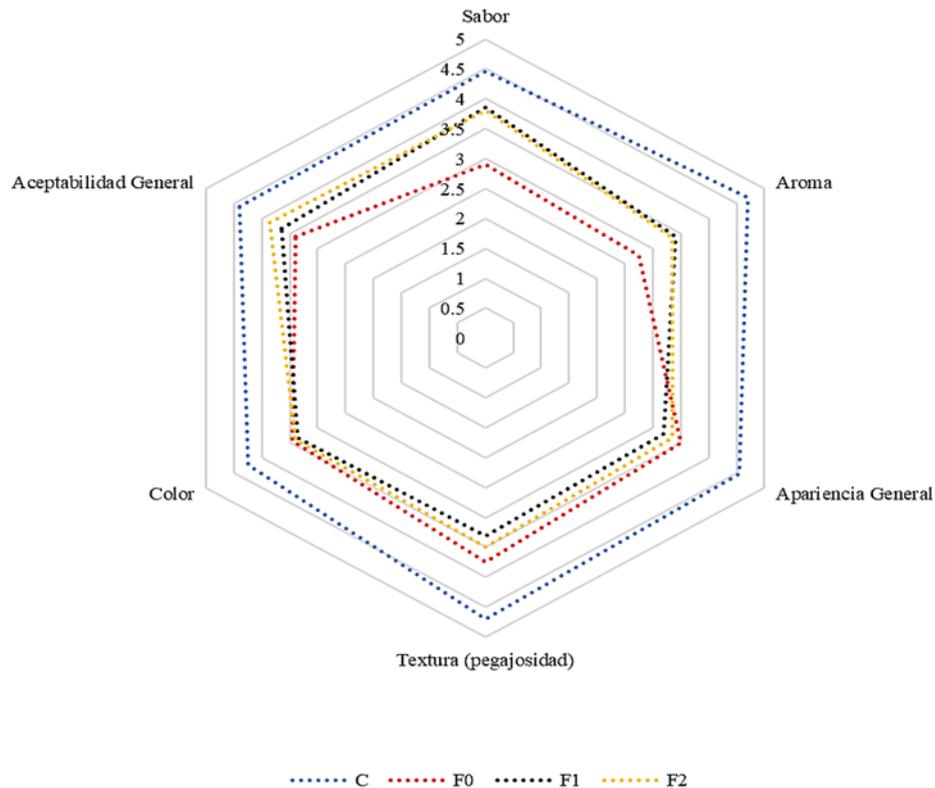
muffin comercial obtuvo la puntuación más alta (4.40), seguido por la formulación F1 (3.65). En general, los resultados indican que el *muffin* comercial fue el más preferido en términos de sabor, aroma, apariencia general, textura y aceptabilidad general, seguido por la formulación F1. Las formulaciones F0 y F2 obtuvieron puntuaciones más bajas en comparación con el *muffin* comercial y la formulación F1.

A pesar de las disparidades en los perfiles sensoriales de los *muffins*, los resultados fueron alentadores, ya que todos los parámetros superaron el umbral de "ni me gusta ni me disgusta". Además, en cuanto a la aceptabilidad general, tanto la formulación F1 como la F2 alcanzaron un nivel de "me gusta ligeramente", lo que sugiere que es posible obtener un producto aceptable.

La percepción y aceptación de los alimentos por parte de los consumidores están vinculadas estrechamente con su primera impresión, la cual se ve principalmente influenciada por la apariencia y el color. En este contexto, el sabor emerge como un elemento sensorial fundamental que ejerce un impacto significativo en la experiencia general de sabor de dichos productos (Dev & Gupta, 2024).

Figura 7

Parámetros de los atributos sensoriales de los muffins a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C).



