



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

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



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado. “**SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia fetida*) QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)**”; desarrollado por la **Bach. Florcita Delmira Tinoco Acuña** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, **asesor: Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres y Coasesor: Ing. Johonathan Baltazar Salazar Campos**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 24%** sin incluir la carátula y bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el **REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA** aprobado mediante **RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH**.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 21 de marzo de 2024.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Directora de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDT/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

CO-011-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

hdl.handle.net

Internet Source

3%

2

repositorio.uns.edu.pe

Internet Source

1%

3

www.coursehero.com

Internet Source

1%

4

sedici.unlp.edu.ar

Internet Source

1%

5

repositorio.unh.edu.pe

Internet Source

1%

6

www.iiap.org.pe

Internet Source

1%

7

renati.sunedu.gob.pe

Internet Source

1%

8

cdn.www.gob.pe

Internet Source

1%

9

repositorio.umsa.bo

Internet Source

1%

diferentes tecnologías de extracción.",
Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publication

128 repositorio.upec.edu.ec <1 %
Internet Source

129 Angela María Ormaza-Zapata, Félix Octavio
Díaz-Arango, Benjamín Alberto Rojano.
"Analysis of Gravity-Filtration Preparation
Methods' Antioxidant Content, Capacity, and
Coffee Beverage Acceptance", Ciencia &
Tecnología Agropecuaria, 2022 <1 %
Publication

130 livrosdeamor.com.br <1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTADA CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia fetida*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MAÍZ MORADO
(*Zea mays* L).

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

BACH. FLORCITA DELMIRA TINOCO ACUÑA

ASESOR:

DR. RICARDO ABEL DEL CASTILLO TORRES

COASESOR:

ING. JOHONATHAN BALTAZAR SALAZAR CAMPOS

CHOTA-PERÚ

2024

Ricardo Abel Del Castillo Torres
Docente de la Escuela Profesional
de Ingeniería Agroindustrial
UNACH
CIP: 73640

Johonathan Baltazar Salazar Campos
ING. AGROINDUSTRIAL
R. CIP. N° 224541

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 009-2024/EPIA - FCA/UNACH

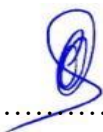
Siendo las 17:00 horas, del día 18 de marzo de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: **SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia fetida*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)**, integrado por:

1. Dr. Thony Arce Saavedra - Presidente
2. Mg. Martín Díaz Torres - Secretario
3. Mg. Flor de María Valqui Pérez - Vocal

Sustentada de manera presencial por la **Bach. Florcita Delmira Timoco Acuña**, con la finalidad de obtener el título profesional en INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL. Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda APROBAR la tesis, calificándola con la nota de: (QUINCE), se eleva la presente Acta al Coordinador de la

Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título Profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Firmado en Colpa Huacaris, 18 de marzo del 2024



.....
Presidente



.....
Secretario



.....
Vocal

DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y darme fuerzas para vencer todos los obstáculos desde el inicio de mi vida, gracias a él he logrado cumplir mi carrera de Ingeniería A agroindustrial.

A mi madre y a mi querida madrina con mucho amor y acariño por todo el esfuerzo y sacrificio que hicieron para formarme como persona con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles. Siempre me mostraron y brindaron amor, comprensión, apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida que me motivaron e impulsaron a continuar con mis estudios universitarios.

A mis docentes presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas, durante este tiempo estuvieron a mi lado apoyándome para lograr que este sueño se haga realidad.

Para ti que abres tu corazón, te amaré y te recordaré como un lucero del cielo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de Chota por aceptar ser parte de ella y abrir las puertas para estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos para alcanzar el éxito. Gracias a Dios por darme la vida y permitir disfrutar de mi familia, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión de mi proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es despertar día tras día y lo justa que puede llegar a ser.

Agradezco también a mi asesor de tesis, al Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres por brindarme la oportunidad de acudir a su capacidad y su conocimiento científico, así como también por haber tenido toda la paciencia del mundo para cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí, gracias Dios por permitirme vivir y disfrutar de la vida.

El tránsito por este camino no ha sido sencillo hasta ahora; tal vez no lo sea nunca, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo lo complicado de completar y alcanzar la meta en esta etapa de mi vida ha sido más llevadera. Les agradezco y hago presente mi gran efecto hacia ustedes.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	11
1.1.	Planteamiento del problema.....	11
1.2.	Formulación del problema	12
1.3.	Justificación	12
1.4.	Objetivos	15
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	15
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	15
II.	MARCO TEÓRICO.....	16
2.1.	Antecedentes	16
2.2.	Bases teórico – científicas.....	19
2.2.1.	<i>Extrusión</i>	19
2.2.2.	<i>Tipos de extrusores</i>	19
2.2.3.	<i>Ventajas de proceso de extrusión</i>	20
2.2.4.	<i>Lombricultura</i>	21
2.2.5.	<i>Lombriz roja californiana</i>	21
2.2.6.	<i>Beneficios de la lombricultura</i>	23
2.2.7.	<i>Quinua</i>	25
2.2.8.	<i>maíz morado</i>	27
2.2.9.	<i>Diseño de mezclas</i>	29
2.2.10.	<i>Microbiología de los alimentos</i>	31
2.2.11.	<i>Análisis microbiológico de snacks</i>	31
2.2.12.	<i>Pacientes diabéticos</i>	32
2.3.	Marco conceptual.....	33
2.3.1.	<i>Lombriz roja californiana</i>	33
2.3.2.	<i>Quinua</i>	33
2.3.3.	<i>Maíz morado</i>	33
2.3.4.	<i>Extrusión</i>	33
2.3.5.	<i>Snacks</i>	33
2.3.6.	<i>Diabetes</i>	34
2.3.7.	<i>Diseño de mezclas (DM)</i>	34
2.3.8.	<i>Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado (DMSCA)</i>	34
2.3.9.	<i>Proteína</i>	34
2.3.10.	<i>Contenido de humedad</i>	34
2.3.11.	<i>Actividad de agua (Aw)</i>	35

2.3.12.	<i>Capacidad antioxidante</i>	35
2.3.13.	<i>Polifenoles totales</i>	35
2.4.	Hipótesis	35
2.5.	Operacionalización de variables	36
III. MARCO METODOLÓGICO.....		37
3.1.	Tipo y nivel de investigación	37
3.2.	Diseño de investigación	37
3.3.	Métodos de investigación.....	40
3.3.1.	<i>Acondicionamiento de materia prima</i>	40
3.3.2.	<i>Proceso de elaboración de extruido</i>	43
3.3.3.	<i>Análisis microbiológico de los snacks</i>	44
3.3.4.	<i>Analís sensorial</i>	46
3.3.5.	<i>Análisis químico de los snacks</i>	46
3.3.6.	<i>Análisis estadístico</i>	50
3.4.	Población, muestra y muestreo	50
3.4.1.	<i>Población</i>	50
3.4.2.	<i>Muestra</i>	50
3.4.3.	<i>Muestreo</i>	50
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	52
3.7.	Aspectos éticos.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		53
4.1.	Descripción de resultados	53
4.2.	Contrastación de hipótesis	59
4.3.	Discusión de resultados.....	60
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
5.1.	Conclusiones	62
5.2.	Recomendaciones	63
VI. REFERENCIAS.....		64
VII. ANEXOS		74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la lombriz roja californiana, quinua y maíz morado	29
Tabla 2. Variables e indicadores, métodos.....	36
Tabla 3. Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado para la formulación de las 10 composiciones a extraer	40
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos	51
Tabla 5. Características microbiológicas	32
Tabla 6. Resultados de análisis microbiológico de los snacks obtenidos en la investigación	53
Tabla 7. Prueba de Tukey sobre la aceptación de consumidores diabéticos y no diabéticos	.57
Tabla 8. Resultados caracterización instrumental y capacidad antioxidante	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lombriz roja californiana	22
Figura 2. Quinoa blanca	26
Figura 3. Maíz morado procedente de la región Cajamarca	28
Figura 4. Diseño simplex con centroide ampliado para un experimento de mezclas con tres componentes	30
Figura 5. Esquema experimental del efecto de proporción de LRC, quinoa y maíz morado para el extruido	38
Figura 6. Generación de diez tratamientos usando el diseño de mezclas para estimar la proporción óptima de lombriz roja californiana (A), quinoa (B) y maíz morado (C)	39
Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de harina maíz morado	41
Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de harina de Lombriz Roja Californiana (LRC)	42
Figura 9. Diagrama de flujo para la producción de snacks	43
Figura 10. Análisis de correspondencia sobre el perfil sensorial de consumidores diabéticos	55
Figura 11. Análisis de correspondencia sobre el perfil sensorial de consumidores no diabéticos	56

RESUMEN

Algunos reportes muestran tendencias por consumo de alimentos que causan sobrepeso y obesidad, carentes de nutrientes o que no cubren las necesidades proteicas. Enriquecer alimentos con proteínas para el consumo humano, puede contribuir a elevar la calidad de vida de las personas. Las comidas rápidas como los snacks pueden de alguna forma suplir la carencia de estos nutrientes. El objetivo de este estudio fue determinar la proporción óptima de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) (10 a 40%), quinua (*Chenopodium quinoa*) (30 a 60%) y maíz morado (*Zea mays* L.) (30 a 60%) en la elaboración de los snacks fortificados. Se formuló 10 tratamientos mediante el diseño de mezclas simplex con centroide ampliado para interpretar las características microbiológicas, sensoriales, capacidad antioxidante, polifenoles totales, A_w y contenido de humedad. Las muestras se sometieron a un extrusor de alimentos a una temperatura de 150 °C. Los resultados microbiológicos mostraron que los Aerobios Mesófilos, Coliformes Totales, *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Salmonella sp.*, Mohos y levaduras si cumplen con la “Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”. El análisis sensorial mostró que hay patrones similares de preferencia destacando los tratamientos 10, 5 y 8 como mejores por ambos grupos (diabéticos y no diabéticos); sin embargo, el tratamiento 7 también fue bien puntuado por los consumidores diabéticos. En la comparación de la capacidad antioxidante, polifenoles totales, contenido de humedad y A_w se evidenció que los tratamientos 7 y 8 presentan el menor contenido de proteínas y tienen mayor aceptación sensorial por ambos grupos de panelistas y los tratamientos 2 y 9 son los que tienen menor aceptabilidad y mayor contenido de proteínas.

Palabras claves. Alimentos enriquecidos, extruidos, snacks, análisis sensorial con diabéticos, polifenoles totales, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

Some reports show trends in food consumption that causes overweight and obesity, lacks nutrients or does not meet protein needs. Enriching food with protein for human consumption can contribute to raising people's quality of life. Fast food such as snacks can go some way to making up for the lack of these nutrients. Thus, the main objective of this study was to determine the optimal proportion of California red worm meal (*Eisenia fetida*) (10 to 40%), quinoa (*Chenopodium quinoa*) (30 to 60%) and purple corn (*Zea mays* L.) (30 to 60%) in the preparation of fortified snacks. For this, 10 treatments were formulated by designing simplex mixtures with an expanded centroid in order to obtain an adequate model to interpret the microbiological and sensory characteristics, antioxidant capacity, total polyphenols, A_w and moisture content. The samples were subjected to a twin-screw food extruder at a temperature of 150 °C. The results of the microbiological analysis showed that Mesophilic Aerobes, Total Coliforms, *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Salmonella* sp., Molds and yeasts do comply with the Sanitary Standard that establishes the Microbiological Criteria of Sanitary Quality and Safety for Foods and Beverages of Human consumption". Criterion IX.5 A Cooked products for direct consumption such as extruded, expanded, instant flakes, other. On the other hand, the sensory analysis showed that there are similar patterns of preference, highlighting treatments 10, 5 and 8 as best for both groups (diabetics and non-diabetics); However, treatment 7 was also highly rated by diabetic consumers. Likewise, with respect to the comparison of antioxidant capacity, total polyphenols, moisture content and A_w , it was evident that treatments 7 and 8 have the lowest protein content and have greater sensory acceptance by both groups of panelists and treatments 2 and 9. They are the ones with the lowest acceptability and highest protein content.

Keywords: Fortified foods, extruded foods, snacks, sensory analysis with diabetics, antioxidant capacity, total polyphenols.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La falta de alimentos ricos en proteínas tiene un gran impacto en la salud de la población, mostrando diversos peligros para la salud humana, afectando en niños, jóvenes y adultos mayores, lo que puede incrementar la posibilidad de mortalidad por diversas enfermedades.

En la actualidad, muchas personas se enfrentan a problemas para acceder a una alimentación adecuada que les proporcione niveles suficientes de nutrientes. Según algunos informes, se observa un aumento de consumo de alimentos ultra procesados, cuya asimilación por el organismo no son suficientes o no cubren las necesidades proteicas. Estos alimentos causan sobrepeso y obesidad con posibilidad de padecer diabetes a edad temprana (OMS, 2023). Esta problemática es más notoria en regiones del Perú (Huancavelica, Cajamarca y Ayacucho) donde existe pobreza extrema y el transporte de alimentos en general se ve dificultada por la precariedad de acceso a las zonas (Abanto, 2012).

Por otro lado, los individuos más vulnerables en su alimentación son niños y adolescentes, quienes tienden a elegir su menú en forma inadecuada introduciendo a la dieta snacks, como los dulces y chocolates los cuales contienen edulcorantes, saborizantes, sal, conservantes y otros ingredientes de poco beneficio para la salud del consumidor. A estos alimentos se les considera como “comida chatarra” por contener escasos valores nutricionales (Carvajal, 2018). Así también, los hábitos de consumo deficiente en proteínas y aminoácidos o con poco valor nutricional contribuyen incrementando la desnutrición en todas las edades del ser humano, provocando anemia u obesidad (Álvarez y Bendezú, 2011; Gamboa et al., 2001).

Se viene iniciando todo un proceso de incorporación de proteínas en alimentos para el consumo humano procedentes de nuevas fuentes animales (Alcívar et al., 2016). Así, el

presente estudio pretende formar parte de la respuesta para disminuir los índices de desnutrición en la Región Cajamarca y específicamente en la Provincia de Chota, así como también formar parte de un grupo de alimentos que, por no contener azúcar como ingrediente, sea indicado consumir por personas con problemas de diabetes. De esta forma, se plantea obtener productos alimenticios novedosos en su combinación y de fácil acceso para el consumidor, como lo son los snacks a partir de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado los cuales presentan alto valor nutricional, como proteínas y aminoácidos (lisina) que ayudan a fortalecer las funciones vitales del cuerpo humano.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la proporción óptima de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz morado (*Zea mays* L.) en la elaboración de snacks fortificados?

1.3. Justificación

Las tendencias por saciar necesidades alimenticias se orientan al consumo de productos de rápida elaboración y de fácil acceso, pudiéndose percibir por un gran sector de la población como productos nada beneficiosos para el consumo humano. Sin embargo, estas tendencias vienen cambiando producto de que los snacks saludables ofrecen numerosos beneficios para nuestra salud, sino que también satisfacen nuestro apetito de manera saludable. Al ser ricos en nutrientes y fibra, nos brindan sensación de saciedad para mantenernos satisfechos y contentos mientras cuidemos de nuestra salud (Sanz et al., 2016).

En este sentido, elaborar un alimento tipo snack que no incluya a los tradicionales ingredientes prohibidos para cierto sector de consumidores y que lo catalogan como comida chatarra, identificar las materias primas, así como determinar las proporciones más adecuadas se torna de vital importancia para establecer un proceso productivo que cubra las expectativas

de una amplia gama de consumidores. De esta forma, el presente estudio pretendió obtener un alimento que cumpla con satisfacer estos requisitos, así como satisfacer el paladar de los consumidores.

Asimismo, Pires, (2013) y Gaona, (2019) indican que la harina de lombriz roja californiana se presenta como una alternativa prometedora en la industria agroalimentaria debido a su alto contenido de proteínas y su fácil obtención. Este recurso no convencional contiene entre el 60% y el 80% de proteínas, lo que garantiza una alta digestibilidad cercana al 95% y permite una elevada absorción de nutrientes fundamentales en el cuerpo, por tanto, su consumo contribuye a una alimentación más saludable.

Por su parte, la quinua es un alimento nutritivo que ofrece varios beneficios para la salud. Uno de los principales beneficios es su alto contenido de proteínas, que oscila entre el 14% y el 18%. Esto la convierte en una excelente fuente de proteínas para personas que siguen una dieta vegetariana, así como para aquellas que buscan aumentar su consumo de proteínas, además, la quinua es rica en fibra dietética total (FDT), lo cual contribuye a mejorar la digestión, promover la sensación de saciedad y regular el azúcar en la sangre, asimismo es una fuente importante de calcio, fósforo, hierro y minerales esenciales para el buen funcionamiento del organismo (Rojas et al., 2011).

Así mismo, Mayorga (2010) indica que el maíz morado (*Zea mays* L.) es de gran importancia en la industria debido a sus múltiples beneficios. Contiene metabolitos secundarios, antocianinas y pigmentos que actúan como antioxidantes naturales que contribuyen a la prevención de enfermedades degenerativas y a cambiar el estrés oxidativo, lo que lo convierte en un ingrediente valioso en la elaboración de productos alimentarios saludables.

indica que el maíz morado (*Zea mays* L.) ha estimulado mucha utilidad en la industria alimentaria por los diversos metabolitos secundarios, antocianinas y pigmentos, los cuales

actúan como antioxidantes naturales para combatir el estrés oxidativo y enfermedades degenerativas, comprometedoras a aplicaciones funcionales.

Por su parte, la OMS (2015) menciona que el 65% de la población mundial vive con sobrepeso y obesidad y de ello, el 44% con casos de diabetes. En este contexto el consumidor necesita tener acceso a opciones dietéticas más saludables, por lo que en los últimos años está surgiendo innovaciones en cuanto a productos saludables, eficaces y nutraceúticos. Dentro de este tipo de alimentos se tiene al maíz morado, el cual es de gran interés para la industria alimentaria debido a su alto contenido de antocianinas, los cuales tienen una potente capacidad antioxidante al ser consumidos (Galindo, 2018).

Siguiendo la tendencia en obtener productos saludables, en el presente estudio se elaboró un producto alimenticio tipo snack de considerable aceptabilidad y atractivos cuando comparados a otros alimentos que no contienen los nutrimentos necesarios para la alimentación. Para ello, se utilizó “la tecnología de extrusión que otorga al sector agroindustrial la facilidad de obtener alimentos de forma variable, ofreciendo procesos flexibles con diversas formas, colores, sabores y textura listos para comer” (Kowalski et al., 2016), se elaboró los snacks saludables a base de harina de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado son productos innovadores nutritivos que poseen un alto contenido proteico que los convierte en un excelente aporte nutricional, que puede ser consumido por niños y adultos de diferentes edades e inclusive por pacientes con diabetes. Al mismo tiempo, puede servir como propuesta para futuros estudios o procesos de industrialización que complementen la dieta con requerimiento de proteínas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la proporción óptima de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz morado (*Zea mays* L.) en la elaboración de los snacks fortificados.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar el contenido microbiológico de las diferentes formulaciones de snacks fortificados.

Determinar el nivel de aceptabilidad en personas diabéticas y no diabéticos a través de la evaluación sensorial de las diferentes formulaciones de snacks fortificados.

Comparar los valores de las características (proteínas, capacidad antioxidante, polifenoles totales, humedad y actividad de agua) de las muestras de snacks con los diferentes valores de aceptabilidad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Pires (2013) la lombriz roja californiana, originaria en EE.UU., ha sido criada y propagada en semilleros y criaderos ubicados en dicho país. Estos gusanos se alimentan de una amplia variedad de residuos orgánicos provenientes de la actividad agrícola como de la industria. También consumen desperdicios de mataderos, residuos vegetales y frutas, lo cual la convierte en una opción atractiva para el manejo sostenible de desechos orgánicos, e indica que se utilizó la harina de lombriz para elaborar budín azucarado. Lezcano y Borjas (2017) coinciden con Pires, indicando que la estructura de la harina de lombriz es de 60% al 80% de contenido proteico de excelente calidad y aminoácidos principales, superando a la harina de pescado (61,3%) y de soja (50%). Por esta razón la lombriz es un buen sustituto proteico que se recomienda agregar en forma de harina a los alimentos con la finalidad de solucionar las dificultades nutricionales.

Asimismo, Mendoza y Cundapí (2015) mencionan que la falta de consumo de proteínas provenientes de fuentes poco tradicionales es un problema que afecta a algunas comunidades, quienes optan por alimentos comunes que no brinda los nutrientes necesarios. Para abordar esta situación, se realizó una evaluación de un alimento de bajo costo, compuesto por una mezcla de cereales adicionados con harina de lombriz roja californiana. Esta harina contiene entre un 60% y 80% de proteínas, así como ácidos grasos esenciales, hierro y calcio. Los resultados muestran que la harina de lombriz roja californiana es una excelente fuente de proteínas y representa una alternativa para enriquecer los cereales y solucionar los problemas nutricionales en las comunidades marginales.

En otra investigación, Estrada (2016) comparó la aceptabilidad de una galleta artesanal con harina de lombriz al 5% en comparación con una galleta comercial tipo tartina sabor a piña.

El objetivo principal es determinar si esta galleta artesanal, que contiene doble de proteínas y grasa debido a la harina de lombriz, es aceptada por la población escolar. Se concluyó que este producto fue aceptado en un 93% en la población infantil, ya que se consideró que el sabor es agradable. Además, se plantea que la incursión de materias primas poco comunes y novedosas, como la harina de lombriz, podría representar una oportunidad relevante en la industria de alimentos.

Por su parte, Hleap et al. (2017) evaluaron sensorialmente la inclusión de proteínas de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) (HLRC) en la elaboración de salchichas a partir de surimi de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición de azúcar y otros saborizantes en una formulación previamente establecida de carne de res y cerdo en cuatro tratamientos de 4, 8, 12 y 20%, reemplazando el de proteína cárnica por igual proporción de proteína de harina de lombriz roja californiana. Los resultados del análisis sensorial mostraron que la salchicha con mayor aceptación es aquella que contiene el 8% de HLRC. Por lo que concluyó que la HLRC es un producto novedoso, pero poco usual en la gastronomía colombiana obteniendo un resultado de aceptación del 78% del total de encuestados en las pruebas de degustación.

Por otro lado, Valderrama (2019) en el presente estudio investiga el efecto de la proporción de maíz morado, quinua y kiwicha en proporciones de 0% a 100% en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de productos extruidos. Para ello, se formularon diez tratamientos utilizando un diseño de mezclas simplex con centroide ampliado. El objetivo del estudio fue obtener una prueba adecuada para interpretar la conducta de las variables de respuesta. Los resultados obtenidos demostraron que la proporción de maíz morado, quinua y kiwicha tuvo un efecto significativo en aceptabilidad general y la humedad de los productos extruidos. En particular, se encontró que una proporción de 17% de maíz morado, 66% de quinua y 17% de kiwicha resultó en una aceptabilidad general óptima, con

una composición proximal de proteínas de 10,85%, cenizas de 0,03%, grasa de 1,42%, fibra de 4,22%, carbohidratos de 69,67% y humedad de 3,6%.

A su vez, Galindo (2018) evaluó el contenido de proteína, ensayos de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por DPPH) sobre las formulaciones de los extruidos de maíz morado y quinua mediante las siguientes proporciones: quinua: maíz (50:50), (100:00), (70:30) y (90:10). En la evaluación estadística encontró diferencias significativas en el contenido de proteína y compuestos bioactivos en los cuatro tratamientos. La muestra con superior aceptabilidad fue la que contenía 50% de quinua y 50% de maíz morado, donde presentó altos valores en fenólicos totales, actividad antioxidante, pero menos contenido de proteína. También evaluó el color, sabor, olor, la frecuencia de consumo y la presentación del producto, el cual se obtuvo los siguientes resultados: los extruidos presentaron el 87,2% color claro, 49,31% olor tostado, 35,10% sabor insípido y 71,86% textura crocante y 45,45% prefieren consumir una vez por semana y bañados con chocolate. Concluye que la incorporación de maíz morado mejora los atributos organolépticos de los extruidos de quinua y maíz morado y ayudan a mejorar los aspectos de seguridad alimentaria conservando un cuerpo sano íntegro, nutritivo y funcional en la población de diferentes edades.

Por su parte, Salazar (2019) evaluó los porcentajes de la mezcla de quinua, maíz morado y haba para optimizar la aceptabilidad, composición química proximal y la digestibilidad en la alimentación infantil. Para ello utilizó el diseño de mezclas simplex con centroide el cual obtuvo 10 tratamientos, de los cuales seleccionó 3 de ellos, estos tuvieron mayor cantidad de lisina, metionina y triptófano. Luego a los 3 tratamientos lo evaluó con una escala hedónica de caritas de 5 puntos y un panel de 30 niños de 6 a 9 años, la formulación con quinua (67,67%), maíz (16,67%) y haba (6,67%), tuvieron mayor aceptabilidad (4,20 puntos) y su composición proximal de: proteínas (16,16 %), grasa (4,15 %), humedad (3,95 %), fibra (1,17 %), carbohidratos (71,49 %) y energía total (370,12 kcal) para 100 g de mezcla extruida; y su

digestibilidad fue de 94,30 %/100 g de proteína. Por lo tanto, concluyó que el éxito del producto es aceptado por contener alta cantidad de nutrientes y de fácil digestibilidad que ayudará en la nutrición infantil.

Por otro lado, en investigaciones realizadas en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, existe estudios que mencionan a platas y frutos con beneficios para prevenir de la diabetes (Vásquez, 2022; Zulueta, 2022; Coronado, 2023 y Barboza, 2023); sin embargo, en dichos estudios no se tiene la participación de personas con diabetes en ninguna de las etapas del estudio como ratificar dichas afirmaciones.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Extrusión

Tiwari y Jha (2017) mencionan que “la extrusión es un proceso continuo eficiente, que combina de manera única varias operaciones unitarias, como: mezcla, cizallamiento, calentamiento, bombeo, formación y dimensión” (p. 113).

Asimismo, Fernández et al. (2016) menciona la extrusión de alimentos es un proceso eficaz utilizado para mejorar la textura y sabor del almidón. Consiste en la cocción de los gránulos de almidón a altas temperaturas en un corto periodo de tiempo. Este método ayuda a reducir el contenido de agua y la densidad del almidón, lo que contribuye en gran medida a obtener un sabor agradable y una alta aceptación por parte de los consumidores.

2.2.2. Tipos de extrusores

Según Cueva (2012) menciona que existen varios tipos de extrusores que trabajan a diferentes temperaturas, entre ellos se encuentran el extrusor por frío y el extrusor por calor. Estos dos tipos de extrusores permiten obtener diferentes resultados en la producción de alimentos.

- Extrusor por frío, es utilizado cuando se desea obtener una extrusión sin cocimiento ni expansión del alimento. En esta máquina, se minimiza la fricción del tornillo para preservar la calidad de la materia prima. Es especialmente utilizado para productos que requieren ser procesados a baja temperatura.
- Extrusor por calor, utiliza una tuerca caliente a través de la cual el alimento pasa y se somete a altas temperaturas. Esto produce vapor de agua debido al calor interno del tornillo. Este tipo de extrusor es apropiado para productos que necesitan un proceso de cocción durante la extrusión, logrando modificaciones en la textura y sabor del alimento.

Asimismo, Cueva menciona que existen extrusores según el diseño de tornillo los cuales son, extrusor de tornillo único y extrusor de doble tornillo.

- Extrusor de tornillo único, es utilizado en la industria debido a su costo más bajo en comparación con otros tipos de extrusores. Son especialmente adecuados para la producción de una variedad de productos, como alimentos y plásticos.
- Extrusor de tornillo doble, son los más costosos, pero con mayor versatilidad. Cuentan con dos tornillos a distintas humedades para una gran escala de productos que pueden girar en el mismo sentido o en sentido contrario.

2.2.3. Ventajas de proceso de extrusión

Bermeo y Carrasco (2018) mencionan las ventajas que ofrece el proceso de extrusión en los cereales precocidos que se obtienen usando este proceso.

- El proceso de extrusión es altamente versátil y permite la obtención de una amplia variedad de productos de en diferentes fórmulas. Mediante este proceso, se puede transformar cereales procesados en alimentos con formas, tamaños y texturas diversas, además se logra mantener un nivel nutricional óptimo gracias a las condiciones controladas de temperatura y presión utilizadas durante la extrusión. Todo esto se

consigue a un costo relativamente bajo, lo que lo convierte en una opción rentable para la producción de alimentos.

2.2.4. Lombricultura

Pires (2013) menciona que la lombriz domada elegida (*Eisenia fetida*), es un recurso biotecnológico de la lombricultura de elevada utilidad ecológica y nutricional. Esta especie de lombriz es de gran importancia debido a su capacidad de transformar residuos orgánicos. Así mismo estas lombrices contienen una composición proteica de alta calidad como una alternativa prometedora para satisfacer la demanda de alimentos para satisfacer la demanda de alimentos para animales y humanos.

La harina de lombriz se destaca por su alta cantidad de proteínas, superando el 60% de su composición. Esta característica la convierte en una fuente ideal para aquellos que buscan aumentar su ingesta proteica. Además, esta harina también está compuesta por aminoácidos esenciales, como la lisina (5,9%), que es fundamental para el buen funcionamiento del organismo, ya que desempeñan un papel crucial en la síntesis de proteínas y la formación de tejidos. La presencia de estos aminoácidos esenciales en la harina de lombriz la convierte en una opción nutricional completa y beneficiosa para completar la dieta humana.

2.2.5. Lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) es un invertebrado que posee características físicas y biológicas apropiadas para biodegradar los desechos orgánicos. Criada en California en los años 50 y seleccionada por la Universidad Agrícola de California en 1973, esta lombriz se ha convertido en un organismo de valor económico debido a su capacidad para sobrevivir y producir deposiciones que pesan aproximadamente un gramo. Además, son bisexuales y requieren una reproducción cruzada para reproducirse, conectado los aparatos

masculinos y femeninos para transmitir el esperma. Pueden empezar a reproducirse tres meses después de haber nacido (Limachi, 2018).

Asimismo, García et al. (2013) mencionan que los principales países productores de lombriz roja californiana en América Latina son Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Ecuador. Estos países se destacan por capacidad para criar y producir esta especie de lombriz en grandes cantidades. La lombriz roja californiana es grandiosa en utilidades, a nivel técnico. La harina de lombriz en Filipinas, es consumida principalmente por humanos, que su sabor y olor está ausente para competir con la harina de pescado tanto en precio como en calidad.

En diversos países del mundo se ha experimentado la producción de lombriz roja californiana, la lombriz es alimentada con todo tipo de restos orgánicos, para luego usar la carne de lombriz en alimento animal y humano, asimismo se produce productos farmacéuticos a partir del líquido celomático (Sánchez, 2012).

Figura 1

Lombriz roja californiana



Nota. Tomado de “Efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con estiércol bovino y aserrín, Alto Beni” (p.48), por E. Limachi, 2018. *Apthapi. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA*, 4(2), 1128-1138.

2.2.5.1. Características generales de la lombriz roja californiana. A continuación, se hará mención a las principales características de la lombriz roja californiana referenciada por Rodríguez y Trujillo (2016):

- Es de color rojo oscuro, el cual le ha dado su nombre común.

- La respiración de la lombriz es por medio de su piel.
- Tiene un cuerpo alargado y cilíndrico que puede llegar a medir aproximadamente de 6 a 10 cm y de 5 a 6 mm de diámetro.
- El peso próximo es de 0.8 a 1,4 g.
- No soporta la luz solar. Tiene 16 años de vida, ya que se conectan cada 7 días y se pueden reproducir hasta 1300 lombrices al año.
- Su cuerpo esta segmentado en anillos y presenta una envoltura que le proporciona protección.
- La zona adecuada para vivir es un clima templado de 20°C a 24°C con humedad de 82%.

2.2.6. Beneficios de la lombricultura

La lombricultura juega un rol fundamental ayudando en la administración de los desechos orgánicos debido a que estos desechos constituyen un potencial problema ecológico, cuyo impacto puede ser reducido con la utilización de estos desechos para la alimentación de las lombrices. De acuerdo Limachi (2018) la carne de lombriz tiene un alto contenido de proteínas que va desde el 62% al 82% y aminoácidos esenciales.

La carne de lombriz roja californiana es de gran importancia debido a que proporciona una fuente de alimentos altamente nutritiva tanto para los seres humanos como para los animales. Su consumo se extendido en diferentes países, como África, China, Filipinas, Japón y Taiwán. Además, en América Latina, la carne de lombriz se considera un elemento fundamental en la dieta de las poblaciones nativas, demostrando así su valor como fuente de alimento (Alcívar et al., 2016).

Poe su parte la harina de lombriz roja californiana es un polvo de color amarillo o marrón con un atractivo aroma. Además, su color y olor agradable; esta harina destaca por su alto contenido de proteínas, que oscila entre el 70% y el 80%. Estas características hacen que

sea un producto versátil y de gran interés en el ámbito de la alimentación, tanto para aves, peces y animales doméstico, como para los seres humanos (Limachi, 2018).

La harina de lombriz roja californiana es altamente digestible, con un porcentaje de digestibilidad de 95%. Esto significa que la mayoría de nutrientes presentes en la harina de lombriz se descomponen y asimilan eficientemente por el sistema digestivo humano. Esta alta digestibilidad permite aprovechar al máximo los beneficios de la harina de lombriz (Gaona, 2019).

A su vez, García et al. (2013) menciona los beneficios de la harina de lombriz roja californiana en el consumo humano:

- Fortalece los músculos del cuerpo humano.
- Ayuda a estimular el crecimiento muscular, incrementando la fuerza y resistencia de las personas.
- Alivia las molestias mentales como físicas brinda numerosos beneficios. Al reducir el malestar mental, se logra una mayor claridad mental, concentración y capacidad para enfrentar los desafíos de vida diaria.
- Formación de tejidos y colágeno.
- Constituir la piel y el vello (melanina)
- Retardar el envejecimiento orgánico.
- Mejora el proceso de crecimiento de los niños.
- Elimina por completo las malas toxinas (urea) del cuerpo humano.
- Es fundamental en la reducción de la colesterol y obesidad.
- Es considerada como la más poderosa en el tratamiento de párkinson (dopamina).

2.2.7. Quinoa

La quinoa, un pseudocereal originario de los Andes de Bolivia, Perú y los Estados Unidos, ha sido cultivado durante más de 5000 años. Pertenece a la familia Chenopodiaceae y se considera un cereal verdadero debido a su alto contenido de almidón. Su cultivo puede realizarse desde el nivel del mar en Perú u Chile hasta los 4000 m.s.n.m. la quinoa es conocida por su adaptabilidad a diferentes altitudes y por ser una fuente de nutrientes esenciales (Campos et al., 2022).

La quinoa representa características morfológicas peculiares que la distinguen como una planta anual. Su morfología se caracteriza por ser una planta herbácea, con hojas alternas, lanceoladas y de forma ovalada. Además, posee un sistema a su dispersión geográfica, la quinoa se cultiva en diferentes zonas agroecológicas alrededor del mundo, adaptándose a diversas condiciones climáticas y altitudes. Se encuentra presente en regiones como los Andes de Sudamérica, donde es considerada un cultivo importante desde tiempos ancestrales (Apaza et al., 2013).

La quinoa es reconocida como el grano andino en el mundo por ser tan significativa en el siglo XX. Además, es destacada por sus números beneficios nutricionales. Es una excelente fuente de aminoácidos esenciales (lisina), lo cual es fundamental para el correcto funcionamiento del organismo. Estos aminoácidos se incorporan en la dieta de forma natural gracias a la alta concentración que posee la quinoa. Asimismo, este superalimento mejora la digestibilidad y contribuye en gran medida al estado físico y nutricional. También es muy beneficiosa para la asimilación de ácidos grasos, lo que la convierte en un complemento ideal para promover una alimentación saludable (Becerra, 2017).

Figura 2

Quinoa blanca



Nota. Adoptado de Catalogo de variedades de quinoa en el Perú, Apaza et al., 2013.

2.2.7.1. Composición química. La composición química de la quinoa se describe a continuación.

- **Proteína.** La quinoa es conocida por su alto tenido proteico, representando aproximadamente el 15% de su composición total (Galindo, 2018). Además, posee 16 de los 24 aminoácidos, como la lisina, metionina y triptófano (Bravo y Ortega, 2017).

- **Fibra.** Su composición de fibra dietética varía entre un 7% y un 9,7% en total. Esta se divide en fibra soluble la que abarca entre un 1,3% y un 6,1%. Además, en la fibra dietética se encuentra un 3% de azúcar. Entre los diferentes tipos de azúcar presentes, se destaca la maltosa. La D-galactosa y la D-bribosa en mayor cantidad, mientras que la fructuosa y la galactosa se encuentra en niveles más bajos (Campos et al., 2022).

A continuación, Galindo (2018) describe la composición química de la quinoa tales como vitaminas, calcio.

- **Vitaminas.** La quinoa contiene diversas vitaminas beneficiosas para salud. Entre ellas, destaca la vitamina B2 o riboflavina, la cual cumple un papel importante en el metabolismo de los alimentos y en la producción de energía. Además, la quinoa contiene vitamina E, conocida por su acción antioxidante, que protege las células de daño causado por los radicales libres. Por último, la vitamina A presente para mejorar la visión y favorecer el desarrollo embrionario.

- **Minerales.** La quinua es una excelente fuente de minerales que aportan numerosos beneficios para la salud. Entre ellos se encuentran el hierro, el fósforo y el zinc, los cuales desempeñan funciones clave para nuestro organismo.

- **Calcio.** La quinua contiene más calcio que el trigo, maíz, y arroz. El calcio es un nutriente vital en nuestra alimentación, ya que desempeña diversos roles en nuestro cuerpo. Al ser responsable de la secreción celular, permitiendo la transferencia de señales y contribuyendo al funcionamiento adecuado de los órganos y sistemas.

2.2.8. Maíz morado

el maíz morado ha sido de gran importancia en América Latina desde hace miles de años. Se estima que su cultivo se originó entre 2500 3000 A. C. a lo largo de la historia, el maíz morado ha sido un alimento básico para las poblaciones indígenas y se ha convertido en un símbolo de identidad natural. Su cultivo en la serranía de los Andes del Perú Bolivia desde los 3000 m. s. n. m., (Hernández, 2016). Además, el maíz morado se caracteriza por su coronta y granos de color morado, los cuales le otorgan diversas propiedades benéficas para la salud humana. Este tipo de maíz contiene una variedad de vitaminas y minerales que lo convierten en un alimento nutritivo. Asimismo, está compuesto por antocianinas, siendo la cianidina-3- β glucósido uno de los pigmentos antioxidantes más significativos presentes en el maíz morado. Las propiedades del maíz morado hacen que sea una opción saludable para incluir en la dieta diaria (Galindo, 2018).

Phinjaturus et al. (2016) menciona que el maíz morado es un alimento con alto contenido nutritivo. Es rico en carbohidratos, fibra dietética, proteínas y minerales como hierro, fósforo y magnesio. También contiene vitaminas como la vitamina C y diferentes compuestos fenólicos que le proporcionan propiedades antioxidantes, además, el maíz morado es bajo en grasa y colesterol. Lo que lo convierte en una opción saludable para incluir en la producción de snacks, así satisfacer las necesidades de nuestra dieta.

Figura 3

Maíz morado procedente de la región Cajamarca



Nota. Tomado de *maíz morado en el distrito Baños del Inca región Cajamarca*. Altamirano, 2019.

2.2.8.1. Composición química. Burgos et al. (2015) mencionan la composición química del maíz morado, como carbohidratos, proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, es superior a la de otros cereales, y contiene principalmente zeína, excepto las proteínas de lisina y triptófano.

- **Carbohidratos.** Los carbohidratos en el grano se considera fuentes importantes, ya que constituyen aproximadamente el 2% del peso total del grano.
- **Proteínas.** Son las más importantes en la nutrición, ya que representa el 10% del grano de maíz morado. Las más destacadas son las albuminas, globulinas, prolaminas.
- **Lípidos.** Los lípidos en los granos de maíz morado están compuestos principalmente por germen y el endospermo. El 84% de los lípidos se encuentran en el germen, mientras que el 16% restante está en el endospermo. Estos lípidos son ricos en ácidos grasos, que forman los triglicéridos, siendo los más importantes en linoleico, linolénico, oleico y palmítico.
- **Fibra.** El maíz morado contiene el 8% a 14% de fibra.
- **Vitaminas.** El maíz morado este compuesto por principales vitaminas como la vitamina A, E y B1.
- **Minerales.** Los principales minerales del maíz morado son el fósforo y el fitato de potasio.

- **Unos y aplicaciones.** El maíz morado es ampliamente utilizado en la industria debido a su alto contenido de antocianinas, que le confiere propiedades beneficiosas. Entre los usos industriales destacados se encuentra la extracción de almidones, los cuales son utilizados como espesantes y estabilizantes en diversos productos alimenticios y farmacéuticos. Además, el maíz morado es utilizado como colorante natural en la industria de las bebidas (Burgos et al., 2015).

La tabla 1 muestra la composición química de cada uno de los productos, que fueron utilizados en la producción de snacks fortificados (Galindo, 2018; Campos, 2022; Bendezú, 2018 y Limachi. 2018).

Tabla 1

Composición química de la lombriz roja californiana, quinua y maíz morado

Composición química (%) /100 g			
Componentes	Lombriz roja californiana	Quinua	Maíz morado
Humedad	6,56	8,66	11,40
Proteína	70,00	16,23	11,00
Carbohidratos	17,60	59,90	76,20
Fibra	3,30	11,70	1,80
Cenizas	7,59	3,30	1,70
Grasa	7,94	5,70	3,40
Calcio	0,05	47,00	12,00
Fósforo	0,90	457,00	328,00

2.2.9. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas es una herramienta utilizada para determinar la mejor composición en las proporciones de los componentes de una mezcla en particular. Es un proceso que busca optimizar las proporciones de una mezcla tomando en cuenta diversos factores. Permite obtener resultados más eficientes y de mayor calidad al encontrar la combinación óptima de los componentes involucrados. La suma de los componentes de las

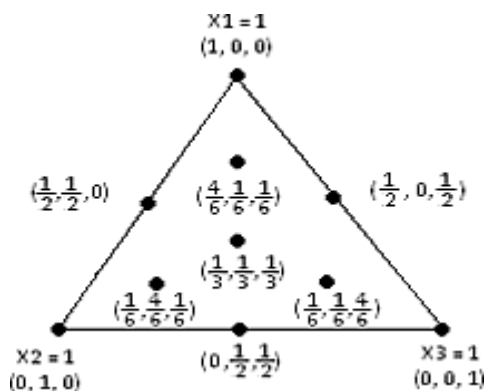
mezclas es igual a 1 o 100%, estando sujeta a la siguiente restricción: $\sum_{i=1}^p X_i = 1,0$ (Ibarra, 2017).

2.2.9.1. Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado. Es un diseño de la Metodología de Superficie de Respuesta, donde se compone de mezclas que contienen X1, X2, X3 o N componentes en proporciones iguales, en donde existe N mezclas de un componente, todas las mezclas necesarias de dos componentes con proporción $\frac{1}{2}$ para cada una y todas las mezclas posibles de tres componentes con proporción de $\frac{1}{3}$ para cada una, estas combinaciones de las mezclas se encuentran en cada eje del triángulo, equidistantes al centro y hacia los vértices con la excepción de un punto centroide que contiene la mezcla de todos los componentes. Los puntos axiales adicionales proporcionan una mejor distribución de las mezclas a lo largo del experimento, donde los tres puntos adicionales del diseño para tres componentes son $\frac{4}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6} - \frac{1}{6}, \frac{4}{6}, \frac{1}{6}$ y $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{4}{6}$ (Agustín, 2013).

La figura 4 muestra los tres puntos de diseño simplex con centroide ampliado para tres componentes.

Figura 4

Diseño simplex con centroide ampliado para un experimento de mezclas en tres componentes



Nota. Adoptado de *Diez puntos para el diseño de mezclas de los efectos de quinua, maíz morado y kiwicha*. Ouedrhiri et al., 2016. Valderrama, 2018.

2.2.10. Microbiología de los alimentos

La microbiología se encarga del estudio de los microorganismos que se encuentran en los alimentos, su finalidad del estudio es detectar y determinar el contenido de microorganismos positivos y negativos que producen o deterioran a los alimentos (Anderson y Calderón, 1999). Por lo tanto, es importante el estudio microbiológico de alimentos para detectar que alimentos están libre de gérmenes y sean aptos para el consumo humano así prevenir enfermedades transmitidas por los alimentos.

2.2.11. Análisis microbiológico de snacks

La tabla 2 muestra las características microbiológicas para Snacks establecidas en la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA “Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”. Criterio IX.5 A Productos cocidos de consumo directo como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, otro. Tomando en cuenta los grados de riesgo que representa los microorganismos en relación con las condiciones previsibles de manipulación y consumo de alimentos, donde:

- “n” (minúscula): representa al número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote, que se analizan para un determinado plan de muestreo.
- “c”: Número máximo permitido de unidades de muestra rechazada en un plan de muestreo.
- “m” (minúscula): representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes aceptables o inaceptables.
- “M” (mayúscula): Los valores de recuentos microbiológicos superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

Tabla 2*Características microbiológicas*

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵
Coliformes	5	3	5	2	10	10 ²
Mohos	5	3	5	2	10 ²	10 ³
Levaduras	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25g	

Nota. Esta tabla muestra los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano.

2.2.12. Pacientes diabéticos

Ministerio de Salud (2023) menciona que los pacientes con diabetes son las personas que presentan varios factores, como genético, estilo de vida y alimentación inadecuada. En el Perú durante el primer trimestre del 2022 se diagnosticó 9,586 casos con diabetes, donde el 63% son mujeres y el 37% son varones, y el 98% de los casos registrados corresponden a diabetes tipo 2. La consecuencia de esta enfermedad es la hipoglucemia (aumento de azúcar en la sangre). Los efectos de una persona con diabetes es el riesgo de amputación de las extremidades, ceguera, paro cardíaco y encefálico.

Asimismo, el Ministerio de la Salud indica cómo prevenir la diabetes y poner en práctica los siguientes hábitos para una vida saludable:

- Evitar el consumo de productos azucarados, comida chatarra y comida que contenga grasas trans.
- Consumir aceite vegetal, frutas, vegetales y alimentos libre de octógonos.
- Beber 2 litros de agua al día.
- Ejecutar actividad física por 30 minutos al día.

- Obviar el consumo de alcohol y tabaco.
- Controlar y evitar el exceso de peso.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana es un tipo de gusano invertebrado muy conocido por su capacidad para biodegradar desechos orgánicos (Limachi, 2018).

2.3.2. Quinoa

La quinoa, también es conocida como Quinoa, es una planta de la familia de las amarantáceas que produce granos pequeños de forma redonda y ovalada. Estos granos son considerados pseudo-cereal, ya que no pertenecen a la familia de las gramíneas, pero se utiliza y se consumen de manera similar a los cereales tradicionales (Campos, 2020).

2.3.3. Maíz morado

El maíz morado es un cereal conocido como *Zea mays* o maíz morado de los Andes, es una variedad de maíz que se caracteriza por su color violeta intenso. Esta planta alcanza una altura de 2 metros y produce mazorcas de gran tamaño (Galindo, 2018).

2.3.4. Extrusión

La extrusión es un proceso mediante el cual se fuerza una mezcla a pasar a través de un orificio con geometría determinada. Este proceso ofrece la posibilidad de obtener una amplia variedad de textura, formas y colores en los productos resultantes (Bermeo y Carrasco).

2.3.5. Snacks

Snack proviene del idioma inglés, significa alimento ligero que se consume entre comida, son apetitivos para satisfacer temporalmente el hambre (Chacón et al., 2017).

2.3.6. Diabetes

La diabetes es una enfermedad crónica que se caracteriza por niveles altos de azúcar en la sangre, lo cual supera en rasgos normales. Existen dos categorías principales de diabetes: tipo 1 y tipo 2. En la diabetes tipo 1, el cuerpo no produce suficiente insulina, una hormona que regula el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas. Por otro lado, en la diabetes tipo 2, el organismo no responde adecuadamente a la insulina. Ambos tipos de diabetes requieren atención y cuidados específicos para su manejo y tratamiento (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2022).

2.3.7. Diseño de mezclas (DM)

Es una metodología estadística, utilizada en la optimización de formulaciones de alimentos y otros (Ortega, 2015).

2.3.8. Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado (DMSCA)

Es el diseño de combinaciones de las mezclas en simetrías iguales en el sistema de coordenadas simplex (Agustín, 2013).

A su vez mediante la Real Academia Española (2022) se define las siguientes composiciones que están presente en la lombriz roja californiana, quinua y maíz morado.

2.3.9. Proteína

Son moléculas formadas por aminoácidos que están unidas mediante enlaces covalentes y enlaces peptídicos.

2.3.10. Contenido de humedad

Cantidad de agua presente en la superficie o dentro del alimento.

2.3.11. Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua (A_w) es la humedad en equilibrio de un alimento, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie. El agua disponible es primordial en la vida útil de los alimentos para el crecimiento de microorganismos, que van a afectar a su calidad. Debido a esto la A_w toma valores de 0 a 1, cuanto más se aleja de uno el valor de agua pura, más fácil es la actividad biológica, por lo que la conservación de alimentos es más larga (Cardona, 2019).

2.3.12. Capacidad antioxidante

Capacidad antioxidante se define como el potencial de una sustancia o compuesto para inhibir o retardar la oxidación de moléculas biológicas como ácidos nucleicos, lípidos y proteínas. También actúa en la prevención de los radicales libres sobre el organismo; retardando el proceso oxidativo, el envejecimiento y el desarrollo de diferentes enfermedades (Rioja et al., 2018).

2.3.13. Polifenoles totales

Los polifenoles son metabolitos secundarios de los alimentos. La principal característica estructural es que posee uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos. Son principalmente conocidos por sus propiedades antioxidantes que potencialmente son benéficas para la salud (Martínez, 2015).

2.4. Hipótesis

Los snacks fortificados con proporciones similares de harinas de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz morado (*Zea mays* L.) tienen una calidad nutricional alta y una baja aceptación sensorial.

2.5. Operacionalización de variables

La tabla 3 muestra las variables independientes, dependientes, indicadores y el método para cada análisis que se realizó.

Tabla 3

Variables e indicadores y métodos.

Variables independientes	Dimensiones	Indicadores	Método
Proporción de harina de lombriz, quinua y maíz morado	Cantidad (proporción)	%	Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado para la mejor formulación de snacks extruidos.
Variables dependientes	Dimensiones	Indicadores	Método
Características microbiológicas	Aerobios mesófilos Coliformes totales <i>Stphylococcus aureus</i> <i>Escherichia Coli</i> <i>Salmonella sp.</i> Mohos y Levaduras	UFC/g de alimento	Técnicas de conteo de UFC/g de alimento
Características sensoriales de los snacks	Color Sabor Olor Textura	Puntaje alcanzado	Aceptación sensorial usando una escala hedónica
Características de los snacks	Proteínas Capacidad Antioxidante Polifenoles totales Aw Humedad	g/100 g de muestra	205.005:1979 (Kjeldahl) DPPH-ORAC Folin-ciocalteu NTP 205.002,1979 ISO 18787:201

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es aplicada experimental, ya que, al explicar los conocimientos básicos en la elaboración de los snacks fortificados se explica el efecto de las concentraciones de harinas de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado en el diseño de un snack nutritivo que aporta a la solución de un problema directo de la sociedad.

3.2. Diseño de investigación

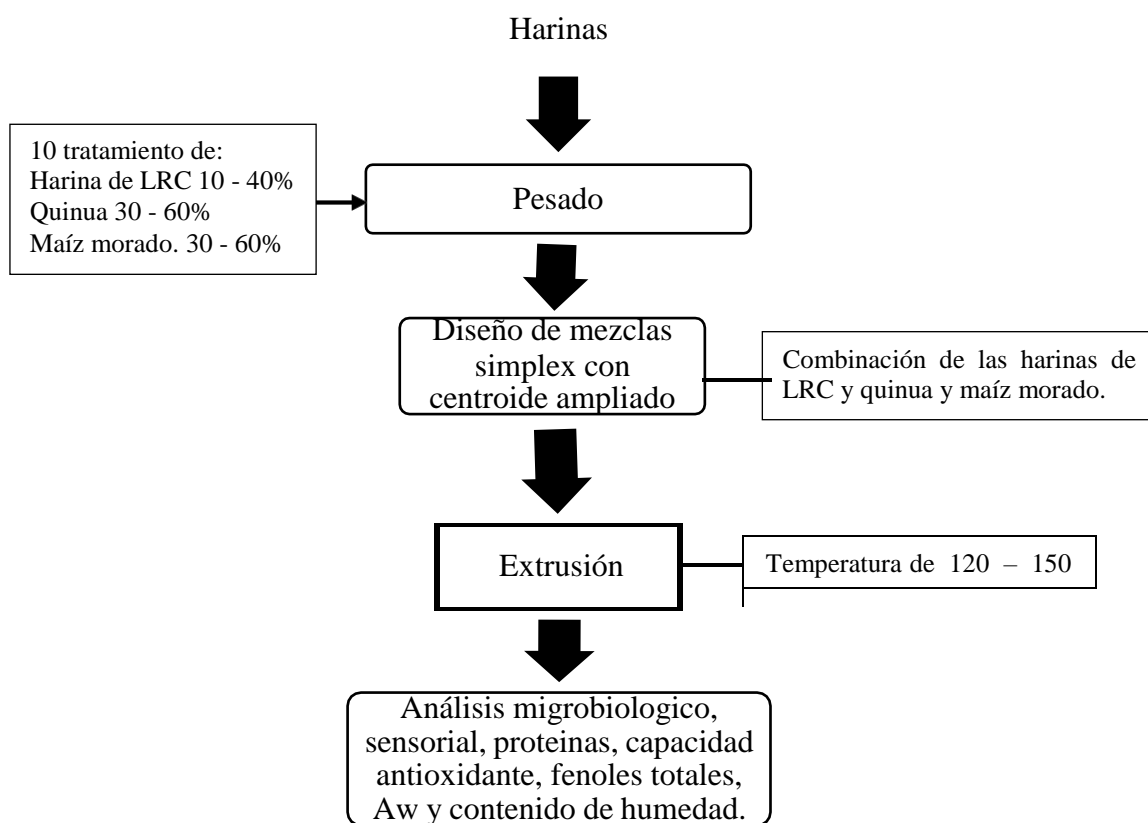
Para obtener la formulación de los snacks se utilizaron las combinaciones de los tres ingredientes a través del método de diseño de mezclas simplex con centroide ampliado (DMSCA).

Las 3 variables independientes fueron harina de LRC, quinua y maíz morado, generándose 10 formulaciones del extruido de harinas de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado en las siguientes proporciones y en orden indicado: (10-60-30%), (40-30-30%), (10-45-45%), (25-45-30%), (20-40-40%), (25-30-45%), (15-35-50%), (10-30-60%), (30-35-35%), (15-50-35%). A las diferentes formulaciones se evaluaron aspectos microbiológicos, sensoriales, proteínas, capacidad antioxidante, polifenoles totales, actividad de agua (Aw), y contenido de humedad, posteriormente los datos fueron tratados estadísticamente a través de análisis de varianza con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos (combinación de mezclas) en la variabilidad de las variables de respuesta, vale decir en el contenido de proteína, el grado de aceptación (análisis sensorial) fenoles totales y capacidad antioxidante. Así mismo. Se realizó la prueba Tukey para comparar más medias de las variables de respuesta y verificar si existe o no diferencia significativa entre ellas.

En la figura 5 se muestra el esquema experimental del proceso de extrusión.

Figura 2

Esquema experimental del efecto de proporción de LRC, quinua y maíz morado para el extruido.

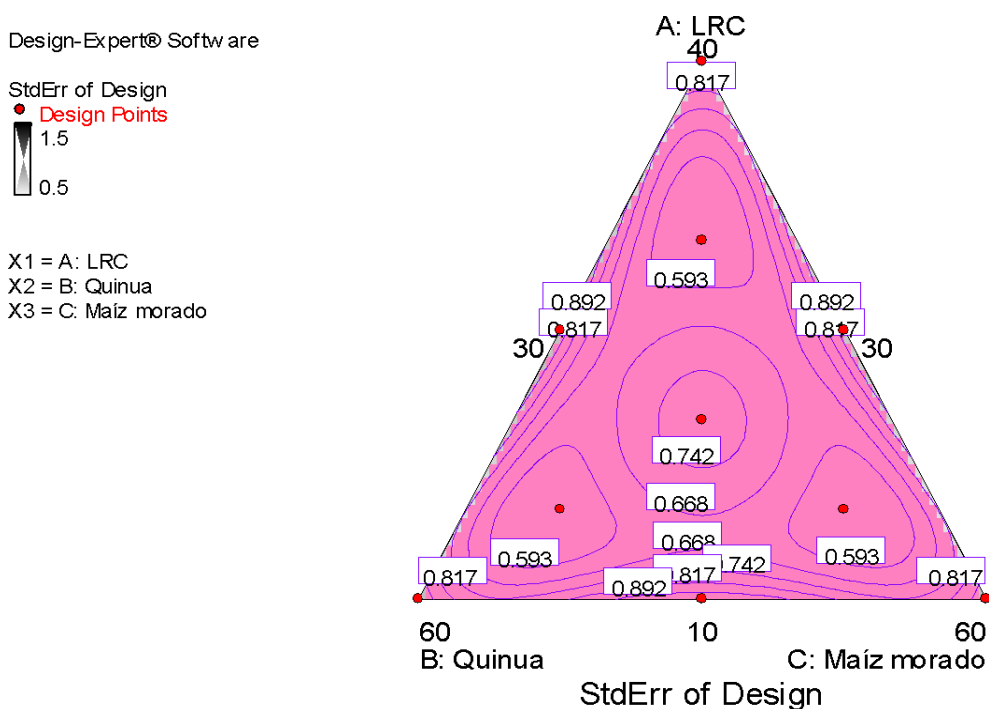


La figura 6 muestra las combinaciones de diseño de mezclas simplex con centroide ampliado a través del software Desing-Expert, donde se hallaron los bordes del sitio de elementos simplex y el punto central que contiene la mezcla de los tres componentes. En cada eje hay un punto diseñado, los cuales están equidistantes al centro y los vértices.

Para evaluar el efecto de proporción de harinas de lombriz roja californiana (A), quinua (B) y maíz morado (C) en el análisis microbiológico, sensorial, proteínas, capacidad antioxidante, fenoles totales, A_w y contenido de humedad del snacks extruido, para ello se muestra los 10 puntos experimentales del diseño, donde A, B y C corresponden al porcentaje máximo de las composiciones puras, los puntos 10,30 y 30 simbolizan a las composiciones binarias y el punto central 0,742 y los puntos 0,593 (que se visualiza en tres ocasiones) corresponden a las composiciones ternarias.

Figura 3

Generación de diez tratamientos usando el diseño de mezclas para estimar la proporción óptima de lombriz roja californiana (A), quinua (B) y maíz morado (C).



En la tabla 4 se presentan las 10 mezclas con la combinación de los 3 componentes

Tabla 4

Diseño de mezclas simplex con centroide ampliado para la formulación de las 10 composiciones a extraer.

Estándar	Muestras	A: LRGC	B: Quinoa	C: Maíz morado	Total %
2	1	10,00	60,00	30,00	100,00
1	2	40,00	30,00	30,00	100,00
6	3	10,00	45,00	45,00	100,00
4	4	25,00	45,00	30,00	100,00
7	5	20,00	40,00	40,00	100,00
5	6	25,00	30,00	45,00	100,00
10	7	15,00	35,00	50,00	100,00
3	8	10,00	30,00	60,00	100,00
8	9	30,00	35,00	35,00	100,00
9	10	15,00	50,00	35,00	100,00

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Acondicionamiento de materia prima

En la Figura 7 se puede observar el diagrama de flujo para la obtención de granos de maíz morado molido para ello se siguió el siguiente proceso:

Recepción de la materia prima.

- **Selección.** Se seleccionó las mazorcas que se encuentran en perfectas condiciones, sin descomposición, ni picaduras ni manchas, para luego ser desgranado.

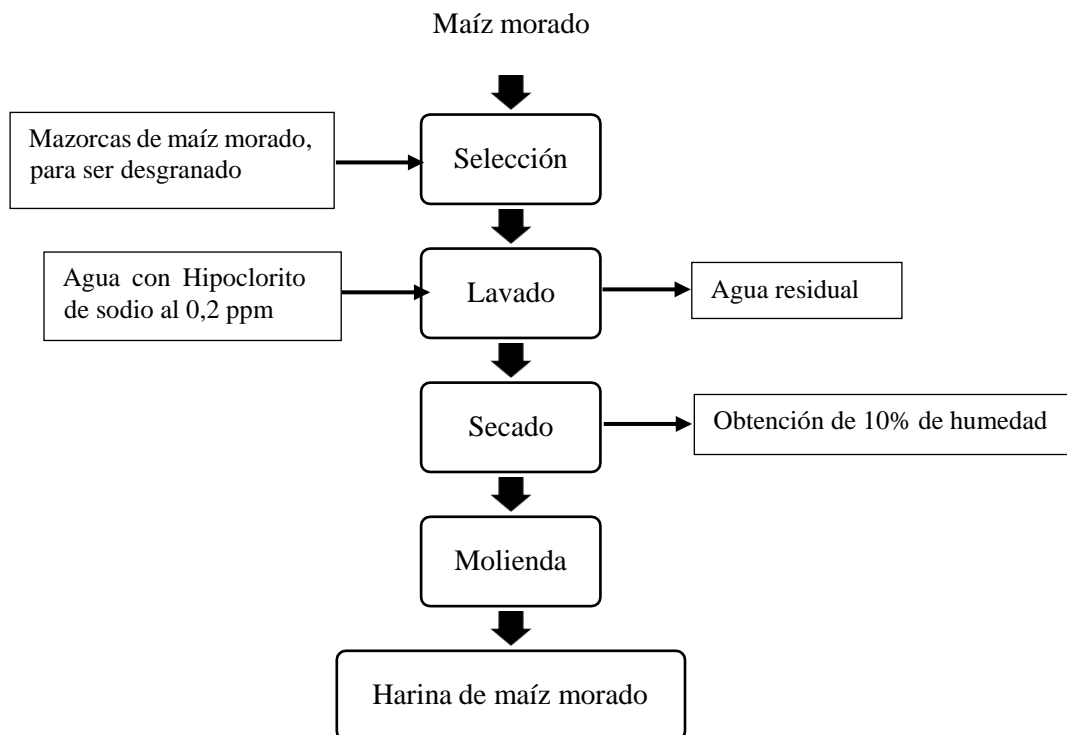
- **Lavado.** Se realizó con fin de disminuir la carga microbiana como eliminar suciedad, restos de tierra para esto añadirá hipoclorito de sodio al 0,2 ppm.

- **Secado.** Los granos de maíz fueron secados en estufa hasta obtener una humedad aproximada de 10%.

• **Molienda.** Se utilizó un molino de martillo para moler y obtener la harina, estado clave para usar la materia prima en el proceso de extrusión.

Figura 4

Diagrama de flujo para la obtención de harina maíz morado



Para la obtención de harina de lombriz roja californiana se siguieron los pasos vistos en el diagrama de flujo de la figura 8:

Recepción de la materia prima.

• **Materia prima.** Se considera materia prima a las lombrices totalmente limpias y deshidratadas.

• **Primer lavado.** Se lavó con agua de caño con el fin de eliminar la tierra de la lombriz.

• **Beneficio.** Se puso a las lombrices en una concentración de salmuera del 4 al 5% con 10 minutos de inmersión para luego desechar la solución.

• **Segundo lavado.** Las lombrices se lavaron con agua de caño para eliminar los residuos desprendidos de la salmuera, después se pesó las lombrices en una balanza de precisión.

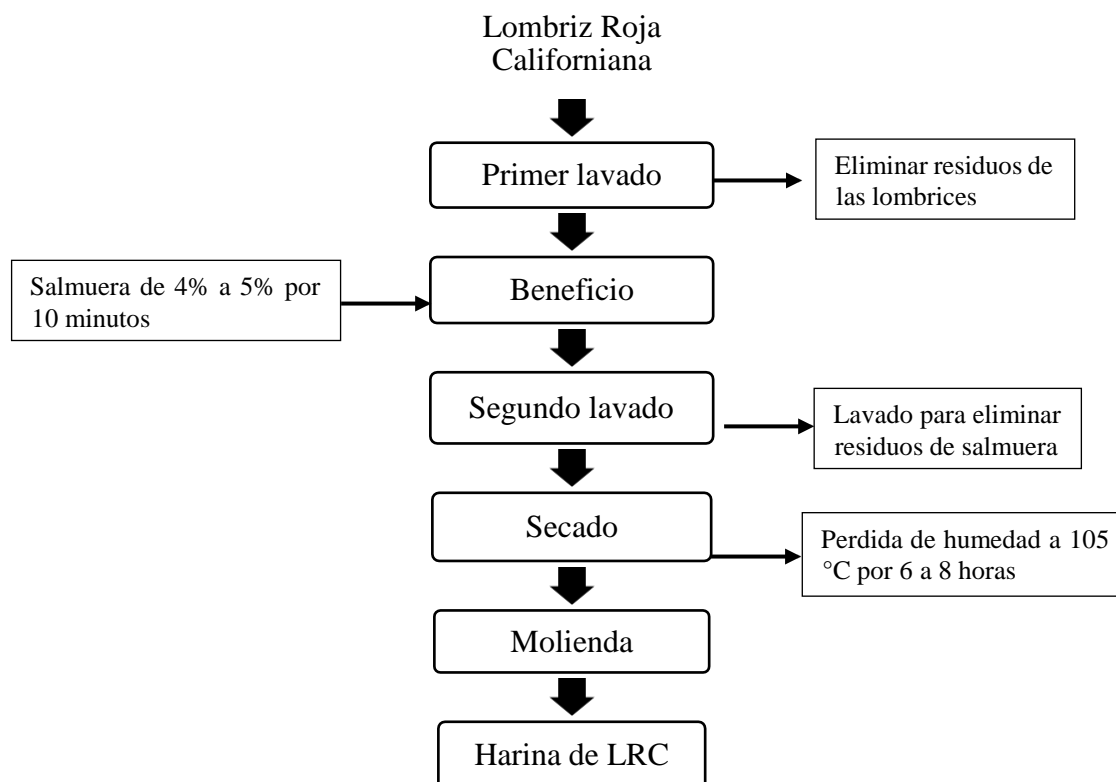
• **Secado.** Las lombrices deshidratadas se colocaron en envases de acero y se pasaron a una estufa que debe tener una temperatura promedio de 105 °C; el tiempo de desecado fue de 6 a 8 horas, se retiró de la estufa, rápidamente con una espátula se desprendió el producto de la superficie de los envases, inmediatamente se procede a enfriar por un tiempo de 2 horas.

• **Molienda.** Se usó un molino de martillo para obtener la harina, etapa clave para usar la materia prima en el proceso de extrusión.

• **Envasado.** El producto se envasó en bolsas de polietileno, luego se llevó al proceso siguiente.

Figura 5

Diagrama de flujo para la obtención de harina de Lombriz Roja Californiana (LRC)



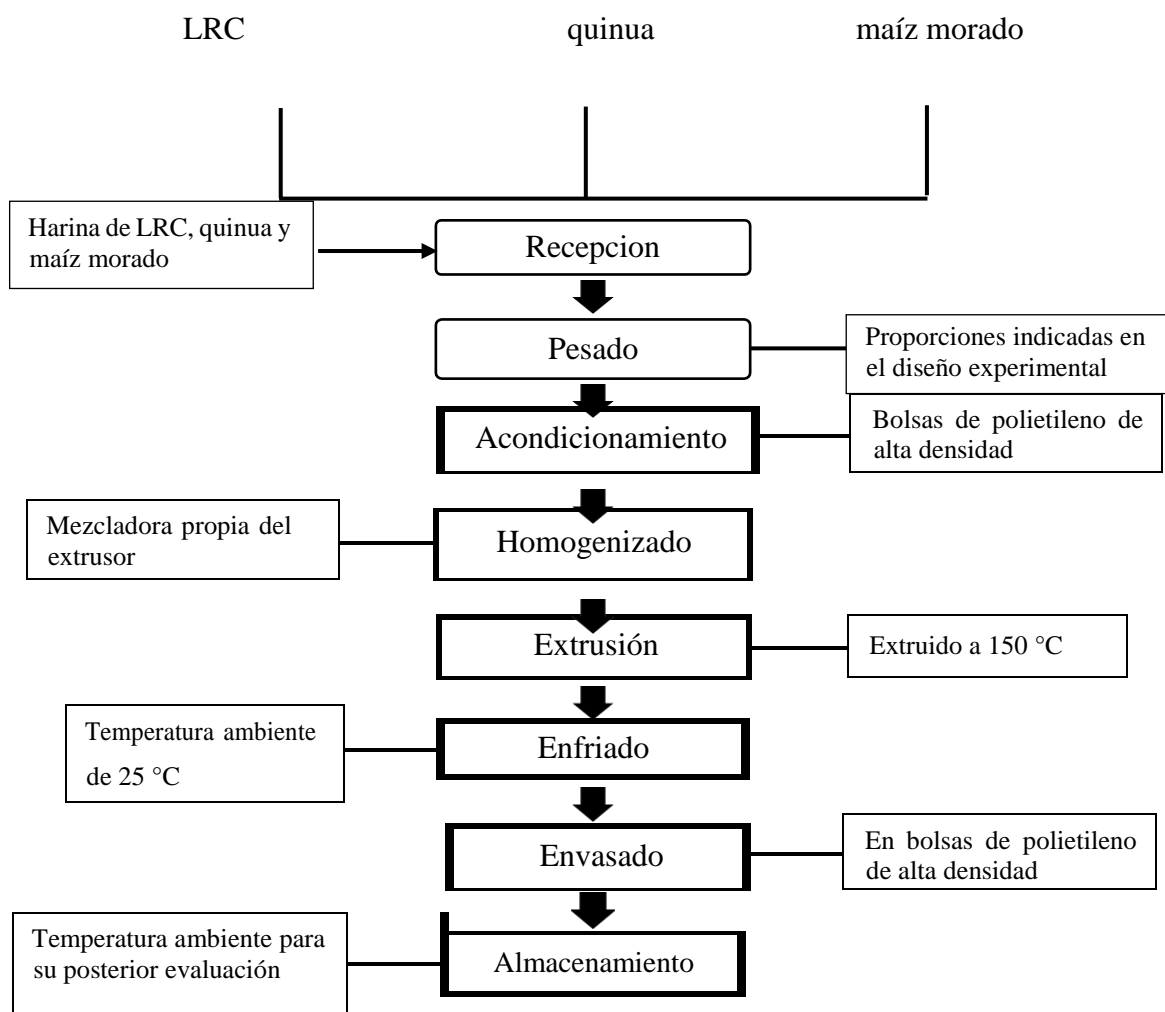
Nota. LRC (Lombriz Roja Californiana)

3.3.2. Proceso de elaboración de extruido

El proceso de elaboración para la obtención de extruidos de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado se muestra en la Figura 9.

Figura 6

Diagrama de flujo para la producción de snacks



A continuación, se describe los pasos del proceso de extrusión de los snacks, estos se elaboraron en lotes de 1 kg para los diez tratamientos según el flujograma que se muestra en la figura 9.

- **Recepción.** La recepción de las harinas de lombriz, quinua y maíz morado fue previamente pesada.
- **Pesado.** Las harinas fueron pesadas de acuerdo a las proporciones indicadas en el diseño experimental.
- **Acondicionado.** Se realizó en bolsas de polietileno de alta densidad para evitar la humedad.
- **Homogenizado.** Esta operación se realizó en la mezcladora propia del extrusor de acuerdo a cada formulación de los tratamientos.
- **Extrusión.** Se realizó a una temperatura de 150 °C de acuerdo a las formulaciones acondicionadas.
- **Enfiado.** El producto final fue enfriado a temperatura ambiente de 25 °C.
- **Envasado.** Los snacks fueron envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.
- **Almacenamiento.** Los snacks fueron almacenados a temperatura ambiente para su posterior evaluación en características microbiológicas, sensorial, proteínas, capacidad antioxidante, fenoles totales, Aw y contenido de humedad.

3.3.3. Análisis microbiológico de los snacks

Se analizaron a través de los siguientes métodos:

- **Detección de *Salmonella* sp.** La dosis infectante es variable, el número de células necesarias para desencadenar la sintomatología oscila entre 10^3 y 10^6 UFC/g de alimento para algunos serotipos y entre 10^9 y 10^{11} para otros (Collins (1989), Hayes (1993), Ratto (1982), Roberts (1995) & Pascual (2000)).

- **Numeración de microorganismos *mesófilos aerobios viables*.** Se realizó a través de la técnica Recuento Estándar en Placa (Collins (1989), Hayes (1993), Ratto (1982) & Pascual (2000)).
- **Recuento de mohos y levaduras.** Se usó la técnica Recuento Estándar en Placa (Collins (1989), Hayes (1993), Ratto (1982), Roberts (1995) & Pascual (2000)).
- **Numeración de coliformes, coliformes fecales y *E. coli*.** Para la determinación de la cantidad sanitaria (contaminación fecal) de un alimento se usó la técnica NMP o tubos múltiples (Collins (1989), Hayes (1993), Ratto (1982), Roberts (1995), Pascual (2000) y ICMSF (2000)).

Estos análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología Y Biotecnología Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, en donde se preparó los medios de cultivos y tratamientos a analizar mediante la siguiente metodología (Manual de Métodos de Análisis Microbiológica de Alimentos e agua, 2010):

- Plate Count Agar (PCA) se utilizó para el recuento en placa de microorganismos de *Aerobios Mesófilos*.
- Baird Parker Agar Base (Medio base) selectivo para la detección y enumeración de *Staphylococcus aureus* en los snacks fortificados.
- Lauryl Sulphate Tryptose Broth (LSTB), es el caldo clásico para enumerar Coliformes y *E. Coli* en NMP.
- Potato Dextrose Agar (PDA), medio de cultivo para la detección y enumeración de Mohos y Levaduras en los alimentos.

Todos los medios de cultivos ya preparados fueron puestos a la autoclave a 21 °C por 15 minutos.

- Asimismo, se pesó 25 g de cada uno de los tratamientos en bolsas de polietileno de alta densidad y se agregó agua de Peptona (H₂OP) hasta obtener un peso de 225 g, todas estas muestras preparadas fueron enumeradas 10⁻¹.
- También se preparó el Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (Agar XLD) medio de cultivo selectivo que se utilizó para el aislamiento de *Salmonella* en los snacks fortificados
- Posteriormente todos los medios de cultivo y los tratamientos preparados se pasaron a la cámara de bioseguridad para ser aislados o sembrados en tubos y placas, luego fueron trasladados a la estufa por un determinado tiempo de acuerdo a cada microorganismo a detectar los cuales se observa en el anexo 2.

3.3.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó en la provincia de Chota en cada uno de los hogares de los 100 panelistas (50 personas diabéticas y 50 no diabéticas) no entrenados voluntarios y usuales consumidores de extruidos, tanto mujeres como hombres, a cada panelista se le presentó 5 g de snack en platos desechables acompañados con agua para tomar entre muestra y muestra y una ficha de evaluación sensorial acompañado de un lapicero. Para la evaluación de aceptabilidad general (color, sabor, olor y textura) de los extruidos se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (1= “Me disgusta mucho”; 5 = “No me gusta ni me disgusta”; 9 = “Me gusta mucho” como se observa en el Anexo 3.

3.3.5. Análisis químico de los snacks

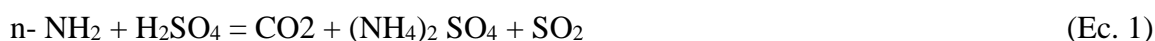
3.3.5.1. Proteína total. Se determinó según el método de ensayo 205.005:1979 (Rev. 2018), se realizó en el Laboratorio de Aguas, Suelos y Foliaves del INIA-Cajamarca, para 0,2 g de muestra. Para ello se describe el procedimiento experimental:

El método Kjendahl se divide en 3 etapas: digestión, destilación y titulación.

- **Digestión de la muestra.** Para ello se introdujo 0,2 g de muestra de snacks a 20 tubos de ensayo y se agregó 1,1 de catalizador (mezcla de sales - 90% de K_2SO_4 + 10% de $CuSO_4$). Después se adicionó 4 ml de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Posteriormente se puso al equipo Digestor Microkjal hasta llegar a una temperatura de 400 °C por 6 horas.

En esta etapa, el nitrógeno es transformado en sulfato de amonio por acción de ácido sulfúrico en caliente.

Cada tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amoniacal, según la Ecuación 1.



En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente.

- **Destilación.** Una vez finalizado la digestión, se dejó enfriar los tubos y se añadió 10 ml de agua destilada, luego se puso en el soporte del destilador y se adicionó una cantidad suficiente de hidróxido de sodio para alcalinizar fuertemente el medio y obtener el color rosa en la muestra y así desplazar el amoniacal de las sales amónicas. El amoniacal liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación, y se recogió debajo del condensador sobre una disolución de ácido bórico (20 ml) al 2%, se destiló hasta obtener 40 ml del condensado para llevar a la titulación.

En esta etapa se alcalinizó la muestra digerida y el nitrógeno se desprendió en forma de amoniacal (ecuación 2). El amoniacal destilado se recoge sobre el ácido bórico (Ecuación 3).



- **Titulación o valoración.** La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realizó por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formato, empleando ácido sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metileno y azul de metileno (Ecuación 4). Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilado.



Para determinar la cantidad de proteína de cada tratamiento de snacks se utilizó la siguiente formula:

$$W_N \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{(V_1 - V_0) * c(\text{H}^+) * M_N}{m} * \frac{100 + W_{\text{H}_2\text{O}}}{100}$$

V_1 : Volumen (ml) de H_2SO_4 usado en la titulación de la muestra

v_0 : Volumen (ml) de H_2SO_4 usado en la titulación del blanco.

$c\text{H}^+$: Concentración de iones hidrogeno en el H_2SO_4 en mol/L, para 0,01 mol/L de H_2SO_4
 $c(\text{H}^+) = 0,02$ mol/L.

M_N : Masa molar de nitrógeno en gramos por mol ($M_N = 14$ g/mol).

m : Masa en gramos de la muestra de snacks

$W_{\text{H}_2\text{O}}$: Agua contenida en la muestra, expresada en porcentaje en masa. Los resultados de todo el procedimiento se observan en el anexo 4.

3.3.5.2. Capacidad antioxidante. Se determinó mediante los métodos de ORAC y DPPH.

- **ORAC** (Capacidad de absorción de los radicales de oxígeno o siglas en inglés Oxygen Radical Absorbance Capacity), este método analiza la capacidad de los compuestos antioxidantes (fenólicos y no fenólicos) para atrapar a radical piróxilo (ROO), responsable de la

oxidación de los lípidos de los alimentos. El resultado se obtiene calculando el área debajo de curva de fluorescencia, y se expresa como equivalente micromolares de Trolox (ET μmol) por g (Benites et al., 2020).

- **DPPH** (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) propuesto por Blois en 1958, consiste en un método de captación de radicales libres muy usado para determinar antioxidantes en los alimentos. Los resultados se formularon como capacidad antioxidante expresado en trolox.

3.3.5.3. Fenoles totales. Se realizó por el método colorimétrico de *Follin-Ciocalteu*, se construyó una curva patrón usando como estándar ácido gálico. Los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico/litro (Naranjo et al., 2011). Los resultados obtenidos de capacidad antioxidante y polifenoles totales y su desviación estándar se observa en el anexo 5.

3.3.5.4. Actividad de agua (Aw). Se determinó mediante equipo de medición AQUALAB 4EV, el cual cumple con los requisitos técnicos y aceptación de la medida de la norma **ISO 18787:2017**. Se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de Ingeniería Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH.

3.3.5.5. Contenido de humedad. Se determinó según NTP 205.002, 1979 (Rev. 2016) para 100 g de muestra. Se realizó en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH. García y Fernández (2012), mencionan que el contenido de humedad se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H₂O/100 g de muestra, para ello se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

3.3.6. Análisis estadístico

La metodología de diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, consistió en la mezcla de los tres componentes en un triángulo equilátero, en donde las combinaciones de la mezcla se localizan en los bordes del área de elementos simplex, excepto el punto centroide que contiene la miscelánea de todos los componentes.

Con respecto a la aceptabilidad de los snacks a través de la evaluación sensorial se aplicó el análisis de varianza ANOVA con la aceptación de consumidores diabéticos y no diabéticos, en ambos grupos de consumidores se detectó diferencias entre muestras, se identificó las muestras mejor valoradas, luego se aplicó la prueba de Tukey al 5% de significancia para determinar la variación de significancia.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Lombrices rojas californiana (*Eisenia fetida*) procedente del Departamento de Lima, quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz morado (*Zea mays* L.) de la provincia de Chota.

3.4.2. Muestra

Se utilizó 16 kg de lombrices rojas californianas procedente del Departamento de Lima (para producción de harina), 4 kg de quinua y 4 kg de maíz morado adquiridos del mercado de la ciudad de Chota.

3.4.3. Muestreo

En esta investigación se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, tomando 16 kg de lombrices rojas californianas procedente del Departamento de Lima, 4 kg de quinua y 4 kg de maíz morado adquiridos del mercado de la ciudad de Chota tomando en cuenta características como: tamaño, color y libre de daños; los cuales fueron trasladados al

Laboratorio de Instituto de Investigación de Tecnología Agroindustrial de la Universidad Nacional de Santa para su procesamiento obteniendo 1 kg de producto final (snacks) para cada uno de los 10 tratamientos preparado en diferentes proporciones. Posteriormente se trasladó al Laboratorio de Microbiología y Biotecnología Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota para su análisis correspondiente.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La tabla 5 a continuación recoge las técnicas e instrumentos que fueron utilizadas en la recolección de datos en las diferentes etapas del desarrollo del estudio:

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

Técnicas	Instrumentos	Recolección de datos
Análisis inmediato	Selección y clasificación	Calidad de la quinua y maíz morado
Mediciones	Balanza analítica	Pesos de la lombriz roja californiana, quinua y maíz morado
Evaluación microbiológica	Vasos de precipitación, reactivos, autoclave y estufa	Detección de <i>Salmonella</i> sp., Numeración de microorganismos <i>mesófilos aerobios</i> viables, Recuento de mohos y levaduras, Numeración de Coliformes totales (UFC/g)
Evaluación sensorial	Escala hedónica	Aceptabilidad general (olor, sabor, color y textura) por los panelistas para conocer qué tratamiento presenta mayor aceptabilidad
Características de los snacks.	Digestor Mikrokal, Acualab 4EV y estufa.	Evaluación de las variables dependientes (proteínas, capacidad antioxidante, polifenoles totales humedad, y Aw).

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el presente trabajo, el procesamiento y análisis de datos se ha estructurado siguiendo en lo posible de manera secuencial el desarrollo de elementos (objetivos específicos que permitieron alcanzar los resultados) y pasos (organización de datos en gráficos y tablas para facilitar el análisis de estos resultados) con la finalidad de que sean interpretadas en conclusiones y recomendaciones.

De esta forma, cuando los datos crudos (datos primarios) fueron recolectados, se tabularon en el explorador de datos del programa estadístico SPSS para realizar el Análisis de Varianza para la comparación de medias de los resultados, observar la contrastación de la hipótesis, entre otros métodos estadísticos, los mismos que se presentan en la sección de Resultados y Discusiones del presente trabajo.

3.7. Aspectos éticos

El presente estudio se realizó con respecto a las personas diabéticas y no diabéticas, para lograr los máximos beneficios y bondades de los Snacks fortificados; para mantener estos cuidados, se realizaron las consultas al Comité de Ética de una entidad de educación superior, así como se observa en el Anexo 7.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

A continuación, se realiza la descripción de los resultados obtenidos. El objetivo principal de este estudio fue determinar la proporción óptima en términos de aceptabilidad de los consumidores (diabéticos y no diabéticos). De esta forma, la aceptación recayó el tratamiento M10 que contiene 15% de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), 35% de quinua (*Chenopodium quinoa*) y 50% de maíz morado (*Zea mays* L.). Asimismo, en la Tabla 6 se muestran los resultados con respecto a los análisis microbiológicos de los snacks fortificados elaborados a partir de harina de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado en esta investigación.

Tabla 6

Resultados de análisis microbiológico de los snacks obtenidos en la investigación

Run	Indicador Microbiológico					
	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Coliformes totales (NMP/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i> (ausencia/presencia) 25 g	Mohos y Levaduras (UFC/g)
1	3 x 10	< 3	< 10	< 3	Ausencia	5 x 10 ²
2	5 x 10	< 3	< 10	< 3	Ausencia	4 x 10 ²
3	4,2 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	3 x 10 ²
4	4 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	3 x 10 ²
5	7 x 10	< 3	< 10	< 3	Ausencia	3 x 10 ²
6	5 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	3 x 10 ²
7	2 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	4 x 10 ²
8	3,6 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	3 x 10 ²
9	2,5 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	2 x 10 ²
10	6,2 x 10 ²	< 3	< 10	< 3	Ausencia	5 x 10 ²

Nota. Esta tabla muestra los resultados microbiológicos de los snacks de los diez tratamientos.

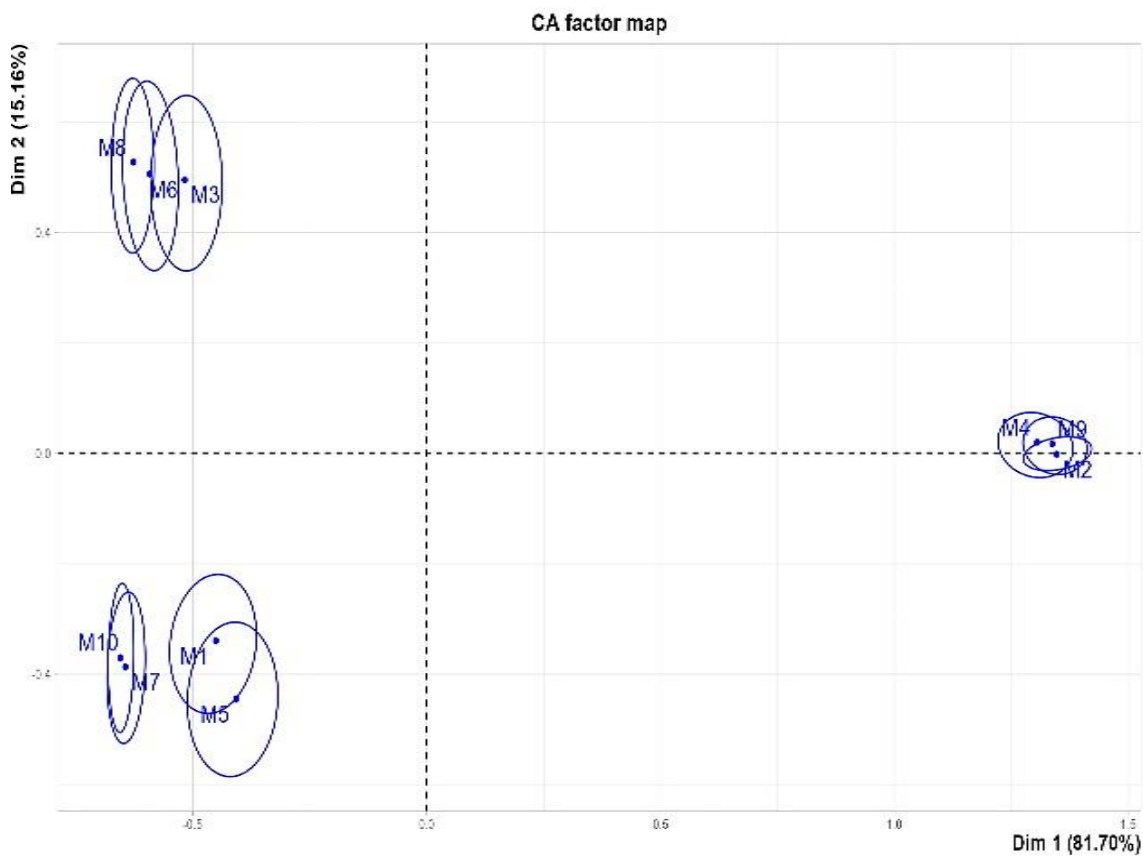
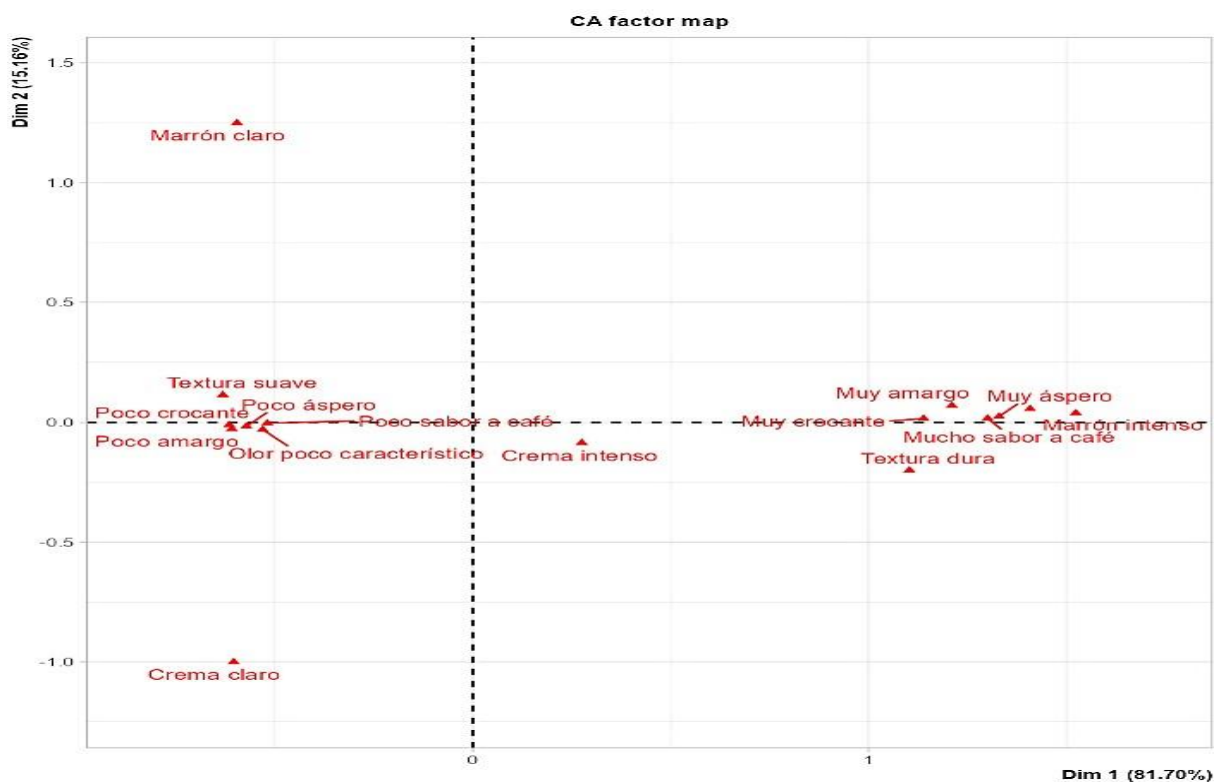
Con respecto a este análisis en esta investigación se observa que el valor “M” (mayúscula) con relación a los indicadores microbiológicos como Aerobios Mesófilo, Coliformes Totales, *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Salmonella sp.*, Mohos y levaduras evaluados en muestras representativas si cumplen con la normativa. Vale decir, ninguna de las muestras (tratamientos) excedieron los límites microbiológicos establecidos para alimentos de consumo humano, es decir no causan daño a la salud.

4.1.1. Análisis sensorial

Perfil sensorial. En las figuras 10 y 11 se muestra el perfil sensorial de las diez muestras caracterizadas sensorialmente por los consumidores diabéticos. Se pueden clasificar tres grupos de muestras, el grupo compuesto por las muestras 3, 6, y 8 fueron adicionadas con elevadas cantidades de maíz morado, lo que les confirió el color marrón claro reportado por los consumidores. Asimismo, se identificó un segundo grupo de muestras 1, 5, 7, y 10 que se caracterizaron por presentar un color crema claro, textura suave, poco crocante, poco olor característico, y poco amargo. El grupo final integrado por las muestras 2, 4, y 9 que presentaron atributos antagónicos de la preferencia como muy amargo, muy áspero, muy crocante, marrón intenso, mucho sabor a café y duro.

Figura 7 -11

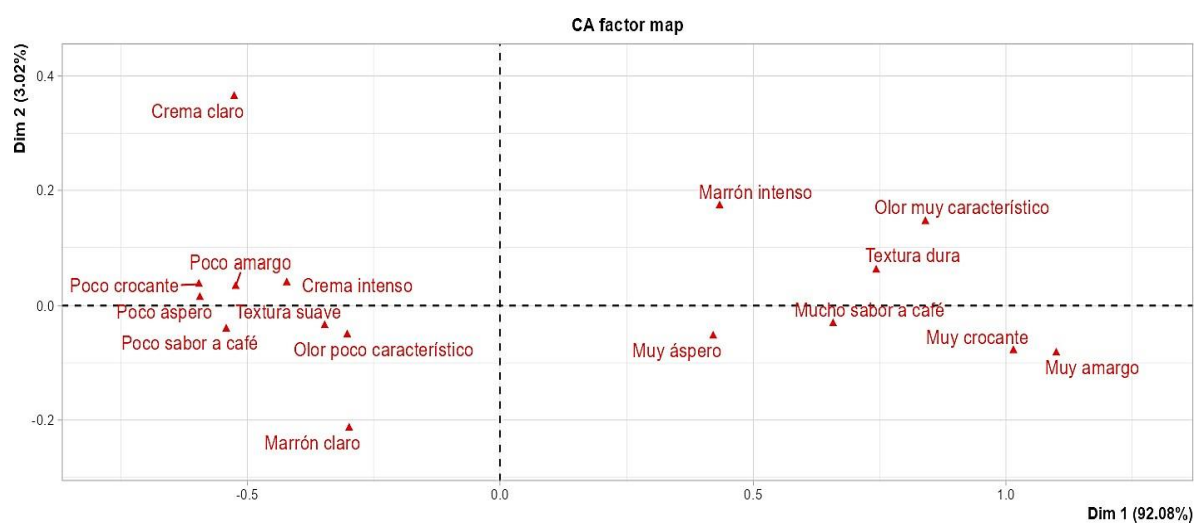
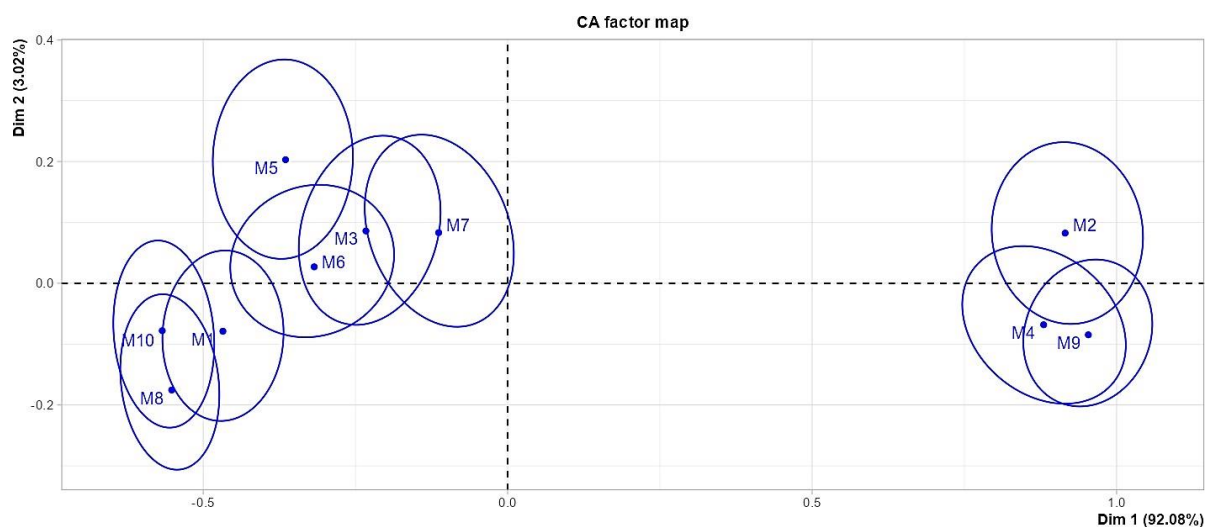
Análisis de correspondencia sobre el perfil sensorial de consumidores diabéticos



El objetivo del estudio implica la opinión de consumidores sanos (no diabéticos) como método de control. Con este objetivo se realizó el mismo análisis sensorial con consumidores no diabéticos. En la figura 12 y 13 se muestra la representación de las muestras y sus atributos correspondientes. Las muestras 2, 4, y 9 fueron percibidos como similares y presentaron los atributos: marrón intenso, olor muy característico, textura dura, mucho sabor a café, muy áspero, muy crocante y muy amargo. Por otro lado, las muestras restantes se percibieron como poco amargas, poco crocantes, suave, de color claro, poco sabor a café. Es decir, con características más ligeras.

Figura 12-13

Análisis de correspondencia sobre el perfil sensorial de consumidores no diabéticos



Aceptación

Se realizó un análisis de varianza con la aceptación de consumidores diabéticos y no diabéticos. En ambos grupos de consumidores se detectó diferencias entre muestras. Luego, para identificar las muestras mejor valoradas por los consumidores se aplicó la prueba de Tukey a 5% de significancia. Según los resultados, hay patrones similares de preferencia destacando los tratamientos 10, 5 y 8 como los mejores por ambos grupos. Sin embargo, como parte de la aceptación, el tratamiento 7 también fue puntuado por los consumidores diabéticos.

En la tabla 7 se muestra la aceptación de los consumidores a través de la prueba de Tukey.

Tabla 7

Prueba de Tukey sobre la aceptación de consumidores diabéticos y no diabéticos

Diabéticos			No diabéticos		
Grupos	Tratamientos	Medias	Grupos	Tratamientos	Medias
a	M10	8,68	a	M10	8,64
a	M7	8,36	b	M5	6,92
b	M5	6,34	b	M1	6,74
b	M8	6,32	b	M8	6,52
bc	M6	6,04	b	M3	6,32
bc	M1	5,68	b	M7	6,3
c	M3	5,24	b	M6	6,24
d	M2	1,56	c	M2	2,8
d	M4	1,5	cd	M4	2,6
d	M9	1,38	d	M9	1,7

Nota. M10 tuvo aceptación tanto para personas diabéticas como no diabéticas, en segunda instancia fue M5 la muestra que también mostro diferencia significativa, pero con menor aceptación que la M10 y M2, M4, M9 fueron las tres (03) muestras que menor aceptación tuvieron para ambos grupos de personas que formaron parte de este estudio.

4.1.2. Caracterización instrumental y capacidad antioxidante de snacks

La Tabla 8 muestra los resultados de actividad de agua (Aw), contenido de humedad, proteína, capacidad antioxidante (DPPH y ORAC), y contenido de polifenoles totales de los snacks fortificados.

Tabla 8

Resultados caracterización instrumental y capacidad antioxidante

Muestras	Actividad (Aw)	Humedad (%)	Proteína (%)	Capacidad antioxidante (DPPH)	Contenido de polifenoles totales (mgGAE/L)	Capacidad antioxidante (ORAC)
1	0,273 ± 0,006 bc	5,369 ± 0,146 b	13,780 ± 0,130 ef	25,260 ± 1,130 bc	5,181 ± 0,372 cde	233,242 ± 2,505 b
2	0,234 ± 0,000 ef	4,777 ± 0,021 d	18,907 ± 0,295 a	30,836 ± 1,160 a	5,991 ± 0,358 abcd	265,628 ± 1,765 a
3	0,296 ± 0,016 a	5,128 ± 0,082 bc	13,580 ± 0,130 f	7,263 ± 0,650 fg	5,310 ± 0,176 cde	179,858 ± 2,344 cd
4	0,248 ± 0,002 de	4,923 ± 0,065 cd	16,877 ± 0,195 c	30,139 ± 2,570 a	5,112 ± 0,036 cde	171,739 ± 2,213 d
5	0,218 ± 0,001 f	3,980 ± 0,039 e	15,250 ± 0,250 d	22,038 ± 1,320 c	4,695 ± 0,276 e	231,552 ± 2,783 b
6	0,263 ± 0,004 bcd	5,044 ± 0,0170 cd	15,843 ± 0,105 d	26,927 ± 1,150 ab	6,136 ± 0,425 abc	222,515 ± 1,580 b
7	0,252 ± 0,002 cde	4,876 ± 0,026 cd	13,690 ± 0,010 f	16,452 ± 1,290 d	5,498 ± 0,035 bcde	225,071 ± 3,465 b
8	0,281 ± 0,001 ab	5,641 ± 0,081 a	12,563 ± 0,035 g	12,427 ± 0,440 de	4,952 ± 0,041 de	186,581 ± 5,917 c
9	0,237 ± 0,014 ef	4,881 ± 0,098 cd	18,157 ± 0,025 b	10,175 ± 0,330 ef	6,492 ± 0,226 ab	256,721 ± 3,130 a
10	0,251 ± 0,003 de	4,897 ± 0,078 cd	14,407 ± 0,605 e	5,072 ± 0,310 g	6,648 ± 0,400 a	269,078 ± 3,424 a

Nota. M2 a pesar de tener el mayor contenido de proteína, ha sido una de las muestras que menor aceptación ha tenido entre ambos grupos de personas de estudio. Por otro lado, la M10 que fue la muestra con mayor aceptación para ambos grupos, tiene un valor aproximadamente

intermedio entre los valores extremo superior e inferior de los valores promedios de aceptación y a su vez tiene los valores más altos en Contenido de polifenoles totales y en términos de Capacidad antioxidante (ORAC).

Los valores de Aw de las 10 muestras extruidas de snacks evidencia que todos los tratamientos presentaron una significancia $< 0,296$; asimismo, en la Tabla 8 se muestra los valores de proteínas de los 10 tratamientos, evidenciándose que 2 tratamientos obtuvieron la mayor cantidad de proteínas ya que contiene más cantidad de harina de lombriz roja californiana; estos tratamientos son los siguientes:

- T2 (A: 40, B: 30 y C: 30 se obtuvo 18,907% de proteína
- T9 (A: 30, B: 35 y C: 50 obtuvo 18,157% de proteína.

Por otro lado, se aprecia que el contenido de antioxidantes y polifenoles totales de los extruidos de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado, presentan diferencias altamente significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2. Contrastación de hipótesis

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 7, el perfil sensorial, la aceptación sensorial y las proporciones de harinas presentes en las muestras, se confirma la hipótesis planteada en el presente estudio. Asimismo, en la tabla 8 las muestras de snacks 9 y 2, cuyas proporciones de las mezclas fueron 30, 35, 35 y 40, 30, 30 para harinas de LRC, quinua y maíz morado, respectivamente, tienen una calidad nutricional alta cuando comparado a las otras muestras de snacks, así como también recibieron una baja aceptación sensorial por parte de los panelistas diabéticos y no diabéticos encuestados en el presente estudio.

4.3. Discusión de resultados

Con respecto a los análisis microbiológicos de los snacks, se obtuvo que los indicadores microbiológicos como Aerobios mesófilos, Coliformes Totales, *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Salmonella ap.*, Mohos y Levaduras evaluados en muestras representativas si cumplen con la normativa de acuerdo con la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA “Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”. Criterio IX.5 A Productos cocidos de consumo directo como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, otros.

Con respecto al contenido de proteínas de los snacks fortificados, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 8). La evaluación estadística indicó que los tratamientos 2 y 9 son los tratamientos que han presentado los valores más altos mientras que los tratamientos 7 y 8 son los que han presentado el menor contenido de proteínas, esto se debe que probablemente los tratamientos 2 y 9 contienen más cantidad de harina de lombriz roja californiana respectivamente, sobrepasando a lo reportado por Valderrama (2019) en los extruidos de quinua, maíz morado y kiwicha.

Los resultados obtenidos de A_w de los snacks presentaron una significancia $< 0,296$ la misma que se asemeja a lo indicado por Badui (2006), que menciona que las galletas y cereales deben tener $A_w < 0,35$, por lo tanto, se dice que los snacks se encuentran en el grupo de alimentos con baja A_w , en los cuales no hay crecimiento microbiano y se pueden conservar en óptimas condiciones durante tiempos extendidos.

En los efectos de contenido de humedad, se obtuvo que los tratamientos 2, 4, 7, 9 y 10 cumplen con los criterios de humedad menor al 5% según lo indicado en la Resolución Dirección Ejecutiva N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE. Se observó que la humedad aumentó porque contienen más cantidad de quinua y maíz morado.

A pesar de tener mayor contenido de proteínas la M2, ha sido una de las muestras que asumió menor aceptación entre ambos grupos de consumidores. Por otro lado, la M10 fue la muestra con mayor aceptación para ambos grupos, la misma que contiene las proporciones de 15, 50 y 35% de harinas de lombriz, quinua y de maíz morado, está tiene un valor aproximadamente intermedio entre los valores extremo superior e inferior de los valores promedios de aceptación y a su vez tiene los valores más altos en contenido de polifenoles totales y en términos de Capacidad antioxidante (ORAC). Por lo tanto, coinciden con el estudio de Galindo (2018) en extruidos de quinua y maíz morado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó el contenido microbiológico de las diez formulaciones de los snacks fortificados, en los cuales se observó los indicadores microbiológicos como Aerobios Mesófilo, Coliformes Totales, *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Salmonella* sp., Mohos y Levaduras en muestras representativas, los cuales si cumplen con la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”. Criterio IX.5 A Productos cocidos de consumo directo como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, otro. Por lo tanto, se concluye que ninguna de las muestras de snacks excede los límites microbiológicos establecidos para alimentos de consumo humano.

- Se determinó el nivel de aceptación en consumidores diabéticas y no diabéticas a través del análisis de varianza. En ambos grupos de consumidores se detectó diferencias significativas. Posteriormente se identificó más muestras mejor valoradas por los consumidores en donde se aplicó la prueba de Tukey a 5% de significancia. Según los resultados, hay patrones similares de preferencia destacando los tratamientos 10, 5 y 8 como mejores por ambos grupos, sin embargo, el tratamiento 7 también fue bien puntuado por los consumidores diabéticos.

- Se compararon los diferentes valores de las características de (A_w , humedad, proteínas, polifenoles totales y capacidad antioxidante) a través del Análisis de Varianza. En tal sentido; con base a la Tabla 8 (evaluación por cada columna), para que la fuente de variación sea significativa. Aquellos tratamientos que tienen diferentes letras, estadísticamente son diferentes y aquellos que tienen la misma letra son similares y también coinciden con el valor. de esta forma, se concluye que los diez tratamientos si cumplen con la A_w y humedad de acuerdo a lo referenciado; sin embargo, los tratamientos 2 y 9 presentan valores altos de proteínas, así

como en polifenoles totales, mientras que los tratamientos 10, 5 y 8 presentan el menor contenido de proteínas, pero alta capacidad antioxidante (ORAC).

5.2. Recomendaciones

Como recomendación, se sugiere ampliar investigaciones sobre los estudios de experimentación de la lombriz roja californiana, plantas medicinales y otros alimentos con bajo o ningún ingrediente azucarado, con la finalidad de que se pueda incluir a personas diabéticas como parte de los estudios de aceptación y preferencias por uno u otro tipo de productos alimenticios y esta forma se amplíe la presencia de opciones alimenticias en las personas con diabetes o que presenten alguna otra limitante en cuanto al consumo de alimentos preparados por la agroindustria que permita conservar la calidad de vida.

VI. REFERENCIAS

- Abugoch James, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, volumen 58, 1-31. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1043452609580011>
- Agustín Ortega, P. J. (2013). *Optimización del esqueleto granular: optimización del esqueleto granular mediante la utilización del método de superficie de respuestas (MSR): diseño de mezclas* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cartagena]. <http://hdl.handle.net/10317/3260>
- Altamirano Gálvez, F. (2019). *Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito Baños del Inca región Cajamarca* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3032>.
- Alcívar Cedeño, U., Dueñas Rivadeneira, A., Sacon Vera, E., Bravo Sánchez, L., y Villanueva Ramos, G. (2016). *Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de Lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. Tecnología Química*, 36(2), 187-196. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000200007&lng=es&tlng=es.
- Álvarez Rengifo, G. R., y Bendezú Sánchez, R. M. (2011). *Estado nutricional y su relación con los hábitos alimenticios de los internos de la EAP de Enfermería de la Universidad Wiener* [Tesis de titulación, Universidad Wiener]. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/44>.
- Apaza Mamani, V., Cáceres Sanizo, G., Estrada Zúñiga, R., y Pinedo Taco, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Editorial Instituto Nacional de

Innovación Agraria – INIA Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/76>.

- Anderson, M. D. R. P., y Calderón, V. (1999). *Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas*. Ediciones Diaz de Santos.
- Badui Dergal, S (2006). *Química de los alimentos*. Cuarta edición. México Pearson Educación de México, S.A. Agua.
- Barboza Mejía, M. J. (2023). Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficusindica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) [Tesis de titulación, Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/343>
- Becerra Alvares, Y. (2017). Estudio de pre-prefactibilidad de una planta productora de una bebida a base de quinua en Lima Metropolitana [Tesis de titulación, Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9115>
- Bermeo, W., y Carrasco, L. E. (2018). Formulación y evaluación de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante extrusión.
- Bendezú Ccanto, J. Y. (2018). Efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (INIA-415 Pasankalla), Negra (INIA 420-Negra Collana) y Blanca (Salcedo INIA) en la formulación y elaboración de una bebida funcional con capacidad antioxidante [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10085>
- Benítez Estrada, A., Villanueva Sánchez, J., González Rosendo, G., Alcántar Rodríguez, V. E., Puga Díaz, R., y Quintero Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). TIP.

- Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 23, e20200244.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Burgos, J., Jara, S., y Quintar, P. (2015). Harina de maíz morado: Composición nutricional. Elaboración de galletitas. Determinación de calidad galletera y Evaluación sensorial (Bachelor's thesis) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba].
<http://hdl.handle.net/11086/12807>
- Campos-Rodriguez, Jordy, Acosta-Coral, Katherine, & Paucar-Menacho, Luz María. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220. Epub 08 de agosto de 2022.
<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>.
- Cardona Serrante, F (2019). Actividad de agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones [Artículo docente, Universidad Politécnica de Valencia].
<http://hdl.handle.net/10251/121948>
- Carvajal Basantes, S. P. (2019). Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y textura de la mezcla de maíz *zea mays*, fréjol *phaseolus vulgaris* y camote *ipomoea batata* en el snack (Bachelor's thesis) [Tesis de Titulación, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8827>
- Coronado Núñez M. E (2023). Elaboración de una conserva de níspero (*Mespilus Germanica L*) en almíbar edulcorado con miel de abeja y estevia (*Stevia Rebaudiana B*) [Tesis de titulación, Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/407>
- Cueva Costales, P. E. (2012). Diseño de una planta agroindustrial procesadora de alimentos extruidos tipo snack, a partir de soya (*Glycine max L.*) y Amaranto (*Amaranthus sp*), en la provincia de Pichincha (Bachelor's tesis) [Tesis de titulación, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/737>

- Chacón Orduz, G., Muñoz Rincón, A., y Quiñónez Mosquera, G. A. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33-45 <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2017.v14n2.28202>.
- Estrada Gonzales, M. (2016). Galleta artesanal adicionada con harina de lombriz (*Eisenia foetida*) y verdolaga (*Portulaca oleracea*) (Doctoral dissertation, Facultad en Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Nutriología-UNICACH).
- Fernández, A., Madeira, R., Carvalho, C. y Pereira, J. (2016). Características físicas y sensoriales de pellets elaborados con diferentes niveles de sémola de maíz y concentrado de proteína de suero. *Ciencia y Agrotecnología*, 40 (2), 235-243. <https://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016402031515>.
- Galindo Luján, R. D. P. (2018). Nivel de aceptabilidad sensorial de extruidos de quinua con maíz morado como alternativa de alimentación saludable [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3767>.
- Gaona, A. (2019). Evaluación productiva de una dieta alternativa con fuentes locales: harina de hojas de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y melado de caña como sustituta del concentrado comercial de pollo de engorde en modelos campesinos de la vereda Servitá de Villavicencio.
- Gamboa Chaves, A. Y., Mora Guevara, A. y Calvo Espinoza, M. (2001). Enteropatía perdedora de proteínas: reporte de dos casos. *Acta Pediátrica Costarricense*, 15 (1), 38-40. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00902001000100007&lng=en&tlng=es.
- García, M., Espinosa, M., López, C., y López, J. (2013). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Estudios Agrarios*.
- García Martínez, E. M., y Fernández Segovia, I. (2012). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. [Departamento de

- Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia].
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%
c3%b3n%20de%20humedad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%c3%b3n%20de%20humedad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hleap Zapata, J. I., González Ochoa, J. M., y Mora Bonilla, M. F. (2017). Análisis sensorial de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con adición de harina de lombriz (*Eisenia foetida*). *Orinoquia*, 21(1), 15-25. <https://doi.org/10.22579/20112629.390>
- Hinojosa, F. (2021). Resolución Dirección Ejecutiva N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE. [Archivo PDF].
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2184419/RDE%20N%C2%B0%20D000233-2021-MIDIS-PNAEQW-DE.pdf.pdf>.
- Ibarra Altamirano, K. J. (2017). Evaluación de la aceptabilidad de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum astivum*) por harinas de chía (*Salvia hispánica* L.) y haba (*Vicia faba*) mediante optimización por diseño de mezclas [Tesis de titulación, Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo].
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1951>
- Instituto Nacional de Calidad (2016). Cereales y menestras. Determinación de contenido de humedad, método usual 2016. Lima, Perú, Editora Perú, <https://es.scribd.com/>
- International Standard (1 noviembre de 2017). Foodstuffs — Determination of water activity. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/63379/23d8fe4b776149fcb7b4cb0fd89d28c8/ISO-18787-2017.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad. (15 de octubre del 2018). Ley 30224, Aprueban Normas Técnicas Peruanas referidas a cereales, menestras, joyería, orfebrería y otros. Determinación de proteínas totales (método de Kjeldahl) mediante resolución directoral N° 028-2018-INACAL/DN. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales/1702729-028-2018-inacal-dn>

- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., y Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.024>
- Hernández Linares, V. M. (2016). Extracción de Antocianina a partir de maíz morado (*Zea mays* L) utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. [Archivo PDF] <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/878>
- Limachi Mendoza, E. (2018). Efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) con estiércol bovino y aserrín descompuesto en Sapecho, Alto Beni. *Apthapi. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA*, 4(2), 1128-1138 <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/222>.
- López Pérez, H. E. (2015). Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo (*triticum aestivum*), con harina de cebada (*hordeum vulgare*) y arveja (*pesium sativum*) para la elaboración de pan de molde integral [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1978>.
- Lezcano, J. F., y Borjas, G. J. (2017). Optimización en la elaboración de harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente proteica en alimento para alevines de tilapia (*Oreochromis* sp.) [Tesis de Licenciatura, Zamoraaaano]. <http://hdl.handle.net/11036/5979>.
- Martínez, A. C. (2015). Determinación de Polifenoles Totales, Actividad Antioxidante y Antocianinas de Jugo de Murtilla (*Ugni molinae* Turcz) [Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Ingeniería en Alimentos]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fac675d/doc/fac675d.pdf>
- Mayorga Gavilanes, V. B. (2010). Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” *Zea mays* L (Bachelor's thesis) [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5430>.

- Mendoza Pérez, Z., y Cundapí Velásquez, M. (2015). Pasta artesanal enriquecida con harina de lombriz (*Eisenia foetida*) sensorialmente aceptable (Doctoral dissertation, Facultad en Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Nutriología-UNICACH).
- Ministerio de Salud (27 de agosto de 2023). ¿Qué es la diabetes? <https://www.gob.pe/15369-que-es-la-diabetes>, <https://www.gob.pe/15406-que-es-la-diabetes-como-prevenir-la> Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2587>
- Naranjo, M., Vélez, L. T., y Rojano, B. A. (2011). Actividad antioxidante de café colombiano de diferentes calidades. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(2), 164-173. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962011000200005&script=sci_arttext
- Organización Mundial de la Salud, [en línea] [<http://www.who.int/topics/nutrition/es/>] [2015]
- Organismo Internacional de Energía Atómica (1 de junio de 2022). Diagnóstico de las complicaciones de la diabetes mediante la medicina nuclear. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/diagnostico-de-las-complicaciones-de-la-diabetes-mediante-la-medicina-nuclear>
- Ortega Rojas, J. F, y Bravo, Rodríguez E. N. (2017). Efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (*Oryza sativa* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y torta desgrasada de chía (*Salvia hispanica* L.) [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2793>.
- Ortega, D., Bustamante, M., Gutiérrez, D., y Correa, A. (2015). Diseño de mezclas en formulaciones industriales. *DYNA*, 82(189), 149-156. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42785>.
- Phinjaturus, K., Maiaugree, W., Surihan, B., Pimanpaeng, S., Amornkitbamrung, V. y Swatsitang, E. (2016). Dye-sensitized solar cells based on purple corn sensitizers. *Applied Surface Science*, 380, 101-107 <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.02.050>.

- Pires, M. (2013). Harina de lombriz: una alternativa saludable para nuestra alimentación [Tesis de Grado, Universidad de FASTA]. <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/299>.
- Rioja Antezana, Alejandra P., Vizaluque, Beatriz E, Aliaga-Rossel, Enzo, Tejeda, Leslie, Book, Olof, Mollinedo, Patricia, y Peñarrieta, J. Mauricio. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 168-176. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602018000500006&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez Valenzuela, E., y Trujillo Nuñez, Y. A. (2016). Manual de aprovechamiento de residuos para la producción de abono orgánico, a partir de la descomposición por lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) [Tesis de Titulación]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/8623>
- Roji Rosas, B. L M. y Quea Juanito, M. L. (2012). Obtención de snack de maíz (*zea maiz*) enriquecido con harina de quinua (*chenopodium quinoa willd.*) y quesos procesados por extrusión [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Antiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3384>.
- Salazar Silvestre, E. (2019). Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una mezcla alimenticia instantánea con harina extruida de haba (*Vicia faba L.*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays L.*) [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3224>
- Sánchez Pozo, V. (2012). Crianza de lombriz roja californiana (*eisenia foetida nc*) para la producción de carne usando cuatro tipos de sustratos en la EEAS [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1924>

- Sánchez Abanto, J. (2012). Evolución de la desnutrición crónica en menores de cinco años en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 29, 402-405.
https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rp_mesp/v29n3/a18v29n3.pdf.
- Sanz, D., Espígol, F., Freixanet, L., y Lagares, J. (2016). QDSnacks®: el futuro del snack cárnico ahora. *Eurocarne: La revista internacional del sector cárnico*, (245), 84-94.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5464117>.
- Tiwari, A. y Jha, S.K. (2017). Tecnología de cocción por extrusión: mecanismo principal y efecto sobre los bocadillos expandidos directos: descripción general. *Revista internacional de estudios alimentarios*, 6 (1).
- Urbano Castillo, L. O. (2014). Elaboración de snack nutracéuticos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) con remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante (Bachelor's thesis) [Tesis de Titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3199>
- Uría Toro, M. R. (16 de octubre de 2018). CEREALES Y MENESTRAS. Cereales. Determinación de proteínas totales (método de Kjeldahl). El peruano.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1679850/Aprueban%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20Peruanas%20referidas%20a%20cereales.pdf>
- Valderrama Amasifuén, C. F. (2019). Efecto de la proporción de Maíz morado (*Zea Mays L.*), Quinua (*Chenopodium quinoa W.*), kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) en las características fisicoquímicas, y aceptabilidad general de un extruido [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11405>
- Valdez Espino, K. C. (2014). Estimación de la vida útil de productos snacks procesados en la Empresa Procesos Velsac. SAC mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/414>

Vásquez Gonzáles, E. H. (2022). Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el fruto de pushgay (*Vaccinium Floribundum* H.B.K) [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/395>

Zulueta Tantalean, D. R. (2022). Conocimiento etnobotánico de las plantas medicinales del caserío Peña Blanca, distrito Tacabamba, Chota, Cajamarca [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/425>

VII.

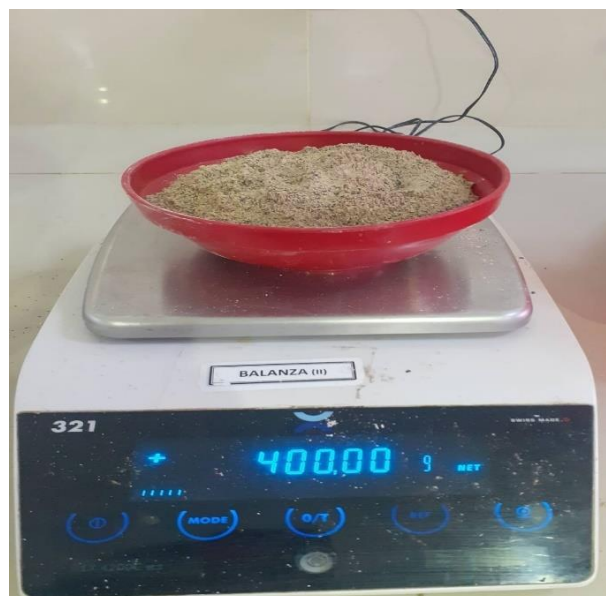
ANEXOS

Anexo 1. Equipos utilizados en el procesamiento de los snacks fortificados a partir de harina de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado.

Molino de martillos



Pesado de las harinas



Extrusor de doble tornillo



Snacks fortificados



Anexo 2. Preparación de cultivos para el aislamiento del microorganismo de los Snacks Fortificados.

Medio de cultivo



Inoculación de muestras en el cultivo



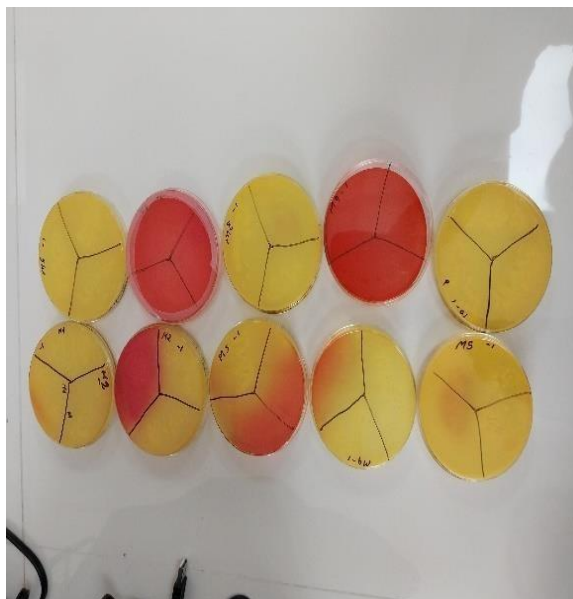
Incubación de las muestras en la estufa



Recuento de microorganismo en placa



Determinación de microorganismo en tubos de ensayo Recuento de Salmonella



Anexo 3. Encuesta para el Grado de Aceptación de los snacks a Través del Análisis Sensorial

La información proporcionada por los consumidores será utilizada para conocer el grado de aceptación del producto snacks.

Anexo 5. En la tabla 9 se muestra los resultados de análisis de polifenoles totales y capacidad antioxidante realizado en el Laboratorio de Tecnologías Sustentables Para la Extracción de Compuestos de Alto Valor de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua.

Tabla 9

Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante y desviación estándar.

MUESTRA	Contenido de polifenoles totales (mgGAE/L)		Capacidad antioxidante (DPPH)		Capacidad antioxidante (ORAC)	
	PROMEDIO	D.E	PROMEDIO	D.E	PROMEDIO	D.E
	mgGAE/gss		IC50 (mg/ml)		µMeq trolox/gr	
1	5,18	0,3723	25,26	1,13	233,242	2,505
2	5,99	0,3575	30,83	1,16	265,63	1,765
3	5,31	0,1757	7,26	0,65	179,86	2,344
4	5,11	0,0357	30,13	2,57	171,739	2,213
5	4,70	0,2758	22,03	1,32	231,552	2,783
6	6,14	0,4252	26,92	1,15	222,515	1,580
7	5,50	0,0353	16,45	1,29	225,071	3,465
8	4,95	0,0409	12,42	0,44	186,581	5,917
9	6,49	0,2261	10,17	0,33	256,721	3,130
10	6,65	0,3996	5,07	0,31	269,078	3,424

Anexo 6. Equipo AQUALAB 4TEV para determinación de actividad de agua.



Anexo 7. Dictamen de Consentimiento del Comité de Ética en Investigación de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana para Snacks fortificados a partir de harina de lombriz roja californiana, quinua y maíz morado.



UNAP

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE
ÉTICA EN INVESTIGACIÓN-(CIEI)**

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

DICTAMEN ESPECIAL Nº 005-2023-CIEI-VRINV-UNAP

Iquitos, 29 de agosto de 2023

Bachiller **FLORCITA DELMIRA TINOCO ACUÑA**
Investigador Tesista de la Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional Autónoma de Chota

TÍTULO DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN: **"SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.)"**; recepcionado el 31 de agosto de 2022.

Habiendo sido remitido el Dictamen de Evaluación Nº 060-2022-CIEI-VRINV-UNAP (27/12/2022) del Título del Plan de Tesis: **"SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.)"**, que de acuerdo a los estándares de evaluación fue **APROBADO EN SEGUNDA INSTANCIA SIN MODIFICACIONES EN EL PROTOCOLO con valoración (1) Y EN EL CONSENTIMIENTO INFORMADO con valoración (1)**, se otorgó vigencia del **27/12/2022 hasta 27/06/2023, por un periodo de 6 meses**; en caso de requerir una ampliación, deberá presentar un reporte de progreso al menos 30 días antes de la fecha de término de la vigencia.

Ante la Carta Nº 01-2023-UNACH-FDTA de fecha 24 de agosto de 2023, presentado al CIEI-UNAP y recepcionado en la misma fecha del presente año, solicita Ampliación de plazo para ejecución del Plan de Tesis: **"SNACKS FORTIFICADOS A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.)"**, el Comité ha evaluado y brindo las opiniones acerca del documento presentado, como se indica:

- La evaluación del Protocolo no se modificó por el cambio de título y se da la aprobación.
- Se otorgar la vigencia de seis meses para la ejecución de la investigación.
- Estudio de riesgo mínimo.
- Los Miembros del CIEI-UNAP manifiestan no tener conflictos de interés para evaluar el estudio.

Por lo que, este Comité pleno ha decidido **ACEPTAR** la ampliación de plazo para ejecución del Plan de Tesis en mención requerido en todos sus trámites, con vigencia del **29/08/2023 hasta el 29/02/2024, por un periodo de 6 meses**.

Atentamente,

HERMANN FEDERICO SILVA DELGADO
Presidente



Comité Institucional de Ética en Investigación – UNAP

C.c.: Interesada, Archivo.
Uliveth