



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACION FISICOQUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE  
SNACK EXTRUIDO CON DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA**  
*(Chenopodium pallidicaule Aellen)*

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**MIGUEL IVAN DIAZ CARBAJAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# MIGUEL IVAN DIAZ CARBAJAL

## EVALUACION FISICOQUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE SNACK EXTRUIDO CON DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA (Che...

 Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

**trn.oid::8254:417909903**

**103 Páginas**

Fecha de entrega

**20 dic 2024, 2:02 p.m. GMT-5**

**19,408 Palabras**

Fecha de descarga

**20 dic 2024, 2:06 p.m. GMT-5**

**105,184 Caracteres**

Nombre de archivo

**tesis MIDC 20132024.pdf**

Tamaño de archivo

**1.1 MB**





## 20% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Exclusiones

- N.º de coincidencia excluida

### Fuentes principales

- 20% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**  
33 caracteres sospechosos en N.º de páginas

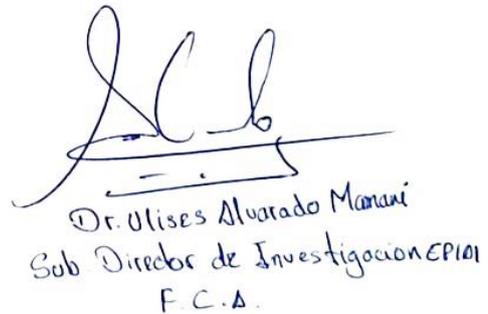
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

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

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



Dr. Alejandro Coloma Paxi  
INGENIERO AGRINDUSTRIAL  
CIP. 98697



Dr. Ulises Alvarado Manani  
Sub Director de Investigación EPI01  
F. C. A.





## DEDICATORIA

*A mi familia, a mis padres Daniel y Roberta, a mi hermano y hermanas Saul, Roxana y Brizayda, a mi cuñado Wilber, a mi cuñada Elizabeth, a mi sobrina Delia, por ser pilares en mi vida.*

*A Idaliy por su paciencia y apoyo incondicional.*

*Miguel Iván Díaz Carbajal*



## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por mi formación profesional.

Agradecer a la Dra. Genny Luna Mercado, por su orientación y apoyo constante desde el inicio de este proceso de investigación.

Agradezco al Dr. Alejandro Coloma Paxi por aceptar continuar este proyecto.

También quiero agradecer a mis jurados, Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza, Ing. Edgar Gallegos Rojas, M.Sc. Nury Yaneth Mayta Barrios, por su apoyo, correcciones y recomendaciones en este trabajo de investigación.

Miguel Iván Díaz Carbajal



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. CAÑIHUA.....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Generalidades de la cañihua.....	22
2.2.2. Clasificación taxonómica de la cañihua.....	23
2.2.3. Variedades de cañihua.....	23



2.2.4.	Variedad Cupi .....	24
2.2.5.	Variedad Illpa INIA .....	25
<b>2.3.</b>	<b>COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FISICOQUÍMICA .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.</b>	<b>PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES .....</b>	<b>30</b>
2.4.1.	Índice de solubilidad de agua .....	30
2.4.2.	Índice de absorción de agua .....	30
2.4.3.	Poder de hinchamiento .....	30
2.4.4.	Índice de expansión .....	31
<b>2.5.</b>	<b>USOS DE LA CAÑIHUA .....</b>	<b>31</b>
2.5.1.	Uso tradicional .....	31
2.5.2.	Procesamiento Agroindustrial de la cañihua .....	31
<b>2.6.</b>	<b>ARROZ .....</b>	<b>31</b>
2.6.1.	Composición fisicoquímica del arrocillo y su harina .....	32
<b>2.7.</b>	<b>SNACK.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.</b>	<b>EXTRUSION.....</b>	<b>34</b>
2.8.1.	Proceso de extrusión .....	34
2.8.2.	Extrusor de doble tornillo.....	35
<b>2.9.</b>	<b>EFFECTOS EN LA MATERIA PRIMA DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
2.9.1.	Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos.....	36
2.9.2.	Efectos de la extrusión sobre el almidón y la proteína.....	36
2.9.3.	Efecto de la extrusión sobre la fibra.....	37



2.9.4. Efectos de extrusión sobre la grasa ..... 37

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

**3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN ..... 38**

**3.2. MATERIA PRIMA ..... 38**

**3.3. MATERIALES Y EQUIPOS ..... 38**

3.3.1. Materiales ..... 38

3.3.2. Equipos y/o maquinarias ..... 39

3.3.3. Reactivos ..... 39

3.3.4. Software ..... 40

**3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL ..... 40**

3.4.1. Descripción del proceso experimental ..... 40

**3.5. UNIDADES DE ANALISIS ..... 43**

3.5.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas del snack extruido a base de arroz por la adición de dos variedades de harina de cañihua ..... 43

3.5.2. Evaluar las propiedades tecnofuncionales del snack extruido a base de arroz por la adición de dos variedades de harina de cañihua ..... 43

**3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS ..... 44**

3.6.1. Cálculo de la humedad ..... 44

3.6.2. Cálculo de la proteína ..... 44

3.6.3. Cálculo de grasa ..... 45

3.6.4. Cálculo de cenizas ..... 45



3.6.5. Determinación de fibra dietética .....	45
3.6.6. Determinación de carbohidratos .....	46
3.6.7. Determinación de propiedades tecno-funcionales y físicas .....	47
3.6.8. Índice de expansión .....	48
3.6.9. La densidad .....	48
3.6.10. Textura .....	48
<b>3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>48</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS DOS VARIEDADES HARINAS DE CAÑIHUA (<i>Chenopodium Pallidicaule Aellen</i>) Y HARINA DE ARROZ SIN PROCESAR.....</b>	<b>50</b>
4.1.1. Composición fisicoquímica de harinas sin procesar .....	50
<b>4.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TECNO-FUNCIONALES DEL SNACK EXTRUIDO A BASE DE HARINA DE ARROZ CON INCLUSIÓN DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA (<i>CHENOPODIUM PALLIDICAULE AELLEN</i>) .....</b>	<b>53</b>
4.2.1. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de harina de arroz .....	53
4.2.2. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de cañihua variedad Cupi .....	54
4.2.3. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de cañihua variedad Illpa INIA .....	57



4.2.4. Propiedades físicas del snack extruido de cañihua.....	60
4.2.5. Composición tecno-funcional del snack extruido de harina de arroz como patrón 62	
4.2.6. Índice de solubilidad de agua (% ISA) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz .....	63
4.2.7. Índice de absorción de agua (g/g IAA) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz .....	66
4.2.8. Poder de hinchamiento (g/g PH) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz .....	67
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

**ÁREA:** Ingeniería y tecnología

**TEMA:** Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

**FECHA DE SUSTENTACION: 27-12-24**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Características del valor nutritivo de 90 accesiones de cañihua. ....	26
<b>Tabla 2</b>	Contenido de azúcares en los granos andinos (g/100 g materia seca) .....	29
<b>Tabla 3</b>	Contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS) en la cañihua (g/100 g base seca).....	29
<b>Tabla 4</b>	Composición nutricional del arrocillo .....	32
<b>Tabla 5</b>	Composición fisicoquímica de las harinas de dos variedades de cañihua ...	50
<b>Tabla 6</b>	Composición fisicoquímica de las harinas de dos variedades de cañihua y harina de arroz, sin procesar. ....	51
<b>Tabla 7</b>	Propiedades fisicoquímicas del snack extruido de harina de arroz.....	53
<b>Tabla 8</b>	Composición fisicoquímica de snacks extruido de cañihua variedad Cupi y arroz .....	55
<b>Tabla 9</b>	Composición fisicoquímica del snacks extruido de cañihua variedad Illpa INIA y arroz.....	57
<b>Tabla 10</b>	Propiedades físicas de los snacks extruidos con dos variedades de cañihua y arroz .....	60
<b>Tabla 11</b>	Propiedades tecno-funcionales del extruido de harina de arroz.....	63
<b>Tabla 12</b>	Índice de solubilidad de agua (ISA) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz.....	64
<b>Tabla 13</b>	Índice de absorción de agua (IAA) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz.....	66
<b>Tabla 14</b>	Poder de hinchamiento (PH) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz. ....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Cañihua variedad cupi.....	24
<b>Figura 2</b>	Cañihua variedad Illpa INIA.....	25
<b>Figura 3</b>	Diagrama del proceso de molienda de los granos de cañihua y arroz .....	41
<b>Figura 4</b>	Diagrama del proceso de extrusión del snack de cañihua.....	42



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> ANVA, Análisis del contenido de Humedad en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	84
<b>ANEXO 2</b> Análisis de varianza del contenido de Ceniza en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	84
<b>ANEXO 3</b> Análisis de varianza del contenido de Proteína en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	84
<b>ANEXO 4</b> Análisis de varianza del contenido de Grasa en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	85
<b>ANEXO 5</b> Análisis de varianza del contenido de Fibra en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	85
<b>ANEXO 6</b> Análisis de varianza del contenido de Carbohidratos en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	86
<b>ANEXO 7</b> Análisis de varianza del contenido de Fibra dietética en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Ilpa INIA .....	87
<b>ANEXO 8</b> Análisis de la propiedad tecno- funcional de índice de absorción de agua .....	87
<b>ANEXO 9</b> Análisis de la propiedad tecno- funcional de índice de solubilidad de agua .....	89
<b>ANEXO 10</b> Análisis de la propiedad tecno- funcional del poder de hinchamiento ...	91



<b>ANEXO 11</b>	Análisis de la propiedad tecno- funcional del índice de expansión .....	95
<b>ANEXO 12</b>	Analisis fisicoquímicas de las harinas sin procesar .....	98
<b>ANEXO 13</b>	Analisis fisicoquímico del snack extruido de cañihua .....	99
<b>ANEXO 14</b>	Snack extruido variedad cupi, formulación 80% H. de cañihua y 20% H. arroz.....	100
<b>ANEXO 15</b>	Snack extruido variedad Ilppa Inia, formulación 60% H. de cañihua y 40% H. arroz.....	100
<b>ANEXO 16</b>	Snack extruido 100% harina de arroz .....	101
<b>ANEXO 17</b>	Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	102
<b>ANEXO 18</b>	Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional .	103



## ACRÓNIMOS

%: Porcentaje

°C: Grados celcius

μ: Micro

cm: Centímetros

DS: Desviación estándar

g: Gramos

HPLC: Cromatografía líquida de alta eficacia

IAA: Índice de absorción de agua

IE: Índice de expansión

ISA: Índice de solubilidad de agua

Kcal: Kilocalorías

m: Metros

M: Mol

mg: Miligramos

mm: Milímetros

N: Normalidad

PH: Poder de hinchamiento

SO<sub>4</sub>Cu: Sulfato de cobre



## RESUMEN

La investigación evaluó las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales de snacks extruidos formulados con harina de arroz y dos variedades de cañihua (Cupi e Illpa INIA), un grano andino reconocido por su alto contenido proteico, fibra dietética y características funcionales. El estudio se realizó en las instalaciones de Procesos Alimentarios M & D EIRL en la ciudad de Juliaca región Puno y en laboratorios especializados de la Universidad Nacional del Altiplano. Su propósito fue evaluar cómo la inclusión de cañihua afecta la calidad nutricional y funcional del snack final, considerando las variaciones entre ambas variedades. La metodología incluyó procesos de molienda y extrusión, seguidos de análisis fisicoquímicos (proteína, grasa, fibra, carbohidratos) y propiedades tecno-funcionales (índice de solubilidad, absorción de agua, expansión). Los resultados mostraron que la harina de cañihua Illpa INIA superó a la variedad Cupi en contenido de proteína y fibra, mientras que las formulaciones con mayor proporción de cañihua mejoraron significativamente las propiedades funcionales del snack. Específicamente, se observó un incremento en el índice de expansión, textura y densidad, junto con un perfil nutricional superior, cubriendo hasta el 50% del requerimiento diario de proteínas y fibra dietética. En conclusión, la adición de cañihua en los snacks extruidos potencia su valor nutricional y funcional, posicionándose como una opción práctica y saludable para el consumidor. Este estudio resalta el potencial de la cañihua como ingrediente clave en la industria de alimentos funcionales, promoviendo su aprovechamiento en productos innovadores que benefician la salud y la economía local.

**Palabras clave:** Arroz, cañihua, extrusión, fisicoquímicas, tecno-funcionales, snack.



## ABSTRACT

The study evaluated the physicochemical and techno-functional properties of extruded snacks formulated with rice flour and two varieties of cañihua (Cupi and Illpa INIA), an Andean grain renowned for its high protein content, dietary fiber, and functional characteristics. The research was conducted at Procesos Alimentarios M&D EIRL in Juliaca city, Puno and specialized laboratories at the National University of the Altiplano. The objective was to analyze how the inclusion of cañihua influences the nutritional and functional quality of the final snack, considering the variations between the two varieties. The methodology involved milling and extrusion processes, followed by physicochemical analyses (protein, fat, fiber, carbohydrates) and techno-functional properties (water solubility index, water absorption index, and expansion index). Results indicated that the Illpa INIA variety exhibited higher protein and fiber content compared to the Cupi variety. Formulations with a higher proportion of cañihua significantly improved the functional properties of the extruded snack, particularly enhancing the expansion index, texture, and density while providing superior nutritional value. These snacks covered up to 50% of the daily protein and dietary fiber requirements. In conclusion, the addition of cañihua in extruded snacks enhances their nutritional and functional value, positioning them as a practical and healthy option for consumers. This research highlights the potential of cañihua as a key ingredient in the functional food industry, promoting its utilization in innovative products that benefit both health and local economies.

**Keywords:** Rice, cañihua, physicochemical, techno-functional, snack



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos enfrenta un creciente desafío para desarrollar productos nutritivos y funcionales que satisfagan las demandas del consumidor moderno. Los snacks extruidos han ganado popularidad debido a su conveniencia y variedad de sabores, pero también es esencial que posean beneficios nutricionales. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), un grano andino poco estudiado y frecuentemente confundido con la quinua, ofrece una excelente fuente de proteínas, fibra, y antioxidantes, lo que la convierte en un grano prometedor para la formulación de snacks extruidos (González et al., 2018).

La evaluación fisicoquímica y tecno-funcional de snacks extruidos involucra el análisis de propiedades como el índice de expansión y propiedades de absorción de agua. Estas características son cruciales para determinar la calidad y aceptabilidad del producto final. Estudios previos han demostrado que la extrusión puede mejorar las propiedades funcionales de granos como la cañihua, aumentando su digestibilidad y biodisponibilidad de nutrientes Smith et al., (2016). Además, la variabilidad en las propiedades fisicoquímicas de diferentes variedades de cañihua podría influir significativamente en el comportamiento durante el proceso de extrusión y en las propiedades del snack final Perez et al., (2019).

Este estudio se centra en la evaluación fisicoquímica y tecno-funcional de snacks extruidos elaborados con una formulación, mezcla de arroz y dos variedades de cañihua, con el objetivo de determinar cómo las diferencias en la composición y las propiedades inherentes de cada variedad afectan el producto final. La investigación proporcionará información valiosa sobre el potencial de la cañihua como ingrediente en la industria de



snacks saludables, contribuyendo al desarrollo de productos innovadores y nutricionalmente beneficiosos Rodríguez et al., (2020).

Por ello el presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el proposito de evaluar las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales de snack extruido con dos variedades de cañihua. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales del snack extruido a base de arroz por la adición de dos variedades de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*).

### **1.2. OBJETIVO ESPECIFICO**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de las harinas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) y harina de arroz sin procesar.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales del snack extruido a base de harina de arroz, por la inclusión de dos variedades de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*).



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ramos et al, (2015) estudió las características físicas y sensoriales de snack extrusionados a base de maíz que contienen harina de amaranto, quinua y cañihua, con el objetivo de examinar en estos granos andinos las propiedades sensoriales y físicas de los snacks extruidos a base de maíz, se prepararon extruidos con contenidos ascendentes de amaranto, quinua y cañihua (20, 35 y 50%) bajo las mismas condiciones de extrusión, los extruidos con mayor contenido de amaranto, quinua y cañihua fueron calificados como menos crocantes y menos adhesivos con partículas menos duras, el análisis temporal mostró que con el aumento de los contenidos de amaranto, quinua y cañihua, la textura crujiente y crocante fueron los atributos más dominantes durante la masticación, mientras que el dominio de la porosidad se redujo considerablemente.

Aburto & Taboada et al, (2019), evaluaron el efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack, utilizando quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de habas (*Vicia Faba*), se seleccionó la mejor formulación a partir del análisis sensorial (sabor, textura, olor y color), hecho a los snacks en todas sus formulaciones, en donde la formulación F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) fue la preferida por los panelistas, la que le dio al snack los atributos adecuados, siendo esta extrudía a 120°C, así mismo se realizó la caracterización del producto extruido, composición proximal, características físicas, fisicoquímicas y nutricionales de la formulación escogida (F5); haciendo comparaciones con las formulaciones F4 y F6, la composición químico proximal del snack formulación F5 fue la mejor, Carbohidratos 71.48 %, proteínas 16.74 %, grasas 1.86%, humedad 5.89%, cenizas 2.33% y fibra 1.7%.

Según Cueto et al, (2015), analizo las propiedades físicas y mecánicas de extruidos de maíz en relación con la adición de harina de quinua y dos ingredientes novedosos, chia y extracto de maíz morado en polvo con propiedades antioxidantes, se utilizó una extrusora de doble husillo para extruirlas. Mediante una prueba de cizallamiento para determinar características físicas como el índice de expansión, la densidad, la humedad y las propiedades mecánicas y acústicas, se descubrió que las mezclas con infusión de chía tenían un índice de expansión reducido, lo que probablemente se debía al mayor contenido en lípidos del producto final. La quinua, por su parte, favoreció la tasa de expansión frente a la harina de maíz; esto fue coherente con los resultados de densidad, ya que los extruidos de quinua mostraron los valores de densidad más bajos. La quinua también produjo extruidos más lisos que la chía, que tendió a producir superficies más rugosas.

Otro estudio realizado por Ramos et al.(2013), donde estudio el uso de amaranto, quinua y cañihua en snack extruidos a base de maíz, indica que el amaranto (*Amaranthus caudatus*), la quinua (*Chenopodium quinoa*) y la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), utilizó una extrusora de doble tornillo para obtener extruidos a base de maíz que contenían amaranto, quinua, cañihua (20% de sólidos), los extruidos que contenían amaranto presentaron el mayor índice de expansión seccional, mientras que los extruidos de maíz puro (testigo) presentaron el menor índice de expansión y mayor dureza, este estudio demostró que era posible aumentar el índice de expansión seccional (SEI) agregando amaranto, quinua y cañihua a la harina de maíz pura.

Asi también Basilio et al.,(2020), realizaron estudios del “efecto de la cocción por extrusión sobre las propiedades físico-químicas de la harina integral de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L) variedad centenario”, cuyo objetivo fue estudiar el “efecto de la humedad inicial y la temperatura de extrusión” usando un diseño central compuesto



sobre las propiedades físico-químicas de la harina integral de kiwicha tales como, actividad de agua, índice de expansión seccional (SEI), densidad, índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en Agua (WSI), color, textura (dureza y resistencia al corte), grado de gelatinización, propiedades de empastado, propiedades térmicas, fenólico total (TP) y capacidad antioxidante, los parámetros de cocción por extrusión influyeron en las propiedades físico-químicas de la kiwicha extrusionada. La condición óptima fue una temperatura de extrusión de 190 °C y una humedad inicial del 14 % y los extruidos mostraron 7,17 SEI, 61,5 % WSI.

## 2.2. CAÑIHUA

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) es una especie agroalimentaria poco estudiada y que muchas veces ha sido confundida con la quinua. Es un grano muy apreciado. El régimen alimenticio típico del altiplano andino, tuvo una importancia particular para los residentes en el periodo. altiplano peruano-boliviano, lugar de origen de la cultura Tiahuanaco y donde se originó la cultura Tiahuanaco. Hoy en día, hay más áreas cultivadas con esta especie., abarcando países de Perú y Bolivia Bustamante, (2014).

### 2.2.1. Generalidades de la cañihua

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) es uno de los granos andinos propios del Altiplano Peruano - Boliviano. Es un tema de gran relevancia y crucial en el papel que desempeña en la seguridad alimentaria de las viviendas rurales. pobres, sin embargo, es limitada su cadena de valor (producción-consumo). Por el contrario, se le califica como una especie “olvidada y sub utilizada” Apaza, (2010).



### 2.2.2. Clasificación taxonómica de la cañihua

Según (Apaza, 2010), recopilado del MINAGRI, la clasificación de la planta de Cañihua es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Angiospermophyta

Clase: Dicotyledoneae

Sub clase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiáceae

Género: Chenopodium

Especie: Chepodium

pallidicaule Aellen

### 2.2.3. Variedades de cañihua

Instituciones como el INIA, han realizado esfuerzos y aportes en la obtención de variedades de cañihua a través de métodos de selección y estudios de estabilidad de rendimiento, lográndose obtener a Cupi, y Ramis que están siendo multiplicados (Mujica, 2002). Así mismo el proyecto de cultivos andinos del Instituto de Investigación y Extensión Agraria, Estación experimental Illpa – Puno en junio del 2004 han lanzado como nueva variedad la línea poligénica LP1 la cual denominaron ILLPA - INIA – 406 la cual se obtuvo por el método de

mejoramiento selección panoja – surco a partir de la Línea poligénica – 1 (LP-1) obteniéndose un rendimiento promedio de 2.8 t/ha (INIA, 2004).

#### 2.2.4. Variedad Cupi

Esta especie puede llegar a 60 cm de altura, con un diámetro del tallo central de 4.0 mm, presentando un tono de tallo púrpura pálido durante la madurez fisiológica, tal como se ilustra en la Figura 1.. El aspecto del perigonio del fruto es cerrado, de color gris crema suave, del epispermo café claro, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm Apaza, (2010).

#### Figura 1

*Cañihua variedad cupi*



Fuente: Apaza, (2010)

### 2.2.5. Variedad Illpa INIA

Esta variedad alcanza una altura de 67 cm, donde el diámetro del tallo central es de 5.0 mm, de color del tallo y las hojas son anaranjado en madurez fisiológica (Figura 1). El aspecto del perigonio del fruto es cerrado, de color crema suave, del epispermo café claro, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm (Apaza, 2010). La planta de cañihua de la variedad Illpa INIA se muestra en la Figura 2.

#### Figura 2

*Cañihua variedad Illpa INIA*



Fuente: Apaza, (2010)

### 2.3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FISICOQUÍMICA

Este grano se distingue por su elevado porcentaje de proteínas, que puede alcanzar el 18 por ciento, con proporciones adecuadas de aminoácidos indispensables. La composición química de la cañihua dependerá mucho de la variabilidad genética material, edad de maduración de la planta, localización del cultivo y fertilidad del suelo (Quispe et al., 2022), algunos autores citan que la proteína de la cañihua puede llegar hasta el 18%,

en cuanto a su calidad se determinará por el contenido de aminoácidos esenciales. La semilla de cañihua contiene una proteína completa, índice glucémico bajo y ofrece una amplia variedad de vitaminas y minerales nutricionalmente importantes superando a la quinua y otros cereales Mangelson et al., (2019).

La tabla de composición de los alimentos peruanos según Collazos (1998), reporta tres variedades de granos de cañihua: amarilla, gris y parda; entre las cuales no existe diferencia considerable. Además, se observa la composición proximal reportada por Repo-Carrasco (1992).

Además, tiene una alta concentración de calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro, zinc, vitamina E y complejo vitamínico B; razón por la cual los nutricionistas la comparan con la leche. El grano también posee un elevado contenido de fibra alimentaria, así como grasas no saturadas. Considerándose a esta especie como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, del cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria alimentaria Apaza, (2010).

### Tabla 1

*Características del valor nutritivo de 90 accesiones de cañihua.*

Componentes	Min.	Max.	Media	SD
Proteínas (%)	12.76	19.00	16.12	1.55
Grasa (%)	2.11	14.50	7.46	1.96
Fibra (%)	5.45	11.12	8.41	1.16
Ceniza (%)	3.12	5.77	4.29	0.58
Carbohidratos (%)	45.72	67.70	56.91	5.33
Humedad (%)	4.68	14.70	10.37	1.76
Energía (Kcal/100g.)	324.54	396.42	358.92	20.52
Grano almidón ( $\mu$ )	5.50	38.00	18.98	6.96
Azúcar invertid (%)	5.00	35.00	15.33	7.55
Agua empaste (%)	9.00	39.00	20.18	6.21

Fuente: W. Rojas et al., (2010)



### 2.3.1. Proteínas

La cañihua y la quinua exhiben un nivel de proteínas excepcional en comparación con otros cereales. Las proteínas de las especies andinas se destacan por su calidad. Los componentes principales de las proteínas de quinua y cañihua son albúmina y globulina, las cuales poseen una composición equilibrada de aminoácidos esenciales parecida a la de la caseína. Repo-Carrasco et al., (2003).

La cañihua actúa como reemplazo de la limitada proteína animal y es una de las fuentes de proteína más importantes de la región. Su relevancia radica en su calidad y en su composición equilibrada de aminoácidos fundamentales, similar a la de la caseína, la proteína de la leche Repo-Carrasco et al., (2003).

### 2.3.2. Lípidos

Es crucial identificar y emplear la considerable cantidad de aceite de cañihua. Este grano puede convertirse en una posible materia prima para la obtención de aceite. La UNALM ha realizado un estudio sobre la fracción lipídica de la cañihua, estableciendo la composición de ácidos grasos y tocoferoles en la cañihua blanca y describiendo la fracción lipídica. Los ácidos grasos fueron determinados por cromatografía de gas y los tocoferoles por Cromatografía líquida de alta performance (HPLC) obteniendo un rendimiento de extracción de aceite para cañihua de 4,6 %. Una gravedad específica de 0.935872, un índice de refracción de 1.4735. El índice de yodo como una medida del grado de insaturación de los aceites fue muy alto 121.14. Por lo que se puede esperar un alto contenido de ácidos grasos insaturados, el porcentaje 28 de ácidos grasos libres fue de 0.14 y el índice de saponificación fue 187. La materia insaponificable encontrada para la cañihua fue 4.2 (Repo-Carrasco et al., 2003).



El Omega 3 (ácido linolenico) representó el porcentaje más alto de ácidos grasos en el aceite de cañihua, con un 42,6 %. La estructura de ácidos grasos se asemeja al aceite de germen de maíz, con una variación del 45 al 65%. El Omega 9 es el segundo ácido graso más frecuente con un porcentaje del 23.5 %. El porcentaje de ácido linoleico (omega 6) fue de 6.0 y el porcentaje de ácido palmítico fue de 17.94. Se hallaron pequeñas cantidades de ácidos grasos como el ácido esteárico y el eicosapentanoico. En las recientes décadas, los ácidos grasos insaturados han cobrado relevancia debido a sus múltiples funciones ventajosas. Por ejemplo, desempeñando un papel crucial en la conservación de la fluidez en las membranas celulares. Repo-Carrasco et al., (2003).

### **2.3.3. Carbohidratos**

El almidón es el carbohidrato más importante en todos los granos, aproximadamente en la cañihua, el contenido de almidón es de 63-66 por ciento (Repo-Carrasco et al., 2003). El estudio del almidón de la cañihua no fue tan extenso como el de otros cereales. Además, junto a los polisacáridos, los granos de quinua y cañihua también tienen pequeñas cantidades de azúcares libres. Los cultivos andinos poseen una mayor cantidad de azúcares que los granos habituales. El contenido de azúcares en los granos de cañihua, quinua y Kiwicha se muestra en la tabla 2. El contenido de glucosa, fructosa y maltosa en la cañihua es superior en comparación con el grano de quinua y Kiwicha.

**Tabla 2**

*Contenido de azúcares en los granos andinos (g/100 g materia seca)*

	GLUCOSA	FRUCTUOSA	SACAROSA	MALTOSA
Quinoa	1.70	0.20	2.90	1.40
Cañihua	1.80	0.40	2.60	1.70
Kiwicha	0.75	0.20	1.30	1.30

Fuente: Repo-Carrasco et al., (2003)

#### **2.3.4. Fibra dietética**

Repo-Carrasco-Valencia et al., (2009), reportaron que la cañihua posee un alto contenido de fibra dietética, especialmente la fracción insoluble como se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS) en la cañihua (g/100 g base seca)*

<b>FIBRA DIETARIO</b>	<b>CONTENIDO (%BS)</b>	<b>CONTENIDO (%BS)</b>
Fibra insoluble	12.92	15.6 – 18.7
Fibra soluble	3.49	2.3 – 4.1
FDT	16.41	18.7 - 9

Fuente: Repo-Carrasco et al., (2003).



## **2.4. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES**

### **2.4.1. Índice de solubilidad de agua**

El índice de solubilidad en agua se refiere a la cantidad de sólidos recuperados después de la evaporación del sobrenadante adquirido a través del análisis de absorción de agua, y se expresa en términos porcentuales de sólidos solubles en la muestra, según Anderson, (1969). La relación entre el índice de solubilidad en agua y la cantidad de agua está vinculada a los sólidos solubles, lo que es un indicativo del grado de dextrinización del extrudido Kowalski et al., (2016). El ISA se considera que varía significativamente en las diferentes harinas debido al grado de cocimiento Contreras, (2009).

### **2.4.2. Índice de absorción de agua**

El índice de absorción de agua (IAA) mide el volumen ocupado por el almidón después de haberse expandido en exceso de agua Mason & Hosenev, (1986), lo que corresponde al volumen del gel formado. En productos extruidos es una medida de la cantidad de almidón y proteína desnaturalizada y la formación de nuevos complejos entre las macromoléculas Kowalski et al., (2016).

### **2.4.3. Poder de hinchamiento**

El poder de hinchamiento (PH) es un indicador que facilita la observación del aumento en el tamaño del granulo debido a la expansión Ojeda, (2008), cuando las harinas se infunden en agua, las moléculas de agua se dispersan dentro del gránulo, provocando su expansión. Cuando se calienta, el volumen aumenta, lo que provoca que el almidón pierda su cristalinidad y la amilosa pueda ser lixiviada significativamente, generando de esta manera un gel. El poder de hinchamiento de los gránulos de almidón está relacionado directamente con el contenido de



amilosa, considerándose como un factor primordial para comprender las transiciones de fase entre muestras, Robles, (2012). Donde se evidencia que, al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento del poder de hinchamiento, para cada una de las muestras analizadas.

#### **2.4.4. Índice de expansión**

El Índice de expansión tiene una relación directa con el grado de gelatinización y el volumen específico, cuyos resultados se ven influenciados por la temperatura Laureano & Avellaneda, (2018).

### **2.5. USOS DE LA CAÑIHUA**

#### **2.5.1. Uso tradicional**

Las primeras investigaciones sobre la industrialización de la cañihua se detalla el proceso tradicional de tostar y moler la cañihua, es un producto tradicionalmente consumido, denominado “kañihuaco”, o pito de cañihua (en aymara), que es la harina de kañiwa tostada y molida para su consumo directo Tapia, (2017).