Según los resultados, la formulación F0 se destaca por su atractivo visual y colorido, por tanto, suele ser más aceptada por los consumidores. Sin embargo, la formulación F1 logra una mayor aceptabilidad debido a su sabor. La apreciación sensorial de la harina de centeno está relacionada con la fracción de molienda, siendo el endospermo, la parte más interna del grano, la que proporciona un sabor suave (Heiniö et al., 2003). Los aspectos más valorados por los consumidores fueron el sabor y el color, mientras que la porosidad y suavidad de la corteza no influyeron en la percepción del sabor y, por lo tanto, carecen de importancia (Morettona et al., 2023).



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las propiedades físicas en cuanto a la dureza, los *muffins* elaborados con harina de quinua y centeno presentaron valores más altos (entre 37.40 N y 41.11 N) en comparación con el *muffin* comercial (15.72 N). Del mismo modo, los valores de masticabilidad fueron superiores (entre 36.52 N y 45.53 N) en los *muffins* de quinua y centeno en comparación con el *muffin* comercial (18.95 N). Estos resultados se atribuyen a la presencia de harina de quinua y centeno, que contribuyen a una textura más dura. Los niveles de porosidad en la miga de los *muffins* de la formulación F1 y F2 mostraron valores muy similares, con registros de 45.58% y 46.37%, respectivamente. En contraste, la formulación F0 presentó valores de porosidad significativamente similares a la formulación F1. Sin embargo, los valores de porosidad de la formulación F2 se asemejan más a los del *muffin* comercial. Estos resultados indican que la porosidad está directamente influenciada por el tipo y proporción de harinas (quinua y centeno) utilizadas en la formulación y los valores de la tonalidad en la capa externa de los *muffins* estuvieron en un rango comparativo, variando entre 37.60° y 39.00°. Además, los niveles de saturación (entre 33.02% y 33.98%) y luminosidad (entre 60.66% y 61.84%) mostraron valores similares. En cuanto a los valores de tono en la capa interna de los *muffins*, oscilaron entre 39.40° y 41.40°, mientras que los niveles de saturación (entre 31.50% y 32.94%) fueron similares en las tres formulaciones. En términos de luminosidad, todos los *muffins* exhibieron valores comparables, situándose entre 58.84% y 59.72%.



SEGUNDA: La composición proximal, la formulación F1 muestra un bajo contenido de grasa, con un 7.52%, seguida por la formulación con un 8.60%. En contraste, el *muffin* comercial tiene un alto contenido de grasa, alcanzando un 16.29%. Por lo tanto, las formulaciones F1 y F2 son consideradas productos adecuados para ser clasificados como bajos en grasa.

TERCERA: La evaluación sensorial por los 20 panelistas, los perfiles sensoriales de los *muffins* fueron favorables, ya que indicaron que todos los parámetros superaron el umbral de "ni me gusta ni me disgusta". En cuanto a la aceptabilidad general en todos los aspectos de sabor, aroma, apariencia, textura, color, la formulación F2 logró un nivel de "me gusta ligeramente", demostrando la posibilidad de obtener un producto bien aceptado.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere explorar formulaciones de *muffins* que contengan una proporción menor de harina de quinua y centeno, combinándolas con otras variedades de harina.

SEGUNDA: Conducir investigaciones utilizando microtomografías para examinar la distribución de almidones de diversas harinas en la miga de los *muffins*.

TERCERA: Llevar a cabo investigaciones utilizando diferentes métodos de cocción con el fin de comparar el comportamiento en términos de perfil de textura, color y porosidad.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aganovic, K., Bindrich, U., & Heinz, V. (2018). *Ultra-high pressure homogenisation process for production of reduced fat mayonnaise with similar rheological characteristics as its full fat counterpart*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.10.013>
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. In Association of Official Analysis Chemists International (21 ed). AOAC International.
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). *Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín*. *Rev Soc Quím Perú*, 81(1), 44–54.
- Brownlee, I. A., Chater, P. I., Pearson, J. P., & Wilcox, M. D. (2017). *Dietary fibre and weight loss: Where are we now?* *Food Hydrocolloids*, 68, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.029>
- Buksa, K., Praznik, W., Loeppert, R., & Nowotna, A. (2016). *Characterization of water and alkali extractable arabinoxylan from wheat and rye under standardized conditions*. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1389–1398. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2135-2>
- Carrascal, A., Rasines, L., Ríos, Y., Rioja, P., Rodríguez, R., & Alvarez-Sabatel, S. (2019). *Development of reduced-fat muffins by the application of jet-impingement microwave (JIM) technology*. *Journal of Food Engineering*, 262(October 2018), 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.016>
- Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking: An overview*. In *Breadmaking: Improving quality (Second Edi, pp. 9–31)*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095695.9>
- Cauvain, S. P. (2017). *Cakes, Sponges and Muffins*. In *Baking Problems Solved (2nd ed., pp. 235–298)*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100765-5.00005-9>
- Cermeño, M., Dermiki, M., Kleekayai, T., Cope, L., McManus, R., Ryan, C., Felix, M., Flynn, C., & FitzGerald, R. J. (2021). *Effect of enzymatically hydrolysed brewers'*



- spent grain supplementation on the rheological, textural and sensory properties of muffins.* Future Foods, 4, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100085>
- Dev, R., & Gupta, M. (2024). *Elucidating the physical , chemical , functional and antioxidant properties of protein-rich quinoa (Chenopodium quinoa) crisp.* Food and Humanity, 2(December 2023), 100205. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100205>
- Duta, D. E., & Culetu, A. (2015). *Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies.* Journal of Food Engineering, 162, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002>
- Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). *Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour.* Journal of Cereal Science, 59(1), 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010>
- Estrada, D. P., & Silva, R. J. (2019). *Perfil sensorial y de textura de brownies a base de harina de dos variedades de quinua (Salcedo INIA y INIA 431 - Altiplano).* Universidad Peruana Unión.
- Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant’Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. D. R. (2017). *Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(8), 1618–1630. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811>
- Gómez, J. G., Ligarda, C. A., & Ramos, B. S. (2018). *Caracterización fisicoquímica y organoléptica de una bebida de quinua (Chenopodium quinoa Willd) malteada y sin maltear de las variedades Pasankalla y Negra Collana.* In *Repositorio Institucional.* Universidad Nacional José María Arguedas.
- Guajardo, D. (2007) *Effect of antioxidants, color and sensory attributes of different sorghum brans in model baking systems.* Texas A & M University.
- Hamzeshpour, R., & Dastgerdi, A. A. (2023). *The Effects of Quinoa and Amaranth Flour on the Qualitative Characteristics of Gluten-Free Cakes.* International Journal of Food Science, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2023/6042636>



- Harastani, R., James, L. J., Ghosh, S., Rosenthal, A. J., & Woolley, E. (2021). *Reformulation of muffins using inulin and green banana flour: Physical, sensory, nutritional and shelf-life properties*. *Foods*, 10(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods10081883>
- Heiniö, R. L., Liukkonen, K. H., Katina, K., Myllymäki, O., & Poutanen, K. (2003). *Milling fractionation of rye produces different sensory profiles of both flour and bread*. *Lwt*, 36(6), 577–583. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00063-X)
- Honrado, A., Lahoz, C., Calanche, J. B., & Beltrán, J. A. (2023). *Dry cured low-fat rabbit sausage: A much healthier disruptive food that enhances rabbit meat consumption*. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 33, 100765. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100765>
- Hopkin, L., Broadbent, H., & Ahlborn, G. J. (2022). *Influence of almond and coconut flours on ketogenic, gluten-free cupcakes*. *Food Chemistry: X*, 13(December 2021), 100182. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100182>
- Ikram, A., Saeed, F., Noor, R. A., Imran, A., Afzaal, M., Rasheed, A., Islam, F., Iqbal, A., Zahoor, T., Naz, S., Waheed, W., Shahid, M. Z., Khan, A. W., & Kinki, A. B. (2023). *A comprehensive review on biochemical and technological properties of rye (Secale cereale L.)*. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 2212–2228. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2244697>
- Iqbal, N., Zhu, L., & Chua, S. C. (2019). *Neuronal Cell Cycle Events Link Caloric Intake to Obesity*. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 31(1), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2019.09.001>
- Iversen, K. N., Carlsson, F., Andersson, A., Michaëlsson, K., Langton, M., Risérus, U., Hellström, P. M., & Landberg, R. (2021). *A hypocaloric diet rich in high fiber rye foods causes greater reduction in body weight and body fat than a diet rich in refined wheat: A parallel randomized controlled trial in adults with overweight and obesity (the RyeWeight study)*. *Clinical Nutrition ESPEN*, 45, 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.07.007>



- Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). *Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour*. *Lwt*, 93, 573–582. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013>
- Jung, D., Oh, I., Lee, J. H., & Lee, S. (2020). *Utilization of butter and oleogel blends in sweet pan bread for saturated fat reduction: Dough rheology and baking performance*. *Lwt*, 125, 109194. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109194>
- Kaur, P., Singh Sandhu, K., Singh Purewal, S., Kaur, M., & Kumar Singh, S. (2021). *Rye: A wonder crop with industrially important macromolecules and health benefits*. *Food Research International*, 150, 110769. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110769>
- Lorenz, K., & Coulter, L. (1991). *Quinoa flour in baked products*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 41(3), 213–223. <https://doi.org/10.1007/bf02196389>
- Ludwig, D. S., Hu, F. B., Lichtenstein, A. H., & Willett, W. C. (2023). *Low-fat diet Redux at WHO*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 118(5), 849–851. <https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2023.09.006>
- Mancachi, F. (2016). *Mejora del valor nutricional de panes por incorporación de ingredientes a base de quinua, soya y tarwi*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Marchetti, L., Acuña, M. S., & Andrés, S. C. (2021). *Effect of pecan nut expeller meal on quality characteristics of gluten-free muffins*. *Lwt*, 146, 111426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111426>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Mugerza, B., Moulay, L., & Fiszman, S. M. (2011). *Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins*. *Lwt*, 44(3), 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.035>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., & Sanz, T. (2015). *Cellulose ether emulsions as fat replacers in muffins: Rheological, thermal and textural properties*. *Lwt*, 63(2), 1083–1090. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.067>
- Medina, W., Skurtys, O., G & Aguilera, J. M. (2010). *Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd) geographical*



- provenance*. LWT - Food Science and Technology, 43(2), 238–246.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.010>
- Medrano Echalar, A. M., & Torrico, J. C. (2017). *Consecuencias del incremento de la producción de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el*.
<https://www.researchgate.net/publication/319551319>
- Miranda-Villa, P. P., Mufari, J. R., Bergesse, A. E., & Calandri, E. L. (2019). *Effects of whole and malted quinoa flour addition on gluten-free muffins quality*. Journal of Food Science, 84(1), 147–153. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14413>
- Morettona, M., Cattaneob, C., Moscac, A. C., Proserpiob, C., Anesea, M., Pagliarinib, E., & Pellegrinia, N. (2023). *Identification of desirable mechanical and sensory properties of bread for the elderly*. Food Quality and Preference, 104, 104716. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104716>
- Moss, M. M., Caswell, E. N., Yeargin, A. W., Volz, N. A., Woodland, J. C., Guthrie, L. C., Ahlborn, G. J., Eggett, D. L., & Taylor, B. J. (2022). *Optimization of flour-replacing ingredients for low-carbohydrate, gluten-free muffins via a mixture design with complete sucrose substitution by d-allulose or d-tagatose*. Lwt, 167(April), 113779. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113779>
- Mujica, Á., Chura, E., Ruiz, E., & Martinez, R. (2010). *Mecanismos de resistencia a sequía de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Primer Congreso Peruano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola, 111–114.
- Nakilcioğlu, E., & Ötleş, S. (2022). *Multiresponse optimization of physical, chemical, and sensory properties of the gluten-free cake made with whole white quinoa flour*. Journal of Food Science and Technology, 59(10), 3836–3847. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05406-3>
- Navarro-Perez, D., Radcliffe, J., Tierney, A., & Jois, M. (2017). *Quinoa Seed Lowers Serum Triglycerides in Overweight and Obese Subjects : A Dose- Response Randomized Controlled Clinical Trial*. Current Developments in Nutrition, 1(9), e001321. <https://doi.org/10.3945/cdn.117.001321>
- Noratto, G. D., Murphy, K., & Chew, B. P. (2019). *Quinoa intake reduces plasma and liver cholesterol , lessens obesity- associated inflammation , and helps to prevent*



- hepatic steatosis in obese db / db mouse*. *Food Chemistry*, 287(2), 107–114.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.061>
- Padrón-Pereira, C., Aguirre-Oliveros, C., & Moreno-Álvarez, M. (2009). *Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo con Harinas de Cladodios de Cactus (Opuntia boldinghii Britton & Rose) Integral e Hidrolizada Enzimáticamente como Fuente de Fibra en Postres Tipo Ponquecito*. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, 22(1), 63–71.
- Paquet-durand, O., Solle, D., Schirmer, M., Becker, T., & Hitzmann, B. (2012). *Monitoring baking processes of bread rolls by digital image analysis*. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 425–431.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.024>
- Pentikäinen, S., Sozer, N., Närväinen, J., Ylätaalo, S., Teppola, P., Jurvelin, J., Holopainen-Mantila, U., Törrönen, R., Aura, A. M., & Poutanen, K. (2014). *Effects of wheat and rye bread structure on mastication process and bolus properties*. *Food Research International*, 66, 356–364.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.034>
- Pereira, T., Costa, S., Barroso, S., Teixeira, P., Mendes, S., & Gil, M. M. (2024). *Development and optimization of high-protein and low-saturated fat bread formulations enriched with lupin and microalgae*. *Lwt*, 191, 115612.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115612>
- Pesantes, A. J. A. (2014). *Efecto de la sustitución de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de pulpa de tuna púrpura (opuntia ficus-indica) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Rakmai, J., Haruthaithanasan, V., Chompreeda, P., Chatakanonda, P., & Yonkoksung, U. (2021). *Development of gluten-free and low glycemic index rice pancake: Impact of dietary fiber and low-calorie sweeteners on texture profile, sensory properties, and glycemic index*. *Food Hydrocolloids for Health*, 1(September), 100034.
<https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2021.100034>



- Rapp, E., Öström, Å., Osika, W., Englund, A., Annett, J., & Gustafsson, I. B. (2009). *Preference for full-fat over low-fat foods among individuals suffering from coronary heart disease and healthy controls*. *Physiology and Behavior*, 98(4), 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.08.001>
- Rodríguez, R., Alvarez-Sabatel, S., Ríos, Y., Rioja, P., & Talens, C. (2022). *Effect of microwave technology and upcycled orange fibre on the quality of gluten-free muffins*. *Lwt*, 158, 113148. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113148>
- Sandrou, D. K., & Arvanitoyannis, I. S. (2000). *Low-Fat/ Calorie Foods: Current State and Perspectives*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(5), 427–447. <https://doi.org/10.1080/10408690091189211>
- Shehzad, A., Chiron, H., Della Valle, G., Kansou, K., Ndiaye, A., & Réguerre, A. L. (2010). *Porosity and stability of bread dough during proofing determined by video image analysis for different compositions and mixing conditions*. *Food Research International*, 43(8), 1999–2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.019>
- Silva, D. R., & Salazar, D. M. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin*. In *Repositorio Institucional UTA*. Universidad Técnica de Ambato.
- Siswantoro, J. (2019). *Application of Color and Size Measurement in Food Products Inspection*. *Indonesian Journal of Information Systems*, 1(2), 90–107. <https://doi.org/10.24002/ijis.v1i2.1923>
- Sotomayor, W. N., & Amado, O. (2019). *Caracterización de magdalenas de cacao y cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) usando la prueba sensorial Check-All-That-Apply (CATA) y el método Taguchi*. Universidad Peruana Unión.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). *Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality*. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>
- Vidaurre-Ruiz, J., Vargas Yurivilca, R. J., Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C. R., Cabezas, D. M., Correa, M. J., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022). *Andean crops: kañiwa and tarwi flours used for the development of vegan gluten-free*



- muffins*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7282–7292.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.12094>
- Villanueva, R. (2014). *El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación*. *Ingeniería Industrial*, 32, 231–246.
<https://doi.org/10.26439/ing.ind2014.n032.123>
- Wang, X., Lao, X., Bao, Y., Guan, X., & Li, C. (2021). *Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread*. *Food Hydrocolloids*, 119(January), 106840.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106840>
- Wijaya, H., Hirata, Y., Handayani, L., Tjahjono, Y., Foe, K., Himawan, F. X., Jong, H., & Christianto, W. (2022). *The combination of isomalto-oligosaccharides (IMO) -based dietary fiber and hypocaloric high-protein diet could improve the anthropometric profile and fasting plasma glucose of healthy adults : A repeated single-arm clinical trial*. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 30(11), 101049. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2022.101049>
- Wrigley, C., & Bushuk, W. (2017). *Rye: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements*. In *Cereal Grains: Assessing and Managing Quality: Second Edition (Second Edi)*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00007-3>
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). *Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread*. *Food Chemistry*, 294(May), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>
- Zhu, F. (2023a). *Domestic cooking and sensory properties of quinoa*. In *Quinoa* (pp. 267–278). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-99909-0.00009-x>
- Zhu, F. (2023b). *Quinoa-based food product development*. In *Quinoa* (pp. 317–376). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-99909-0.00010-6>

ANEXOS

ANEXO 1. Valores de las propiedades texturales de los *muffins* bajo en grasa a base de harinas quinua y centeno: dureza y masticabilidad. Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Formulación	Dureza (N)	Masticabilidad (N)
F0	41.11 ± 1.24d	45.53 ± 2.17c
F1	39.34 ± 0.78c	38.52 ± 1.58b
F2	37.40 ± 0.64b	36.52 ± 2.41b
C*	15.72 ± 1.29a	18.95 ± 2.33a

*Muffin comercial

ANEXO 2: Valores de porosidad de la miga interna de los *muffins* a base de quinua y centeno. Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Formulación	Porosidad de la miga (%)
F0	43.22 ± 1.17 ^a
F1	45.58 ± 1.19 ^{ab}
F2	46.37 ± 0.94 ^b
C*	51.04 ± 3.24 ^c

*Muffin comercial

ANEXO 3. Valores de color de la corteza externa y corteza interna de los *muffins* a base de harinas de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferente ($p < 0.05$).

Formulación	Color de la corteza externa			Color de la corteza interna		
	Tonalidad (H) (°)	Saturación (S) (%)	Luminosidad (L) (%)	Tonalidad (H) (°)	Saturación (S) (%)	Luminosidad (L) (%)
F0	39.00±1.22 ^{ab}	33.16±2.74 ^a	60.66±0.97 ^b	41.40±0.55 ^b	31.50±1.49 ^a	58.84±1.29 ^a
F1	38.20±0.45 ^a	33.02±1.84 ^a	61.38±2.12 ^b	40.00±0.71 ^a	32.28±2.52 ^a	58.90±1.79 ^a
F2	37.60±0.55 ^a	33.98±3.79 ^a	61.84±2.16 ^b	39.40±0.89 ^a	32.94±2.29 ^a	59.72±0.83 ^a
C*	40.60±3.29 ^b	63.14±3.35 ^b	57.32±0.52 ^a	45.40±1.52 ^c	49.82±6.40 ^b	58.92±3.28 ^a

*Muffin comercial

ANEXO 4. Valores de los parámetros sensoriales de muffins a base de quinua y centeno (F0: 100%-0%, F1: 60%-40%, F2: 40%-60%, respectivamente), y muffin comercial (C). Valores con letras diferentes en un mismo grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Formulación	Parámetros sensoriales					
	Sabor	Aroma	Apariencia General	Textura (pegajosidad)	Color	Aceptabilidad General
F0	2.90±1.07 ^a	2.75±1.11 ^a	3.50±1.00 ^a	3.75±1.29 ^a	3.45±1.23 ^a	3.40±0.94 ^a
F1	3.85±1.04 ^{bc}	3.40±1.14 ^a	3.20±1.00 ^a	3.30±1.30 ^a	3.35±1.09 ^a	3.65±1.04 ^a
F2	3.80±1.15 ^b	3.35±1.31 ^a	3.35±0.99 ^a	3.50±1.28 ^a	3.40±1.09 ^a	3.85±0.93 ^{ab}
C*	4.45±0.51 ^c	4.70±0.47 ^b	4.55±0.76 ^b	4.70±0.73 ^b	4.25±0.91 ^b	4.40±0.75 ^b

*Muffin comercial



ANEXO 6. Formato de consentimiento para un análisis sensorial de un *muffin* a base de harinas de quinua y centeno dirigido a 20 panelistas.



Universidad Nacional del Altiplano – Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



Consentimiento informado

Estimado/a participante,

El propósito de este protocolo es informarle sobre el proyecto de investigación y solicitarle su consentimiento. De aceptar, el investigador se quedará con una copia firmada de este documento, mientras usted poseerá otra copia también firmada.

La presente investigación se titula “**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE UN MUFFIN BAJO EN GRASAS A BASE DE HARINAS DE QUINUA Y CENTENO**”. Este proyecto es dirigido por la **Bach. ROCIO CAROL QUISPE HUANCA** tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. El propósito de la investigación es evaluar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de harinas de quinua y centeno sobre las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales de los muffins bajo en grasas.

Para ello, se le solicita participar en una encuesta que le tomará 30 minutos de su tiempo. Su participación en la investigación es completamente voluntaria y usted puede decidir interrumpirla en cualquier momento, sin que ello le genere ningún perjuicio. Asimismo, participar en esta encuesta no le generará ningún perjuicio académico. Si tuviera alguna consulta sobre la investigación, puede formularla cuando lo estime conveniente.

Su identidad será tratada de manera anónima, es decir, el investigador no conocerá la identidad de quién completó la encuesta. Asimismo, su información será analizada de manera conjunta con la respuesta de sus compañeros y servirá para la elaboración de la tesis y presentaciones académicas. Además, esta será conservada por cinco años, contados desde la publicación de los resultados, en la computadora personal del investigador responsable, a la cual podrá también acceder su grupo de investigación.

Al concluir la investigación, si usted brinda su correo electrónico, recibirá un resumen con los resultados obtenidos y será invitado a una conferencia en la cual serán expuestos los resultados. Si desea, podrá escribir al correo rcarolquihua@gmail.com para extenderle el artículo completo.

Si está de acuerdo con los puntos anteriores, complete sus datos a continuación:

Nombre: _____

Fecha: _____

Correo electrónico: _____

Firma del participante: _____

Firma del investigador (o encargado de recoger información): _____

Juliaca, 03 de noviembre 2023



ANEXO 7. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ROCIO CAROL QUISPE HUANCA,
identificado con DNI 70463167 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONALES Y
SENSORIALES DE MUFFINS BAJO EN ERASAS A BASE DE HARINAS DE
QUINUA (*Chechenopodium quinoa* Willd) Y CENTENO (*Secale cereale* L.)"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de JULIO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ROCIO CAROL QUISPE HUANCA,
identificado con DNI 70463167 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE MUFFINS BAJOS EN GRASAS A BASE DE HARINAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) Y CENTENO (*Secale Cereale* L)”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de JULIO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella