



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA



**ELABORACIÓN DE UN EXTRUIDO A BASE DE CEREALES
ANDINOS ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y SU
EFECTO EN LA RECUPERACIÓN DE RATAS CEPA WISTAR
CON ANEMIA FERROPÉNICA INDUCIDA, PUNO 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. PAMELA BASILY FLORES CALDERON

Bach. LISETTH SONIA PARI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADA EN NUTRICIÓN HUMANA

PUNO – PERÚ

2024



PAMELA BASILY y LISETTH SONI FLORES CALDE... ELABORACIÓN DE UN EXTRUIDO A BASE DE CEREALES ANDINOS ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y SU EFEC...

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:409383253

151 Páginas

Fecha de entrega

25 nov 2024, 12:53 p.m. GMT-5

27,083 Palabras

Fecha de descarga

25 nov 2024, 1:06 p.m. GMT-5

148,614 Caracteres

Nombre de archivo

FINAL_REPOSITORIO-LISPAM-1[1].docx

Tamaño de archivo

16.9 MB



14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

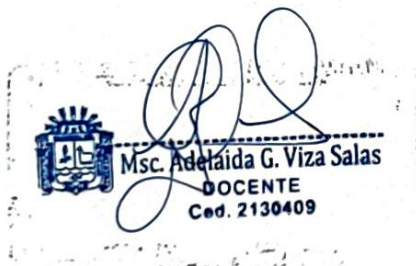
Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

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

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.





DEDICATORIA

A mis padres Martin Teodoro Flores y Rosa Elvira Calderón por su apoyo incondicional y el amor que me dan cada día, por el ejemplo paterno y materno que me brindaron desde que tengo uso de razón, por sus palabras de aliento desde el día que decidí iniciar este camino. Gracias por inspirarme a ser mejor persona, por enseñarme a persistir para lograr mis metas y confiar en mí.

A mi querida hermana Prishyla Rossi por inculcarme determinación, persistencia y valentía, mostrándome su apoyo incondicional, que se ve reflejado en cada logro alcanzado por mi persona, motivo de mis sonrisas y fiel acompañante de mis cuitas.

A mis pequeños sobrinos Clark Alessandro y Emilia que me alegran la vida con sus ocurrencias, quienes también son parte de mi inspiración.

A Liseth Sonia mi mejor amiga como hermana, una persona valerosa que conocí al iniciar este noble camino y ha sido confidente y participe en cada paso, gracias por enseñarme que no podemos rendirnos frente a cualquier adversidad.

A mi entrañable mascota chispa que me ha acompañado en cada traspasada.

Pamela Basily



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedicado, en primer lugar, a Dios, por darme fortaleza en los momentos que más necesito y por concederme la dicha de alcanzar esta meta.

A mi madre Sonia, por su amor inquebrantable, apoyo moral y confianza, pilares fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Su entrega incansable ha sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

A mi padre Jesús, por su amor y apoyo incondicional. Su presencia ha sido un bálsamo en los momentos más difíciles.

A mi hermano Miguel y a mi hermana Jazmín, mis cómplices de sueños y mis confidentes, por su apoyo emocional y motivacional. Su cariño y comprensión han sido mi refugio y mi fuerza en este camino.

A mi querida abuelita, sé que sigue siendo mi guía y protección.

A todos ellos, dedico la presente investigación como un testimonio de gratitud por ser mi brújula y mi luz en este viaje de constante aprendizaje y crecimiento.

Liseth Sonia



AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por concedernos la dicha de la vida y por guiar nuestros pasos continuamente durante todos los días de nuestra existencia.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por abrirnos sus puertas y acogernos en sus aulas durante nuestra formación profesional. A la Escuela Profesional de Nutrición Humana, por brindarnos un espacio de aprendizaje y crecimiento durante nuestra permanencia educativa.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Nutrición Humana, quienes, con su invaluable experiencia y dedicación, nos guiaron en nuestra formación profesional. En especial, a nuestros jurados de tesis: Dr. Wilber Paredes Ugarte, M.Sc, Luz Amanda Aguirre Florez, M.Sc. Paola Katherin Mantilla Cruz.

Un agradecimiento muy especial a nuestra asesora de tesis, a la M.Sc Adelaida Giovanna Viza Salas, por su orientación, guía y apoyo.

Pamela Basily y Lisetth Sonia



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. PROBLEMA.....	21
1.3. JUSTIFICACIÓN	21
1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.5.1. Hipótesis general.....	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	24
2.1.1. A nivel internacional.....	24



2.1.2. A nivel nacional	26
2.1.3. A nivel local	29
2.2. MARCO TEÓRICO	30
2.2.1. Anemia	30
2.2.2. Hierro	32
2.2.2.1. Metabolismo del Hierro	32
2.2.2.1.1. Absorción del hierro	32
2.2.3. Anemia Ferropénica	34
2.2.3.1. Causas de la Anemia Ferropénica	35
2.2.3.2. Signos y Síntomas de la Anemia Ferropénica	36
2.2.3.3. Diagnóstico de Anemia Ferropénica	39
2.2.3.4. Tratamiento de anemia ferropénica	42
2.2.4. Extruidos	43
2.2.4.1. Proceso de Extrusión de Alimentos	44
2.2.4.2. Ventajas del Proceso de Extrusión	45
2.2.5. Cereales Andinos	46
2.2.5.1. Quinoa Pasankalla (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)	46
2.2.5.2. Kiwicha (<i>Amaranthus caudatus L.</i>)	51
2.2.5.3. Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule aellen</i>)	55
2.2.5.4. Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	60
2.2.6. Harina de sangre bovina	62
2.2.6.1. Aspectos generales	62
2.2.6.2. Definición de la harina de sangre bovina	62
2.2.6.3. Valor nutricional	63
2.2.7. Alimentos Enriquecidos	64



2.2.8. Ratas Cepa Wistar	64
2.2.8.1. Aspectos generales	64
2.2.8.2. Requerimiento nutricional de las ratas Wistar	65
2.2.8.3. Nivel de hemoglobina en ratas	66
2.2.8.4. Absorción del hierro en ratas	67
2.2.8.5. Efectos de la sobrecarga de hierro en ratas	68
2.2.8.6. Mecanismos Bioquímicos de Recuperación de Hemoglobina en Ratas Anémicas	69
2.2.8.7. Manejo de ratas durante el estudio	69

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO.....	70
3.2. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	70
3.2.1. Lugar del estudio	70
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	70
3.3.1. Población.....	70
3.3.2. Muestra.....	71
3.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	72
3.4.1. Criterios de inclusión	72
3.4.2. Criterios de inclusión	72
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	72
3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS	73
3.6.1. Para la formulación y elaboración del extruido	73
3.6.2. Para la composición centesimal, contenido de hierro y calidad microbiológica.....	78



3.7.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE DATOS	100
3.8.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	101
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	FORMULACIÓN DE LOS EXTRUIDOS	102
4.2.	COMPOSICIÓN CENTESIMAL, CONTENIDO DE HIERRO Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS FORMULACIONES.....	104
4.3.	INDUCCIÓN ANEMIA FERROPÉNICA EN LAS RATAS CEPA WISTAR MEDIANTE UNA DIETA DEFICIENTE EN HIERRO.....	111
4.4.	EFEECTO DE LOS EXTRUIDO A BASE DE CEREALES ANDINOS ENRIQUECIDOS CON HIERRO HEMÍNICO EN LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA DE RATAS CEPA WISTAR CON ANEMIA FERROPÉNICA INDUCIDA	113
V.	CONCLUSIONES	115
VI.	RECOMENDACIONES.....	116
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....		130

Área: Transformación e innovación de recursos alimentarios con fines nutricionales y de salud.

Tema: Elaboración de extruidos y recuperación de hemoglobina de ratas wistar.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de noviembre del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valores normales de concentración de hemoglobina y niveles de anemia (Hasta 500 msnm).....	31
Tabla 2 Ajuste de hemoglobina según la altura sobre el nivel del mar	41
Tabla 3 Contenido físico-químico de macronutrientes (g/100g de muestra) de Quinoa Pasankalla	50
Tabla 4 Contenido micronutrientes (g/100g de muestra) de Quinoa Pasankalla	50
Tabla 5 Contenido de aminoácidos en los granos de Quinoa Pasankalla por cada 100gr de proteínas	51
Tabla 6 Composición de macronutrientes de variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus)(g/100g de muestra)	55
Tabla 7 Composición química de la Kiwicha (g/100g de muestra)	55
Tabla 8 Composición de macronutrientes y micronutrientes de variedades de Cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen) (g/100g de muestra).....	59
Tabla 9 Contenido de aminoácidos en la Cañihua	59
Tabla 10 Composición de macronutrientes del maíz amarillo (zea mays)	62
Tabla 11 Minerales y vitaminas en la harina de sangre	64
Tabla 12 Ratas Wistar y sus características anatómicas	65
Tabla 13 Valores normales de hemoglobina de las ratas Wistar	66
Tabla 14 Operacionalización de variables	72
Tabla 15 Formulación de los extruidos, Puno, 2024.....	74
Tabla 16 Dieta deficiente en hierro para la inducción de anemia ferropénica en ratas Wistar, Puno, 2024.....	92



Tabla 17	Composición nutricional de la dieta habitual de las ratas cepa Wistar, Puno, 2024.....	96
Tabla 18	Formulación de los extruidos para las ratas Wistar Puno,2023	102
Tabla 19	Composición centesimal de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT, Lima,2023.....	104
Tabla 20	Hierro (mg/100g) de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT, Lima,2023.....	105
Tabla 21	Calidad microbiológica de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT, Lima,2023.....	109
Tabla 22	Nivel promedio de Hemoglobina (mg/dl) de las ratas wistar	113
Tabla 23	Selección del mejor tratamiento.....	114
Tabla 24	Test estadístico de Levene	143
Tabla 25	Prueba estadístico de ANOVA	144
Tabla 26	Selección del mejor tratamiento.....	145



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Características de la Quinoa Pasankalla	47
Figura 2 Fotografía referencial de la Planta de Kiwicha.....	52
Figura 3 Imagen fotográfica: Granos de Cañihua	57
Figura 4 Rata Wistar.....	65
Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la harina de sangre bovina	76
Figura 6 Diagrama de flujo del proceso para la formulación y elaboración de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico.....	78
Figura 7 Diagrama de flujo para la inducción y tratamiento de anemia en ratas	97
Figura 8 Esquema experimental	99
Figura 9 Inducción de anemia y recuperación de las ratas de los grupos experimentales	111
Figura 10 Diagrama de cajas de niveles de hemoglobina entre tratamientos	142



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Base de datos	130
ANEXO 2 Recuperación de hemoglobina en ratas al final del tratamiento.....	131
ANEXO 3 Promedios de nivel de hemoglobina de las ratas en las diferentes etapas de experimentación.....	132
ANEXO 4 Documentos	133
ANEXO 5 Resultados de Laboratorio	135
ANEXO 6 Normalidad de datos	141
ANEXO 7 Datos estadísticos complementarios	142
ANEXO 8 Panel fotográfico.....	146
ANEXO 9 Declaración jurada de autenticidad.....	148
ANEXO 10 Autorización para deposición a repositorio	150



ACRÓNIMOS

CENAN	Centro Nacional de Alimentación y Nutrición
CIEI	Comité Institucional de Ética en Investigación
ENDES	Encuesta Demográfica y de Salud Familiar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
INS	Instituto Nacional de Salud
MINSA	Ministerio de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud.



RESUMEN

La presente investigación busca determinar el efecto del consumo de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida. El estudio es de tipo experimental, prospectivo de corte longitudinal, la muestra estuvo conformada por 20 animales de experimentación, de 21 días de edad, procedentes del bioterio de la Universidad Católica de Santa María. Fueron distribuidos en 4 grupos: G.C. (Dieta deficiente en hierro), GE1 (6% hierro hemínico), GE2 (8% hierro hemínico), GE3 (10% hierro hemínico) cada uno conformado por 5 unidades experimentales. Se les indujo anemia ferropénica a través de una dieta deficiente en hierro por cuatro semanas y flebotomía caudal tres veces por semanas logrando disminuir sus niveles de hemoglobina. El tratamiento post-inducción a la anemia ferropénica a las unidades experimentales se dio con una formulación de un extruido a base de harina de quinua, kiwicha, cañihua y maíz enriquecido con tres diferentes concentraciones de hierro hemínico al 6%, 8% y 10%; por un periodo de cuatro semanas y se analizó la hemoglobina mediante punción venosa caudal. En los resultados, se destacó que el grupo experimental 3 que recibió el extruido enriquecido con 10% de hierro hemínico, mostró el mayor incremento en el nivel de hemoglobina, con un aumento de 5.86 mg/dl; en comparación con el grupo experimental 2, que recibió el extruido con 8% de hierro hemínico, presentó un aumento de 3.96 mg/dl y el grupo experimental 1, que recibió el extruido con 6% de hierro hemínico, alcanzó un aumento de 2.18 mg/dl en el nivel de hemoglobina. Estos resultados respaldan la efectividad del extruido enriquecido con 10% de hierro hemínico en la recuperación de la anemia ferropénica en ratas Wistar, además de cumplir con los valores microbiológicos exigidos.

Palabras clave: Extruido, Cereales andinos, Hierro hemínico, Ratitas, Anemia ferropénica.



ABSTRACT

This research aims to determine the effect of the consumption of an extruded product based on Andean cereals enriched with haem iron on the recovery of Wistar rats with induced iron deficiency anaemia. The study is an experimental, prospective, longitudinal study, the sample consisted of 20 experimental animals, 21 days old, from the biotherium of the Catholic University of Santa Maria. They were divided into 4 groups: G.C. (iron deficient diet), GE1 (6% haem iron), GE2 (8% haem iron), GE3 (10% haem iron), each group comprising 5 experimental units. Iron deficiency anaemia was induced through an iron-deficient diet for four weeks and caudal phlebotomy three times a week, achieving a decrease in haemoglobin levels. Post-induction treatment of iron deficiency anaemia was given to the experimental units with an extruded formulation based on quinoa, kiwicha, cañihua and maize flour enriched with three different concentrations of haem iron at 6%, 8% and 10%; for a period of four weeks and haemoglobin was analysed by caudal venous puncture. The results showed that experimental group 3, which received the extrudate enriched with 10% haem iron, showed the greatest increase in haemoglobin level, with an increase of 5.86 mg/dl; in comparison with experimental group 2, which received the extrudate with 8% haem iron, showed an increase of 3.96 mg/dl and experimental group 1, which received the extrudate with 6% haem iron, achieved an increase of 2.18 mg/dl in haemoglobin level. These results support the effectiveness of the extrudate enriched with 10% haem iron in the recovery of iron deficiency anaemia in Wistar rats, as well as meeting the required microbiological values.

Keywords: Extruded, Andean cereals, Heme iron, Rats, Iron deficiency anemia.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La anemia es un problema de salud global que afecta a 269 millones de niños y niñas en todo el mundo, afectando principalmente a menores de 5 años. La prevalencia de la anemia es mayor en países en vías de desarrollo (1). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 50% de los casos de anemia son causados por la deficiencia de hierro, lo que afecta la salud, desarrollo psicomotor y cognitivo de los niños, disminuyendo el rendimiento académico (2,3).

En el Perú, la anemia sigue siendo un desafío constante afectando a niños y niñas. Según los datos más recientes del INEI, el 42,4% de niños de 6 a 35 meses presentan anemia. A pesar de los esfuerzos del gobierno por reducir esta cifra al 39% para el año 2023 mediante el Plan Nacional de Lucha contra la anemia, aún no se ha alcanzado esta meta(4). La región de Puno tiene la mayor tasa de anemia en niños menores de 35 meses, con un 67,2%, lo que significa que siete de cada diez niños son afectados(4). En este contexto, se están implementando diversas estrategias para combatir la anemia, como la fortificación de alimentos con hierro y la distribución de suplementos de hierro y ácido fólico tanto en niños, adolescentes y gestantes(5).

El MINSA (Ministerio de Salud) ha recomendado el uso de sales ferrosas (sulfato y fumarato ferroso) como tratamiento para la anemia por deficiencia de hierro, permitiendo regular los niveles normales de hierro en sangre(6). En este sentido, el presente estudio propone evaluar el efecto del consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con tres diferentes concentraciones de hierro hemínico en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.



La organización de este trabajo de investigación se estructura de la siguiente manera: El Capítulo I abarca la introducción, la formulación del problema, la justificación del estudio, así como los objetivos generales y específicos. El Capítulo II aborda la revisión de la literatura, que incluye antecedentes a nivel internacional, nacional y local. En el Capítulo III se describen los materiales y la metodología empleada en el estudio. Los resultados y la discusión se exponen en el Capítulo IV. Las conclusiones se presentan en el Capítulo V, y el Capítulo VI ofrece las recomendaciones derivadas de la investigación. Finalmente, el Capítulo VII contiene las referencias bibliográficas consultadas (11).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la OMS, la anemia es la baja concentración de eritrocitos en sangre, lo que limita la capacidad del organismo para transportar oxígeno a los tejidos (7).

La anemia ferropénica afecta especialmente a niños durante su etapa de crecimiento, evidenciándose a través de síntomas como palidez, fatiga y desinterés. Esta afección impacta cerca del 42% de los niños menores de 5 años en todo el mundo (8). Según datos del INEI de 2022, la anemia infantil en el Perú afecta a aproximadamente el 42.4% de los niños de 6 a 35 meses, constituyendo un creciente problema de salud pública. Es aún más preocupante el hecho de que en la región de Puno, en el sur de Perú, la prevalencia de anemia en niños menores de 35 meses asciende a un 67,2%. Estas cifras subrayan la necesidad apremiante de implementar medidas efectivas para tratar esta grave problemática de salud pública (9).

Ante el desafío de tratar la anemia ferropénica, la alimentación desempeña un rol crucial. La incorporación de alimentos ricos en hierro, como vísceras, carnes magras, pescado, legumbres y cereales enriquecidos, se vuelve imperativa para elevar los niveles



de hierro en la sangre. Estos alimentos, al proporcionar tanto hierro hemo como no hemo, presentan una absorción diferencial en el organismo, subrayando la necesidad de una alimentación equilibrada para combatir de manera efectiva esta cuestión de salud (10)(11).

En el Perú, existe una gran variedad de cereales andinos, cada uno con un gran valor nutricional. Entre estos cereales destacan la quinua, la kiwicha y la cañihua. La quinua, con variedades como la Collana Negra, Pasankalla y Blanca de Junín, ofrece un equilibrio óptimo de proteínas, con un contenido que oscila entre el 15% y el 23%, incluyendo albúmina y globulina. Además, es rica en minerales como potasio, calcio, fósforo, magnesio y hierro, y contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para el cuerpo humano. La kiwicha, con alrededor de 19 variedades de colores diversos, presenta un contenido proteico un 30% superior y una amplia gama de aminoácidos. Es rica en minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio, fósforo, azufre y sodio, así como en vitaminas del complejo B, vitamina A y vitamina E. La cañihua abarca alrededor de 150 especies, que son comúnmente denominadas cenizos, presenta un elevado porcentaje de proteína, que oscila entre el 15% y el 19%, es rica en micronutrientes, incluyendo calcio, hierro y fósforo. Al enriquecer estos cereales con harina de sangre bovina, se incorpora una fuente abundante en vitamina B12 y hierro hemínico de alta biodisponibilidad, crucial para la formación de glóbulos rojos y la elevación de los niveles de hemoglobina (12).

Estudios previos han revelado que la ingesta de alimentos como cereales, legumbres, verduras y frutas puede influir de manera notable en los niveles de hemoglobina en personas con anemia. Estos hallazgos subrayan la importancia de explorar y desarrollar más alimentos que puedan contribuir a reducir la prevalencia de la anemia de manera efectiva (13)(14)(15).



A pesar de la relevancia de disponer de productos fortificados con hierro hemínico para el manejo de la anemia ferropénica, actualmente hay una escasez en el mercado. Los suplementos nutricionales disponibles suelen ser costosos, lo que dificulta su acceso para personas con recursos limitados, quienes son más susceptibles a padecer esta condición.

Ante esta problemática de la anemia ferropénica, se ha propuesto desarrollar un producto extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico proveniente de sangre bovina. Esta propuesta tiene como objetivo proporcionar una alternativa nutricional novedosa y asequible para la recuperación de la anemia ferropénica, con la capacidad de influir considerablemente en la salud de las personas afectadas. En consecuencia, para llevar a cabo esta investigación, formulamos la siguiente pregunta.

1.2. PROBLEMA

- ¿Cuál es el efecto del consumo de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida, Puno 2023?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La anemia por deficiencia de hierro es una condición de salud común a nivel global, dando lugar a la anemia ferropénica que afecta al 30% de la población global (16). En Latinoamérica, la prevalencia de anemia impacta al 29.3% de niños menores de cinco años (17).

Para abordar este desafío de la presencia de anemia en la infancia, se han llevado a cabo investigaciones enfocadas en la creación de alternativas alimenticias. La propuesta de un nuevo alimento en forma de extruido enriquecido con hierro hemínico surge como



una opción innovadora para su consumo, especialmente dirigida a niños, mujeres en edad fértil y gestantes, que constituyen grupos vulnerables.

El proceso de extrusión en la producción de alimentos permite la transformación de una amplia gama de cereales, manteniendo sus propiedades nutricionales y mejorando su digestibilidad. Además, durante la cocción por extrusión, el hierro experimenta un ligero aumento en su biodisponibilidad (12)(18).

La combinación de cereales andinos como la cañihua, quinua y kiwicha con hierro hemínico y la harina de sangre bovina surge como una opción prometedora para enfrentar la anemia ferropénica. Aunque existen estudios que respaldan el efecto antianémico de la harina de sangre bovina, la propuesta innovadora radica en la estratégica combinación de esta fuente de hierro altamente absorbible con los cereales andinos, que poseen proteínas de alta calidad, potenciando así su efecto antianémico (19).

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con tres diferentes concentraciones de hierro hemínico en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Formular un extruido a base de cereales andinos enriquecido con diferentes concentraciones hierro hemínico.



- Determinar la composición centesimal, contenido de hierro y calidad microbiológica del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico.
- Inducir anemia ferropénica en ratas cepa Wistar mediante una dieta deficiente en hierro.
- Determinar el efecto de los extruidos a base de cereales andinos enriquecidos con hierro hemínico en los niveles de hemoglobina de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

- El consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico tiene efecto en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Tello E., *et al.* 2022, hicieron un trabajo de investigación con el objetivo de analizar los efectos de la suplementación con hierro microencapsulado (hierro mineral) y hierro hemínico (hierro derivado de animales) sobre los niveles de hemoglobina (Hb) y el peso corporal en ratas con anemia. Se formaron cuatro grupos de estudio. El grupo control (GC) se comparó con tres grupos experimentales. El Grupo experimental 1 (GE1) recibió suplementación de hierro microencapsulado, mientras que el Grupo experimental 2 (GE2) fue suplementado con hierro hemínico y el Grupo experimental 3 (GE3) recibió una combinación de suplementos de hierro microencapsulado y hierro hemínico. Al grupo control, se le administró una dieta en polvo sin contenido de hierro, mientras que los grupos experimentales recibieron una dieta basada en harina de quinua y cañihua. La suplementación se realizó durante 15 días, con mediciones de peso, longitud y hemoglobina antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron que el GE1 incrementó significativamente la hemoglobina en un 14,3% (2,1 g/dl). De manera similar, el GE2 experimentó un aumento significativo del 14,5%. Sin embargo, el GE3, a pesar de combinar ambos tipos de hierro, no superó los resultados individuales del GE1 y GE2. En conclusión, se propone que la combinación de hierro hemínico con harina de quinua y cañihua podría representar un suplemento de hierro novedoso, seguro y eficaz. Esta recomendación se fundamenta en la comparación con el hierro microencapsulado,



resaltando la mayor biodisponibilidad de hierro que ofrece dicha combinación (20).

Cristancho L., *et al.* 2021, llevaron a cabo un estudio con el objetivo de fortificar galletas de chocolate y néctar de mora con hierro proveniente de hemoglobina bovina en polvo, dirigido a niños de 5 a 10 años. Se probaron tres formulaciones diferentes, con porcentajes de hemoglobina de 6%, 7,4% y 8,6% en las galletas, y de 0,59%, 0,94% y 1,29% en el néctar. Los resultados del análisis sensorial mostraron que la primera formulación de las galletas y la segunda del néctar fueron bien aceptadas. Se concluyó que la adición de hemoglobina bovina en polvo fue efectiva para la elaboración de galletas, pero en el caso del néctar, se observaron inconsistencias en sus propiedades organolépticas y funcionales, lo que dificultó su estabilización (21).

Anaya D., *et al.* 2020. Realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el efecto de las galletas antianémicas elaboradas con quinua y hierro hemínico en ratas con anemia. Se establecieron tres grupos: dos experimentales (G2 y G3) y uno de control (G1). Durante cinco semanas, los grupos experimentales recibieron diariamente 20 g de galletas enriquecidas con quinua y sangre bovina en diferentes concentraciones. El G2 fue alimentado con la Formulación 1 y el G3 con la Formulación 2, mientras que el G1 no recibió galletas fortificadas. Los resultados mostraron que la Formulación 2 alcanzó niveles de hemoglobina de 15 g/dL, lo que reflejó una mayor eficacia en términos de concentración de hierro y proteínas debido a la combinación de quinua y sangre bovina. Estas galletas fueron aceptadas en un 70% y presentaron una síntesis de hierro hemínico del 80%. Se llegó a la conclusión de que las galletas con la



Fórmula 2 presentaban los niveles óptimos de proteína de quinua y hierro hemínico, adecuados para el tratamiento de la anemia. (22).