#### **2.5.2. Procesamiento Agroindustrial de la cañihua**

Durante años se han identificado algunas tecnologías que permiten avanzar científicamente sustentando técnicas de procesamiento agroindustrial de granos andinos con mayor énfasis en la transformación de cañihua y complementariamente en quinua Bravo et al., (2010).

### **2.6. ARROZ**

El arroz (*Oryza sativa*), es una planta gramínea que pertenece a la familia poaceae,

es uno de los principales alimentos básicos en muchos continentes como del Asia, América Latina y el Caribe. Constituye el segundo alimento más utilizado del mundo después del trigo y el primero en Asia. Naciones de grandes poblaciones como la China o la India basan fundamentalmente su alimentación en este alimento. Podemos decir entonces que casi la mitad de la población mundial depende de este cereal, Rodríguez, (2017).

En el proceso de pilado del arroz, específicamente en el secado del arroz en cáscara y el pulido, se obtiene el subproducto llamado arrocillo, cuyo rendimiento es del 10 al 12 % Banchón & Cruz, (2017).

### 2.6.1. Composición fisicoquímica del arrocillo y su harina

La composición química del arroz partido presentará diferencias de acuerdo con la variedad. Así como también, los procesos a los cuales será sometido tendrán un gran impacto en el producto final. A continuación.

**Tabla 4**

*Composición nutricional del arrocillo*

<b>Composición</b>	Arrocillo (% peso en seco)	Harina de Arrocillo (% peso en seco)
Materia seca	87 – 89	87.34 – 89.74
Proteína	6.7 – 10.1	7.00 – 10.55
Grasa cruda	0.5 – 1.9	0.30 – 0.47
Cenizas	0.84	0.43 – 0.51
Fibra Dietaria	0.84 – 1.28	0.88 – 1.04
Calcio	0.05 – 0.19	0.0953 – 0.0959
Carbohidratos totales	80.10 – 82.16	76.76 – 81.66

Fuente: Ramirez et al., (2016).



## 2.7. SNACK

Son alimentos consumidos como comida rápida, usualmente se emplean para cubrir temporalmente el hambre, se ingieren como aporte energético, nutritivo o simplemente por diversión. Diversos alimentos pueden ser convertidos industrialmente en bocadillos.

Un snack es una porción pequeña de alimentos consumida entre comidas principales con el fin de obtener energía. Su presencia en la dieta de niños y adultos ha incrementado en la última década (M. Rojas & Morales, 2021).

En la última década se ha visto un crecimiento en el interés de los consumidores de los países desarrollados y las culturas occidentales sobre los alimentos "saludables". Propiedades de los alimentos que aportan ingredientes que contribuyen a la mejora de la salud (Armstrong et al., 2005).

Ramos et al., (2013) desarrolló un trabajo de investigación sobre uso de amaranto, quinua y cañihua en snacks extruidos a base de maíz, el amaranto (*Amaranthus caudatus*), la quinoa (*Chenopodium quinoa*) y la cañihua (*Chenopodium pallidicaule aellen*) son pseudocereales considerados buenas fuentes de proteína y fibra sin gluten. Se utilizó una extrusora de doble tornillo rotatorio para obtener extruidos a base de maíz que contenían amaranto/quinua/cañihua, de la misma manera (Castillo, 2010) determino la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua.

Corrales (2019) señala que la cocción por extrusión es un proceso de interés para la producción de productos tipo snack y cereales para el desayuno. En esta técnica se utilizan el cizallamiento mecánico, las altas temperaturas y la alta presión, lo que permite la formación de calidades de producto únicas con diversas texturas sensoriales y propiedades fisicoquímicas.

La formulación e innovación de nuevos productos como el snack a base de la



cañihua generara mayor valor agregado a la materia prima, favoreciendo a los productores, aumentando potencialmente la producción en la región y a nivel nacional, a casi todos los niveles sociales les gustan los aperitivos, la disponibilidad de estos productos extruidos en una gama de formas y sabores, la facilidad de compra y la variedad contribuyen a su popularidad. La empresa “The Adams Company” creó el primer snack a partir de granos de maíz en la década de 1940 utilizando una extrusora de un solo tornillo. Durante muchos años se produjeron este tipo de alimentos, a pesar de que la ciencia que subyace al proceso de extrusión aún no se comprendía del todo.

## **2.8. EXTRUSION**

Durante la extrusión se producen cambios estructurales en las proteínas, que provocan cambios en sus propiedades funcionales González et al., (2002).

### **2.8.1. Proceso de extrusión**

A lo largo de los años se ha investigado el impacto del procesamiento de los alimentos en los diferentes nutrientes y su relevancia para la salud; en términos generales, el procesamiento de los alimentos suele alterar la composición y la disponibilidad de los nutrientes en los alimentos. Dentro de los métodos de procesado cabe destacar el proceso de extrusión, en el cual se emplean altas presiones y temperaturas, durante cortos periodos de tiempo, de forma que se obtienen alimentos, como snacks, cereales del desayuno, etc., con texturas y/o sabores distintos al que tenían inicialmente Morales et al., (2015).

Una de las operaciones más adaptables en la agroindustria alimentaria es la extrusión, ya que posibilita una cocción rápida, constante y uniforme del producto, a través de un proceso termomecánico en un periodo breve; esta tecnología posibilita potenciar o alterar características funcionales como la



solubilidad, creación de emulsiones, gelatinización en los alimentos, provoca la creación de complejos entre lípidos y carbohidratos, mejorando la textura y atributos sensoriales, además de ser

### **2.8.2. Extrusor de doble tornillo**

Las tres categorías principales de extrusores se pueden categorizar: extrusores de pistón, extrusores de rodillos y extrusores de tornillo. Los extrusores de pistón, que son los de diseño más sencillos, se utilizan principalmente para moldear. Estos se componen de un único pistón o una serie de pistones que introducen volúmenes muy exactos de material en un transportador de banda ancha. Estas máquinas se usan comúnmente en la producción de dulces, por ejemplo, para depositar el relleno central de los chocolates. Los extrusores de rodillos que también se emplean para dar forma, consisten en dos rodillos que giran en sentidos opuestos a velocidad similar o diferencial y tienen superficies lisas o perfiladas. Se puede cerrar la abertura entre los rodillos para comprimir el material que atraviesa, o el extrusor puede estar diseñado para no ejercer ninguna clase de presión. Los extrusores de tornillos se clasifican en la tercera categoría y utilizan un tornillo simple o dos tornillos (tween screw o doble tornillo) rotando en un cañón de almacenamiento para impulsar el material hacia adelante a través de un orificio específicamente diseñado conocido como dado o boquilla. Varios parámetros tales como la configuración de los tornillos, la velocidad de rotación y la temperatura de las distintas zonas del cañón, son seleccionados cuidadosamente para que su influencia en la extrusión sea la deseable, Llopart, (2011).



## **2.9. EFECTOS EN LA MATERIA PRIMA DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN**

### **2.9.1. Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos**

La regulación de los carbohidratos durante la extrusión es un elemento crucial para la calidad nutricional y sensorial del producto final, tales como la textura y el gusto en boca. Este porcentaje en los cereales y gran parte de las legumbres supera el 50%, compuesto por almidón y otros polisacáridos, monosacáridos y oligosacáridos. Durante la extrusión los azúcares solubles experimentan unas reducciones significativas de su contenido, una disminución del 17% en el contenido total de carbohidratos (TAC) en harinas de extruidas de garbanzo, este efecto puede deberse a que el almidón y otros polisacáridos se descomponen en componentes de menor peso molecular, como es el caso de la sacarosa que se escinde en glucosa y fructosa, azúcares reductores que son más susceptibles a la reacción de Maillard, Berrios et al., (2010).

### **2.9.2. Efectos de la extrusión sobre el almidón y la proteína**

El almidón es el componente más importante en el proceso de extrusión, ya que los cambios que sufre afectan a la expansión y textura del producto extruido. Debido a que el almidón es una macromolécula compuesta de dos Los aceites que contienen los cereales y las leguminosas, al ser extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa al ser recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada (Fernández, 2004). La grasa actúa como un lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación



de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad Fernández, (2004).

### **2.9.3. Efecto de la extrusión sobre la fibra**

La fibra en la alimentación también experimenta modificaciones. Primero, las transformaciones propias del almidón y las formas que resisten el ataque enzimático, que no pueden ser digeridas en vivo y se miden como fibra alimenticia. En segundo lugar, el proceso de descomposición de la fibra alimentaria en fracciones de bajo peso molecular podría reducir su contenido y, de esta manera, disminuir sus ventajas. En tercer orden, la degradación de macromoléculas de fibra, al incrementar su solubilidad, tiene la capacidad de alterar sus efectos fisiológicos, (C. Pérez et al., (2007).

### **2.9.4. Efectos de extrusión sobre la grasa**

Los aceites que contienen los cereales y las leguminosas, al ser extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa al ser recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada, Fernández, (2004). La grasa actúa como un lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad Fernández, (2004).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la empresa de producción de alimentos Procesos Alimentarios M&D EIRL. Ubicado en el Distrito de Juliaca, Provincia de San Roman, Departamento de Puno. Todo lo que corresponde al proceso de extrusión del snack extruido con cañihua.

En análisis fisicoquímico se desarrolló en la Universidad Nacional del Altiplano, en el Megalaboratorio en coordinación con la Facultad de Ingeniería Química.

Los análisis Tecno-funcionales fueron evaluados en la Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, en el laboratorio de Biotecnología de los Alimentos y el laboratorio de Post cosecha, respectivamente.

#### 3.2. MATERIA PRIMA

Los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) las variedades: CUPI e ILLPA INIA, se adquirieron del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) - Estación Experimental Rinconada Salcedo – Puno.

#### 3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

##### 3.3.1. Materiales

- Probetas (10, 20 y 100 ml).
- Pipetas volumétricas (5 y 10 ml).



- Tubos de ensayo Pirex
- Placas Petri.
- Luna reloj.
- Gradillas de plástico.
- Pinza.
- Mortero
- Mesa de trabajo

### **3.3.2. Equipos y/o maquinarias**

- Extrusora de doble tornillo (marca Darin con motor de 50HP, cuchillas de corte con motor de 1HP, tolva de alimentación con motor de 1HP y una extractora de vapor con motor de 2HP).
- Mezcladora vulcanotec (motor de 8HP con capacidad de 50 kg/Bach).
- Fajas de enfriamiento.
- Molino de martillos MPV 60 – 60, motor 20.0 y 50.0 HP (diámetros de zaranda 0,5 – 0,8 – 1,0).
- Envasadora multicabezal (famipack)
- Baño maría
- Centrifuga
- Estufa
- Texturómetro, marca BROOKFIELD – modelo CT3-4500

### **3.3.3. Reactivos**

- Ácido Clorhídrico 0.0502N.
- Ácido sulfúrico 98%.
- Ácido Bórico 4%.



- Catalizador (SO<sub>4</sub>Cu:SO<sub>4</sub>K).
- Bisulfito de sodio 1M.
- Agua destilada.

#### **3.3.4. Software**

- Microsoft Office Profesional Excel 2021
- Paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

### **3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

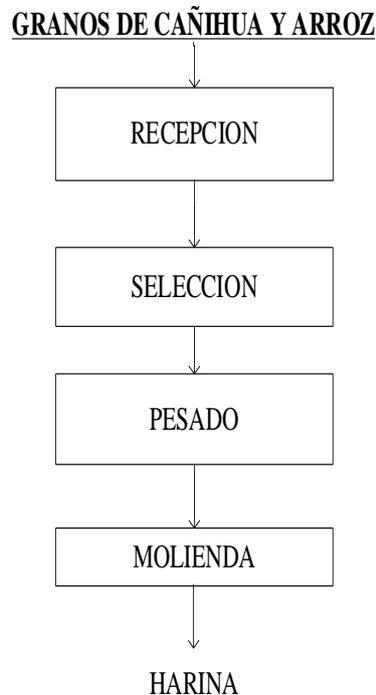
#### **3.4.1. Descripción del proceso experimental**

La descripción del proceso experimental detalla las etapas y operaciones necesarias para llevar a cabo la investigación. En este caso, se sigue una secuencia establecida de procedimientos que se ilustran en las figuras 3 y 4, donde se presentan los detalles del proceso de extrusión, que es una técnica clave en la transformación de los materiales en estudio. Este método permite analizar las propiedades físicas y químicas de los productos resultantes bajo diferentes condiciones.

Además, se incluye un enfoque específico en el tratamiento de las materias primas, como la cañihua de dos variedades y el arroz. El diagrama señalado proporciona una representación esquemática del proceso de molienda, que es una etapa fundamental para preparar estos granos para su posterior procesamiento. Durante esta etapa, se busca reducir el tamaño de las partículas y homogeneizar la materia prima, garantizando una adecuada interacción durante la extracción. Este enfoque metodológico asegura la replicabilidad de los resultados y establece las bases para analizar las diferencias entre las variedades y las propiedades del producto final.

### Figura 3

*Diagrama del proceso de molienda de los granos de cañihua y arroz*



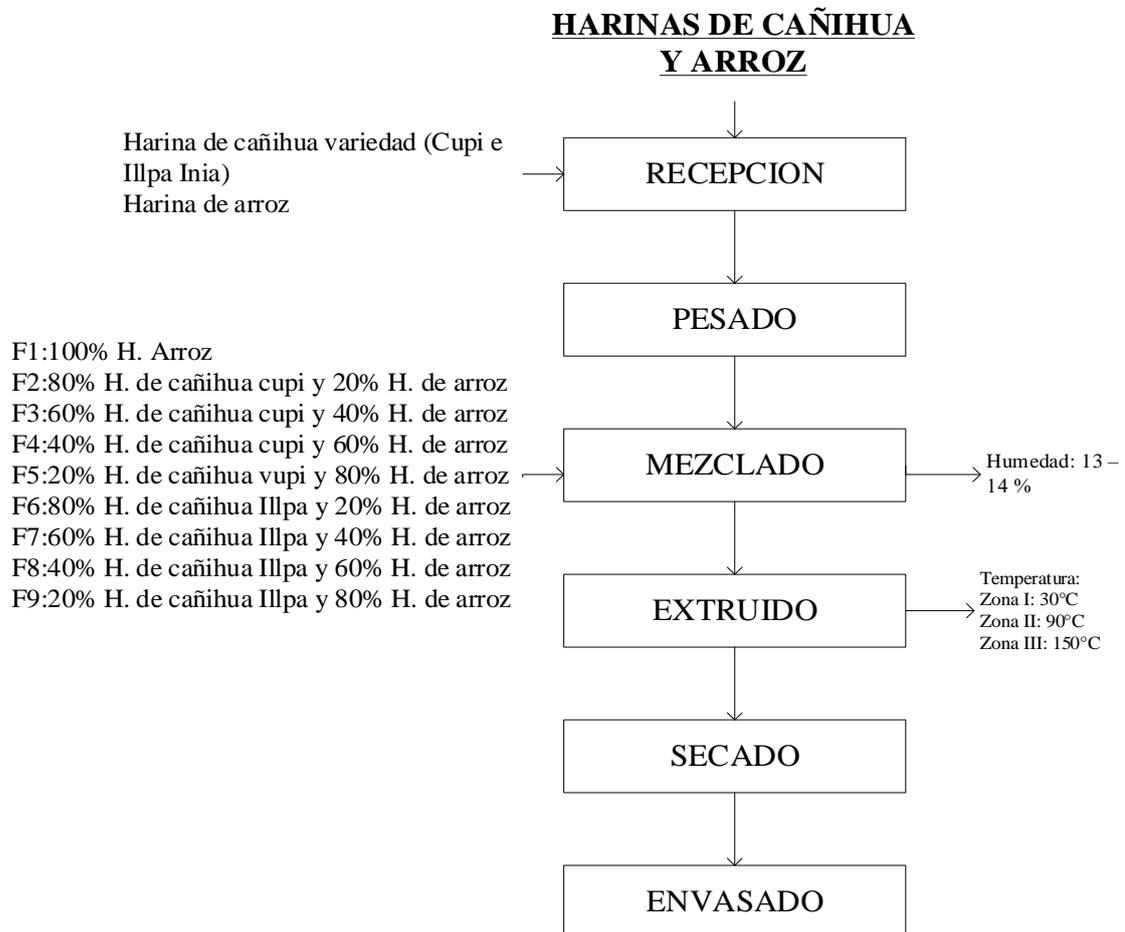
En seguida, se describen cada una de las operaciones del proceso de molienda.

- Recepción: Se realiza la recepción de los granos de cañihua previa evaluación física de la misma manera el grano de arroz.
- Selección: la selección se realiza con el propósito de descartar impurezas que no sean propios del producto que estuvieran presentes en las materias primas.
- Pesado: Se realiza la operación de pesado para que pueda ingresar al molino.
- Molienda: El tamaño de los gránulos de cañihua y arroz se reducirá al mínimo con el uso de un molino zaranda con diámetro de 0,8 mm (harina).

- Harina: Sera destinado como materia prima para el snack extruido.

**Figura 4**

*Diagrama del proceso de extrusión del snack de cañihua*



En seguida, se describen cada una de las operaciones del proceso de extrusión del snack extruido de cañihua.

- Recepción: Se realizará la recepción de la materia prima: harina de cañihua variedad cupi e illpa inia y harina de arroz.
- Primer pesado: Se realiza la operación de pesado para que pueda ingresar al área de mezclado.



- Mezclado: En esta etapa se realizará el mezclado de las harinas para las formulaciones y agua hasta llegar a la humedad deseada (13 – 14 %).
- Extruido: En esta etapa se realiza el proceso del extrusion de la cañihua, se coloca la boquilla (terminales) del extrusor deseado y se controlan las temperaturas.
- Secado: Para esta operación se usa un horno de fajas rotatorias de 25m a temperatura 25°C.
- Envasado: Se envasan en materiales impermeables para mantener sus características para ser analizados.

### **3.5. UNIDADES DE ANALISIS**

#### **3.5.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas del snack extruido a base de arroz por la adición de dos variedades de harina de cañihua**

##### **3.5.1.1. Variables de estudio**

- Harina de dos variedades de cañihua (cupi e illpa inia)
- Proporción de harina de cañihua (0, 20, 40, 60, 80 %)

##### **3.5.1.2. Variables de respuesta**

- Propiedades fisicoquímicas (humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra dietaria, carbohidratos)

#### **3.5.2. Evaluar las propiedades tecnofuncionales del snack extruido a base de arroz por la adición de dos variedades de harina de cañihua**

##### **3.5.2.1. Variables estudio**

- Harina de dos variedades de cañihua (cupi e illpa inia)



- Proporción de harina de cañihua (0, 20, 40, 60, 80%)

### 3.5.2.2. Variables respuesta

- Propiedades tecno-funcionales y físicas (índice de solubilidad de agua, índice a absorción de agua, poder de hinchamiento)

## 3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

La determinación de los análisis fisicoquímicos se desarrolló según la determinación del análisis químico proximal y análisis de propiedades tecno funcionales.

### 3.6.1. Cálculo de la humedad

Para determinar la cantidad de humedad de la muestra se aplicará el método gravimétrico universal de la (AOAC, 1994). Este método consiste en que la muestra pierde peso a 80 °C hasta que alcance un peso constante, su cálculo se basa en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P1-P2}{P} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

P1: peso inicial

P2: peso final

P: peso de la muestra antes del secado o peso inicial total.

### 3.6.2. Cálculo de la proteína

Para determinar lo que abarca la proteína se utiliza la técnica de la (AOAC, 1990), método Kjeldahl, que comprende de tres etapas: digestión, neutralización



y titulación, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de proteínas} = \frac{(Vg \times N \times 14 \times 100)}{(100 \times M)} \times F \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

Vg = volumen gastado de H<sub>2</sub>S<sub>04</sub> (0.01N)

N= Normalidad del H<sub>2</sub>S<sub>04</sub> (0.01N)

M= Masa de muestra (g)

F= Factor de conversión para proteínas

\*Según el método Kjeldahl, para los cereales y pseudocereales (cañihua) se usa un factor de 6.25.

### 3.6.3. Cálculo de grasa

Sera efectuado mediante el método de la (AOAC, 1990), Método de Soxhlet, consiste en extracción de grasas por la hidroxilación con ácido clorhídrico diluido, su cálculo se basa en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso de matraz con grasa} - \text{peso de matraz vacío}}{\text{peso de la muestra}} \quad \text{Ec. 3}$$

### 3.6.4. Cálculo de cenizas

Se calcula según el enfoque gravimétrico (AOAC, 1990), que consiste en la incineración de la materia orgánica para la obtención de residuos a una temperatura de 600°C, hasta peso constante.

### 3.6.5. Determinación de fibra dietética

Se determinó por el método gravimétrico – enzimático, método oficial de



(AOAC, 1990), el principio para fibra dietaria total, consiste en realizar una digestión enzimática la cual posteriormente se trata con alcohol para precipitar la fibra dietaria soluble antes de realizar una filtración. El residuo se seca y se pesa después de limpiarlo con acetona y alcohol, tenemos la siguiente formula.

$$\% \text{ de fibra dietaria} = \frac{\left(\frac{R1+R2}{2}\right) - P - A - B}{(M1+M2)/2} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

R1: peso del residuo inicial

R2: peso del residuo final

M1: peso de la muestra inicial

M2: peso de la muestra final

P: proteína

A: ceniza

B: blanco

### 3.6.6. Determinación de carbohidratos

La diferencia entre los resultados de los cálculos subsiguientes se utilizará para determinar los carbohidratos, menos el 100 %, de la siguiente manera:

$$\% \text{ de carbohidratos} = 100 - (\%H + \%C + \%P + \%G + \%F) \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

%H= porcentaje de humedad

%C= porcentaje de cenizas

%P= porcentaje de proteínas

%G= porcentaje de grasa

%FC= porcentaje de fibra cruda.

### 3.6.7. Determinación de propiedades tecno-funcionales y físicas

Los ensayos que se van a realizar durante la ejecución como; Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) son herramientas clave para evaluar el grado de modificación de los extruidos y sus posibles aplicaciones. Para determinar estas propiedades físicas, se aplicará el método descrito por Gani et al. (2014), el cual consiste en los siguientes pasos: se toma una muestra de 0.5 g y se mezcla con agua destilada en un tubo de ensayo. La mezcla se agita vigorosamente y luego se coloca en un baño maría a 45 °C durante 30 minutos. Posteriormente, se enfría a temperatura ambiente y se centrifuga durante 30 minutos. El sobrenadante se pesa y se seca a 90 °C, mientras que el gel retenido en los tubos también se pesa. Este procedimiento permite obtener datos precisos para calcular las propiedades funcionales de los extruidos.

Índice de solubilidad de agua (Gani et al., 2014)

$$ISA\% = \frac{\text{Peso seco sobrenadante (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

Índice de absorción de agua (Gani et al., 2014)

$$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad \text{Ec. 7}$$

Poder de hinchamiento (Gani et al., 2014)

$$PH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso seco sobrenadante}} \quad \text{Ec. 8}$$

### 3.6.8. Índice de expansión

El índice de expansión se calculará siguiendo la metodología de (Escalant et al., 2014). El cual consiste en calcular el diámetro de los extrudidos y dividirlo entre el diámetro del orificio de la de salida del extrusor, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$IE = \frac{D_{ex}}{D_{bex}} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

D<sub>ex</sub>: diámetro del extruido dato variable

Dato constante D<sub>bex</sub>: diámetro del orificio de salida del extrusor

### 3.6.9. La densidad

Se medirá en el laboratorio con la ayuda de una balanza electrónica y un recipiente con volumen conocido: Formula de obtención:

$$D = \frac{\text{Peso (mg)}}{\text{Volumen(ml)}} \quad \text{Ec. 10}$$

### 3.6.10. Textura

Para determinar la dureza se usará un analizador de textura en modo de compresión por punción, se evaluará la dureza del snack extruido para calibrar su resistencia a la penetración (dureza del extrudido).

## 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizo un análisis de varianza conducido con diseño en bloques completamente al azar (ANOVA) con 95% de significancia y el test de tukey ( $P \geq 0.05$ ) para determinar las diferencias significativas entre formulaciones y su interacción,



considerando cada variedad como un bloque.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS DOS VARIEDADES HARINAS DE CAÑIHUA (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) Y HARINA DE ARROZ SIN PROCESAR

##### 4.1.1. Composición fisicoquímica de harinas sin procesar

En la Tabla 5 se observa la composición química proximal de las harinas de cañihua de las dos variedades (Cupi e Illpa Inia) sin procesar.

**Tabla 5**

*Composición fisicoquímica de las harinas de dos variedades de cañihua*

Componente	Harina de Cupi	Harina de Illpa INIA
% Humedad	0.87±0.00 <sup>a</sup>	0.90±0.00 <sup>b</sup>
% Ceniza	2.64±0.011 <sup>b</sup>	2.12±0.014 <sup>a</sup>
% Proteína	15.15±0.002 <sup>b</sup>	14.62±0.006 <sup>a</sup>
% Grasa	8.75±0.024 <sup>b</sup>	8.36±0.015 <sup>a</sup>
% Fibra cruda	7.03±0.018 <sup>b</sup>	6.52±0.256 <sup>a</sup>
% Carbohidratos	66.44±0.034 <sup>a</sup>	68.39±0.256 <sup>b</sup>
% Fibra Dietética	5.47±0.030 <sup>b</sup>	5.30±0.029 <sup>a</sup>

Nota: Los datos expresan el promedio de tres repeticiones +- desviación estándar.

En la tabla 5 se hace la comparación entre las harinas de cañihua de la variedad Cupi e Illpa Inia, los resultados están expresados en porcentajes, el alto contenido de carbohidratos de las dos variedades de cañihua cupi e Illpa Inia es de 66.44% y 68.39% a comparación de los datos reportados por Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010), el contenido de humedad varía entre 11.5 y 12.3% y según la Tabla 2, las muestras de cañihua se caracterizan por tener altos contenidos de carbohidratos (65.5 - 68.0%), proteínas (14.7 - 15.5%) y grasas (7.6 - 8.5%).

**Tabla 6**

*Composición fisicoquímica de las harinas de dos variedades de cañihua y harina de arroz, sin procesar.*

<b>Componente</b>	<b>Harina de Cupi</b>	<b>Harina de Illpa INIA</b>	<b>Harina de Arroz</b>
% Humedad	0.87±0.00 <sup>a</sup>	0.90±0.00 <sup>b</sup>	0.90±0.00 <sup>b</sup>
% Ceniza	2.64±0.011 <sup>b</sup>	2.12±0.014 <sup>c</sup>	6.85±0.012 <sup>a</sup>
% Proteína	15.15±0.002 <sup>c</sup>	14.62±0.006 <sup>b</sup>	8.76±0.002 <sup>a</sup>
% Grasa	8.75±0.024 <sup>c</sup>	8.36±0.015 <sup>b</sup>	1.63±0.013 <sup>a</sup>
% Fibra cruda	7.03±0.018 <sup>c</sup>	6.52±0.256 <sup>b</sup>	2.80±0.022 <sup>a</sup>
% Carbohidratos	66.44±0.034 <sup>a</sup>	68.39±0.256 <sup>b</sup>	79.96±0.022 <sup>c</sup>
% Fibra Dietética	5.47±0.030 <sup>c</sup>	5.30±0.029 <sup>b</sup>	2.72±0.028 <sup>a</sup>

Nota: Los datos expresan el promedio de tres repeticiones y su desviación estándar.

Las harinas de cañihua muestran un mayor contenido proteico (15.15% en Cupi y 14.66% en Illpa INIA) en comparación con la harina de arroz (8.76%). Esto es consistente con el estudio de Espinoza (2017), que señala que la cañihua contiene entre 16% y 18% de proteínas, superando ampliamente al arroz (aproximadamente 7.5% a 13.4%). Este alto contenido proteico en la cañihua puede atribuirse a su naturaleza como pseudocereal, ya que estos granos andinos se han adaptado a condiciones climáticas extremas, desarrollando un perfil nutricional más robusto, particularmente en aminoácidos esenciales como lisina.

El porcentaje de cenizas (2.64% en Cupi y 2.12% en Illpa INIA) indica un mayor contenido de minerales en comparación con el arroz (0.69%). Esto refuerza el valor nutricional de la cañihua como fuente de micronutrientes esenciales, como hierro, calcio y zinc, comúnmente reportados en pseudocereales andinos (Repo-Carrasco et al., 2003; Miranda et al., 2011). La diferencia entre las variedades Cupí e Illpa INIA podría deberse a variaciones genéticas y al entorno agrícola donde se cultivaron.



La cañihua muestra un contenido graso mayor (7.04% en Cupi y 6.85% en Illpa INIA) frente al arroz (1.15%). Los pseudocereales suelen ser ricos en lípidos insaturados, lo que les otorga beneficios antioxidantes y cardioprotectores (Ruales y Nair, 1994; Alvarez et al, 2010). Este componente es importante en aplicaciones funcionales y de alimentos saludables.

Aunque los carbohidratos predominan en la composición de todos los productos evaluados, la harina de arroz tiene un contenido mayor (77.20%) que las variedades de cañihua (64.05% en Cupí y 63.80% en Illpa INIA). Sin embargo, la cañihua supera al arroz en fibra dietética, destacando su papel en la salud digestiva. Según estudios de Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010), el alto contenido de fibra en los pseudocereales los convierte en ingredientes ideales para alimentos funcionales que promueven la saciedad y la regulación del tránsito intestinal.

Las diferencias observadas entre las variedades Cupi e Illpa INIA pueden explicarse por factores genéticos y ambientales. Por ejemplo, la composición fisicoquímica está influenciada por el tipo de suelo, altitud y manejo agrícola. Esto coincide con lo reportado por Del Castillo (2016), quien menciona que las características fisicoquímicas de la cañihua pueden variar significativamente dependiendo de las condiciones de cultivo.

## 4.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TECNO-FUNCIONALES DEL SNACK EXTRUIDO A BASE DE HARINA DE ARROZ CON INCLUSIÓN DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA (*CHENOPODIUM PALLIDICAULE* AELLEN)

### 4.2.1. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de harina de arroz

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del extruido, se tomó en cuenta como muestra patrón la extrusión de harina de arroz al 100%, en la Tabla 7 se puede observar la media y la desviación estándar del análisis realizado al snack extruido con harina de arroz.

**Tabla 7**

*Propiedades fisicoquímicas del snack extruido de harina de arroz*

COMPONENTE	100% HARINA ARROZ
% Humedad	4.95±0.03
% Ceniza	0.28±0.01
% Proteína	8.37±0.14
% Grasa	6.88±0.03
% Fibra cruda	1.04±78.24
% Carbohidrato	83.43±0.13
% Fibra dietética	1.61±0.03

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Según Hagenimana et al. (2006), la extrusión a una temperatura entre 100 a 160 °C con una velocidad de 200 a 300 rpm mejora la digestibilidad de la harina de arroz. Este efecto se refleja en nuestros resultados, donde los snacks extruidos mostraron un contenido significativo de carbohidratos digestibles, corroborando los valores reportados por Jenkins et al. (1981), que indican una digestibilidad de



carbohidratos entre 77% y 81% tras la extrusión. En cuanto a la proteína, Soto et al. (2023) menciona un contenido del 7% tras el proceso de extrusión; nuestros hallazgos coinciden al mostrar valores similares en las formulaciones a base de harina de arroz. Por otro lado, Morales et al. (2015) reporta una disminución en el contenido de fibra dietética del arroz entre un 60% y un 80%, alcanzando valores finales cercanos al 2.7%; esto se evidencia en nuestros datos, donde el contenido de fibra dietética en las muestras extruidas de arroz también mostró una reducción significativa respecto al material inicial, confirmando la influencia del proceso de extrusión en la composición nutricional del producto final.

#### **4.2.2. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de cañihua variedad Cupi**

Según la Tabla 8 se muestran las propiedades fisicoquímicas del extruido de la harina de cañihua de variedad Cupi en diferentes formulaciones con harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios de las tres repeticiones.

**Tabla 8***Composición fisicoquímica de snacks extruido de cañihua variedad Cupi y arroz*

CAÑIHUA VARIEDAD CUPI	80% Harina de arroz +	60% Harina de arroz +	40% Harina de arroz +	20% Harina de arroz +
	20% Harina de cañihua	40% Harina de cañihua	60% Harina de cañihua	80% Harina de Cañihua
% Humedad	5.55±0.030 <sup>c</sup>	5.75±0.040 <sup>c</sup>	4.40±0.010 <sup>a</sup>	3.04±0.036 <sup>a</sup>
% Ceniza	0.80±0.011 <sup>a</sup>	1.71±0.066 <sup>b</sup>	0.19±0.015 <sup>a</sup>	2.47±0.009 <sup>c</sup>
% Proteína	9.36±0.133 <sup>b</sup>	11.04±0.135 <sup>c</sup>	12.67±0.137 <sup>d</sup>	13.27±0.142 <sup>e</sup>
% Grasa	5.67±0.010 <sup>a</sup>	6.01±0.022 <sup>a</sup>	9.52±0.015 <sup>b</sup>	10.09±0.009 <sup>b</sup>
% Fibra cruda	1.03±0.021 <sup>c</sup>	0.93±0.016 <sup>b</sup>	0.78±0.020 <sup>a</sup>	0.80±0.012 <sup>a</sup>
% Carbohidrato	83.12±0.127 <sup>d</sup>	80.28±0.075 <sup>c</sup>	76.82±0.176 <sup>b</sup>	73.35±0.122 <sup>a</sup>
% Fibra dietética	1.44±0.014	2.733±0.004	1.623±0.0014	1.473±0.008

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Según la Tabla 8, los resultados muestran los valores de humedad disminuyen al incrementar la proporción de harina de cañihua, oscilando entre  $3.044 \pm 0.036\%$  y  $5.554 \pm 0.030\%$ . Esto podría deberse a la menor capacidad de retención de agua de la harina de cañihua en comparación con la de arroz. Hagenimana et al. (2006) mencionan que el proceso de extrusión reduce la humedad debido a las altas temperaturas utilizadas, las cuales eliminan agua libre en el producto final.

El contenido de cenizas aumenta conforme incrementa la proporción de cañihua, alcanzando  $2.470 \pm 0.009\%$  en la formulación con 80% cañihua. Esto refleja el mayor contenido de minerales en la harina de cañihua. Según Morales et al. (2015), las harinas de granos andinos como la cañihua son ricas en minerales esenciales, lo que se traduce en un mayor contenido de cenizas.

El incremento de proteínas al aumentar la proporción de harina de cañihua



( $12.370 \pm 0.142\%$  en 80% cañihua) es consistente con su alta calidad proteica. Soto et al. (2023) señala que la harina de cañihua contiene niveles superiores de proteínas en comparación con la harina de arroz, lo que mejora la calidad nutricional del producto extruido.

Los valores de grasa permanecen relativamente constantes ( $5.670 \pm 0.104\%$  a  $6.222 \pm 0.082\%$ ), lo que podría explicarse por la similitud en los contenidos grasos de ambas harinas. Hagenimana et al. (2006) indican que el impacto de la extrusión en el contenido graso es mínimo, ya que este nutriente es más estable frente al calor que otros componentes.

La fibra cruda aumenta significativamente con la proporción de cañihua (de  $0.304 \pm 0.038\%$  a  $0.800 \pm 0.022\%$ ). Este comportamiento es consistente con las observaciones de Morales et al. (2015), quienes mencionan que los granos andinos contienen mayor cantidad de fibra insoluble que el arroz.

**Carbohidratos:** El contenido de carbohidratos disminuye a medida que se incrementa la proporción de cañihua, pasando de  $83.120 \pm 0.127\%$  (80% arroz) a  $75.360 \pm 0.122\%$  (80% cañihua). Según Jenkins et al. (1981), la harina de arroz tiene un contenido de carbohidratos superior al de la cañihua, lo que explica esta tendencia.

La fibra dietética aumenta proporcionalmente al contenido de harina de cañihua, alcanzando  $1.473 \pm 0.008\%$  en la formulación con 80% cañihua. Morales et al. (2015) reportan que la cañihua es rica en fibra dietética, lo que mejora el aporte nutricional de las formulaciones.

La proteína del snack es mayor cuando el porcentaje de cañihua es mayor, a diferencia de carbohidratos que es mayor cuando la formulación es mayor en porcentaje de arroz.

#### 4.2.3. Composición fisicoquímica proximal del snack extruido de cañihua variedad Illpa INIA

Según la Tabla 9 se muestran las propiedades fisicoquímicas después del extruido de la harina de cañihua de variedad Illpa INIA en diferentes formulaciones con harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios.

**Tabla 9**

*Composición fisicoquímica del snacks extruido de cañihua variedad Illpa INIA y arroz*

CAÑIHUA VARIEDAD ILLPA INIA	80% Harina de arroz +	60% Harina de arroz +	40% Harina de arroz +	20% Harina de arroz +
	20% Harina de cañihua	40% Harina de cañihua	60% Harina de cañihua	80% Harina de Cañihua
% Humedad	5.83±0.020 <sup>c</sup>	5.13±0.020 <sup>c</sup>	2.96±0.010 <sup>a</sup>	4.27±0.025 <sup>a</sup>
% Ceniza	0.25±0.016 <sup>a</sup>	1.20±0.026 <sup>b</sup>	1.48±0.030 <sup>b</sup>	0.67±0.010 <sup>c</sup>
% Proteína	10.10±0.132 <sup>b</sup>	11.20±0.137 <sup>c</sup>	11.79±0.266 <sup>b</sup>	12.73±0.135 <sup>e</sup>
% Grasa	6.70±0.013 <sup>a</sup>	8.05±0.009 <sup>a</sup>	7.31±0.020 <sup>b</sup>	8.45±0.011 <sup>b</sup>
% Fibra	1.06±0.021 <sup>c</sup>	0.68±0.026 <sup>b</sup>	0.55±0.030 <sup>a</sup>	0.59±0.021 <sup>a</sup>
% Carbohidrato	81.86±0.155 <sup>d</sup>	78.83±0.163 <sup>c</sup>	73.29±0.143 <sup>b</sup>	77.6±0.104 <sup>a</sup>
% Fibra dietética	2.873±0.001	1.346±0.010	3.156±0.0081	1.423±0.017

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Según la Tabla 9, los resultados muestran lo siguiente:

Los valores de humedad disminuyen conforme aumenta la proporción de harina de cañihua, desde 5.83 ± 0.020% (80% arroz) hasta 2.96 ± 0.010% (80% cañihua). Esto puede explicarse por la menor capacidad de retención de agua de la cañihua en comparación con el arroz y por la pérdida de agua durante el proceso



de extrusión. Hagenimana et al. (2006) mencionan que la alta temperatura de la extrusión reduce el contenido de agua libre en los productos extruidos.

El contenido de cenizas aumenta significativamente con la proporción de cañihua, alcanzando  $2.67 \pm 0.016\%$  en la formulación con 80% de cañihua. Este comportamiento se debe al mayor contenido mineral de la cañihua en comparación con el arroz. Según Morales et al. (2015), los granos andinos, como la cañihua, son ricos en minerales esenciales que contribuyen a un mayor porcentaje de cenizas.

Se observa un incremento en el contenido proteico al aumentar la proporción de harina de cañihua, desde  $10.10 \pm 0.132\%$  (80% arroz) hasta  $12.73 \pm 0.135\%$  (80% cañihua). Este resultado es consistente con las observaciones de Soto et al. (2023), quienes destacan que la cañihua tiene un mayor contenido de proteínas que el arroz, lo que mejora la calidad nutricional de las formulaciones extruidas.

Los valores de grasa muestran una ligera variación, oscilando entre  $6.01 \pm 0.024\%$  y  $6.94 \pm 0.051\%$ . Esto puede atribuirse a la similitud en los contenidos grasos de ambas harinas, ya que tanto el arroz como la cañihua tienen proporciones moderadas de lípidos saludables. Hagenimana et al. (2006) indican que el proceso de extrusión no afecta significativamente el contenido graso.

El contenido de fibra cruda aumenta conforme se incrementa la proporción de cañihua, alcanzando  $0.950 \pm 0.021\%$  en la formulación con 80% de cañihua. Morales et al. (2015) explican que la cañihua es rica en fibra insoluble, lo que contribuye a este aumento en las formulaciones extruidas.

Se observa una disminución en el contenido de carbohidratos con el aumento de cañihua, pasando de  $81.66 \pm 0.155\%$  (80% arroz) a  $76.64 \pm 0.104\%$



(80% cañihua). Esto está en línea con Jenkins et al. (1981), quienes reportan que el arroz tiene un mayor contenido de carbohidratos en comparación con la cañihua, que aporta mayor cantidad de proteínas y fibra.

La fibra dietética incrementa significativamente con la adición de cañihua, desde  $2.87 \pm 0.001\%$  en la formulación con 80% arroz hasta  $4.23 \pm 0.017\%$  con 80% cañihua. Morales et al. (2015) destacan que la cañihua es una excelente fuente de fibra dietética, contribuyendo a la mejora del perfil funcional y nutricional de los productos.

En resumen, la proteína del snack es mayor cuando el porcentaje de cañihua es mayor a la de arroz, a diferencia de carbohidratos que es mayor cuando la formulación es mayor en porcentaje de arroz. Además, la fibra dietética a diferencia en el snack es mayor cuando la variedad Illpa INIA tiene mayor porcentaje en la formulación.

#### 4.2.4. Propiedades físicas del snack extruido de cañihua

**Tabla 10**

*Propiedades físicas de los snacks extruidos con dos variedades de cañihua y arroz*

Formulaciones	Índice de Expansión (mm)	Densidad Aparente mg/ml	Textura (MJ)
F1 100% Harina de arroz	21.89±1.04 <sup>d</sup>	17.13±0.23 <sup>d</sup>	15.79±0.4 <sup>c</sup>
F2 80% H.A. y 20% H.C. (cupi)	18.27±0.45 <sup>a</sup>	13.82±0.27 <sup>a</sup>	15.24±0.84 <sup>a</sup>
F3 60% H.A. y 40% H.C (cupi)	17.51±0.54 <sup>b</sup>	12.26±0.28 <sup>a</sup>	8.28±1.14 <sup>a</sup>
F4 40% H.A. y 60% H. C. (Cupi)	16.66±0.7 <sup>b</sup>	11.49±0.26 <sup>b</sup>	2.74±0.45 <sup>b</sup>
F5 20% H.A. y 80% H.C. (Cupi)	15.78±0.36 <sup>c</sup>	11.34±0.22 <sup>c</sup>	2.65±0.18 <sup>c</sup>
F6 80% H.A. y 20% H.C. (Inia)	18.05±0.61 <sup>a</sup>	12.60±0.83 <sup>a</sup>	14.73±0.53 <sup>a</sup>
F7 60% H.A. y 40% h.c. (Inia)	16.1±0.03 <sup>b</sup>	12.86±0.13 <sup>a</sup>	12.73±0.97 <sup>a</sup>
F8 40% H.A. y 60% h.c. (Inia)	16.23±0.99 <sup>b</sup>	11.80±0.24 <sup>b</sup>	4.49±0.6 <sup>b</sup>
F9 20% H.A. Y 80% H.C. (Inia)	15.82±0.05 <sup>c</sup>	11.03±0.53 <sup>c</sup>	4.33±0.5 <sup>c</sup>

Nota: Los datos se expresan como media ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa.

En la tabla 10 se presentan los promedios y su desviación estándar de los resultados obtenidos para los índices de expansión, densidad aparente y textura de las formulaciones.

El índice de expansión muestra una disminución notable con el incremento de la proporción de harina de cañihua (HC) en las formulaciones. La formulación



F1, que contiene 100% de harina de arroz, presenta el mayor índice de expansión ( $21.89 \pm 1.04$  mm), mientras que las formulaciones con mayor proporción de cañihua, como F9 (20% de harina de arroz y 80% HC Illpa Inia), presentan índices significativamente más bajos ( $15,52 \pm 0,80$  mm). Esto se debe a la menor cantidad de almidón en la harina de cañihua en comparación con la harina de arroz. El almidón, cuando se exponen al calor y la presión del proceso de extrusión, gelatiniza y contribuye significativamente a la expansión del producto (Morales et al., 2015). La harina de cañihua, en cambio, contiene más proteínas y fibra, las cuales tienden a limitar la expansión debido a la formación de una matriz más densa y menos porosa (Fernández, 2004).

En ese sentido, un mayor índice de expansión está generalmente relacionado con productos más ligeros y aireados, lo cuales suelen ser preferidos por los consumidores, ya que ofrecen una textura crujiente y agradable (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2009). Por tanto, la formulación F1 es la mejor en términos de expansión.

La densidad aparente varía inversamente con el índice de expansión. F1, con el mayor índice de expansión, tiene la densidad aparente más baja ( $17.13 \pm 0.24$  mg/ml), mientras que las formulaciones con mayores proporciones de harina de cañihua, como F9, tienen densidades significativamente más altas ( $11.03 \pm 0.54$  mg/ml). Este patrón se debe a la reducción del volumen del producto al aumentar la proporción de cañihua, lo que genera una estructura más compacta y densa (Contreras, 2009). Además, la presencia de fibra y proteínas en la cañihua contribuye a una matriz más sólida, menos aireada y más resistente a la expansión (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2009).

En ese sentido, la densidad aparente más baja se asocia con una mejor



percepción de calidad en los snacks, ya que sugiere una textura más crujiente y un menor contenido energético. En este sentido, F1 es también la mejor formulación si se busca una baja densidad aparente.

Los valores de textura/dureza presentan un patrón similar al de la densidad aparente. La formulación F1 tiene una dureza relativamente alta ( $15,79 \pm 0,44$  N), mientras que las formulaciones F9 y F5 presentan una dureza considerablemente menor ( $4,35 \pm 0,50$  N y  $7,87 \pm 0,23$  N) respectivamente. La dureza disminuye con el incremento de la proporción de cañihua debido a que la estructura más densa del producto resulta en menos espacios porosos, lo cual dificulta la fractura del producto y lo hace menos crujiente Anderson, (1969).

En ese sentido, F9 con la menor dureza, podría ser considerada una formulación mejor si se busca un snack con textura más ligera y menos resistencia al morder (Ojeda, 2008).

Las tres propiedades físicas estudiadas (índice de expansión, densidad aparente y textura) se encuentran relacionadas. El alto índice de expansión y la baja densidad aparente, observados en F1 (100% harina de arroz), indica que esta formulación produce un snack más aireado y crujiente, lo cual es normalmente deseable en la producción de snacks.

#### **4.2.5. Composición tecno-funcional del snack extruido de harina de arroz como patrón**

Según la Tabla 11 se muestran las propiedades tecno funcionales después del extruido de la harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios de tres repeticiones.

**Tabla 11***Propiedades tecno-funcionales del extruido de harina de arroz*

COMPONENTE	100% HARINA ARROZ
% Índice de solubilidad en agua	6.94±0.174
g/g Índice de absorción de agua	5.86±1.293
g/g Poder de hinchamiento	6.30±1.400

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Según la Tabla 11 los resultados obtenidos muestran que la harina extruida de arroz. Es mayor su porcentaje en ISA y PH.

El valor promedio  $6.94 \pm 0.174\%$  refleja que la harina de arroz extruida presenta una moderada solubilidad en agua, lo que indica un nivel intermedio de gelatinización y dextrinización del almidón durante la extrusión. Esto es consistente con lo señalado por Kowalski et al. (2016), quienes explican que la dextrinización genera fragmentos de almidón solubles, mejorando la funcionalidad del producto para aplicaciones instantáneas. La extrusión produce este efecto debido a la combinación de calor, presión y cizallamiento mecánico, como lo describe Morales et al. (2015). Este resultado también sugiere que el almidón del arroz no alcanza niveles extremos de degradación.

#### **4.2.6. Índice de solubilidad de agua (% ISA) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz**

De acuerdo a la Tabla 12 se muestran las propiedades tecno funcionales de índice de solubilidad de agua después del extruido de las harinas de cañihua en diferentes formulaciones con harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios de las dos variedades de cañihua (Cupi e Illpa INIA) realizado con tres repeticiones.

**Tabla 12**

*Indice de solubilidad de agua (ISA) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz*

<b>VARIEDAD CAÑIHUA</b>	<b>80% H.A. y 20% H.C.</b>	<b>60% H.A. y 40% H.C.</b>	<b>40% H.A. y 60% H. C.</b>	<b>20% H.A. y 80% H.C.</b>
Cupi	7.38±1.437 <sup>a</sup>	5.93±1.514 <sup>b</sup>	14.98±0.530 <sup>c</sup>	16.32±0.597 <sup>c</sup>
Illpa INIA	3.14±0.805 <sup>a</sup>	10.12±0.599 <sup>b</sup>	16.08±0.501 <sup>c</sup>	17.68±0.642 <sup>c</sup>

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Según la Tabla 12 los resultados obtenidos muestran lo siguiente:

Se observa que el ISA aumenta a medida que la proporción de harina de arroz en la mezcla disminuye, y más cañihua se incorpora. Este comportamiento es esperado, dado que el almidón de la cañihua tiene una menor capacidad de gelatinización en comparación con el arroz, lo que puede afectar la solubilidad del producto final. Según Morales et al. (2015), los almidones de cañihua tienen un comportamiento menos viscoso y menos soluble en agua que los del arroz, lo que podría justificar una menor solubilidad en agua en las formulaciones con mayor proporción de cañihua.

Los resultados muestran diferencias en el ISA entre las dos variedades de cañihua. La variedad Illpa INIA presenta un ISA ligeramente mayor que la Cupi en las formulaciones con mayores proporciones de cañihua. Estas diferencias pueden deberse a variaciones genéticas en las propiedades fisicoquímicas de cada variedad, como el contenido de almidón y la estructura de proteínas, que influyen en la capacidad de solubilidad en agua.

Según Morales et al. (2015), las diferencias en la composición de los granos, como el contenido de amilosa (que influye en la gelatinización del almidón), pueden afectar directamente el ISA. La variedad Illpa INIA podría tener



una mayor proporción de amilosa, lo que favorece un mayor índice de solubilidad.

Por otro lado, la variedad Cupi podría contener un mayor porcentaje de proteína insoluble, lo cual limita la solubilidad en agua, como se ha observado en estudios similares de granos andinos (Morales et al., 2015).

El proceso de extrusión es conocido por modificar la estructura de los almidones y proteínas, afectando su solubilidad. Según Jenkins et al. (1981), la alta temperatura y la cizalla generada durante la extrusión aumentan la gelatinización de los almidones, lo que puede resultar en una mayor solubilidad en agua de los carbohidratos presentes. Sin embargo, este efecto es más pronunciado en los almidones de arroz debido a su mayor capacidad de gelatinización.

Por lo tanto, el ISA en las formulaciones con mayor porcentaje de arroz (80%) es más alto, lo que indica que el almidón del arroz se disuelve más fácilmente durante la extrusión, mientras que las formulaciones con mayor contenido de cañihua tienen un ISA más bajo debido a las propiedades más resistentes de sus almidones y proteínas.

El ISA tiene un impacto importante en las características funcionales del producto final, como su digestibilidad y textura. Los productos con un ISA elevado pueden ser más fácilmente digeribles y rehidratables. De acuerdo con Soto et al. (2023), un ISA mayor en los extruidos a base de arroz puede contribuir a una mayor disponibilidad de carbohidratos solubles, mejorando la digestibilidad y la absorción de energía. En cambio, la menor solubilidad en las formulaciones con más cañihua podría contribuir a una mayor cantidad de fibra insoluble, lo cual es beneficioso para la digestión y el control del azúcar en sangre.

El mayor índice de solubilidad de agua (ISA) se observó en la formulación

20% harina de arroz. 80% harina de cañihua variedad Illpa Inia con un 17.68%; de acuerdo con Basilio (2020) el índice de solubilidad en agua (ISA) de los extruidos de pseudo cereales como la quinua varían entre 19,92 y 30,20 % por efecto de influencia positiva de la temperatura. del mismo modo Ishara, (2024) asevera que el proceso de extrusión por acción de la temperatura aumenta significativamente el índice de solubilidad en agua de la harina de cañihua variedad Cupi, lo cual se atribuye principalmente a la gelatinización y fragmentación del almidón.

#### 4.2.7. Índice de absorción de agua (g/g IAA) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz

Según la Tabla 13 se muestran las propiedades tecno funcionales de índice de absorción de agua después del extruido de las harinas de cañihua en diferentes formulaciones con harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios de las dos variedades de cañihua (Cupi e Illpa INIA) realizado con tres repeticiones.

**Tabla 13**

*Índice de absorción de agua (IAA) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz*

<b>VARIEDAD CAÑIHUA</b>	<b>80% H.A. y 20% H.C.</b>	<b>60% H.A. y 40% H.C.</b>	<b>40% H.A. y 60% H. C.</b>	<b>20% H.A. y 80% H.C.</b>
Cupi	7.15±1.494 <sup>a</sup>	6.94±0.275 <sup>b</sup>	7.03±0.411 <sup>c</sup>	6.33±0.483 <sup>c</sup>
Illpa INIA	8.41±0.120 <sup>a</sup>	7.00±0.134 <sup>b</sup>	6.59±0.135 <sup>c</sup>	6.75±0.323 <sup>c</sup>

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

En base a los resultados de la Tabla 13, se observa que el índice de absorción de agua (IAA) es mayor en la formulación que contiene un 80% de harina de arroz y 20% de harina de cañihua de la variedad Illpa INIA, mientras



que la formulación con el 20% de harina de arroz y 80% de harina de cañihua de la variedad Cupi presenta el índice de absorción de agua más bajo.

Este comportamiento indica que el índice de absorción de agua está influenciado tanto por la proporción de harina de cañihua como por la variedad utilizada. Es posible que la variedad Illpa INIA tenga características que favorezcan una mayor capacidad de retención de agua en comparación con la variedad Cupi, posiblemente debido a diferencias en la composición de la fibra, proteínas o almidones en cada variedad. Estos factores pueden afectar la capacidad del producto final para absorber agua, lo cual es una propiedad funcional clave en productos alimenticios como los extruidos.

La cañihua tiene un alto contenido de proteínas, fibra y minerales, lo que puede afectar su capacidad para absorber agua. La producción de estos componentes en la mezcla de harinas utilizada para la extrusión puede determinar el IAA del producto final. Los reportes de Pérez et al., (2021) indicaron que un mayor contenido de proteínas puede aumentar la pérdida de líquidos debido a la capacidad gelificante de la proteína.

#### **4.2.8. Poder de hinchamiento (g/g PH) del snack extruido con dos variedades de cañihua y harina de arroz**

Según la Tabla 14 se muestran las propiedades tecno funcionales de poder de hinchamiento después del extruido de las harinas de cañihua en diferentes formulaciones con harina de arroz para el snack. Los datos están expresados en porcentajes de los promedios de las dos variedades de cañihua (Cupi e Illpa INIA) realizado con tres repeticiones.

**Tabla 14**

*Poder de hinchamiento (PH) del snack extruido de dos variedades de cañihua y arroz.*

<b>VARIEDAD</b>	<b>80% H.A. y</b>	<b>60% H.A. y</b>	<b>40% H.A. y</b>	<b>20% H.A. y</b>
<b>CAÑIHUA</b>	<b>20% H.C.</b>	<b>40% H.C.</b>	<b>60% H. C.</b>	<b>80% H.C.</b>
Cupi	7.71±1.533	7.37±0.298	8.42±0.805	7.91±0.546
Illpa INIA	8.69±0.177	7.79±0.098	7.81±0.180	8.58±0.39

Nota: Datos promediados de las tres repeticiones +- desviación estándar

Se observa que el poder de hinchamiento (PH) varía según la proporción de harina de cañihua en la mezcla, con un aumento en el PH a medida que la proporción de arroz disminuye y se incrementa la cantidad de cañihua. Este comportamiento puede explicarse por las diferencias en las propiedades estructurales y la composición de los almidones de cada ingrediente. El almidón de la cañihua, en comparación con el arroz, tiene una mayor capacidad de gelatinización, lo que permite una mayor expansión del producto durante la extrusión. Como indican Soto et al. (2023), los almidones de cañihua tienen una mayor capacidad de formar una red gelificada cuando se exponen a altas temperaturas, favoreciendo un mayor poder de hinchamiento. Por otro lado, el arroz tiene una mayor concentración de amilosa, lo que tiende a disminuir la expansión, ya que los almidones de amilosa son más compactos durante la extrusión, limitando el PH en las mezclas con mayor arroz.

Entre las dos variedades de cañihua, se observa que la variedad Illpa INIA presenta un poder de hinchamiento (PH) ligeramente mayor en comparación con la variedad Cupi en todas las proporciones de mezcla. Esto puede estar relacionado con las diferencias en la composición de los almidones y las proteínas



en cada variedad, que afectan su comportamiento durante la extrusión. Illpa INIA podría tener un mayor porcentaje de almidón amilopectina (un almidón más ramificado), lo que contribuye a una mayor capacidad de hinchamiento, ya que estos almidones se hinchan más durante la cocción. En cambio, la Cupi podría tener un mayor contenido de proteínas, lo que puede haber influido negativamente en el PH, ya que las proteínas interactúan con el agua y el almidón, limitando la expansión de la masa extruida. Según Morales et al. (2015), el contenido de proteína en la cañihua puede jugar un papel crucial en la limitación del PH, ya que las proteínas tienen una estructura que interfiere con la gelatinización del almidón, formando una red más densa que impide una mayor expansión de la masa extruida.

El proceso de extrusión influye en gran medida en el poder de hinchamiento de los productos finales, debido a las altas temperaturas y la presión a las que son sometidos. Según Jenkins et al. (1981), la extrusión de almidones a altas temperaturas provoca su gelatinización, un fenómeno que aumenta el volumen de la masa. Sin embargo, el grado de expansión depende en gran medida de la proporción de almidón amilopectina y amilosa, que son los principales responsables del aumento de volumen en el extruido. En las formulaciones con mayor contenido de arroz, el poder de hinchamiento tiende a ser menor debido al contenido predominante de amilosa, que es más resistente a la gelatinización en comparación con la amilopectina. Esto es consistente con los resultados observados, donde las mezclas con más arroz (80%) presentan un PH más bajo.

El poder de hinchamiento tiene implicaciones directas en las características sensoriales del producto final, como la textura y la crocancia. Los productos con un mayor PH tienden a ser más livianos y aireados, lo que contribuye a una mayor percepción de crujido al comerlos. Además, un mayor PH



también indica que el producto puede tener una mejor digestibilidad, ya que la estructura más aireada facilita la absorción de agua y mejora la acción enzimática durante la digestión (Soto et al., 2023).

El PH también tiene implicaciones nutricionales, ya que un mayor poder de hinchamiento puede mejorar la disponibilidad de nutrientes durante la digestión. Los productos con un mayor PH, debido a su mayor aireación, pueden permitir una mayor absorción de agua durante la digestión, facilitando la acción de las enzimas digestivas en los carbohidratos. Además, un mayor PH puede estar relacionado con una mejor dispersión de los nutrientes solubles, como las proteínas y los carbohidratos, lo que mejora su biodisponibilidad.

El ANVA del Poder de hinchamiento (PH) demuestra que no existe diferencia significativa en las iteraciones de harina y formulación correspondientes a poder de hinchamiento donde  $P \geq 0.05$  y se opta por no hacer comparaciones por parejas del método de Tukey como se observa en el anexo 11 que el PH demuestra que tiene comportamiento similar en cada una de las muestras.



## V. CONCLUSIONES

La cañihua se posiciona como un alimento altamente nutritivo debido a sus propiedades fisicoquímicas superiores en comparación con la harina de arroz. Las harinas de las variedades Cupi e Illpa INIA mostraron un mayor contenido proteico (15.15% y 14.66%, respectivamente) frente al 8.76% de la harina de arroz. El porcentaje de cenizas fue de 2.64% en Cupi y 2.11% en Illpa INIA, destacando un mayor contenido mineral respecto al 0.69% del arroz. En cuanto al contenido graso, las variedades de cañihua presentaron valores de 7.04% y 6.85%, superiores al 1.15% del arroz. Aunque los carbohidratos predominan en todos los productos analizados, la harina de arroz tuvo un contenido mayor (77.20%) en comparación con las variedades de cañihua (64.05% en Cupi y 63.80% en Illpa INIA). Sin embargo, la cañihua destacó por su superior contenido de fibra dietética, lo que resalta su potencial para mejorar la salud digestiva y su inclusión en alimentos funcionales.

La extrusión, combinada con la incorporación de cañihua, mejoró significativamente el perfil nutricional y las propiedades fisicoquímicas del snack final. A medida que aumentó la proporción de harina de cañihua en las formulaciones, se observaron incrementos en el contenido de proteínas (13.27% en Cupi y 12.7% en Illpa INIA) y cenizas (2.47% en Cupi y 2.67% en Illpa INIA), mientras que los carbohidratos disminuyeron (83.12% en Cupi y 81.86% en Illpa INIA). Estos cambios reflejan una mejor calidad nutricional del producto con mayor contenido de cañihua, consolidando su valor como ingrediente funcional.

El análisis de propiedades tecno-funcionales evidenció diferencias significativas según la proporción de cañihua y la variedad utilizada. El índice de expansión mostró una reducción a medida que se incrementó la harina de cañihua en la formulación, siendo de 21.89 mm para la formulación F1 (100% harina de arroz) y de 15.52 mm en F9 (20%



harina de arroz y 80% harina de cañihua Illpa INIA). La densidad aparente presentó una relación inversa con el índice de expansión, aumentando en formulaciones con mayor contenido de cañihua. En cuanto a la textura, las formulaciones con alta proporción de cañihua (F9 y F5) mostraron una dureza considerablemente menor (4.35 N) en comparación con la formulación F1 (15.9 N), indicando una textura más suave y adecuada para el consumo.

Los resultados mostraron diferencias entre las variedades Cupi e Illpa INIA en las propiedades tecno-funcionales, la variedad Illpa INIA destacó por un índice de solubilidad en agua (ISA) ligeramente superior al de la variedad Cupi, especialmente en formulaciones con alta proporción de cañihua. Además, la variedad Illpa INIA presentó un mayor índice de absorción de agua, indicando una mayor capacidad de retención de humedad, lo que la hace adecuada para mejorar la calidad funcional de los snacks. El poder de hinchamiento (PH) también mostró una tendencia ascendente a medida que la proporción de harina de cañihua aumentó, destacando nuevamente la superioridad de la Illpa INIA en formulaciones optimizadas. Este estudio resalta el potencial de la cañihua como un recurso estratégico en la agroindustria, especialmente en la elaboración de productos funcionales y saludables. La inclusión de cañihua en snacks extruidos no solo mejora la calidad nutricional y funcional del producto, sino que también promueve el uso sostenible de cultivos andinos, diversifica la oferta alimentaria y fomenta el desarrollo económico local. El conocimiento generado aporta bases sólidas para el diseño de alimentos innovadores, funcionales y adaptados a las demandas del consumidor actual.



## VI. RECOMENDACIONES

Explorar diferentes proporciones de harina de cañihua y arroz en la formulación del snack extruido. Al ajustar la cantidad de cañihua, es posible obtener un producto con las características deseadas en cuanto a textura, densidad y capacidad de retención de agua, lo que podría ampliar la variedad de opciones disponibles para los consumidores.

Realizar un análisis sensorial detallado de los diferentes snacks extruidos elaborados con cañihua para evaluar la aceptación por parte de los consumidores. Las pruebas de, sabor, aroma y apariencia proporcionarán información valiosa para mejorar las características del producto y adaptar la formulación a las preferencias del mercado.

Realizar un análisis más profundo de los beneficios nutricionales del snack extruido a base de arroz y cañihua a lo largo del tiempo. Evaluar su estabilidad nutricional durante el almacenamiento, así como la disponibilidad de nutrientes, contribuiría a mejorar el perfil de salud del producto y garantizaría su efectividad como parte de una dieta balanceada.

Dado el alto valor nutricional de la cañihua, se recomienda promover su inclusión en productos alimenticios como una alternativa saludable a los snacks tradicionales. La cañihua es una fuente excelente de proteínas y fibra, lo que la convierte en una opción atractiva para los consumidores que buscan productos más nutritivos y funcionales.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aburto, R., & Taboada, J. (2019). Efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack, utilizando quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de haba (*Vicia Faba*). 153.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(3), 240-257.
- Anderson, RA (1969). Absorción y solubilidad del agua y su relación con la estructura del almidón. *Cereal Chemistry* , 46, 548-551.
- Anderson, R. A. (1969). Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *J. Cereal. Sci.*, 14, 4–7.
- AOAC. (1990). Official Methods of analysis of the Association of official Analytic Chemical of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (1994). The Scientific Association Dedicated Analytical Excellence. 77(1), 1–296.
- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de kañiwa-Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno-CIRMA. Editorial Altiplano E.I.R.L., 1, 43.
- Armstrong, G., Farley, H., Gray, J., & Durkin, M. (2005). Marketing health-enhancing foods: implications from the dairy sector. *Marketing Intelligence & Planning*, 23(7), 705–719. <https://doi.org/10.1108/02634500510630221>
- Banchón, D. M., & Cruz, D. P. (2017). Propuesta para mejora de los procesos operativos de la arrocera del Pacífico S.A. en el cantón Samborondón.



- Basilio, J. (2020). 'Obtención De Una Mezcla Alimenticia A Partir De Quinoa (Chenopodium Quinoa) Y Kiwicha (Amaranthus Caudatus) Extruidas, Y Tarwi (Lupinus Mutabilis)'.
- Basilio, J., Condezo, L., & Carrasco, R. R. (2020). Effect of extrusion cooking on the physical-chemical properties of whole kiwicha (*Amaranthus caudatus* L) flour variety centenario: Process optimization. *Lwt*, 128(April), 109426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109426>
- Berrios, J. D. J., Morales, P., Cámara, M., & Sánchez-Mata, M. C. (2010). Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours. *Food Research International*, 43(2), 531–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.035>
- Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, S., & Jager, M. (2010). Granos Andinos Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, canihua y kiwicha en Peru.
- Castillo, E. J. (2010). "Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)". 1–128.
- Contreras, B. (2009). Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Maestría en tecnología avanzada, Instituto Politécnico Nacional, 24–25.
- Corrales, J. (2019). Desarrollo de arroz extruido para la elaboración de barras de cereal en la planta extrusora CNCH. 42.
- Cueto, M., Porrás-Saavedra, J., Farroni, A., Alamilla-Beltrán, L., Schöenlechner, R., Schleining, G., & Buera, P. (2015). Physical and mechanical properties of maize extrudates as affected by the addition of chia and quinoa seeds and antioxidants. *Journal of Food Engineering*, 167, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.027>



- Del Castillo, C. (2016). Diversidad genética y caracterización nutricional de pseudocereales andinos en diferentes regiones del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Perú.
- Escalant, A., Ramírez, B., Torres, P. I., López, J., Figueroa, J. D., Barrón, J. M., Morales, I., Ponce, N., & Gutiérrez, R. (2014). Obtaining ready-to-eat blue corn expanded snacks with anthocyanins using an extrusion process and response surface methodology. *Molecules*, 19(12), 21066–21084. <https://doi.org/10.3390/molecules191221066>
- Espinoza, C. (2017). Evaluación de las propiedades nutricionales y funcionales de los pseudocereales andinos. *Revista de Alimentos Andinos*, 23(4), 45-52.
- Estrella, B., & Elisa, D. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Nutritional and antioxidant properties of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). 2(1), 47–53.
- Fernández, JR (2004). Cambios fisicoquímicos de los carbohidratos y proteínas durante el proceso de extrusión. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3(2), 101-109.
- Fernández, J. A. (2004). Estudio De La Interacción De Los Biopolímeros Caseína Y Almidón Por El Proceso De Extrusión. *Centro De Investigación En Ciencia Aplicada Y Tecnología Avanzada Estudio*, 1–93.
- Gallardo, C., Jiménez, L. y García, M. (2013). "Evaluación del contenido proteico en harinas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y arroz (*Oryza sativa*)." *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40(1), 77
- Gani, A., Nazia, S., Rather, S. A., Wani, S. M., Shah, A., Bashir, M., Masoodi, F. A., & Gani, A. (2014). Effect of  $\gamma$ -irradiation on granule structure and physicochemical properties of starch extracted from two types of potatoes



grown in Jammu & Kashmir, India. *Lwt*, 58(1), 239–246.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.008>

González, R. J., Torres, R. L., De Greef, D. M., Tosi, E., & Re, E. (2002). Effects of popping and extrusion processes on some hydration properties of Amaranth. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 19(4), 391–395.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-66322002000400006>

Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Effect of extrusion cooking on nutritional composition and physicochemical properties of rice-based snacks. *Journal of Food Science*, 71(6), S373-S378.

Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 38–46.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.09.003>

INIA, P. (2004). Inia-Illpa 406. Instituto Nacional de Innovación Agraria, 1.

Ishara, E. (2024). Modificación de almidón de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) con anhídrido octenil succínico y evaluación de su función estabilizante de emulsiones.

Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2), 167-177.

Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., Bowling, A. C., Newman, H. C., Jenkins, A. L., & Goff, D. V. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34(3), 362–366.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/34.3.362>



- Jiménez, A. y Sanz, J. (2003). "Estudio de la fibra dietética en cereales y pseudocereales." Universidad de Castilla-La Mancha.
- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., & 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>
- Laureano, L. E., & Avellaneda, M. R. (2018). Influencia de la Temperatura de Extrusion en la calidad de un Snack elaborado a base de Pallar (*Phaseolus lunatus*) y Arroz (*Oryza sativa*). 220.
- Llopart, E. E. (2011). Efectos de las condiciones de extrusión en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de productos extrudidos de sorgo integral de bajo contenido de taninos. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA.
- Lorena Cerón-fernandez, C., Vanessa Guerra-morcillo, L., Aníbal Legarda-quintero, J., German Enríquez-collazos, M., & Pismag-portilla, Y. (2016). efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) effect of extrusion on the physicochemical characteristics of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) efeito da extrusão sobre as características físico-químicas da farinha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2). [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Mangelson, H., Jarvis, D. E., Mollinedo, P., Rollano-Penalosa, O. M., Palma-Encinas, V. D., Gomez-Pando, L. R., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. (2019). The genome of *Chenopodium pallidicaule*: An emerging Andean super grain. *Applications in Plant Sciences*, 7(11), 1–12. <https://doi.org/10.1002/aps3.11300>
- Mason, W. R., & Hoseney, R. C. (1986). Factors Affecting the Viscosity of Extrusion-Cooked Wheat Starch. *Cereal Chemistry*.



- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., & Uribe, E. (2011). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*, 32(3), 258-263.
- Morales, E., Dávalos, A., & Rivera, J. (2015). Composición nutricional y funcionalidad de harinas de granos andinos: quinoa, amaranto y cañihua. *Food Research International*, 45(3), 123-129.
- Morales, P., Añón, MC, & Gallo, ME (2015). Cocción por extrusión de productos alimenticios: una revisión de investigaciones recientes. *Tecnología de alimentos y bioprocesos*, 8(6), 123-133.
- Morales, P., Berrios, J. D. J., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Muzquiz, M., & Pedrosa, M. M. (2015). Novel fiber-rich lentil flours as snack-type functional foods: An extrusion cooking effect on bioactive compounds. *Food and Function*, 6(9), 3135–3143. <https://doi.org/10.1039/c5fo00729a>
- Mujica, A., Ichuta, V. y Jacobsen, SE (2001). "La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen): Biología y producción". Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Morales, P., Berrios, J. D. J., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Muzquiz, M., & Pedrosa, M. M. (2015b). Novel fiber-rich lentil flours as snack-type functional foods: an extrusion cooking effect on bioactive compounds. *Food & Function*, 6(9), 3135–3143. <https://doi.org/10.1039/C5FO00729A>
- Ojeda, M. (2008). Comparación de Algunas Propiedades Físicas y Composición Química del Almidón de Piñón (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch), Papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Hawkes) y Maíz (*Zea mays* L.). Universidad Austral de Chile.



- Pérez, C., Betancur, D., Casotto, M., Carmona, A., & Tovar, J. (2007). Archivos Latinoamericanos de Nutricion: Editorial. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 57(3), 211.
- Pérez, M. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., & Ramírez, J. carmen. (2021). Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.). *Biocencia*, 23(1), 120–126. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v23i1.1306>
- Quispe, J. C., Guevara, M., Aguilar, S. L., Flores, G. A., Velásquez, W. L., & Quispe, C. N. (2022). Implicancias del cambio climático en el rendimiento de la producción de *CHENOPODIUM PALLIDICAULE* (cañihua) en Lampa, Región Puno-Perú. *Revista Alfa*, 6(16), 107–119. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.153>
- Ramirez, D. P., Henrique, L., Ramirez, J. L., & Piler, C. W. (2016). Physical-chemical characterization of pre-cooked mixed rice flour and barley bagasse. *Semina: Ciencias Agrarias*, 37(2), 737–750. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p737>
- Ramos, J., Kirjoranta, S., Tenitz, S., Penttilä, P. A., Serimaa, R., Lampi, A. M., & Jouppila, K. (2013). Use of amaranth, quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks. *Journal of Cereal Science*, 58(1), 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.04.003>
- Ramos, J., Suuronen, J., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *Lwt*, 64(2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium*



- pallidicaule). *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189.  
<https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- Repo-Carrasco, R. y Encina, C. (2008). "Composición química y valor nutritivo de quinua y cañihua." *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 86-92.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., de La Cruz, A. A., Alvarez, J. C. I., & Kallio, H. (2009). Chemical and functional characterization of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(2), 94–101. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0109-0>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Peña, J., & Kallio, H. (2009). Dietary fiber and other functional components in Andean traditional crops (quinoa, kaniwa, kiwicha) and lupins (*Lupinus mutabilis*). *Food Chemistry*, 112(1), 85-92.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*), and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Food Science*, 75(2), 94-102.
- Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. *Universidad Austral de Chile*, 3, 1–23.
- Rodriguez, D. P. (2017). Potencial de rendimiento de líneas mutantes de arroz (*oryza sativa* L.) desarrolladas mediante aplicación de rayos gamma en condiciones del valle de jequetepeque.
- Rodríguez, E. y Laguna, M. (2009). "Estudio comparativo del contenido de cenizas y minerales en harinas de cañihua y arroz." *Revista de Nutrición y Alimentos*, 23(2), 101-108.



- Rojas, M., & Morales, D. (2021). Capacidad saciante y tamaño de porción para comida y snack en universitarios mexicanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 178–185. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.003>
- Rojas, W., Soto, J. L., Pinto, M., Jäger, M., & Padulosi, S. (2010). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. In *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*.
- Ruales, J., & Nair, BM (1993). "Efecto del procesamiento sobre las características fisicoquímicas de las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)". *Química de los alimentos*, 48(2), 137-143.
- Ruales, J., & Nair, BM (1994). "Calidad nutricional de la proteína en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.)". *Alimentos Vegetales para Nutrición Humana*, 45, 223-246.
- Soto, P., Vargas, H., & Landa, D. (2023). Impacto del proceso de extrusión en el valor nutricional y propiedades fisicoquímicas de harinas de arroz. *Journal of Food Technology*, 58(2), 210-219.
- Soto, C. V., Pérez-Bravo, F., & Mariotti-Celis, M. S. (2023). Amount, stability, and digestibility of carbohydrates after the extrusion process: Impact on the glycemic index of flours commonly consumed in Chile. In *Revista Chilena de Nutrición (T. 50, Numerus 2, pp. 233–241)*. Sociedad Chilena de Nutrición Bromatología y Toxicología. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182023000200233>
- Tapia, M. (2017). Industrialización de la kañihua en el Centro Promotor de La Industrialización de la Kañiwa. *Universidad Global*, 01, 54.



- Valencia, H., Bravo, L. y López, A. (2010). "Composición química y valor nutricional de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)." *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(3), 193-200.
- Wright, KH, Pike, OA y Fairbanks, DJ (2002). "Quinoa y amaranto: composición del grano y calidad de la proteína". *Alimentos vegetales para la nutrición humana*, 57(3), 89-97.
- Zhu, F. (2016). Effect of processing on quality attributes of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and its product. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 125-133.



## ANEXOS

**ANEXO 1.** ANVA, Análisis del contenido de Humedad en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Formulaciones	4	22.39	5.60	22.33	0.000
Harina de Cañihua					
Error	24	6.01	0.25		
Total	29	28.48			

**ANEXO 2.** Análisis de varianza del contenido de Ceniza en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Formulaciones	4	7.81	1.95	6.29	0.001
Harina de Cañihua					
Error	24	7.45	0.31		
Total	29	15.99			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

HARINA	N	Media	Agrupación
CUPI	15	10,1696	A
INIA	15	9,9552	B
ARROZ	14	6,8476	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 3.** Análisis de varianza del contenido de Proteína en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA



Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones	4	84.19	21.04	6.29	0.001
Harina de Cañihua					
Error	24	2.84	0.31		
Total	29	87.12			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**HARINA N Media Agrupación**

CUPI	15 11,3154	A
INIA	15 11,1011	B
ARROZ	15 8,7566	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 4.** Análisis de varianza del contenido de Grasa en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones	4	37.71	9.42	11.92	0.000
Harina de Cañihua					
Error	24	18.98	0.79		
Total	29	87.12			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**HARINA N Media Agrupación**

CUPI	15 4,47895	A
INIA	15 4,32264	B
ARROZ	15 1,63322	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 5.** Análisis de varianza del contenido de Fibra en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA



Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones	4	0.91	0.22	36.03	0.000
Harina de Cañihua					
Error	24	0.15	0.001		
Total	29	1.22			

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

**HARINA N Media Agrupación**

CUPI	15 4,49453	A
INIA	15 4,28841	B
ARROZ	15 2,80300	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 6.** Análisis de varianza del contenido de Carbohidratos en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones	4	257.42	64.35	43.39	0.000
Harina de Cañihua					
Error	24	35.6	1.48		
Total	29	296.89			

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

**HARINA N Media Agrupación**

ARROZ	15 79,9604	A
INIA	15 75,3326	B
CUPI	15 74,5528	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 7.** Análisis de varianza del contenido de Fibra dietética en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Harina de cañihua	2	11,27	5,6369	14,00	0,000
Error	42	16,91	0,4025		
Total	44	28,18			

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

**HARINA N Media Agrupación**

CUPI	15	3,810	A
INIA	15	3,753	A
ARROZ	15	2,72078	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 8.** Análisis de la propiedad tecno- funcional de índice de absorción de agua

**8A.** Análisis de varianza de índice de absorción de agua de snack extruido de dos variedades de cañihua: Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones					0.000
Harina de Cañihua	4	683.15	170	58.84	
Error	24	69.6	1.75		
Total	29	752.58			

**8B.** Análisis de varianza de índice de absorción de agua de snack extruido para harina y formulación

Modelo lineal general: IAA vs. HARINA; FORMULACIÓN

Análisis de Varianza



Fuente	SC		MC	Valor	
	GL	Ajust.	Ajust.	F	Valor p
HARINA	2	9,042	4,5211	4,65	0,017
FORMULACIÓN	4	7,720	1,9299	1,98	0,122
HARINA*FORMULACIÓN	8	6,397	0,7996	0,82	0,589
Error	30	29,171	0,9724		
Total	44	52,329			

**8C.** Comparación de Tukey para índice de absorción de agua de snack extruido para harina

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

HARINA	N	Media	Agrupación
3	15	6,92115	A
2	15	6,66523	A B
1	15	5,86847	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**8D.** Comparación de Tukey para índice de absorción de agua de snack extruido para formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

FORMULACIÓN	N	Media	Agrupación
2	9	7,14544	A
3	9	6,60358	A
4	9	6,48767	A
5	9	6,31958	A
1	9	5,86847	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**9E.** Comparación de Tukey para índice de absorción de agua de snack extruido para la interacción harina con formulación.



## Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA\*FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

HARINA*FORMULACIÓN	N	Media	Agrupación
3 2	3	8,41880	A
2 2	3	7,14907	A
2 4	3	7,03553	A
3 3	3	7,00533	A
2 3	3	6,93693	A
3 5	3	6,75413	A
3 4	3	6,55900	A
2 5	3	6,33613	A
1 2	3	5,86847	A
1 3	3	5,86847	A
1 4	3	5,86847	A
1 5	3	5,86847	A
1 1	3	5,86847	A
2 1	3	5,86847	A
3 1	3	5,86847	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### ANEXO 9. Análisis de la propiedad tecno- funcional de índice de solubilidad de agua

9A. Análisis de varianza de índice de solubilidad de agua de snack extruido de dos variedades de cañihua: Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor-P
Proporciones	4	683.15	170	58.84	0.000
Harina de Cañihua					
Error	24	69.6	1.75		
Total	29	752.58			

**9B.** Análisis de varianza de índice de solubilidad de agua de snack extruido para harina y formulación

**Modelo lineal general: ISA vs. HARINA; FORMULACIÓN**

**Análisis de Varianza**

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>		<b>MC</b>	
	<b>GL</b>	<b>Ajust.</b>	<b>Ajust.</b>	<b>Valor F Valor p</b>
HARINA	2	1471,8	735,913	1608,52 0,000
FORMULACIÓN	4	3787,0	946,744	2069,34 0,000
HARINA*FORMULACIÓN	8	5548,2	693,526	1515,87 0,000
Error	30	13,7	0,458	
Total	44	10820,7		

**9C.** Comparación de Tukey para índice de solubilidad de agua de snack extruido para harina

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**HARINA N Media Agrupación**

2	15 20,8760	A
3	15 12,6736	B
1	15 6,9400	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**9D.** Comparación de Tukey para índice de solubilidad de agua de snack extruido para formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**FORMULACIÓN N Media Agrupación**

5	9 31,2573	A
4	9 12,6689	B
1	9 10,0689	C



3	9 7,6649	D
2	9 5,8227	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**9E.** Comparación de Tukey para índice de solubilidad de agua de snack extruido para la interacción harina con formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA\*FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

HARINA*FORMULACIÓN	N	Media	Agrupación
2 5	3	69,1453	A
3 5	3	17,6867	B
3 1	3	16,3267	B C
3 4	3	16,0800	B C
2 4	3	14,9867	C
3 3	3	10,1280	D
2 2	3	7,3813	E
1 2	3	6,9400	E
1 1	3	6,9400	E
1 5	3	6,9400	E
1 4	3	6,9400	E
2 1	3	6,9400	E
1 3	3	6,9400	E
2 3	3	5,9267	E
3 2	3	3,1467	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO 10.** Análisis de la propiedad tecno- funcional del poder de hinchamiento



**10B.** Análisis de varianza de poder de hinchamiento de snack extruido para harina y formulación

Modelo lineal general: PH vs. HARINA; FORMULACIÓN

Análisis de Varianza

Fuente	SC		MC	Valor	
	GL	Ajust.	Ajust.	F	Valor p
HARINA	2	19,845	9,9225	8,58	0,001
FORMULACIÓN	4	10,741	2,6852	2,32	0,079
HARINA*FORMULACIÓN	8	7,688	0,9609	0,83	0,582
Error	30	34,684	1,1561		
Total	44	72,958			

**10C.** Comparación de Tukey para poder de hinchamiento de snack extruido para harina

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

HARINA	N	Media	Agrupación
3	15	7,83973	A
2	15	7,54705	A
1	15	6,30766	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**10D.** Comparación de Tukey para poder de hinchamiento de snack extruido para formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<b>FORMULACIÓN</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
5	9	7,60391	A
2	9	7,56937	A
4	9	7,51755	A
3	9	7,15891	A
1	9	6,30766	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**10E.** Comparación de Tukey para poder de hinchamiento de snack extruido para la interacción harina con formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA\*FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<b>HARINA*FORMULACIÓN</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3 2	3	8,69314	A
3 5	3	8,58735	A
2 4	3	8,42884	A
2 5	3	7,91672	A
3 4	3	7,81615	A
3 3	3	7,79436	A
2 2	3	7,70732	A
2 3	3	7,37473	A
1 3	3	6,30766	A
2 1	3	6,30766	A
1 2	3	6,30766	A
1 4	3	6,30766	A
1 5	3	6,30766	A
1 1	3	6,30766	A
3 1	3	6,30766	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**ANEXO 11.** Análisis de la propiedad tecno- funcional del índice de expansión

**11B.** Análisis de varianza de índice de expansión de snack extruido para harina y formulación

Modelo lineal general: INDICE DE EXPANSIÓN vs. HARINA; FORMULACIÓN

Análisis de Varianza

Fuente	SC		MC	Valor	
	GL	Ajust.	Ajust.	F	Valor p
HARINA	2	158,62	79,3104	125,92	0,000
FORMULACIÓN	4	89,72	22,4304	35,61	0,000
HARINA*FORMULACIÓN	8	47,39	5,9233	9,40	0,000
Error	30	18,89	0,6298		
Total	44	314,62			

**11C.** Comparación de Tukey para índice de expansión de snack extruido para harina

**Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA**

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

HARINA	N	Media	Agrupación
1	15	21,8963	A
2	15	18,2022	B
3	15	17,6770	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



**11D.** Comparación de Tukey para índice de expansión de snack extruido para formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<b>FORMULACIÓN</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
1	9	21,8963	A
2	9	19,5457	B
3	9	18,5037	B C
4	9	18,2198	C
5	9	18,1272	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



11E. Comparación de Tukey para índice de expansión de snack extruido para la interacción harina con formulación

Comparaciones por parejas de Tukey: HARINA\*FORMULACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<b>HARINA*FORMULACIÓN</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
1 1	3	21,8963	A
1 2	3	21,8963	A
1 3	3	21,8963	A
1 4	3	21,8963	A
1 5	3	21,8963	A
2 1	3	21,8963	A
3 1	3	21,8963	A
3 2	3	18,4667	B
2 2	3	18,2741	B
2 3	3	17,5148	B C
2 4	3	16,6630	B C
2 5	3	16,6630	B C
3 3	3	16,1000	B C
3 4	3	16,1000	B C
3 5	3	15,8222	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



## ANEXO 12 Análisis físicoquímicas de las harinas sin procesar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



---

FIQ Nro

Certificado de Análisis

Nº 002615

---

**ASUNTO** : ANALISIS FISICO QUIMICAS: HARINA DE CEREALES

**SOLICITANTE** : BACH. MIGUEL IVAN DIAZ CARBAJAL

**PROCEDENCIA** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**TITULO DEL PROYECTO:** EVALUACION FISICOQUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE SNACK  
EXTRUIDO CON DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA (*Chenopodium  
Pallidicaule Aellen*)

**FECHA DE RECEPCION** : 07-11-2023  
**FECHA DE ENSAYO** : 07-11-2023  
**FECHA DE EMISION** : 22-11-2023  
**CODIGO** : B009 - 000556

---

**CARACTERISITICAS FISICO QUIMICAS:**

ENSAYOS	HARINA DE CAÑIHUA V. CUPI			HARINA DE CAÑIHUA V. INIA			HARINA DE ARROZ		
	R-1	R-2	R-3	R-1	R-2	R-3	R-1	R-2	R-3
Humedad (%)	13.17	13.15	13.15	9.94	9.97	10.01	10.79	10.81	10.83
Ceniza (%)	2.28	2.30	2.29	1.90	1.90	1.92	6.12	6.10	6.10
Proteína (%)	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	7.81	7.81	7.81
Grasas (%)	7.59	7.58	7.62	7.54	7.51	7.52	1.45	1.45	1.47
Fibra cruda (%)	6.12	6.09	6.11	6.02	6.00	5.58	2.52	2.50	2.48
Carbohidratos (%)	57.68	57.72	57.67	61.44	61.46	61.81	71.31	71.33	71.31
Fibra Dietética %	4.75	4.70	4.73	4.75	4.80	4.77	2.45	2.43	2.40

**METODOS DE ENSAYO:**  
**HUMEDAD** : NTP 205.002:1979 (Revisada el 2016) (1979) CEREALES Y MENESTRAS.  
**PROTEINA** : NTP 205.005:2018. CEREALES Y MENESTRAS  
**CENIZA** : NTP 205.004:2017. CEREALES Y MENESTRAS.  
**GRASAS** : AOAC 2003.06-2006  
**FIBRA CRUDA** : NTP 205.003:2017/CT 1:2018  
**CARBOHIDRATOS:** Por diferencia  
**FIBRA DIETETICA:** AOAC 2003.06-2006

---

**CONCLUSIONES:**  
 La muestra analizada se encuentra dentro de los límites permisibles y es **CONFORME** según la Especificaciones de la NTP 205.062:2021. GRANOS ANDINOS.

Puno, C.U. 10 de Enero del 2024

  
 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 FIQ-URIA-CP-182303

  
 Dr. Teófilo Donaires Flores  
 DECANO DE LA F.I.Q.  
 UNA - PUNO



ANEXO 13. Analisis fisicoquímico del snack extruido de cañihua

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

---

FIQ Nro

Certificado de Análisis

Nº 002614

**ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICAS: SNACK EXTRUIDO DE CAÑIHUA**

SOLICITANTE : BACH. MIGUEL IVAN DIAZ CARBAJAL  
 PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TITULO DEL PROYECTO : EVALUACION FISICOQUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE SNACK  
 EXTRUIDO CON DOS VARIETADES DE CAÑIHUA (*Chenopodium  
 Polidicaule Aellen*)

FECHA DE RECEPCION : 07-11-2023  
 FECHA DE ENSAYO : 07-11-2023  
 FECHA DE EMISION : 22-11-2023  
 CODIGO : 8009 - 000554

**DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO QUIMICAS:**

MUESTRA	% HUMEDAD	% CENIZA	% PROTEINA	% GRASA	% FIBRA	% CARBOHIDRATOS	% FIBRA DIETARIA
F1 100% HARINA DE ARROZ	4.96 4.91 4.94	0.26 0.27 0.26	8.03 7.81 8.03	6.52 6.53 6.57	0.97 1.01 0.99	79.26 79.47 79.21	1.53 1.50 1.55
F2 60% H.A. 20% H. C. VAR. CUPI	5.58 5.52 5.56	0.75 0.77 0.75	8.92 8.92 8.70	5.35 5.37 5.35	0.98 0.96 1.00	78.42 78.46 78.64	1.44 1.46 1.42
F3 60% H.A. 40% H. C. VAR. CUPI	5.72 5.80 5.75	1.57 1.60 1.69	10.48 10.48 10.26	5.65 5.67 5.69	0.87 0.90 0.88	75.71 75.55 75.73	2.73 2.74 2.73
F4 40% H.A. 60% H. C. VAR. CUPI	4.40 4.41 4.39	0.17 0.20 0.19	12.04 12.04 12.27	9.09 9.10 9.12	0.73 0.75 0.77	73.57 73.50 73.26	1.63 1.64 1.60
F5 20% H.A. 80% H. C. VAR. CUPI	3.05 3.00 3.07	2.39 2.41 2.40	12.94 12.97 12.71	9.78 9.78 9.79	0.77 0.77 0.79	71.07 71.07 71.24	1.48 1.46 1.48
F6 80% H.A. 20% H. C. VAR. INIA	5.86 5.82 5.83	0.22 0.25 0.24	9.37 9.59 9.59	6.32 6.30 6.32	0.99 1.03 1.00	77.24 77.01 77.02	2.85 2.87 2.90
F7 60% H.A. 40% H. C. VAR. INIA	5.13 5.12 5.16	1.17 1.12 1.15	10.71 10.71 10.48	7.65 7.64 7.63	0.65 0.68 0.63	74.69 74.73 74.95	1.35 1.36 1.33
F8 40% H.A. 60% H. C. VAR. INIA	2.96 2.97 2.95	1.41 1.47 1.44	11.60 11.15 11.60	7.12 7.10 7.08	0.51 0.57 0.54	76.40 76.74 76.39	3.15 3.15 3.17
F9 20% H.A. 80% H. C. VAR. INIA	4.25 4.27 4.30	0.65 0.64 0.66	12.27 12.27 12.04	8.08 8.10 8.09	0.46 0.47 0.50	74.29 74.25 74.41	1.42 1.45 1.40

**CONCLUSIÓN:** Los resultados FISICO QUIMICOS están conformes  
 Puno, C.U. 10 de Enero del 2024

**ING. LUZ MARINA TEVES PONCE**  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 FIQ-UNA-CP-192510

**Dr. Teófilo Donzales Flores**  
DECANO DE LA F.I.Q.  
 UNA / PUNO

: Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

Escaneado con CamScanner

**ANEXO 14.** Snack extruido variedad cupi, formulación 80% H. de cañihua y 20% H. arroz.



**ANEXO 15.** Snack extruido variedad Ilppa Inia, formulación 60% H. de cañihua y 40% H. arroz





**ANEXO 16.** Snack extruido 100% harina de arroz





## ANEXO 17. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MIGUEL IVAN DIDZ CARBOJAL  
identificado con DNI 73528940 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRINDUSTRIAL

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

“ EVALUACION FISICO-QUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE SNOCK  
EXTRUIDO CON DOS VARIEDADES DE CINIHA (Chenopodium  
Pallidicaule Dehn) ”

Es un tema original.

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

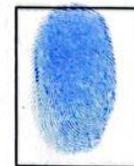
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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

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

Puno 20 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 18. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

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

Por el presente documento, Yo MIGUEL IVON DÍAZ CARBOSOL  
identificado con DNI 73528940 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

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

" EVALUACION FISICOQUIMICA Y TECNO-FUNCIONAL DE SNACK  
EXTRUIDO CON DOS VARIETADES DE CAÑIHUA (Chenopodium  
Pallidicaule Deden) "

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella