

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS**  
**AGRONÓMICOS Y FORESTALES**



**TESIS**

**FORMULACIÓN DE SNACKS DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa Willd*), CHÍA (*Salvia hispánica*) Y MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays*)  
POR PROCESO DE EXTRUSIÓN**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

AGRONOMÍA

**PRESENTADO POR:**

MENDOZA CISNEROS JEAN NELVER

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

**ASESORA**

MARY AMELIA CÁRDENAS BUSTAMANTE

**HUANTA, AYACUCHO- PERÚ**

**2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL ELABORACION DE SNA  
CK-2024.docx**

AUTOR

**JEAN MENDOZA**

RECUENTO DE PALABRAS

**24493 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**132847 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**121 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**12.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 4, 2024 6:39 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 4, 2024 6:41 PM GMT-5****● 14% de similitud general**

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

**FORMULACIÓN DE SNACKS DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa*  
Willd), CHÍA (*Salvia hispánica*) Y MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays*) POR  
PROCESO DE EXTRUSIÓN**

Autor:

MENDOZA CISNEROS JEAN NELVER

Asesora:

MARY AMELIA CÁRDENAS BUSTAMANTE



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL EN INGENIERÍA DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES**

En Huanta, en el auditorio de cinco esquinas Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, a los 24 días del mes de julio del 2024, siendo las 1:00 pm horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los docentes:

**Dr. Juan Quispe Rodríguez**  
**Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada**  
**Dr. Enderson Henry Cruz Mamani**

**Presidente**  
**Primer miembro**  
**Segundo miembro**

Se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 064-2024-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del Bachiller Jean Nelver Mendoza Cisneros, con la tesis titulada "FORMULACIÓN DE SNACKS DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa* Willd), CHÍA (*Salvia hispánica*) Y MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays*) POR PROCESO DE EXTRUSIÓN", y asesorado por: Mtra. Mary Amelia Cárdenas Bustamante para optar el Título profesional de Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

**Observaciones:**


NINGUNA

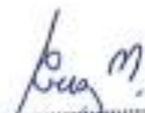
Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluador, los mismos que fueron defendidas y absueltas por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:


|            |     |
|------------|-----|
| Cum laude  | ( ) |
| Bueno      | (x) |
| Aprobado   | ( ) |
| No aprueba | ( ) |

Con la calificación de Diecisiete (17) siendo las 1:00 pm se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

  
Dr. Juan Quispe Rodríguez  
PRESIDENTE

  
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada  
PRIMER MIEMBRO

  
Dr. Enderson Henry Cruz Mamani  
SEGUNDO MIEMBRO

  
Bach. Jean Nelver Mendoza Cisneros  
TESISTA

## RESUMEN

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de una formulación para la elaboración del snack utilizando quinua blanca, chía y el maíz amarillo duro a través del proceso de extrusión. Se inicia realizando el acondicionamiento de la materia prima en los factores del tamaño de partícula y humedad teniendo como resultado, la quinua con un valor del 0.707 mm, la chía con 0.595 mm y finalmente el maíz amarillo duro con 0.842 mm, factor que impacta significativamente en la calidad y las propiedades del producto. En cuanto a la humedad se acondiciono cada formulación a un 12% de humedad. La formulación F4 con un 10% de quinua blanca, 2 % de chía y 88 % maíz amarillo duro presenta un índice de expansión del 2.08 considerado un valor alto luego de proceso de extrusión indicando que la calidad y las propiedades sensoriales del producto extruido son adecuados. Se determino el valor nutricional inicialmente en los componentes de proteínas con un 35,4 % , grasa 33,74% y una humedad del 9.42 % y que al ser sometidas a un proceso de extrusión presenta una mediana variación en la proteínas 11,46 % , grasa 6,30 % y una humedad del 7,04 % , la que indica que no hay cambios significativos en los valores nutricionales del snack ya se tiene que tomar en cuenta que la proteína al ser sometida a proceso de extrusión serán modificadas par que sea un producto digerible y apta para el consumo . La prueba de aceptabilidad del snack de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro en sus dos formulaciones F2 (88%, 10.5%, 1.5%) y F4 (88% ,10.0% ,2.0%), al someterlas a la evaluación utilizando la escala hedónica facial mixta dirigida a niños de 3-5 años indica que formulación 4 es la que presenta una mayor puntuación por lo tanto es más gustada y aceptada.

**Palabras claves:** Formulación, extrusión, índice de expansión, valor nutricional, aceptabilidad.

## ABSTRACT

The present research focused on developing a suitable formulation for the production of a snack using white quinoa grains, chia grains and yellow corn grits through the extrusion process. The conditioning of the raw material was carried out according to the size factors, resulting in: quinoa with a value of 0.707 mm, chia with 0.595 mm and finally hard yellow corn with 0.842 mm, a factor that significantly impacts quality and properties. Regarding humidity, each formulation was conditioned at 12% humidity, increasing water if necessary to meet the requirements demanded in an extrusion process. Formulation F4 with 10% white quinoa grains, 2% chia grains and 88% of gritz hard yellow corn presents an expansion index of 2.08, considered a high value after the extrusion process, indicating that the quality and sensory properties of the extruded product are adequate. The nutritional value was determined initially in the protein components with 35.4%, fat 33.74% and a humidity of 9.42% and that when subjected to an extrusion process it presents a variation in the protein values 11.46 %, fat 6.30% and a humidity of 7.04%, which indicates that there are no significant changes in the nutritional values of the snack, it must be taken into account that the protein when subjected to the extrusion process will be a product digestible and suitable for consumption. In the acceptability test of the white quinoa, chia and yellow corn snack in its two formulations F2 (88%, 10.5%, 1.5%) and F4 (88%, 10.0%, 2.0%), When comparing them, it can be concluded that formulation 4 has a high score, which indicates that it was more liked and accepted by children aged 3 - 5 years.

**Keywords:** formulation, extrusion, expansion index, nutritional value, acceptability.

## ÍNDICE

|   |       |
|---|-------|
| INTRODUCCIÓN .....                              | xviii |
| CAPITULO I .....                                | 19    |
| EL PROBLEMA.....                                | 19    |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....             | 19    |
| 1.1 Descripción y formulación del problema..... | 20    |
| 1.2 Objetivos .....                             | 21    |
| 1.2.1 Objetivo general .....                    | 21    |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....               | 21    |
| 1.3 Justificación e importancia.....            | 21    |
| 1.3.1 Justificación social .....                | 22    |
| 1.3.2 Justificación económica .....             | 23    |
| 1.3.3 Justificación científica.....             | 23    |
| 1.3.4 Justificación ambiental.....              | 24    |
| 1.4 Hipótesis.....                              | 24    |
| 1.5 Variables .....                             | 25    |
| 1.5.1 Variable independiente.....               | 25    |
| 1.5.2 Variable dependiente.....                 | 25    |
| CAPITULO II.....                                | 28    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                         | 28    |
| 2.1 Antecedentes la investigación.....          | 28    |
| 2.1.1 Internacional.....                        | 28    |
| 2.1.2 Nacional .....                            | 30    |
| 2.2 Bases teóricas .....                        | 34    |
| 2.2.1 Descripción de la materia prima .....     | 34    |
| 2.2.1.1 Quinoa (Chenopodium quinoa Willd).....  | 34    |
| 2.2.1.2 Chia (Salvia hispánica) .....           | 37    |
| 2.2.1.3 Maíz duro amarillo (Zea mays).....      | 39    |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.2   | Proceso de extrusión .....  | 40 |
| 2.2.2.1 | Ventajas del proceso de extrusión.....                                | 42 |
| 2.2.2.2 | Componentes de un extrusor .....                                      | 43 |
| 2.2.2.3 | Principales componentes de un extrusor .....                          | 43 |
| 2.2.2.4 | Parámetros para la operación del extrusor .....                       | 46 |
| 2.2.2.5 | Extrusión en caliente .....   | 48 |
| 2.2.2.6 | Características de la materia prima para el proceso de extrusión .... | 48 |
| 2.2.2.7 | Tamaño de partícula en proceso de extrusión .....                     | 49 |
| 2.2.2.8 | Humedad en el proceso de extrusión .....                              | 50 |
| 2.2.3   | Snack .....   | 51 |
| 2.2.4   | Índice de expansión.....  | 52 |
| 2.2.5   | Almidón.....  | 52 |
| 2.2.6   | Amilasa .....   | 52 |
| 2.2.7   | Amilopectina.....   | 52 |
| 2.2.8   | Prueba hedónica .....   | 53 |
| 2.3     | Definiciones de términos.....   | 53 |
| 2.3.1   | Almidón.....  | 53 |
| 2.3.2   | Amilasa .....   | 53 |
| 2.3.3   | Extrusión .....   | 54 |
| 2.3.4   | Características fisicoquímicas .....                                  | 54 |
| 2.3.5   | Índice de expansión.....  | 54 |
| 2.3.6   | Porcentaje de humedad .....   | 54 |
| 2.3.7   | Análisis granulométrico en la extrusión.....                          | 55 |
| 2.3.8   | Valor nutricional .....   | 55 |
| 2.3.9   | Macronutrientes.....  | 55 |
| 2.3.10  | Valor de aceptabilidad.....   | 56 |
| 2.3.11  | Escala hedónica.....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO III.....                                      | 57 |
| III. METODOLOGÍA .....                                 | 57 |
| 3.1 Tipo y nivel de investigación .....                | 57 |
| 3.1.1 Tipo de investigación .....                      | 57 |
| 3.1.2 Nivel de investigación.....                      | 57 |
| 3.2 Ámbito temporal y espacial .....                   | 58 |
| 3.2.1 Lugar y ejecución.....                           | 58 |
| 3.2.2 Ubicación política .....                         | 59 |
| 3.2.3 Ubicación geográfica .....                       | 59 |
| 3.2.4 Duración del proyecto .....                      | 59 |
| 3.3 Población y muestra .....                          | 60 |
| 3.3.1 Población.....                                   | 60 |
| 3.3.2 Muestra.....                                     | 60 |
| 3.3.3 Unidad experimental .....                        | 61 |
| 3.4 Instrumentos.....                                  | 61 |
| 3.4.1 Instrumentos de recolección de datos .....       | 61 |
| 3.4.2 Instrumentos de recolección de información ..... | 61 |
| 3.4.3 Equipos para obtención de Snack .....            | 62 |
| 3.5 Procedimiento .....                                | 66 |
| 3.5.1 Fase preliminar.....                             | 66 |
| 3.5.2 Fase experimental.....                           | 66 |
| 3.5.3 Fase de evaluación .....                         | 69 |
| 3.5.4 Fase de Gabinete .....                           | 74 |
| 3.6 Análisis de datos .....                            | 74 |
| CAPITULO IV .....                                      | 77 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                        | 77 |
| 4.1 Análisis e Interpretación de datos .....           | 77 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| CAPITULO V.....           | 92  |
| V. DISCUSIÓN.....         | 92  |
| CAPITULO VI.....          | 96  |
| VI. CONCLUSIONES.....     | 96  |
| CAPITULO VII.....         | 98  |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 98  |
| CAPITULO VIII.....        | 99  |
| VIII. REFERENCIAS.....    | 99  |
| CAPITULO IX.....          | 107 |
| IX. ANEXOS.....           | 107 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....   | 26 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Taxonómica de la quinua (Chenopodium quinoa Willd)</i> .....   | 35 |
| <b>Tabla 3</b> Composición química en 100 g de quinua -2010.....   | 36 |
| <b>Tabla 4</b> Taxonómica de la chía (Salvia hispánica) .....  | 37 |
| <b>Tabla 5</b> Composición química en 100 g de chía (Salvia hispánica) .....   | 38 |
| <b>Tabla 6</b> Taxonómica del Maíz duro amarillo (Zea mays).....   | 39 |
| <b>Tabla 7</b> Composición química en 100g de Maíz duro amarillo (Zea mays).....   | 40 |
| <b>Tabla 8</b> Límites en porcentaje de la materia prima .....   | 75 |
| <b>Tabla 9</b> Diseño para las formulaciones en la elaboración de Snack la quinua blanca (Chenopodium quinoa Willd), chía (Salvia hispánica) y maíz amarillo duro (Zea mays).<br>..... | 76 |
| <b>Tabla 10</b> Evaluación del Índice de expansión de las formulaciones del snack de quinua, chía y maíz amarillo duro, en 100g. ....  | 78 |
| <b>Tabla 11</b> Análisis de varianza para Índice de expansión (porcentajes del componente) .....   | 80 |
| <b>Tabla 12</b> Valores inferiores, objetivo y superior para las características fisicoquímicas .....  | 81 |
| <b>Tabla 13</b> Resultado de la formulación óptima .....   | 82 |
| <b>Tabla 14</b> Tamaño de partícula en la quinua blanca, chía y maíz amarillo duro.....  | 82 |
| <b>Tabla 15</b> Humedad ideal para cada formulación a base de quinua y chía y maíz amarillo duro, en 100g.....   | 84 |
| <b>Tabla 16</b> Valor nutricional de la formulación 4 base de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro, antes y después del proceso de extrusión en 100g. ....                         | 86 |
| <b>Tabla 17</b> Fórmulas seleccionadas para la prueba de aceptabilidad.....  | 88 |
| <b>Tabla 18</b> Prueba de aceptabilidad del Snacks de quinua blanca, chía y maíz amarillo para 25 niños entre 3-5 años.....  | 88 |
| <b>Tabla 19</b> Rango .....  | 90 |
| <b>Tabla 20</b> Estadísticos de prueba <sup>a</sup> .....  | 90 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Provincias del Perú con mayor producción de quinua, 2021 .....  | 36 |
| <b>Figura 2</b> Producción regional de la chía en el Perú, 2018 .....   | 38 |
| <b>Figura 3</b> Producción regional del maíz amarillo duro en Perú, 2021 .....  | 40 |
| <b>Figura 4</b> Partes de una maquina extrusora .....   | 43 |
| <b>Figura 5</b> Localización de la planta procesadora de cereales de la asociación agroindustrial San Martin de Ccollecca .....                                       | 58 |
| <b>Figura 6</b> Mapa del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray-Huamanga.....   | 59 |
| <b>Figura 7</b> Mapa de la provincia de Huanta-Ayacucho .....   | 60 |
| <b>Figura 8</b> Extrusora para cereales.....  | 63 |
| <b>Figura 9</b> Balanza analítica precisión 0.0001g .....   | 64 |
| <b>Figura 10</b> Tamices para granulometría .....   | 65 |
| <b>Figura 11</b> Estufa para determinar la humedad .....  | 66 |
| <b>Figura 12</b> Diagrama de flujo del proceso de extrusión de snack a partir de mezcla quinua blanca, chía y de Maíz amarillo duro. ....                             | 68 |
| <b>Figura 13</b> Prueba de tamizado para quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wiilld), chía ( <i>Salvia hispánica</i> ) y maíz amarillo duro ( <i>Zzea mays</i> ). .... | 72 |
| <b>Figura 14</b> (a) Gráfico superficie de respuestas, y (b)Gráfico contorno del índice de expansión.....   | 79 |
| <b>Figura 15</b> Granulométrica para calcular el tamaño de partícula de la quinua blanca, chía y maíz amarillo duro.....  | 83 |
| <b>Figura 16</b> Humedad ideal para cada formulación del snack a base de quinua y chía y maíz amarillo duro, en 100g.....   | 85 |
| <b>Figura 17</b> Valor nutricional de la formulación 4 base de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro, antes y después del proceso de extrusión en 100g .....       | 87 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Anexo 1</b> Matriz de consistencia.....   | 107 |
| <b>Anexo 2</b> Análisis del compuesto orgánico (proteínas y grasas) del snack .....  | 110 |
| <b>Anexo 3</b> Acondicionamiento de la maquina extrusora.....  | 111 |
| <b>Anexo 4</b> Evaluación física de la materia prima determinación de la humedad de materia prima .....                                | 112 |
| <b>Anexo 5</b> Evaluación granulométrica de la materia prima .....   | 113 |
| <b>Anexo 6</b> Evaluación del índice de expansión en las diferentes formulaciones del snack de maíz amarillo duro, quinua y chía. .... | 114 |
| <b>Anexo 7</b> Elaboración del snack de maíz amarillo duro, quinua y chía.....   | 117 |
| <b>Anexo 8</b> Determinación de la humedad del producto final .....  | 118 |
| <b>Anexo 9</b> Evaluación del índice de expansión del snack .....  | 119 |
| <b>Anexo 10</b> Ficha de aceptabilidad del producto.....   | 120 |
| <b>Anexo 11</b> Aplicación de prueba de aceptabilidad del producto .....   | 121 |

## DEDICATORIA

A dios, a mis padres; Eduardo y Teodosia, quienes hicieron hasta lo imposible para poder alcanzar uno de mis grandes sueños, por la confianza que me han brindado y que siempre los tendré ahí como mi fortaleza más grande en la vida.

A mis hermanos Elvis, John, Karina, Edwar y Yandel, por el apoyo desinteresado que me brindaron. A las personas de gran importancia de mi vida, que son los motivos de mi vida, que han sido una pieza fundamental y motivado en para cada etapa de mi vida y que siempre estuvieron presentes apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios, por darme la vida y alumbrar mi camino día a día.

A mi padre Eduardo Mendoza Gómez, con el cariño más grande por tus esfuerzos incondicionales y los consejos del día a día para poder llegar a ser una gran persona.

A mi madre, Teodosia Cisneros Cerda, con el cariño más grande por tu apoyo y comprensión que me diste para ser mejor cada día más.

A quien me formo académicamente universidad nacional autónoma de huanta, facultad de ingeniería, escuela de formación profesional ingeniería de negocios agronómicos y forestales.

A mis maestros de la escuela de formación profesional ingeniería de negocios agronómicos y forestales.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, a pesar de más de veinte años de políticas y programas contra la desnutrición, la prevalencia de la misma sigue siendo elevada.(Vilca et al., 2023). Se ha observado que la desnutrición crónica infantil es el principal factor de riesgo para el crecimiento y desarrollo infantil en los países en desarrollo, y su elevada prevalencia en estos países es un problema complejo de desarrollo debido a su estrecha relación con la pobreza y la desigualdad (Ayala, 2022). También, se observa una transición nutricional hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares, lo que ha contribuido al crecimiento de la industria de alimentos procesados y ultra procesados. (Martí et al., 2021). Esta dieta occidentalizada, alta en grasas, azúcares y carbohidratos refinados, y baja en cereales, fibra y grasas poliinsaturadas, se ve favorecida por el fácil acceso a alimentos procesados, el estilo de vida acelerado en las ciudades, la publicidad de alimentos ultra procesados y la vida sedentaria. Esta transición nutricional ha llevado a un aumento de la obesidad y la mortalidad asociada a enfermedades crónicas no transmisibles en los países en desarrollo, lo que representa un riesgo para la salud de la población infantil.(Choque et al., 2023). El presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), por proceso de extrusión donde se evaluará las características nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales dirigido a niños de 2 a 5 años de edad. Constituida por ocho capítulos, el capítulo I se enmarca en planteamiento del problema, los objetivos, justificación e importancia, hipótesis y las variables, el capítulo II constituido por el marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definiciones de términos; capítulo III abarca la parte metodología indicando el tipo, nivel y diseño de investigación; ámbito temporal y espacial; población y muestra; instrumentos; procedimientos y análisis de datos, el capítulo IV contiene los resultados; el capítulo V discusión; el capítulo VI las conclusiones, el capítulo VII precisa las recomendaciones; el capítulo VIII presenta las referencias y el capítulo IX los anexos.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación junto a la Asociación Latinoamericana de Integración en el año 2016, menciona que la problemática en todo el mundo, es la desnutrición, la carencia de componentes nutricionales en los alimentos traen como consecuencia la inseguridad alimentaria. (Cerón et al., 2016). La desnutrición crónica infantil en el Perú tiene efectos negativos en el desarrollo infantil, la salud, el rendimiento educativo y el potencial de ingresos en la edad adulta. (Choque et al., 2023) La desnutrición crónica infantil persiste a pesar de los esfuerzos realizados a lo largo de los años para combatirla, la prevalencia de la desnutrición crónica es elevada y existen diferencias significativas entre distintas regiones y grupos socioeconómicos del país (Beltrán et al., 2018). El departamento de Ayacucho cuenta con 616,176 habitantes con una cantidad de niños entre 0 a 9 años de 29 324 niños y 28 545 niñas el porcentaje de niños menores de 5 años entre varones y mujeres presentan desnutrición crónica del 19,2 %.( MIDIS, 2020). Otro problema relevante que acompaña a la desnutrición es la transición nutricional en el país, se refiere al aumento en el consumo de productos ultra procesados, lo que podría traer impactos negativos en la salud de la población. Esta tendencia se ve favorecida por el fácil acceso a alimentos procesados, el estilo de vida acelerado en las ciudades, la publicidad de alimentos ultra procesados y la vida sedentaria. (Choque et al., 2023). Este cambio hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares ha contribuido al crecimiento de la industria de alimentos procesados y ultra procesados en el país.( Marti et al., 2021) las propuestas que desarrollan las diversas empresas con sus productos de consumo intermedios entre tiempos, son alimentos súper procesados con alto contenido en sodio, azúcares, grasas, colorantes y otros aditivos que generan cierta adicción por diversas causas, que representan un problema social. (Amparo, 2019). Entre los factores que contribuyen a los malos hábitos alimentarios se encuentran factores como el poco tiempo para preparar los alimentos, la baja disponibilidad de alimentos saludables, el mal hábito de no tomar el desayuno (Acosta et al., 2014). Por ello se requiere una oferta saludable de productos teniendo como

al Perú país considerado productor de varios alimentos de alto valor nutricional como la quinua y otros cereales (ADEX, 2021). La chía producto de alto valor nutricional cultivada en las áreas alto andinas del Perú, Ecuador y Bolivia, como una de sus principales fuentes de alimentación e ingresos económicos (Zavaleta, 2018), y otro alimento utilizado en la formulación del snack como el maíz amarillo duro fuente de almidón. (MIDAGRI, 2021). Son materia prima para la formulación de un snack nutritivos con tecnologías de procesamiento que no modifiquen totalmente las características nutricionales de las materias primas, con bajo costo de producción, agradables elaborado por proceso de extrusión que consiste en someter la mezcla de harinas, granos de cereales, leguminosas, etc. a altas temperatura y presión, a una cocción continua, rápida y constante (Cerón et al., 2016). Las alternativas para reemplazar los productos ultra procesados serán estos cereales que tienen un mayor valor biológico la tarea es encontrar tecnología que no modifique sus componentes nutritivos y como proceso de extrusión que incrementa la digestibilidad, inhibe factores tóxicos y destruyen la carga microbiana presentes en los cereales. Una de las mejores cualidades comerciales de productos extruidos es el snack productos expandidos crocante, con una la plasticidad que busca el consumidor en productos de este tipo. Por ello el presente trabajo de investigación propone la formulación de una mezcla de granos propios de la región Ayacucho, para la elaboración de un snack nutritivo la cual pasara por una evaluación de parámetros que respondan a cualidades nutritivas, comerciales y sensoriales.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

### **1.1.1 Interrogante general**

- ¿Cuál será la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), por proceso de extrusión, Huanta 2023?

### **1.1.2 Interrogantes específicos**

- ¿Cuál es el porcentaje adecuado de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas adecuadas del snack de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso

de extrusión?

- ¿Cuál es el valor nutricional del snack de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración de snack por proceso de extrusión?
- ¿Cuál es el valor de aceptabilidad del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) por proceso de extrusión?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), por proceso de extrusión.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los porcentajes adecuados de la quinua blanca, (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración de snack por proceso de extrusión.
- Evaluar las características fisicoquímicas del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.
- Determinar el valor nutricional del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.
- Determinar el valor de aceptabilidad del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.

## 1.3 Justificación e importancia

La propuesta de elaboración de un producto nutritivo como el snack en nuestro ámbito es importante, ya que responde a problemas como aumento en el consumo de productos ultra procesados, lo que continúa contribuyendo a la problemática de la desnutrición crónica infantil. La dieta occidentalizada, alta en

grasas, azúcares y carbohidratos refinados, y baja en cereales, fibra y grasas poliinsaturadas, se ha vuelto común debido al fácil acceso a alimentos procesados, el estilo de vida acelerado en las ciudades, la publicidad de alimentos ultra procesados y la vida sedentaria. Esta tendencia ha llevado a un aumento de la obesidad y la mortalidad asociada a enfermedades crónicas no transmisibles. Por lo tanto, la utilidad de elaborar un snack nutritivo es relevante para contrarrestar esta tendencia y ofrecer alternativas saludables a los productos ultra procesados que contribuyen a la desnutrición crónica en el país. La investigación permite evaluar diversas características de la materia prima presente en la región Ayacucho si cuenta con parámetros nutritivos, físico químicos y sensoriales adecuados para introducir el producto al mercado. Además puede contribuir significativamente a contrarrestar la tendencia hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares, que ha llevado al crecimiento de la industria de alimentos procesados y ultra procesados y en lo que respecta a la desnutrición crónica infantil. Al proporcionar opciones de alimentos que sean ricos en nutrientes esenciales, bajos en grasas saturadas y azúcares añadidos, y altos en fibra, vitaminas y minerales, se puede promover una alimentación más equilibrada y saludable. Esto, a su vez, puede tener un impacto positivo en la salud, en la economía de nuestra región.

### ***1.3.1 Justificación social***

La investigación sobre la formulación de un snack nutritivo a base de quinua, chía y maíz por proceso de extrusión responde a la problemática de la persistencia de la desnutrición crónica infantil en el Perú, así como a la transición nutricional hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares, que ha contribuido al aumento de la obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles. La propuesta de desarrollar un snack saludable y equilibrado busca ofrecer una alternativa a los productos ultra procesados y promover una alimentación más saludable en la población, especialmente en niños en riesgo de desnutrición crónica infantil. Al proporcionar opciones de alimentos ricos en nutrientes esenciales, bajos en grasas saturadas y azúcares añadidos, y altos en fibra, vitaminas y minerales, la investigación busca contrarrestar la tendencia

hacia una alimentación poco saludable y contribuir al bienestar y desarrollo de la población infantil.

### **1.3.2 *Justificación económica***

La investigación sobre la formulación de un snack nutritivo a base de quinua, chía y maíz por proceso de extrusión tiene una valoración económica sólida y ampliada, ya que al desarrollar productos innovadores que promuevan una alimentación más saludable, se podría generar impactos económicos positivos a nivel local y nacional. La producción y comercialización de snacks nutritivos podrían impulsar la industria alimentaria, creando oportunidades de empleo en la cadena de producción, distribución y venta de estos productos. Además, al fomentar el consumo de alimentos saludables, se podría reducir los costos asociados a enfermedades relacionadas con la mala alimentación, como la obesidad y las enfermedades crónicas, lo que a su vez podría disminuir la carga económica en el sistema de salud. Asimismo, al promover la producción y consumo de alimentos locales como la quinua y el maíz, se podría fortalecer la economía de las comunidades productoras y contribuir al desarrollo sostenible de la región.

### **1.3.3 *Justificación científica***

La investigación responde a la problemática de la desnutrición abordado científicamente en diferentes contextos, debido a la persistencia de la desnutrición crónica infantil en el Perú a pesar de los esfuerzos realizados. Se menciona que existe una transición nutricional hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares, lo que ha contribuido al aumento de la obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles. En este contexto, el estudio busca desarrollar un snack nutritivo a base de quinua, chía y maíz por proceso de extrusión para niños de 2 a 5 años. La formulación adecuada y la evaluación de características nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales buscan ofrecer una alternativa saludable a los productos ultra procesados y contribuir a combatir la desnutrición crónica infantil en el país. Por lo tanto, la investigación se justifica científicamente por abordar un problema de salud pública

importante y buscar una solución nutricionalmente beneficiosa para la población infantil en riesgo.

#### **1.3.4 Justificación ambiental**

La investigación sobre la formulación de un snack nutritivo a base de quinua, chía y maíz por proceso de extrusión promueve el uso de ingredientes locales como la quinua y el maíz, fomenta la agricultura sostenible y la diversificación de cultivos, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y la protección del medio ambiente. Además, al ofrecer alternativas alimenticias más saludables, se podría reducir la generación de residuos asociados con envases y empaques de productos procesados, fomentando así prácticas más sostenibles en la industria alimentaria.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

- La formulación de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) es adecuada en la elaboración de snack por proceso de extrusión.

#### **1.4.2 Hipótesis específica**

- Los porcentajes de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), son adecuados para la elaboración del snack por proceso de extrusión.
- Las características físicoquímicas de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), son los adecuados para la elaboración del snack por proceso de extrusión.
- El valor nutricional del snack de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) es significativo por proceso de extrusión.
- El valor de aceptabilidad del snack de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) es significativo por proceso de extrusión.

## **1.5 Variables**

### ***1.5.1 Variable independiente***

- Formulación de snack
  - a. % de maíz amarillo duro*
  - b. % de quinua blanca*
  - c. % de Chía*

### ***1.5.2 Variable dependiente***

- Proceso de extrusión
  - a. Características fisicoquímicas*
  - b. Valor nutricional*
  - c. Valor de aceptabilidad*

**Tabla 1***Operacionalización de variables*

| <b>VARIABLES</b>              | <b>DEFINICIÓN<br/>CONCEPTUAL</b>   | <b>DEFINICIÓN<br/>OPERACIONAL</b>   | <b>DIMENSIÓN</b>                                      | <b>INDICADOR</b>          | <b>INSTRUMENTO</b> |
|-------------------------------|--|---|---|---------------------------|--------------------|
| <b>Variable independiente</b> | La palabra snack en ingles tiene la denominación de alimentos ligeros producto que se debe consumir entre comidas, considerado como un aperitivo importante en los últimos años (Chacón-Orduz et al., 2017). | Proceso de combinar y determinar las cantidades adecuadas de componentes como quinua, chíá y maíz para crear un producto para ser expandido por extrusión, que tienen la capacidad gelatinizarse por la presencia de almidón. | Cereales: Quinoa blanca, chíá y de Maíz amarillo duro | - % de Maíz amarillo duro | Balanza analítica  |
| Formulación del snack         |  |   |   | - %, de Quinoa blanca     |                    |
| <b>Variable</b>               | La extrusión es un   | El proceso de   | Características                                       | - % Humedad               | Análisis de        |

|                      |   |  |                        |   |                                 |
|----------------------|---|--|------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Dependiente</b>   | proceso para transformar ingredientes en productos con formas y texturas específicas. Consiste en someter una masa de ingredientes a altas temperaturas y presiones que a medida que pasa a través de una matriz o dado con una forma determinada | extrusión consiste en someter una masa de ingredientes a altas temperaturas y presiones, pasándola a través de una matriz o dado con una forma determinada, lo que lleva a la gelatinización de la masa y la formación del producto final. | fisicoquímicas         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de partícula</li> <li>- Índice de expansión.</li> </ul> | laboratorio                     |
| Proceso de extrusión | llegando al punto de gelatinización (Romero, 2018).   |  | Valor nutricional      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- % Humedad</li> <li>- % Proteínas</li> <li>- %Grasas</li> </ul> | Análisis de laboratorio         |
|                      |   |  | Valor de aceptabilidad | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor de aceptabilidad de los panelistas</li> </ul>            | Ficha de prueba hedónica facial |

## CAPITULO II

### II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes la investigación

##### 2.1.1 Internacional

García (2023), realizó en Guaranda Ecuador la tesis “Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de frejol (*Phaseolus vulgaris* L) y su incidencia en las características físico químicas microbiológicas y sensoriales en la elaboración de extruídos tipo snack” siendo el objetivo de la investigación fue realizar una sustitución parcial de harina de trigo por harina de fréjol y evaluar su incidencia en las características físico químicas, microbiológicas y sensoriales en la elaboración de extruídos tipo snack, con el fin de desarrollar un producto más nutritivo y aceptable para los consumidores, se caracterizó la materia prima, comparando los valores de proteína, ceniza, humedad y fibra con la norma INEN 616 para determinar su calidad. Se realizó la sustitución de harina de trigo por harina de fréjol, y se determinó que el tratamiento T5 (60% harina de trigo + 40% harina de fréjol cocido) fue el más favorable. Se llevó a cabo un análisis físico-químico del producto final, así como un análisis nutricional utilizando métodos estandarizados. El resultado del producto final cumplió con los estándares de la norma INEN 2561 en términos de humedad y peróxido, lo que lo hace seguro para el consumo. El análisis nutricional mostró que el producto terminado tiene un bajo porcentaje de grasa, dentro del rango establecido por la norma, y no contiene ácidos grasos poliinsaturados. Además, se determinó que el tratamiento T5 fue el más aceptable para los catadores, y se demostró que la harina de fréjol crudo y cocido son factores fundamentales para la aceptabilidad del producto.

Olalla (2019) realizó en Ambato\_ Ecuador la tesis “Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y haba (*Vicia faba*) nixtamalizados”, con el objetivo de desarrollar una tecnología para la elaboración de snacks de maíz, quinua

y haba nixtamalizados en el cual se evaluaron diferentes parámetros de nixtamalización, como el tiempo de cocción y la concentración de cal, para determinar su efecto en las propiedades físicas y nutricionales de los snacks. Los resultados mostraron que los snacks nixtamalizados tenían una mayor capacidad de absorción de agua y una menor dureza en comparación con los snacks no nixtamalizados. Además, se encontró que la nixtamalización mejoraba la digestibilidad de las proteínas y reducía los antinutrientes presentes en los ingredientes. En conclusión, la tecnología de nixtamalización fue efectiva para obtener snacks con mejores propiedades físicas y nutricionales.

Taimal (2019) realizó en Ibarra -Ecuador su tesis “Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de maíz (*Zea mays*) quinua (*Chenopodium quínoa*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) sweet saborizado”, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un snack por extrusión utilizando una mezcla de maíz, quinua y chocho y saborizarlo donde se evaluaron diferentes parámetros de extrusión y se analizaron las propiedades físicas y sensoriales del snack. Los resultados mostraron que el snack es un contenido de proteínas de 12.5%, grasa de 6.2%, fibra de 2.8% y cenizas de 1.9%. Además, se determinó que el snack tenía una vida útil de 90 días. En conclusión, el desarrollo de este snack por extrusión utilizando la mezcla de maíz, quinua y chocho resultó en un producto con propiedades nutricionales favorables y una vida útil adecuada. Se desarrolló la prueba de Tukey mostraron que el tratamiento T2, con un porcentaje de sustitución de la mezcla de 70% de maíz, 25% de quinua y 5% de chocho, una humedad de mezcla del 20% y un perfil de temperatura de 105°C, fue el que presentó mejores características. Este tratamiento mostró un mayor contenido de proteína (13%) y una textura aceptable durante el proceso de extrusión. En conclusión, el desarrollo de este snack por extrusión utilizando la mezcla de maíz, quinua y chocho fue exitoso al ajustar los parámetros de sustitución de la mezcla, humedad y perfil de temperaturas. El tratamiento T2 mostró las mejores características.

### 2.1.2 Nacional

Lázaro y Sotelo (2017), realizo en Chimbote- Perú la tesis “Optimización por diseño de mezcla de un snack de gritz de maíz amarillo (*zea mays*), harina de quinua (*chenopodium quinoa*) y harina de garbanzo (*cicer arietinum*) obtenido mediante extrusión.”, El objetivo de esta investigación fue optimizar la mezcla de un snack de gritz de maíz amarillo, harina de quinua y harina de garbanzo obtenido por el proceso de extrusión utilizando el diseño de mezcla donde se evaluaron diferentes proporciones de los ingredientes y se analizaron las propiedades físicas, nutricionales del snack. Los resultados mostraron que la mezcla óptima para obtener un snack con mejores propiedades físicas y nutricionales fue de 60% de gritz de maíz amarillo, 30% de harina de quinua y 10% de harina de garbanzo. Este snack presentó un contenido de proteínas de  $10.851 \pm 0.592\%$ , grasa de  $6.512 \pm 0.632\%$ , fibra dietética de  $7.434 \pm 0.104\%$  y cenizas de  $2.439 \pm 0.008\%$ . Además, tuvo un índice de expansión de  $2.753 \pm 0.117$  y una capacidad de absorción de agua de  $7.248 \pm 0.231$  gel/g ms. En conclusión, el diseño de mezcla fue efectivo para optimizar la formulación de un snack extrusionado con propiedades nutricionales favorables, como un alto contenido de proteínas y fibra, y buenas propiedades físicas, como un índice de expansión adecuado.

Aro Aro y Calsin (2019) realizo en Puno-Perú su investigación “Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción – extrusión con el objetivo de elaborar una mezcla alimenticia a base de quinua, cañihua, cebada, maíz, haba y soya utilizando el proceso de cocción-extrusión evaluando diferentes parámetros de extrusión, como la temperatura, la velocidad de alimentación y la humedad, para determinar su efecto en las propiedades físicas y nutricionales de la mezcla. Los resultados mostraron que la mezcla óptima tenía un alto contenido de proteínas y era apta para personas celíacas. Además, se encontró que la cocción-extrusión mejoraba

la digestibilidad de las proteínas y reducía los antinutrientes presentes en los ingredientes. En conclusión, el proceso de cocción-extrusión fue efectivo para obtener una mezcla alimenticia nutritiva y apta para personas con intolerancia al gluten.

Espinoza. et al. (2021) en su investigación desarrollada en Lima Perú con la tesis “Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil”, el objetivo de esta investigación fue elaborar un snack extruido utilizando cereales y concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) para determinar su vida útil. Se evaluaron diferentes parámetros de extrusión, se analizaron las propiedades físicas, químicas y sensoriales del snack. Los resultados mostraron que el snack extruido tenía un contenido de proteínas de 15.2%, grasa de 6.8%, fibra de 2.3% y cenizas de 1.5%. Además, se determinó que el snack tenía una vida útil de 90 días. En conclusión, la elaboración de este snack extruido utilizando cereales y concentrado de proteína de pota resultó en un producto con propiedades nutricionales favorables y una vida útil adecuada. Los resultados mostraron que la humedad óptima para la extrusión del snack fue del 15%. Se encontró que una velocidad de extrusión de 200 rpm y un diámetro de matriz de 3 mm resultaron en un snack con buenas propiedades físicas y sensoriales. Además, se determinó que el índice de expansión del snack fue de 2.5 y la densidad aparente fue de 0.4 g/cm<sup>3</sup>. En conclusión, la elaboración de este snack extruido utilizando cereales y concentrado de proteína de pota fue exitosa al ajustar los parámetros de extrusión. Además, se determinó una vida útil adecuada para el snack, lo que indica la estabilidad y calidad durante un período de tiempo determinado.

Repo-Carrasco, et al. (2011) realizó en Puno la tesis “Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.)” tuvo como objetivo desarrollar un snack nutritivo utilizando quinua y maíz, con el fin de ofrecer una alternativa saludable a los snacks tradicionales. Las variables de estudio incluyeron la composición nutricional de la quinua y el maíz, así como las características

funcionales del producto extruido, como el índice de expansión, el grado de gelatinización y la aceptación sensorial. Los resultados en las 3 variedades de quinua presentan un alto contenido proteico, siendo la variedad Pasankalla la de mayor contenido, con  $14,09 \pm 0,19\%$ , variedad Chullpi con  $13,29 \pm 0,11\%$ , y la variedad Choclito de Ayaviri, con  $12,88 \pm 0,11\%$  en base seca, mejor variedad de quinua para el proceso de extrusión fue la chullpi, y la mezcla óptima fue 70% de quinua y 30% de maíz, la humedad de alimentación del 14% presentó el mayor índice de expansión, el segundo mayor índice de absorción de agua, la menor densidad, el mayor grado de gelatinización y la mayor aceptación sensorial.

Valderrama et al., (2021) realizaron en Trujillo, Perú la tesis “Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha. Características físicas y sensoriales” con el objetivo de evaluar las características físicas, como índice de expansión, densidad aparente, porosidad, textura y crujido, así como la aceptabilidad general de snacks extruidos, Se utilizó un diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, con los componentes: maíz morado (M: 0.0 -100%), quinua (Q: 0.0 - 100%) y kiwicha (K: 0.0 - 100%), los resultados indicaron que la proporción de maíz morado, quinua y kiwicha afectó significativamente los valores de índice de expansión, densidad aparente, porosidad, textura, crujido y aceptabilidad general. El tratamiento T9 (M: 17%, Q: 67%, K: 17%) presentó la mayor aceptabilidad general, con una media de 7.59 y una moda de 9 (Me gusta muchísimo), El estudio evaluó el índice de expansión en muestras de snacks extruidos, observando que el tratamiento T2 (Q: 100%) presentó el mayor valor ( $1.55 \pm 0.04$ ) entre las muestras puras. En cuanto a las mezclas binarias y ternarias, se observó que el índice de expansión aumentó con la presencia de quinua en la mezcla. Los valores de índice de expansión de los snacks extruidos variaron de 1.04 a 2.23. Estos valores se compararon con los reportados para otros productos extruidos, como mezcla de almidón de maíz y d-limoneno, aislado de proteína de soya y harina de maíz, granos de maíz extruidos, maíz saborizado y quinua extruida. Se observó que los valores más bajos de índice de expansión en las muestras estudiadas pueden atribuirse al mayor contenido de proteína, fibra y grasa en la quinua y kiwicha en comparación

con el maíz morado. Se sabe que el alto contenido de fibra y proteínas conduce a una disminución de la expansión durante la cocción por extrusión. La fibra insoluble tiende a retener agua en la matriz durante la cocción por extrusión, reduciendo así la generación de vapor, lo que puede disminuir la expansión. Además, las fibras inertes tienden a ser rígidas en comparación con polímeros a base de almidón, lo que puede inhibir la expansión. Estos valores se compararon con los reportados para otros productos extruidos, como mezcla de almidón de maíz y d-limoneno, aislado de proteína de soya y harina de maíz, granos de maíz extruidos, maíz saborizado y quinua extruida. Se observó que los valores más bajos de índice de expansión en las muestras estudiadas pueden atribuirse al mayor contenido de proteína, fibra y grasa en la quinua y kiwicha en comparación con el maíz morado. Se sabe que el alto contenido de fibra y proteínas conduce a una disminución de la expansión durante la cocción por extrusión. La fibra insoluble tiende a retener agua en la matriz durante la cocción por extrusión.

Pérez et al., (2017), realizaron en Trujillo- Perú en su tesis, “Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.)” tiene como objetivo El objetivo de la investigación fue la elaboración de un bocadito extruido con un alto contenido proteico, utilizando quinua, tarwi y fécula de camote como ingredientes principales se aplicó el método de diseño de mezclas utilizando la herramienta computacional-estadística Design Expert® versión 7.0. evaluando el contenido de proteína, índice de expansión, densidad aparente y dureza de los extruidos teniendo como resultado la formulación óptima resultante contenía un 57% de quinua, 26% de tarwi y 17% de fécula de camote y el análisis fisicoquímico de esta formulación mostró un contenido de proteína del 20,16%, un índice de expansión de 2,19, una densidad aparente de 0,220 g/cm<sup>3</sup> y una dureza de 9,31 N. Además, se evaluó la calidad proteica de la formulación óptima mediante ensayos de digestibilidad verdadera y valor biológico verdadero en ratas, obteniéndose valores del 83,5% y 62,9%, respectivamente, durante la cocción por extrusión, se observa que el índice

de expansión de las formulaciones evaluadas varía entre 1,28 y 2,24, valores que se consideran bajos en comparación con otros productos extruidos. Estos valores bajos se atribuyen al mayor contenido de proteína, fibra y grasa en la harina de quinua en comparación con otros cereales, lo que afecta la expansión durante la cocción por extrusión. La composición de las materias primas influye significativamente en las características físico-químicas de los productos extruidos. Por ejemplo, las formulaciones con un alto porcentaje de harina de tarwi presentan un menor índice de expansión en comparación con aquellas con un menor porcentaje de harina de tarwi. Las proteínas también influyen en la expansión de los extruidos a través de su estructura macromolecular y su capacidad para afectar la distribución del agua en la matriz. La competencia por el agua disponible entre las fracciones de almidón y proteína puede conducir a un retraso en la gelatinización del almidón y, por consiguiente, a una menor expansión en los productos extruidos. Además, se observa que el índice de expansión aumenta con la participación de fécula de camote en la mezcla. Según estudios previos, a medida que los niveles de almidón se incrementan en una formulación, el extruido resultante se expande más, lo que contribuye a la unión y durabilidad del producto extruido.

## **2.2 Bases teóricas**

### ***2.2.1 Descripción de la materia prima***

#### ***2.2.1.1 Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)***

Mendoza (2003), Afirma que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) tiene orígenes en el altiplano o en los Andes del Perú y el Ecuador, se le llama pseudocereal por no pertenecer a la familia de las gramíneas como los otros cereales, esta planta tiene una composición nutricional superior a las demás. La quinua usualmente crece entre los 800 a 4500 m.s.n.m., todo esto gracias a los grandes hallazgos de múltiples variedades. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se cultiva en la región andina desde hace muchos años, lo que permite ser considerada como un insumo para realizar una variedad de transformaciones con valor nutricional mayor que la convierten en una alternativa para la industria alimentaria (Cerón et al.,

2016). Tiene un alto contenido proteico, de fibras, así como compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Este producto aporta nutrientes a los snacks para una alimentación tradicional (Carrasco et al., 2011).

### **Taxonomía**

**Tabla 2**

*Taxonomía de la quinua (Chenopodium quinoa Willd)*

| Reino      | Vegetal                         |
|------------|---------------------------------|
| División   | <i>Fanerógamas</i>              |
| clase      | <i>Dicotiledóneas</i>           |
| Subclase   | <i>Angiospermas</i>             |
| Orden      | <i>Centropermales</i>           |
| Familia    | <i>Chenopodiaceas</i>           |
| Genero     | <i>chenopodium</i>              |
| Sección    | <i>chenopodia</i>               |
| Subsección | <i>cellulata</i>                |
| Especie    | <i>Chenopodium quinoa willd</i> |

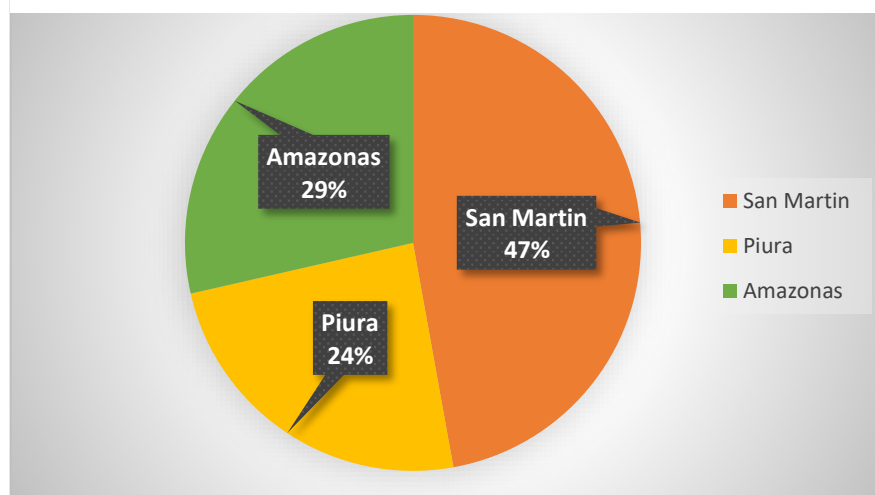
*Nota.* Taxonomía de la quinua datos tomados por Mendoza ( 2003)

### **Producción**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI el año 2021 publica los datos de producción de la quinua en el Perú, registrando 23 832 toneladas, con un crecimiento de 75,2% en relación al año 2020, según el informe técnico peruano, estos resultados pudieron ser impulsados por la mayor demanda externa del grano andino en los mercados internacionales, y de esta forma motivar el aumento de las superficies de siembra en las principales regiones de producción como el Cusco 49.0 %, Ayacucho (118.1%) y Apurímac (66.1%), regiones que encabezan su producción de quinua en el Perú, quienes en conjunto aportan el 75.5% de producción total nacional.

**Figura 1**

*Provincias del Perú con mayor producción de quinua, 2021*



*Nota.* Datos tomados del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI el año 2021

### Composición química

**Tabla 3**

*Composición química en 100 g de quinua -2010*

| Componentes                | Cantidad (mg/100g) |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Energía (Kcal)</b>      | 343                |
| <b>Agua</b>                | 11.80              |
| <b>Proteínas</b>           | 12.20              |
| <b>Grasas</b>              | 6.20               |
| <b>Hidratos de Carbono</b> | 67.20              |
| <b>Fibra</b>               | 5.70               |
| <b>Ceniza</b>              | 2.60               |
| <b>Calcio (mg)</b>         | 85.00              |
| <b>Hierro (mg)</b>         | 4.20               |
| <b>Fosforo (mg)</b>        | 155                |

*Nota.* Datos tomados de la tabla peruana de composición de alimentos (Ministerio de Salud, INS/CENAN, 2010)

### 2.2.1.2 Chia (*Salvia hispánica*)

Según (Fideicomiso, 2017) la chia (*Salvia hispánica*) es originaria del centro y el sur de México, se ha cultivado desde tiempos precolombinos por la cultura azteca, aunque lamentablemente ha quedado en el olvido durante muchos siglos, es una planta herbácea y pertenece a la familia de las lamiáceas, esta planta hoy en día es una atracción para el mundo oriental considerado un superalimento. Se categoriza entre los granos secos que no se abren cuando están maduros, tiene una forma oval de cavidad lisa y brillante, el tamaño es de 1 mm a 1.2 mm de ancho y 2 mm a 2.2 mm de largo promedio aproximado, con una facultad de generar mucílago al hidratarse (Carrillo et al., 2017). La chía usualmente se cultiva entre 0 hasta los 2200 m.s.n.m.

#### Taxonomía

**Tabla 4**

*Taxonomía de la chía (Salvia hispánica)*

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| Reino    | <i>Salvia</i>           |
| División | <i>Magnoliophyta</i>    |
| clase    | <i>Magnoliopsida</i>    |
| Subclase | <i>Asteridae</i>        |
| Orden    | <i>Lamiales</i>         |
| Familia  | <i>Lamiaceae</i>        |
| Genero   | <i>Salvia</i>           |
| Especie  | <i>Salvia hispánica</i> |

*Nota:* Datos obtenidos de Xingú, et. al. (2017)

#### Producción

Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (Atiquipa, 2018), las principales regiones del Perú en la producción de chía son Arequipa con 172 Ha, Cusco con 101 Ha y otros con 4 Ha destinadas a la producción de esta maravillosa semilla, estos resultados pudieron ser impulsados por la

mayor demanda externa del grano andino en los mercados internacionales, y así motivando a el aumento de las superficies de siembra.

### Composición química

**Tabla 5**

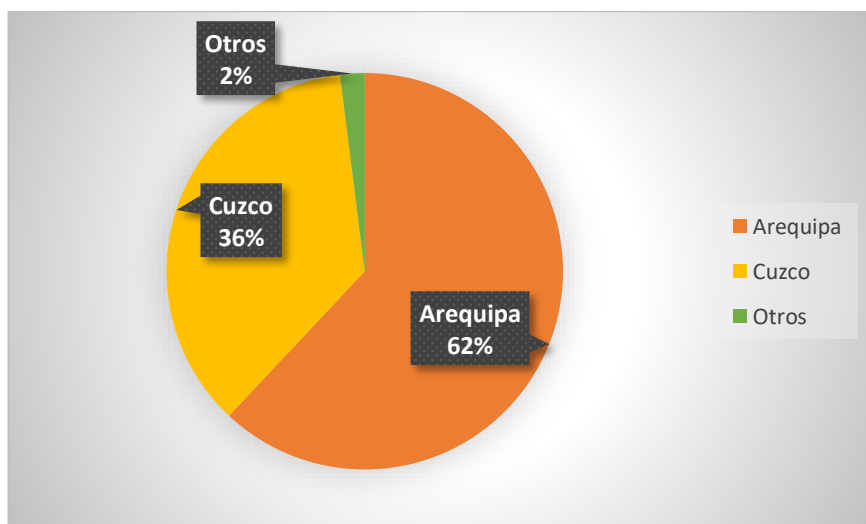
*Composición química en 100 g de chía (Salvia hispánica)*

| Componentes         | Cantidad (mg/100g) |
|---------------------|--------------------|
| Energía (Kcal)      | 479                |
| Proteínas           | 20                 |
| Grasas              | 30                 |
| Hidratos de Carbono | 20                 |
| Fibra (g)           | 38                 |
| Calcio (g)          | 631                |
| Fosforo (g)         | 94                 |

*Nota.* Datos extraídos de Carrillo et al. (2017).

**Figura 2**

*Producción regional de la chía en el Perú, 2018*



*Nota.* Datos tomados de Agro andina, año 2018

### 2.2.1.3 Maíz duro amarillo (*Zea mays*)

Según Agrobanco (2010), el Maíz duro amarillo (*Zea mays*) es originaria de Norteamérica y México, así mismo, industrializado en Europa, pertenece a la familia de los poaceae, esta planta tiene una composición rica en almidón superior a las demás. El Maíz duro amarillo usualmente crece desde 0 hasta los 1800 m.s.n.m., todo esto gracias a los grandes hallazgos de múltiples variedades.

#### Taxonomía

**Tabla 6**

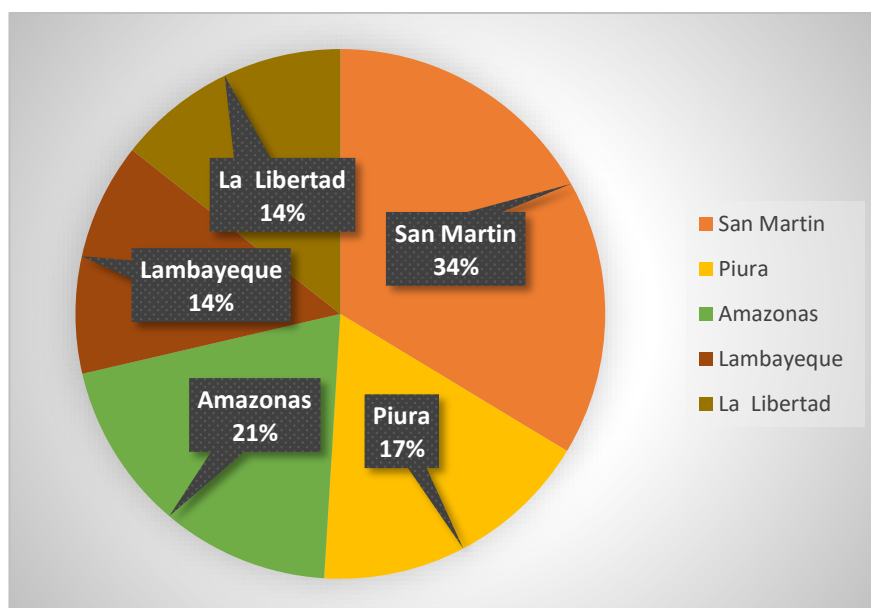
*Taxonomía del Maíz duro amarillo (Zea mays)*

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| Reino    | <i>Plantae</i>          |
| División | <i>Angiospermae</i>     |
| clase    | <i>Monocotyledoneae</i> |
| Subclase | <i>Commelinidae</i>     |
| Orden    | <i>Poales</i>           |
| Familia  | <i>Poaceae</i>          |
| Genero   | <i>Zea</i>              |
| Especie  | <i>Zea mays</i>         |

*Nota.* Datos extraídos del Ministerio de agricultura, 2018.

#### Producción

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2021) el maíz amarillo duro en los últimos años tuvo una caída significativa de 4.9% hasta 3.7% lo cual nos muestra una caída del 3.8% promedio al año de las superficies cultivadas ente el 2015 al 2019, los principales regiones productores de este cereal son San Martín (24.1%), Piura (12.4%), Amazonas (14.6%), Lambayeque (10.2%) y La Libertad (10.3%), no obstante, durante el 2019 se pudo ver el aumento en un 0.5% los cuales va en un buen camino en la iniciativa para un empunte de crecimiento.

**Figura 3***Producción regional del maíz amarillo duro en Perú, 2021*

*Nota.* Producción de maíz amarillo Fuente. MINAGRI, 2021

### Composición química

**Tabla 7**

*Composición química en 100g de Maíz duro amarillo (Zea mays)*

| Componentes         | Cantidad (g/100g) |
|---------------------|-------------------|
| Almidón             | 87                |
| Proteínas           | 3.2               |
| Grasas              | 1.2               |
| Hidratos de Carbono | 19                |
| Magnesio            | 37                |
| Hierro (mg)         | 0.5               |
| Potasio             | 270               |

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Guacho E. (2014)

#### 2.2.2 Proceso de extrusión

La extrusión es un proceso de moldeo de materiales mediante forzamiento a través de aberturas especiales después de calentarlos. Durante

el proceso, el alimento es trabajado y calentado por fuentes de calor, lo que provoca la transformación de los ingredientes alimenticios en una masa continua. La extrusión tiene como objetivo ampliar la variedad de alimentos en la dieta, y tiene múltiples ventajas en la cocción de cereales, como la inactivación de inhibidores y factores que alteran la digestibilidad, la producción de alimentos sanitariamente adecuados, y la posibilidad de dar formas y texturas diferentes.

La cocción por extrusión es una forma especializada y única en el procesado de materiales amiláceos, ya que se trata de una cocción a relativamente bajos niveles de humedad en comparación con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Durante el proceso de extrusión, la masa de partículas más o menos hidratada es convertida en un fluido de muy alta viscosidad, y a medida que este fluido es transportado, los elevados esfuerzos de corte en combinación con la alta temperatura transforman a los elementos estructurales del material, como los gránulos de almidón y las estructuras proteicas. La extrusión también permite la mejora o modificación de las propiedades funcionales de los alimentos, la formación de complejos lipídicos-carbohidratos que mejoran la textura y las características sensoriales del producto obtenido, y la desnaturalización e inactivación de factores anti nutricionales, lo que permite el mejoramiento en el valor nutritivo de los alimentos.(Romero, 2018). La extrusión es una de las tecnologías que permite crear nuevos productos utilizando ingredientes tradicionales e innovadores para producir refrigerios saludables, y la cocción por extrusión es un proceso versátil y eficiente, Durante décadas, se ha utilizado gramíneas de alta calidad para producir refrigerios a base de granos. También la extrusión es un proceso donde se somete a los alimentos a alta temperatura, que comprende operaciones como el mezclado, cocinado, amasado, cizallado, moldeado, Tiene varios efectos beneficiosos, como la gelatinización de almidón, la reducción de la oxidación de lípidos, la mejora de las fibras dietéticas solubles (Aro aro, 2019). La extrusión es un proceso utilizado en la industria alimentaria para transformar ingredientes en productos con formas y texturas específicas. Consiste en someter una masa de ingredientes a altas temperaturas y

presiones a medida que pasa a través de una matriz o dado con una forma determinada. Este proceso permite la producción de una amplia variedad de alimentos, desde cereales para el desayuno y snacks hasta análogos de carne. La extrusión ofrece varias ventajas, como su versatilidad para producir diferentes productos, su eficiencia energética y su capacidad para inactivar enzimas indeseables y factores anti nutricionales. Además, la extrusión puede esterilizar el producto y aumentar su vida útil. El diseño del tornillo en el extrusor es un factor clave en el proceso, ya que es responsable de transportar, comprimir, fundir y plastificar los ingredientes. (Espinoza et al., 2021).

### **2.2.2.1 Ventajas del proceso de extrusión**

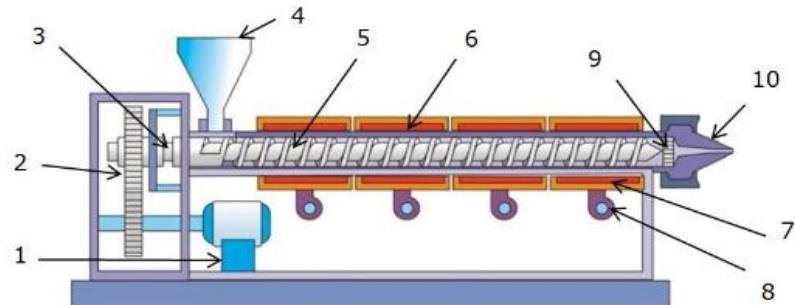
La extrusión en la industria alimentaria ofrece varias ventajas significativas:

- ✓ Una de las principales ventajas es su versatilidad, ya que permite la producción de una amplia gama de productos alimentarios modificando los ingredientes y las condiciones de operación de la extrusora y los dados
- ✓ La extrusión es un proceso continuo de un solo paso que combina varias operaciones unitarias simultáneamente en un equipo compacto, lo que lo hace eficiente en términos de espacio y tiempo
- ✓ Es que la extrusión tiene la capacidad para esterilizar el producto y aumentar su vida útil. Durante el proceso de extrusión, se generan altas temperaturas y presiones que pueden inactivar enzimas indeseables y factores anti nutricionales, como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, taninos y fitatos, lo que resulta en productos más seguros y con una mayor vida útil.
- ✓ Mejorar las propiedades físicas y sensoriales de los alimentos.

### 2.2.2.2 Componentes de un extrusor

**Figura 4**

*Partes de una maquina extrusora*



*Nota.* Indica los diferentes componentes del extrusor  
Fuente. Beltrán y Marcilla (2012)

#### **Partes principales de extrusora de husillo**

1. Motor
2. Reducción
3. Eje de la etapa de reducción y el husillo
4. Tolva
5. Inicio de la camisa cilíndrica
6. Final de la camisa cilíndrica
7. Alrededor de la camisa cilíndrica
8. Ventilador
9. Plato rompedor
10. Dado

### 2.2.2.3 Principales componentes de un extrusor

#### **Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación es una parte esencial del proceso de extrusión de alimentos. Consiste en una tolva donde se introduce el material a procesar, y su función principal es garantizar una alimentación constante y uniforme de las materias primas en el extrusor. Esto permite un

funcionamiento eficiente y uniforme del proceso de extrusión y la obtención de un producto final con apariencia uniforme. El diseño del sistema de alimentación puede variar dependiendo del tipo de extrusor y del producto que se esté procesando. Algunos sistemas utilizan tornillos sinfín para transportar el material hacia el extrusor, mientras que otros utilizan sistemas de alimentación gravimétricos o de vacío. Además, se pueden incorporar dispositivos de pre acondicionamiento para mejorar la calidad del material antes de su entrada al extrusor. Es importante que el sistema de alimentación esté diseñado de manera adecuada para evitar problemas como la formación de puentes o la obstrucción del material. También es necesario controlar la velocidad de alimentación para asegurar un flujo constante y uniforme de las materias prima (Sandoval, 2017)

### **Tornillo**

El tornillo del extrusor es una parte fundamental en el proceso de extrusión de alimentos. Su diseño y configuración geométrica juegan un papel crucial en el transporte, compresión, fusión y plastificación del material alimenticio. El tornillo presenta una configuración variable a lo largo del barril del extrusor, con diferentes diámetros de raíz, anchuras de filete y distancias entre ellos en cada zona del extrusor. En la zona de alimentación, el tornillo tiene un menor diámetro de raíz y filetes más delgados, con el objetivo de transportar el material sin generar esfuerzos de cizallamiento. En las zonas de compresión y fusión, el diámetro de raíz y la anchura del filete aumentan gradualmente, mientras que la profundidad del filete y la distancia entre ellos disminuyen, generando mayor llenado, esfuerzo de cizallamiento y temperatura. La relación longitud y diámetro del tornillo ( $L/D$ ) influye en la productividad del extrusor, ya que un aumento en la longitud del tornillo. (Sandoval, 2017)

### **Barril**

El barril del extrusor es una parte fundamental en el proceso de extrusión de alimentos. Consiste en un cilindro metálico que alberga el tornillo y proporciona el ambiente necesario para llevar a cabo las diferentes

etapas del proceso. El barril está dividido en varias zonas, cada una con una función específica. La primera zona del barril es la zona de alimentación, donde se introduce el material a procesar. Esta zona suele tener un diámetro mayor para permitir una fácil entrada del material. A medida que el material avanza hacia la siguiente zona, se produce una compresión gradual, lo que ayuda a aumentar la densidad y la temperatura del material. La siguiente zona es la zona de compresión, donde se ejerce una mayor presión sobre el material. Aquí, el diámetro del barril disminuye gradualmente, lo que provoca un aumento en la presión y la temperatura. Esta compresión ayuda a mejorar la homogeneidad del material y a eliminar el aire atrapado. La zona de fusión es la siguiente etapa, donde se alcanza la temperatura más alta. Aquí, el material. (Sandoval, 2017)

### **Dado y diámetro del dado**

El dado del extrusor es una parte esencial en el proceso de extrusión de alimentos. Su función principal es dar forma al producto final y promover la resistencia al flujo de material dentro del extrusor, lo que resulta en un aumento de la presión y la fuerza de cizalla. El diseño del dado tiene un impacto significativo en la calidad físico-química y textura del producto extruido. El diámetro del orificio en el dado es un factor importante que determina la presión de trabajo y el grado de expansión del producto. Un diámetro menor del orificio aumenta la presión dentro del extrusor y el grado de expansión del producto. Esto se debe al aumento de la temperatura y la fuerza de cizalla, lo que permite la gelatinización y la fundición completa del almidón, cambios necesarios para la expansión del producto. Además, al cambiar los diseños del dado, se pueden obtener diferentes formas de snacks extruidos. El dado también puede tener varios orificios, lo que permite la producción de múltiples productos simultáneamente (Sandoval, 2017).

#### ***2.2.2.4 Parámetros para la operación del extrusor***

##### **El perfil de temperatura en el barril del extrusor**

Es un factor crítico en el proceso de extrusión de alimentos. Durante el proceso, la temperatura del barril aumenta gradualmente a medida que el material alimenticio avanza desde la zona de alimentación hasta la zona de fusión. Este aumento de temperatura es esencial para lograr la gelatinización del almidón, la fusión de los componentes y la formación de la estructura deseada del producto final. El perfil de temperatura se controla mediante la combinación de diferentes zonas de calentamiento y enfriamiento en el barril del extrusor. En la zona de alimentación, la temperatura se mantiene relativamente baja para evitar la degradación de los ingredientes sensibles al calor. A medida que el material avanza hacia la zona de compresión, la temperatura comienza a aumentar gradualmente para promover la gelatinización del almidón y la fusión de los componentes. En la zona de fusión, se alcanza la temperatura más alta, que puede llegar hasta los 180°C. Esta temperatura es necesaria para lograr una completa fusión del almidón. La temperatura del barril del extrusor tiene una influencia significativa en la viscosidad del material alimenticio durante el proceso de extrusión. A medida que la temperatura aumenta, la viscosidad del material disminuye. Esto se debe a que el aumento de temperatura provoca una reducción en la viscosidad del alimento, lo que facilita su flujo y procesamiento dentro del extrusor. La viscosidad del material alimenticio es un parámetro importante, ya que afecta directamente la calidad y las propiedades físicas del producto final. Una viscosidad adecuada permite un flujo uniforme y una distribución homogénea de los ingredientes en el extrusor, lo que resulta en un producto final de mejor calidad. Además de la temperatura, otros factores como la composición del material alimenticio, la humedad y la velocidad del tornillo también pueden influir en la viscosidad del material durante la extrusión (Lázaro y Sotelo, 2017).

La temperatura del barril del extrusor tiene una influencia significativa en la viscosidad del material alimenticio durante el proceso de extrusión. A medida que la temperatura aumenta, la viscosidad del material

disminuye. Esto se debe a que el aumento de temperatura provoca una reducción en la viscosidad del alimento, lo que facilita su flujo y procesamiento dentro del extrusor. La viscosidad del material alimenticio es un parámetro importante, ya que afecta directamente la calidad y las propiedades físicas del producto final. Una viscosidad adecuada permite un flujo uniforme y una distribución homogénea de los ingredientes en el extrusor, lo que resulta en un producto final de mejor calidad. Además de la temperatura, otros factores como la composición del material alimenticio, la humedad y la velocidad del tornillo también pueden influir en la viscosidad del material durante la extrusión (Sandoval, 2017).

### **Velocidad del tornillo**

La velocidad del tornillo en el extrusor tiene una influencia significativa en el proceso de extrusión de alimentos. Aumentar la velocidad del tornillo permite incrementar el caudal másico y la producción, lo cual es beneficioso para las industrias. Sin embargo, trabajar con una velocidad excesiva puede tener efectos negativos en la calidad del producto final. Un aumento en la velocidad del tornillo puede resultar en una gelatinización y fusión incompleta del almidón, lo que puede generar productos con baja expansión y mayor dureza. (Susana, 2016). Esto se debe a que la velocidad del tornillo reduce el tiempo de residencia del material en el extrusor, lo que limita la adecuada gelatinización y fusión de los componentes del alimento. Además, una velocidad del tornillo excesiva puede generar un aumento en la temperatura y la presión dentro del barril, lo que puede afectar negativamente la viscosidad del material y la calidad del producto final. También puede provocar una mayor degradación de los ingredientes sensibles al calor y una menor homogeneidad en la distribución de los ingredientes en el tornillo (Olalla, 2019).

### **Perfil de presión en el interior del barril**

El perfil de presión en el interior del barril del extrusor es un factor crucial en el proceso de extrusión de alimentos. A medida que el material alimenticio avanza a lo largo del barril, la presión aumenta gradualmente

debido a la combinación de la temperatura, el esfuerzo de cizalla y la velocidad del tornillo. El aumento de la temperatura, el esfuerzo de cizalla y la velocidad del tornillo resulta en una mayor acumulación de presión en el barril. Esta presión es esencial para generar los cambios físico-químicos necesarios en el material, como la gelatinización y la fusión del almidón, que son fundamentales para obtener productos extruidos con una estructura aireada y una textura crujiente. La presión alcanza su punto máximo en la zona de fusión, justo antes de la salida por el dado. La brusca caída de presión en este punto provoca la evaporación rápida del agua y la expansión del producto extruido (Taimal, 2019).

#### ***2.2.2.5 Extrusión en caliente***

Las materias primas utilizadas en la extrusión en caliente son diversas y pueden incluir cereales como el maíz, el trigo y el arroz, así como leguminosas, raíces y tubérculos, y semillas oleaginosas. Estas materias primas se seleccionan en función de su composición físico-química, su disponibilidad en el mercado y su costo. El maíz es una de las materias primas más utilizadas debido a su alto contenido de almidón, que es el componente principal que forma la estructura del producto extruido. El maíz duro, en particular, se caracteriza por su alto contenido de almidón, con valores que varían entre 50% y 80% en base seca. Además, el maíz contiene amilosa y amilopectina, que son componentes importantes para la formación de la estructura del producto extruidos. Otras materias primas como leguminosas, raíces y tubérculos, y semillas oleaginosas también se utilizan en la extrusión en caliente. Estas materias primas (Lázaro Cajusol Jeniffer Estefania y Sotelo Herrera Medali Génesis, 2017).

#### ***2.2.2.6 Características de la materia prima para el proceso de extrusión***

La composición de la matriz alimentaria es un factor clave en el proceso de extrusión de alimentos. Las materias primas utilizadas en la extrusión deben tener ciertas condiciones para ser adecuadas para el proceso. Estas condiciones incluyen el tipo de material, el contenido de

humedad, el estado físico y la composición química. En cuanto al tipo de material, las materias primas más comúnmente utilizadas en la extrusión son aquellas con altos contenidos de almidón, como el maíz, el trigo y el arroz. Sin embargo, también se pueden utilizar otras materias primas como leguminosas, raíces y tubérculos, y semillas oleaginosas, que aportan diferentes nutrientes y características al producto final. El contenido de humedad de la materia prima también es importante. Un contenido de humedad adecuado permite una mejor gelatinización del almidón y una adecuada fusión de los componentes durante el proceso de extrusión. Además, el estado físico de la materia prima, ya sea en forma de harina, gránulos es un factor importante para el proceso de extrusión (Espinoza et al., 2021).

#### ***2.2.2.7 Tamaño de partícula en proceso de extrusión***

La importancia de la determinación del tamaño de partícula a través de la granulometría en los cereales radica en su influencia directa en las propiedades de solubilidad del almidón. Se destaca que el almidón presenta buenos índices de solubilidad, los cuales dependen principalmente del tamaño de partícula y del proceso de extrusión al que es sometido. Se enfatiza que a medida que el material es más fino y está mejor transformado, su solubilidad mejora. Por lo tanto, la determinación del tamaño de partícula es crucial para garantizar la calidad y las propiedades deseadas en el producto final. ( Vilchez et al., 2012). El tamaño de partícula es un factor crucial en el proceso de extrusión, ya que puede tener un impacto significativo en la calidad y las propiedades finales del producto extruido. La uniformidad de la mezcla, la capacidad de flujo del material en el equipo, la velocidad de reacción química, la textura y la apariencia del producto final son aspectos que pueden verse afectados por el tamaño de partícula. Por lo tanto, comprender y controlar el tamaño de partícula es fundamental para asegurar la consistencia y la calidad del producto durante el proceso de extrusión (Romero, 2018). El tipo de extrusor y la configuración del equipo influyen en el tamaño de partícula, lo que lleva a la elección de la materia prima más adecuada para cumplir con los requisitos del proceso. Por lo

tanto, es recomendable realizar el acondicionamiento de la materia prima, ya que los tamaños gruesos pueden retrasar el proceso de gelatinización en la salida, mientras que las partículas muy pequeñas se funden rápidamente, obstaculizando el transporte de la mezcla en el interior de la extrusora (Lázaro y Sotelo, 2017). La determinación del tamaño de partícula a través de la granulometría se puede llevar a cabo mediante la operación de tamización, utilizando tamices acoplados en cascada y sometiendo la muestra a movimientos vibratorios. Este proceso permite calcular el tamaño de partícula a través de la fracción retenida, que representa la mayor cantidad en el tamiz y determina el tamaño de partícula, y la fracción de cernido que atraviesa el tamiz (Túpaca, 2012).

#### ***2.2.2.8 Humedad en el proceso de extrusión***

La humedad es un factor crítico en el proceso de extrusión de alimentos. Contenidos bajos de agua en el material alimentado resultan en alta viscosidad, lo que conlleva a un mejor rendimiento. Sin embargo, en la extrusión de almidones o materiales amiláceos, la gelatinización ocurre más fácilmente a altos contenidos de humedad. Además, con menos contenido de humedad, se reduce el grado de expansión, lo que resulta en productos de menor volumen y mayor densidad. En el proceso de extrusión de alimentos, el almidón desempeña el papel más importante, ya que los cambios que sufre el almidón afectan la expansión y la textura final del producto extrudido. De todas las variables que afectan la expansión, la humedad es la más significativa (Quispe, 2013).

La humedad desempeña un papel crucial en el proceso de extrusión, ya que, en condiciones específicas, el material se convierte en un fluido altamente viscoso dentro del extrusor. Este fluido experimenta elevados esfuerzos de corte y altas temperaturas, lo que conduce a la transformación de los elementos estructurales del material, como los gránulos de almidón y las estructuras proteicas. La humedad también es fundamental en la cocción por extrusión, donde la pasta cocida a alta temperatura y presurizada es forzada a través de una pequeña abertura, permitiendo dar forma al

producto. Además, la humedad influye en la expansión y la evaporación en el producto final. Por lo tanto, la humedad es un factor determinante en la transformación del material y en la formación del producto durante el proceso de extrusión. Este proceso único tiene ventajas significativas, como la mejora de propiedades funcionales, la formación de complejos lipídicos-carbohidratos, y la desnaturalización e inactivación de factores anti nutricionales, lo que amplía la variedad de alimentos en la dieta y produce alimentos sanitariamente adecuados ( Quitiaquez,2005).

### 2.2.3 *Snack*

El snack es uno de los alimentos que, en trozos muy menudos, y tiene una gran facilidad de manejo, por eso no necesita acondicionar para su consumo, el fin es saciar el hambre rápidamente, Los snacks existentes en el mercado se pueden categorizar como en: los dulces, los salados, también picantes entre otros sabores. Un snack es un alimento que se consume como una comida ligera o como reemplazo parcial de una comida regular. Los snacks son productos que se caracterizan por ser fáciles de consumir, generalmente en porciones pequeñas y listas para comer. Estos alimentos suelen ser convenientes y prácticos, ya que se pueden llevar fácilmente y consumir en cualquier momento del día. Los snacks pueden ser dulces o salados, y existen una amplia variedad de opciones disponibles en el mercado, como galletas, chips, barras de cereal, frutas deshidratadas, entre otros. Algunos snacks también pueden ser saludables, como los que están hechos con ingredientes naturales y bajos en grasas y azúcares. Es importante tener en cuenta que no todos los snacks son igualmente saludables. Algunos snacks procesados pueden contener altos niveles de grasas saturadas, azúcares y sodio, lo que puede ser perjudicial para la salud si se consumen en exceso. Por lo tanto, es recomendable leer las etiquetas de los productos y optar por opciones más saludables (Zelada, 2011).

#### **2.2.4 Índice de expansión**

El índice de expansión siendo esta una variable de respuesta las que determinaron la elección debido a que el índice de expansión controla la relación existente entre la densidad global y la textura del producto extruido, características muy importantes desde el punto de vista comercial y sensorial, respectivamente El índice de expansión como requisito para determinar los parámetros óptimos de extrusión de la quinua, con valores superiores a 2,40 es aceptable, así como el grado de gelatinización del almidón, ya que mejora la apariencia, el sabor, la textura y la digestibilidad de comida (Repo-Carrasco *et al.*, 2011)

#### **2.2.5 Almidón**

El almidón resistente es la parte del almidón que resiste la digestión y permanece saludable en el sistema digestivo. Una ventaja de este almidón es que puede ser utilizado como ingrediente que potencia las propiedades tecnológicas de los alimentos, además de aportar beneficios fisiológicos relacionados con la salud, por otro lado, de manera natural el almidón resistente podemos encontrarlo en granos de cereales, semillas, legumbres y tubérculos y en la industria alimentaria en una amplitud de productos asociados a la panificación, pastelería, galletería y cereales extruidos (Villarroel *et al.*, 2018).

#### **2.2.6 Amilasa**

Las  $\alpha$  – amilasa es una enzima que catalizan la hidrólisis de los enlaces glucosídicos  $\alpha$ 1,4 que se encuentran en el almidón, el glucógeno y otros polisacáridos (Quintero y Gutiérrez, 2008).

#### **2.2.7 Amilopectina**

El componente llamado amilopectina es un polímero dividido de unidades de glucosa formadas en un 94-96% por empalmes  $\alpha$  (1-4) y en un 4-6% con conexiones  $\alpha$  (1-6). Dicha división aproximadamente se encuentra

a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Hernández et al., 2008).

### **2.2.8 Prueba hedónica**

Una prueba hedónica es un método utilizado para evaluar la aceptabilidad o preferencia de los productos por parte de los consumidores. En esta prueba, los participantes prueban y califican los productos en función de su agrado o preferencia. La prueba hedónica busca comprender las respuestas emocionales y subjetivas de los consumidores hacia los productos. La prueba hedónica se utiliza en diversos campos, como la industria alimentaria, la industria cosmética y la industria de productos de consumo. Los resultados de estas pruebas proporcionan información valiosa sobre la aceptación del producto por parte de los consumidores y pueden influir en las decisiones de desarrollo de productos y estrategias de marketing. (Meilgaard y Carr 2016).

## **2.3 Definiciones de términos**

### **2.3.1 Almidón**

El almidón es el factor fundamental del maíz (*Zea mays* L.) y las composiciones físicas-químicas y funcionales de este polisacárido también están íntimamente ligadas a su estructura. Así mismo el almidón se compone de 2 polímeros de glucosas: amilosas y amilopectinas. Estos compuestos se disponen en anillos concéntricos dando lugar a una estructura granular. La distribución de la amilosa en anillos concéntricos difiere entre el centro y la periferia de la granulo, ya que ocupa solo los sitios disponibles que deja la amilopectina después de la síntesis (Agama et al., 2012).

### **2.3.2 Amilasa**

Las  $\alpha$  - amilasas son enzimas que catalizan la hidrólisis de los enlaces glucosídicos  $\alpha$ 1,4 que se encuentran en el almidón, el glucógeno y otros polisacáridos (Quintero y Gutiérrez, 2008).

### **2.3.3 Extrusión**

El proceso de extrusión es una operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y longitud indefinida. Este proceso se aplica a una amplia gama de materiales, incluyendo plásticos, metales, cerámicas y alimentos, y se utiliza para fabricar una variedad de productos como marcos de ventanas, tuberías y pastas alimenticias. En el caso de los plásticos, la extrusión es uno de los procesos más importantes de transformación. Se lleva a cabo en máquinas llamadas extrusoras o extrusores, siendo las de tornillo o husillo simple las más utilizadas. (Gomis, 2012)

### **2.3.4 Características fisicoquímicas**

Las características fisicoquímicas de un producto se refieren a sus propiedades físicas y químicas, que pueden incluir aspectos como la composición de nutrientes, la humedad, la acidez, la densidad, entre otros. Estas características son importantes para determinar la calidad, seguridad y estabilidad de un producto. (Gallego, 2017)

### **2.3.5 Índice de expansión**

El índice de expansión en el contexto de la extrusión se define como la relación entre el área de la sección transversal del producto extruido y la matriz. Este índice es importante para determinar la calidad y las propiedades del producto final. (Makila et al., 2014).

### **2.3.6 Porcentaje de humedad**

El porcentaje de humedad en los alimentos se refiere a la cantidad de agua presente en un alimento, expresada como porcentaje del peso total del alimento. Este parámetro es importante en la industria alimentaria, ya que la humedad influye en la textura, sabor, vida útil y seguridad de los alimentos. Un porcentaje de humedad adecuado puede contribuir a la frescura y calidad del producto, mientras que un exceso de humedad puede

propiciar el crecimiento de microorganismos y la degradación del alimento. (Huamán et al., 2016)

### **2.3.7 *Análisis granulométrico en la extrusión***

El análisis granulométrico es crucial en el proceso de extrusión, ya que permite determinar la distribución del tamaño de partículas de los ingredientes utilizados. Esta información es fundamental para lograr una mezcla homogénea y consistente, lo que influye en la calidad y las propiedades finales del producto extruido. Un análisis granulométrico preciso garantiza que la materia prima tenga la textura y la composición adecuadas para el proceso de extrusión, lo que a su vez impacta en la calidad, la textura y la estabilidad del producto final. Además, este análisis es esencial para optimizar la eficiencia del proceso de extrusión y para garantizar la uniformidad y consistencia del producto. (Rodríguez, 2011)

### **2.3.8 *Valor nutricional***

El valor nutricional de los alimentos se refiere a la calidad y cantidad de nutrientes esenciales que estos contienen, como vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos y grasas. Este valor es crucial para mantener la salud y el bienestar, ya que los nutrientes son fundamentales para el correcto funcionamiento del organismo, el crecimiento, la reparación de tejidos y la prevención de enfermedades. La importancia del valor nutricional radica en que una alimentación equilibrada y variada, que contenga los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas, contribuye a la prevención de enfermedades crónicas, el desarrollo adecuado en niños y adolescentes, y el mantenimiento de la salud en la edad adulta. (Muñoz, 2018)

### **2.3.9 *Macronutrientes***

Los macronutrientes son componentes esenciales de la dieta que proporcionan la mayor parte de la energía necesaria para el funcionamiento del organismo. Estos incluyen carbohidratos, grasas y proteínas. Los carbohidratos son la principal fuente de energía y se encuentran en

alimentos como frutas, verduras, granos y productos lácteos. Las grasas, otra fuente de energía, se encuentran en alimentos como aceites, nueces, semillas y productos lácteos. Las proteínas, esenciales para la reparación y el crecimiento de los tejidos, se encuentran en alimentos como carne, pescado, huevos, legumbres y productos lácteos. Estos macronutrientes desempeñan un papel fundamental en la nutrición humana y son necesarios para mantener una dieta equilibrada y saludable. (Alcalá Bejarano Carrillo et al., 2014)

#### ***2.3.10 Valor de aceptabilidad***

El valor de aceptabilidad de los alimentos es un factor crucial que influye en la elección y consumo de productos alimenticios. Este valor se ve afectado por diversos factores, como el sabor, la textura, el aroma, el aspecto visual y la satisfacción general que el alimento proporciona al consumidor. La aceptabilidad de los alimentos es esencial para garantizar su consumo regular, lo que a su vez puede tener un impacto significativo en la nutrición y la salud de la población. Además, la aceptabilidad de los alimentos puede influir en las decisiones de compra y en la preferencia por ciertos productos, lo que puede tener implicaciones tanto para la industria alimentaria como para la salud pública. (Vilca et al., 2020)

#### ***2.3.11 Escala hedónica***

La escala hedónica, la cual es utilizada para evaluar la aceptación de alimentos agradables al paladar. Esta prueba ha sido adaptada para su uso con niños y adultos no alfabetizados, y se ha desarrollado una versión de escala hedónica facial para este propósito. Sin embargo, se cuestiona la fiabilidad de la información obtenida a través de esta prueba, ya que se sugiere que la simpatía por la figura en la escala, y no necesariamente la expresión de satisfacción por el consumo de alimento, podría influir en la elección del niño (Álvarez et al., 2018).

## CAPITULO III

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1 *Tipo de investigación*

La investigación es del tipo experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente. Esta manipulación permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables, lo que la distingue de otros tipos de investigación. La investigación experimental se considera aplicada porque busca aplicar los conocimientos teóricos a situaciones prácticas, con el fin de generar soluciones o respuestas a problemas concretos. En este contexto, la investigación experimental busca comprender y abordar problemas reales a través de la manipulación controlada de variables para obtener resultados significativos y aplicables en la práctica.(Ramos, 2021). Por lo tanto, se realizará la manipulación diferentes mezclas en distintos porcentajes de la siguiente materia primas: la quinua, *Chenopodium quinoa Willd*), chía (*Salvia hispánica*) y el maíz amarillo duro (*Zea mays*), para la formulación del snack para posteriormente evaluar parámetros fisicoquímicos y de aceptabilidad.

##### 3.1.2 *Nivel de investigación*

El diseño preexperimental en la formulación de un alimento implica realizar una intervención en un solo grupo, sin contar con un grupo de control para comparar los resultados. Durante este proceso, se manipulan las variables de la formulación del alimento y se observa el impacto en las propiedades del producto final. Este enfoque permite realizar pruebas preliminares y obtener información valiosa sobre la viabilidad y efectividad de la formulación antes de realizar estudios más completos con grupos de control siendo útil para explorar nuevas formulaciones de alimentos, también evaluar si mantiene sus características nutricionales y la aceptación del producto por parte de los consumidores.(Ramos, 2021).

## 3.2 Ámbito temporal y espacial

### 3.2.1 Lugar y ejecución

La investigación se realizó en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray provincia de Huamanga región Ayacucho, en la planta procesadora de cereales de la asociación agroindustrial San Martín de Ccollcca, empresa que ha sido constituida a nivel asociativo el año 2006 iniciando sus primeras actividades con la molienda de cereales, con una capacidad de procesamiento en molienda de 5 ton/día, y los procesos de extrusión 60 kg/ batch, actualmente ofrece una variedad de servicios que incluyen la transformación de materias primas en productos finales, como harinas, cereales para el desayuno, snacks, entre otros. Estos servicios también pueden incluir la extrusión de cereales para la producción de alimentos procesados que pueden ser enriquecidos con nutrientes y adaptados a las necesidades específicas del mercado. Algunos ensayos para el análisis fisicoquímico se desarrollaron en el laboratorio de química de la facultad de ingeniería y Gestión de la Universidad Nacional autónoma de Huanta y el laboratorio de AGROLAB.

#### Figura 5

*Localización de la planta procesadora de cereales de la asociación agroindustrial San Martín de Ccollcca*



*Nota.* Localización de la provincia de Huamanga- Ayacucho. Imagen tomada de Google Earth (2022).

### 3.2.2 *Ubicación política*

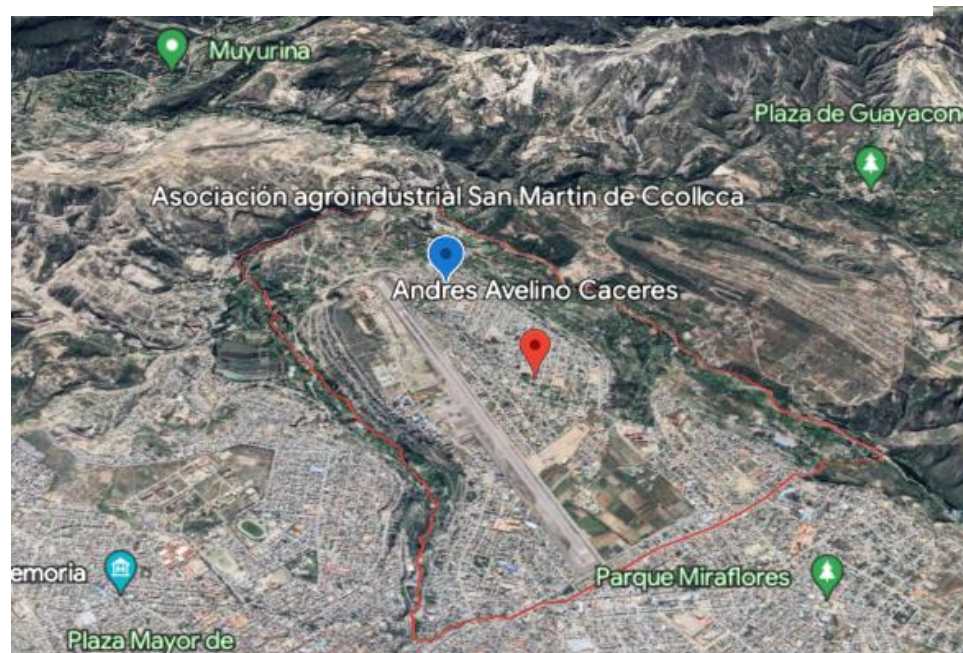
- **Distrito** : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
- **Provincia** : Huamanga
- **Región** : Ayacucho

### 3.2.3 *Ubicación geográfica*

El distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray se encuentra en la provincia de Huamanga con una superficie territorial de 9 km<sup>2</sup>, las temperaturas oscilan entre 11 a 16°C, Con una Precipitación anual, 1117mm<sup>3</sup>, Humedad el 85%.

#### **Figura 6**

*Mapa del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray-Huamanga*



*Nota.:* Mapa del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray Imagen tomada de Google Earth (2022).

### 3.2.4 *Duración del proyecto*

La ejecución de la investigación se realizó entre los meses de octubre del 2022 a junio del año 2023.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

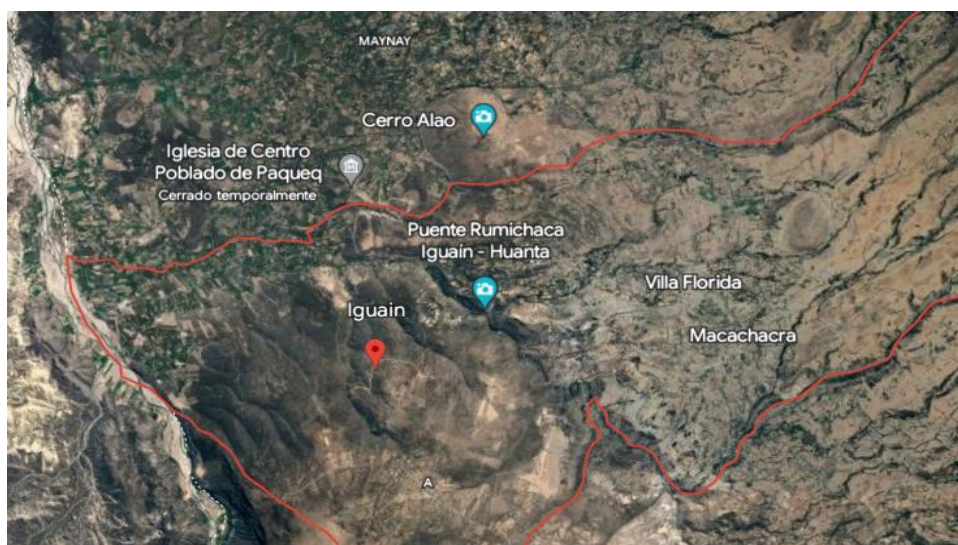
Producción de cereales de la región Ayacucho provenientes de las alturas, productos obtenidos de las cercanías de la provincia de Huanta

#### 3.3.2 Muestra

Se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico, intencional que se refiere a la selección de la muestra basada en la conveniencia del investigador ( MAS) muestreo aleatorio simple, es decir, los elementos de la muestra son seleccionados de manera deliberada y no al azar.(Condori, 2017). Por ello fue conveniente recolectar cereales de diferentes puntos de la provincia de Huanta ya que el producto se expende en diferentes puntos de venta se obtuvo una La unidad experimental de la investigación es de 15 kg de maíz amarillo duro en griz, 12 kg de Quinoa en grano y 5 kg de chía en grano,kg de maíz amarillo duro y 12 kg de quinua en grano lavado y 5 kg de chía en grano para realizar las de formulación con la numeración respectiva.

#### Figura 7

*Mapa de la provincia de Huanta-Ayacucho*



*Nota.* La figura muestra el mapa de la provincia de Huanta donde se obtuvo las muestras cosechadas en poblado villa florida y la quinua en zonas altas de Huanta Imagen tomada de Google Earth (2022).

### 3.3.3 *Unidad experimental*

Formulaciones F1- F9, que consiste en la mezcla de los 3 cereales, parte de la mezcla servirá para realizar la evaluación fisicoquímica y la evaluación sensorial. Las variedades utilizadas provienen de:

- Maíz Amarillo duro (*Zea mays*): Variedad: Morocho.
- Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Variedad, blanca
- Chia (*Salvia hispánica*) Variedad negra, procedencia Huanta.

## 3.4 Instrumentos

### 3.4.1 *Instrumentos de recolección de datos*

- Ficha de recolección de datos
- Informe del análisis fisicoquímico laboratorio
- Ficha de aceptabilidad del producto final (prueba hedónica)

### 3.4.2 *Instrumentos de recolección de información*

#### a) **Materiales**

- Cuaderno de campo
- Bolsas conservadoras ziploc
- Vasos descartables
- Cucharas descartables
- Bandejas de plástico
- Tamiz
- Espátula
- Bolsa de polipropileno
- Papel boom
- Cinta masquen
- Marcador negro
- Platos descartables
- Crisoles
- Platitos de acero inoxidable

#### b) **Herramientas**

- Boles
- Espátulas
- Mallas de recolección de snack

### 3.4.3 *Equipos para obtención de Snack*

#### **a) Extrusora de tornillo simple (equipo nacional)**

El tornillo de la extrusora es de paso variable, a continuación del largo del eje, un hilo constante en lo largo del tornillo para generar presión y calor dentro de la chaqueta en forma cilíndrica, dando una capacidad para el calentamiento de fricción es de material acero inoxidable.

Funciones de la extrusora:

- Almacenar polímeros
- Transportar el material solido
- Comprimir y calentar polímeros
- Homogenizar mezclas
- Facilitar la obtención del producto final deseado
- Extruir el producto final
- Descripción técnica de la extrusora:
  - Longitud del tornillo 30cm
  - Velocidad del tornillo
  - Diámetro del formato 0.6 cm
  - Alimentación constante de 40 kg/ hora

Extrusora para cereales de un solo tornillo

**Figura 8***Extrusora para cereales*

*Nota.* La figura muestra la extrusora para cereales. Fuente: fotografía de la empresa Ola-PPHUSp.

**b) Balanza analítica**

La balanza analítica es uno de los equipos de medida con más frecuencia de uso, esta tiene una gran precisión hasta de un 0.1mg.

Características de la balanza:

- Tara
- Transmisión de información a computadoras
- Cuartos aisladores de otros cuerpos
- Alarmas de peso
- Conexión para tara de pedal
- Descripción técnica:
  - Capacidad 1km
  - Voltaje 110v
  - Tara max 200g
  - Temperatura 10-40°C

**Figura 9**

*Balanza analítica precisión 0.0001g*



*Nota.* La figura muestra la balanza analítica. Fuente: fotografía de la empresa metrológica.

**c) Tamices**

El tamiz también denominado mallas son herramientas de laboratorio utilizada en diversas operaciones para medir el tamaño de partículas según la retención presenta la partícula en cada una de las mallas estas distribuciones permiten evaluar el tamaño de partícula. Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, criba o herramienta de colador

**Características de los tamices**

- Presenta 3 categorías de filtrado
- Filtrado grueso para partículas grandes.
- Cepillado medio para partículas entre 75 – 1905 micrones.
- Filtración para las partículas más pequeñas de hasta 5 micrones.

**Figura 10***Tamices para granulometría*

*Nota.* La figura muestra tamices. Fuente: fotografía de la empresa metrológica.

**d) Estufa**

Estufas de secado con renovación y circulación de aire. Equipo utilizado para determinación de humedad y secado de muestras en general. Se someterá el producto por un proceso de secado para determinar la cantidad de humedad analíticamente calculado por la pérdida de peso mediante diversos métodos que tienen diferentes denominaciones mufla, estufa, determinara la humedad a través de la diferencia de pesos ya que estos pasaran por un proceso de evaporación que será absorbido por el horno.

**Características:**

- Temperatura de ambiente: +7 hasta 150°C.
- Control de temperatura: Digital
- Sensor: Tipo J.
- Precisión:  $\pm 1^\circ\text{C}$
- Uniformidad:  $\pm 1^\circ\text{C}$
- Capacidad: 2 bandejas con distancia de 130 mm
- Motor: De inducción de  $\frac{1}{4}$  CV.

**Figura 11**

*Estufa para determinar la humedad*



*Nota.* La figura muestra una estufa.

Fuente: fotografía de la empresa metrológica

### **3.5 Procedimiento**

#### **3.5.1 Fase preliminar**

Los cereales como la quinua blanca, chíá y el maíz amarillo, son previamente seleccionados para evitar la presencia de contaminantes o materiales extraños, conociendo parámetros anteriores de estudios del proceso de extrusión se procedió por realizar el diseño experimental, haciendo uso el programa MINITAB 9.0.

#### **3.5.2 Fase experimental**

La primera etapa consistió en determinar los porcentajes de las materias primas para luego ser mezclados, cada una de ellas tendrá la denominación de formulación (F), según al diseño experimental de mezcla

constituida por Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y Maíz amarillo duro (*Zea mays*).

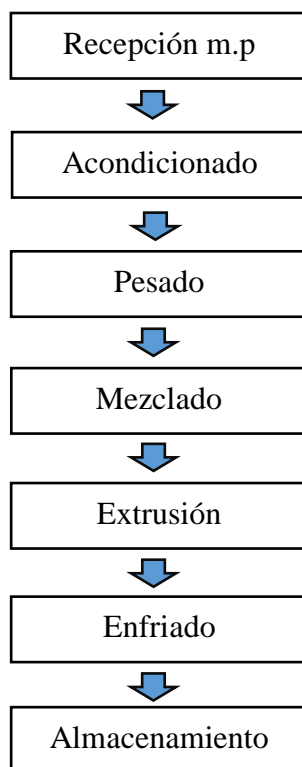
- a) Como siguiente etapa se realizó la evaluación de la materia prima, que consiste en determinar el tamaño de partícula con la evaluación granulométrica estas deben estandarizarse para no se presente inconvenientes en proceso de extrusión.
- b) Se acondiciono la materia prima según a los requerimientos del proceso de extrusión que requiere de un 12% de humedad, si no presentaba esta condición se incrementó agua. Este procedimiento se realizó con las distintas formulaciones que consiste en la mezcla.
- c) Las diferentes mezclas que tienen la denominación de formulaciones (F) fueron sometidas al proceso de extrusión, para conocer su comportamiento y si cumple los parámetros fisicoquímicos de un snack para ser comercializado.
- d) Finalmente, el producto a sido evaluado en el aspecto fisicoquímico y sensorial.
- e) La prueba de aceptabilidad se realizó utilizando la escala hedónica dirigido a 25 niños elegidos totalmente al azar, de la Institución Educativa pública inicial “SANTA ELENA” del distrito Andrés Avelino Dorregaray de la provincia Huamanga región Ayacucho.

### **Descripción de la obtención de snack**

Proceso de extrusión: para el proceso de extrusión se requiere realizar distintas operaciones en las formulaciones compuestas por quinoa, chía y de maíz amarillo duro, describiremos las diferentes operaciones: Recepción de la materia prima, pesado, mezclado, extrusión, enfriado y almacenamiento tomando en consideración varios parámetros para su proceso.

**Figura 12**

*Diagrama de flujo del proceso de extrusión de snack a partir de mezcla quinua blanca, chía y de Maíz amarillo duro.*

**Descripción de las operaciones:****a) Recepción de materia prima**

La recepción de materia prima se refiere al proceso de recibir, inspeccionar y almacenar los materiales que se utilizarán en la producción. Esto incluye la verificación de la calidad y cantidad de los ingredientes, así como su almacenamiento adecuado para garantizar su integridad y seguridad.

**b) Acondicionado**

Conociendo las características del equipo y los requerimientos del proceso de extrusión es necesario determinar el tamaño de partícula de la quinua, chía, maíz amarillo duro este proceso tiene la denominación de tamizaje que presenta diferentes mallas con distintas numeraciones como N°10,12,14,18,20,25,30 que se diferencian por los mm de abertura, las que indicaran el tamaño de partícula, también se acondicionara la mezcla al porcentaje de humedad recomendada en este caso al 12 %.

**c) Pesado:**

El pesado se refiere a la medición y registro de la cantidad de materia prima que se utilizará en la producción en este caso los porcentajes de la quinua, chía, maíz amarillo duro. Esta etapa es crucial para garantizar la precisión en la formulación de los ingredientes y para mantener la consistencia en la calidad del producto final.

**d) Mezclado**

Conociendo la propuesta en el diseño experimental se procedió por realizar el mezclado de los cereales en las proporciones adecuadas según a cada formulación realizando el incremento de agua para cumplir con el 12 % de humedad.

**e) Extrusión**

Se procede por alimentar el tonel de la extrusora con cada una de las formulaciones este proceso de extrusión consiste en que cada uno de los gránulos de almidón de la mezcla absorbe agua y en la salida de la matriz de la extrusora el agua pasa a formar parte del vapor donde los gránulos del cereal afrontan un proceso de alineamiento, rizado y rotura. Esta presenta una abertura de boquilla de 0.6 cm a una Temperatura 125°C.

**f) Enfriado**

Para realizar las evaluaciones fisicoquímicas del producto se requiere enfriar el producto obtenido de la extrusora, a temperatura de medio ambiente en un lapso de 15 minutos.

**g) Almacenamiento**

El producto final es recolectado en mallas para que no se contaminen, luego estas serán envasadas en plásticos de polipropileno para su distribución.

**3.5.3 Fase de evaluación**

Para cumplir con los parámetros físicos y químicos del snack se realizó lo siguiente:

### **Evaluación fisicoquímica**

Consiste en determinar los parámetros que indican que el producto es adecuado para su consumo en la investigación se hace énfasis al índice de expansión que indica que nivel de gelatinización del almidón que tiene la mezcla cuando pasa por un proceso de extrusión. Por otro lado, también se evaluó las características nutricionales luego de un proceso de extrusión, es decir si mantiene o existe alguna modificación del contenido nutricional que inicialmente contiene la materia prima y la prueba de aceptabilidad que consiste en utiliza la escala hedónica. A continuación, se explica cómo se determina cada parámetro.

#### **a) Determinación del Índice de Expansión:**

El índice de expansión en un proceso de extrusión que indica la relación entre el volumen final del producto extruido y el volumen inicial de la masa antes de la extrusión. Este índice es importante ya que proporciona información sobre la capacidad del material para expandirse durante el proceso de extrusión, lo que puede influir en la textura, la porosidad y la apariencia del producto final.(Romero, 2018)

Ecuación

*Cálculo del índice de expansión (IE)*

$$IE = \frac{\text{Diámetro promedio de la muestra (cm)}}{\text{Diámetro de la boquilla (cm)}}$$

Lectura:

ÍE < 1.5 = Bajo índice de expansión

1.6 < ÍE < 2 = Mediano índice de expansión

ÍE > 2 = Alto índice de expansión

### **Determinación de la humedad**

Para determinar la humedad ideal de las formulaciones se debe explicar los cambios físicos que suceden con los cereales en el proceso de

extrusión, la presencia de almidón en los cereales es uno de los componentes que se encuentran en mayor porcentaje y las que intervienen en los parámetros físicos del producto extruido, como el índice de expansión, textura y otros. (Pérez et al., 2006). En el proceso de extrusión los cereales sufren cambios gracias a la gelatinización, estas requieren de cierta humedad para cumplir con los parámetros físicos de textura e índice de expansión, se recomienda que la gelatinización ocurra de manera uniforme y para garantizar el proceso requiere de una humedad del 10 al 20 %. (Pérez-Navarrete et al., 2006). La investigación referida al proceso de extrusión de la mezcla de cereales constituido por maíz, arroz, kiwicha es acondicionada a una humedad de mezcla del 12,6 % presentando un índice de expansión adecuado para el consumo y comercialización (Espinoza et al., 2021). También mencionan que el mínimo porcentaje de humedad es del 10%, si sobrepasan el 20% de humedad se origina dificultades en proceso de expansión ya que se presentan dificultades en el cilindro del equipo (Mercier et al., 1998). Por ello se realiza el cálculo de la humedad inicial de la mezcla y si no cumpliera con la recomendación se incrementa cierta cantidad de agua.

*Cálculo para la determinación del porcentaje humedad*

$$\% H = 100 \times \left( \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso húmedo}} \right)$$

**Determinación del tamaño de partículas**

Es importante conocer el tamaño de partícula en un proceso de extrusión, ya que esto puede influir en la calidad y las propiedades finales del producto extruido. El tamaño de partícula puede afectar la uniformidad de la mezcla, la capacidad de flujo del material en el equipo, la velocidad de reacción química, la textura y la apariencia del producto final. Por lo tanto, comprender y controlar el tamaño de partícula es crucial para garantizar la consistencia y la calidad del producto durante el proceso de extrusión. (Romero, 2018). El tamaño de partícula depende del tipo de extrusor y la configuración del equipo, según a estas características se

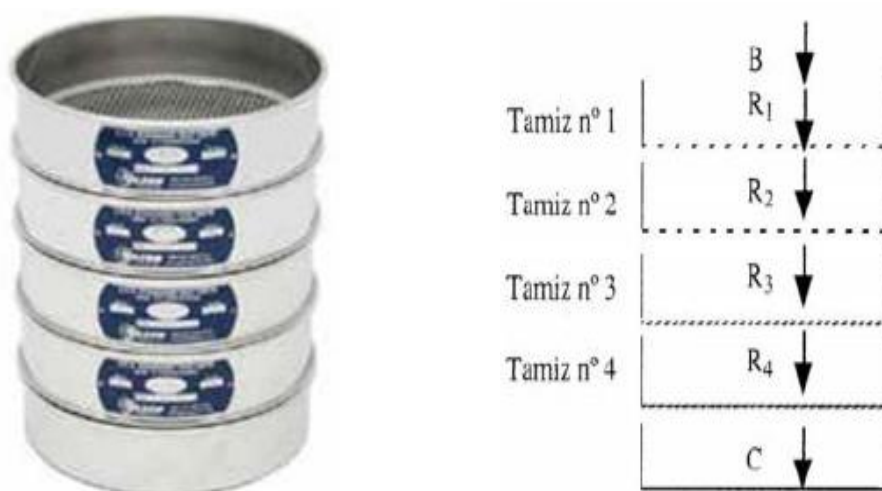
escoge la materia prima cercana a sus requerimientos, por lo tanto, es recomendable realizar el acondicionamiento de la materia prima, los tamaños gruesos retrasan el proceso de gelatinización en la salida y las partículas muy pequeñas se funden rápidamente obstaculizando el transporte de la mezcla en el interior de la extrusora. (Lázaro et al., 017)

Para determinar el tamaño de partícula la operación de tamización con el uso de tamices acoplados en cascada ordenados de manera decreciente

### Figura 13

*Prueba de tamizado para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*).*

luego de colocar la muestra se somete a movimientos vibratorios, estas se distribuyen en los diferentes tamices. En este proceso para el cálculo del tamaño de partícula se encuentran 2 fracciones cuyas denominaciones es la fracción retenida que representa la mayor cantidad en el tamiz y la determina el tamaño de partícula y la fracción de cernido que atraviesa el tamiz. (Túpaca, 2012)



*Nota.* La figura muestra los tamices para la granulometría. Fuente: fotografía de la empresa metrológica.

*Cálculo para el porcentaje de retención*

$$\%R = \frac{R}{B} \times 100$$

Donde:

%R= porcentaje de retención

R = gránulos retenidos (g)

B =  $\Sigma R+C$ = producto

*Calculo para el porcentaje de cernido*

$$\%C = \frac{B}{B} \times 100$$

Donde:

%C = porcentaje de cernido

B =  $\Sigma R+C$

**Determinación del valor nutricional**

Durante la cocción por extrusión, se sospecha que la fuerza de cizallamiento desempeña un papel importante en la modificación del valor nutricional de los materiales proteínicos. Las fuerzas de cizallamiento durante la extrusión se pueden modificar cambiando la velocidad del tornillo. Sin embargo, al cambiar la velocidad del tornillo, también se ve afectado el tiempo de residencia. Por esta razón, se ha demostrado que la extrusión altera los cuerpos proteínicos, mejorando su digestibilidad.(Flores, 2019)

**Prueba de aceptabilidad del producto final con la escala hedónica**

La prueba de aceptabilidad utilizando la escala hedónica es un método para evaluar el grado de agrado o desagrado de un producto alimenticio por parte de los consumidores. Los participantes prueban el alimento y luego califican su gusto utilizando una escala que va desde "me gusta mucho" hasta "no me gusta en absoluto". Esta prueba proporciona información sobre la aceptación del producto y puede ayudar a determinar

si es necesario realizar ajustes en su sabor, textura o presentación. (Da Cunha et al., 2013), en la investigación para evaluar la aceptabilidad en niños se utiliza como herramienta la escala hedónica facial mixta que consiste en elegir fichas que contienen figura del rostro de una persona con diferentes reacciones de odio, no me gusto, indiferente, me gusto y me encanto.

### **Prueba de Friedman en pruebas sensoriales y hedónicas**

La prueba de Friedman es útil en pruebas sensoriales y hedónicas debido a que estas pruebas a menudo involucran la evaluación de múltiples muestras o productos por parte de los participantes. Estas pruebas suelen tener datos que no cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos por las pruebas paramétricas. En las pruebas sensoriales, se busca evaluar las características sensoriales de los productos, como el sabor, el olor, la textura, etc. (Ureña y Arrigo, 1999), Los participantes prueban y clasifican los productos en función de estas características. La prueba de Friedman permite comparar las calificaciones entre los productos y determinar si hay diferencias significativas en las preferencias hedónicas (Conover, 1999).

#### **3.5.4 Fase de Gabinete**

Al concluir con la fase experimental, la fase de evaluación fisicoquímica y prueba de aceptabilidad, se procedió por sistematizar la información.

### **3.6 Análisis de datos**

El diseño de investigación en el presente trabajo es pre experimental con 9 formulaciones donde se mezclan diferentes porcentajes de las materias primas como la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*). Para el diseño experimental se empleó programa estadístico MINITAB 19,0 y para el procesamiento y presentación de los datos se provee de tablas y gráficos se utilizó el programa MINITAB 19,0 para sistematizar la información recolectada en cada experimento, y las evaluaciones desarrolladas en laboratorio como el análisis fisicoquímico del producto analizando con la metodología del diseño de mezclas utilizando el programa

MINITAB 19.0 con el test p (grado de significancia estadística) y el desarrollo del análisis de varianza, se obtienen gráficos de superficie de respuestas y curvas de contorno para el índice de expansión, considerando los requerimientos reportados por la norma técnica peruana NTP-209.260 (INDECOPI, 2004) en los requerimientos nutricionales del producto, en cuanto a la aceptación de producto se procedió por realizar la evaluación con la participación de niños de 3 a 5 años en el que utilizara el estadígrafo de la prueba de Friedman.

### **Diseño experimental**

Para realizar el diseño experimental de la investigación se utiliza el programa estadístico MINITAB 19.0 quien dispone del diseño experimental referido a mezclas respondiendo al tipo de diseño de vértices extremos, quien realiza la evaluación de varias posibilidades de mezcla en diferentes porcentajes, a través de los límites mínimos y máximos, que propone la teoría y las experiencias de extrusión en otras investigaciones. El diseño permite realizar un análisis través de un triángulo que representa las distintas posibilidades de mezcla de los 3 componentes.

**Tabla 8**

*Limites en porcentaje de la materia prima*

| <b>MATERIA PRIMA</b>               | <b>LIMITES (%)</b> |        |
|------------------------------------|--------------------|--------|
|                                    | Mínimo             | Máximo |
| <b>Gritz de maíz amarillo duro</b> | 79                 | 88     |
| <b>Granos de quinua</b>            | 10                 | 19     |
| <b>Granos de chía</b>              | 1                  | 2      |

*Nota:* Datos que proviene de la investigación (Espinoza C. et al., 2021)

La aplicación del diseño de mezclas en alimentos persigue 3 objetivos el de determinar cuál de las materias primas tienen mayor influencia en o varias respuestas de interés, permite evaluar la interacción de estas materias con la finalidad de lograr un diseño de optimización. Modelar las respuestas de interés en función a los componentes de la muestra.

**Tabla 9**

*Diseño para las formulaciones en la elaboración de Snack la quinua blanca (Chenopodium quinoa Willd), chía (Salvia hispánica) y maíz amarillo duro (Zea mays).*

| <b>Materia Prima 100 Gramos</b> |                 |          |        |
|---------------------------------|-----------------|----------|--------|
| <b>Formulación</b>              | % Maíz amarillo | % Quinoa | % Chía |
| <b>F1</b>                       | 79.0            | 19.0     | 2.0    |
| <b>F2</b>                       | 88.0            | 10.5     | 1.5    |
| <b>F3</b>                       | 79.5            | 19.0     | 1.5    |
| <b>F4</b>                       | 88.0            | 10.0     | 2.0    |
| <b>F5</b>                       | 83.6            | 14.6     | 1.8    |
| <b>F6</b>                       | 81.3            | 16.8     | 1.9    |
| <b>F7</b>                       | 85.8            | 12.6     | 1.6    |
| <b>F8</b>                       | 81.6            | 16.8     | 1.6    |
| <b>F9</b>                       | 85.8            | 12.3     | 1.9    |

*Nota:* Diseño experimental obtenido del diseño de mezclas-MINITAB 19.0

## CAPITULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis e Interpretación de datos

Realizado la fase de experimentación en la formulación del Snacks de Quinoa blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), Gritz Maíz amarillo (*Zea mays*) y Chía (*Salvia hispánica*) por proceso de extrusión se obtuvieron los siguientes resultados que se detalla a continuación.

##### *4.1.1 Evaluación de los porcentajes adecuados para la elaboración de snack por proceso de extrusión.*

**Descripción sobre la influencia de la formulación de quinoa blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) en el índice de expansión de Snack extruido.**

En la investigación se presentó como objetivo desarrollar la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinoa blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), por proceso de extrusión evaluando diferentes parámetros como las características fisicoquímicas, valor nutricional y el valor de aceptabilidad con estas evaluaciones se llegó a la conclusión, si estas formulaciones son adecuadas para la elaboración del snack. Uno de los factores de mayor importancia es el índice de expansión que se evalúa luego del proceso de extrusión, en el que se presentaron los siguientes resultados:

**Tabla 10**

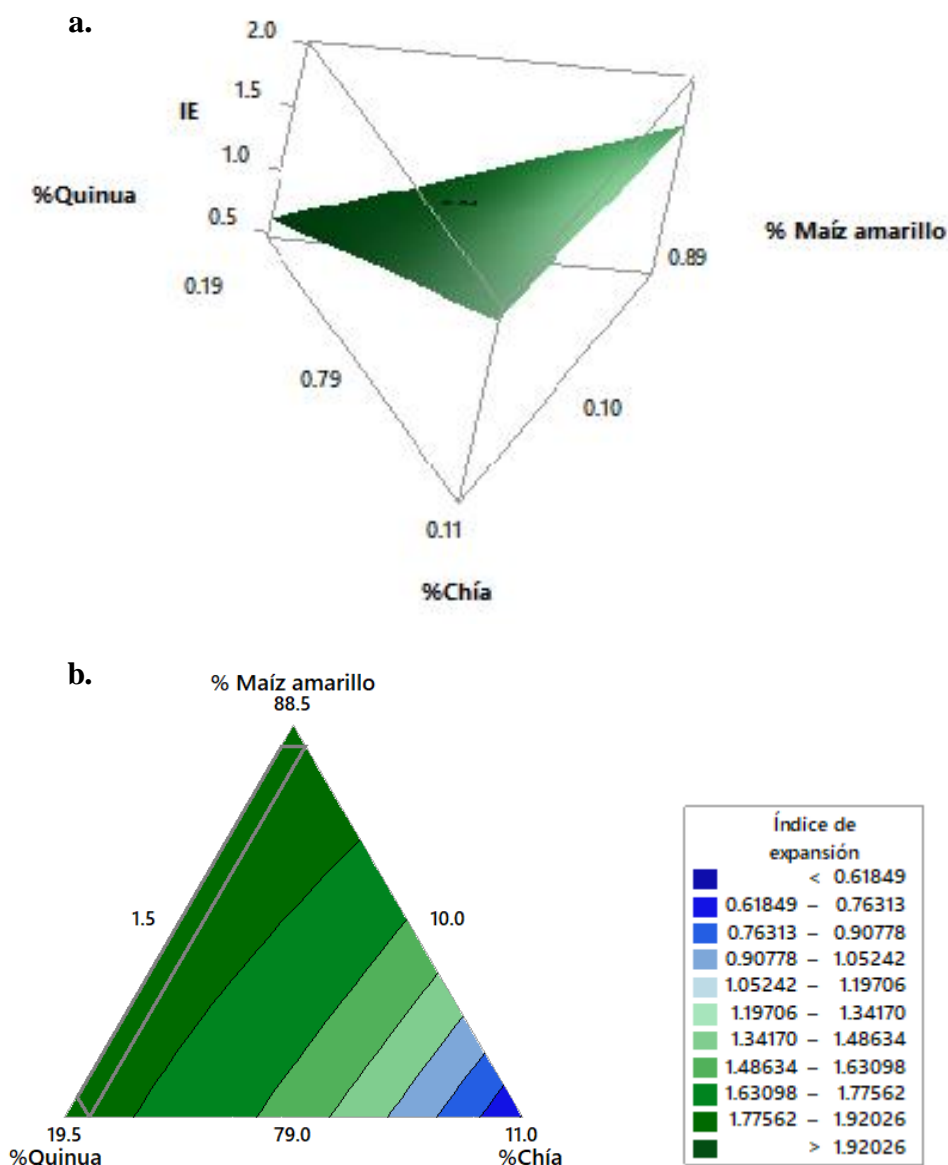
*Evaluación del Índice de expansión de las formulaciones del snack de quinua, chía y maíz amarillo duro, en 100g.*

| <b>F</b>  | <b>%<br/>Maíz<br/>amarillo</b> | <b>%<br/>Quinua</b> | <b>%<br/>Chía</b> | <b>Diámetro<br/>promedio<br/>del snack<br/>( cm)</b> | <b>Diámetro<br/>de la<br/>boquilla<br/>(cm)</b> | <b>Índice de<br/>expansión</b> |
|-----------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--|---|--------------------------------|
| <b>F1</b> | 79.0                           | 19.0                | 2.0               | 0.041  | 0.6   | 0.68                           |
| <b>F2</b> | 88.0                           | 10.5                | 1.5               | 0.102  | 0.6   | 1.70                           |
| <b>F3</b> | 79.5                           | 19.0                | 1.5               | 0.048  | 0.6   | 0.79                           |
| <b>F4</b> | 88.0                           | 10.0                | 2.0               | 0.125  | 0.6   | 2.08                           |
| <b>F5</b> | 83.6                           | 14.6                | 1.8               | 0.055  | 0.6   | 0.91                           |
| <b>F6</b> | 81.3                           | 16.8                | 1.9               | 0.062  | 0.6   | 1.03                           |
| <b>F7</b> | 85.8                           | 12.6                | 1.6               | 0.068  | 0.6   | 1.14                           |
| <b>F8</b> | 81.6                           | 16.8                | 1.6               | 0.060  | 0.6   | 1.04                           |
| <b>F9</b> | 85.8                           | 12.3                | 1.9               | 0.058  | 0.6   | 0.97                           |

*Nota:* F: Formulación

**Figura 14**

(a) Gráfico superficie de respuestas, y (b) Gráfico contorno del índice de expansión



La figura 14, la gráfica de superficie 6(a), y la gráfica de contorno 6(b), indican que las formulaciones que tiene mayor porcentaje es el maíz amarillo y la quinua blanca presentes en la zona verde quienes presentan un mayor índice de expansión y en menor porcentaje la chía su presencia indica que no influye en el índice de expansión del snack. Así también podemos deducir que, para las variables, % maíz amarillo duro y quinua blanca se establecen valores altos de IE a lo largo de los límites inferior y superior.

**Análisis de varianza entre la formulación de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) y el índice de expansión**

**Prueba de hipótesis**

**Hipótesis de la investigación**

La formulación de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) es adecuada en la elaboración de snack por proceso de extrusión.

- Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): Las formulaciones de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), no influye en el índice de expansión del producto extruido.
- Hipótesis alterna (H<sub>a</sub>): Las formulaciones de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), influye en el índice de expansión del producto extruido.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para Índice de expansión (porcentajes del componente)*

| Fuente         | GL | SC Sec. | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|----------------|----|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| Regresión      | 2  | 1.1001  | 1.1001    | 0.55005   | 6.18    | 0.035   |
| Lineal         | 2  | 1.1001  | 1.1001    | 0.55005   | 6.18    | 0.035   |
| Error residual | 6  | 0.5344  | 0.5344    | 0.08906   |         |         |
| Total          | 8  | 1.6345  |           |           |         |         |

*Nota:* Datos obtenidos del Minitab 18

La tabla 11, indica el análisis de varianza de las formulaciones constituida por 3 componentes quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*), dos de ellas de forma individual tiene un efecto significativo en el índice de expansión al presentar valores p(0.035) menores 0.05 lo significa

que difieren significativamente, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos dos formulaciones son diferentes entre sí, en el índice de expansión. A si mismo se concluye que la formulación de quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) afecto significativamente en la propiedad fisicoquímica del índice de expansión. En el gráfico de contorno nos permite evaluar los valores intermedios de porcentaje chía que no interviene en el índice de expansión del snack mientras que el aumento en el porcentaje de maíz amarillo duro y la quinua blanca influye significativamente en el índice de expansión del snack.

### **Optimización del snack extruido**

Tomando en cuenta los resultados del índice de expansión (IE), se analiza la formulación optima entre las 9 formulaciones por lo tanto analiza al maximizar y minimizar las variables de respuesta indicando.

**Tabla 12**

*Valores inferiores, objetivo y superior para las características fisicoquímicas*

| Parámetro           | Meta     | Inferior | Objetivo | Superior | Ponderación | Importancia |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|
| Índice de expansión | Objetivo | 1        | 1.65     | 2        | 1           | 1           |

*Nota:* parámetro de un índice de expansión.

La tabla 12, indica que los valores inferiores, objetivo y superior para las características fisicoquímicas que tienen una ponderación de (1.0) para el índice de expansión concluyendo que es un parámetro muy importante en la elaboración de snack. Las variables de respuesta indican como resultado y propuesta de la mezcla optima que se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 13**  
*Resultado de la formulación óptima*

| <b>Componentes</b> | <b>Porcentajes (%)</b> |
|--------------------|------------------------|
| Maíz amarillo      | 87.1048                |
| Quinoa blanca      | 10.9053                |
| Chía               | 1.9899                 |

*Nota:* Formulación óptima para el snack.

Por lo tanto, de acuerdo a este resultado la formulación óptima es la que tiene como componentes el 87.1 % de maíz amarillo ,10.9 % de quinua blanca y 1.98 de chía.

**4.1.2 Características fisicoquímicas del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*).**

**Granulométrica para calcular el tamaño de partícula**

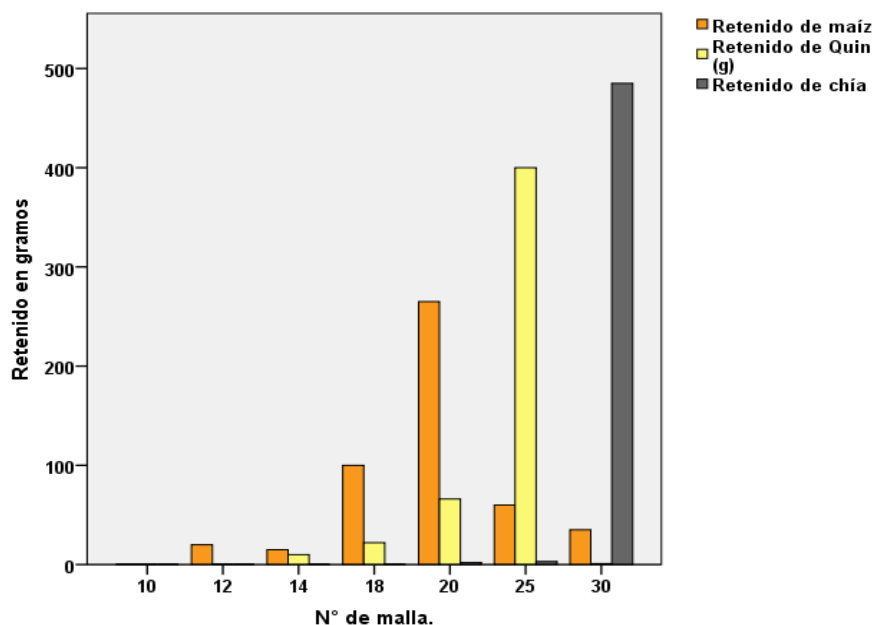
**Tabla 14**  
*Tamaño de partícula en la quinua blanca, chía y maíz amarillo duro*

| <b>Malla</b> | <b>A</b>    | <b>F.R</b>      | <b>F.R</b>       | <b>F.R</b>      |
|--------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>N°</b>    | <b>(mm)</b> | <b>Maíz (g)</b> | <b>Quinoa(g)</b> | <b>Chía (g)</b> |
| <b>10</b>    | 2.000       | 0               | 0                | 0               |
| <b>12</b>    | 1.680       | 20              | 0                | 0               |
| <b>14</b>    | 1.410       | 15              | 10               | 0               |
| <b>18</b>    | 1.000       | 100             | 22               | 0               |
| <b>20</b>    | 0.841       | 265             | 66               | 2               |
| <b>25</b>    | 0.707       | 60              | 400              | 3               |
| <b>30</b>    | 0.595       | 35              | 1                | 485             |
| <b>TOTAL</b> |             | 495             | 498              | 490             |

*Nota:* Abertura de malla (mm) F.R: peso retenido (g)

**Figura 15**

*Granulométrica para calcular el tamaño de partícula de la quinua blanca, chía y maíz amarillo duro*



La tabla 14 y figura 15, muestran la evaluación granulométrica de la quinua blanca , chía y maíz amarillo duro, presentando una mayor fracción retenida del maíz amarillo duro en la malla N° 20, con una abertura de 0.841 mm la que indica que el tamaño de partícula es 0.841 mm, en relación a la quinua blanca la fracción retenida en mayor cantidad es en la malla N° 25, con una abertura de 0.707 mm, la que indica que el tamaño de partícula es de 0.707 finalmente el grano de chía presenta una fracción retenida en la malla N°30 con una abertura de 0.595 mm la que indica que el tamaño de partícula es de 0.595 mm Es necesario conocer el tamaño de partícula para realizar el proceso de extrusión ya que las fracciones muy finas presentan dificultades en el área de alimentación del extrusor, ya que no permiten un flujo continuo de extrusión, mientras que los granos con un tamaño adecuado favorecen el proceso de gelatinización este parámetro es muy importante en las características de textura y índice de expansión.

### 4.1.3 Humedad de mezcla

**Tabla 15**

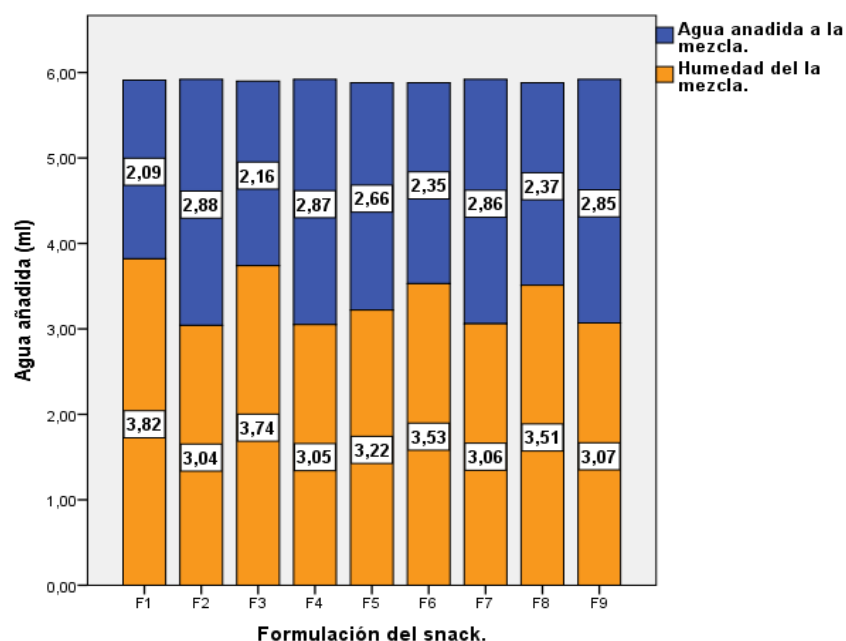
*Humedad ideal para cada formulación a base de quinua y chía y maíz amarillo duro, en 100g*

| <b>F</b> | <b>%<br/>Maíz<br/>amarillo</b> | <b>%<br/>Quinua</b> | <b>%<br/>Chía</b> | <b>Peso<br/>Húmedo<br/>(g)</b> | <b>Peso<br/>seco<br/>(g)</b> | <b>%<br/>Humedad</b> | <b>Agua<br/>añadida<br/>(ml)</b> |
|----------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| F1       | 79.0                           | 19.0                | 2.0               | 22.5                           | 21.64                        | 3.82                 | 2.09                             |
| F2       | 88.0                           | 10.5                | 1.5               | 28.3                           | 27.42                        | 3.04                 | 2.88                             |
| F3       | 79.5                           | 19.0                | 1.5               | 23.0                           | 22.14                        | 3.74                 | 2.16                             |
| F4       | 88.0                           | 10.0                | 2.0               | 28.2                           | 27.34                        | 3.05                 | 2.87                             |
| F5       | 83.6                           | 14.6                | 1.8               | 26.7                           | 25.82                        | 3.22                 | 2.66                             |
| F6       | 81.3                           | 16.8                | 1.9               | 24.4                           | 23.52                        | 3.53                 | 2.35                             |
| F7       | 85.8                           | 12.6                | 1.6               | 28.1                           | 27.27                        | 3.06                 | 2.86                             |
| F8       | 81.6                           | 16.8                | 1.6               | 24.5                           | 23.66                        | 3.51                 | 2.37                             |
| F9       | 85.8                           | 12.3                | 1.9               | 28.1                           | 27.19                        | 3.07                 | 2.85                             |

*Nota:* F: formulación

**Figura 16**

*Humedad ideal para cada formulación del snack a base de quinua y chía y maíz amarillo duro, en 100g.*



La tabla 15 y figura 16 indica que las formulaciones presentan distintos porcentaje de humedad, el menor porcentaje de humedad se presenta en la formulación F2 con 3.04 % de humedad la que requiere agua añadida de 2.88 ml en 100 g de mezcla y la F4 con un 3.05 % de humedad que indica que requiere de agua añadida de 2.87 ml y las formulaciones que presenta mayor porcentaje de humedad es la F1 con 3.82 % de humedad la que requiere agua añadida de 2.09 ml en 100 g de mezcla y la F3 con 3.74 % de humedad la que requiere agua añadida de 2.16 ml en 100 g de mezcla. El porcentaje de humedad inicial de las formulaciones representan un parámetro fundamental para el proceso de extrusión ya que responde a valores teóricos que indican que estos porcentajes deben encontrarse entre el 12 % y 15% de humedad (Lázaro et al., 2017), si los valores no alcanzan este porcentaje se debe añadir agua a la formulación, la humedad en la mezcla afecta a diversos parámetros que indican que el snack es un producto adecuado para el consumo por ejemplo en el factor de expansión, la resistencia de fractura del producto y la textura. (Olalla, 2019). La humedad influye

en los crocantes del producto y el tiempo de secado. También en el comportamiento de la amilosa y la amilopectina componentes que se encuentran en la materia prima que influyen en el índice de expansión a determinadas temperaturas. (Cerón y Legarda, 2016). Por lo tanto, el porcentaje de humedad depende de la preparación, humectación, alimentación y funcionamiento del extrusor muy relacionado al contenido de amilopectina por sus características de absorción de agua (Riaz y Rokey, 2015). Por esta razón se producen mezclas con mayor contenido de humedad.

#### **4.1.4 Valor nutricional de la formulación 4 a base de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro antes y después del proceso de extrusión.**

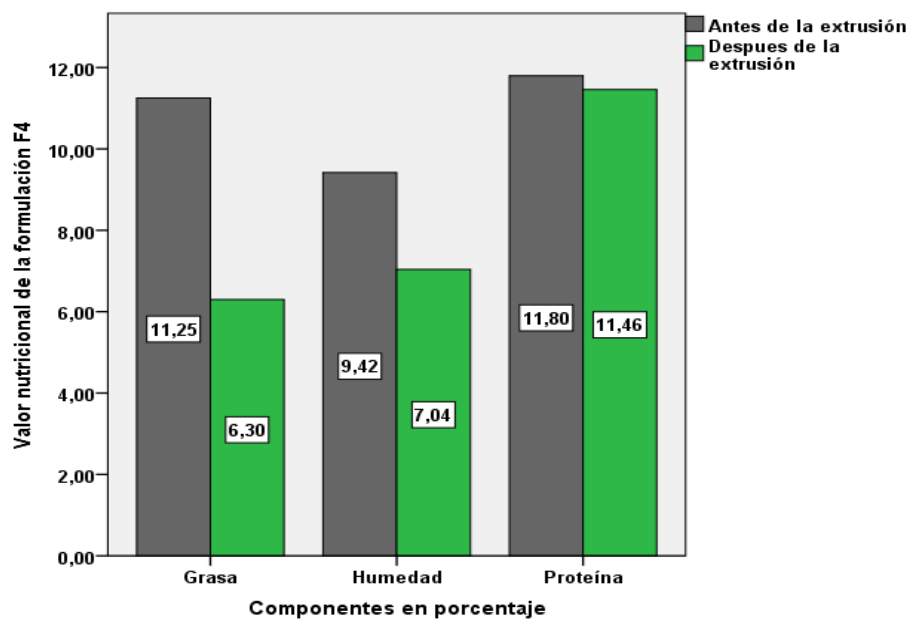
**Tabla 16**

*Valor nutricional de la formulación 4 base de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro, antes y después del proceso de extrusión en 100g.*

| <b>Formulación</b> | <b>Porcentaje</b>                      |        |       | <b>Humedad</b> | <b>Proteína</b> | <b>Grasa</b> |
|--------------------|--|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>F4</b>          | <b>Maíz amarillo<br/>+Quinua +Chía</b> |        |       | <b>%</b>       | <b>%</b>        | <b>%</b>     |
| <b>Inicial</b>     | 88 %                                   | + 10 % | + 2 % | 9.42           | 35.4            | 33.74        |
| <b>Final</b>       | 88 %                                   | +10 %  | + 2 % | 7.04           | 11.46           | 6.30         |

**Figura 17**

*Valor nutricional de la formulación 4 base de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro, antes y después del proceso de extrusión en 100g*



La tabla 13 y figura 17 indican que la formulación 4 constituida por las materias primas quinua blanca, chía y maíz amarillo duro, muestran un valor nutricional inicial con los siguientes valores: humedad del 9,42 %, en proteínas 35,4 % y grasas 33,74 % todas evaluadas en 100 g de muestra luego del proceso de extrusión presenta una humedad con un 7,04 %, proteínas 11,46 % y grasas 6,36%, indicando que no hay una variación significativa en la humedad, las proteínas presentan una diferencia significativa entre el producto inicial y producto final después del proceso de extrusión. En relación a la grasa inicialmente presenta un buen porcentaje de grasa del 33,74 % y luego del proceso de extrusión se reduce a 6,30% también encontrando una diferencia significativa.

**4.1.5 Evaluación del valor de aceptabilidad del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.**

### Prueba de aceptabilidad del snack

**Tabla 17**

*Fórmulas seleccionadas para la prueba de aceptabilidad*

| Fórmula<br>seleccionada | MATERIA PRIMA      |               |      |
|-------------------------|--------------------|---------------|------|
|                         | Maíz amarillo duro | Quinoa blanca | Chía |
| F2                      | 88%                | 10.5%         | 1.5% |
| F4                      | 88%                | 10.0%         | 2.0% |

*Nota:* cuadro de porcentajes de mezcla.

### Probabilidad de aceptabilidad o rechazo del snack (prueba de Friedman)

En la tabla 15, presentamos los datos de la probabilidad de aceptabilidad o rechazo del snack realizando una comparación entre la formulación F2 y F4.

**Tabla 18**

*Prueba de aceptabilidad del Snacks de quinoa blanca, chía y maíz amarillo para 25 niños entre 3-5 años.*

| Niños | Formulación 4 (F4) |       | Formulación 2 (F2) |       |
|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|       | 4                  | Rango | 2                  | Rango |
| 1     | 4                  | 1     | 5                  | 2     |
| 2     | 3                  | 1.5   | 3                  | 1.5   |
| 3     | 5                  | 2     | 3                  | 1     |
| 4     | 3                  | 1     | 4                  | 2     |
| 5     | 5                  | 2     | 2                  | 1     |
| 6     | 4                  | 2     | 2                  | 1     |
| 7     | 4                  | 2     | 3                  | 1     |
| 8     | 4                  | 2     | 3                  | 1     |
| 9     | 3                  | 2     | 2                  | 1     |
| 10    | 3                  | 1     | 5                  | 2     |
| 11    | 3                  | 1.5   | 3                  | 1.5   |
| 12    | 4                  | 1.5   | 4                  | 1.5   |
| 13    | 3                  | 1     | 4                  | 2     |
| 14    | 5                  | 2     | 3                  | 1     |
| 15    | 5                  | 1.5   | 5                  | 1.5   |
| 16    | 5                  | 2     | 1                  | 1     |

|            |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|
| 17         | 5    | 2    | 2    | 1    |
| 18         | 5    | 2    | 3    | 1    |
| 19         | 5    | 2    | 2    | 1    |
| 20         | 5    | 2    | 1    | 1    |
| 21         | 3    | 1.5  | 3    | 1.5  |
| 22         | 4    | 2    | 3    | 1    |
| 23         | 3    | 2    | 2    | 1    |
| 24         | 5    | 2    | 2    | 1    |
| 25         | 5    | 2    | 1    | 1    |
| Suma total | 103  | 43.5 | 71   | 31.5 |
| Media      | 4.12 | 1.72 | 2.84 | 1.26 |

### Aplicación del estadístico no paramétrico

- **H<sub>0</sub>:** No existe diferencia significativa entre las dos muestras de snack.
- **H<sub>a</sub>:** Existe diferencia significativa entre las dos muestras de snack
- ✓ **Nivel de confianza**  $\alpha = 0.05$
- ✓ **Prueba estadística**

Se empleó la prueba estadística chi-cuadrado de Friedman para k muestras relacionadas, que está representada por la siguiente ecuación:

$$X^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^k R^2i - 3n(k+1)$$

Luego reemplazando los datos se obtiene:

$$X^2 = \left[ \frac{12}{(25)(2)(2+1)} \right] [2884.5] - 3(25)(2+1) = 5.46$$

Este mismo valor se obtiene con apoyo del software SPSS, brindando lo siguiente:

**Tabla 19***Rango*

| F  | Rango promedio |
|----|----------------|
| F2 | <b>1.26</b>    |
| F4 | <b>1.72</b>    |

**Tabla 20***Estadísticos de prueba<sup>a</sup>*

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>N</b>               | <b>25</b> |
| <b>Chi-cuadrado</b>    | 5,760     |
| <b>gl</b>              | 1         |
| <b>Sig. asintótica</b> | 0,007     |

*Nota:* a. Prueba de Friedman✓ **Regla de decisión**

Si  $p\text{-value} < \alpha$ , entonces rechazar la  $H_0$ , de otro modo,

Si  $x_{cal}^2 > x_{tab}^2$ , entonces se rechaza la  $H_0$ , caso contrario se acepta.

Según la tabla F (con una confiabilidad del 95%, tratamiento 2 menos 1 y 24 niños) = 4.26.

• **Prueba estadística de Friedman**

**K** = N° de tratamientos

**n** = Niños

**b** = N° bloques

• **Conclusión estadística**

Dado que  $p\text{-value}(0,007)$  es menor que  $\alpha$  (0,050) entonces se rechaza la hipótesis nula, lo cual indica que existe suficiente evidencia estadística para sostener que si existe diferencia significativa entre la aceptabilidad de las dos muestras de snack.

Este resultado, indica que la Formulación 4 tiene mayor aceptabilidad que la Formulación 2, dado que la Formulación 4

tiene un valor promedio (4,12≈4) que expresa un calificativo de “*me gusta ligeramente*” y la Formulación 2 tiene un valor promedio (2,84≈3) que expresa un calificativo de “*ni me gusta ni me disgusta*” corroborando de esa manera la prueba de hipótesis.

**FORMULACIÓN 4 = 43.5**

**FORMULACIÓN 2 = 31.5**

### **Interpretación**

Los resultados muestran la aceptabilidad del snack de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro dirigido a 25 niños, los resultados indican que la formulación 2 presenta un valor de 31.5 de aceptación mientras que la formulación F4 presenta un valor de 43.5 de aceptación, se puede inferir que hay una diferencia en la aceptación entre los dos grupos según a los puntajes siendo la formulación F4 la que tiene mayor aceptabilidad a diferencia de formulación F2. La prueba de aceptabilidad del producto final se desarrolló con la colaboración 25 niños con edades entre 2-5 años a quienes se les dio de probar 2 formulaciones que presentan un valor adecuado del índice de expansión es decir las formulaciones F2 y F4 cada una de ellas constituida por las siguientes materias primas , F2 constituida por quinua 10.5%, chía 1.5 % y maíz amarillo al 88 % y F4 constituida por quinua 10%, chía 2 % y maíz amarillo duro al 88 %.

## CAPITULO V

### V. DISCUSIÓN

- En relación a la determinación de los porcentajes adecuados la quinua blanca, (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración de snack por proceso de extrusión en la investigación realizada por Repo-Carrasco *et al.*, (2011), determinaron que la mezcla óptima para la elaboración de un snack extruido fue de 70% de quinua y 30% de maíz. Por otro lado, en la tesis Lázaro y Sotelo (2017), se encontró que la mezcla óptima para obtener un snack con mejores propiedades fue de 60% de maíz amarillo, 30% de harina de quinua y 10% de harina de garbanzo. Estos resultados muestran que, si bien la quinua es un componente común en ambas investigaciones, su porcentaje varía significativamente entre las formulaciones óptimas encontradas. Además, en la investigación se determinó que la formulación 4, con un 10% de quinua, 2% de chía y 88% de maíz amarillo duro, presentó las características fisicoquímicas y nutricionales adecuadas para el consumo del producto.
- En relación a las características fisicoquímicas del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión. Los cereales, especialmente el maíz amarillo, son ricos en almidón, lo que contribuye a las propiedades físicas y sensoriales del producto final. La presencia de almidón en la formulación es crucial para lograr un índice de expansión adecuado durante el proceso de extrusión, lo que influye en la textura y la calidad del snack. La formulación 4 en la presente investigación con un contenido de 10% quinua blanca, 2% chía y 88% de maíz amarillo duro, presento un índice de expansión (IE) del 2.08 realizando el contraste con los valores teóricos indican que el índice de expansión mayor a 2.0 tienen un alto índice de expansión IE (Lázaro y Sotelo, 2017), esta afirmación es respaldada por Valderrama *et al.*, (2021), con su resultado en el índice de expansión entre 1.04 a 2.23 con 10 formulaciones, concluyendo que el contenido de almidón en la expansión de los snacks extruidos de maíz morado, quinua y kiwicha afecta significativamente los valores de índice de expansión, y que los valores más bajos de índice de expansión pueden atribuirse al mayor contenido de proteína, fibra y grasa en la quinua y kiwicha en comparación con el maíz morado. Por lo tanto, el contenido de almidón, así como

la influencia de otros componentes como proteínas y fibra en la expansión de los snacks extruidos es un factor determinante en el índice de expansión. Kowalski *et al.* (2016) sostiene que los valores del índice de expansión estuvieron entre 1,28 a 2,24 para todas las formulaciones evaluadas. Estos valores son bajos y se acercan a los valores encontrados por en extruidos de quinua. El autor menciona que los valores observados variaron de 1,19 a 1,67 y fueron bajos en comparación con otras harinas de uso común en el procesamiento por extrusión, como los extruidos de almidón de maíz comercial que presentan 4,0 de índice de expansión. El bajo índice de expansión se atribuyó al hecho de que la harina de quinua tenía mayores cantidades de proteína, fibra y grasa en comparación con otros cereales, menciona que la reducción de la expansión se da principalmente por la presencia de fibra insoluble que tiende a retener agua en la matriz de la fibra durante la cocción por extrusión, reduciendo así el vapor creado. La determinación del tamaño de partícula en la elaboración de snacks es un factor crucial que impacta significativamente en la calidad y las propiedades finales del producto. En la investigación se determinó que el tamaño de partícula de la quinua, chía y maíz amarillo duro fue de 0.707 mm, 0.595 mm y 0.842 mm respectivamente. Contrastando con la teoría la determinación del tamaño de partícula a través de la granulometría para el proceso de extrusión influye directamente en las propiedades de solubilidad del almidón. Se destaca que el almidón presenta buenos índices de solubilidad, los cuales dependen principalmente del tamaño de partícula y del proceso de extrusión al que es sometido. A medida que el material es más fino y está mejor transformado, su solubilidad mejora, lo que resalta la importancia de controlar el tamaño de partícula para garantizar la calidad y las propiedades deseadas en el producto final (Vilchez *et al.*, 2012). El tipo de extrusor y la configuración del equipo también influyen en el tamaño de partícula, lo que lleva a la elección de la materia prima más adecuada para cumplir con los requisitos del proceso. Por lo tanto, es recomendable realizar el acondicionamiento de la materia prima, ya que los tamaños gruesos pueden retrasar el proceso de gelatinización en la salida, mientras que las partículas muy pequeñas se funden rápidamente, obstaculizando el transporte de la mezcla en el interior de la extrusora (Lázaro y Sotelo 2017). El porcentaje de humedad en la formulación de quinua, chía y maíz amarillo duro es un factor crucial en el proceso de extrusión, ya que influye en la

uniformidad de la mezcla, la capacidad de flujo del material, la velocidad de reacción química, la textura y la apariencia del producto final. En la investigación realizada por Vilchez et al. (2012), se destaca que el tamaño de partícula y el proceso de extrusión influyen en las propiedades de solubilidad del almidón, y que a medida que el material es más fino y está mejor transformado, su solubilidad mejora. Por lo tanto, el porcentaje de humedad en la formulación de los cereales es crucial para garantizar la calidad y las propiedades deseadas en el producto final durante el proceso de extrusión. Se ha demostrado que el porcentaje de humedad en la formulación del snack por proceso de extrusión, afecta la expansión y la evaporación en el producto final, lo que influye en la calidad y las propiedades sensoriales del producto extruido. Por lo tanto, es fundamental controlar el porcentaje de humedad para asegurar la consistencia y la calidad del producto durante el proceso de extrusión. En contraste, la investigación realizada por Lázaro y Sotelo (2017) en Chimbote, Perú, mostró que la mezcla óptima para obtener un snack con mejores propiedades físicas y nutricionales fue de 60% de griz de maíz amarillo, 30% de harina de quinua y 10% de harina de garbanzo, con un contenido de humedad del 15% con la formulación del snack de quinua, chía y maíz amarillo duro que presenta un 12% de humedad, no hay una diferencia significativa, ya que puede variar dependiendo de los ingredientes utilizados y las propiedades deseadas en el producto final. Por lo tanto, menciona Olalla (2019), que la tecnología de nixtamalización es decir la reducción del tamaño de partícula del cereal y la humedad es necesario y efectiva en los procesos de extrusión para obtener snacks con mejores propiedades físicas y nutricionales.

- En relación al valor nutricional en la investigación revelo que la formulación 4, compuesta por 10% de quinua, 2% de chía y 88% de maíz amarillo duro, experimentó cambios insignificantes en los valores nutricionales después del proceso de extrusión. Inicialmente, los porcentajes de proteínas, grasa y humedad fueron del 35,4%, 33,74% y 9,42% respectivamente, y después del proceso de extrusión, estos valores fueron de 11,46%, 6,30% y 7,04% respectivamente. Estos resultados sugieren que la proteína, al ser sometida a extrusión, se convierte en un producto digerible y apto para el consumo, lo que indica que el snack desarrollado es una opción saludable y nutritiva. La quinua y la chía aportan proteínas y grasas saludables, mientras que el maíz amarillo contribuye con carbohidratos y fibra, lo

que demuestra la posibilidad de producir snacks saludables y nutritivos. La investigación realizada por Lázaro y Sotelo (2017) en Chimbote, Perú, también demostró que la mezcla óptima para obtener un snack con propiedades nutricionales favorables fue de 60% de gritz de maíz amarillo, 30% de harina de quinua y 10% de harina de garbanzo, lo que confirma la viabilidad de desarrollar snacks saludables a través del proceso de extrusión. Estos hallazgos son consistentes con otras investigaciones que han demostrado que la extrusión no afecta significativamente los valores nutricionales de los alimentos, lo que respalda la idea de que el proceso de extrusión puede ser utilizado para desarrollar productos saludables y nutritivos a partir de ingredientes como la quinua, la chía y el maíz amarillo duro. También asevera la investigación realizada por Taimal (2019), que el contenido de proteínas se encuentra en un buen porcentaje después del proceso de extrusión presentando un valor 12,5% en 100 g de mezcla de maíz, quinua y chocho en comparación con los resultados de la investigación que mantiene la proteína en un 11,46%. También asevera Espinoza. et al. (2021) y Pérez et al., (2017) que en la elaboración de este snack extruido utilizando cereales y concentrado de proteína de pota resulta un producto con propiedades nutricionales favorables y el análisis fisicoquímico de la formulación quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.)”mostró un contenido de proteína del 20,16%, con un índice de expansión de 2,19 respectivamente .

- La investigación sobre la aceptabilidad del snack de quinua, chía y maíz amarillo duro, en particular la formulación 4, ha demostrado que fue altamente gustado y aceptado por niños de 3 a 5 años, según la escala hedónica facial mixta. En comparación con otras investigaciones, Lázaro y Sotelo (2017) también que evaluaron la aceptabilidad de un snack, encontrando que la mezcla óptima para obtener un producto con propiedades físicas y nutricionales favorables fue de 60% de gritz de maíz amarillo, 30% de harina de quinua y 10% de harina de garbanzo. Esto sugiere que el producto es bien recibido por el público objetivo, lo que es un indicador importante para su viabilidad en el mercado. Además, se determinó que el proceso de extrusión no afectó significativamente los valores nutricionales del snack, García (2023), lo que lo convierte en una opción saludable y nutritiva.

## CAPITULO VI

### VI. CONCLUSIONES

- La investigación logro desarrollar un productos extruido del tipo snack ya que se determinó la formulación adecuada evaluando la mezcla en porcentajes quinua , chía y maíz amarillo duro las que fueron sometidas a un proceso de extrusión, la formulación 4 con un 10% quinua blanca, 2 % chía y 88 % de maíz amarillo duro es la que presentan las características fisicoquímicas, valor nutricional y prueba de aceptabilidad adecuadas para el consumo del producto .Diferentes parámetros que indicaron que la mejor formulación, en este caso la F4 que está constituida por con un 10% quinua blanca, 2 % chía y 88 % de maíz amarillo duro, indicando que son las que presentan las características fisicoquímicas adecuadas para un proceso de extrusión.
- Se determino los porcentajes adecuados de la quinua blanca, (*Chenopodium quinoa* Willd) con 10%, chía (*Salvia hispánica*) 2.0 %y maíz amarillo duro (*Zea mays*) con 88%, para la elaboración de snack por proceso de extrusión ya que responde al índice de expansión mayor de 2.0(IE >2), dato muy cercano a la propuesta de optimización respondiendo a las variable de respuesta del snack extruido con la siguiente propuesta quinua blanca, (*Chenopodium quinoa* Willd) con 10.9053%, chía (*Salvia hispánica*) 1.9899 % y maíz amarillo duro (*Zea mays*) con 87.1048%. La determinación del índice de expansión en la formulación F4, con un 10% de quinua blanca y 2% de chía, 88% de maíz amarillo duro presenta el mayor valor de 2.08, que suele asociarse con una textura más ligera y crujiente en el producto final, lo que es deseable en los snacks. Por lo tanto, el índice de expansión es importante para determinar los porcentajes de la quinua blanca, (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) por proceso de extrusión en la elaboración del snack.
- Se determino las características fisicoquímicas del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión en el que se realizaron distintas evaluaciones como el tamaño de partícula de los cereales utilizados en la formulación del snack teniendo como datos lo siguiente la quinua blanca con un valor del 0.707 mm, la chía con 0.595 mm y finalmente el maíz amarillo duro con 0.842 mm quien es considerado un factor importante en la elaboración del snack,

que impacta significativamente en la calidad y las propiedades finales del producto extruido esta puede afectar en la uniformidad de la mezcla, la capacidad de flujo del material, la velocidad de reacción química, la textura y la apariencia del producto final. Por lo tanto, comprender y controlar el tamaño de partícula es fundamental para asegurar la consistencia y la calidad del producto durante el proceso de extrusión. También se por determinar la humedad de las 9 formulaciones de quinua blanca, chía y maíz amarillo duro que variaron de acuerdo al porcentaje de quinua blanca, maíz amarillo duro y chía cada una de ellas fueron acondicionadas con el incremento de agua para cumplir con el requisito del 12 % de humedad que debe poseer la mezcla de cereales para un proceso de extrusión, la formulación 2 y 4 son las presentaron adecuadas características fisicoquímicas en el proceso extrusión ya que influye en la expansión y la evaporación en el producto final. Por lo tanto, la humedad es un factor determinante en la transformación del material y en la formación del producto durante el proceso de extrusión.

- Se determino el valor nutricional en los componentes de proteínas, grasa y humedad en la formulación 4 con un 10% de quinua y 2% de chía , 88% de maíz amarillo duro, inicialmente los porcentajes en proteínas es del 35,4 % , grasa 33,74% y una humedad del 9.42 % y que al ser sometidas a un proceso de extrusión presenta los siguientes valores en proteínas 11,46 % , grasa 6,30 % y una humedad del 7,04 % , la que indica que no hay cambios significativos en los valores nutricionales del snack ya se tiene que tomar en cuenta que la proteína al ser sometida a proceso de extrusión será un producto digerible y apta para el consumo, también se puede inferir que el snack desarrollado es una opción saludable y nutritiva, ya que la quinua y la chía son alimentos ricos en proteínas y grasas saludables, y el maíz amarillo aporta carbohidratos y fibra. Estos resultados son relevantes para la industria de alimentos, ya que demuestran que es posible producir snacks saludables y nutritivo.
- En la determinación de la prueba de aceptabilidad del snack de quinua blanca, chía y maíz amarillo en sus dos formulaciones F2 (88%, 10.5%, 1.5%) y F4 (88% ,10.0% ,2.0%), se puede concluir que la formulación 4 presenta una alta puntuación la que indica que fue más gustada y aceptada por los niños de 3 - 5 años de edad quienes utilizaron la herramienta de la escala hedónica facial mixta para evaluar su aceptación.

## CAPITULO VII

### VII. RECOMENDACIONES

Basándome en la información proporcionada por la investigación en la formulación del snack de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chía (*Salvia hispánica*) y maíz amarillo duro (*Zea mays*) para la elaboración del snack por proceso de extrusión, dirigido a empresarios, investigadores y la sociedad interesados en realizar investigaciones similares sobre la formulación de snacks nutritivos:

1. Empresarios: Considerar la viabilidad de la producción a gran escala de snacks nutritivos utilizando quinua, chía y maíz por extrusión, dada la demanda creciente de alimentos saludables en el mercado. Explorar oportunidades de inversión en la producción y comercialización de estos productos, teniendo en cuenta los beneficios potenciales para la salud y el impacto positivo en la sociedad.
2. Investigadores: Continuar investigando y desarrollando nuevas formulaciones de snacks nutritivos utilizando ingredientes locales y saludables, como la quinua, chía y maíz, mediante procesos de extrusión. Realizar estudios detallados sobre las propiedades físicas, químicas y sensoriales de los productos para garantizar su calidad y aceptabilidad. Además, seguir evaluando el impacto nutricional y sensorial de las formulaciones en diferentes grupos de población.
3. Sociedad: Fomentar la adopción de una alimentación saludable y equilibrada, promoviendo el consumo de snacks nutritivos elaborados con ingredientes naturales y beneficiosos para la salud. Apoyar iniciativas que busquen combatir la desnutrición crónica infantil y promover hábitos alimenticios saludables en la población, especialmente en niños en riesgo. Estar abiertos a probar y consumir productos innovadores que contribuyan al bienestar y desarrollo de la sociedad en su conjunto.

## CAPITULO VIII

### VIII. REFERENCIAS

- Acosta, D., Gómez,J, Duque,J, Galíndez,J., y Cruz, J (2022). Potencial antioxidante de snacks extruidos enriquecidos con harina de quinua hiperproteica y extractos vegetales. *Revista Ciencia y tecnología de los alimentos*.<https://doi.org/10.1590/fst.74621>
- Acosta,J., Medrano,G., Duarte,G., y González, S.(2014). “Malos hábitos alimentarios y falta de actividad física principales factores desencadenantes de sobrepeso y obesidad en los niños escolares.” Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-Mexico. *Revista Culcyt cultura y tecnología*, ISSN-e 2007-0411 <https://acortar.link/g33sZP>
- Agama, E., Juárez, E., Evangelista,S., Rosales,L.,y Bello, L (2012). *Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis*. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN Ciudad Morelos-México. *Revista Culcyt cultura y tecnología*, ISSN 1405-3195 <https://acortar.link/X8zJxy>
- Agrobanco. (2010). *taller Manejo Integrado de Maiz Amarillo Duro*. Guía técnica curso, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. <https://acortar.link/I2loIM>
- Alcalá Bejarano C, Yago Torregrosa, M., Mañas Almendros, M., López Millán, M. B., Martínez Burgos, M., y Martínez de Victoria Muñoz, E. (2014). *Macronutrients, food intake and body weight; the role of fat*. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 46–54. <https://acortar.link/ulnuLd>
- Alcarraz, N. (2022). Producción y comercialización de snack saludable a base de quinua en los distritos de Miraflores, La Molina, San Borja, Santiago de Surco y San Isidro. [tesis de pregrado. Universidad Marcelino Champagnat. Perú]. <https://acortar.link/7wZZmj>
- Alvarado, K., Vera, J., y Intriago, F.(2022). “*Fermentación de Cacao (teobroma cacao L.) con adición de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y enzima (Ppo .S) en la disminución de metales pesados*”.Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Mocache, Los Ríos-Ecuador. *Revista CentroSur, e-ISSN: 2706-880*. <https://n9.cl/2092k>

- Álvarez D, S., Zapico T., y Aguiar T, (2018). *Adaptación de la escala hedónica facial para medir preferencias alimentarias de alumnos de pre-escolar*. Pontificia Universidad Católica de Campinas Brasil. *Revista Chilena de Nutrición*, ISSN 0717-7518 <https://acortar.link/AOaZrd>
- Ambiente, Ministerio del. (2018). *Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*, Ministerio del Ambiente, Lima. <https://acortar.link/TwDOKb>
- Aro Aro, J, y Calsin , M. (2019). *Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción-extrusión*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, ISSN 2313-2957. <https://acortar.link/KBxNQA>
- Astiasarán et al. (2006). *Alimentos y Nutrientes en la Práctica Sanitaria*, Dias de Santos S.A. Madrid España. <https://acortar.link/ZsB8LI>
- Atiquipa, C. (2018). *Exclusión de nutrientes en la fase vegetativa del cultivo de Chía (*Salvia hispánica* L.), bajo condiciones de invernadero*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. <https://acortar.link/URcUeY>
- Ayala Beas, S. R. (2022). *Efecto del programa de alimentación escolar Qali Warma en los logros de aprendizaje en Perú*. *Comuni@cción: Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 13(1), 29–41. <https://doi.org/10.33595/2226>
- Beltrn, A., Castro, J. , y Beltrán, A. (2018). *Combating Child Chronic Malnutrition and Anemia in Peru: Simulations based on the Achievement of Sustainable Development Goals*. *Peruvian Economic Association*, 132. Universidad del Pacífico. <http://perueconomics.org/wp-content/uploads/2018/12/WP-132.pdf>
- Carrillo,C, Gutiérrez, M., Muro, M., Martínez, R., y Torres, O. (2017). “*La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel*”. Laboratorio de Investigación de Genotóxicos, Programa Internacional de Medicina. *Revista El residente*, 12 (1), 18-24. <https://acortar.link/2K342G>

- Casas, N., Cote, S., Moncayo, D., y González, G. (2018). *Usos potenciales de la quinua (Chenopodium quinoa willd) en la industria alimentaria* publicación /324672750 <https://acortar.link/XwjCw2>
- Cerón, C., Guerra, L., Legarda, J., Enríquez, M., y Portilla, Y. (2016). *Efecto de la extrusión sobre las características fisicoquímicas de harina de quinua (Chenopodium quinoaWilld)*. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 14(2), 92–99. <https://acortar.link/VbdDIE>
- Chacón G., Muñoz A., y Quiñónez, G. (2017). *Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. Libre Empresa*, 14(2), 33–45. Universidad de los Llanos, Villavicencio – Colombia. <https://acortar.link/q4BgTW>
- Choque Quispe, M., Mamani Arriola, M. M., & Rivera Valdivia, K. (2023). *Consumo de Alimentos Procesados y Ultraprocesados, y su Relación con la Actividad Física en Adolescentes. Comuni@cción: Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 14(2), 111–121. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.14.2.838>
- Condori, S. (2017). *Elaboración de un Producto Snack Libre de Gluten a Partir de Cereales Andinos Quinua (Chenopodium Quinoa Will) y Arroz (Oryza Sativa) por la Tecnología de Extrusión en la Empresa Irupana Andean Organic Food S.A.* Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/16022>
- Condori, S. C. (2017). *Elaboración de un Producto Snack Libre de Gluten A Partir de Cereales Andinos Quinua (Chenopodium Quinoa Will) y Arroz (Oryza Sativa) por la Tecnología de Extrusión en la Empresa Irupana Andean Organic Food S.A.* Universidad Mayor de San Andres. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/16022/MT-1961-Santusa%20Canaviri%20Condori.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Conover, W (1999). *Práctica estadística no paramétrica (Vol. 350)*. John Wiley e hijos. <https://acortar.link/9Mxc0a>
- Da Cunha, D. T., Assunção Botelho, R. B., Ribeiro de Brito, R., de Oliveira Pineli, L. L., & Stedefeldt, E. (2013). *Methods for applying the tests of acceptability for school feeding: The validation of playful cards | Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar:*

- Validación de la tarjeta lúdica. Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 357–363. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000400005>
- Espinoza C., Roldan A., y Martínez O. (2021). *Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. Anales Científicos*, 82(1), 180, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, 15024, Lima, Perú <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1755>
- Flores, J. (2019). *Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y de textura en la zanahoria blanca (*Zea mays*), chocho (*Lupinus mutabilis*) y zanahoria blanca (*Arrancacia xanthorrhiza*) en el snack*. 5–49. Universidad Técnica del Norte. <https://acortar.link/Bm8yOJ>
- Gallego Picó, A. (2017). Características de los alimentos y control de calidad. *Aldaba*, 36, 13–34. Universidad Nacional de Educación a Distancia <https://doi.org/10.5944/aldaba.36.2012.20528>
- García, I. M., y García, G. K. (2023). *Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L) por harina de frejol (*Phaseolus vulgaris* L) y su incidencia en las características físico-químicas microbiológicas y sensoriales en la elaboración de extruidos tipo snack*. [Tesis de pregrado. Universidad Estatal de bolívar, Guaranda, Ecuador]. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/5578>
- Gomis, A. M. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Universidad de Alicante. <https://belliscovirtual.com/plasticos/3067-tecnologia-de-polimeros-procesado-y-propiedades.html>
- Guacho A (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de INEI. (2017). Desnutrición crónica de menores de cinco años, INEI. (2021). Encuesta Demográfica y Salud Familiar. Lima, INEI. (2021). Producción de quinua durante el 2021. Panorama Económico Departamental. Lima. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3455>*
- Huamán Castilla, N. L., Yupanqui, G., Allica, E., & Allica, G. (2016). Efecto del contenido de humedad y temperatura sobre la difusividad térmica en granos andino. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(3), 259-271. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i3.56>

- 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
- La Dirección General de Seguimiento y Evaluación-DGSE-MIDIS. (2020). *Reporte regional de indicadores sociales Ayacucho*. MIDIS. <https://doi.org/10.1201/9781482293500-22>
- Lázaro J., y Sotelo, M. (2017). *Optimización por diseño de mezcla de un snack de griz de maíz amarillo (*Zea mays*), harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harinade garbanzo (*Cicer arietinum*) obtenidomediante extrusión*. [tesis de pregrado. Universidad Nacional del Santa, Chimbote Perú]. <https://acortar.link/EB73kC>
- Llerena, K. S. y Uriña, Z.B. (2017). *Uso de Cultivos Iniciadores (Starter) en la Fermentación de Cacao Tipo Nacional Clon 103y CCN51 en la Estación Pichilinguen ubicada en Quevedo – Provincia de los Rios*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <https://n9.cl/bmagt>
- Mäkilä, L., Laaksonen, O., Ramos Diaz, J. M., Vahvaselkä, M., Myllymäki, O., Lehtomäki, I., Laakso, S., Jahreis, G., Jouppila, K., Larmo, P., Yang, B., & Kallio, H. (2014). *Exploiting blackcurrant juice press residue in extruded snacks*. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie* [Food Science and Technology], 57(2), 618–627. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.005>
- Marti Amelia, Calvo Carmen, Martínez A. (2021). *Ultra-processed food consumption and obesitya systematic review*. *Nutricion Hospitalaria*, 38(1), 177–185. Universidad de Navarra. <https://doi.org/10.20960/nh.03151>
- Meilgaard, MC, Carr, BT y Civille, GV (1999). *Técnicas de evaluación sensorial*. Prensa CRC. Fourth Edition. <https://acortar.link/ecxnM6>
- Mendoza M. (2003). *Métodos químicos probados por la Asociación americana de cereales*. 7ma edición. <https://la.leco.com/resources/approved-methods>
- MINAGRI. (2021). *Maíz amarillo duro*, Ministerio de Agricultura y Riego. Lima. [https://www.pepp.gob.pe/descargas/prod\\_maiz\\_amarillo.pdf](https://www.pepp.gob.pe/descargas/prod_maiz_amarillo.pdf)
- Ministerio de Salud, INS/CENAN. (2010). *Tablas Peruanas de Composición de Alimento*, Lima. [https://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/843\\_MS-INS77.pdf](https://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/843_MS-INS77.pdf)

- Muñoz, E. (2018). *Do we know what we eat? A nutrition perspective*. *Nutricion Hospitalaria*, 35(4), 61–65. Universidad de Granada. <https://doi.org/10.20960/NH.2128>
- Neder, D., Vázquez, J., Rodríguez, M., Hernández, L., Sánchez, M., Amaya, C., y Quintero, A. (2023). *Características fisicoquímicas y sensoriales de productos extruidos y expandidos por microondas elaborados de maíz azul, espinacas y frijol negro*. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 24–30. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.8>
- Olalla, W. (2019). *Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa) y haba (Vicia faba) nixtamalizados*. In Universidad Técnica De Ambato. <https://acortar.link/bP4Lcc>
- Oscoco, K. (2013). Efecto de la variación de humedad, presión y cantidad de carga en la obtención del maíz amarillo duro (zea mays l.) y expandido. <https://hdl.handle.net/20.500.14168/204>
- Pérez Ramos, K., Elías Peñafiel, C., y Delgado Soriano, V. (2017). Bocado con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y camote (*Ipomoea batatas L.*). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377-388. <https://acortar.link/pGpXbZ>
- Pérez-Navarrete, C., Cruz-Estrada, R. H., Chel-Guerrero, L., y Betancur-Ancona, D. (2006). *Caracterización física de extruidos preparados con mezclas de harinas de maíz QPM (Zea mays L.) y fríjol lima (Phaseolus lunatus L.)*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5(2), 145-155. <https://acortar.link/AWjEUM>
- Quintero Moreno, M., Montoya Campuzano, OI y Gutiérrez Sánchez, PA (2010). *Purificación y caracterización de una  $\alpha$ -amilasa producida por la cepa nativa Bacillus sp. BBM1*. *Dyna*, 77 (162), 31-38. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. <https://acortar.link/OfJVBg>
- Quitiaquez Quitiaquez, O. J. (2005). *Desarrollo de un producto extruido a partir de granos de quinua (Chenopodium Quínoa Willd)-diseño básico de la planta*. <https://acortar.link/GLUyPV>

- Ramos Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *Ciencia America*, 10(1), 1-7. <http://orcid.org/0000-0001-5614-1994>
- Remache Limaico, A. S. (2016). *Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de maíz zea mays quinua chenopodium quínoa y chocho lupinus mutabilis sweet saborizado (Bachelor's thesis)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://acortar.link/pwIsHA>
- Repo-Carrasco, R., Pilco, J. y Zelada, C. (2011). Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.). *Ingeniería Industrial*, (29), 209-224. <https://acortar.link/nUa90t>
- Rodas Herrera, L. (2022). Inteligencia comercial e incremento de las exportaciones de cacao en grano seco, Cooperativa Aprocam, Bagua, 2021. <https://acortar.link/jrVU4d>
- Rodríguez, M. (2011). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca. In *The True South Through My Eyes - HK Edgerton*. <https://acortar.link/jCXuiW>
- Roldán, C., & Álvaro Culleré Sandoval, J. (2017). *Diseño y montaje de una extrusora de filamento para el reciclaje de residuos plásticos de impresión 3D (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)*. <http://hdl.handle.net/2117/104866>
- Salazar Irrazabal, M. D. (2013). Formulación de un suplemento alimenticio infantil, a base de maíz (*zea mays* l.) tarwi (*lupinus matabilis* s.) y quinua (*chenopodium quinoa* w.), por el proceso de extrusión. <https://acortar.link/xYU3YI>
- Taimal Quelal, R. M. (2019). *Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y textura en la mezcla de maíz Zea mays, chocho Lupinus mutabilis Sweet y papa Solanum tuberosum en el snack (Bachelor's thesis)*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9787>
- Valderrama-Amasifuen, F., Arteaga, H., Flores Perez, A. E., Obregón, J., & Barraza-Jáuregui, G. (2021). Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha. Características físicas y sensoriales. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education

- and Technology, 2021-July, 1–7.  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.569>
- Vilca Mamani, A., García Castro, E. B., Lipa Tudela, L., Calancho Mamani, E., & Cruz Huisa, R. M. (2023). Impacto de los programas sociales alimentarios sobre la desnutrición infantil en la región de Puno. *Comuni@cción*, 14(3), 220-234. <http://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.14.3.871>
- Vilca-Cáceres, V. A., Gómez-Pacco, N. L., & Vargas Callo, W. D. R. (2020). Calidad nutricional y niveles de aceptabilidad de productos innovados con base a pescado: empanizados y kamaboko. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(2), 153-166. <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110200153>
- Vílchez, L. M., Guevara, A., & Encina, C. R. (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 126-137. <https://acortar.link/TMUdKr>
- Villarroel Heise, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
- Xingú L., et. al. (2017). Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Vol. 8. <https://acortar.link/9aZ6Yf>
- Zavaleta, A. (2018). *Lupinus mutabilis* (tarwi). Leguminosa andina con gran potencial industrial. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <https://acortar.link/r2V5aP>

## CAPITULO IX

## IX. ANEXOS

## Anexo 1

## Matriz de consistencia

**TÍTULO: FORMULACIÓN DE SNACKS DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa Willd*), CHÍA (*Salvia hispánica*) Y MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays*) POR PROCESO DE EXTRUSIÓN**

| PROBLEMA  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES  | METODOLOGIA   |
|---|---|---|--|---|
| <p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál será la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>), por proceso de extrusión, Huanta 2023?</p> | <p><b>Objetivo general</b></p> <p>Desarrollar la formulación adecuada para la elaboración de snack de quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>), por proceso de extrusión.</p> | <p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La formulación de quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) es adecuada en la elaboración de snack por proceso de extrusión</p> | <p><b>Var. Independiente</b></p> <p><b>Formulación de snack</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• % de maíz amarillo duro</li> <li>• % de quinua blanca</li> <li>• % de Chía</li> </ul> | <p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>preexperimental</p> <p><b>Diseño:</b></p> |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es el porcentaje adecuado de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración del snack por proceso de extrusión?</p> <p>¿Cuáles son las características fisicoquímicas adecuadas del snack de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración del snack por proceso de extrusión?</p> <p>¿Cuál es el valor nutricional del snack de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración de snack por proceso de extrusión?</p> | <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar los porcentajes adecuados de la quinua blanca, (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración de snack por proceso de extrusión.</p> <p>Evaluar las características fisicoquímicas del snack de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.</p> <p>Determinar el valor nutricional del snack de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración del snack por proceso de extrusión.</p> | <p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>Los porcentajes de quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>), son adecuados para la elaboración del snack por proceso de extrusión.</p> <p>Las características fisicoquímicas de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>), son los adecuados para la elaboración del snack por proceso de extrusión.</p> <p>El valor nutricional del snack de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) es significativo por proceso de extrusión.</p> | <p><b>Var. Dependiente</b></p> <p><b>Proceso de extrusión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características fisicoquímicas</li> <li>• Valor nutricional</li> <li>• Valor de aceptabilidad</li> </ul> | <p>Diseño de mezclas</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Producción de cereales de la región Ayacucho.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>kg de maíz amarillo duro en griz, 12 kg de Quinoa en grano y 5 kg de chía en grano</p> <p><b>U. experimental:</b></p> <p>Formulaciones F1- F9</p> <p><b>Muestreo:</b></p> <p>Muestreo Aleatorio simple</p> <p><b>Área de Estudio:</b></p> <p>planta procesadora de cereales San Martín de Ccolleca</p> |
|---|--|--|---|---|

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <p>¿Cuál es el valor de aceptabilidad del snack de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) por proceso de extrusión?</p> | <p>Determinar el valor de aceptabilidad del snack de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) para la elaboración del snack por proceso de extrusión</p> | <p>El valor de aceptabilidad del snack de la quinua blanca (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), chía (<i>Salvia hispánica</i>) y maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>) es significativo por proceso de extrusión.</p> |  | <p><b>Recolección de información:</b></p> <p>Ficha de recolección de datos</p> <p>Informe del análisis fisicoquímico laboratorio</p> <p>Ficha de aceptabilidad del producto final (prueba hedónica)</p> |
|---|--|--|--|---|

## Anexo 2

## Análisis del compuesto orgánico (proteínas y grasas) del snack



# MULTISERVICIOS AGROLAB

## INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

### LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

**ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:**

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
- AGRICULTURA SUSTENTABLE

## INFORME DE ANÁLISIS DE COMPUESTO ORGÁNICO

1250051

Solicitante: Sr. Jean Nelver Mendoza Cisneros

Muestras: Snack

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Andrés Avelino Cáceres

Fecha: 12-12-22

| N° Lab. | Código | Contenido de Proteína (%) |
|---------|--------|---------------------------|
| AF 0684 | Snack  | 11.46                     |
| N° Lab. | Código | Contenido de Grasa (%)    |
| AF 0684 | Snack  | 6.30                      |



Ph. D. MARLENY CERDA GÓMEZ  
Responsable de Laboratorio

**Anexo 3***Acondicionamiento de la maquina extrusora*

Foto 1: Acondicionamiento de la maquina extrusora



Foto 2: Acondicionamiento de la tolva de la maquina extrusora



Foto 4: Maquina extrusora preparada para el proceso de extrusión

**Anexo 4***Evaluación física de la materia prima determinación de la humedad de materia prima*

Foto 5: Gritz de maíz amarillo duro



Foto 6: Granos de chía



Foto 7: Granos de quinua blanca



Foto 8: cálculo de la humedad de la materia prima

**Anexo 5***Evaluación granulométrica de la materia prima*

Foto 9: Granulometría de maíz amarillo duro

Foto 10: Granos de quinua blanca



Foto 11: Granos de chía

Foto 12: Granos de quinua blanca

**Anexo 6**

*Evaluación del índice de expansión en las diferentes formulaciones del snack de maíz amarillo duro, quinua y chíca.*





|   |  |
|---|--|
|   |   |
| Foto 13: Formulación 1  | Foto 14: Formulación 2   |
|  |  |
| Foto 15: Formulación 3  | Foto 16: Formulación 4   |



Foto 17: Formulación 5

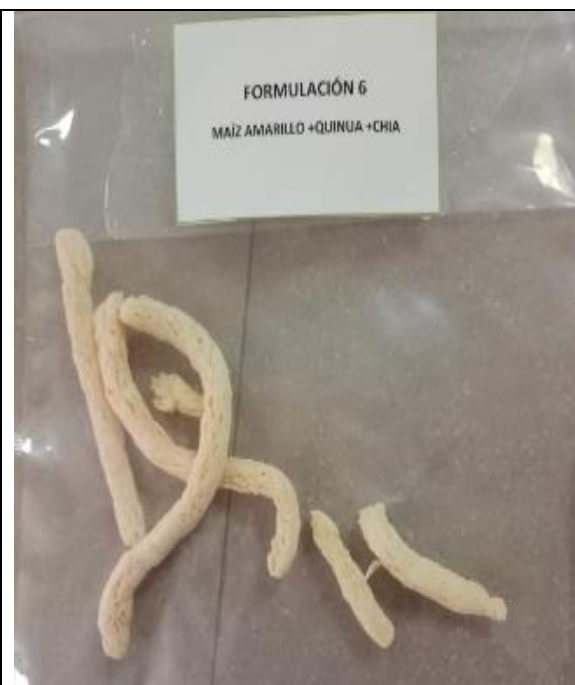


Foto 18: Formulación 6



Foto 19: Formulación 7



Foto 20: Formulación 8



Foto 21: Formulación 9

## Anexo 7

### Elaboración del snack de maíz amarillo duro, quinua y chía



Foto 22: proceso de extrusión



Foto 23: proceso de extrusión



Foto 23: proceso de extrusión calibrando el tamaño de boquilla



Foto 24: error de producto que no presenta características de aceptación

**Anexo 8***Determinación de la humedad del producto final*

Foto 25: determinación de la humedad – ceniza



Foto 26: Determinación de la humedad y puesta en campana por 4 horas



Foto 27: Puesta de la muestra en mufla



Foto 28: Peso de muestra balanza analítica

## Anexo 9

### Evaluación del índice de expansión del snack



Foto 19: Medición del índice de expansión del snack F1, F2, F3,F3,F4,F5,F6;f7,F8 y f9



Foto 19: Medición del índice de expansión del snack F1, F2, F3, F3, F4, F5, F6; f7, F8 y f9



Foto 19: Medición del índice de expansión del snack F1, F2, F3, F3, F4, F5, F6; f7, F8 y f9



Foto 19: Medición del índice de expansión del snack F1, F2, F3, F3, F4, F5, F6; f7, F8 y f9

**Anexo 10***Ficha de aceptabilidad del producto*

Nombre del Juez: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Maestra Evaluada: \_\_\_\_\_ Prueba N°: \_\_\_\_\_

**FORMULACIÓN 1****FORMULACIÓN 2**

Marcar con un aspa la carita que muestra el momento que consume el infante.

| CARICATURA  | ESCALA                     | CALIFICACIÓN |
|---|----------------------------|--------------|
|  | Me gusta muchísimo         | 5            |
|  | Me gusta ligeramente       | 4            |
|  | Ni me gusta ni me disgusta | 3            |
|  | No me gusta ligeramente    | 2            |
|  | Me disgusta muchísimo      | 1            |

Fuente: Anzaldúa (1994)

**Anexo 11***Aplicación de prueba de aceptabilidad del producto*