2.1.2. A nivel nacional

Cáceres G. 2023, elaboró un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la toxicidad aguda de tres fórmulas alimenticias (FA1, FA2, FA3) y su impacto en los niveles de hemoglobina en ratas con anemia ferropénica inducida. En el estudio, se empleó un total de 78 ratas de la cepa Holtzman, distribuidas en 24 para evaluar la toxicidad aguda y 54 para la actividad antianémica. En el primer ensayo, se formaron 4 grupos (3 ratas/grupo): Grupo de control (agua destilada), Grupo FA1, Grupo FA2 y Grupo FA3, cada uno recibiendo una dosis inicial de 2000 mg/kg. Para el segundo ensayo, se repitieron las condiciones con nuevos animales. Para analizar la actividad antianémica, se indujo anemia ferropénica mediante una dieta carente de hierro durante 30 días. Se establecieron 9 grupos (6 ratas/grupo) y se administraron tratamientos durante 28 días, incluyendo Grupo de control sin anemia, Grupo de control anémico, Grupo de sulfato ferroso (SF), Grupo de hierro hemínico (HM), Grupo FA1-500, FA1-1000, FA1-2000, FA2-2000 y FA3-2000. Según los resultados en los ensayos, no se detectó mortalidad ni signos de toxicidad en ninguna rata con la dosis de 2000 mg/kg. Las tres formulaciones alimenticias lograron revertir la anemia, demostrado por la restauración de los niveles de hemoglobina a valores normales al final del estudio. El grupo FA1-2000 mostró la mejor respuesta antianémica. En conclusión las fórmulas FA1, FA2 y FA3, que contenían ingredientes como quinua, hierro hemínico bovino en polvo, cacao, inulina vegetal, camu camu y espirulina, demostraron ser seguras a la dosis de 2000 mg/kg y presentaron efectos positivos en el tratamiento de la anemia en ratas tras 28 días (23).



Estrada J. y Estrella Z. 2022, realizaron un trabajo de investigación con el objetivo evaluar el efecto de la harina de quinua y cañihua en ratas anémicas de la cepa Holtzman. También se analizó la composición proximal y la toxicidad aguda de estas harinas. Los resultados revelaron que la quinua contenía un 22% de proteínas, mientras que la cañihua tenía un 16%. La evaluación de la toxicidad mostró que una dosis máxima de 15,000 mg/kg de ambas harinas fue segura y no presentó efectos adversos. En conclusión, se observó un incremento en los niveles de hematocrito, alcanzando un $24,5 \pm 0,5\%$ para la harina de quinua y un $22,1 \pm 0,3\%$ para la harina de cañihua, con un valor de $p \leq 0,05$, lo que indica una actividad antianémica significativa (24).

Aco K., *et al.*, 2020, llevaron a cabo una investigación con el objetivo de formular y evaluar galletas utilizando harina de bazo de bovino para niños con anemia. Se desarrollaron tres formulaciones de galletas con harina de bazo, y se realizó una prueba de aceptabilidad con 102 niños de 4 a 5 años para identificar la fórmula preferida. El análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95%, reveló que la formulación con un 30% de harina de bazo fue la más aceptada. Las galletas elaboradas con esta formulación fueron sometidas a análisis centesimal y microbiológico. Posteriormente, se realizó una prueba biológica en ratas Wistar, distribuidas en tres grupos: experimental, control y blanco. Se midieron los niveles de hemoglobina al inicio, durante y al final del experimento. Los resultados mostraron que el grupo experimental, alimentado con galletas que contenían harina de bazo al 30%, experimentó un aumento significativo en los niveles de hemoglobina, con un nivel de confianza del 95% (25).

Arcaya M., *et al.* 2020, observaron el impacto de la ingesta de galletas fortificadas con sangre bovina en los niveles de hemoglobina en niños anémicos



de 3 a 5 años. La muestra total incluyó 32 niños, divididos en 15 en el grupo experimental con hemoglobina < 11 g/dl y 17 en el grupo control con hemoglobina > 11 g/dl. Se utilizó la prueba estadística T de Student ($p < 0,05$). Dando como resultado que después de 12 semanas de consumo del producto, se observó un aumento significativo en los niveles de hemoglobina: el grupo experimental pasó de 10,4 g/dl a 11,6 g/dl, mientras que el grupo control aumentó de 11,7 g/dl a 12,1 g/dl. La comparación de los incrementos mostró que el grupo experimental experimentó un aumento de 1,2 g/dl, frente a un aumento de 0,4 g/dl en el grupo control. Esto sugiere que el consumo de galletas fortificadas resultó en una mejora más significativa en los niveles de hemoglobina en el grupo experimental (26).

Amaro J., *et al.* 2019, evaluaron el efecto del consumo de extracto de quinua en ratones *Mus musculus* cepa Balb/c con anemia ferropénica inducida. Los ratones se dividieron en tres grupos: un grupo control negativo con una dieta rica en hierro, un grupo control positivo y un grupo experimental con deficiencia de hierro. Durante un mes, el grupo experimental recibió una dieta deficiente en hierro de 40 g/día, y a partir de la quinta semana se incorporaron 20 g/día de extracto de quinua. Los resultados mostraron que la adición de 20 g/día de extracto de quinua en la dieta deficiente en hierro incrementó los niveles de hemoglobina en el grupo experimental aumentando en 2,1 g/dL en comparación con el grupo control, lo que confirma que el extracto de quinua mejora los niveles de hemoglobina (27).

Garay J. 2018, desarrolló y evaluó sus galletas antianémicas enriquecidas con sangre bovina y quinua desde las perspectivas físico-químicas y sensoriales. Se probaron tres formulaciones diferentes: F1 (30% de sangre bovina), F3 (40%) y F5 (50%), las cuales fueron evaluadas mediante una prueba de preferencia con



30 jueces especializados. La fórmula F5, que contenía harina de quinua al 40% y puré de sangre bovina al 50%, fue la preferida. El análisis sensorial indicó que esta fórmula presentaba un color, aroma, sabor y textura adecuados, con una alta aceptación general. Además, los estudios físico-químicos y microbiológicos confirmaron que el producto cumple con los estándares de la FAO y es seguro para el consumo humano (28).

2.1.3. A nivel local

Quispe A. 2021, evaluó el impacto del consumo de gomitas funcionales elaboradas con hígado de pollo, quinua y plátano en la recuperación de ratas con anemia inducida. La inducción de anemia ferropénica se dio con una dieta deficiente en hierro para lo cual se utilizó 15 ratas machos destetadas y 5 no entraron a la inducción. El tratamiento de anemia se realizó en 4 grupos experimentales, cada grupo con 5 ratas: el primer grupo fue alimentada con 15 g/d de formulación 1 (quinua 7%, hígado 11%, plátano 14%) y 5 g de dieta habitual, el segundo grupo con 15 g/d de formulación 2 (quinua 11%, hígado 7%, plátano 14%) y 5 g de dieta habitual, el tercer grupo con 20 g de dieta habitual y FeSO₄ a 45 mg/kg de peso corporal y el cuarto grupo sin anemia con 20 g de dieta habitual. Los resultados de la composición química nutricional reveló que la formulación F(1) tenía mayores concentraciones de hierro, proteínas, grasas, energía calórica y ácido ascórbico en comparación con la F(2). Durante la inducción de anemia ferropénica en 15 ratas Wistar, los niveles de hemoglobina bajaron significativamente, pasando de 15,86 a 10,26 g/dl. El tratamiento con las gomitas resultó en un aumento notable en los niveles de hemoglobina, con el primer grupo alcanzando 13,44 g/dl, el segundo grupo 12,76 g/dl, el tercer grupo 12,2 g/dl, y el cuarto grupo experimentando una ligera disminución, con 14,86 g/dl (26).



Lupaca Y. y Tapara C. 2018, realizaron una investigación que comparó el impacto de la suplementación con multimicronutrientes frente a una propuesta dietética basada en sangre de res en los niveles de hemoglobina en niños y niñas de 18 a 36 meses del C.S. José Antonio Encinas en Puno. Los niños fueron divididos en tres grupos experimentales y un grupo control, cada grupo con 10 niños, y con una intervención de 60 días. El grupo control de niños con anemia no recibió tratamiento. El grupo experimental I de niños con anemia consumió la propuesta dietética a base de sangre de res que contenía 12.5 mg de hierro. El grupo experimental II de niños sin anemia consumió la misma propuesta dietética con 12.5 mg de hierro. El grupo experimental III de niños sin anemia consumió multimicronutrientes que contenían 12.5 mg de hierro elemental. Los resultados mostraron que al 66.7% de los niños les gustó la propuesta dietética a base de sangre de res, al 25% no les gustó y al 8.3% no les gustó ni les disgustó. Se encontró que los niveles de hemoglobina aumentaron significativamente en el grupo con anemia que consumió la propuesta dietética a base de sangre de res, con una diferencia de +1.78 g/dl. En el grupo sin anemia que consumió la misma intervención, los niveles de hemoglobina aumentaron en +1.20 g/dl. En contraste, el grupo que recibió multimicronutrientes mostró un aumento de 0.54 g/dl (30).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Anemia

La OMS define la anemia como una deficiencia en la cantidad de eritrocitos, lo que incapacita el transporte de oxígeno de manera adecuada hacia los tejidos y estos puedan cumplir con sus necesidades fisiológicas (7). En los estudios hematológicos, tanto a nivel de población como en contextos clínicos, la

medición de los valores séricos de hemoglobina (Hb) se utiliza como el parámetro principal para evaluar el estado de salud relacionado con los glóbulos rojos (31) y el indicador principal para diagnosticar la anemia. El MINSA establece los siguientes umbrales para definir la anemia en relación a la concentración de hemoglobina (7)

Tabla 1

*Valores normales de concentración de hemoglobina y niveles de anemia
(Hasta 500 msnm)*

Población	Con anemia según niveles de hemoglobina (g/dL)			Sin anemia según niveles de hemoglobina (g/dL)
Niños				
Niños prematuros				
1ª semana de vida	<13.0			>13.0
2ª a 4ta semana de vida	< 10.0			>10.0
5 a a 8va semana de vida	< 8.0			>8.0
Niños nacidos a término				
Menor de 2 meses	<13.5			13.5-18.5
Niños de 2 a 6 meses cumplidos	<9.5			9.5-13.5
	Severa	Moderada	Leve	
Niños de 6 a 23 meses	<7.0	7.0-9.4	9.5-10.4	>11.0
Niños de 24 a 59 meses	<7.0	7.0-9.9	9.5-10.9	
Niños de 5 a 11 años	<8.0	8.0-10.9	11.0-11.4	>11.5
Adolescentes				
Adolescentes mujeres de 12-14 años no embarazadas	<8.0	8.0-10.9	11.0-11.9	>12
Varones de 12 a 14 años	<8.0	8.0-10.9	11.0-11.9	>12
Varones de 15 años a más	<8.0	8.0-10.9	11.0-12.9	>13
Mujeres NO gestantes de 15 años a más	<8.0	8.0-10.9	11.0-11.9	>12
Mueres gestantes y puérperas				
Primer trimestre	<7.0	7.0-9.9	10.0-10.5	>11.0
Segundo trimestre	<7.0	7.0-9.9	9.5-10.4	>10.5
Tercer trimestre	<7.0	7.0-9.9	10.0-10.9	>11.0
Puérpera	<8.0	8.0-10.9	11.0-11.9	>12.0

Nota: MINSA adaptado a la OMS 2024(32).



2.2.2. Hierro

El hierro, un mineral traza, en pequeñas cantidades para el cuerpo humano, desempeña un papel crucial en diversos procesos biológicos vitales. A pesar de su presencia en cantidades mínimas en el cuerpo, Su rol en el transporte de oxígeno a las células, al formar parte del grupo hemo en la hemoglobina, es crucial. Además, el hierro interviene en la fosforilación oxidativa, en la síntesis de ADN y ARN, y funciona como coenzima en diversos procesos metabólicos fundamentales. La deficiencia de hierro se manifiesta cuando la ingesta no cubre las necesidades del organismo, y se desarrolla en etapas progresivas de intensidad (33).

2.2.2.1. Metabolismo del Hierro

2.2.2.1.1. Absorción del hierro

La absorción del hierro se lleva a cabo en el lumen intestinal, en este proceso, el hierro es transportado a través del torrente sanguíneo con la ayuda de los enterocitos. La captación de hierro ocurre principalmente en dos regiones del intestino delgado: el duodeno y el yeyuno proximal. En estas áreas, las integrinas, que son moléculas responsables de facilitar la unión y el transporte del hierro al interior de las células, juegan un papel importante (34).

En la dieta, el hierro se presenta en forma hemínico y no hemínico, El hierro se presenta en dos formas en el intestino, con una proporción de 10% y 90%, respectivamente. Para que el hierro sea asimilado en el tracto intestinal, debe encontrarse en su forma de ion ferroso (Fe^{2+}), lo que



favorece su tránsito a través de la membrana apical del epitelio intestinal (34).

a) Hierro hemínico

El hierro hemínico, que se encuentra en alimentos de origen animal, pasa a través de la bicapa fosfolipídica celular como metaloporfirina intacta después de que las enzimas endoluminales o de la membrana del enterocito descompongan la globina. Esta descomposición es importante para mantener el hemo en estado soluble, facilitando así su absorción. Dentro del citosol, la hemoxigenasa descompone la estructura tetrapirrólica, permitiendo que el hierro sea liberado en la sangre en su forma inorgánica. Sin embargo, una pequeña cantidad de hemo puede ser transferida directamente al torrente sanguíneo. A pesar de representar una fracción minoritaria en la dieta, la absorción del hierro hemínico es significativamente mayor (20-30%) y menos afectada por los componentes de la misma. La inclusión de carne en la alimentación favorece la absorción del hierro hemo, posiblemente debido a la contribución de ciertos aminoácidos y péptidos a mantener el hierro soluble y disponible para la absorción. A diferencia del hierro inorgánico, la absorción del hemo no se ve afectada significativamente por el ácido ascórbico, dado que este tipo de hierro posee menos enlaces de coordinación disponibles, su absorción puede ser limitada. Además, el calcio reduce la absorción tanto del hierro hemínico como del no hemínico al interferir en el proceso de transferencia del metal desde la célula de la mucosa, aunque no influye en su entrada a la célula (35).



b) El hierro no hemínico

El hierro no hemínico, presente en alimentos de origen vegetal, se reduce a hierro ferroso (Fe^{2+}) en presencia del ácido clorhídrico gástrico, forma soluble que puede traspasar la barrera de la membrana intestinal. Compuestos como el ácido ascórbico, algunos aminoácidos y ciertos azúcares tienen la capacidad de formar quelatos de hierro de bajo peso molecular, lo que facilita su captación en el intestino (36). Si bien el hierro puede ser absorbido a lo largo del tracto digestivo, la absorción es más eficaz en el duodeno y en la parte superior del yeyuno (37). En la mucosa intestinal, un receptor especializado en el borde en cepillo facilita la incorporación del hierro en el interior celular. La apotransferrina presente en el citosol acelera y optimiza la absorción del hierro. En el citosol, la ceruloplasmina convierte el hierro ferroso en hierro férrico, lo que permite su unión con la apotransferrina y su transformación en transferrina. El hierro excedente en la célula se almacena en forma de ferritina, de la cual una fracción puede liberarse posteriormente al torrente sanguíneo (36).

2.2.3. Anemia Ferropénica

La anemia ferropénica, o anemia causada por la deficiencia de hierro (AFé), se origina por la escasez de hierro. Esta condición, común en la infancia, se caracteriza por la incapacidad de la médula ósea para sintetizar hemoglobina debido a la carencia de hierro (16). Se calcula que la mitad de los casos de anemia diagnosticados están vinculados a la deficiencia de este mineral (38).

Esta afección impacta el desarrollo de los tejidos, reduce el rendimiento laboral y afecta la capacidad de concentración, y genera síntomas como fatiga,



malestar general y un aumento en la susceptibilidad a infecciones, impactando negativamente en la calidad de vida y en la capacidad laboral de los individuos afectados. En situaciones fisiológicas específicas, como el embarazo o el crecimiento en niños y adolescentes, la anemia ferropénica puede acarrear complicaciones adicionales o retrasos en el desarrollo (33).

2.2.3.1. Causas de la Anemia Ferropénica

El estado de hierro de un individuo depende del equilibrio entre la biodisponibilidad del hierro, las pérdidas y los requerimientos para el crecimiento. Este equilibrio se ve afectado por la cantidad de hierro consumida, la composición de la dieta y la regulación de la absorción en la mucosa intestinal. La absorción del hierro en el organismo depende de su forma química (hemo o no hemo) y de su interacción con otros elementos dietéticos. Estos pueden ser factores facilitadores, como el ácido ascórbico, la fructosa, el ácido cítrico, el ácido láctico y componentes cárneos, o factores inhibidores, como fosfatos, fitatos, calcio, fibras, oxalatos, taninos y polifenoles (38). Las causas de la anemia ferropénica, según la Norma Técnica "Manejo terapéutico y preventivo de la anemia en niños, adolescentes, mujeres gestantes y puérperas" del MINSA (43), abarcan (39).

- **A causa del aumento de las necesidades y déficit de depósitos de hierro:** Los neonatos prematuros o con bajo peso al nacer, niños nacidos a término, embarazos múltiples, infantes con infecciones recurrentes, madres durante el tercer trimestre de gestación, adolescentes en edad fértil y el clampaje precoz del cordón



umbilical, es decir, antes de un minuto del nacimiento, son factores que pueden influir en la condición de hierro (39).

- **Poco aporte de hierro:** Consumo de alimentos deficientes en hierro, especialmente aquellos de origen animal; dietas predominantemente basadas en hidratos de carbono y regímenes alimentarios ricos en vegetales (39).
- **Disminución de la absorción:** La absorción de hierro se reduce con el consumo de café, té, refrescos, mates y proteínas como caseína, suero y yema de huevo. Además, afecciones como diarrea, gastritis crónica, síndrome de malabsorción, ausencia posquirúrgica del duodeno y medicamentos como omeprazol, ranitidina y carbonato de calcio pueden afectar negativamente la absorción de hierro. (39).
- **Pérdidas de sangre:** Las anemias hemolíticas intravasculares, la extravasación de sangre perinatal, intrauterina o digestiva, la pérdida de sangre procedente de los pulmones o bronquios, los períodos menstruales con hemorragias continuas, la presencia de parásitos, infecciones bacterianas como la causada por *Helicobacter pylori*, y el uso prolongado de antiinflamatorios no esteroides y aspirina son factores que pueden contribuir a la deficiencia de hierro (39).

2.2.3.2. Signos y Síntomas de la Anemia Ferropénica



La falta de hierro afecta a órganos y tejidos, causando síntomas clínicos no específicos que pueden estar relacionados con diversas condiciones médicas, lo que a menudo dificulta su detección. La presencia o la ausencia de estos signos y síntomas generalmente está relacionada con la duración del padecimiento (38). En muchos casos, la deficiencia de hierro puede ser asintomática. Algunos de los signos y síntomas más frecuentes incluyen:

- **Síntomas generales:** Estos signos pueden incluir falta de apetito, aumento en el sueño, anorexia, disminución del rendimiento físico, fatiga, mareos y alteraciones en el crecimiento. La gravedad de estos síntomas está relacionada con la rapidez con la que se desarrolla la anemia, ya que la hemoglobina es esencial para transportar oxígeno a órganos vitales como el cerebro y el corazón (38).
- **Alteraciones en la piel y faneras:** Se puede notar palidez en la piel y mucosas, caída del cabello, y uñas planas y quebradizas. La palidez en las mucosas resulta de alteraciones en la cantidad y calidad de la sangre, ya que la hemoglobina es el pigmento que otorga el color rojo a los glóbulos rojos. Las uñas quebradizas son consecuencia de la importancia del hierro en la enzima ribonucleótido reductasa, crucial para el crecimiento celular (38).
- **Alteraciones alimentarias:** Se observa una inclinación a consumir sustancias no alimenticias, como uñas, cabello, tierra, hielo o pasta dental., en un fenómeno conocido como Pica. Este comportamiento



anómalo en el apetito puede estar relacionado con hambre, náuseas, vómitos, malestares digestivos y aumento de la producción de saliva (38).

- **Síntomas cardiorrespiratorios:** Incluyen dificultad para respirar al realizar esfuerzos, taquicardia y soplo. Estos síntomas aparecen cuando los niveles de hemoglobina son extremadamente bajos, dado que la falta de hierro impide al cuerpo producir la cantidad adecuada de hemoglobina para un transporte eficaz del oxígeno (38).
- **Alteraciones bucales:** Se puede observar inflamación de la mucosa bucal, glositis, entre otros síntomas. El hierro es crucial para la regulación de procesos en la transcripción y replicación celular, y su deficiencia puede resultar en una reparación deficiente de las células epiteliales, particularmente en la boca y los labios (38).
- **Trastornos inmunitarios:** La función leucocitaria se ve afectada, disminuyendo la capacidad de los glóbulos blancos para neutralizar agentes patógenos (38).
- **Síntomas neurológicos:** Estos trastornos abarcan problemas en el desarrollo psicomotor, dificultades en el aprendizaje, problemas de atención, memoria y en la percepción sensorial. La función del hierro en la mielinización neuronal es esencial para establecer conexiones neuronales (38).

2.2.3.3. Diagnóstico de Anemia Ferropénica

Según la Norma Técnica de Salud N° 213-MINSA/2024/DGIESP, que establece pautas para la prevención y control de la anemia por deficiencia de hierro en la niña y el niño, adolescentes, mujeres en edad fértil, gestantes y puérperas (32), se detalla el diagnóstico:

a) Según criterios clínicos

- **Anamnesis:** La anamnesis para el diagnóstico de anemia por deficiencia de hierro incluye la historia neonatal (edad gestacional, peso al nacer, etc.), la lactancia materna, la frecuencia de consumo de alimentos ricos en hierro, la presencia de pérdidas crónicas de sangre (menstruación abundante, sangrado digestivo), la historia de suplementación con hierro, enfermedades previas o concomitantes, exposición a fármacos o tóxicos, y el lugar de residencia en los últimos tres meses (32)
- **Examen físico:** toma en cuenta los siguientes síntomas para su evaluación:

Generales: Sensación de cansancio extremo, falta de energía, disminución del apetito, irritabilidad, problemas para dormir, mareos, dolores de cabeza y dificultades para concentrarse. En los niños, la anemia también puede afectar el crecimiento y desarrollo.

Piel y Faneras: Palidez en la piel y las membranas mucosas, lo que es un signo característico de la anemia. Además,



se puede observar pérdida de cabello, uñas quebradizas o con forma anormal.

Conducta Alimentaria: En algunos casos, las personas con anemia pueden experimentar una tendencia a consumir sustancias no comestibles como tierra, uñas, cabello, o pasta de dientes, un comportamiento conocido como pica.

Cardiopulmonar: Se pueden presentar palpitaciones rápidas (taquicardia), ruidos anormales en el corazón (soplos) y dificultad para respirar al realizar esfuerzos (disnea de esfuerzo).

Digestivo: Inflamación en las comisuras de los labios (queilitis angular), inflamación de la boca (estomatitis) y cambios en la lengua, como una superficie lisa, sensibilidad, dolor o inflamación (glositis).

Inmunológico: Las defensas del cuerpo pueden verse debilitadas, lo que aumenta la susceptibilidad a infecciones.

Neurológico: Se pueden observar problemas en el desarrollo psicomotor, dificultades para aprender, problemas de atención y memoria, y una respuesta débil a los estímulos sensoriales (32).

b) Exámenes de apoyo al diagnóstico

Los exámenes de apoyo al diagnóstico comienzan con una medición de hemoglobina (Hb) usando un hemoglobímetro portátil. Si la Hb está por debajo de lo normal (según la Tabla N° 13), se procede con un

hemograma completo (incluyendo Hb, hematocrito, glóbulos rojos, leucocitos, VCM, HCM, CHCM y plaquetas), recuento de reticulocitos, ferritina, proteína C reactiva (para descartar infección o inflamación), frotis sanguíneo (para observar la forma de los glóbulos rojos), y un examen parasitológico seriado en heces. En áreas con malaria o riesgo de intoxicación por plomo, se añaden la gota gruesa y la medición de plomo en sangre, respectivamente(32). Es relevante ajustar el valor de la hemoglobina para el diagnóstico en áreas ubicadas a más de 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm), debido a la influencia de la altitud en las concentraciones normales de hemoglobina:

Niveles de Hb ajustada = Hb observada - Factor de ajuste por altitud

Tabla 2

Ajuste de hemoglobina según la altura sobre el nivel del mar

Rangos de elevación (msnm)	Ajustes en la concentración de hemoglobina (g/dL) Disminuir:
1-499	0
500 – 999	0.4
1000-1499	0.8
1500-1999	1.1
2000 – 2499	1.4
2500 – 2999	1.8
3000 – 3499	2.1
3500 – 3999	2.5
4000 – 4499	2.9
4500 – 4999	3.3

Nota: MINSA adaptado a la OMS Directrices sobre los límites de hemoglobina para definir la anemia en individuos y poblaciones, 2024(32)



2.2.3.4. Tratamiento de anemia ferropénica

- **Recién nacidos, prematuros y lactantes de bajo peso al nacer:**
 - Atención médica especializada en entorno hospitalario.
 - Derivación a centro de mayor complejidad según la evolución del paciente.

- **Lactantes menores de 6 meses (a término y con peso adecuado al nacer):**
 - Suplementación oral con hierro: 3 mg/kg de peso al día durante 6 meses.
 - Seguimiento médico y nutricional.
 - Suplementación preventiva posterior, adaptada a la edad.

- **Niños y niñas de 6 meses a 11 años:**
 - Suplementación oral con hierro: 3 mg/kg de peso al día durante 6 meses. Ajustar la dosis según la edad.
 - Seguimiento médico y nutricional.
 - Suplementación preventiva posterior, adaptada a la edad.

- **Aspectos generales para todos los grupos de edad:**
 - Contraindicaciones: Anemia no ferropénica, alergia al hierro, primer trimestre del embarazo, infecciones, enfermedades con sobrecarga de hierro.



- Efectos adversos: Posibles reacciones anafilácticas, hipotensión, cefalea, mareos, náuseas, vómitos, flebitis, alteraciones hepáticas, hipofosfatemia, y toxicidad por radicales libres. Monitoreo constante y suspensión del tratamiento si aparecen.
- Anemia severa: Atención inmediata en centro de salud de alta complejidad.
- Criterios de alta: Tras 6 meses de tratamiento continuo y hemoglobina dentro del rango normal.
- Seguimiento: Consultas médicas y nutricionales regulares.
- Derivación: A centro de mayor complejidad si es necesario (ausencia de mejoría, efectos adversos, o diagnóstico incierto).
- Monitorización de hemoglobina: Frecuencia variable según edad y condición del paciente. Visitas domiciliarias o tele monitoreo para asegurar la adherencia al tratamiento (32).

2.2.4. Extruidos

La extrusión, una técnica clave en la industria alimentaria, utiliza principalmente dos tipos de maquinaria: la extrusora de un solo tornillo y la extrusora de doble tornillo. Estos equipos, con capacidades variables que van desde varios gramos hasta varias toneladas por hora, son fundamentales para convertir los granos de cereales en harinas y por tanto en productos comestibles como productos de cereales para el desayuno y aperitivos, la aplicación de alta temperatura y presión en la masa de almidón dentro de la extrusora provoca una



rápida evaporación de agua al salir por la boquilla, esta evaporación genera burbujas dentro del producto, lo que resulta en su característica expansión y, a su vez, influye en las propiedades sensoriales conocidas como sabor y textura con sensación crujiente en la boca (41).

La extrusión, útil para el procesamiento de alimentos, que implica el calentamiento rápido de la mezcla a altas temperaturas por un breve período. Este procedimiento se ejecuta en una extrusora que facilita la ejecución de múltiples operaciones unitarias y ajustes físico-químicos, englobando actividades como mezclado, cocción, amasado, modelado, corte, secado y esterilización, todas fundamentales para la conversión de la materia prima. Al culminar este ciclo, se finaliza con la salida del producto mediante una matriz con un diseño particular, siempre tratando de mantener la calidad, la alta productividad y bajo costo del producto (42).

2.2.4.1. Proceso de Extrusión de Alimentos

La extrusión es un proceso físico-químico complejo que ocurre debido a fuerzas mecánicas, altas temperaturas y humedad (43). En la extrusión de cereales o piensos, el producto se humedece hasta lograr un nivel de humedad entre el 22% y 30%, mientras que la temperatura aumenta debido a la conversión de energía mecánica en calor en el barril del extrusor, gracias a su diseño que asegura las condiciones óptimas de fricción y cizallamiento. Durante este procedimiento, se emplea una elevada fuerza de corte y cizallamiento, con temperaturas superiores a 100 °C, presiones oscilantes entre 120 y 410 kPa, y notables tensiones tangenciales en breves intervalos de tiempo(44).



El agua es expuesta a temperaturas que superan considerablemente el punto de ebullición, pero se mantiene en estado líquido debido a las elevadas presiones que se aplican en el sistema. Cuando el producto sale por el agujero de la matriz, el cambio abrupto de presión provoca la evaporación instantánea del agua mezclada con el producto, este proceso de evaporación conlleva a una expansión del producto, y las cadenas proteicas y de almidón son modificadas, lo que incrementa su superficie y las hace más susceptibles a la acción de enzimas, mejorando así su digestibilidad. La extrusión de alimentos es una tecnología ampliamente empleada para producir proteínas texturizadas, alimentos expandidos, y para modificar tanto proteínas como almidón (45).

2.2.4.2. Ventajas del Proceso de Extrusión

- **Versatilidad:** Entre Los factores que afectan la flexibilidad del proceso de extrusión incluyen los diseños específicos del extrusor, las variables operativas, la variedad de materias primas que se pueden procesar y las diversas características que se pueden obtener en los productos finales, como formas, colores, sabores y texturas (46).
- **Calidad del producto terminado:** Durante el proceso de extrusión, las partículas de alimento permanecen en el extrusor por un tiempo promedio de apenas unos segundos, lo que disminuye las probabilidades de deterioro vitamínico y de reacciones no deseadas entre proteínas y carbohidratos reductores. La capacidad de los extrusores para alcanzar altas temperaturas en breves

intervalos permite la producción de alimentos estériles y, debido a la completa gelatinización de los almidones, altamente digestibles (46).

2.2.5. Cereales Andinos

2.2.5.1. Quinoa Pasankalla (*Chenopodium quinoa Willd*)

a) Aspectos generales

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una planta perteneciente a la familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata*. Originaria de los Andes peruanos, La FAO ha destacado a la quinua como uno de los alimentos del futuro a nivel global, gracias a su notable adaptabilidad agronómica. Las semillas de quinua, que son la parte principal de la planta consumida, sobresalen por sus diversas cualidades nutraceuticas y su elevado contenido de proteínas (entre 12% y 20%), además de vitaminas y minerales como calcio, fósforo y hierro. El color de las semillas de quinua puede variar desde blanco hasta negro, si bien las variedades más populares suelen tener un tono amarillo claro (47).

b) Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica es la siguiente: (48)

- **Dominio:** Eukarya(eucariota)
- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta (Angiospermas)
- **Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
- **Orden:** Centrospermales

- **Familia:** Amaranthaceae (antes Chenopodiaceae)
- **Género:** Chenopodium
- **Sección:** Chenopodium
- **Subsección:** Cellulata
- **Especie:** Chenopodium quinoa Willd
- **Nombre común:** Quinoa

Figura 1

Características de la Quinoa Pasankalla



Nota: Recuperado de cervantes en el 2016.

a) **Distribución geográfica**

La quinoa, originaria de la región andina de América del Sur, su principal área de conservación está situada en el lago Titicaca, en la frontera entre Perú y Bolivia, a altitudes superiores a los 3800 metros, donde existen diversidades de esta planta. Esta planta se cultiva en una amplia gama de altitudes, desde el nivel del mar hasta los 4000 metros, aunque las mejores producciones se logran entre los 2500 y 3800 metros de altitud. Además de su presencia en la región andina, la quinoa se cultiva en países de América del Norte, Europa, el Himalaya, el Sudeste Asiático y África (49,50).



b) Variedades de quinua

La quinua presenta una gran diversidad de cultivares, con más de 1200 variedades diferentes. Entre las variedades más destacadas se encuentran la Collana Negra, Pasankalla y Blanca Junín(51). La Quinua Pasankalla (INIA 415) tiene su origen en la acción Pasankalla, recolectada en 1978 en la localidad de Caritamaya de Ácora, Puno. Esta variedad es la más ampliamente utilizada debido a su episperma con una presencia reducida de saponinas, lo que evita el sabor amargo característico de la quinua (52).

c) Componentes químicos de quinua Pasankalla

La quinua es un alimento sumamente nutritivo que ofrece un equilibrio óptimo de proteínas, incluyendo albúmina y globulina, así como almidón, fibra y una amplia gama de micronutrientes como potasio, calcio, fósforo, magnesio y hierro. Este cereal contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para el cuerpo humano y está enriquecido con diversos componentes, como vitamina E, vitamina C, vitaminas del complejo B, flavonoides, carotenos, compuestos fenólicos y fitoestrógenos como daidzeína y genisteína, que ayudan a prevenir la osteoporosis. Aunque la quinua es libre de gluten, presenta algunos componentes antinutricionales, como ácido fítico, taninos, tripsina y saponinas. Las saponinas, que son responsables de su sabor amargo, son compuestos esterol o triterpenoides que forman espuma al ser lavados con agua. La toxicidad de las saponinas varía según el tipo, el organismo receptor y su capacidad de absorción y sensibilidad. El contenido de saponina varía desde quinua ligeramente amarga hasta quinua muy amarga, y para



consumirla es necesario eliminar este amargor mediante un lavado o pulido fuerte. Se destaca que la quinua Pasankalla contiene menos saponinas y, por lo tanto, menos amargor que otras variedades (53).

d) Composición de macronutrientes y micronutrientes

Los granos de quinua, considerados como pseudocereal, se destaca por su excepcional contenido nutricional en semejanza con otros alimentos considerados básicos que contiene macronutrientes como se muestra en la Tabla 3. La proteína de la quinua es especialmente notable, con un contenido que oscila entre el 15% y el 23%, y proporciona todos los aminoácidos esenciales en proporciones equilibradas (54). La quinua es notablemente rica en micronutrientes como se destaca en la Tabla 4 con contenidos de potasio (563 mg/100 g), calcio (31,3 mg/100 g), hierro (3,3 mg/100 g), magnesio (176 mg/100 g), fósforo (408,3 mg/100 g) y zinc (3,2 mg/100 g). También es una buena fuente de vitaminas, tanto liposolubles como hidrosolubles. Entre las vitaminas liposolubles se encuentran el ácido retinoico (vitamina A), el ergocalciferol (vitamina D) y el tocoferol (vitamina E). En cuanto a las vitaminas hidrosolubles, la quinua contiene ácido ascórbico (vitamina C), ácido fólico (vitamina B9), tiamina (vitamina B1) y riboflavina (vitamina B2). Además, la quinua contiene aminoácidos esenciales como se muestra en la Tabla 5, que incluye treonina, metionina, lisina, y triptófano. Por último, la quinua contiene compuestos bioactivos como polifenoles, fitoesteroles y flavonoides, que se han asociado con propiedades promotoras de la salud (55).

Tabla 3

Contenido físico-químico de macronutrientes (g/100g de muestra) de Quinoa Pasankalla

Valor Nutricional	Quinoa INIA 415 Pasankalla (a)
Energía (Kcal)	364.68
Humedad	9.62
Proteínas	17.83
Fibra	3.00
Cenizas	2.83
Grasa	6.29
Carbohidratos	75.7

Nota: Fibra cruda; - = valor no determinado; (a) INIA (*Instituto Nacional de Innovación Agraria*) (2012)(52). (b) Navruz S. y Sanlier, N. en el 2016 (56). (c) Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., MilojkovicOpsenica, D., Jacobsen, C. y Milovanovic, M. en el 2012 (57). (d) Aro A.J.M. y Calsin, C.M. (2019) (58).

Tabla 4

Contenido micronutrientes (g/100g de muestra) de Quinoa Pasankalla

Sales minerales y fibras	Quinoa INIA 415 Pasankalla
Calcio (mg)	31.3
Hierro (mg)	3.3
Magnesio (mg)	176
Zinc (mg)	3.2
Potasio (mg)	563
Fósforo (mg)	408,3
Fibra Dietética (g/100g)	5.9

Nota: Ceyhun A. (55).

La demanda de quinua ha aumentado considerablemente, tanto como ingrediente principal como sustituto parcial en productos de consumo diario en la gastronomía. Este incremento en su uso se debe a la creciente preferencia de los consumidores por alimentos nutritivos y versátiles, quienes buscan no solo un producto sabroso, sino también rico en nutrientes (55).

Tabla 5

Contenido de aminoácidos en los granos de Quinoa Pasankalla por cada 100gr de proteínas

Aminoácidos	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) ^a
Histidina	2.7
Isoleucina	3.4
Leucina	6.1
Lisina	5.6
Metionina	3.1
Fenilalanina	3.7
Treonina	3.4
Triptófano	1.1
Valina	4.2

Nota: (a)Repo-Carrasco, R., C., Espinoza, S. E., Jacobsen en el 2003 (59).(b) Reyes, M.; Ávila, T. y Guevara, P. en el 2006 (60).

2.2.5.2. Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)

a) Aspectos generales

Amaranthus caudatus Linnaeus, conocida como kiwicha en el idioma quechua, es una de las tres especies más importantes de amaranto domesticado en la América precolombina. Este grano andino es un pseudocereal que forma parte de la familia Amaranthaceae, la cual abarca más de 80 especies, siendo la mayoría de origen americano, mientras que solo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia(61).

En Perú, a principios de la década de 1980, el Ing. Luis Sumar impulsó la promoción y el aumento de la demanda de kiwicha como un producto de exportación no tradicional. Gracias a este esfuerzo, el departamento de Áncash, después de Cuzco, ha emergido como una de las principales regiones productoras de este grano (62).

b) Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la kiwicha es la siguiente:

- **Reino:** Plantae
- **Clase:** Dicotiledonia (Magnoliopsida)
- **Orden:** Centros permales
- **Familia:** Amaranthaceae
- **Género:** Amaranthus
- **Especie:** Amaranthus caudatus, edulis, cuentrus, hipochondriacus

Figura 2

Fotografía referencial de la Planta de Kiwicha



Nota: Botánico (63).

c) **Distribución geográfica**

La variedad de *Amaranthus caudatus* se cultiva en América, África y Asia. En la región sudamericana, este pseudocereal se produce en pequeñas parcelas que abarcan desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina. Las áreas dedicadas a la producción de la Kiwicha son más frecuentes en los valles interandinos, en estaciones especializadas como los Baños del Inca en Cajamarca, K'raya en Cusco, Canáan en Ayacucho,



Santa Ana en Huancayo y Tingua en Huaraz, Bolivia, Perú y el norte de Argentina (61)

d) Variedades de kiwicha

La semilla de kiwicha tiene una forma circular y es muy pequeña, con un diámetro que varía entre 1 y 1.5 mm. Presenta alrededor de 19 variedades con colores diversos como negro, rojo, rosado, amarillo, dorado y blanco, según la especie. La semilla está conformada por varias capas, que incluyen la cubierta de la semilla, el perispermo (rico en almidón), el endospermo y el embrión, compuesto por los dos cotiledones con un alto contenido proteico, el procambium, la radícula y la raíz (64)

e) Componentes químicos kiwicha

Exentas de gluten, las semillas de kiwicha presentan un contenido proteico un 30% superior y una amplia gama de aminoácidos, lo que proporciona nuevas oportunidades para su incorporación en el procesamiento alimentario. Además, son ricas en minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio, fósforo, azufre y sodio, así como en vitaminas del complejo B, vitamina A y vitamina E (64). También son una excelente fuente de fibra dietética de alta calidad, con un contenido del 16.37% en base seca (65). Debido a sus propiedades nutricionales, la kiwicha destaca como una rica fuente de compuestos bioactivos, incluyendo escualeno, compuestos fenólicos, folato, tocoferoles y fitatos (66).

f) Composición química y valor nutritivo de la kiwicha



La composición de aminoácidos en la kiwicha es casi equivalente a la que se requiere para satisfacer las necesidades nutricionales humanas, siendo la leucina el aminoácido más limitante. Esto permite que la proteína de *Amaranthus caudatus* sea absorbida y utilizada en hasta un 70%, cifra que puede alcanzar hasta el 79% dependiendo de la variedad. La proteína en la kiwicha se localiza principalmente en el embrión, constituyendo el 65%, en contraste con otros cereales como el arroz, maíz y soya, donde más del 80% de la proteína se encuentra en el endospermo (67,68). El almidón, carbohidrato más abundante, constituyendo entre el 50% y el 60%. Las proteínas, representan el 13.85% del grano, están constituidas principalmente por albuminas, que representan entre el 49% y el 65% del peso total del grano, seguidas por glutelinas, que comprenden del 22.4% al 42.3%, globulinas del 13.7% al 18.1%, y finalmente prolaminas, que abarcan del 1% al 3.2% (69,70).

Es significativo resaltar que la proteína de la kiwicha presenta un equilibrado perfil de aminoácidos esenciales, con valores de 0.46, 0.69, 0.81, 0.27, 0.55, 0.45, 0.17, 0.53 y 0.36 g/100 g en base seca para isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina, respectivamente. Según el estudio de Mostacero y colaboradores (2006), se destaca que el nivel de triptófano es excelente y el nivel de metionina es adecuado (71).

Tabla 6

Composición de macronutrientes de variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus)(g/100g de muestra)

Componentes	Kiwicha (Amaranthus caudatus) ^b
Humedad	11.28
Proteína	16.04
Lípidos	8.20
Cenizas	3.25
Carbohidratos	61.23

Nota: ^a(Paucar-Menacho, L. M., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J. y Martínez-Villaluenga, C. en el 2017 (72) . ^b(Cornejo, F., Novillo, G., Villacrés, E. y Rosell, C. M. en el 2019 (73). ^c. (Valadez-Vega, C.; Lugo-Magaña, O.; Figueroa-Hernández, C.; Bautista, M.; BetanzosCabrera, G.; Bernardino-Nicanor, A.; González-Amaro, R.M.; Alonso-Villegas, R.; Morales-González, J.A.; González-Cruz, L. en el 2022 (74).

Tabla 7

Composición química de la Kiwicha (g/100g de muestra)

Código Nombre del alimento	Kiwicha
Energía kcal	343
Agua g	9,2
Proteínas g	12,80
Grasa total g	6,6
Carbohidratos totales g	69,1
Fibra dietaria g	9,3
Cenizas g	2,3
Calcio mg	236
Fósforo mg	453
Zinc mg	2,68
Hierro mg	7,32
Tiamina mg	0,09
Riboflavina mg	0,18
Niacina mg	1,58
Vitamina C mg	1,30

Nota: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos del 2009.

2.2.5.3. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule aellen*)



a) Aspectos generales

La Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) denominación acuñada en 1929 por el botánico suizo Paul Aellen. Es una de las especies agrícolas menos investigadas y, en numerosas ocasiones, se ha confundido con la quinua, que es común en las regiones que hablan quechua, o con kañawa, que se utiliza entre la población aymara. Asimismo, la cañihua considerada un pseudocereal que crece bajo duras condiciones ambientales y es más resistente que la quinua a las heladas. Este grano no contiene saponinas y gluten. La forma más común de utilizar la kiwicha es como harina, llamada cañihuaco, que tiene un tono marrón atractivo. Esta harina se emplea en diversas preparaciones, incluyendo bebidas frías o calientes, postres, y guisos como las mazamorras o en sopas (FAO, 2002) (75).

b) Clasificación Taxonómica

Clasificación taxonómica de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)(75):

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Caryophyllales
- **Familia:** Amaranthaceae
- **Género:** *Chenopodium*
- **Especie:** *Chenopodium Pallidicaule* Aellen
- **Nombres comunes:** Cañahua, Cañihua

Figura 3

Imagen fotográfica: Granos de Cañihua



Nota: Foto referencial.

c) **Distribución geográfica**

Según su origen geográfico, la cañihua es cultivada en diferentes regiones de Bolivia. En el departamento de La Paz, se cultiva en las provincias de Ingavi, Pacajes, Los Andes, Camacho, Manco Kapac y Omasuyos. Además, se encuentra presente en las provincias de Nor Carangas en el departamento de Oruro y San Pedro Torora. Por último, en el departamento de Cochabamba, se cultiva en las provincias de Independencia, Tapacarí y Bolívar.

d) **Variedades de Cañihua**

El género *Chenopodium* abarca alrededor de 150 especies, que son comúnmente denominadas cenizos. Las diferencias entre las plantas de cañihua están principalmente determinadas por su hábito de crecimiento, dividiéndose en dos grupos: las cañahuas Choqos, que tienen un crecimiento erecto, y las cañahuas Thasas, que presentan un crecimiento ramificado y semiprostrado. Por lo general, con una altura que varía de 20 a 60 cm, la cañihua presenta tallos y hojas salpicados de manchas rojas y amarillas. Sus semillas, que tienen un diámetro cercano a 1 mm, están



recubiertas de una textura rugosa. Estas semillas pueden variar en color según MINAGRI del 2003 (75).

e) Composición química de macronutrientes y micronutrientes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule aellen*)

Los carbohidratos constituyen aproximadamente el 60% de la composición de la cañihua. En general, el almidón es el carbohidrato que predomina en la mayoría de los granos, aunque su presencia y características aún no han sido completamente investigadas en la cañihua. Además del almidón, la cañihua se encuentran pequeñas cantidades de azúcares libres, entre los que se incluyen glucosa, sacarosa, fructosa y maltosa. En cuanto a su contenido proteico, la cañihua presenta un elevado porcentaje, que oscila entre el 15% y el 19%, principalmente compuesto por albúminas y globulinas según Repo y Encina en el 2008. Este tipo de proteína ofrece un equilibrio adecuado de aminoácidos de alta calidad, destacándose especialmente en isoleucina, lisina y triptófano, lo que la convierte en una fuente excelente de proteínas (76).

El alto contenido de ácidos grasos insaturados y tocoferoles en la cañihua se debe al aceite que posee. Entre los ácidos grasos presentes se encuentran el omega 3, omega 6 y omega 9, destacando el ácido linolénico, ácido linoleico y ácido oleico, respectivamente (77). La cañihua es rica en micronutrientes, incluyendo calcio, hierro y fósforo. Los niveles de calcio oscilan entre 87 y 141 mg/100 g, mientras que el hierro varía de 10 a 15 mg/100 g, dependiendo de la variedad. Además, contiene fósforo en cantidades que oscilan entre 335-496 mg/100g (77) Gracias a su contenido

nutricional, la cañihua se considera un buen antioxidante, ya que contiene componentes capaces de retardar o prevenir la oxidación de un sustrato.

Tabla 8

Composición de macronutrientes y micronutrientes de variedades de Cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen) (g/100g de muestra)

Componentes Mayores	Cañihua gris
Energía (g)	344
Proteína (g)	14,00
Carbohidratos(g)	64,00
Fibra (g)	9,80
Cenizas (g)	5,10
Fósforo (mg)	375,00
Calcio (mg)	110,00
Hierro (g)	13,00

Nota: Instituto Nacional de Nutrición (79).

Tabla 9

Contenido de aminoácidos en la Cañihua

Componentes	Cañihua
Proteína (g)%	14,3
Fenilalanina (mg)	3,7
Triptófano (mg)	0,9
Metionina (mg)	3
Leucina (mg)	6,1
Isoleucina (mg)	3,4
Valina (mg)	4,2
Lisina (mg)	5,3
Treonina (mg)	3,3
Arginina (mg)	8,3
Histidina (mg)	2,7
Serina mg	3,9
Prolina mg	3,2
Glutámico mg	13,6
Glicina mg	5,2

Nota: Bravo et al. en el 2010. Juárez & Quispe en el 2016.



2.2.5.4. Maíz (*Zea mays* L.)

a) Aspectos Generalidades

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta de la familia Poaceae. Aunque su origen no está completamente determinado, las evidencias sugieren que pudo haberse originado en Sudamérica según pruebas de carbono catorce en restos antiguos en el altiplano del Perú, Bolivia y Ecuador. Los descubrimientos arqueológicos, como mazorcas, polen y granos de maíz, indican que su domesticación tuvo lugar en el valle central de México hace unos 8.000 años. Posteriormente, fue domesticado en dos regiones del continente americano: Mesoamérica (México y Guatemala) y los Andes (Perú y Bolivia), lo que dio origen a dos colecciones genéticas distintas con genes mesoamericanos y andinos.

b) Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del Maíz es la siguiente: (80)

- **Reino:** Plantae
- **División:** Angiospermae
- **Clase:** Monocotyledoneae
- **Subclase:** Commelinidae
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Género:** *Zea*
- **Especie:** *Zea mays*
- **Nombre científico:** *Zea mays* L



c) **Composición química de macronutrientes y micronutrientes del maíz**

El maíz proporciona una cantidad considerable de carbohidratos, minerales, fibra y compuestos antioxidantes, incluyendo antocianinas, carotenoides, polifenoles y flavonoides. Estos componentes son de vital importancia para la salud y nutrición de muchas personas en todo el mundo, proporcionando una solución crucial para abordar deficiencias de vitaminas y minerales (81). Esta versatilidad del maíz ha impulsado una amplia gama de procesos industriales que dan lugar a una variedad de productos, adaptados a los diversos hábitos y preferencias alimentarias de los consumidores (82).

No obstante, el maíz muestra una cantidad reducida de proteína, especialmente en el aminoácido triptófano, esencial para el crecimiento humano. En comparación con otros cereales, el contenido de proteína en el maíz oscila entre 0.08% y 0.1%. Se nota una variación en los niveles de carbohidratos, minerales, fibra y compuestos antioxidantes entre diferentes razas o poblaciones nativas de maíz, lo que también se refleja en las cantidades de almidón y aceite presentes. En el caso de la variedad de maíz amarillo, la proteína varía entre 8.25% y 9.4% por cada 100 gramos de acuerdo la Tabla 10 (82). Un estudio realizado en 41 poblaciones nativas de México mostró que el contenido de proteínas en el maíz variaba entre 9.4% y 12.5%. En cuanto a los lípidos, estos se encontraban en un rango de 3.4% a 4.5% en Yucatán (83).

Tabla 10

Composición de macronutrientes del maíz amarillo (zea mays)

Componentes	Cantidad
Proteína (g/100 g)	8.25 ^c
Lípidos (g/100 g)	4.64 ^c
Carbohidratos (g/100 g)	74.75 ^c
Fibra	1.91 ^c

Nota: ^a (U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service del 2012. ^b Saavedra, P. C. del 2005 y ^c (Aro A.J.M. y Calsin, C.M. del 2019 (58).

2.2.6. Harina de sangre bovina

2.2.6.1. Aspectos generales

La harina de sangre bovina se obtiene a partir de la sangre de ganado bovino y consiste en una solución de proteínas que incluye plasma, glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas (84). Aproximadamente el 20% de la sangre completa está compuesto por sólidos totales (85). Se extrae diariamente después del sacrificio del ganado bovino en los principales frigoríficos, con un promedio de 13 kg de sangre por animal procesado. Este proceso se lleva a cabo con equipos y personal capacitado para garantizar la asepsia desde el inicio del proceso y así asegurar que sea apta para consumo humano.

En la industria alimentaria, la harina de sangre bovina se usa tradicionalmente sin tratamiento adicional, como en la fabricación de embutidos. No obstante, la baja demanda en comparación con el volumen producido y las características nutricionales de la sangre han llevado a buscar nuevas formas de utilizarla en el ámbito alimentario (86).

2.2.6.2. Definición de la harina de sangre bovina



La harina de sangre bovina es un producto seco y granular de tonalidad marrón oscuro, con un contenido de humedad que varía entre el 5% y el 8%. Se produce mediante el secado de la sangre completa, con un rendimiento medio de 2.8 kg por animal sacrificado, equivalente aproximadamente al 20% del peso total. El procedimiento para elaborar la harina de sangre incluye la cocción en una caldera de doble pared o la inyección directa de vapor con agitación, garantizando un calentamiento uniforme y evitando obstrucciones (87).

2.2.6.3. Valor nutricional

Los ingredientes de la harina de sangre bovina es palatable, tiene mayor concentración en proteína de 85-90% de alta calidad. La calidad de la harina de sangre puede variar según el método de procesamiento utilizado, especialmente la temperatura. Cuando se produce a bajas temperaturas, la harina de sangre mantiene una alta proporción de proteínas no degradables en el rumen y presenta una buena degradación en el intestino (88). La concentración de aminoácidos es muy elevada de lisina (superior al 7,5%). La harina de sangre bovina presenta una concentración notable de lisina (superior al 7.5%), valina y leucina, así como una cantidad elevada de treonina, aunque carece de arginina, metionina e isoleucina. Es importante considerar que el alto contenido de leucina incrementa las demandas de isoleucina.

En cuanto a los minerales y vitaminas, la harina de sangre tiene niveles bajos, excepto por el hierro (2200 mg/kg) (Cuadro 8). En harinas de sangre procesadas de manera adecuada, el hierro es altamente

biodisponible para los lechones, lo que permite cubrir una parte significativa de sus requerimientos mediante la incorporación de este ingrediente en la dieta (89).

Tabla 11

Minerales y vitaminas en la harina de sangre

Mineral/Vitamina	Cu	Fe	Mn	Zn	Vit. E	Biotina	Colina
(mg/Kg)	9	2200	3	25	0	0.17	400

Fuente: FEDNA, 2015 (89).

2.2.7. Alimentos Enriquecidos

Incorporar nutrientes adicionales a los alimentos que ya contenían esos nutrientes en su estado natural define a los alimentos enriquecidos. Una cantidad considerable de alimentos son enriquecidos tanto en minerales, vitaminas entre otros componentes. Se hace una distinción entre alimentos fortificados, a los que se les incorpora un nutriente que ya contenían previamente, y alimentos enriquecidos, que se modifican añadiendo nutrientes que no estaban presentes en su composición original (90).

2.2.8. Ratas Cepa Wistar

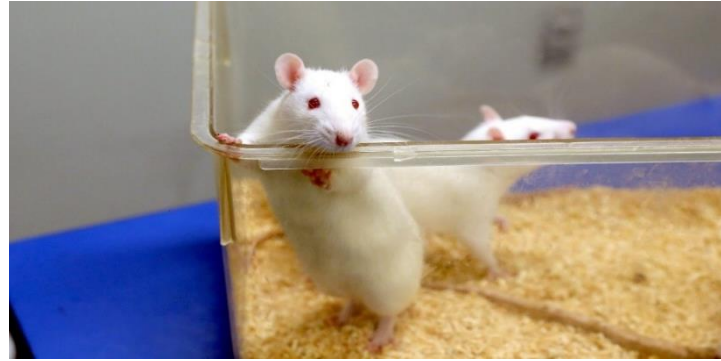
2.2.8.1. Aspectos generales

Esta especie de rata es comúnmente empleada para investigaciones biológicas y médicas. Son de característica cabeza ancha, orejas ligeramente largas y el tamaño de la cola no más grande que el cuerpo. El manejo de estos animales experimentales ha favorecido en el desarrollo de investigaciones en ciencias médicas. Importante información para el

diseño de pruebas en humanos ha sido proporcionada por diversas investigaciones (91).

Figura 4

Rata Wistar



Fuente: Recuperado de Bioterio CUCS.

2.2.8.2. Requerimiento nutricional de las ratas Wistar

Son el siguiente: proteínas constituyen el 21%, lípidos totales comprenden el 3.80%, fibra bruta alcanza el 4.40%, cenizas representan el 6.70%, fósforo al 0.70%, calcio corresponde al 1%, sodio al 0.25%, potasio al 0.90% y magnesio al 0.20%. Además, se requieren 0.12 mg de zinc 0.25 mg de hierro y 0.012 mg de vitaminas (92).

Tabla 12

Ratas Wistar y sus características anatómicas

Anatomía	Descripción
Ocular	Cuando experimentan estrés, pueden desarrollar áreas enrojecidas alrededor de los ojos y las narinas.
Dientes	Sus incisivos tienen crecimiento continuo debido a que poseen raíces abiertas. Una alimentación suave puede causar un crecimiento desmedido de sus dientes.
Incapacidad para vomitar	No poseen los mecanismos neurofisiológicos necesarios para inducir el vómito
Vesícula biliar	No disponen de vesícula biliar.
Coprofagia	Tienden a ingerir sus propias heces para obtener nutrientes que producen sus bacterias intestinales.

Anatomía	Descripción
Metabolismo	Son de pelaje blanco debido a su condición de albinismo.

Fuente: Obtenido de del MINSA 2017-2021.

2.2.8.3. Nivel de hemoglobina en ratas

En ratas, el rango normal de hemoglobina es de 10,40 - 18,50 g/dL.

Se considera anemia cuando los niveles de hemoglobina están por debajo de 11 g/dL (92).

Tabla 13

Valores normales de hemoglobina de las ratas Wistar

Parámetro	Unidad	Rango	Rango
Hematocrito	%	37-53	40-52
Hemoglobina	g/dL	12,5-15,8	10,40-18,50
Total glóbulos rojos	106 /mm ³	5,12-8,50	4,44-7,27
Total glóbulos blancos	103/mm ³	9,25-19,55	5,55-26,50
Neutrófilos	103/mm ³	0,39-2,58	0,45-2,13
Linfocitos	103/mm ³	7,96-17,40	3,72-24,65
Monocitos	103/mm ³	0-0,37	0-41
Eosinófilos	103/mm ³	0-0,39	0-0,54
Basófilos	103/mm ³	0-0,39	0-0,13
Cayados	103/mm ³	0-0,13	0-0,41
VCM	fL	57,8-92,1	63,02-114,86
CHCM	g/dL	24,53-36,22	21,76-36,27
HCM	Pg	15,29-25,39	17,48-41,01
Neutrófilos	%	4 a 20	5 a 30
Linfocitos	%	77-96	67-94
Monocitos	%	0-2	0-5
Eosinófilos	%	0-2	0-4
Basófilos	%	0-2	0-1
Cayados	%	0-1	0-1
Plaquetas	103/mm ³	228-656	176-460

Hembras menores de 16 semanas Hembra mayores de 16 semanas

Nota: Valores normales de hemoglobina en ratas wistar, 2018 (93).



2.2.8.4. Absorción del hierro en ratas

El hierro en ratas wistar se absorbe principalmente en el duodeno y la parte alta del yeyuno del intestino delgado. Este proceso se ve favorecido por la presencia de un receptor específico en la membrana del borde en cepillo, que facilita la captación del hierro por la mucosa intestinal. Este proceso es crucial para el crecimiento y desarrollo de los roedores(94).

El hierro se absorbe en el intestino delgado a través del transportador de metales divalentes DMT1, que facilita la entrada de hierro ferroso (Fe^{2+}) en los enterocitos. En estas células, el hierro es oxidado a Fe^{3+} y se une a la ferritina para su almacenamiento temporal o a la ferroportina para su liberación al torrente sanguíneo. La ferroportina, regulada por la hormona hepcidina, controla la cantidad de hierro que pasa a la sangre, donde se une a la transferrina y está el transporte a la médula ósea para formar los nuevos hematíes(94).

- **Proceso de Absorción del Hierro:**

- **Ingestión:** El hierro se ingiere a través de la dieta o suplementación.
- **Descomposición:** El hierro se descompone en sales ferrosas en el estómago.
- **Absorción:** El hierro se absorbe en el duodeno y yeyuno, el porcentaje de absorción de tanto de hierro hemínico y no hemínico en ratas Wistar difiere.

- **Hierro hemínico:**

- 30-50% de absorción (95).



- **Hierro no hemínico:**

- 5-15% de absorción (96).

Es importante destacar que estos valores pueden variar dependiendo de factores como la dieta, edad, sexo y estado de salud de las ratas(96).

- **Transporte:** El hierro es transportado por la transferrina a la médula ósea para la eritropoyesis.

2.2.8.5. Efectos de la sobrecarga de hierro en ratas

El exceso de hierro en animales de experimentación, como las ratas, puede tener consecuencias negativas significativas para su salud. La toxicidad por hierro puede provocar estrés oxidativo, daño hepático, problemas cardíacos y alteraciones en el sistema nervioso central (97). A nivel celular, el exceso de hierro puede causar daño a las células al generar radicales libres que dañan componentes celulares como lípidos, proteínas y ADN (97).

En las ratas, la administración excesiva de hierro puede llevar a la acumulación de este mineral en el hígado y otros órganos, lo que provoca inflamación, muerte celular y fibrosis hepática. También se ha observado que el exceso de hierro puede causar miocardiopatía y afectar negativamente al sistema cardiovascular debido al aumento de la peroxidación lipídica. Además, puede afectar al sistema nervioso central al inducir neurotoxicidad y aumentar el riesgo de degeneración neuronal (97).



2.2.8.6. Mecanismos Bioquímicos de Recuperación de Hemoglobina en Ratas Anémicas

En ratas con anemia, una dieta rica en hierro puede aumentar los niveles de hemoglobina entre un 10 y 20% en las primeras dos semanas, dependiendo de la biodisponibilidad del hierro y la gravedad de la deficiencia inicial. La recuperación completa puede extenderse hasta 4 semanas o más en casos severos. Un estudio mostró que dietas fortificadas con distintos tipos de hierro elemental logran mejoras notables en un periodo corto(98).

2.2.8.7. Manejo de ratas durante el estudio

En la realización de procedimientos con animales, es esencial inmovilizarlos adecuadamente. Este término no implica sujetar o presionar con fuerza, sino más bien restringir sus movimientos. Para ello, se sujeta a la rata circundando su tórax con la mano, y se colocan los dedos en distintos puntos estratégicos del cuerpo para evitar el movimiento de la cabeza y las patas delanteras, dejando expuesta la zona en la que se va a trabajar. En segundo lugar, se considera la destreza, seguridad y preferencias del técnico encargado de la sujeción (91).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO

El presente estudio es de diseño experimental, prospectivo de corte longitudinal.

3.2. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

3.2.1. Lugar del estudio

- La formulación y preparación del extruido se llevó a cabo en la planta de producción de extruidos Waru que presenta los equipos de extrusión en el distrito de Marangani, Canchis, Cusco.
- La inducción y recuperación de anemia ferropénica en ratas cepa Wistar se realizó en el bioterio de la Escuela Profesional de Nutrición Humana de la facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- El análisis centesimal, hierro y calidad microbiológica fue analizada en el Laboratorio certificado de “Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.” en la ciudad de Lima.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población de estudio está compuesta por 20 ratas de la cepa Wistar de 21 días de edad, que fueron proporcionadas por el bioterio de la Universidad Católica Santa María de Arequipa, Perú.

3.3.2. Muestra

Para realizar el muestreo se tomó como referencia a Quispe A (2021), siendo un diseño experimental nos basamos en la fórmula:

$$n = k \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{e^2} s^2$$

Donde:

n: tamaño de la muestra total

Z_{α} : valor de la distribución normal estándar para un nivel de significancia (alfa).

Z_{β} : valor de la distribución normal estándar para una potencia (beta).

e : 4.859015432 - Margen de error deseado.

S^2 :1.78

k: Factor de ajuste

Reemplazando

$$n = 4 \frac{(3.9 + 3.9)^2}{4.8590^2} 1.78 = 18.34 \cong 20$$

El tamaño de muestra para la investigación según la fórmula es de 20 ratas cepa Wistar que se distribuyeron en 4 grupos aleatoriamente, compuesto cada uno por 5 ratas, tres grupos experimentales (I, II, III) y un grupo control (IV).

Muestra para el procesamiento de extruido

Se realizó las formulaciones del extruido a base de cereales andinos utilizando tres diferentes concentraciones de hierro hemínico (6%, 8% y 10%).

- Muestra 1 (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8%, harina de maíz 58% y harina de sangre bovina 6%).



- Muestra 2 (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8%, harina de maíz 56% y harina de sangre bovina 8%).
- Muestra 3 (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8%, harina de maíz 54% y harina de sangre bovina 10%).

3.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

3.4.1. Criterios de inclusión

- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) recién destetadas de 21 días de edad.
- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) sin enfermedad y lesiones.
- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) machos.

3.4.2. Criterios de inclusión

- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) mayores a 21 días de edad.
- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) que sean de diferente camada.
- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) que fueron manipuladas en otros estudios.
- Ratas wistar (*Rattus norvegicus*) hembras

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 14

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	categorías	Índice	Instrumento
Variable independiente:				
	Composición centesimal	Proteínas	g/100gr	Ficha de recolección de datos
		Grasas	g/100gr	
		Carbohidratos	g/100gr	
		Cenizas totales	%	
	Contenido de hierro	Hierro total	mg/100g	Ficha de recolección de datos

Variables	Indicadores	categorías	Índice	Instrumento	
Variable independiente:					
Elaboración de un extruido a base de cereales andinos.	Calidad microbiológica	Hierro biodisponible estimado	mg/100g	Ficha de recolección de datos	
		Mohos Aerobios mesófilos Coliformes Salmonella sp.	Min-max10 ²	Ficha de recolección de datos	
			10 ⁴ ufc		
			Min-max10 ⁴		
			10 ⁵ ufc		
		Administración del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico	G.C.	Dieta deficiente en hierro	Ficha de recolección de datos
			GE1	F1: 6% hierro hemínico	Ficha de recolección de datos
			GE2	F2: 8% hierro hemínico	Ficha de recolección de datos
			GE3	F3: 10% hierro hemínico	Ficha de recolección de datos
		Variable dependiente			
Anemia ferropénica	Nivel de hemoglobina	Eritrocitosis	>18.0 g/dl	Ficha de datos	
		Normal	11.0-18.0 g/dl	-Nivel de hemoglobina antes del tratamiento.	
		Anemia	<11.0 g/dl	-Nivel de hemoglobina con anemia inducida. -Nivel de hemoglobina después del tratamiento	

3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS

3.6.1. Para la formulación y elaboración del extruido

Se formuló y elaboró un extruido a base de cereales andinos enriquecido con diferentes concentraciones hierro hemínico, según las especificaciones del CODEX alimentario y la guía para la fortificación y enriquecimiento de alimentos con micronutrientes de la OMS/FAO.

A. Formulación del extruido

En la Tabla 15 se muestra la formulación del extruido a base de cereales andinos enriquecido con diferentes concentraciones de hierro hemínico, planteadas para el tratamiento de anemia ferropénica inducida en ratas wistar.

Tabla 15

Formulación de los extruidos, Puno, 2024

Ingredientes	Formulaciones		
	Formulación 1 (6%)	Formulación 2 (8%)	Formulación 3 (10%)
Harina de maíz	58.5	56.3	54.1
Harina cañihua	7	7	7
Harina quinua	7	7	7
Harina kiwicha	8	8	8
Harina de sangre	6	8	10
Azúcar	12	12	12
Maltodextrina	1.3	1.28	1.26
Sabor chocolate	0.2	0.4	0.6
Antioxidante	0.02	0.04	0.06
Total	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

B. Para la obtención de harina de sangre bovina

Método: Pasteurización, deshidratación y molienda

Técnica: Culinaria

Materiales: Recipientes de acero inoxidable, prensa mecánica, estufa, molino mecánico.

Procedimiento:

- Se recibió la sangre bovina luego se colocó en recipientes de acero inoxidable esterilizados y antes de procesarla se hizo el control de calidad. Se verificó la frescura, el color y la apariencia general de la sangre.
- Se llevó a hervir la sangre bovina, por un lapso de 20 min a una temperatura de 90°C. Con el objetivo de eliminar las bacterias patógenas y ayudar a coagular las proteínas presentes en la sangre. Este proceso de pasteurización se realizó en el menor tiempo posible, a fuego lento y



agitación constante. Después la sangre coagulada se dividió en dos componentes: el suero líquido y los coágulos sólidos.

- Se empleó una prensa mecánica para extraer el líquido de la sangre pasteurizada. Estas prensas ejercen presión sobre los coágulos para eliminar el exceso de suero.
- Después del prensado, los coágulos se sometieron a un proceso de deshidratación para eliminar la humedad restante y esta se dispuso en bandejas de acero inoxidable para ser introducida en una estufa a 75° C durante 120 minutos, para obtener la harina de sangre bovina.
- La harina de sangre bovina, una vez deshidratada, se sometió a molienda con un molino mecánico para obtener un polvo fino y uniforme.
- Después de la molienda, la harina de sangre se enfrió para evitar que el calor generado durante el proceso de molienda afecte su calidad. Se permitió que reposara a temperatura ambiente a 22 °C, durante 15 minutos.
- Una vez enfriada, la harina se empaquetó en bolsas ziploc para su almacenamiento.

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la harina de sangre bovina



Fuente: Elaboración propia.

C. Para la elaboración del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico

Método: Extrusión

Técnica: Culinaria

Materiales: Molino natural, maquina extrusora, horno secador, bolsas de polietileno bilaminadas.

Procedimiento:

- Recepción de materia prima e insumos: Se recepcio nó las materias primas (quinua, kiwicha, maíz y cañihua), insumos (harina de sangre bovina).

Mezclado 1. Los cereales andinos (quinua, kiwicha, maíz y cañihua) fueron pesados y mezclados en proporciones específicas.

- **Molienda:** Se sometieron a molienda los cereales andinos previamente mezclados (cada cereal por separado). La molienda es esencial para lograr



una mezcla homogénea, se realizó en un molino manual de granos, para reducir más su tamaño y obtener una harina fina y uniforme para facilitar el proceso de extrusión.

- **Tamizado:** La harina resultante de la molienda se tamizó para eliminar cualquier partícula grande o impureza que pueda haber quedado.
- **Pesado:** Se pesó la cantidad exacta de harina tamizada y otros ingredientes secos, proporcionando las cantidades exactas de insumos para cada formulación y así obtener un producto final consistente en términos de sabor y valor nutricional.

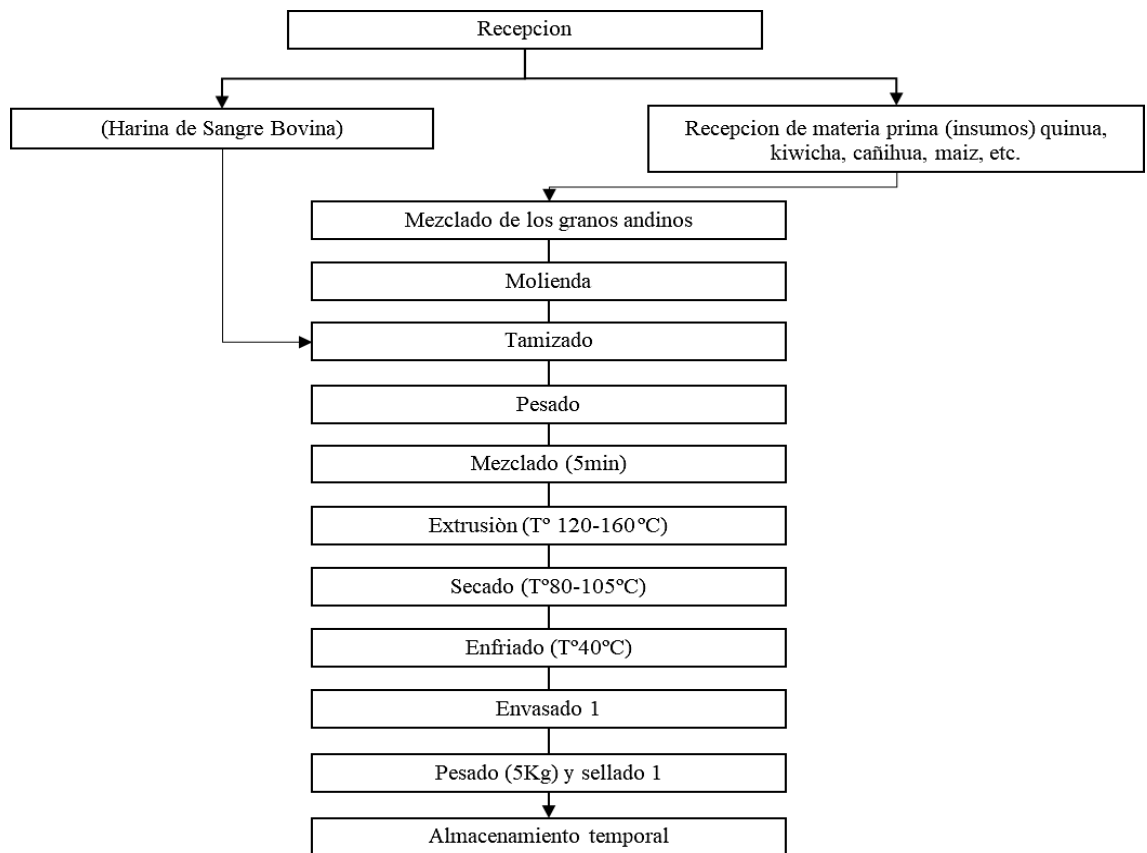
Mezclado 2: Se mezcló la harina de los cereales andinos junto con la harina de sangre bovina enriqueciendo al 6% con una cantidad de 8 gr, al 8% con una cantidad de 11 gr y al 10% con una cantidad de 14 gr de harina de sangre bovina e ingredientes adicionales como el azúcar, se mezclaron nuevamente por un tiempo de 10 minutos para garantizar una distribución homogenizada de todos los ingredientes. Luego, se combinó el agua con la esencia de chocolate y se incorporó a la mezcla sólida.

- **Extrusión:** Se sometió la mezcla sólida a una máquina extrusora (extrusor de alimentos por medio de dos tornillos sin fin) a una elevada presión (entre 60 a 140 bar) y a una temperatura (entre 120 a 160°C).
- **Secado:** Los productos extruidos que salieron de la máquina extrusora, se colocaron en un horno secador (80-105°C) para eliminar la humedad restante y aumentar su vida útil. El secado también contribuyó a la crujiente textura final del producto.

- **Enfriado:** El extruido se dejó enfriar a un máximo de temperatura de 40°C, en un tiempo de 3 minutos.
- **Envasado:** El extruido se embolso en bolsas de polietileno bilaminadas.

Figura 6

Diagrama de flujo del proceso para la formulación y elaboración de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico



Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Para la composición centesimal, contenido de hierro y calidad microbiológica

A. Para determinar la composición centesimal del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico

- **Proteínas**



Método: Kjeldahl

Técnica: Digestión de proteínas.

Instrumento: Aparato digestor Kjeldahl

Materiales:

- 1 balón Kjeldahl de 250 mL.
- 1 Beaker de 100 mL
- 1 bureta de 25 mL
- 1 destilador Kjeldahl
- 2 Erlenmeyer de 125 mL.
- 1 espátula
- 1 mechero
- 1 pipeta de 10 ml
- 1 probeta de 50 ml

Procedimiento: Se divide en tres procesos importantes; digestión, destilación y titulación.

Digestión: Pesar 0,15g del extruido en un matraz de micro kjeldahl, luego se añade 2.5 ml de H₂SO₄ dos perlas de ebullición y aproximadamente 1,0 g de mezcla catalizadora. Luego se somete a digestión la muestra en el aparato de micro kjeldahl baja una campana de extracción, con el matraz ligeramente inclinado usando baja temperatura al inicio y aumentando el calor a medida que procede la digestión, posteriormente se enfría las matras y se añade 7ml de H₂O.

Destilación: Abrir la llave de agua para tener H₂O circulando por el refrigerante, posteriormente se añadió la muestra a la cámara de ebullición por medio de un embudo. Se añadió 10 ml de la solución de NaOH, se recolecto aproximadamente 20 ml del destilado.



Titulación: Titula la muestra con 0.1 N de HCl, dando un color violeta que indica el punto final de la titulación. Posteriormente se titula la muestra con el HCL estandarizado, registre los ml de HCL empleados y calcule el peso del nitrógeno en el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

- **Cálculos**

Moles de HCL = Moles de NH_3 = Moles de N en la muestra. %N= NHCL

* Volumen de ácido corregido * 14g N * 100g de muestra mol.

▪ **Grasas**

Método: Soxhlet

Técnica: Separación de sólido y líquido para la determinación del contenido graso.

Instrumento: Equipo Soxhelt

Materiales:

- Algodón
- Balón de 250 mL y tapón
- Beaker de 100 MI
- Cartucho de extracción o papel filtro
- Equipo de destilación fraccionada
- Equipo de extracción Soxhlet
- Erlenmeyer de 250 ml
- Espátula

Procedimiento: El método de extracción empleado fue el de Soxhlet, que implica la extracción continua de un disolvente orgánico. En este proceso, el disolvente se calienta y vaporiza, luego se condensa sobre la muestra. Finalmente, el disolvente gotea continuamente, permitiendo determinar



la diferencia de peso entre las muestras de antes y después de la extracción de grasa. El % de grasa se calcula según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grasa} = \frac{m_2 - m_1}{M}$$

▪ **Carbohidratos**

Método: Fenol-sulfúrico

Técnica: Se realiza en tubos de ensayo mediante la hidrólisis de la pectina con ácido sulfúrico, para realizar análisis de azúcares totales.

Instrumento:

Materiales:

- Probeta de 100 mL
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10 y 25 mL
- Bureta
- Soporte universal
- Parrilla eléctrica
- Papel filtro
- Balanza Analítica
- Matraces Erlenmeyer de 250mL
- Matraces volumétricos de 100 mL
- Pipetas graduadas de 5 mL
- Papel pH

Procedimiento: Se obtuvo por el método de fenol- sulfúrico, es un método espectrofotométrico que consiste en que los carbohidratos en medios fuertemente ácidos y a altas temperatura sufren deshidratación simple y producen varios derivados del furano que no se condensan con el fenol, dando origen a compuestos coloridos. Todos los azúcares como oligosacáridos y polisacáridos pueden ser determinados, bajo hidrólisis



ácida produciendo monosacáridos.

▪ **Humedad**

Método: Gravimétrico

Técnica: Dsecación.

Instrumento: Estufa

Materiales:

- Pesa filtros o crisoles de porcelana
- Balanza Analítica
- Pinzas para crisol
- Estufa

Procedimiento: La determinación de la humedad se realizó por método de secado al horno, se pone a secar la muestra en el horno a 130 °C durante 1 hora, luego se colocó en un desecador por 10 min, se retiró y colocó la muestra en el horno durante 10 min. Finalmente, se dejó enfriar y se calculó el % de humedad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial.

P_f = Peso final

▪ **Cenizas**

Método: Calcinación y determinación gravídica de residuos inorgánicos

Técnica: Cenizas en seco

Instrumento: Mufla

Materiales:



- Crisol de porcelana
- Desecador
- Mufla
- Mechero
- Pinzas para crisol
- Estufa
- Balanza analítica

Procedimiento: Este análisis se refiere a la determinación de los residuos inorgánicos que permanecen tras la oxidación completa de la materia orgánica en un alimento. Se realizó por método de calcinación y determinación gravídica de residuos. La muestra se calcinó en un horno de mufla previamente calentado a una temperatura entre 550°C y 600°C durante 120 minutos. El porcentaje de cenizas se calculó aplicando una ecuación específica:

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \text{Peso de cenizas} \times 100$$

B. Para el contenido de hierro del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico

El análisis del nivel de hierro se realizó únicamente en el producto final de cada propuesta de formulación. Se utilizó como estándar de referencia la NTP 209.652 de 2017, que aborda el etiquetado nutricional de alimentos empaquetados (99).

Método: Método de AOAC 944.02

Técnica: Ortofenantrolina

Materiales:

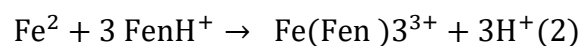
- Cápsulas de porcelana
- Matraces aforados de 50 mL



- Espátula, toalla absorbente, plumón permanente
- Elementos de seguridad como guantes y anteojos
- Balanza analítica sensibilidad 0.1 mg
- Campana de extracción de gases
- Plancha calefactora
- Ácido clorhídrico 37 % p.a.
- Ácido nítrico 65% p.a
- Estándar de Hierro.
- Lámpara de hierro
- Micropipeta de 100ul a 1000 ul

Procedimiento:

- La ferroína se forma cuando la ortofenantrolina interactúa con Fe²⁺, absorbiendo luz en el espectro visible cerca de 505 nm. El Fe³⁺ no absorbe a esta longitud de onda y requiere reducción a Fe²⁺ mediante compuestos como la hidroxilamina.
- La conversión completa de Fe³⁺ a Fe²⁺ se produce rápidamente en condiciones ácidas (pH 3-4), siguiendo la reacción: $4 \text{Fe}^{3+} + 2\text{NH}_2\text{OH} \rightarrow 4\text{Fe}^{2+} + \text{N}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$. Tras esta reducción, se agrega ortofenantrolina para formar un complejo con el Fe²⁺ resultante.
- En ambiente ácido, la ortofenantrolina se protona, transformándose en el ion 1,10-fenantrolin (fenH⁺). Este proceso puede representarse mediante la siguiente expresión química:



C. Para la calidad microbiológica del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico



▪ **Hongos y levaduras**

Método: Recuento en placa.

Técnica: Inoculación de la muestra en placa Petri.

Materiales:

- Placas Petrifilm para recuento de mohos y levaduras
- Difusor de plástico
- Pipetas
- Contador de colonias
- Licuadora
- Agua de dilución

Procedimiento: Se realizó por medio de la cuenta en placa. Este método se basa en inocular una cantidad de la muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubando a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este microorganismo.

▪ **Aerobios mesófilos**

Método: Recuento en placa aerobios.

Técnica: Inoculación de la muestra en placa Petri.

Materiales:

- Pipetas bacteriológicas estériles desechables y/o micropipetas.
- Probeta estéril.
- Tubos de ensayo estériles.
- Toalla de papel absorbente.
- Propipeta.
- Balanza digital.
- Etiquetas (identificación de muestras) o lápiz marcador indeleble.



- Mechero.
- Vórtex o Agitador de Tubos.
- Guantes desechables.
- Estufa de Incubación a $35\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- Contador de colonias o equivalente.
- Refrigerador $5\text{ °} \pm 3\text{ °C}$.
- Autoclave.

Procedimiento: Se desarrolló mediante recuento en placa. Estos organismos microscópicos prosperan en entornos oxigenados, con temperaturas oscilando entre 20 °C y 45 °C . La cuantificación de su población implica un procedimiento específico que son:

Preparación de la muestra: Diluciones.

Dilución primaria: En condiciones estériles, medir 10 gramos del producto alimenticio. Transferirlo a un recipiente de licuadora previamente limpiado y desinfectado con alcohol. Añadir 90 ml de solución salina estéril al 0.9 por ciento peso/volumen y licuar durante 60 segundos. Luego, agitar enérgicamente para uniformizar la muestra. Esta preparación representará la dilución 10 a la menos 1.

Diluciones decimales: Se tomó 0.1 ml de la dilución 10^{-1} y se colocó en un tubo que contenía 9.0 ml de solución salina estéril, lo que resultó en una dilución de 10^{-2} . Este procedimiento se repitió para generar diluciones adicionales, incluyendo 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , según fue necesario.

Inoculación por la técnica de extensión superficial en placa: Se inoculó 0.1 ml de cada dilución en placas de agar de cuenta estándar, distribuyéndolo de manera uniforme sobre la superficie utilizando una



varilla de vidrio esterilizada en ángulo. Posteriormente, se invirtieron las cajas y se incubaron a 35°C durante un período de 24 a 48 horas.

Interpretación de los resultados de la cuenta total estándar: Una vez finalizada la incubación, se deben elegir las placas que presenten entre 30 y 300 colonias. Se procederá a contar todas las colonias presentes en las placas seleccionadas. Luego, se utilizará un microscopio para aclarar los casos en los que las colonias no sean fácilmente diferenciables de las pequeñas partículas de alimento. Finalmente, se calcularán las unidades formadoras de colonia (UFC) utilizando la fórmula correspondiente:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{ml}} = \frac{\text{Nx ID}}{\text{V}}$$

Donde:

UFC: unidad formadora de colonia.

MI: Mililitros, la unidad de volumen de la muestra.

Nx: Número de colonias contadas en la placa

ID: Dilución de la muestra

V: Volumen de la muestra sembrada en la placa (en ml).

▪ **Coliformes totales**

Método: Recuento de Coliformes Técnica de Numero más Probable (NMP)

Técnica: Técnica de Numero más Probable (NMP)

Materiales:

- Placas para recuento de coliformes.
- Difusor de plástico.
- Pipetas.
- Contador de colonias.



- Reactivos de KH_2PO_4 34 gr.
- 500 ml de H_2O destilada ajustado con un pH a 7,2.
- NaOH 1M (aproximadamente 175 ml)

Procedimiento: Se realizó mediante el método del conteo de microorganismos de Coliformes totales en placa. Este método consiste en determinar el número de microorganismos Coliformes presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo (agar rojo violeta bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en 24H, dando como resultado la producción de gas y ácido orgánico, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares. Luego se procederá a contar las colonias en rango contable (15 a 150 colonias) y multiplicar el recuento obtenido por el factor de dilución (la inversa de la dilución de la placa seleccionada).

▪ **Salmonella**

Método: Enriquecimiento selectivo.

Técnica: Serotipificación

Materiales:

- Jarras o bolsas de polietileno para el homogenizado.
- Balanza de 0.1 g de sensibilidad.
- Pinzas.
- Tijeras.
- Baño de agua a $42^\circ\text{C} \pm 0.05^\circ\text{C}$.
- Estufa de incubación a $35 - 37^\circ\text{C}$.
- Pipetas bacteriológicas de 1 ml.
- Asas de inoculación bacteriológica.
- Caldo lactosado.
- Buffer de agua peptonada con 0.22% de tergicol 7.
- Caldo selenito-cistina.



- Caldo tetrionato-verde brillante.
- Placas con agar verde brillante-lactosa-sacarosa.
- Placas con agar hierro-lisina.

Procedimiento: Se desarrolló en 5 procedimientos:

Preenriquecimiento: Es el paso donde la muestra es enriquecida en un medio nutritivo no selectivo, que permite restaurar las células de Salmonella dañadas a una condición fisiológica estable.

Enriquecimiento selectivo: Empleado con el propósito de incrementar las poblaciones de Salmonella e inhibir otros organismos presentes en la muestra.

Selección en medios sólidos: En este paso se utilizan medios selectivos que restringen el crecimiento de otros géneros diferentes a Salmonella y permite el reconocimiento visual de colonias sospechosas.

Identificación bioquímica: Este paso permite la identificación genérica de los cultivos de Salmonella y la eliminación de cultivos sospechosos falsos.

Serotipificación: Es una técnica serológica que permite la identificación específica de un cultivo.

▪ **Bacillus cereus**

Método: Enumeración.

Técnica: Recuento de colonias en placa.

Procedimiento: Se empleó un método de recuento en placa para determinar la concentración de Bacillus cereus. Alícuotas de la suspensión inicial sólida y de sus diluciones decimales se sembraron en



la superficie de un medio de cultivo selectivo, incubándose en aerobiosis a 30°C durante 18-48 horas. El número de *Bacillus cereus* por gramo o mililitro se calculó a partir del recuento de colonias en las placas que mostraron crecimiento significativo, siguiendo los siguientes pasos:

Preparación de la muestra: Diluciones.

Suspensión inicial: En un frasco estéril una cantidad de masa x gr. Agregar una cantidad del diluyente 9 x ml (dilución 1/10) y homogenizar de 1 a 3 minutos dependiendo del alimento. Para evitar daños de los microorganismos por cambios bruscos de temperatura, la temperatura del diluyente debería ser aproximada a la temperatura ambiente.

Diluciones decimales: Transferir con una pipeta 1ml de la suspensión inicial en un tubo con 9 ml del diluyente estéril, para obtener la dilución 10⁻². Mezclar utilizando preferentemente un agitador mecánico entre 5 y 10 segundos, si es necesario repetir esta operación a partir de la dilución 10⁻² y diluciones sucesivas, utilizando en cada operación una nueva pipeta estéril para obtener las siguientes diluciones (10⁻³, 10⁻⁴, etc.).

Duración del procedimiento: El tiempo transcurrido entre el final de la preparación de la suspensión inicial y el instante en que el inóculo entra en contacto con el medio de cultivo no debe superar los 45 minutos y tiempo límite entre la preparación de la suspensión inicial y el comienzo de la preparación de las diluciones decimales sucesivas es de 30 minutos.



Expresión de resultados: El recuento de colonias se realizará en una placa que contenga un mínimo de 15 colonias sospechosas (de acuerdo a la norma específica ISO 7932 para recuento de *Bacillus cereus* en placa).

3.6.3. Para la inducción de anemia ferropénica en las ratas cepa Wistar

Método: Dietético

Técnica: Dieta deficiente en hierro

Procedimiento:

- a) **Recepción de los animales experimentales:** En este estudio, se emplearon 20 ratas de la cepa Wistar, con 21 días de edad, que fueron obtenidas de la Universidad Católica Santa María en Arequipa.
- b) **Adaptación de los animales experimentales:** La adaptación se llevó a cabo durante siete días con el propósito de permitir la aclimatación, adaptación a la dieta y al entorno. Las ratas fueron mantenidas en un bioterio que se ajustaba a las normativas establecidas por el Instituto Nacional de Salud durante todo el período de estudio (100) (101). Se ubicaron en jaulas individuales con condiciones ambientales controladas a 25–28°C y un ciclo de luz–oscuridad de 12 horas (102) (103), recibiendo una alimentación estandarizada y suministró agua al libitum. Tras la adaptación de siete días, se procedió con la fase de inducción de la anemia y la aplicación del tratamiento, dividiendo a los roedores en cuatro grupos de estudio (un grupo control y tres grupos experimentales al 5%, 10% y 15%), seguido de la medición de los niveles de hemoglobina correspondientes.



c) **Selección por grupos de los animales experimentales:** Las ratas cepa Wistar fueron distribuidas en cuatro grupos (5 ratas cada grupo), donde se seleccionó de forma aleatoria de la siguiente manera:

- Grupo 1: grupo control
- Grupo 2: grupo experimental 1 al 6%
- Grupo 3: grupo experimental 2 al 8%
- Grupo 4: grupo experimental 3 al 10%

d) **Elaboración de la dieta deficiente de hierro:** Se elaboró una dieta deficiente en hierro manualmente, de acuerdo a los requerimientos de las ratas. Esta dieta estuvo constituida de claras de huevo (16 g), salvado de trigo (11,6 g) y aceite vegetal (1,45 ml) como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Dieta deficiente en hierro para la inducción de anemia ferropénica en ratas Wistar, Puno, 2024.

Alimento 100g.	Cantidad	Calorías (Kcal)	Proteínas (g)	Grasas (g)	CHOs (g)	Hierro (mg)
Clara de huevo	16.00 g	7.78	1.73	0.03	0.14	0.00
Salvado de trigo	11.60 g	40.72	0.07	0.02	10.06	0.00
Aceite soya	1.45 ml	13.05	13.05	1.45	0.00	0.00
TOTAL	29.05 g	61.54	1.80	1.51	10.20	0.00

Fuente: Tabla Peruana de Composición de Alimentos del 2017.

e) **Administración de dieta deficiente en hierro:**

Método: Manual

Técnica: Manual



Procedimiento:

Se provocó anemia ferropénica a los grupos de control y de experimentación mediante una dieta deficiente en hierro. Complementándose con la administración de agua (5 ml /kg/día). La inducción de anemia tuvo una duración de 28 días (104).

f) Análisis de hemoglobina: Se llevó a cabo la evaluación de los niveles de hemoglobina en las ratas en ayunas en varios momentos: antes de la inducción, tras una semana, a las dos semanas y al finalizar cuatro semanas. Este último análisis proporcionó un dato inicial para el tratamiento de la anemia ferropénica.

g) Para obtener el nivel de hemoglobina de las ratas

Método: Bioquímico.

Técnica: Punción venosa caudal.

Procedimiento:

- Se llevó a cabo la asepsia en el sitio de punción con un algodón empapado en alcohol.
- Se identificó la vena lateral y se realizó la punción con una lanceta.
- Posteriormente, se retiró la lanceta.
- Luego se tomó la muestra de sangre en la micro cubeta.
- Se aplicó presión en el sitio de punción durante 30 segundos con algodón.
- A continuación, se colocó la micro cubeta en el hemoglobinómetro.
- El animal fue liberado de la inmovilización y regresó a su jaula.
- Se procedió a leer la concentración de hemoglobina proporcionada



por el hemoglobinómetro.

3.6.4. Para la comparación de recuperación entre los grupos experimentales

Etapas de Tratamiento

Para el tratamiento de anemia ferropénica inducida.

Grupo 1: Grupo control

Método: Dietético.

Técnica: Dieta habitual

Procedimiento: Cada animal de experimentación de este grupo recibió 20 g/día de dieta habitual y 5 ml /kg/día de agua durante 28 días.

Grupo 2: Grupo experimental 2 (Extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 6%).

Método: Dietético.

Técnica: Dieta habitual más extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 6%.

Procedimiento: Se administró 15gr del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 6%, 5gr de dieta habitual y 5 ml /kg/día de agua durante 28 días respectivamente.

Grupo 3: Grupo experimental 3 (Extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 8%)

Método: Dietético.



Técnica: Dieta habitual más extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 8%.

Procedimiento: Se administró 15 gr del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 8%, 5gr de dieta habitual y 5 ml /kg/día de agua durante 28 días respectivamente.

Grupo 4: Grupo experimental 4 (Extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 10%).

Método: Dietético.

Técnica: Dieta habitual más extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 10%.

Procedimiento: Se administró 15 gr del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico al 10%, 5gr de dieta habitual y 5 ml /kg/día de agua durante 28 días respectivamente.

Tabla 17

Composición nutricional de la dieta habitual de las ratas cepa Wistar, Puno, 2024

Alimentos	Cantidad (g)	Calorías (Kcal)	Carbohidratos (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Hierro (mg)	Vit. C (mg)
Clara de huevo	7	3.56	0.06	0.95	0.02	0.01	0.00
Arroz integral	4	14.33	5.17	0.52	0.05	0.07	0.03
Semillas de girasol/sésamo	2	17.68	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00
Gelatina	7	27.23	5.24	1.58	0.00	0.00	0.00
Total	20	62.80	10.47	3.05	2.05	0.08	0.03

Nota: Tabla Peruana de Composición De Alimentos 2017.



Análisis de hemoglobina

El incremento en los niveles de hemoglobina durante esta fase del tratamiento para la anemia ferropénica se evaluó al inicio, que correspondió al dato final de inducción, y posteriormente a los 14 y 28 días, tanto en el grupo control como en los grupos experimentales.

Para obtener el nivel de hemoglobina de las ratas.

Método: Bioquímico.

Técnica: Punción venosa caudal

Procedimiento:

- Se llevó a cabo la asepsia en el sitio de punción con un algodón empapado en alcohol.
- Se identificó la vena lateral y se realizó la punción con una lanceta.
- Posteriormente, se retiró la lanceta.
- Luego se tomó la muestra de sangre en la micro cubeta.
- Se notó que la micro cubeta estaba llena.
- Se aplicó presión en el sitio de punción durante 30 segundos con algodón.
- A continuación, se colocó la micro cubeta en el hemoglobinómetro.
- El animal fue liberado de la inmovilización y regresó a su jaula.
- Se procedió a leer la concentración de hemoglobina proporcionada por el hemoglobinómetro.



Proceso de Eutanasia

La eutanasia se realizó una vez culminado el proceso experimental.

Método: Químico

Técnica: Eutanasia Responsable, con Médico veterinario especialista en animales menores. Se sacrificó a todos los grupos de experimentación usando el método químico y la técnica por agentes no inhalatorios.

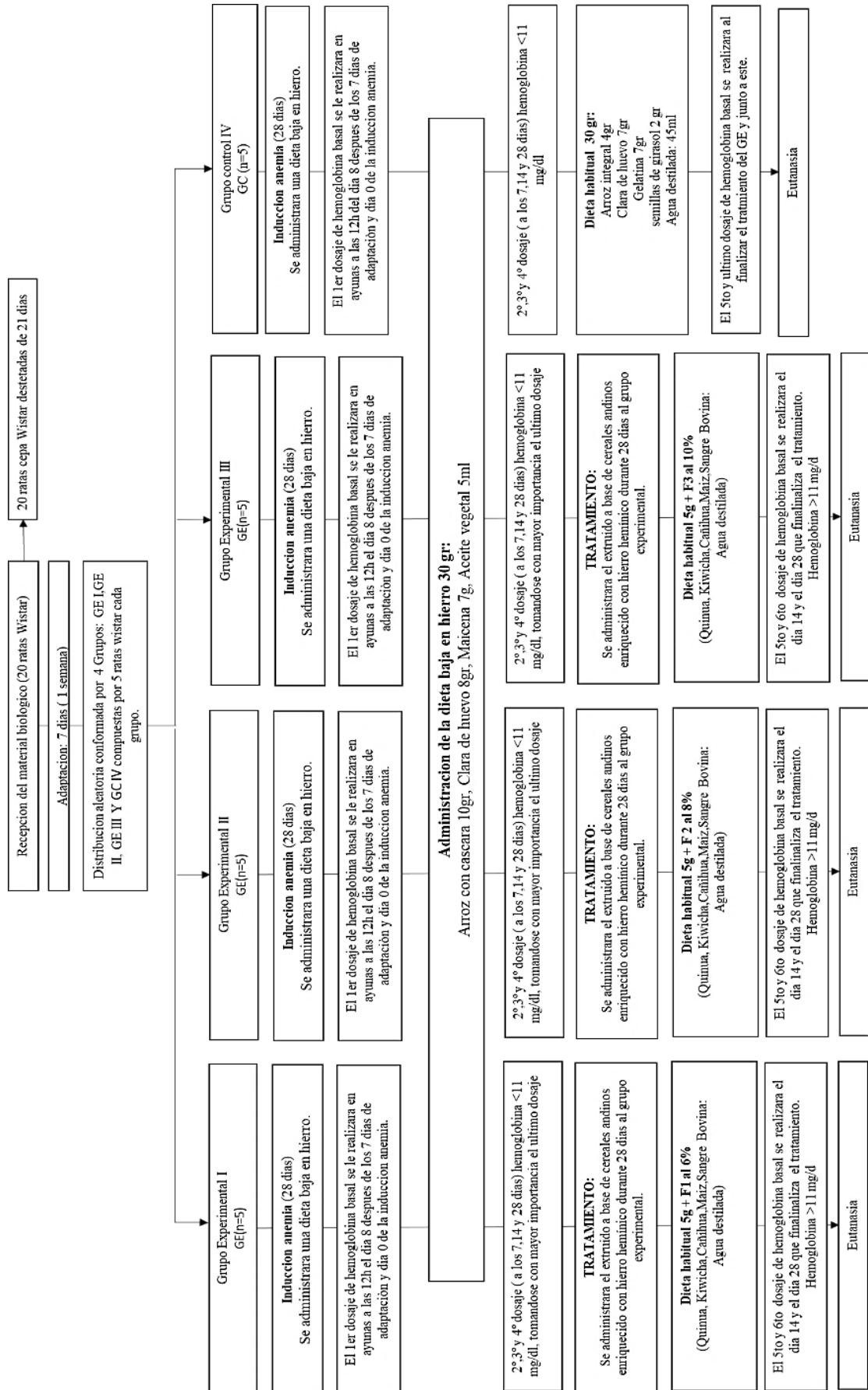
Procedimiento:

- Las ratas fueron introducidas a la cámara de CO₂ (balde), y se cerró la tapa asegurando la distribución uniforme del gas y la rápida exposición.
- Se abrió la válvula reguladora de la salida del CO₂ (flujo aproximado 20% del volumen de la cámara por minuto)
- Los animales tardaron unos 30 - 60 segundos en quedarse inmóviles.
- Se esperó al menos 30 segundos después de la última respiración y se aseguró la muerte del animal mediante dislocación física.

Diseño experimental

En la Figura se muestra el diagrama de flujo del procedimiento experimental, se detalla paso a paso lo realizado durante la investigación.

Figura 8 *Esquema experimental*





3.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el análisis estadístico de los datos recopilados durante la investigación se recurrirá a las siguientes pruebas:

1. Prueba de Normalidad: Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para determinar si los datos obtenidos de los tratamientos seguían una distribución normal. La hipótesis nula afirmaba que los datos presentaban una distribución normal, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que no era así.

2. Prueba de Homocedasticidad: Se realizó la prueba de homocedasticidad utilizando el Test de Levene para evaluar si las varianzas de los tratamientos eran similares. La H_0 planteada afirmaba que las varianzas eran iguales, mientras que la H_a sugería diferencias significativas en las varianzas.

3. Análisis de Varianza (ANOVA): Se realizó un análisis de varianza para examinar el impacto del consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida. Se plantearon la hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_a) correspondientes.

4. Determinación de Tratamientos Significativos: Se compararon los tratamientos con el grupo de control para identificar diferencias significativas. La H_0 establecía que no existían diferencias significativas con respecto al grupo de control, mientras que la H_a sugería lo contrario.

5. Selección del Mejor Tratamiento: Se aplicó la Prueba de Tukey para identificar si había diferencias significativas entre los distintos tratamientos administrados a las ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida. Se plantearon las hipótesis correspondientes y se analizaron las diferencias de medias, intervalos de confianza y valores p.



3.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se garantizará el cumplimiento de la Ley N° 30407 de Protección y Bienestar Animal en Perú, utilizando buenas prácticas de manejo y bioseguridad según lo propuesto por los National Institutes of Health (NIH) de Estados Unidos. Además, en el proceso de investigación experimental se aplicarán dos de los principios de las tres Rs (reducir, reemplazar y refinar), con el objetivo de minimizar el número de animales utilizados para asegurar la validez del estudio a nivel internacional. Se adaptarán las técnicas y métodos para mitigar el sufrimiento, dolor y estrés animal en la medida de lo posible.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FORMULACIÓN DE LOS EXTRUIDOS

En la Tabla 18, se describe las formulaciones de los extruidos a base de cereales andinos enriquecidos con diferentes concentraciones de hierro hemínico.

Tabla 18

Formulación de los extruidos para las ratas Wistar Puno, 2023

Ingredientes	Formulaciones		
	Formulación 1 (6%)	Formulación 2 (8%)	Formulación 3 (10%)
Harina de maíz	58.5	56.3	54.1
Harina cañihua	7	7	7
Harina quinua	7	7	7
Harina kiwicha	8	8	8
Harina de sangre	6	8	10
Azúcar	12	12	12
Maltodextrina	1.3	1.28	1.26
Sabor chocolate	0.2	0.4	0.6
Antioxidante	0.02	0.04	0.06
Total	100.00	100.00	100.00

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 18, las formulaciones 1, 2 y 3 de extruidos, presentan porcentajes de ingredientes iguales en cuanto a la harina de cañihua en un 7%, la harina de quinua en un 7%, la harina de kiwicha en un 8% y azúcar en un 12%. Además de estos ingredientes principales, se incluyen otros ingredientes adicionales como maltodextrina, saborizante de chocolate y antioxidante. El ingrediente que varía entre las formulaciones es la harina de sangre bovina, la cual se encuentra en un 6% en la formulación 1, un 8% en la



formulación 2 y un 10% en la formulación 3. Asimismo, las 3 formulaciones contienen harina de maíz aproximadamente en un 56%, el cual cumple una función primordial para darle la estructura y consistencia útiles para la formulación de los extruidos, gracias a su componente principal que es el almidón y sus sub componentes como la amilosa en menor cantidad, está presenta una cadena lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α -1,4-glicosídicos que le permite forman geles más firmes y la amilopectina en mayor cantidad, es una molécula ramificada de glucosa, las ramas se unen a la cadena principal a través de enlaces α -1,6-glicosídicos y enlaces α -1,4-glicosídicos lo que le permite formar geles más suaves y pegajosos cuando se gelatiniza. La interacción entre amilosa y amilopectina en el almidón es fundamental para las propiedades de textura y consistencia del extruido formulado.

Las tres formulaciones presentan cantidades adecuadas de ingredientes que no alteran su sabor, color y olor. Del mismo modo, Tello E. y otros, en 2022, en su mejor formulación a base de harina de quinua, cañihua, 1 ml de yogurt y la adición de suplemento de hierro hemínico, lo que resultó en pequeñas bolas de 1cm de diámetro, sin embargo, durante el proceso de producción le añadió harina de arroz y maíz para ayudar a la aglutinación del producto. En nuestro estudio, también se utilizó una cantidad significativa de harina de maíz para optimizar la aglutinación, lo que demuestra la importancia de este ingrediente por sus propiedades químicas que influyen en la textura final del producto.

4.2. COMPOSICIÓN CENTESIMAL, CONTENIDO DE HIERRO Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS FORMULACIONES

Tabla 19

Composición centesimal de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT, Lima, 2023

Análisis	Nivel de enriquecimiento del producto extruido		
	6%	8%	10%
(*) Carbohidratos (g/100g)	83	82	81,05
(*) Ceniza (g/100g)	1,70	1,70	1,70
(*) Energía total (kcal/100g)	404,3	404,1	404,54
(*) Grasa (g/100g)	5,1	5,3	5,54
(*) Humedad (g/100g)	4,09	4,09	4,09
(*) Proteína (Nx6,25) g/100g)	6.6	7,1	7,62

Nota: Obtenido de las pruebas de laboratorio.

En la Tabla 19, la formulación 1, tiene 83 g de carbohidratos a diferencia de la formulación 2 que tiene 82g y la formulación 3 que tiene 81,05 de carbohidratos, esto se debe a que la formulación 1 tiene más cantidad de harina de maíz. Se observa que la formulación 1 tiene 6.6 g de proteína y la formulación 2 tiene 7.1 g de proteína, a diferencia de la formulación 3 que tiene 7.62 g de proteína, la diferencia de la cantidad de proteína se debe a que la formulación 3 tiene mayor cantidad de harina de sangre bovina. Las formulaciones cuentan con adecuadas cantidades de proteínas que favorecerán a la absorción del hierro. En relación al contenido de grasa, la formulación 1 presenta 5.1 g, la formulación 2: 5.3 g y la formulación 3: 5.54 g. El mayor contenido de grasa en la formulación 3 puede atribuirse al mayor porcentaje de harina de sangre bovina.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Garay J., que elaboró galletas con harina de sangre bovina, la formulación que mejor aceptación tuvo fue las galletas con 50% de hierro hemínico (harina de quinua 20,0%, trigo 10,0% y sangre bovina 50,0%,

sal 0,20%, manteca vegetal 25,00 %, huevo 12,00%, azúcar 45,00%, cacao 10,00%, polvo de hornear 0,70%, leche en polvo 5,00%, bicarbonato 0,15%), al cual se realizó análisis de la composición centesimal (Humedad = 3,20%, Proteína = 15,70%, Grasa = 20,40%, Carbohidratos = 60,10%, Ceniza = 1,30%).

Tabla 20

Hierro (mg/100g) de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT,

Lima, 2023

Análisis	Nivel de enriquecimiento del producto extruido		
	6%	8%	10%
(*) Hierro (mg/100g)	17.31	24.13	31.26

Nota: Obtenido de las pruebas de Laboratorio.

La Tabla 19, muestra el contenido de hierro en las tres formulaciones de extruidos evaluadas en este estudio. La formulación 1 presentó 17.31 mg de hierro por cada 100 g de muestra, la formulación 2 contenía 24.13 mg y la formulación 3 tuvo 31.26 mg de Fe.

Es importante destacar que las tres formulaciones se elaboraron con una proporción similar de harina de quinua, cañihua, kiwicha y maíz, siendo este último ingrediente fundamental para la estructura y aglutinación del extruido. La variación en el contenido de hierro se atribuye a la cantidad de harina de sangre bovina utilizada en cada formulación, siendo la formulación 3 la que presentó la mayor concentración de este ingrediente.

El grupo experimental 3, que recibió el extruido enriquecido al 10% de hierro hemínico, presentó el mayor incremento en los niveles de hemoglobina, con un promedio de 14.0 mg/dl. Este aumento se atribuye a la alta biodisponibilidad del hierro hemínico presente en la harina de sangre bovina, que tiene una absorción en un 30-50%. Además, la



combinación de cereales andinos como quinua, cañihua y kiwicha, que también contienen hierro no hemínico, contribuyó al aumento de los niveles de hemoglobina, aunque en menor medida, ya que su absorción es menor (5-15%). La comparación entre los grupos experimentales I, II y III indica que la concentración de hierro hemínico es un factor determinante en el aumento de los niveles de hemoglobina. El grupo experimental I, con 6% de hierro hemínico incremento su nivel de hemoglobina en un promedio de 11.36 mg/dL, presentando el menor incremento, mientras que el grupo experimental II, con 8% con un promedio 12.28 mg/dL, mostrando un aumento intermedio y en cuanto al grupo control su nivel de hemoglobina esta con un promedio de 10.42mg/dL con una diferencia de 0.34 en comparación a la última toma de hemoglobina, indicando que no subió significativamente su nivel de hemoglobina ya que solo consumían su dieta habitual que contenía 0.08 mg de hierro. Es importante destacar que hay factores que influyen en la absorción de hierro, como el sexo y la edad de las ratas. En este estudio, se utilizaron ratas machos de 21 días, lo que podría favorecer a una mejor absorción tanto del hierro hemínico como del no hemínico. Según la literatura en el marco teórico indica que una dieta rica en hierro puede elevar los niveles de hemoglobina entre un 10% y 20% en las primeras dos semanas, dependiendo de la biodisponibilidad del hierro. La recuperación completa puede tardar hasta 4 semanas o más en casos severos y en comparación con nuestra investigación donde se suministró por 4 semanas el extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico se logró el incremento de hemoglobina en los tres grupos experimentales.

En cuanto a la administración de hierro a las ratas en los grupos experimentales, significativamente superior a las necesidades estimadas de 0.25 mg/día. El grupo control, recibiendo solo 0.08 mg/día, sirve como punto de referencia para evaluar los efectos de la sobrecarga de hierro. La administración de 2.60 mg/día (GE I), 3.62 mg/día (GE II), y



4.69 mg/día (GE III) representa una sobrecarga considerable, con el GE III recibiendo casi 19 veces la cantidad estimada como necesaria. Esto sugiere que la sobrecarga de hierro puede desencadenar una cascada de eventos bioquímicos adversos. El hierro, en exceso, puede catalizar la formación de radicales libres a través de la reacción de Fenton y Haber-Weiss, incrementando el estrés oxidativo. Esto puede dañar las biomoléculas, incluyendo lípidos, proteínas y ADN, contribuyendo al daño celular y tisular. En particular, el hígado, como órgano principal de almacenamiento y metabolismo del hierro, es altamente susceptible a este daño oxidativo, pudiendo resultar en esteatosis hepática o incluso cirrosis.

La capacidad de la ferritina, la principal proteína de almacenamiento de hierro intracelular, para secuestrar el exceso de hierro es limitada. Cuando la capacidad de la ferritina se satura, el hierro libre se acumula en el citoplasma, exacerbando el estrés oxidativo y la toxicidad. Este hierro libre puede interactuar con proteínas celulares, alterando su función y contribuyendo a la disfunción orgánica.

Además, la sobrecarga de hierro puede afectar la homeostasis del hierro, interfiriendo con la absorción y el transporte del hierro. La hepcidina, una hormona clave en la regulación del hierro, puede verse afectada por la sobrecarga, lo que podría llevar a una mayor absorción intestinal de hierro y un empeoramiento de la situación. La interacción del hierro con otros metales, como el cobre, también puede ser alterada, afectando el metabolismo de estos nutrientes esenciales.

Es importante destacar que la severidad de los efectos adversos de la sobrecarga de hierro dependerá de la magnitud de la sobrecarga, la duración de la exposición y la susceptibilidad individual de los animales. La variación en la respuesta entre los grupos experimentales (I, II y III) podría reflejar la dosis-dependencia de estos efectos, con el GE



III mostrando potencialmente efectos más pronunciados debido a la mayor cantidad de hierro administrada. Estudios adicionales, incluyendo análisis hematológicos, bioquímicos y histopatológicos, serían cruciales para evaluar la magnitud del daño y determinar los efectos a largo plazo de la sobrecarga de hierro en estos animales.

Este hallazgo se alinea con los resultados obtenidos por Estrella J. y Estrada Z. (2022), quienes también reportaron un mayor contenido de hierro en extruidos elaborados con harina de quinua negra Collana, en comparación con formulaciones que incluían harina de cañihua. Estos autores resaltan la importancia de la presencia de aminoácidos como la lisina, metionina e histidina en la quinua, los cuales favorecen la absorción del hierro. De acuerdo con sus hallazgos, la formulación con quinua negra Collana incrementó los niveles de hematocrito y hemoglobina, lo que sugiere una mejor biodisponibilidad del hierro.

En un estudio realizado por Cristancho en el 2021 investigó la incorporación de hierro hemínico proveniente de sangre bovina en galletas de chocolate y néctar de mora. El objetivo era enriquecer estos productos con hierro utilizando hemoglobina bovina en polvo. Se desarrollaron tres formulaciones distintas para cada producto, con porcentajes de hemoglobina del 6, 7.4 y 8.6% para las galletas y de 0.59, 0.94, y 1.29% para el néctar, respetando los niveles requeridos para alimentos fortificados. Los resultados mostraron que las galletas con hemoglobina bovina en polvo cumplieron con los estándares de calidad, mientras que el néctar presentó dificultades en sus características organolépticas y funcionales, siendo complicado estabilizarlo. Se encontró que la mayor aceptabilidad se obtuvo en las formulaciones con menor contenido de hierro hemínico, lo que sugiere que, a mayor concentración de hierro de origen animal, menor es la aceptabilidad del producto.

Por otro lado Garay J. (2018) en su estudio sobre galletas con harina de sangre bovina, donde se encontró que la formulación con mayor aceptación fue la que contenía 50% de hierro hemínico, proporcionando 27.545 mg de hierro por cada 100 g de galleta. Esta cantidad supera la recomendación del Ministerio de Salud para niños con anemia (10 mg/día).

Los resultados de este estudio, en conjunto con la literatura revisada, sugieren que la incorporación de hierro en productos alimenticios debe considerar la fuente del hierro y su concentración. Si bien el hierro de origen animal como la harina de sangre bovina presenta una mayor biodisponibilidad, su alta concentración puede afectar la aceptabilidad del producto.

Tabla 21

Calidad microbiológica de los extruidos en las tres formulaciones. Laboratorio SAT, Lima, 2023

Análisis	Nivel de enriquecimiento del producto extruido		
	6%	8%	10%
Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa). (ufc/g) (unidad formadora de colonias)	<10	<10	<10
Bacillus cereus Numeración (ufc/g) (unidad formadora de colonias)	<100	<100	<100
Coliformes Bacterias Numeración (NMP/g)	<3	<3	<3
Hongos: Mohos Numeración (ufc/g) (unidad formadora de colonias)	<10	<10	<10
Salmonella Detección (/25g)	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Nota: Obtenido de las pruebas de Laboratorio.

La Tabla 21 presenta los resultados del análisis microbiológico de las tres formulaciones de extruidos. Se observa que los aerobios mesófilos en las tres



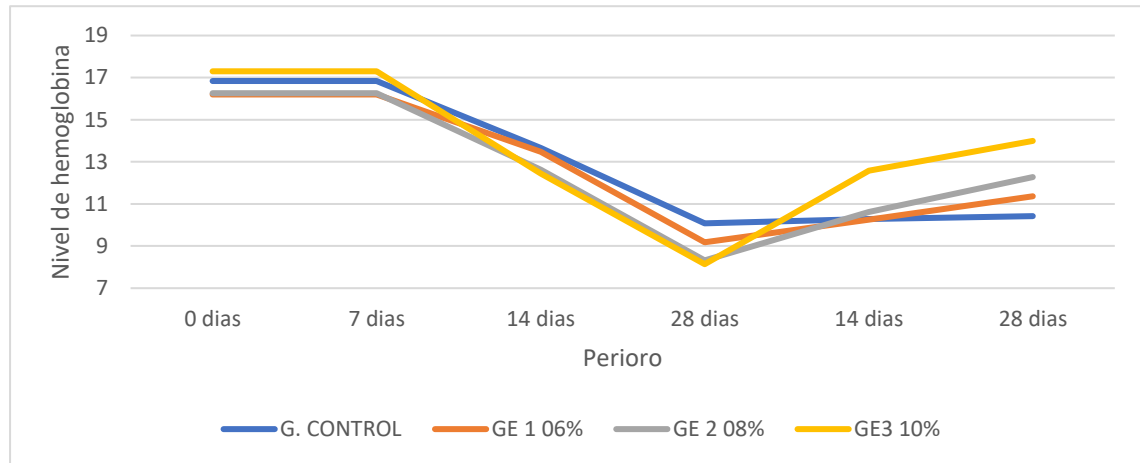
formulaciones se encuentran por debajo de 10 ufc/g, o cual indica un bajo nivel de contaminación microbiana. Del mismo modo, los bacillus cereus se encuentran por debajo de 100 ufc/g, lo que confirma la seguridad del producto en relación a este microorganismo. Las coliformes también se encuentran por debajo de 3 NMP/g, indicando la ausencia de contaminación fecal. El recuento de mohos se encuentra por debajo de 10 ufc/g, lo que sugiere un buen control en las etapas de producción y almacenamiento. Finalmente, se observa ausencia de Salmonella en las tres formulaciones, lo que confirma la inocuidad del producto.

Estos resultados son coherentes con los obtenidos por Garay J. en su estudio sobre galletas con harina de sangre bovina. Encontró que las galletas que mejor aceptación tuvo con 50% de hierro hemínico (harina de quinua 20,0%, trigo 10,0% y sangre bovina 50,0%, sal 0,20%, manteca vegetal 25,00 %, huevo 12,00%, azúcar 45,00%, cacao 10,00%, polvo de hornear 0,70%, leche en polvo 5,00%, bicarbonato 0,15%) cumplieron con los requisitos microbiológicos establecidos en la Resolución Ministerial N°591-2008/MINSA. El análisis microbiológico de las galletas mostró ausencia de Salmonella sp, Escherichia coli (NMP) < 3 NMP/g, Staphylococcus Aureus < 3 NMP/g, Clostridium perfringens < 10 UFC/g, Recuento de Mohos < 10 UFC/g, y Recuento en placa de Bacillus cereus < 100 UFC/g, confirmando que el producto es apto para consumo humano.

4.3. INDUCCIÓN ANEMIA FERROPÉNICA EN LAS RATAS CEPA WISTAR MEDIANTE UNA DIETA DEFICIENTE EN HIERRO

Figura 9

Inducción de anemia y recuperación de las ratas de los grupos experimentales



Nota: Elaboración propia generado con Microsoft Excel Profesional 2019.

La Figura 9 muestra la inducción de anemia ferropénica en ratas Wistar mediante una dieta deficiente en hierro. Al inicio del estudio, los cuatro grupos de ratas presentaron un promedio de nivel de hemoglobina de 17 mg/dl. Las ratas tuvieron una semana de adaptación a la dieta de control. A partir del día 7 se inició la inducción de anemia mediante la dieta deficiente en hierro combinada con flebotomía caudal, realizada tres veces por semana. A los 28 días, los cuatro grupos presentaron niveles de hemoglobina por debajo de 11 mg/dl, lo cual indica que todos habían desarrollado anemia.

A partir del día 28, se comenzó a suministrar las formulaciones a los tres grupos experimentales, reiniciando el conteo de días desde este momento, considerado como el día 0 de la recuperación. A los 14 días de recuperación, se observa que el grupo experimental 3, que recibió un 10% de harina de sangre bovina, logró salir del nivel de anemia. Posteriormente, los grupos experimentales 1 y 2 lograron salir de la anemia a los 28 días de recuperación. El grupo control no logró salir de la anemia, manteniendo un



nivel promedio de hemoglobina de 10 mg/dl. Para inducir anemia en el presente estudio, se aplicó un protocolo que se basa en investigaciones previas, como la de Cáceres G. (2023), con ligeras modificaciones en la composición de la dieta. La dieta deficiente en hierro consistió en 10g de cáscara de arroz, 8g de clara de huevo, 7g de maicena y 5ml de aceite vegetal, combinada con flebotomía caudal tres veces por semana.

Diversos estudios han utilizado diferentes estrategias para inducir anemia en roedores. Quispe A. (2021) empleó una dieta hipo férrica con caseína, sacarosa, almidón de maíz, aceite de maíz, celulosa, cloruro de colina, metionina y agua desionizada, logrando una ingesta de 1,25mg de hierro, complementada con flebotomía caudal. Tello E. (2022) administró una dieta de sacarosa, caseína, mezcla de sales, vitaminas hidrosolubles y grasa. Amaro J. (2019) utilizó una dieta compuesta por 100g de leche de soya, 4g de maicena y 2g de celulosa, sin mencionar la flebotomía caudal.

A pesar de las variaciones en la composición, todas estas dietas bajas o libres de hierro presentan porcentajes similares a nivel de macronutrientes y, en combinación con la flebotomía caudal, logran inducir anemia de manera exitosa. La flebotomía caudal, al extraer sangre de la cola del animal, contribuye en el descenso de los niveles de hemoglobina, acelerando el proceso para inducir a la anemia.

4.4. EFECTO DE LOS EXTRUIDO A BASE DE CEREALES ANDINOS ENRIQUECIDOS CON HIERRO HEMÍNICO EN LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA DE RATAS CEPA WISTAR CON ANEMIA FERROPÉNICA INDUCIDA

Tabla 22 Nivel promedio de Hemoglobina (mg/dl) de las ratas wistar

Grupos	Periodo de inducción de anemia			Periodo de recuperación		Dif.
	30/11	14/12	28/12	11/01	17/01	
GE I	16.2	13.48	9.18	10.26	11.36	2.18
GE II	16.26	12.62	8.32	10.62	12.28	3.96
GE III	17.3	12.44	8.14	12.58	14	5.86
Grupo control	16.84	13.66	10.08	10.28	10.42	0.34

Nota: Datos procesados con el estadígrafo SPSS v25 a partir de la base de datos.

La Tabla 22 se observa que el grupo experimental I tuvo un promedio de hemoglobina de 11.36 g/dl y 12.28 g/dl el grupo experimental II, y el grupo experimental III con 14 g/dL, resultados que quizás puede ser ocasionado porque el extruido tiene mayor cantidad de nutrientes en su composición. En nuestra investigación se comprobó que la administración del extruido si incrementa los valores de hemoglobina.

Estos hallazgos se alinean con los resultados obtenidos por Tello E. y otros en 2022, quienes realizaron cuatro tratamientos en ratas Wistar. El grupo que recibió suplementación con hierro hemínico en polvo de origen animal (2.3 mg de Fe) evidenció una recuperación notable en los niveles de hemoglobina, que aumentaron de 12.3 mg/dl a 14.5 mg/dl. Este grupo presentó una recuperación superior al grupo control y al grupo suplementado con microcápsulas de hierro de origen mineral, a pesar de contener la misma cantidad de hierro. La diferencia se atribuye a la mayor biodisponibilidad del hierro hemo, que se absorbe sin necesidad de cofactores como la vitamina C. El hierro

mineral, por otro lado, se absorbe en menor proporción (1% a 5%), requiriendo la presencia de vitamina C para su absorción.

Los resultados de este estudio sugieren que la incorporación de hierro hemínico en la dieta de las ratas Wistar puede contribuir a la recuperación de la anemia. La biodisponibilidad del hierro hemo parece ser superior a la del hierro mineral, lo que se traduce en una mayor absorción y una recuperación más rápida de los niveles de hemoglobina.

Tabla 23

Selección del mejor tratamiento

		HSD Tukey ^a		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
VAR00001	N	1	2	3
GC (a)	5	10.4200		
Tratamiento 1 (ab)	5	11.3600	11.3600	
Tratamiento 2 (b)	5		12.2800	
Tratamiento 3 (c)	5			14.0000
Sig.		.384	.402	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Nota: Generado con los datos obtenidos de hemoglobina y generado con SPSS v29.

La prueba Tukey es un estadístico comparativo de promedios entre grupos. Observamos que se crearon 3 subconjuntos, donde el grupo control es significativamente diferente del Tratamiento 2 y 3. Mientras que el Tratamiento 1 no es diferente significativamente del grupo control y del Tratamiento 2. Finalmente, el Tratamiento 3 es significativamente frente a todos los demás grupos, debido a que se evidencia que crea



V. CONCLUSIONES

PRIMERO: El extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico demostró ser efectivo en la recuperación de la anemia ferropénica en ratas Wistar. Se observó que la concentración más alta de hierro (10%) logro una mayor recuperación de la hemoglobina (5.86 mg/dl) al finalizar el tratamiento.

SEGUNDO: Se logró formular el extruido con tres diferentes concentraciones de hierro hemínico (6%, 8% y 10%), cumpliendo con los requisitos de calidad y con características sensoriales adecuadas para la alimentación de las ratas. La composición centesimal del extruido mostró valores similares en carbohidratos, ceniza, energía total y humedad, pero diferencias en el contenido de proteína y grasa debido a la variación en la cantidad de harina de sangre bovina. El extruido cumplió con los estándares de calidad microbiológica según las especificaciones del Codex alimentarius, garantizando su seguridad para el consumo.

TERCERO: Se logro inducir a anemia ferropénica en las ratas cepa Wistar mediante una dieta deficiente en hierro y flebotomía caudal, llegando a valores menores a 11 mg/ dl durante las cuatro semanas de inducción a anemia

CUARTO: Los resultados de la comparación de la recuperación entre los grupos experimentales tratados con el extruido enriquecido con hierro hemínico mostraron que el grupo con la concentración más alta de hierro (10%) logró una mayor recuperación de la hemoglobina, lo que sugiere que la concentración de hierro hemínico juega un papel importante en la eficacia del tratamiento.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda Investigar nuevos excipientes y aditivos que puedan camuflar el hierro hemínico proveniente de la sangre bovina y así puedan mejorar el perfil nutricional y la palatabilidad del extruido.

SEGUNDO: Investigar acerca de métodos nuevos y dietas deficientes en hierro para disminuir los niveles de hemoglobina debajo de 11 mg/dl en un corto periodo de 28 días en las ratas Wistar.

TERCERO: Se recomienda evaluar otros parámetros sanguíneos relevantes, como el hematocrito, el recuento de glóbulos rojos, la ferritina sérica y la capacidad de unión al hierro total, para evaluar la eficacia del extruido enriquecido en la recuperación de la anemia ferropénica.

CUARTO: Se recomienda ampliar el tiempo de inducción a la anemia con la dieta deficiente de hierro (clara de huevo, salvado de trigo y aceite soya) considerando otras alternativas de dietas mínima o nula cantidad de hierro para que se logre reducir a la anemia cumpliendo las 4 semanas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OMS. Metas mundiales de nutrición 2025, Documento normativo sobre anemia [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 14]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/255734/WHO_NMH_NHD_14.4_spa.pdf?sequence=1
2. OMS. Noticias Descriptivas: Anemia. 2023.
3. García Hernández Y, González hernández R, García Pérez Á, Ángeles Campos S, Carmona Castro A, Cárdenas Vásquez R. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de hierro durante la recuperación de ratas anémicas. Rev CENIC Ciencias Biológicas [Internet] [Internet]. 2013 [cited 2022 Dec 3];44(3):14–22. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302002.pdf>
4. Aguirre Castañeda HD, Paz Quiroz FA. El objetivo es bajar la anemia. 2023 Apr 20 [cited 2024 May 30]; Available from: <https://www.elperuano.pe/noticia/210589-el-objetivo-es-bajar-la-anemia>
5. MIDIS. Plan multisectorial de lucha contra la anemia [Internet]. 2020 Jun [cited 2024 May 29]. Available from: <http://www.midis.gob.pe/dmdocuments/plan-multisectorial-de-lucha-contra-la-anemia-v3.pdf>
6. Donato DH, Rapetti MC, Morán L, Cavo M. Hidróxido férrico polimaltosado contra sulfato ferroso en el tratamiento de la anemia ferropénica: estudio prospectivo aleatorizado [Internet]. Vol. 105, Arch Argent Pediatr. 2007 [cited 2024 May 29]. Available from: <http://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2007/v105n6a04.pdf>
7. World Health Organization. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity [Internet]. 2011 [cited 2024 May 30]. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/85839>
8. Machado K, Alcarraz G, Morinico E, Briozzo T, Gutiérrez S. Iron deficiency anemia in children younger than 1 year old users of CASMU-IAMPP: prevalence and associated factors [Internet]. Vol. 88, Arch Pediatr Urug. 2017 [cited 2024 Jun



- 1]. Available from: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/adp/v88n5/1688-1249-adp-88-05-00254.pdf>
9. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales. [Internet]. 2022 [cited 2024 Jun 1]. Available from: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/6154.pdf>
10. García-Hernández Y, González-Hernández R, García-Pérez Á, Ángeles-Campos SC, Carmona-Castro A, Cárdenas-Vázquez R. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de hierro durante la recuperación de ratas anémicas [Internet]. 2013 [cited 2024 May 28]. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302002.pdf>
11. Corilloclla Huamán I. Influencia de cuatro niveles de concentración de hígado de pollo (*Gallus domesticus*) en las características sensoriales del paté [Internet]. [Internet]. Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013 [cited 2022 Dec 3]. Available from: <http://181.65.200.104/handle/UNCP/1881>
12. Román V, Garrido J, Ramírez L. Estudio de la utilización de quinua (*Chenopodium quinoa*) y frutas en la elaboración de compota para infantes de 7 a 12 meses de edad [Internet]. [Internet]. Universidad San Francisco de Quito; 2015 [cited 2022 Dec 3]. Available from: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7560>
13. Alvarado S, Rodríguez B. Efecto del consumo de hierro contenido en la murmunta (*Nostoc sphaericum*) en la recuperación de ratas con anemia inducida [Internet]. [Internet]. Universidad Nacional de San Agustín; 2017 [cited 2022 Dec 3]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4782>
14. Gonzales Carazas. EF, Melgarejo García G, Chávez Conde L, Arellán Bravo L, Carbajal Lázaro E, Cabrera Gómez Y. Efecto terapéutico del extracto etanólico de *Erythroxylum coca* spp. en anemia ferropénica inducida en ratas Holtzman macho. *An la Fac Med* [Internet] [Internet]. 2013 [cited 2022 Dec 3];74(1):7–10. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v74n1/a02v74n1.pdf>



15. Serrano J, Nestares T, Muñoz M, Díaz J, López M. Eficacia de regeneración de la hemoglobina en la recuperación de la anemia ferropénica nutricional con dietas elaboradas a base de leche de cabra. *Nutr Hosp* [Internet] [Internet]. 2015 [cited 2022 Dec 3];32(4):9–1813. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n4/57originalotros06.pdf>
16. Blesa Baviera L. Anemia Ferropènica. *Pediatr Integr* . 2016;5(5):297–307.
17. CORREA AGRESOTT YL, de LA OSSA SIERRA NY. PROGRAMA DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE HABILIDADES PSICOSOCIALES EN NIÑOS Y NIÑAS DE PREESCOLAR “NEIYEL.” [LORICA - CÓRDOBA]: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA; 2022.
18. Anaya B, De La Cruz E, Córdor R, Espitia E, Navarro R, Rivera J. Evaluación de formulaciones de galletas antianémica con diferentes contenidos de quinua y diferentes contenidos en hierro hemínico, por reducción de anemia en ratas Holtzman. *Rev Boliviana de Química* . 2020;37(2):74–84.
19. Galarza Martel RRO. Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS ; 2011.
20. Tello-Palma E, Choque-Quispe M, Pacheco-Tanaka M, Zamalloa-Cuba W, Valencia-Pacho M, Donaires-Flores T, et al. Effects of microencapsulated and heme iron supplementation on the recovery of hemoglobin levels in iron-depleted rats. *Nutr Hosp* [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2024 May 29];39(6):1357–63. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v39n6/0212-1611-nh-39-6-1357.pdf>
21. Preciado Villegas SI, Cristancho Amado LR. Aprovechamiento de hierro del hierro proveniente de hemoglobina bovina en polvo en la fortificación de galletas de chocolate y néctar de mora . [BOGOTÁ D.C.]: Universidad de La Salle; 2021.
22. Anaya B, de La Cruz E, Córdor R, Espitia E, Navarro R, Rivera J. Evaluación de formulaciones de galletas antianémica con diferentes contenidos de quinua y diferentes contenidos en hierro hemínico, por reducción de anemia en ratas Holtzman. *Rev Boliviana de Química* . 2020;37(2):74–84.



23. Caceres Palma.Georgina Lourdes. Evaluación tóxica aguda y efecto sobre los niveles de hemoglobina en ratas inducidas a anemia ferropénica de tres fórmulas alimenticias conteniendo quinua extruida, harina de arroz, suero de leche y hierro hemínico [Internet]. 2023 [cited 2024 May 30]. Available from: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/14534/Evaluacion_CaceresPalma_Georgina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
24. Estrella Tolentino JS, Estrada Huatuco ZS. Evaluación de la actividad antianémica de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad negra collana y kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad ramis en ratas anémicas cepa Holtzman, Lima-2020. [Internet]. 2022 Jun [cited 2024 May 29]. Available from: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6724>
25. Aco K, Quispe G. “FORMULACIÓN PARA ELABORAR GALLETAS DE HARINA DE BAZO DE ORIGEN BOVINO (*Bos taurus*) PARA NIÑOS EN ETAPA PREESCOLAR.” [Arequipa]: Universidad Nacional del Altiplano; 2020.
26. Arcaya Moncada MJ, García Arias GF, Coras Bendezú DM, Chávez Camacho CV, Poquioma Uргуúa G, Quispe Díaz BM. Efecto de la ingesta de galletas fortificadas con sangre bovina en hemoglobina de niños anémicos. *Rev Cubana Enferm.* 2020;36(3).
27. Amaro Terrazos J, Iparraguirre M, Jiménez Soria A. Extracto de quinua en anemia ferropénica inducida en ratones. . *Rev Salud Publica* . 2019;21(2):5–232.
28. GARAY BARRIOS JJ. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE GALLETAS ANTIANÉMICAS ENRIQUECIDAS CON QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y SANGRE BOVINA. [AYACUCHO]: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA; 2018.
29. QUISPE QUISPE AJ. EFECTO DEL CONSUMO DE GOMITAS FUNCIONALES EN BASE A QUINUA, HÍGADO DE POLLO Y PLÁTANO EN LA RECUPERACIÓN DE RATAS CON ANEMIA INDUCIDA. [PUNO]: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ; 2021.
30. Lupaca Valeriano. Yudith, Tapara Condori. Carmen Luzgarda. Comparación del efecto de la suplementación con multimicronutrientes y la propuesta dietética a



- base de sangrecita de res en los niveles de hemoglobina en niños y niñas de 18 a 36 meses de edad del Centro de Salud José Antonio Encinas Puno – 2018 [Internet]. Repositorio UNAP. 2018 [cited 2024 May 30]. Available from: <https://vriunap.pe/repositor/docs/d00006206-Borr.pdf>
31. Centers for Disease Control (CDC). CDC criteria for anemia in children and childbearing-aged women. 1989 Jun 9 [cited 2024 May 30]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2542755/>
 32. MINSA. Resolución Ministerial N°251-2024 [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/5440166-251-2024-minsa>
 33. Vaquero Rodrigo P, Blanco Rojo R, Toxqui Abascal L. Nutrición y anemia [Internet]. [cited 2024 May 30]. Available from: https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_Capitulo_23.pdf
 34. Andrews NC. Forging a field: the golden age of iron biology. 2008 Jul 15;
 35. Forrellat Barrios M, Gautier du Défaix Gómez H, Fernández Delgado N. Metabolismo del hierro [Internet]. Vol. 16, Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter. 2000 [cited 2024 May 31]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-02892000000300001&script=sci_abstract
 36. Alimentaria V. Anemia en gestantes del Perú y Provincias con comunidades nativas 2011. 2012 [cited 2024 May 31]; Available from: <https://www.gob.pe/institucion/ins/informes-publicaciones/4201425-prevalencia-de-anemia-en-gestantes-comunidades-nativas-2011>
 37. Grandez Urbina JA, Cervantes Siles G, Castro Segura J, Llacta- Aparicio D, Gonzalo Rodríguez J. Anemia en mujeres en edad fértil de la Comunidad Nativa Ese'eja - Palma Real, Madre Dios, Perú [Internet]. 2013 [cited 2024 May 31]. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2013000100008



38. Comité Nacional de Hematología O y MT y CN de N. Deficiencia de hierro y anemia ferropénica. Guía para su prevención, diagnóstico y tratamiento [Internet]. Vol. 115, Archivos Argentinos de Pediatría. Sociedad Argentina de Pediatría; 2017 Aug [cited 2024 May 31]. Available from: https://www.sap.org.ar/uploads/consensos/consensos_deficiencia-de-hierro-y-anemia-ferropenica-guia-para-su-prevencion-diagnostico-y-tratamiento--71.pdf
39. MINSA. Norma técnica para el manejo terapéutico y preventivo de la anemia en niños, adolescentes y mujeres gestantes y puérperas. 2018;1.
40. Organización Mundial de la Salud. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones [Internet]. [cited 2024 May 31]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/85844/WHO_NMH_NHD_MNM_11.2_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
41. Emin MA. Extrusion. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2024 May 29]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965034132>
42. Li M, Hasjim J, Xie F, Halley PJ, Gilbert RG. Degradación por cizallamiento de estructuras moleculares, cristalinas y granulares del almidón durante la extrusión. *Starch - Stärke*. 2014 Jul;66(7–8):595–605.
43. Aristegui JR. 20 Octubre. 2017 [cited 2024 May 29]. Método de extrusión su proceso y aplicación. - Aristegui Maquinaria. Available from: <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>
44. Lopes-da-Silva M de F, Santos L, Choupina A. A extrusão em tecnologia alimentar: tipos, vantagens e equipamentos. 2019 Jan 21;38(1–2015):3–10.
45. Garcia-Valle DE, Agama-Acevedo E, Nuñez-Santiago M del C, Alvarez-Ramirez J, Bello-Pérez LA. Extrusion pregelatinization improves texture, viscoelasticity and in vitro starch digestibility of mango and amaranth flours. *J Funct Foods*. 2021 May;80:104441.
46. Fernández Gutiérrez JA. Estudio de la interacción de los biopolímeros caseína y almidón por el proceso de extrusión [Internet]. [Mexico, D.F.]: Instituto



- Politecnico Nacional; 2015 [cited 2024 May 29]. Available from: <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/10764>
47. GEREN H, KAVUT YT, TOPÇU GD, EKREN S, İŞTİPLİLER D. Akdeniz İklimi Koşullarında Yetiştirilen Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’da Farklı Ekim Zamanlarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2014 Sep 1;51(3).
 48. López Zavala Ronal. Comparación de rendimiento de cinco variedades mejoradas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) en la comunidad de Sacsahuillca – Mara – Cotabambas. [Apurímac - Perú]: Universidad Tecnológica de los Andes, Escuela profesional de Agronomía; 2017.
 49. Apaza Apaza B. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVE LÍNEAS AVANZADAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), EN LA COMUNIDAD SULLCAVI - JUNOTOQUE, MUNICIPIO DE AYO AYO PROVINCIA AROMA. [La Paz - Bolivia]: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS; 2016.
 50. CASTRO CRUZADO AJH. Determinación de la Lámina de Agua en el Rendimiento del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en el Porvenir, Trujillo, La Libertad. [CAJAMARCA – PERÚ]: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA; 2018.
 51. Apaza V (INIA), Cáceres G (INIA), Estrada R (INIA), Pinedo R (FAO). CATÁLOGO DE VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA EN EL PERÚ. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Representación de la FAO en el Perú. 2013;56.
 52. Ministerio de Agricultura. QUINUA INIA 415 PASANKALLA. Rinconada Salcedo s/n - Puno ; 2022.
 53. Burin Díaz Y. Rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. [LIMA]: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA; 2013.
 54. Torres Villegas RM. Plan estratégico para el fortalecimiento de la capacidad competitiva en la producción de Quinoa, caso: Región Arequipa [Internet].



- [Arequipa]: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN; 2017 [cited 2024 May 29]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6125>
55. Ceyhun Sezgin A, Sanlier N. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Trends Food Sci Technol*. 2019 Apr;86:51–8.
56. Navruz-Varli S, Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Cereal Sci* [Internet]. 2016 May [cited 2024 May 31];69:371–6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521016300662>
57. Stikic R, Glamoclija D, Demin M, Vucelic-Radovic B, Jovanovic Z, Milojkovic-Opsenica D, et al. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J Cereal Sci* [Internet]. 2012 Mar [cited 2024 May 31];55(2):132–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521011001901>
58. Aro Aro MJ, Calsin Cutimbo M. Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maiz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción – extrusión. *Journal of High Andean Research* [Internet]. 2019;21(2):293–303. Available from: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.506>
59. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). In: *Food Reviews International* [Internet]. 2003 [cited 2024 May 31]. p. 179–89. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/48035029.pdf>
60. Reyes Montaña EA, Ávila Torres DP, Guevara Pulido JO. Componente nutricional de diferentes variedades de quinua en la región Andina [Internet]. [cited 2024 May 31]. Available from: https://www.med-informatica.net/TERAPEUTICA-STAR/Quinoa_ComposicionNutricionalVariedadesAndina_2006_r5_art10.pdf



61. Martínez-Lopez A, Millan-Linares MC, Rodríguez-Martin NM, Millan F, Montserrat-de la Paz S. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *J Funct Foods*. 2020 Feb;65:103735.
62. Albuja E. Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO; 2018.
63. Garden d. Love Lies Bleeding: A Memorable Name for a Striking Plant. *Lies Bleeding: A Memorable Name for a Striking Plant*. 2013;
64. Montoya-Rodríguez A, Gómez-Favela MA, Reyes-Moreno C, Milán-Carrillo J, González de Mejía E. Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2015 Mar 2;14(2):139–58.
65. Repo-Carrasco-Valencia R, Peña J, Kallio H, Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci*. 2009 Mar;49(2):219–24.
66. Burgos VE, Castillo VC Del. Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales. *Revista chilena de nutrición*. 2021 Jun;48(3):307–18.
67. FAO/OMS. Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12 . Informe de una consulta mixta de expertos FAO/OMS. *Estudios FAO Alimentación y Nutrición*. 2021;23(31).
68. Tapia. Mario E., Fries AM. GUÍA DE CAMPO DE LOS CULTIVOS ANDINOS. División de Nutrición y Protección del Consumidor, FAO . 2017;
69. Reyes Javier P. Aislado y caracterización físico química del almidón de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). [LIMA]: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA; 2017.
70. Carrillo Terán WI, Vilcacundo R, Carpio C. Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua / Bioactive components derived from amaranth and quinoa. *Actual nutr* . 2015 Mar;16(1):18–22.



71. Mostacero E, Huaranga A, Villacorta E. Cultivo de la kiwicha. Boletín técnico N°4 Biodiversidad y Desarrollo Agrario (BIDA)); Aide au Développement Gembloux (ADG) y la Cooperación Belga al Desarrollo (.eb). 2013;
72. Paucar-Menacho LM, Peñas E, Dueñas M, Frias J, Martínez-Villaluenga C. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* [Internet]. 2017 Mar [cited 2024 May 31];76:245–52. Available from: <http://hdl.handle.net/10261/151661>
73. Cornejo F, Novillo G, Villacrés E, Rosell CM. Evaluation of the physicochemical and nutritional changes in two amaranth species (*Amaranthus quitensis* and *Amaranthus caudatus*) after germination. *Food Research International* [Internet]. 2019 Jul [cited 2024 May 31];121:933–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35885318/>
74. Valadez-Vega C, Lugo-Magaña O, Figueroa-Hernández C, Bautista M, Betanzos-Cabrera G, Bernardino-Nicanor A, et al. Effects of Germination and Popping on the Anti-Nutritional Compounds and the Digestibility of *Amaranthus hypochondriacus* Seeds. *Foods* [Internet]. 2022 Jul 13 [cited 2024 May 31];11(14). Available from: Efectos de la germinación y el estallido sobre los compuestos antinutricionales y la digestibilidad de las semillas de *Amaranthus hypochondriacus*
75. SANTACRUZ SOTO CL. “FORMULACIÓN DE UN CEREAL EXTRUIDO A BASE DE ARROZ (*Oryza sativa*), TRIGO (*Triticum aestivum*), CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) Y FORTIFICADO CON HARINA DE SANGRE DE VACUNO. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO; 2022.
76. Coronado-Olano J, Repo-Carrasco-Valencia R, Reategui O, Toscano E, Valdez E, Zimic M, et al. Inhibitory Activity Against α -amylase and α -glucosidase by Phenolic Compounds of Guinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from the Andean Region of Peru. *Pharmacognosy Journal*. 2021 Jul 6;13(4):896–901.



77. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. 2003 Jan 5;19(1–2):179–89.
78. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Agronomía de los 79 cultivos andinos Qañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) [Internet]. 2012 [cited 2024 May 29]; Available from: http://www.rcl.fao.org/es/agricultura/produ/edrom/contenido/libro10/cap03_1_1.htm
79. Funiber. Composición nutricional de la cañiwua. 2012 [cited 2024 May 29]; Available from: <http://composicionnutricional.com/alimentos/CAÑIHUA-PARDA-4>.
80. Salvador-Reyes R, Clerici MTPS. Peruvian Andean maize: General characteristics, nutritional properties, bioactive compounds, and culinary uses. Food Research International. 2020 Apr;130:108934.
81. Durán Hernández D, Gutiérrez Hernández JL, Arellano Vázquez E, Virgen-Vargas J. Caracterización molecular y germinación 100 de semillas de maíces criollos azules con envejecimiento acelerado. Agronomy Mesoamerican. 2021;22:11–20.
82. Gwirtz JA, Garcia-Casal MN. Processing maize flour and corn meal food products. Ann N Y Acad Sci. 2014 Apr 11;1312(1):66–75.
83. Castillo González F, Ramírez-Vallejo P, Cázares-Sánchez E, Chávez-Servia JL, Salinas-Moreno Y. Variación en la composición del grano entre poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativas de Yucatán, México [Internet]. 2015 [cited 2024 May 29]. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000100002
84. Petrocelli h. Definición de la sangre bovino. 2010 [cited 2024 May 29]; Available from: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/>
85. Zulia F de CV de la U del. Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias. 1991 Sep 11;



86. BELTRÁN FERNÁNDEZ C, PERDOMO ROBAYO WF. APROVECHAMIENTO DE LA SANGRE DE BOVINO PARA LA OBTENCION DE HARINA DE SANGRE Y PLASMA SANGUINEO EN EL MATADERO SANTA CRUZ DE MALAMBO ATLANTICO . [BOGOTÁ D.C.]: UNIVERSIDAD DE LA SALLE; 2017.
87. Rocha Sanchez Beatriz. Alternativas de utilizacion del plasma y la globina de la sangre de bovino. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016.
88. Ricci OE. North American Renderers Association (NARA). 2016 [cited 2024 May 29]. Harina de Sangre | Engormix. Available from: https://www.engormix.com/balanceados/rendering/harina-sangre_a29408/
89. FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [Internet]. [cited 2024 May 29]. Available from: <https://www.fundacionfedna.org/>
90. Carou CV, Nogués TV. Alimentos enriquecidos y complementos alimenticios Conceptos clave.
91. Lopez A, Milagros Rodriguez Flores S, Barreto Gomez F. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS DE LA NUTRICION Tesis presentada por los bachilleres. 2017;
92. Alvarado Lopez S, Rodriguez Flores B. Efecto del consumo de hierro contenido en la murmunta (*Nostoc sphaericum*) en la recuperaciòn de ratas con anemia inducida, Arequipa,2017 . Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017.
93. Arcila V, Conde C. Comparación de los valores de referencia hematológicos en ratas wistar/UIS norvergicus) con parámetros establecidos en laboratorios de altos estándares. Revista Spei Domus. 2018;20.
94. Pérez Rodríguez R, González Hernández J, González Hernández R. Metabolismo del hierro. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter. 2020;
95. Iron absorption from ferrous sulfate and ferrous glycinate in rats. Journal of Nutrition. 2015;140(12):2612–8.



96. Enhancing iron bioavailability from plant-based foods. *J Agric Food Chem*. 2015;63(2):533–41.
97. Kumar A, Kaur H, Singh P. Iron overload and its impact on cardiac and hepatic tissues in rats. *J Clin Exp Hepatol*. 2021;11:69–76.
98. Swain James, .Nemeth Ryan, Bethi Anshul, Jang Caroline, Zheng Eva. Hemoglobin Regeneration Efficiency and Relative Iron Bioavailability of Four Elemental Iron Powders in Rats. *Nutrients* . 2024;16:2258.
99. MÉNDEZ VENTURA LM. ANALISIS PROXIMAL. *Manual de Análisis de Alimentos*. 2020;25–46.
100. Fuentes Paredes F de M, Mendoza Yanavilca RAmelia, Rosales Fernández ALorenzo, Cisneros Tarmeño RAlberto, Instituto Nacional de Salud (Peru). Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio : ratón [Internet]. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud; 2008 [cited 2024 May 31]. Available from: https://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/962_INS68.pdf
101. Sharp P, Villano JS. *The Laboratory Rat*. CRC Press; 2012.
102. Reina JAS, Pleguezuelo TN, Alférez MJM, Castro JD, Aliaga MIL. Efficiency of haemoglobin regeneration in the nutritional ferropenic anaemia recovery with goat milk-based diets. *Nutr Hosp* [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2024 May 31];32(4):1813–9. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n4/57originalotros06.pdf>
103. Mariela MC, Barrios F, Gautier DH, Gómez D, Norma D, Delgado F. Efecto del consumo del extracto de alfalfa (medicago sativa) en anemia ferropénica inducida, en ratones (mus musculus). Vol. 16, *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter*. 2000.
104. Amaro J, Iparraguirre M, Jiménez A. Efecto del consumo del extracto de quinua en anemia ferropénica inducida en ratones. *Rev Salud Publica* . 2019;21(2):5–232.



ANEXOS

ANEXO 1 Base de datos

HB (mg/dl)	GRUPOS	Pre-inducción		Inducción de anemia		Tratamiento	
		0 días	7 días	14 días	28 días	14 días	28 días
G. CONTROL	I	15.5	15.5	13.4	10.2	10.5	10.7
	II	15.9	15.9	13.2	9.7	9.8	9.9
	A	19.1	19.1	13.7	9.1	9.1	9.2
	B	17.2	17.2	12.8	10	10.3	10.6
	C	16.5	16.5	15.2	11.4	11.7	11.7
GE 1 06%	A	17.2	17.2	14	10.6	11.1	11.9
	B	16.4	16.4	12.3	9.8	10.7	11.6
	C	15.9	15.9	15.3	7.3	9	9.9
	D	16.9	16.9	13.6	8.4	9.8	11
	E	14.6	14.6	12.2	9.8	10.7	12.4
GE 2 08%	F	15	15	12.4	8.9	11.6	12.2
	G	16	16	14	11.2	12.8	13.5
	H	17.2	17.2	12.3	7.6	9.7	11.8
	I	17.5	17.5	12.3	7.1	9.9	13
	J	15.6	15.6	12.1	6.8	9.1	10.9
GE3 10%	K	18.8	18.8	12.7	8.6	12.6	13.1
	L	16.4	16.4	13	9	12	13.9
	M	16.4	16.4	12.3	7.8	12.1	14.3
	N	16.3	16.3	12.3	7.3	13.1	13.8
	O	18.6	18.6	11.9	8	13.1	14.9



ANEXO 2 Recuperación de hemoglobina en ratas al final del tratamiento

		Tratamientos			
Grupo de control.		Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 6%	Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 8%	Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 10%	
Sujetos	1	10.7	11.9	12.2	13.1
	2	9.9	11.6	13.5	13.9
	3	9.2	9.9	11.8	14.3
	4	10.6	11	13	13.8
	5	11.7	12.4	10.9	14.9
Promedio	10.42	11.36	12.28	14	



ANEXO 3 Promedios de nivel de hemoglobina de las ratas en las diferentes etapas de experimentación

Promedios	Reinducción	Inducción	final del tto	Diferencia inducción- final de tto
GC	16.84	10.08	10.42	0.34
GE1	16.2	9.18	11.36	2.18
GE2	16.26	8.32	12.28	3.96
GE3	17.3	8.14	14	5.86



ANEXO 4 Documentos



Universidad Nacional del Altiplano – Puno
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACION



CONSTANCIA N° 040 - 2023/CIEI UNA-Puno

La Presidenta del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (CIEI UNA-Puno), hace constar que el proyecto de investigación que se señala a continuación fue APROBADO por el pleno de los miembros de CIEI UNA-Puno en reunión ordinaria de fecha 19 de octubre 2023.

- Título del Proyecto** : “ELABORACIÓN DE UN EXTRUIDO A BASE DE CEREALES ANDINOS ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y SU EFECTO EN LA RECUPERACIÓN DE RATAS CEPA WISTAR CON ANEMIA FERROPÉNICA INDUCIDA, PUNO 2023”.
- Código de inscripción** : 038-2023-CIEI UNA Puno.
- Investigadores principales:** Bach. Pamela Basily Flores Calderón.
Bach. Lisseth Sonia Pari Mamani.
- Co-investigador** : Mag. Adelaida Giovanna Viza Salas.

La aprobación incluyó la evaluación de los **documentos finales** siguientes:

1. Proyecto de Investigación; recibido en fecha: 16 de octubre 2023.
2. Consentimiento Informado; recibido en fecha 16 de octubre 2023.

La APROBACIÓN, considera el cumplimiento de los estándares éticos nacionales e internacionales a los cuales se acoge la Universidad Nacional del Altiplano, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo –beneficio, la calificación del equipo investigador y las características de confidencialidad y reserva de los datos obtenidos, entre otros.

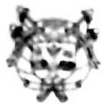
Las enmiendas, eventualidades o cualquier cambio en las características del presente Proyecto de Investigación, deberá ser reportada de acuerdo a los plazos y normas establecidas. El investigador principal reportará cada seis meses el progreso del estudio y alcanzará el informe respectivo al término de éste.

La APROBACIÓN tiene vigencia desde la emisión del presente documento hasta el **21 de octubre 2024**, pudiendo ser renovada, previa evaluación del estado del Proyecto de Investigación por lo menos 30 días previo a la fecha de vencimiento.

Puno, 21 de octubre 2023.


DRA. LIDIA SOFÍA CABALLERO GUTIÉRREZ
Presidenta
Comité Institucional de Ética en Investigación
UNA-Puno

C.c. Archivo



Universidad Católica
de Santa María

UCSM- COORDINACION DE LABORATORIOS

(USO DE BIOTERIO)

EXPEDIENTE N.º 0017

Arequipa, 22 noviembre 2023

Pase al Asistente de Bioterio: **JOSÉ AITA FUENTES**

Se autoriza la compra de 24 RATAS (animales de experimentación) y uso del Laboratorio del Bioterio; para que la señorita PAMELA BASILY FLORES CALDERON- LISETH SONIA PARI MAMANI, estudiante de la UNIVERSIDAD DEL ALTIPLANO PUNO – VICERECTORADO DE INVESTIGACION.

Para la realización del trabajo de investigación "ELABORACION DE UN EXTRUIDO A BASE DE CEREALES ANDINOS ENRIQUECIDOS CON HIERRO HEMINICO Y SU EFECTO EN LA RECUPERACION DE RATAS CEPA WISTAR CON ANEMIA FERROPENICA INDUCIDA PUNO 2023.

Atentamente,

Mgter. MOCITA DE LA FUENTE TORRES
COORDINADORA (e) DE LABORATORIOS
Y GABINETES
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MDLFT/C(e)LyG
TBG

Campus central: Urb. San José s/n Umacollo. Arequipa - Perú
www.ucsm.edu.pe • ucsm@ucsm.edu.pe • (+51) 054 - 382038



ANEXO 5 Resultados de Laboratorio



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-02-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quinua, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 6%,
SOLICITADO POR : Pamela Basily Flores Calderón
DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11

FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11

FECHA DE INFORME : 2024-03-18
SOLICITUD N° : SDT-02296-2024

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Warumix
FP: 16/12/2023
FV: 16/06/2024

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente

PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
CANTIDAD DE MUESTRA : 4 unidades
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Carbohidratos (g/100g)	83
(*) Ceniza (g/100g)	1,70
(*) Energía total (kcal/100g)	404,3
(*) Grasa (g/100g)	5,1
(*) Hierro (mg/kg)	173,1
(*) Humedad (g/100g)	4,09
(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)	6,6

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Carbohidratos : Por Cálculo
(*) Ceniza : AOAC 935.39B, 22nd Ed. (2023) // AOAC 923.03, 22nd Ed. (2023). Baked Products // Ash of Flour
(*) Energía total : Por Cálculo
(*) Grasa : AOAC 935.39D, 22nd Ed. (2023) // AOAC 922.06, 22nd Ed. (2023). Baked products // Fat in flour, Acid hydrolysis method.
(*) Hierro : NOM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
(*) Humedad : NTP 208.008:2014 (revisada el 2019). Confitería. Determinación de la humedad
(*) Proteína : AOAC 935.39C, 22nd Ed. (2023) // AOAC 950.26, 22nd Ed. (2023) // AOAC 984.13A, 22nd Ed. (2023). Baked products // Protein in bread // Protein (crude) in animal feed and pet food. Cooper catalyst Kjeldahl Method.

Notas

Contacto: Pamela Basily Flores Calderón, Correo: florescpam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente Informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P. N° 296



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-02-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quinúa, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 0,8 %.
SOLICITADO POR : Pamela Basily Flores Calderón
DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11

FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11

FECHA DE INFORME : 2024-03-18
SOLICITUD N° : SDT-02296-2024

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Extruido
FP: 16/12/2023
FV: 16/06/2024

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente

PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
CANTIDAD DE MUESTRA : 4 unidades
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Carbohidratos (g/100g)	82
(*) Ceniza (g/100g)	1,70
(*) Energía total (kcal/100g)	404,1
(*) Grasa (g/100g)	5,3
(*) Hierro (mg/kg)	241,3
(*) Humedad (g/100g)	4,09
(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)	7,2

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Carbohidratos : Por Cálculo
(*) Ceniza : AOAC 935.39B, 22nd Ed. (2023) // AOAC 923.03, 22nd Ed. (2023). Baked Products // Ash of Flour
(*) Energía total : Por Cálculo
(*) Grasa : AOAC 935.39D, 22nd Ed. (2023) // AOAC 922.06, 22nd Ed. (2023). Baked products // Fat in flour, Acid hydrolysis method.
(*) Hierro : NOM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
(*) Humedad : NTP 208.006:2014 (revisada el 2019). Confección. Determinación de la humedad
(*) Proteína : AOAC 935.39C, 22nd Ed. (2023) // AOAC 950.26, 22nd Ed. (2023) // AOAC 984.13A, 22nd Ed. (2023). Baked products // Protein in bread // Protein (crude) in animal feed and pet food. Cooper catalyst Kjeldahl Method.

Notas

Contacto: Pamela Basily Flores Calderón, Correo: florescpam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P. N° 296



INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-02-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quínua, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 10%.
SOLICITADO POR : Pamela Basily Flores Calderón
DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11

FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11

FECHA DE INFORME : 2024-03-18

SOLICITUD N° : SDT-02296-2024

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Extruido
FP: 16/12/2023
FV: 16/06/2024

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente

PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
CANTIDAD DE MUESTRA : 4 unidades

CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Carbohidratos (g/100g)	81,05
(*) Ceniza (g/100g)	1,70
(*) Energía total (kcal/100g)	404,54
(*) Grasa (g/100g)	5,54
(*) Hierro (mg/kg)	312,65
(*) Humedad (g/100g)	4,09
(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)	7,62

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Carbohidratos : Por Cálculo
(*) Ceniza : AOAC 935.39B, 22nd Ed. (2023) // AOAC 923.03, 22nd Ed. (2023), Baked Products // Ash of Flour
(*) Energía total : Por Cálculo
(*) Grasa : AOAC 935.39D, 22nd Ed. (2023) // AOAC 922.06, 22nd Ed. (2023), Baked products // Fat in flour, Acid hydrolysis method.
(*) Hierro : NOM 117-SSA 1 (1994) Item 7.1.1 y 9, Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
(*) Humedad : NTP 208.008:2014 (revisada el 2019), Confitería, Determinación de la humedad
(*) Proteína : AOAC 935.39C, 22nd Ed. (2023) // AOAC 950.36, 22nd Ed. (2023) // AOAC 984.13A, 22nd Ed. (2023), Baked products // Protein in bread // Protein (crude) in animal feed and pet food, Cooper catalyst Kjeldahl Method.

Notas

Contacto: Pamela Basily Flores Calderón, Correo: florescpam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P.N° 296



INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-01-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quínua, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 0.6%,
SOLICITADO POR : Pamela Basily Flores Calderón
DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11

FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11

FECHA DE INFORME : 2024-03-18
SOLICITUD N° : SDT-02296-2024

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Extruido
FP: 16/12/2023
FV: 16/06/2024

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente

PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
CANTIDAD DE MUESTRA : 5 unidades
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standard en placa). (ufc/g)	<10Est
Bacillus cereus Numeración (ufc/g)	<100
Coliformes Bacterias Numeración (NMP/g)	<3
Hongos: Mohos Numeración (ufc/g)	<10
Salmonella Detección (/25g)	Ausencia

MÉTODOS

Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standard en placa). : ICMSE (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 120-124, Met. 1 (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acribia) Enumeración de Microorganismos Aerobios Mesófilos - Métodos de Recuento en Placa. Método I, Recuento Estándar en Placa, Recuento en Placa por siembra en todo medio o Recuento en Placa de Microorganismos Aerobios.

Bacillus cereus Numeración : ICMSE Vol.1, 2da. Ed., 1983, Pág. 285-286 (Traducción versión original 1978) Reimpresión 2000 en castellano (Ed. Acribia) // AOAC 980.31, 22nd. Ed. 2023, Item F, Recuento de Presuntivos B. Cereus // Bacillus Cereus in Food: Enumeration and Confirmation

Coliformes Bacterias Numeración : ICMSE (1983) Vol.1, 2ª Ed., Pág. 132-134 (Traducción versión original 1978) Reimpreso 2000 en castellano (Ed. Acribia), Bacterias Coliformes, Recuento de Coliformes Técnica del Número más Probable (NMP), Método 1 (Norteamericano).

Hongos: Mohos Numeración : ICMSE (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 166-167, (Traducción versión original 1978), Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acribia) Recuento de mohos y levaduras, Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.

Salmonella Detección : ICMSE (1983) Microorg. de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración, Pág.169-178, Items I, II y III, 2da. Ed. Reimpresión 2000. Salmonellas, Aislamiento de Salmonellas, Exploración Bioquímica para Identificación de Salmonellas, prueba serológicas para la Identificación de Salmonellas, Items I,II y III

Notas

Contacto: Pamela Basily Flores Calderón, Correo: florespam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P.N° 296



INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-01-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quinua, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 0.8%,
 SOLICITADO POR : Pamela Basty Flores Calderón
 DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11
 FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11
 FECHA DE INFORME : 2024-03-18
 SOLICITUD N° : SDT-02296-2024
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Extruido
 FP: 16/12/2023
 FV: 16/06/2024
 ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente
 PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
 CANTIDAD DE MUESTRA : 5 unidades
 CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa), (ufc/g)	<10Est
Bacillus cereus Numeración (ufc/g)	<100
Coliformes Bacterias Numeración (NMP/g)	<3
Hongos: Mohos Numeración (ufc/g)	<10
Salmonella Detección (/25g)	Ausencia

MÉTODOS

Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa) : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed, Pag. 120-124, Met. 1 (Traducción: versión original 1978), Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitibia) Enumeración de Microorganismos Aerobios Mesófilos - Métodos de Recuento en Placa, Método 1, Recuento Estándar en Placa, Recuento en Placa por siembra en todo medio o Recuento en Placa de Microorganismos Aerobios.
 Bacillus cereus Numeración : ICMSF Vol.1, 2da. Ed., 1983, Pág. 285-296 (Traducción versión original 1978) Reimpresión 2000 en castellano (Ed. Acitibia) // AOAC 980.31, 22nd. Ed. 2023, Item F, Recuento de Presumitivos B. Cereus // Bacillus Cereus in Foods; Enumeration and Confirmation
 Coliformes Bacterias Numeración : ICMSF (1983) Vol.1, 2ª Ed., Pág. 132-134 (Traducción versión original 1978) Reimpreso 2000 en castellano (Ed. Acitibia), Bacterias Coliformes, Recuento de Coliformes Técnica del Número más Probable (NMP), Método 1 (Norteamericano).
 Hongos: Mohos Numeración : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed, Pag. 165-167, (Traducción versión original 1978), Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitibia) Recuento de mohos y levaduras, Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.
 Salmonella Detección : ICMSF (1983) Microorg. de los Alimentos, Su significado y métodos de enumeración, Pág.169-178, Items I, II y III, 2da. Ed., Reimpresión 2000, Salmonellas, Aislamiento de Salmonellas, Exploración Bioquímica para Identificación de Salmonellas, prueba serológicas para la Identificación de Salmonellas, Items I,II y III

Notas

Contacto: Pamela Basty Flores Calderón, Correo: florescpam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P.N° 296



INFORME DE ENSAYO N° DT-01234-01-2024

PRODUCTO : Extruido a base de cereales Andinos (quinua, kiwicha, cañihua), enriquecido con hierro Hem (Harina de sangre Bovina) al 10%
 SOLICITADO POR : Pamela Basily Flores Calderón
 DIRECCIÓN : Jr. Los Libertadores Urb. Las Gardenias Mz. H Lt. 11 - Lima
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-11

FECHA DE ANÁLISIS : 2024-03-11

FECHA DE INFORME : 2024-03-18
 SOLICITUD N° : SDT-02296-2024

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Extruido
 FP: 16/12/2023
 FV: 16/06/2024

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en trocitos / Temperatura Ambiente

PRESENTACIÓN : Bolsa sellada litografiada por 100g.
 CANTIDAD DE MUESTRA : 5 unidades
 CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa). (ufc/g)	<10Est
Bacillus cereus Numeración (ufc/g)	<100
Coliformes Bacterias Numeración (NMP/g)	<3
Hongos: Mohos Numeración (ufc/g)	<10
Salmonella Detección (/25g)	Ausencia

MÉTODOS

Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa). : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pag. 120-124, Met. 1 (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acibia) Enumeración de Microorganismos Aerobios Mesófilos - Métodos de Recuento en Placa, Método I, Recuento Estándar en Placa, Recuento en Placa por siembra en todo medio o Recuento en Placa de Microorganismos Aerobios.

Bacillus cereus Numeración : ICMSF Vol.1, 2da. Ed., 1983, Pág. 285-286 (Traducción versión original 1978) Reimpresión 2000 en castellano (Ed. Acibia) // AOAC 980.31, 22nd. Ed., 2023, Item F, Recuento de Presuntivos B. Cereus // Bacillus Cereus in Food, Enumeration and Confirmation

Coliformes Bacterias Numeración : ICMSF (1983) Vol.1, 2.ª Ed., Pág. 132-134 (Traducción versión original 1978) Reimpresión 2000 en castellano (Ed. Acibia). Bacterias Coliformes, Recuento de Coliformes Técnica del Número más Probable (NMP), Método 1 (No Hemisférico).

Hongos: Mohos Numeración : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pag. 166-167, (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acibia) Recuento de mohos y levaduras, Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.

Salmonella Detección : ICMSF (1983) Microorg. de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración. Pág.169-178, Items I, II y III, 2da. Ed. Reimpresión 2000. Salmonellas. Aislamiento de Salmonellas, Exploración Bioquímica para Identificación de Salmonellas, prueba serológicas para la Identificación de Salmonellas, Items III y III

Notas

Contacto: Pamela Basily Flores Calderón, Correo: florescpam@gmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C.Q.P.N° 296

ANEXO 6 Normalidad de datos**Hipótesis estadísticas**

H₀: Los datos obtenidos por tratamiento tiene una distribución normal

H_a: Los datos obtenidos por tratamiento no tiene una distribución normal

Test estadístico de Shapiro-Wilk

Extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
Grupo de control.	0,981	5	0,938
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 6%	0,956	5	0,781
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 8%	0,981	5	0,942
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 10%	0,986	5	0,962

Los tres tratamientos y el grupo de control tienen un nivel de significancia mayor al 5% aceptado a la H₀, por lo tanto, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

ANEXO 5 Test estadístico de Dunnet Bilateral.**Determinación de los tratamientos significativos contra el control****Test estadístico de Dunnet Bilateral.**

Tratamiento	Contra	Grupo de control	Diferencia de media (i-j)	Desv. Error	Sig
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 6%	Contra	Grupo de control.	0.94000	0.57245	0.271
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 8%	Contra	Grupo de control.	1.86000	0.57245	0.013
Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 10%	Contra	Grupo de control.	3.58000	0.57245	0.000

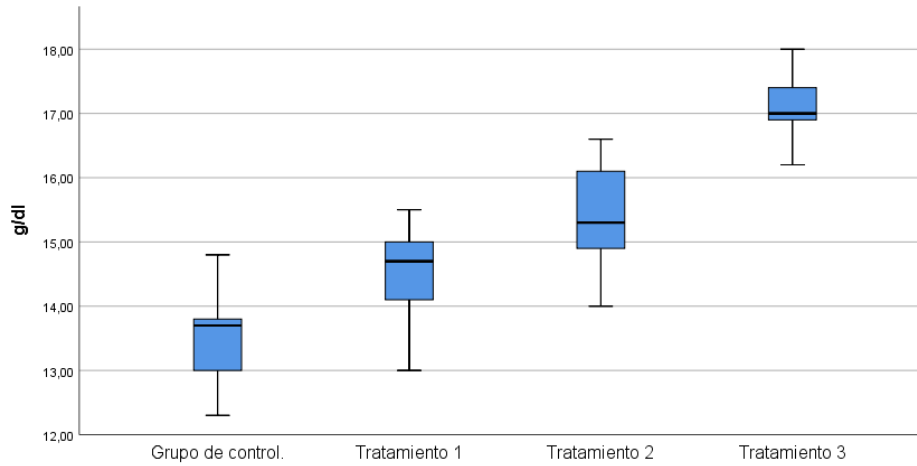
Se concluye que:

- El tratamiento I (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 6%) no tiene diferencia significativa con el grupo de control
- El tratamiento II (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 8%) tiene una diferencia significativa con el grupo de control.
- El tratamiento III (Harina de cañihua 7%, harina de quinua 7 %, harina de kiwicha 8% y harina de sangre bovina 10%) tiene una diferencia significativa con el grupo de control.

ANEXO 7 Datos estadísticos complementarios

Figura 10

Diagrama de cajas de niveles de hemoglobina entre tratamientos



Nota: Generado a partir de la base de datos con SPSS v25.

La Figura 10 muestran los valores de la recuperación del nivel de hemoglobina en las ratas Wistar según el tratamiento. Se puede apreciar que el grupo experimental 3, que recibió harina de cañihua (7%), harina de quinua (7%), harina de kiwicha (8%) y harina de sangre bovina (10%), logró recuperar sus niveles de hemoglobina y salir de la anemia con un promedio de 14.9 mg/dl de hemoglobina.

El grupo experimental 2, que recibió harina de cañihua (7%), harina de quinua (7%), harina de kiwicha (8%) y harina de sangre bovina (8%), apenas logró recomponerse de la anemia con un promedio de 12.28 mg/dl de hemoglobina. En cambio, el grupo experimental 1, que recibió harina de cañihua (7%), harina de quinua (7%), harina de kiwicha (8%) y harina de sangre bovina (6%), y el grupo control no lograron recuperarse de la anemia, con niveles de hemoglobina promedio de 11.36 mg/dl y 10.42 mg/dl, respectivamente.

Estos resultados sugieren que la inclusión de harina de sangre bovina en la dieta de las ratas Wistar contribuye a la recuperación de los niveles de hemoglobina y, por lo



tanto, a la salida de la anemia. El grupo que recibió la mayor concentración de harina de sangre bovina (10%) mostró la mejor recuperación, mientras que los grupos con menor concentración (8% y 6%) presentaron una recuperación más lenta o no lograron recuperarse.

PRUEBA DE HOMOCEDASTICIDAD

Hipótesis estadística

H_0 : La varianza de los tratamientos son similares

H_a : Existe una varianza diferente en los tratamientos

Tabla 24

Test estadístico de Levene

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.35	3	16	0.78
Se basa en la mediana	0.25	3	16	0.86

Nota: Procesado de SPSS v25.

Se obtiene un nivel de significancia mayor al 0.05% por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la H_0 , por lo tanto, se concluye que la varianza de los tratamientos es similar.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Hipótesis estadística

H_0 : El consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico no tiene efecto en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.

H_a : El consumo del extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico tiene efecto en la recuperación de ratas cepa Wistar con anemia ferropénica inducida.

Tabla 25

Prueba estadístico de ANOVA

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	34.918	3	11.639	14.207	.000
Dentro de grupos	13.108	16	.819		
Total	48.026	19			

Nota: Generado con los datos obtenidos de hemoglobina y generado con SPSS v29.

La prueba de ANOVA de los resultados finales de hemoglobina obtenidos entre los grupos obtuvo una significancia de 0.000, lo que indica que existe variación significativa entre los diferentes grupos (Grupo control, Tratamiento 1, Tratamiento 2 y Tratamiento 3). Lo que indica que podemos usar un estadístico post hoc como la prueba de Tukey.

PRUEBA DE TUKEY

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) VAR00001	(J) VAR00001	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo Control	Tratamiento 1	-.94000	.57245	.384	-2.5778	.6978
	Tratamiento 2	-1.86000*	.57245	.023	-3.4978	-.2222
	Tratamiento 3	-3.58000*	.57245	.000	-5.2178	-1.9422
Tratamiento 1	Grupo Control	.94000	.57245	.384	-.6978	2.5778
	Tratamiento 2	-.92000	.57245	.402	-2.5578	.7178
	Tratamiento 3	-2.64000*	.57245	.001	-4.2778	-1.0022
Tratamiento 2	Grupo Control	1.86000*	.57245	.023	.2222	3.4978
	Tratamiento 1	.92000	.57245	.402	-.7178	2.5578
	Tratamiento 3	-1.72000*	.57245	.038	-3.3578	-.0822
Tratamiento 3	Grupo Control	3.58000*	.57245	.000	1.9422	5.2178
	Tratamiento 1	2.64000*	.57245	.001	1.0022	4.2778
	Tratamiento 2	1.72000*	.57245	.038	.0822	3.3578

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Generado con los datos obtenidos de hemoglobina y generado con SPSS v29.

Se observa una diferencia significativa entre el grupo control y los tratamientos 2 y 3, con valores de significancia de 0.023 y 0.000, respectivamente, lo que indica que estos tratamientos presentan un efecto diferencial frente al grupo control. Adicionalmente, entre los tratamientos, el tratamiento 1 difiere significativamente del tratamiento 3 ($p = 0.001$), y el tratamiento 2 difiere también del tratamiento 3 ($p = 0.038$). En cambio, no se encuentran diferencias significativas entre el grupo control y el tratamiento 1 ($p = 0.384$), ni entre los tratamientos 1 y 2 ($p = 0.402$). Estos resultados sugieren que los tratamientos 2 y 3 tienen un impacto mayor en comparación con el grupo control, y que el tratamiento 3 presenta un efecto distintivo tanto frente al tratamiento 1 como al tratamiento 2, reforzando la efectividad relativa de los tratamientos.

Tabla 26

Selección del mejor tratamiento

		HSD Tukey ^a		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
VAR00001	N	1	2	3
GC (a)	5	10.4200		
Tratamiento 1 (ab)	5	11.3600	11.3600	
Tratamiento 2 (b)	5		12.2800	
Tratamiento 3 (c)	5			14.0000
Sig.		.384	.402	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Nota: Generado con los datos obtenidos de hemoglobina y generado con SPSS v29.

La prueba Tukey es un estadístico comparativo de promedios entre grupos. Observamos que se crearon 3 subconjuntos, donde el grupo control es significativamente diferente del Tratamiento 2 y 3. Mientras que el Tratamiento 1 no es diferente significativamente del grupo control y del Tratamiento 2. Finalmente, el Tratamiento 3 es significativamente frente a todos los demás grupos.

ANEXO 8 Panel fotográfico



Fotografía 1: Se evidencia la adaptación de las ratas Wistar en el bioterio de la EPNH.



Fotografía 2: Se evidencia a las ratas Wistar ya separadas en grupos en el bioterio de la EPNH.



Fotografía 3. Extruido que se le brinda como alimento a las ratas Wistar



Fotografía 4. Punción venosa caudal en la cola para extraer muestra de sangre de la vena caudal en las unidades experimentales.



ANEXO 9 Declaración jurada de autenticidad



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Pamela Basily Flores Calderón
, identificado con DNI 70182445 en mi condición de egresado de:

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

Nutrición Humana
, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Elaboración de un extracto a base de cereales andinos enriquecido con
hierro nemínico y su efecto en la recuperación de ratas Cepa Wistar con
anemia ferropénica inducida, Puno 2023."

"*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 26 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Liseth Sonia Pari Mamani
identificado con DNI 70217475 en mi condición de egresado de:

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

Nutrición Humana

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Elaboración de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con
hierro hemínico y su efecto en la recuperación de ratas cepa wistar con
anemia ferropénica inducida, Puno 2023"

"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 26 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 10 Autorización para deposición a repositorio



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 Pamela Basily Flores Calderón
identificado con DNI 70182445 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Nutrición Humana

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Elaboración de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico y su efecto en la recuperación de ratas cepa wistar con anemia ferropénica inducida, Puno 2023"

" 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 26 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo Liseth Sonia Pani Mamani
, identificado con DNI 70217475 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Nutrición Humana

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

" Elaboración de un extruido a base de cereales andinos enriquecido con hierro hemínico y su efecto en la recuperación de ratas oprimidas con anemia ferropénica inducida, Puno 2023

" 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 26 de noviembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella