

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

---

**“Formulación y elaboración óptima de un snack extruido a  
base de maíz morado, arroz  
y kiwicha”**

---

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**Bach. Castillo Chavarry, Ariana Nevenka**

**Bach. Vera Ramirez, Jerson Omar**

**ASESORA:**

**Ms. Córdova Chang, Any Berenice**

**Código ORCID: 0000-0002-2179-0641**

**CO-ASESORA:**

**Msc. Carbajal Romero, Guisela Pilar**

**Código ORCID: 0000-0002-6144-9923**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadro dentro de las áreas y líneas de investigación conforme el reglamento general para obtener el Título profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial**

**“FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN ÓPTIMA DE UN SNACK EXTRUIDO A  
BASE DE MAIZ MORADO, ARROZ Y KIWICHA”**

**Autores:**

**Bach. Castillo Chavarry Ariana Nevenka**  
**Bach. Vera Ramirez Jerson Omar**

---

**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
**ASESORA**  
**DNI 43775869**  
**Código ORCID: 0000-0002-2179-0641**

---

**Ms. Guisela Pilar, Carbajal Romero**  
**CO-ASESORA**  
**DNI 44462548**  
**Código ORCID: 0000-0002-6144-9923**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO**

El presente trabajo de tesis titulado “**FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN ÓPTIMA DE UN SNACK EXTRUIDO A BASE DE MAIZ MORADO, ARROZ Y KIWICHA**”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **Castillo Chavarry Ariana Nevenka**, con código de matrícula 0201812023 y **Vera Ramirez Jerson Omar**, con código de matrícula 0201812058, que tienen como asesora a la **Ms. Any Berenice Córdova Chang** y a la Coasesora **Ms. Guisela Pilar Carbajal Romero**, según R.D. N° 552-2022-2022-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 29 de octubre del 2024 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante la resolución N° 561-2024-UNS-CFI. Revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador.

**Dr. Augusto Castillo Calderón**  
**Presidente**  
**DNI: 32931123**  
**Código ORCID: 0000-0001-9237-8542**

**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
**Secretaria**  
**DNI: 19096335**  
**Código ORCID: 0000-0003-1659-9874**

**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
**Integrante**  
**DNI: 43775869**  
**Código ORCID: 0000-0002-2179-0641**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 11:00 horas del día veintinueve de Octubre del dos mil veinticuatro, se instalaron en el Pabellón de Agroindustria, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 561-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Presidente)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Secretario)
- **Ms. Any Berenice Córdova Chang** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

**“FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN ÓPTIMA DE UN SNACK EXTRUIDO A BASE DE MAIZ MORADO, ARROZ Y KIWICHA”**

elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **CASTILLO CHAVARRY ARIANA NEVENKA**
- **VERA RAMIREZ JERSON OMAR**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Ms. Any Berenice Córdova Chang** y como Coasesora al **Msc. Guisela Carbajal Romero**

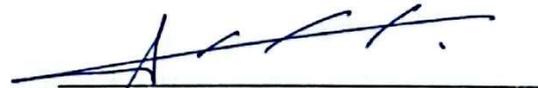
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
JERSON OMAR VERA RAMIREZ	17	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 29 de octubre del 2024.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Augusto Castillo Calderón**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Elza Aguirre Vargas**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
Integrante

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintinueve de Octubre del dos mil veinticuatro, se instalaron en el Pabellón de Agroindustria, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 561-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dr. Augusto Castillo Calderón (Presidente)
- Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Secretario)
- Ms. Any Berenice Córdova Chang (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

**“FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN ÓPTIMA DE UN SNACK EXTRUIDO A BASE DE MAIZ MORADO, ARROZ Y KIWICHA”**

elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- CASTILLO CHAVARRY ARIANA NEVENKA
- VERA RAMIREZ JERSON OMAR

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: Ms. Any Berenice Córdova Chang y como Coasesora al Msc. Guisela Carbajal Romero

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ARIANA NEVENKA CASTILLO CHAVARRY	17	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 29 de octubre del 2024.

Dr. Augusto Castillo Calderón  
Presidente

Dra. Elza Aguirre Vargas  
Secretario

Ms. Any Berenice Córdova Chang  
Integrante

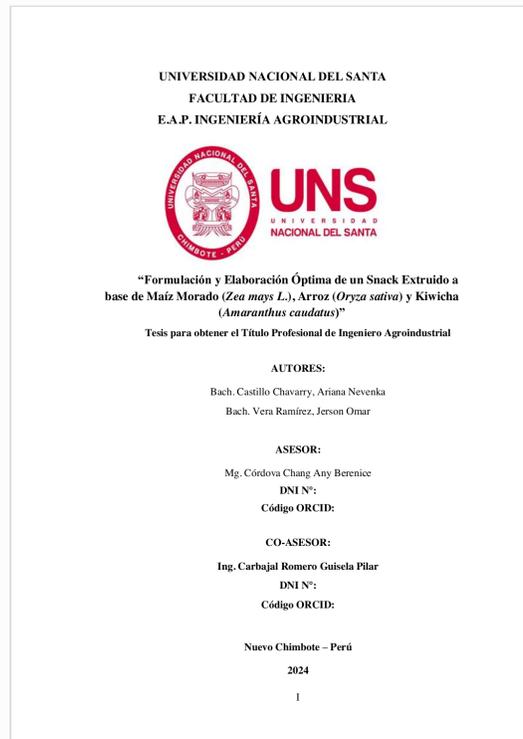


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ariana Nevenka CASTILLO CHAVARRY  
Título del ejercicio: Informes de Tesis  
Título de la entrega: TESIS - CASTILLO CHAVARRY Y VERA RAMIREZ.pdf  
Nombre del archivo: TESIS\_-\_CASTILLO\_CHAVARRY\_Y\_VERA\_RAMIREZ.pdf  
Tamaño del archivo: 4.78M  
Total páginas: 124  
Total de palabras: 23,555  
Total de caracteres: 116,548  
Fecha de entrega: 19-ago.-2024 04:13p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2434657477



# TESIS - CASTILLO CHAVARRY Y VERA RAMIREZ.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad San Francisco de Quito</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Pública de Navarra</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.utn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unajma.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Santa</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uoosevelt.edu.pe</b> Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

A Dios por su amor incondicional y eterno, por habernos permitido llegar a este logro en nuestras vidas. Sin su presencia, no habiéramos podido lograr nada en esta vida. Agradecerle por poder brindarnos vida, una buena salud, empleo, y sobre todo, personas que nos apoyan a superarnos día a día.

A nuestros padres, por habernos otorgado la vida, un hogar lleno de amor inculcándonos los valores necesarios para respetar a los demás y ser buenas personas, por los consejos, por la educación de calidad, por su fortaleza y la perseverancia constante que nos ha permitido ser personas de calidad. Por ser nuestros ángeles guardianes en todo momento y nuestra fuerza para seguir siempre adelante.

A nuestros hermanos y demás familiares, por su apoyo cotidiano para crecer como profesionales, por su respaldo y amor durante toda nuestra vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a Dios, por habernos concedido dar un gran paso en el ámbito profesional de nuestras vidas.

Agradecemos a todos nuestros familiares por la paciencia y comprensión durante el proceso de la realización de este proyecto.

A nuestra asesora Mg. Berenice Córdova Chang, por guiarnos arduamente durante la formulación y elaboración del proyecto, por la asesoría y paciencia permanente durante la ejecución de este.

A nuestra co-asesora Ing. Carbajal Romero Guisela Pilar por su apoyo incondicional en la formulación del proyecto y estandarización de los métodos de análisis de nuestra tesis.

A todos los ingenieros colaboradores del IITA, que de alguna u otra forma nos contribuyeron de corazón en nuestras prácticas preliminares y en la elaboración del snack extruido.

**Con cariño, Ariana Castillo y Jerson Vera**

# INDICE

<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Marco Conceptual.....	9
2.1.1. ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	9
2.1.2. Taxonomía.....	10
2.1.3. Composición Nutricional .....	11
2.1.4. Producción Nacional .....	12
2.1.5. Usos y Beneficios .....	13
2.2. MAÍZ MORADO ( <i>Zea mays L.</i> ).....	14
2.2.1. Generalidades .....	14
2.2.2. Taxonomía.....	16
2.2.3. Composición Nutricional .....	17
2.2.4. Producción Nacional .....	19
2.2.5. Usos y Beneficios .....	20
2.3. KIWICHA ( <i>Amaranthus caudatus</i> ).....	20
2.3.1. Generalidades .....	20
2.3.2. Taxonomía.....	22
2.3.3. Composición Nutricional .....	22
2.3.4. Producción Nacional .....	23
2.3.5. Usos y Beneficios .....	24
2.4. LOS SNACKS .....	25
2.4.1. Características .....	25
2.4.2. Clasificación.....	26
2.4.3. Composición Nutricional: .....	27
2.5. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS .....	27

2.5.1.	Generalidades .....	27
2.5.2.	Técnica del procesamiento de extrusión .....	29
2.5.3.	Tipos de Extrusores .....	30
2.5.4.	Variables de la Extrusión .....	32
2.6.	EVALUACIÓN SENSORIAL .....	33
2.6.1.	Evaluación Hedónica.....	35
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1.	Lugar de ejecución.....	35
3.2.	Materiales y Equipos .....	36
3.2.1.	Materias Primas e Insumos .....	36
3.2.2.	Materiales de Laboratorio .....	36
3.2.3.	Reactivos .....	37
3.2.4.	Equipos.....	37
3.2.5.	Otros Materiales .....	38
3.3.	Métodos de Análisis .....	39
3.3.1.	Caracterización de las Materias Primas .....	39
3.3.2.	Caracterización de las Formulaciones.....	41
3.4.	Diseño Experimental .....	44
3.5.	Metodología Experimental .....	46
3.5.1.	Obtención de los grits de arroz.....	46
3.5.2.	Descripción del proceso de obtención de los grits de arroz .....	46
3.5.3.	Obtención de los grits de kiwicha .....	47
3.5.4.	Descripción del proceso de obtención de los grits de kiwicha.....	48
3.5.5.	Obtención de los grits de maíz morado.....	49
3.5.6.	Descripción de la obtención de los grits de maíz morado.....	49
3.5.7.	Obtención de los snacks extruídos .....	50

3.5.8.	Descripción del proceso de obtención de los snacks extruídos.....	51
3.6.	Procesamiento y Análisis de Datos .....	52
3.6.1.	Análisis de Datos.....	52
3.6.2.	Determinación de la Formulación Óptima .....	52
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>53</b>
4.1.	Composición Proximal de las Materias Primas .....	53
4.1.1.	Grits de Arroz.....	53
4.1.2.	Grits de Maíz Morado .....	55
4.1.3.	Grits de Kiwicha.....	57
4.2.	Análisis de las Formulaciones .....	59
4.2.1.	Análisis Sensorial .....	59
4.2.2.	Análisis Tecnológicos .....	74
4.2.3.	Análisis Nutricional.....	97
4.3.	Determinación de la Formulación Óptima .....	108
4.4.	Caracterización de la Formulación Óptima .....	111
4.4.1.	Composición Proximal.....	111
4.4.2.	Composición Tecnológica.....	112
4.4.3.	Composición Nutricional .....	113
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>115</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>117</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>127</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	10
Tabla 2. Composición química del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en 100 g. ....	12
Tabla 3. Producción por Regiones de Arroz en TN .....	13
Tabla 4. Taxonomía del Maíz Morado. ....	17
Tabla 5. Composición Química del grano de Maíz Morado en 100 gr .....	18
Tabla 6. Producción por Regiones de Maíz Morado en TN.....	19
Tabla 7. Taxonomía de los granos de Kiwicha .....	22
Tabla 8. Composición Química de la Kiwicha en 100 gr.....	23
Tabla 9. Producción por Regiones en miles de TN en el Perú de Kiwicha.....	24
Tabla 10. Características químicas del snack. ....	27
Tabla 11. Variables Comunes en la Extrusión. ....	33
Tabla 12. Formulaciones mediante el Diseño Estadístico.....	45
Tabla 13. Composición Química Proximal de los Grits de Arroz (%). ....	55
Tabla 14. Composición Química Proximal de los Grits de Maíz Morado (%). ....	57
Tabla 15. Composición Química Proximal de los Grits de Kiwicha (%). ....	59
Tabla 16. Valores de puntuación promedio para los 5 atributos analizados. ....	60
Tabla 17. Análisis de varianza para sabor de los snacks extruidos. ....	61
Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Formulaciones. ....	61
Tabla 19. Análisis de varianza para olor los tratamientos de los snacks extruidos. ....	64

Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Formulaciones. ....	64
Tabla 21. Análisis de varianza para color de los snacks extruidos. ....	67
Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Formulaciones.....	68
Tabla 23. Análisis de varianza para textura de los snacks extruidos.....	69
Tabla 24. Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Formulaciones. ....	70
Tabla 25. Varianza de la aceptabilidad de las formulaciones los snacks extruidos. ....	72
Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para A.Gerenal por Formulaciones .....	73
Tabla 27. Perfil de AA del arroz, maíz morado y kiwicha, y las formulaciones.....	73
Tabla 28. Score químico de los grits de arroz, kiwicha, maíz morado y formulaciones	73
Tabla 29. Resultados del índice de expansión.....	77
Tabla 30. Análisis ANOVA para el índice de expansión (IE).....	80
Tabla 31. Análisis de Regresión Lineal para el índice de expansión (IE).....	81
Tabla 32. Resultados de Actividad de Agua del snack extruido. ....	83
Tabla 33. Análisis ANOVA para la Actividad de Agua (Aw). ....	85
Tabla 34. Análisis de Regresión Lineal para la Actividad de Agua (Aw). ....	86
Tabla 35. Resultados de la humedad del snack extruido.....	88
Tabla 36. Análisis ANOVA para la Humedad. ....	91
Tabla 37. Resultados de la textura instrumental del snack extruido. ....	92
Tabla 38. Análisis de varianza para la textura instrumental.....	94
Tabla 39. Análisis de regresión para la Textura Instrumental.....	95

Tabla 40. Resultados de la capacidad antioxidante del snack extruido.....	97
Tabla 41. Análisis de varianza para la capacidad antioxidante. ....	99
Tabla 42. Análisis de regresión para la capacidad antioxidante.....	100
Tabla 43. Resultados de los Polifenoles Totales del snack extruido. ....	102
Tabla 44. Análisis ANOVA para los polifenoles totales.....	105
Tabla 45. Análisis de Regresión Lineal para los Polifenoles Totales. ....	106
Tabla 46. Optimización de Formulación de Snack: Criterios de Calidad y Objetivos .	109
Tabla 47. Optimización múltiple mediante Statgraphics.....	110
Tabla 48. Formulación Óptima del Snack Extruido. ....	112
Tabla 49. Composición Proximal Formulación Óptima del Snack Extruido.....	113
Tabla 50. Composición Tecnológica Formulación Óptima del Snack Extruido.....	114
Tabla 51. Resultados de Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante. ....	114

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arroz (Oryza Sativa) .....	10
Figura 2. Maíz Morado (Zea mays L). .....	16
Figura 3. Granos de Kiwicha (Amaranthus Caudatus).....	21
Figura 4. Extrusor de Doble Tornillo. ....	31
Figura 5. Extrusor de Monotornillo .....	32
Figura 6. Gráfico de medias del atributo sabor. ....	62
Figura 7. Gráfico de medias del atributo olor.....	66
Figura 8. Gráfico de medias del atributo Color.....	69
Figura 9. Gráfico de medias del atributo Textura.....	71
Figura 10. Gráfico de medias del atributo Aceptabilidad general. ....	74
Figura 11. Gráfico de barras del Índice de Expansión. ....	78
Figura 12. Índice Expansión Formulación F5 .....	79
Figura 13. Gráfico de Superficie de Respuesta Estimada del Índice de Expansión.....	82
Figura 14. Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada .....	82
Figura 15. Gráfico de barras del Actividad de agua. ....	84
Figura 16. Gráfica de Superficie de respuesta para la actividad de agua. ....	87
Figura 17. Gráfica de contorno de la superficie de respuesta de la actividad de agua... 87	
Figura 18. Gráfica de barras para la humedad.....	90
Figura 19. Gráfica de barras para la textura instrumental. ....	93
Figura 20. Gráfica de superficie de respuesta para la textura instrumental.....	96
Figura 21. Gráfica de contornos de superficie respuesta para la textura instrumental... 96	
Figura 22. Grafica de barras para la capacidad antioxidante.....	99

Figura 23. Gráfica de superficie de respuesta para la capacidad antioxidante .....	101
Figura 24. Gráfica de contornos de respuesta para la capacidad antioxidante .....	101
Figura 25. Gráfica de barras para los polifenoles totales. ....	100
Figura 26. Gráfico de Superficie de Respuesta Estimado. ....	108
Figura 27. Gráfico de Respuesta Estimada Polifenoles.....	107

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de obtención de los grits de arroz.....	127
Anexo 2. Proceso de obtención de los grits de kiwicha .....	128
Anexo 3. Proceso de obtención de los grits de maíz morado .....	129
Anexo 4. Elaboración de los snacks extruidos .....	130
Anexo 5. Caracterización proximal de las materias prima.....	127
Anexo 6. Análisis de los snacks extruidos de grits de arroz, maíz morado y kiwicha.	135
Anexo 7. Análisis sensorial formulaciones .....	142
Anexo 8. Análisis de proteínas (snack extruido y materias primas) .....	144

## RESUMEN

Esta investigación tuvo la finalidad de formular y elaborar óptimamente un snack extruido a base de arroz (*Oryza sativa*), maíz morado (*Zea mays L.*) y kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), que contenga valores elevados en las características proximales, tecnológicas y nutricional, así también como en la evaluación sensorial. Para esta elaboración se utilizó un diseño de mezclas, simplex con centroide, con 3 repeticiones, obteniendo 10 formulaciones con maíz morado (10% a 20%) , arroz (70% a 80%) y kiwicha (10% a 20%). Todas las formulaciones realizadas fueron sometidas al extrusor de doble tornillo, en donde se trabajó con una alimentación constante a 35 Hz, el tornillo tuvo 380 rpm de velocidad, y de la cuchilla de 600 rpm.

Se realizaron análisis tecnológicos, nutricionales y sensoriales a las formulaciones obtenidas, teniendo como formulación óptima la F<sub>5</sub> (20% Maíz Morado, 70% Arroz y 10% Kiwicha). Mientras que, la optimización y la evaluación de los datos resultantes se analizaron mediante el programa StatGraphics Centurión 18. La formulación F<sub>5</sub> tiene % humedad de  $5.928 \pm 0.284$ , % fibra de  $11.775 \pm 0.789$ , % cenizas de  $0.680 \pm 0.049$ , % proteínas de 8.48, % grasa de  $0.315 \pm 0.014$  y % carbohidratos de  $73.326 \pm 0.985$ . Los parámetros tecnológicos fueron: Índice de expansión  $2.35 \pm 0.027$ , actividad de agua  $0.396 \pm 0.041$  y textura instrumental  $38.99 \pm 1.335$  mJ. Asimismo, tuvo una capacidad antioxidante de  $319.61 \pm 1.206$   $\mu$ mol trolox/g y polifenoles totales de  $64.00 \pm 1.198$  mg EAG/ 100 g.

Las proporciones óptimas permiten concluir que la elaboración de snacks extruidos de maíz morado, arroz y kiwicha son una alternativa saludable para implementar en la dieta cotidiana de las personas, puesto que, el maíz morado es una fuente de antioxidantes y fibra, el arroz aporta energía y la kiwicha es rica en proteínas y en aminoácidos esenciales.

**Palabras Claves:** Snack, polifenoles totales, capacidad antioxidante, extrusión

## ABSTRAC

This research had the purpose of optimally formulating and producing an extruded snack based on rice (*Oryza sativa*), purple corn (*Zea mays L.*) and kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), which contains high values in the proximal, technological and nutritional characteristics. as well as in sensory evaluation. For this preparation, a mixture design was used, simplex with centroid, with 3 repetitions, obtaining 10 formulations with purple corn (10% to 20%), rice (70% to 80%) and kiwicha (10% to 20%). All the formulations made were subjected to the twin screw extruder, where it worked with a constant feed at 35 Hz, the screw had a speed of 380 rpm, and the blade speed of 600 rpm.

Technological, nutritional and sensory analyzes were carried out on the formulations obtained, with the optimal formulation being F5 (20% Purple Corn, 70% Rice and 10% Kiwicha). While the optimization and evaluation of the resulting data were analyzed using the StatGraphics Centurion 18 program. Formulation F5 has % moisture of  $5.928 \pm 0.284$ , % fiber of  $11.775 \pm 0.789$ , % ash of  $0.680 \pm 0.049$ , % proteins of 8.48, % fat of  $0.315 \pm 0.014$  and % carbohydrates of  $73.326 \pm 0.985$ . The technological parameters were Expansion index  $2.35 \pm 0.027$ , water activity  $0.396 \pm 0.041$  and instrumental texture  $38.99 \pm 1.335$  mJ. Likewise, it had an antioxidant capacity of  $319.61 \pm 1.206$   $\mu\text{mol trolox/g}$  and total polyphenols of  $64.00 \pm 1.198$  mg EAG/ 100 g.

The optimal proportions allow us to conclude that the preparation of extruded snacks of purple corn, rice and kiwicha are a healthy alternative to implement in people's daily diet, since purple corn is a source of antioxidants and fiber, rice provides energy and kiwicha is rich in proteins and essential amino acids.

**Key words:** Snack, total polyphenols, antioxidant capacity, extrusion.

## **I. INTRODUCCION**

En el presente, la población atraviesa una de las dificultades más importantes en la sociedad: la malnutrición. Esta situación está relacionada a la carencia de vitaminas, proteínas, minerales y alimentos que contengan compuestos que prevengan enfermedades. En el Perú, se presenta alrededor del 43.5% de niños de 5 a 11 años que padecen de malnutrición o enfermedades como la anemia. Además, el 32.2% desarrolla obesidad infantil entre otras enfermedades crónicas (Bastidas et al., 2020).

Debido a esta situación, se muestra una gran necesidad de consumir alimentos que aporten beneficios a la salud y presenten características de prevención ante enfermedades, lo cual no se lleva a cabo gracias a diversos factores. Una solución beneficiosa es el consumo de alimentos con propiedades funcionales; recientemente se ha demostrado que la kiwicha es un grano con características nutricionales y un gran aporte a la salud. Este alimento aporta fibra a la dieta, previniendo enfermedades cardiovasculares (Basilio et al., 2020). Asimismo, el maíz morado contiene un alto contenido de antocianinas, las cuales tienen un alto poder antioxidante, evidenciando acciones positivas para combatir y prevenir enfermedades como la diabetes, el cáncer, la obesidad, etc. (Borges et al., 2022). Este grano también presenta un gran contenido de fenoles totales, el cual aporta valor nutricional y previene enfermedades crónicas y la acción anticancerígena, antidiabética y antiinflamatoria al organismo (Kumar y Prakash, 2017).

Por ende, la idea de elaborar un snack extruido que contenga un alto valor funcional y que presente un bajo contenido calórico, se ha vuelto una oportunidad factible para introducir este alimento en la dieta cotidiana de las personas, con el fin de reducir el mal hábito alimenticio que generalmente se da en los sujetos más vulnerables, como

lo son los niños y adolescentes, que suelen consumir diferentes tipos de snacks que no cumplen con las expectativas alimenticias.

Asimismo, se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál será la formulación óptima para elaborar y caracterizar un snack a base de arroz (*Oryza sativa*), maíz morado (*Zea mays L.*) y kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) que presente características tecnológicas, nutricionales y sensoriales beneficiosas para el consumidor?

Por otro lado, se tiene como objetivo principal; formular y elaborar óptimamente un snack extruido a partir de arroz, maíz morado y kiwicha. Además, se tiene como objetivos específicos; determinar la composición química proximal del arroz, la kiwicha y el maíz morado, caracterizar los snacks extruidos mediante análisis sensoriales (sabor, olor, color, textura y aceptabilidad general), tecnológicos (índice de expansión, actividad de agua, humedad y textura instrumental) y nutricional (capacidad antioxidante y polifenoles totales, determinar la formulación óptima del snack extruido mediante la característica sensorial (aceptabilidad general), tecnológica (índice de expansión y textura instrumental) y nutricional (capacidad antioxidante y polifenoles totales) en el programa Statgraphics Centurion 18 y por último, determinar la formación química proximal, tecnológica y nutricional de la formulación óptima del snack a base de arroz, kiwicha y maíz morado.

Para responder a la interrogante propuesta se tiene como hipótesis alternativa que la formulación óptima para la elaboración de un snack extruido que presente propiedades tecnológicas, nutricionales y sensoriales beneficiosas para el consumidor es 70% de arroz, 20% de maíz morado y 10% de kiwicha. Además, se presenta la hipótesis nula donde la formulación óptima para la elaboración de un snack extruido que presente propiedades tecnológicas, nutricionales y sensoriales beneficiosas para el consumidor no es 70% de grits de arroz, 20% de grits de maíz morado y 10% de grits de kiwicha.

Como parte de la justificación y limitación de la investigación se presenta que a importancia de desarrollar y elaborar productos nutritivos, que contengan proteínas, micronutrientes y energía necesarias para el cuerpo, se debe a la alimentación y el factor indispensable que es para la salud de las personas, sin embargo, existe el problema de la mala alimentación, esto se ve reflejado en la dieta diaria de las personas en la actualidad, que por motivos como el trabajo, la rapidez del servicio u otro motivo, optan por consumir alimentos no adecuados para el organismo, por consecuencia, la elaboración de alimentos (Valderrama, 2021).

La viabilidad de la extrusión con equipos de costo reducido y con una mínima complejidad de operación, se vuelve una oportunidad para la preparación de mezclas alimenticias en la zona costera del Perú. Además, la extrusión no es un proceso fácil, pero genera diversas ventajas, estas son: mejora la digestibilidad, permite alargar la vida útil de un alimento, contiene baja actividad de agua, cuenta con disponibilidad de diferentes constituyentes, son de bajo costo y de alta versatilidad de operación para elaborar gran variedad de productos. Por otra parte, la importancia de utilizar materias primas de origen peruano beneficia de gran manera al sector económico de las regiones en donde se cosechan estos alimentos (Almache, 2018). Entorno a las antocianinas, se remarca por sus características funcionales y por el color que otorga a los alimentos, lo que puede llegar a reemplazar a colorantes artificiales y sintéticos. La cantidad de extracción de antocianinas depende del tipo y la cantidad de esta. (Rabanal y Medina, 2021).

Por todos estos puntos, la presente investigación busca formular y elaborar óptimamente un snack extruido a base de grits de arroz (*Oryza sativa*), grits de maíz morado (*Zea mays L.*) y grits de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*)”

## II. MARCO TEORICO

Asimismo, se presentan los siguientes antecedentes en el cual está basado nuestro proyecto de tesis:

Valderrama et al. (2021), en el artículo titulado “Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha. Características físicas y sensoriales”, se evaluó las características físicas responsables de la calidad de un snack, como lo son la densidad aparente, la porosidad del alimento, el índice de expansión y el crujido. Además, para la parte sensorial se realizó un análisis de aceptabilidad general. Para el diseño estadístico utilizado para elaborar las formulaciones prueba del snack extruido se empleó un diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, con las materias primas: maíz morado (M: 0.0 - 100%), quinua (Q: 0.0 - 100%) y kiwicha (K: 0.0 - 100%), obteniéndose una cantidad de diez pruebas. Como resultados se obtuvo que el porcentaje de maíz morado, kiwicha y quinua de mejor calidad, afectó de manera positiva a los valores de las características sensoriales y físicas del snack extruido. El tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T9, que contó con un porcentaje de maíz morado del 17%, de quinua de 47% y de kiwicha de 17%, presentando una aceptabilidad general (A.G) de media de 7.59 y una moda de 9, el cual denota al término: me gusta muchísimo.

Neder et al. (2021), en su artículo titulado Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de snacks de tercera generación elaborados a partir de maíz azul, frijol negro y acelga producidos por extrusión, se estudiaron el efecto que tiene la extrusión en las características fisicoquímicas de la mezcla de frijol negro, maíz azul y acelga. Esta mezcla se acondicionó a una humedad de 22.2 a 35.7 %, la extrusión fue a una temperatura de 102 a 142 °C con una característica velocidad de tornillo de 96 a 171 rpm. Se evaluó el índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) de expansión, la viscosidad final, la antocianina total, valores de retroceso, la

dureza, se realizó el análisis de rayos X y la microestructura. Como resultados, se obtuvo que las condiciones más favorables se obtuvieron a 133 rpm, 25% MC y 122 °C. En estas circunstancias, los alimentos extruidos demostraron mayor retención de antocianinas (34%).

Sahu et al. (2022) en el artículo denominado “Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad física y funcional de los snacks extruidos a base de maíz y proteínas de soja”, se determinó la importancia de la influencia de los parámetros de extrusión, como la temperatura del barril el cual fue tomada de un valor de 100 a 150°C, también influyó la velocidad de los tornillos, operada en el equipo extrusor desde 300 a 350 rpm y el contenido de humedad de la alimentación de alrededor de 12 a 14% por encima de la calidad de los alimentos extruidos preparados a partir de la mezcla de compuestos. Por otro lado, se comprobó la calidad del snack en relación con los parámetros fisicoquímicos del alimento como el índice de expansión (ER), densidad aparente (BD), dureza (H), crispación (Cr), índice de absorción de agua (IAA) de los alimentos extruidos. Finalmente, como resultados del estudio, se corroboró que estos parámetros pueden influir de manera positiva o negativa al proceso de extrusión, en donde se encontraron que la combinación para obtener un cereal tipo snack con la mejor calidad cuenta con los siguientes parámetros: Humedad inicial del 14%, temperatura del barril de 110°C y velocidad del tornillo de 301 rpm.

Sudhakar et al. (2021) en el artículo nombrado “Snacks extruidos a partir de harina de arroz y seta de ostra en polvo: caracterización de las propiedades fisicoquímicas y funcionales y evaluación de la capacidad de almacenamiento. Los parámetros del proceso para el desarrollo del snack fueron una velocidad del tornillo de 250-350 rev/min, un contenido de humedad del alimento del 15-25% (d.b.) y el porcentaje de polvo de seta de ostra en la harina de arroz se mantuvo en el rango del 5-15%. También,

se analizaron los efectos de los parámetros del proceso sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales, en donde, se observó que la velocidad de los tornillos de 330 rev/min, el contenido de humedad de la alimentación del 20% y el porcentaje de polvo de setas en la harina de arroz del 6,6% proporcionaron el producto de calidad más aceptable.

Pardhi et al. (2019) en el artículo denominado “Evaluación de las propiedades funcionales de los snacks extruidos desarrollados a partir de sémola de arroz integral mediante la metodología de superficie de respuesta”, se trabajó la extrusión con una temperatura de barril de 130 -170°C y una velocidad de tornillo de 400 - 550 rpm. Por otro lado, al evaluar las características físicas del snack, las respuestas de la solubilidad variaron de 5.43% a 14.32%, mientras que, el análisis de absorción de agua generó un resultado de aumento de 4.72 a 7.81 y la densidad aparente de 0.065 a 0.188 g/ml. Concluyendo que, si existe un incremento de velocidad de tornillo, da lugar a una disminución de densidad, humedad y dureza. Todas las respuestas se vieron más afectadas por las permutas en la humedad del pienso, además de la temperatura y la velocidad de tornillo.

Rabanal y Medina (2021) en el artículo titulado “Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. Se describió el sistema químico de las antocianinas, además, los factores que afectan la estabilidad y en el color de esta materia prima. También, se precisaron las distintas variedades mejoradas que se encuentran en el Perú, y la cantidad de antocianinas que las componen con los análisis utilizados. Por último, se describe el poder antioxidante de las antocianinas en las actividades biológicas. Como conclusión, se determinó que los parámetros de extracción de este elemento se trabajan con un 1 gramo de muestra y

con 15 mililitros de agua, en una constante agitación y a 90°C, resaltando la óptima extracción tanto en sistemas in-vitro como ex-vitro.

Ramos et al. (2019) en el artículo denominado “Aplicación de imágenes NIR al estudio de snacks expandidos que contienen amaranto, quinua y kañiwa”, se aplicó con la tecnología de imágenes de infrarrojo cercano (NIR) en snacks extruidos que contenían 20% de amaranto, 30% de quinua y 50% de kañiwa, con la finalidad de estudiar la distribución espacial de fibra y proteína a lo largo del área de la sección transversal. Como resultados del proyecto, se realizaron las características físicas y sensoriales de lo aplicación de esta tecnología en los snacks y fueron contrastados con las medidas físicas existentes y los datos de textura obtenidos de perfiles sensoriales y estudios temporales. Se aplicó también un modelo de regresión de mínimos cuadrados parciales que mostró que las estructuras de proteínas distribuidas uniformemente están fuertemente vinculadas a las propiedades de textura deseables. Este estudio muestra que las imágenes de hiperespectro NIR podrían ayudar dilucidar el trasfondo químico de los atributos dominantes físicos y particularmente temporales de alimentos como snacks.

Basilio et al. (2020) en el artículo con nombre “Efecto de la cocción por extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas de la variedad de harina de kiwicha entera (*Amaranthus caudatus* L.): Optimización del proceso, se evaluó la temperatura de cocción y la humedad inicial del proceso de extrusión, con el uso de un diseño compuesto central antes las propiedades fisicoquímicas de la harina de kiwicha. Estas variables respuesta fueron: El grado de gelatinización, las propiedades de pegado, las propiedades térmicas, el color y textura, la actividad de agua, la densidad aparente, el índice de absorción de agua y el índice de solubilidad. Además, se realizó una optimización del proceso de extrusión mediante la metodología se superficies,

realizando una maximización del SEI y WSI, del AC-DPPH y AC-ABTS. Como resultados se evidenció que la mejor condición fue utilizar una temperatura de extrusión de 190° C y una humedad de inicio de 14%. Por otro lado, los snacks presentaron 7.17 de SEI, un 61.5% de WSI. Con respecto a las características funcionales, una capacidad antioxidante de 364.3  $\mu\text{mol trolox/g}$  y un AC-ABTS de 34.5 mg GAE/100g TP.

## **2.1. Marco Conceptual**

### **2.1.1. ARROZ (*Oryza sativa*)**

El hábito de cultivar arroz (*Oryza sativa* L.) de desarrollo hace alrededor de 10 mil años en los lugares húmedos de Asia, actualmente este cereal ocupa el segundo lugar en el mundo en ser cosechado. El arroz presenta mayor aporte calórico por hectárea si se compara con los demás cereales. (Gaibor y León, 2021).

La planta de arroz presenta 2 tipos de raíces, la primera llamada temporal y otra secundaria. Al principio la planta es blanca y con pocas ramificaciones, pero conforme va creciendo, la planta se va ramificado. Respecto al tallo, es particular de las gramíneas, tiene un largor que varía desde 30 cm (enanitas) y 70 cm (gigantes). En base a las hojas, estas están posicionadas en ángulo con el tallo, se presentan conformando hileras, sujetas al nudo mediante la vaina (Calero, 2020).

Por otro lado, el arroz presenta ciertas características físicas como las dimensiones del grano, su dureza y fricción, además, la densidad y algunos aspectos térmicos. El conocimiento de estas propiedades son de suma importancia ya que, ayudan a la manipulación, procesamiento y almacenamiento de este. Asimismo, estos factores físicos cambian según la variedad, el grado de humedad y el grano para la molienda (Gaibor y León, 2021).

**Figura 1.**

*Arroz (Oryza Sativa)*



### **2.1.2. Taxonomía**

La taxonomía del arroz se presenta en la tabla 1, donde se muestra el reino, la división, la clase, subclase y demás características de este producto.

**Tabla 1.**

*Taxonomía del Arroz (Oryza sativa).*

---

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Monocotyledoneae
Sub-Clase	Lilidae Orden
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Graminea)
Género	Oryza
Especie	O. sativa

---

**Fuente:** Espín, (2024)

### **2.1.3. Composición Nutricional**

El arroz se presenta principalmente como fuente de carbohidratos, sin embargo, este proporciona una gran cantidad de proteínas, minerales, grasas y complejo de vitamina B (tiamina, niacina y riboflavina). El grano de arroz tiene aproximadamente un porcentaje de humedad del 12 %, un 75 a 80 % de almidón y un 7 % de proteínas digeribles (Kumar y Prakash, 2017).

Además, varios estudios han determinado que el arroz presenta compuestos bioactivos, entre estos compuestos están: los carotenoides, flavonoides, los compuestos fenólicos, etc. Estos aportan propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y antidiabéticas al organismo (Dejkriengkraikul et al., 2019).

El grano de arroz posee al almidón, que es la biomolécula más abundante en este, e integra alrededor del 72% al 82% del peso en base seca del grano de arroz integral y respecto al grano de arroz molido simboliza en un 90% (Bao, 2019). La calidad del arroz se ve persuadida por las características adhesivas y térmicas del almidón.

Por otro lado, en la tabla 2 se muestra la composición química del arroz en base a 100 g. donde se presenta los constituyentes principales de este alimento.

**Tabla 2.***Composición química del arroz (Oryza sativa) en 100 g.*

<b>Componentes</b>	<b>Reyes et al., (2017)</b>	<b>Gavilanes, (2021)</b>
Agua	13.40 %	15.50 %
Grasa	0.70 g	0.80 g
Proteína	7.80 g	6.20 g
Carbohidratos	77.60 g	76.90 g
Potasio	148 mg	-
Fósforo	134 mg	150 mg
Hierro	1.04	0.40 mg
Sodio	19 mg	20 mg
Calcio	6 mg	6 mg
Tiamina (B1)	0.11 mg	0.09 mg
Rivoflavina (B2)	0.04 mg	0.03 mg
Niacina (B3)	2.19 mg	1.40 mg

**Fuente:** Reyes et al., (2017) - Gavilanes, (2021)

#### **2.1.4. Producción Nacional**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), en 2022, afirma que, a nivel mundial se produjo 503.9 millones de toneladas de arroz, y aproximadamente 29 millones TN de estas se ocasionaron en países de Latinoamérica.

Además, la organización determinó que en 2018 el consumo mundial de arroz incrementó un 1.1 %. En el Perú, el arroz es un alimento con una gran demanda, ya que representa uno de los productos más primordiales en los hogares peruanos.

La producción de arroz cáscara en Perú mostró un crecimiento notable en 2023, con un incremento del 12.7% en comparación con 2022, impulsado principalmente por el aumento de las áreas cosechadas y las mejores condiciones climáticas. Las regiones de Piura y San Martín destacaron al concentrar juntas el 71.8% de la producción nacional, registrando aumentos del 36.1% y 17.0%, respectivamente. Asimismo, departamentos como Junín y Huánuco mostraron incrementos superiores al 100%, lo que refleja el potencial de estas zonas para contribuir al mercado interno (Agraria, 2023).

**Tabla 3.**

*Producción por Regiones de Arroz en TN*

<b>Región</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Piura	83,436	113,544
San Martín	94,306	110,394
Junín	3,543	8,237
Huánuco	3,715	7,863
Lambayeque	48,024	56,374
Cajamarca	11,247	12,657

**Fuente:** Agraria (2023)

### **2.1.5. Usos y Beneficios**

Entre los principales usos del arroz, se presenta la harina a base de arroz. Esta harina es empleada en la elaboración de alimentos pasteurizados, como las bebidas, las malteadas, productos cárnicos congelados, la fabricación de galletas, fideos, dulces, etc. La harina de arroz es el subproducto con mayor ventaja en los mercados nacionales

e internaciones, debido a su fácil proceso de obtención y por los beneficios que aporta al consumidor, la harina de arroz no contiene gluten, por lo que es apta para todo tipo de personas. Mayormente esta harina se usa en la producción de galletas, las cuales presentan bajas cantidades de azúcares y grasas, proporcionan proteínas, hierro, fósforo, hidratos de carbono, calcio, etc. (Mendoza et al., 2019).

Por otro lado, recientemente se está elaborando envases biodegradables a partir del almidón obtenido del arroz quebrado. Uno de los problemas de la sociedad es el aumento de basura producida por diferentes tipos de plástico, ya que, cuando estos son desechados representan un alto grado de contaminación en el ecosistema, en lagos, suelos y océanos. Por este motivo, la elaboración de estos envases a partir de materia orgánica ayuda a reducir la contaminación ambiental y a mejorar la sostenibilidad del entorno (Llerena y Monzón, 2017).

Asimismo, el arroz también es usado en el cuidado de la piel, para la producción de maquillaje, jabones, cremas, etc. Esto se debe a que el arroz está compuesto mayormente de almidón, aceites, proteínas, flavonoides, vitaminas y minerales, los cuales son beneficiosos para este cuidado. Además, investigaciones recientes han determinado que presenta grandes cantidades de glucoesfingolípidos, los cuales conforman la ceramida, proporcionando así un efecto exfoliante, desinflamante, limpiador e hidratante en la piel (Benítez et al., 2018).

## **2.2. MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)**

### **2.2.1. Generalidades**

El maíz morado cultivado en los andes peruanos, pertenecer a la raza Kculli, que es una de las 52 razas cultivada en territorio peruano, este alimento tiene un valor singular por contener características de los granos y de la tusa de color morado a un color negro,

debido a las antocianinas que estos poseen. Además, es recomendado por su efecto medicinal entorno al efecto desinflamatorio y porque cooperan en la reconstrucción de tejidos y formación de colágeno, convirtiéndolo en un alimento beneficioso para la salud de la piel. (Burgos y Quintar, 2015)

Está materia prima integrada por un 85% de grano y por un 15% de tusa. Además, la depende de la variedad y el tipo de maíz morado del cual procede y las condiciones ambientales con las que son cosechadas, puede la cantidad de antocianinas ser mayor o menor. Las antocianinas son un gran potencial para sustituir los colorantes sintéticos o artificiales que son usualmente utilizados en productos farmacéuticos, cosméticos y alimentario (Romero y Scamarone, 2020)

Para que un ejemplar de maíz morado sea considerado de calidad óptima, debe cumplir con las siguientes características: Los granos libres de hongos y picaduras, color característico morado oscuro e intenso y buen tamaño de mazorca. Con estos lineamientos pueden llegar a tener un valor económico alto en cualquier mercado nacional e internacional. Además, tanto la tusa es comúnmente utilizada por el alto contenido de pigmento de color morado, para la preparación de la bebida “chicha morada” característica de Perú, y por otros usos en el diseño textil de las regiones de la sierra de este país. [INEA], 2017).

El pigmento característico que tiene el maíz morado se llama antocianina, el cual está siendo muy requerido por ser un antioxidante y una alternativa a los colorantes artificiales, debido a que el interés por alimentos libres de colorantes dañinos a largo plazo ha aumentado, por la crítica que se hace en la inocuidad y calidad de algunos alimentos que abusan de colorantes sintéticos (Burgos y Quintar, 2015)

## **Figura 2.**

*Maíz Morado (Zea mays L).*



Fuente: Toapanta et al., (2019)

### **2.2.2. Taxonomía**

La planta del del maíz morado, tiene un tallo erguido y rígido que puede llegar a alcanzar una altura promedio de 3.5 metros, dependiendo de la variedad. En la punta de este árbol, puede visualizarse una floración en forma de plumero, las espigas llegan a crecer en las alargadas hojas que a un futuro se convertirán en las mazorcas llenas de granos formando hileras (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021). La planta del maíz morado es oriunda de la sierra de Ecuador, Perú, Bolivia y otros países ubicados en los andes y fue utilizado como alimento hace miles de años. Por su parte, el Ministerio de Agricultura y Riego con respecto a esta materia prima, confirma que el nombre científico es *Zea Mays amilácea (L)*. (MIDAGRI, 2018). En la siguiente tabla N°4 se puede observar la taxonomía del maíz morado.

**Tabla 4.**

*Taxonomía del Maíz Morado.*

---

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub-Clase	Panicoideae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Zea mays L.

---

**Fuente:** Yanangomez (2018).

### **2.2.3. Composición Nutricional**

En esta materia prima se visualizan diversos polifenoles característicos, entre ellos se encuentra los flavonoides y las antocianinas, que son los más importantes para la salud, y generan el color morado característico de este alimento. Este pigmento se encuentra en mayor cantidad en la parte de la tusa de la mazorca (Rabanal y Medina, 2021).

Por otro lado, el maíz morado aporta una cantidad considerable de almidón de alrededor de del 80% en su composición, además de un 10% de azúcares que le generan el sabor dulzor, una cantidad de proteínas de alrededor de 11% y por último 2% de vitaminas y minerales (complejo B y ácido ascórbico) que se encuentran en mayor concentración en la parte del endospermo de la mazorca. (Guillén et al. 2014). Con respecto a las antocianinas, son compuestos fenólicos que abarcan la tonalidad de colores de rosa a morado, que presentan los frutos y flores. Por otro lado, se pueden

obtener de todas las variedades de maíz morado por medio de sus granos y por la tusa, en cantidades elevadas, por lo que pueden ser utilizados como fuentes de pigmentos naturales para sustituir colorantes artificiales usados en los alimentos. El contenido total de antocianinas varía de acuerdo con el genotipo y color del grano, en el Perú, la cantidad promedio de estos es de 1642 mg/ 100 g, mucho más alto que las uvas rojas o uvas negras y que las frescas, destacando la cianidina-3-b-glucosa, que es una antocianina con mayor poder antioxidante. (Mendoza et al., 2017).

**Tabla 5.**

*Composición Química del maíz morado en 100 g.*

<b>Componente</b>	<b>Toapanta et al., 2021</b>	<b>Apace, 2022</b>
Humedad	10 %	11,40%
Proteína	9.10 g	6,70 g
Cenizas	1.71 g	1,70 g
Carbohidratos	76.56 g	76,90 g
Grasa	1.8 g	3.40 %
Fibra	11.20 g	1.80 g
Almidón	57.70	98 mg
Amilosa	27.10	-
Calcio	-	12 mg
Hierro	2.78 mg	0.20 mg
Fósforo	291 mg	-

**Fuente:** Toapanta et al., (2021) – Apace (2022)

#### 2.2.4. Producción Nacional

Las regiones del Perú más productoras de maíz morado que evidencian la evolución de la cosecha nacional, en los últimos 20 años, la lidera la región Lima, que es la más importante región productora de maíz morado actualmente, Ayacucho le sigue como la segunda región productora de maíz morado, que años tras año está por igualar a Lima, debido al incremento considerable que sufre esta región. (MIDAGRI, 2023)

La principal región del Perú en producir este alimento utiliza la variedad Canteño, que es un tipo derivada de la raza de Cuzco. Esta variedad es cultivada en muchos lugares de la sierra del Perú, especialmente en las partes altas del Valle Chillón que se encuentra a 2500 m.s.n.m. de la zona de Canta y Cañete, y es la variedad que más se vende en los mercados limeños (Ríos, 2021)

**Tabla 6.**

*Producción por Regiones de Maíz Morado en TN*

REGIÓN	2022	2023
Lima	8164	7756
Ayacucho	3697	6012
Arequipa	2270	2251
Huanuco	1961	1963
Cajamarca	2104	1899
Ancash	2590	1746
La Libertad	790	1556

**Fuente:** MIDAGRI (2023).

### **2.2.5. Usos y Beneficios**

El maíz morado a nivel casero es utilizado como colorante en el famoso postre “mazamorra morada” y en la bebida “chicha morada”. Entorno a las industrias, se utiliza para obtener colorante natural con los granos y la coronta, por su contenido elevado de antocianinas. Además, este pigmento es utilizado en las industrias de producción de lácteos, de bebidas funcionales y de productos de panadería (Amarayo y Ramirez, 2023)

Por la alta cantidad de antocianinas que este alimento posee, el maíz morado lo utilizan por el poder antioxidante que puede brindar y la gran ayuda al organismo en el sistema circulatorio, además para poder prevenir enfermedades mortales como la cardiovasculares, ya que estimula la circulación de la sangre. Aportan en la formación de tejidos y de colágeno, beneficiando la salud dermatológica (Mendoza et al., 2017).

En la industria farmacéutica, el maíz morado es usualmente utilizado para elaborar píldoras enfocadas en llevar un control sobre la presión arterial, así también, para mejorar los efectos antioxidantes mediante el grano hecho en harina o grits. Además, entorno al aspecto cosmético, se utiliza como hidratante para el cabello y para manos. (Amarayo y Ramirez, 2023)

## **2.3. KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)**

### **2.3.1. Generalidades**

El *Amaranthus caudatus* es un pseudocereal que no contiene gluten, la kiwicha es una buena fuente de proteína y fibra de elevada calidad. Además, este alimento es uno de los principales granos andinos más consumidos en América Latina, como sustituto sin gluten de los cereales tradicionales (Basilio et al., 2020).

Los granos del amaranto son semillas diminutas de 1 a 2 milímetros de diámetro, lo cual al presentar dimensiones pequeñas facilitan la digestión. Además, el color de los granos va desde el blanco hueso hasta el color beige, rojo, café, esto va a depender de la especie (Avilés, 2019). Por otro lado, la kiwicha es sumamente eficiente, ya que crece en distintas condiciones climáticas, sin importar aquellas situaciones adversas, como el período de sequía, las elevadas temperaturas o los suelos muy salinos (Capurro y Huerta, 2016). La kiwicha o amaranto se acopla a rangos de 20800 a 300 msnm. Comprobando que estas especies se desarrollan en condiciones óptimas a una temperatura de 18 a 24 °C con un alto grado de luz. Por otro lado, las circunstancias de humedad durante su proceso de germinación y desarrollo suelen ser bajas; es mejor que el grano crezca en ambientes secos y cálidos (Laguna y Sifuentes, 2019).

**Figura 3.**

*Granos de Kiwicha (Amaranthus Caudatus)*



Fuente: Barranco, (2020)

### 2.3.2. Taxonomía

La división taxonómica del amaranto o kiwicha, mediante lo investigado por Laguna y Sifuentes se presenta en la tabla 7.

**Tabla 7.**

*Taxonomía de los granos de Kiwicha*

---

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
División	Magnoliophyta
Sub-Clase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	Amaranthus
Especie	Amaranthus caudatus

---

**Fuente:** Laguna y Sifuentes (2019)

### 2.3.3. Composición Nutricional

La kiwicha es presentada como un cereal que contiene gran cantidad de proteínas y grasas, recalando su formación de ácidos grasos, como por ejemplo, el ácido linoleico (33 a 55.9 %) y ácido oleico (18.7 a 38.9 %). Asimismo, de los carbohidratos de la kiwicha un 48 – 69% es almidón, en donde la proporción de amilosa es menor que en la de los demás cereales (Chamorro et al., 2018). Entre distintos carbohidratos hallados en cantidades cambiantes son la sacarosa (1.08-2.26%), maltosa (0.02-0.3%) y la rafinosa (0.45-1.23%).

La kiwicha y su valor nutricional, esta conectado con la composición de proteínas (13 y 18%), constituidas con por aminoácidos de elevada calidad como la lisina, triptófano y la metionina, llamados primordiales ya que, son producidos por el cuerpo humano. (MIDAGRI, 2018).

**Tabla 8.**

*Composición química de los granos de kiwicha en 100 g.*

<b>Componente</b>	<b>Ramesh y Prakash, 2020</b>	<b>Bedón y Hernández, 2020</b>	<b>Singh y Puinia, 2020</b>
Humedad	7.94 %	11.2 %	10.33 %
Proteínas	14.7 g	15.54 g	14.69 g
Lípidos	5.83 g	7.31 g	5.8 g
Carbohidratos	50.8 g	65.95 g	61.43 g
Fibra	13.2 g	5.21 g	4.91 g
Cenizas	2.26 g	3.61 g	2.84 g

**Fuente:** Ramesh y Prakash, 2020 - Bedón, y Hernández 2020 - Singh y Puinia, 2020

#### **2.3.4. Producción Nacional**

La principal que produce más cantidad de kiwicha al año en el Perú es Ayacucho con 4518 TN en el año 2023, este dato representa cerca del 60% de la producción total en el Perú. Las regiones de Cusco, Arequipa y Ancash son las que le siguen, en donde se destacan las ciudades de Yungay y Andahuaylas. De manera específica, en el departamento de Ayacucho sobresalen las provincias de Huamanga con el 60.5% de aportación y Cangallo con 29% de aporte. Por su parte, en la región Ancash resaltan las ciudades de Huaylas (93%), Yungay (5,7%) y Sihuas (1%). (MIDAGRI, 2023).

**Tabla 9.**

*Producción por regiones de los granos de kiwicha en TN*

<b>REGIÓN</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Apurímac	4133	4518
Cusco	1302	1031
Arequipa	725	552
Junín	544	619
Ayacucho	2343	2714
La Libertad	144	148

**Fuente:** MIDAGRI (2023)

### **2.3.5. Usos y Beneficios**

Este grano se usa para la elaboración de harina, la harina de kiwicha es utilizada para la producción de panes, quesadillas, bollos, tortillas, o distintos alimentos en los cuales se use levadura. Esta harina es muy requerida, debido a su fácil digestión y su alto valor nutricional. Además, el amaranto puede ser usado como extensor para carnes en la elaboración de embutidos, ya que presenta alto contenido en proteínas (Choque y Castillo, 2021).

De una gran relevancia, los pseudocereales andinos como los amarantos, benefician directamente a la salud de las personas por el contenido funcional y los efectos saludables que esta materia prima nos brinda. Este grano se puede extraer, se puede moler e incluso tostar, por lo tanto, llega a ser consumido de diversas formas, sea como materia prima o integrado en productos como galletas, extruidos, fideos, etc. Por otro lado, por el aporte nutricional y funcional, se produce un interés relevante por el cultivo

y cosecha en mayor cantidad, ya sea para la implementación en la dieta cotidiana de o para su uso como harina, por no contener gluten (Ramesh y Prakash, 2020)

Actualmente, el estudio detallado de la harina o grits de kiwicha se encuentra en todo el apogeo mundial para el desarrollo de diferentes productos, y no solamente que no contengan gluten, debido que su uso es dependiente en mayor medida de sus características nutricionales que están relacionadas con sus características intrínsecas como: Densidad, composición química y tamaño de partícula. La mayoría de todas estas propiedades funcionales acatan de las proteínas, además de su interacción con otros componentes como carbohidratos, agua o lípidos. (Bedón y Hernandez, 2020).

## **2.4. LOS SNACKS**

### **2.4.1. Características**

Los snacks se denominan “alimentos, no presenciados dentro de las comidas primordiales diarias como el desayuno, el almuerzo y la merienda, y que son aprovechados para satisfacer y proporcionar energía al cuerpo (Luque, 2016). Entonces, se podría afirmar que son alimentos ligeros consumidos alrededor de las comidas y actividades conectadas con el ejercicio o actividades físicas cotidianas. Sin embargo, se ha ido elevando la necesidad de consumir este tipo de producto como suplente de alguna comida, ya que presenta características importantes como la falta de tiempo y el fácil consumo (Pástor, 2020).

Según Rodríguez y Rosales (2019) los snacks deben presentar las siguientes características:

- **Presentar un buen sabor:** El sabor es un atributo muy complejo, ya que se trata de tres características: olor, aroma y gusto. El sabor va a tener la

particularidad que se distingan las diferentes presentaciones del cereal y por ende la inclinación de los consumidores.

- **Presentar un buen color y olor:** Esta particularidad se debe a la constitución de las harinas y a las temperaturas elevadas a la que es este producto es involucrado durante el proceso de extrusión. Es importante destacar que estas características predisponen a las personas a tener expectativas respecto al color y olor.
- **Empaque innovador:** Los snacks deben presentar un empaque atractivo a la vista, que motive al consumidor a confiar en las características que promete el alimento.
- **Presentar una buena textura:** La textura es uno de los atributos primordiales del snack. Esta característica se asemeja al nivel de dureza y con el sentido del tacto se determina, ya que la sensación que conlleva esta operación puede deducirse como dureza, adhesividad, según se presenta el caso.

#### 2.4.2. Clasificación

Según Chávez y Moreno (2018), los snacks se clasifican según:

##### A. Por el sabor: Pueden ser

- Salados
- Dulces
- De sabores especiales

##### B. Por el proceso de elaboración: Los tipos son

- Fritos: Se consiguen después de una fritura directamente con la materia prima y con el añadido siguiente de azúcar o sal, saborizantes, colorantes u otros.

- **Extruidos:** Estos se consiguen de la mezcla de materias primas anteriormente tratadas y que pasan por una fase de extrusión.

### 2.4.3. Composición Nutricional:

Según Correa, (2021) los snacks deberán presentar las siguientes características organolépticas y químicas:

- **Organolépticas:** Los snacks deben tener un olor, sabor y textura característico del producto. Por otro lado, el alimento no deberá proporcionar síntomas de rancidez, sabores, colores que afirmen su descomposición.
- **Químicas:** La composición química de un snack se muestra en la siguiente tabla N°9:

**Tabla 10.**

*Características químicas de los snacks fritos y extruidos por cada 100 gramos.*

PARAMETRO	FRITOS	EXTRUIDOS
Humedad	3%	6%
Cenizas totales	4%	4%
Índice de peróxido	5 meq/kg	5 meq/kg
Índice de acidez	0.3 %	0.3%

**Fuente:** Correa, (2021)

## 2.5. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS

### 2.5.1. Generalidades

El proceso de la extrusión tiene como resultado la creación de snacks de diversas formas, como bastones u ovaladas, que se generan a partir de harinas o griz de

materias primas agroindustriales que cuentan con un alto valor nutricional agregado. Las características de estos alimentos extruidos son que tienen una extensa duración de conservación y almacenamiento, son de costo accesible para su elaboración, tienen un sabor agradable para el consumo y pueden llegar a satisfacer de manera óptima los requerimientos nutritivos del consumidor. Además, es una técnica que consta de una cocción, en donde intervienen de manera trascendental los parámetros de la humedad, presión, temperatura, durante un periodo de tiempo (Montalvo y Velazco, 2017).

La tecnología de extruir alimentos como granos, surge en la industria alimentaria porque permite cocer y procesar una diversidad de productos de diferentes tamaños, textura, sabor, forma y propiedades funcionales mejoradas. Este proceso de extrusión de manera mecánica consiste en la inducción de energía térmica y mecánica, en donde se aplican al alimento temperaturas y presiones elevadas durante un pequeño plazo de espacio y tiempo. Además, la extrusión es un tipo de cocción homogénea y continua que se da de manera veloz y al ser una técnica de procesamiento alimentario, otorga mejorar la digestibilidad de los alimentos. (Arqueros, 2020).

Según Velarde et al., (2023) el proceso de extrusión se da en dos condiciones:

- Proceso de extrusión seco: Las materias primas sufren alteraciones por la presión y el calor.
- Proceso de extrusión húmedo: A parte de la presión y el calor, se considera la condición de humedad con la que entra al extrusor las materias primas. Este tipo de proceso es el más frecuente, en donde la condición es que las materias primas a extruir deben contener una cantidad menor de grasa en su composición.

### **2.5.2. Técnica del procesamiento de extrusión**

La técnica de la extrusión se ha vuelto muy recurrida para la elaboración de snacks, este procedimiento se da en un equipo extrusor que puede contar con distintas características de procedimiento. El extrusor funciona bajo un sistema de presión y temperaturas, el cual origina que la materia prima entrante se mueva mediante resistencias como un flujo líquido en un flujo laminar. Otro factor que interviene en la extrusión, son los tornillos entorno a la velocidad de trabajo, debido que estos originan la movilidad, generando la transferencia de calor por conducción, la homogenización y la texturización. Además, los equipos extrusores que son usados para procesos de cocciones, deben generar el calor necesario hacia el producto, el cual se puede obtener mediante métodos como la conversión de energía mecánica, la inyección de vapor y la aplicación de calor externo. Una de las características principales de los productos a partir de un extrusor, es que suelen ser muy viscosos por la fuerza de fricción generado en el equipo (Espinoza, 2017).

Este proceso de cocción se realiza a una temperatura alta y en un tiempo corto, que es el necesario para que se pueda producir los cambios estructurales, funcionales y fisicoquímicos en las harinas o grits crudas, lo que hace pasar las materias primas por condiciones óptimas de velocidad de alimentación y de tornillo, humedad y temperatura. En la extrusión es característico por ser un proceso automatizado, con versatilidad y tiene una alta adaptabilidad a las condiciones de bajo coste y procesamiento. Es considerado un proceso de fabricación eficiente en la industria alimentaria. (Aguirre et al., 2022).

La materia prima que se va a someter en el proceso de extrusión generalmente debe estar en harina o grits (polvo). En el extrusor, la parte principal es el cilindro – tornillo, ya que cuando esta gira, se compacta el alimento sólido de forma que genera una

mezcla de la materia prima y es llevado hacia la boquilla del extrusor. De esta manera se produce la fusión del material y la presurización de esta, al mismo tiempo. (Espinoza et al., 2021).

Según Rolandelli et al., (2022) los diferentes equipos extrusores se dividen en tres partes:

- La parte de la alimentación: Aquí se encuentra las tolvas, en donde la profundidad del canal del tornillo es máxima. Esta parte se encarga de compactar la materia prima transportándolo hacia la siguiente zona a una velocidad adecuada.
- La parte de la transición: Esta es la zona media, en donde se reduce gradualmente la profundidad del canal.
- La zona de dosificado: La zona final que está cercana a la boquilla de salida, aquí la profundidad del canal se da de manera constante y pequeña. En esta parte la materia prima se homogeniza, es decir, atraviesa a una cierta presión la boquilla del extrusor, de forma que, al salir adquiere la forma final a la que se quiere llegar

### **2.5.3. Tipos de Extrusores**

#### **2.5.3.1. Extrusor de Doble Tornillo**

Uno de los equipos extrusores más comunes en la realización de snacks extruidos, es el extrusor de doble tornillo, que cuenta con tornillos que penetran dentro del canal entre los filetes de la maquinaria, por esta razón, cada tornillo es impedido por el otro por el filete y así se le denomina “doble tornillo. La ventaja de este equipo es que cuentan con automatización para controlar los parámetros a los cuales se quiere extruir, como el producto. Al ser un proceso flexible, permite también una limpieza fácil y un

cambio de producto veloz. Entre otras ventajas que nos permite este equipo es el mejor control de la operación de acuerdo con la diversidad de productos. (Aranda y Bocanegra, 2018)

**Figura 4.**

*Extrusor de Doble Tornillo.*



### **2.5.3.2. Extrusor de un Tornillo (Monotornillo)**

Este extrusor se caracteriza por contener solo un único tornillo, que gira en un barril mecánico a ciertas velocidades altas para aumentar e inducir el calentamiento del producto a extruir, en donde el paso de la materia prima es constante. El tornillo se divide en tres secciones: La alimentación, la compresión y la dosificación. En la primera sección mediante una tolva, las materias primas se alimentan de forma granular (Arqueros, 2020).

El funcionamiento de este extrusor consiste en la acción de rotación del tornillo con la materia prima en la sección de transición, en donde el material se compacta al hacer más bajo el canal del tornillo. Por otro lado, la energía mecánica es disipada lo que genera un aumento de la temperatura. (Arqueros, 2020).

Finalmente, el material es transportado por la sección de medición y llevado a través de la abertura del troquel. Los barriles de extrusores de un solo tornillo constan de ranuras axiales en las superficies internas, lo que ayuda a transportar y mezclar el material eficazmente. (Arqueros, 2020).

**Figura 5.**

*Extrusor de Monotornillo*



Fuente: Arqueros (2022)

#### **2.5.4. Variables de la Extrusión**

El equipo extrusor tiene diferentes variables entorno al tipo de equipo y materiales que la conforman, en la siguiente tabla N°10 se evidencia estas variables:

**Tabla 11.**

*Variables Comunes en la Extrusión.*

<b>Variable del Proceso</b>	<b>Variables del Diseño</b>	<b>Resultados</b>
Velocidad de tornillo	Geometría	Temperatura
Tipo de material	Cilindro	Caudal Másico
Intercambio de calor	Dados	Energía Mecánica
Alimentación	Presión	Tiempo de residencia
Temperatura y humedad	Tornillos	Propiedades del producto

**Fuente:** Espinoza (2017)

## **2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL**

La evaluación sensorial se define como una materia de la química analítica alimentaria y se encarga de los procesos y desarrollos de calibración en donde los sentidos del ser humano conforman el instrumento de medida. (Torricella, 2020).

Actualmente, muy escasa vez se usan métodos instrumentales para el análisis de las propiedades sensoriales, asimismo, recientes investigaciones mencionan que la evaluación sensorial únicamente se podrá sustituir por procesos instrumentales en situaciones muy particulares, otras investigaciones afirman que esta evaluación no se puede sustituir (Torricella, 2020).

Por otro lado, la calidad sensorial es la obtención de la interacción entre el producto y el ser humano, esta se puede describir como la percepción humana producida por particulares estímulos provenientes del producto, influida por las características fisiológicas, sociológicas y psicológicas del individuo o de los individuos que evalúan. Asimismo, los sentidos que provienen del cuerpo son la primordial herramienta

utilizada en esta evaluación, pero además se requieren mecanismos matemáticos, como por ejemplo el análisis estadístico, y otras herramientas materiales que faciliten la traducción de las percepciones a datos o a números (Falla y Ramón, 2018).

Según Valle, (2022) las características sensoriales son atributos de los productos alimenticios que se captan a través de los sentidos; a continuación se describen algunas propiedades:

- **Color:** Esta propiedad puede ser medida mediante un instrumento y de manera mas óptima de manera visual. Esta medición puede realizarse mediante escalas de color.
- **Olor:** Es la distinción, a través del olfato, de elementos volátiles liberadas en las piezas. Algo primordial de esta evaluación, es que se debe impedir que el alimento se impurifique con el olor de otro producto, por ende, se necesita que estos estén en recipientes herméticos.
- **Textura:** Es la característica organoléptica que proviene de la disponibilidad y combinación entre componentes químicos y componentes estructurales. Se puede definir como una representación del modo, acerca de como son son incitados los destinatarios mecánicos de la boca en el proceso de degustación del alimento.
- **Sabor:** Mediante los órganos receptores del atributo sabor en la lengua, se nota la existencia de componentes tanto volátiles como no volátiles del producto. A través de las papilas gustativas se puede registrar los cuatro sabores: salado, dulce, amargo y ácido.

### **2.6.1. Evaluación Hedónica**

Esta es una prueba fácil de aplicar y no se necesita experiencia o entrenamiento por parte de los evaluadores. Esta evaluación va a permitir captar la magnitud de agrado que una muestra figura para un grupo de personas en particular.

La persona encargada de evaluar el alimento, valora el grado de satisfacción que tiene este, para eso se usa una escala que es proporcionada por el interesado en el análisis. Este tipo de prueba es muy efectiva para el diseño de productos, además, son muy utilizadas en las empresas ya que, los clientes son los responsables de decidir si un producto es una victoria o una derrota (Paredes et al., 2019).

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. Lugar de ejecución**

Esta investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional del Santa – UNS, estas son:

- Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial – IITA
- Laboratorio de Nutrición y toxicología del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial – IITA.
- Laboratorio de Tecnología y fisiología postcosecha del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial – IITA.
- Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la E.A.P de Agroindustrial.
- Planta Piloto Agroindustrial.

### **3.2. Materiales y Equipos**

#### **3.2.1. Materias Primas e Insumos**

Para el proyecto se utilizaron las siguientes materias primas e insumos:

- El maíz morado (*Zea mays L.*) 6 kilos comprados en el mercado la Perla de Chimbote.
- El arroz (*Oryza Sativa*) 8 kilos que fueron comprados en el mercado la Perla de Chimbote.
- La kiwicha perlada (*Amaranthus caudatus*) 3 kilos que fueron comprados del mercado la perla de Chimbote.
- Una botella de 400 ml de miel de abeja adquirida en el mercado Buenos Aires de Nuevo Chimbote.

#### **3.2.2. Materiales de Laboratorio**

Los materiales propios de laboratorio utilizados son:

- Probeta de varias medidas.
- Vasos precipitados de varias medidas
- Placa Petri
- Pipetas
- Matraces
- Fiolas de varias medidas
- Tubo de ensayo
- Viales
- Crisoles
- Micropipetas automaticas
- Mortero

### 3.2.3. Reactivos

Los reactivos utilizados en los diferentes análisis son:

- Agua destilada
- Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)
- Buffer fosfato
- Enzima  $\alpha$ -amilasa, proteasa, amiloglicosidasa
- Acetona CH<sub>3</sub>(CO)CH<sub>3</sub>
- Hidroxido de sodio a 0.275N (NaOH)
- Acido clorhidrico a 0.325 N (HCl)
- Ácido Galico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>)
- DPPH
- Trolox
- Éter de Petróleo
- Metanol: agua (70:30, v/v)
- Reactivo de Follin-Ciocalteau
- Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>)

### 3.2.4. Equipos

- Para la obtención de los grits:  
Molino de Martillos (MARCA: TORRH, MODELO: MDNY-60XL) con una malla de 3mm  
Secador de Bandejas (MARCA: TORRH, MODELO: SBT-10XL)
- Para la elaboración del snack extruido:  
Balanza Analítica (MARCA:ADAM, MODELO: PW-254)  
Extrusor de doble tornillo (MARCA: IMBRA, MODELO: DRX-50)

- Para el análisis de humedad:  
Estufa (MARCA: BLUE-M, MODELO: SW-17TC-1)
- Para el análisis de ceniza:  
Mufla (MARCA: THERMOLYNE, SERIE: 347034984)
- Para el análisis de grasa:  
Sistema extractor de grasa SOXHLET (MARCA: FOSS)
- Para el análisis de fibra:  
Fibra (MARCA: FOSS, MODELO: FIBERTEC 1023)
- Determinación de índice de expansión del snack extruido:  
Calibrador Digital (MARCA: VERNIER, MODELO: COMPANY TRACEABLE®)
- Determinación de la textura instrumental del snack extruido:  
Texturometro (MARCA: BROOKFIELD-CANADA)
- Determinación de la actividad de agua del snack extruido:  
Medidor de actividad de agua (MARCA: ROTRONIC)
- Determinación de capacidad antioxidante y polifenoles totales:  
Centrífuga (MARCA: ORTO ALRESA, MODELO: DIGICEN 21R)  
Agitador Vortex (MARCA: IKA, MODELO: MS 3 CONTROL)  
Lavadora ultrasónica (MARCA: BRANSON, MODELO: 5800)  
pH-metro  
Lector multimodal (MARCA: BIOTEX, MODELO: SYNER-GYH1)

### **3.2.5. Otros Materiales**

Otro tipo de materiales que utilizamos complementando a los análisis son:

- Mesas de acero

- Bolsas de polietileno
- Jarras de plástico
- Tinas plásticas
- Cucharones
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Papel toalla

### 3.3. Métodos de Análisis

#### 3.3.1. Caracterización de las Materias Primas

- **Determinación del porcentaje de humedad:**

Según el método de la AOAC (2000), se pesaron 5 g de muestra, la cuales fueron puestas en una estufa para secarlas durante 3 horas (se hicieron en 3 repeticiones). El mismo procedimiento se realizó para el maíz morado , arroz y kiwicha. Posteriormente al secado, se pesaron una vez enfriadas las muestras mediante fórmula descrita a continuación:

$$\% H = 100 * \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Húmedo}}$$

- **Determinación de Cenizas:**

Según la Norma Técnica Peruana 205.038:1975, consiste en quemar el alimento para obtener el residuo inorgánico. Pueden existir muchas pérdidas en este análisis debido a la volatilidad del producto. Para halla el contenido de cenizas se realiza la siguiente ecuación:

$$\% C = 100 * \frac{\text{Peso Cenizas}}{\text{Peso Muestra}}$$

- **Determinación de Proteína:**

Mediante la NTP ISO 20483: 2016, la proteína se realiza mediante tres grandes procesos: Digestión, Destilación y Titulación. En este método se digieren las proteínas en una mezcla con ácido sulfúrico. Además, en sulfato de amonio se convierte el nitrógeno, en donde se neutraliza con una base entrando al proceso de destilación. Finalmente, los aniones de borato resultantes se titulan con HCl estandarizado y se halla con la siguiente fórmula:

$$\% P = \frac{N * Volumen * Factor * 100 * 14}{Peso Muestra * 1000}$$

- **Análisis del porcentaje de Fibra Dietaria:**

Con el método de la AOAC 991.43, las muestras deben estar desgradas y son gelatinizadas con alfa amilasa y digeridas por la proteasa y la amiloglucosidasa, esto con el fin de remover el almidón y proteína de la muestra, es precipitada por la adición del etanol. Finalmente, lo resultante se filtra, se lava y pesa. Para obtener el porcentaje de fibra se realiza mediante:

$$\% F = \text{Peso del Residuo} - \text{Peso(Proteína + Cenizas)}$$

- **Determinación de Grasas:**

Se realiza mediante el método AOCS Ab3-49, en donde se pesan 5 gramos de muestra pulverizada, calentando por 2 horas a reflujo mediante el éter de petróleo como solvente. Para el cálculo se necesita la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{\text{Extracto Etereo} * (100 - \% \text{Humedad})}{\text{Materia Seca (g)}}$$

- **Determinación de porcentaje de carbohidratos:**

Se realizó por diferencia, en donde se resta el 100% de la suma de los porcentajes de humedad, fibra, cenizas, y proteínas. La siguiente fórmula resume la determinación de carbohidratos:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{H} + \% \text{P} + \% \text{C} + \% \text{G} + \% \text{F})$$

### **3.3.2. Caracterización de las Formulaciones**

#### **3.3.2.1. Análisis Sensorial**

Este análisis se ejecutó mediante una escala de 7 puntos hedónica. Esta se resume en: 1 punto me disgusta mucho, 2 puntos me disgusta moderadamente, 3 puntos me disgusta levemente, 4 puntos no me gusta ni disgusta, 5 puntos me gusta levemente, 6 puntos me gusta moderadamente y 7 puntos, me gusta mucho. Las características evaluadas fueron: Color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general.

#### **3.3.2.2. Score Químico**

Para la FAO (1973) el score químico da la capacidad de la proteína de una dieta para cubrir las necesidades proteicas del individuo.

$$\text{SQ} = \frac{\text{mg de AA limitante en 1 g de proteína ensayada}}{\text{mg del mismo AA en 1 g de proteína patrón}}$$

#### **3.3.2.3. Análisis Tecnológicos**

- **Humedad**

Según la AOAC (2000), se pesó 5 gramos de muestra, las cuales fueron puestas en una estufa para secarlas durante 3 horas (se realizó de manera triplicada), este procedimiento se efectuó para todas las muestras de grits de amaranto, arroz y

maíz morado. Finalmente, se pesaron una vez enfriadas las muestras y se calcularon mediante la fórmula siguiente:

$$\% H = 100 * \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Húmedo}}$$

- **Actividad de Agua**

Para hallar la actividad de agua ( $A_w$ ) de las formulaciones, se realizó mediante el método de la AOAC 978.18, utilizando un equipo llamado higrómetro de punto de rocío. Se basa en posicionar la muestra en el equipo y esperar a que se establezca durante algunos minutos, posterior a eso se lee la pantalla, lo cual indica la cantidad de  $A_w$  que la muestra posee.

El valor que resulta de este análisis depende directamente de la composición, contenido de agua y temperatura del producto. Así también, este procedimiento se define científicamente como la cantidad de agua libre que se encuentra disponible en los alimentos para el crecimiento bacteriano.

Toma valores de entre 0 a 1, siendo los valores óptimos, los cercanos a 0, ya que menor es la cantidad de agua disponible para que los microorganismos puedan vivir y el alimento resulte menos perecedero.

- **Índice de Expansión**

Para el índice de expansión, mediante Gujska y Khan (1990) es necesario realizar la medida del diámetro de la boquilla del extrusor utilizado y el diámetro promedio de las muestras de snacks, realizando la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Expansión} = \frac{\text{Diámetro Promedio de la Muestra (cm)}}{\text{Diámetro de la Boquilla (cm)}}$$

- **Textura**

Para la evaluación de la textura o dureza, se utiliza el texturómetro Brookfield CT3 que mide la fuerza máxima de penetración en el alimento, llevado hasta la profundidad causando un aplastamiento irreversible, en donde se mide la consistencia del producto, la unidad de la textura es en mJ unidades de fuerza.

#### **3.3.2.4. Análisis Nutricionales**

- **Obtención del extracto**

Se procede a pesar 2 gramos de muestra en los tubos de ensayo, luego se agrega 20 ml de solución de metanol-agua (50:50) y agitar en el vortex. Posteriormente, se realiza el baño ultrasónico (30 min) y el centrifugado (30 min y 4000 rpm), separando el sobrenadante (1) y guardando en refrigeración.

Agregar 20 ml de acetona-agua (70:30) y agitar en el vortex, seguidamente realizar el baño ultrasónico (30 min) y el centrifugado (30 min y 4000 rpm) separando el sobrenadante (2) y guardando en refrigeración. Finalmente mezclar ambos sobrenadantes 1 y 2. Filtrar y guardarlo en refrigeración.

- **Capacidad Antioxidante por DPPH**

Se procede a pesar 0.02 g de DPPH y aforar con metanol en una fiola de 50 ml forrada con papel aluminio, luego se procede a pesar 0.0125 g de Trolox y aforar con metanol en una fiola de 50 ml forrada con papel aluminio; ambas muestras son agitadas en el vortex.

Para la preparación de la curva estándar, en 8 tubos preparar 500  $\mu$ l, 400  $\mu$ l, 200  $\mu$ l, 100  $\mu$ l, 50  $\mu$ l, 25  $\mu$ l, 10  $\mu$ l, 5  $\mu$ l de solución de Trolox y aforar con metanol. Seguidamente, para realizar la lectura en el multimodal, se agrega 10  $\mu$ l de los 8

tubos y 10 µl (muestras). Finalmente, se agrega 190 µl de la concentración de DPPH y se lectura la absorbancia.

- **Polifenoles Totales**

Mediante el método descrito por Folin Ciocalteu se pesó 0.0225 g de ácido gálico, 2g de carbonato de sodio y 5 ml del reactivo Folin, aforando las muestras con agua destilada. Luego, se ajustó el pH del metanol utilizando HCl, y se añadió este a las muestras. Además, las muestras fueron sometidas a baño ultrasónico, para un centrifugado y filtrado para su posterior análisis.

La oxidación de los polifenoles presentes en la muestra causa la aparición de una coloración azulada que presenta un máximo de absorción a 765 nm, y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico. El mecanismo de reacción es una reacción redox, por lo que además puede considerarse también, como un método de medida de la actividad antioxidante.

### **3.4. Diseño Experimental**

La presente investigación es propositiva, ya que busca implementar un nuevo producto de calidad que garantice el buen habito alimenticio y la salubridad de los consumidores. Por otro lado, presenta un diseño experimental debido a que se emplearán el uso de variables respuesta a las causas:

- Variables independientes:
  - % de grits de arroz, % de grits de maíz morado y % de grits de kiwicha
- Variables dependientes:
  - Análisis Sensorial
    - Aceptabilidad General
  - Análisis Tecnológico:

- Índice de expansión
- Textura
- Análisis Funcional:
  - Capacidad antioxidante
  - Polifenoles Totales

Por otro lado, para alcanzar las formulaciones con combinaciones, se ejecutó un diseño de mezclas simplex con centroide, con tres repeticiones (M: 10-20%), Arroz (A: 70-80%) y Kiwicha (K: 10-20%).

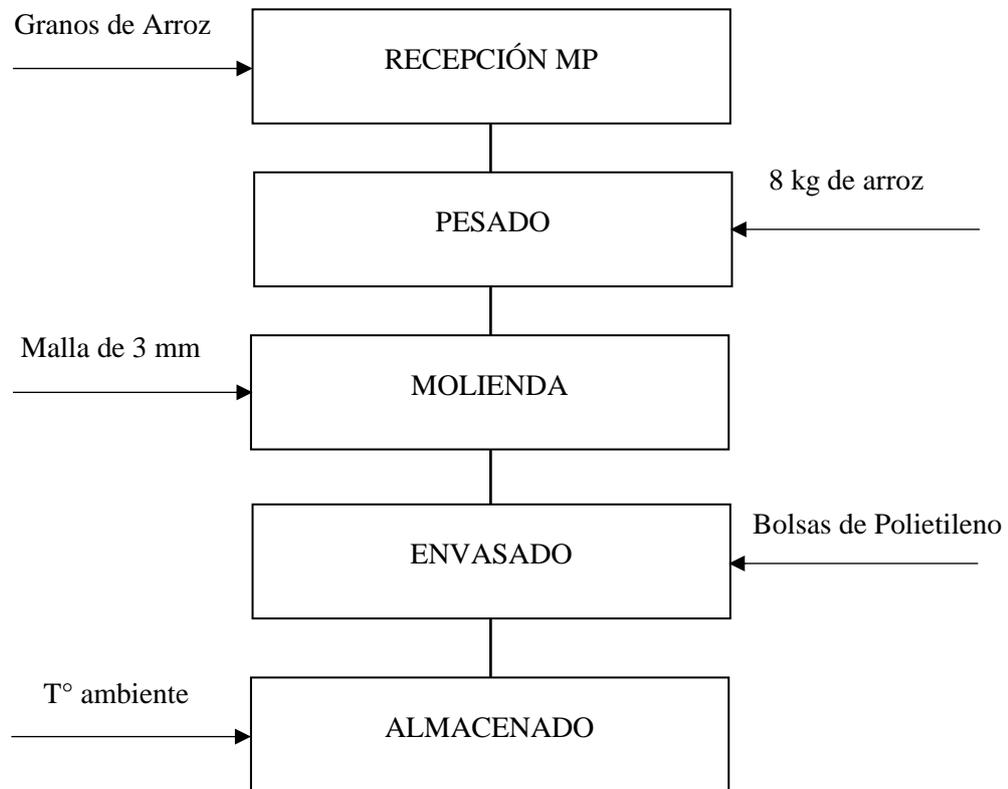
**Tabla 12.**

*Formulaciones mediante el Diseño Estadístico.*

Bloque	Maíz M. (%)	Arroz (%)	Kiwicha (%)	A.General	IE	Textura	Capacidad Antioxidante	Polifenoles Totales
<b>F<sub>1</sub></b>	13	74	13					
<b>F<sub>2</sub></b>	10	75	15					
<b>F<sub>3</sub></b>	15	70	15					
<b>F<sub>4</sub></b>	15	75	10					
<b>F<sub>5</sub></b>	20	70	10					
<b>F<sub>6</sub></b>	10	80	10					
<b>F<sub>7</sub></b>	10	70	20					
<b>F<sub>8</sub></b>	10	70	20					
<b>F<sub>9</sub></b>	10	80	10					
<b>F<sub>10</sub></b>	20	70	10					

### 3.5. Metodología Experimental

#### 3.5.1. Obtención de los grits de arroz



#### 3.5.2. Descripción del proceso de obtención de los grits de arroz

- **Recepción**

Los granos de arroz se transportaron a las mesas de trabajo, se seleccionaron aquellos que cumplan con las especificaciones requeridas (libre de daños) y se pesaron

- **Pesado**

Se realizó el pesado de la materia prima, teniendo como total, una cantidad de 8 kg de arroz.

- **Molienda**

El arroz se colocó en el molino de martillos, en donde se convirtió en grits, haciendo uso de una malla de 3 mm de diámetro.

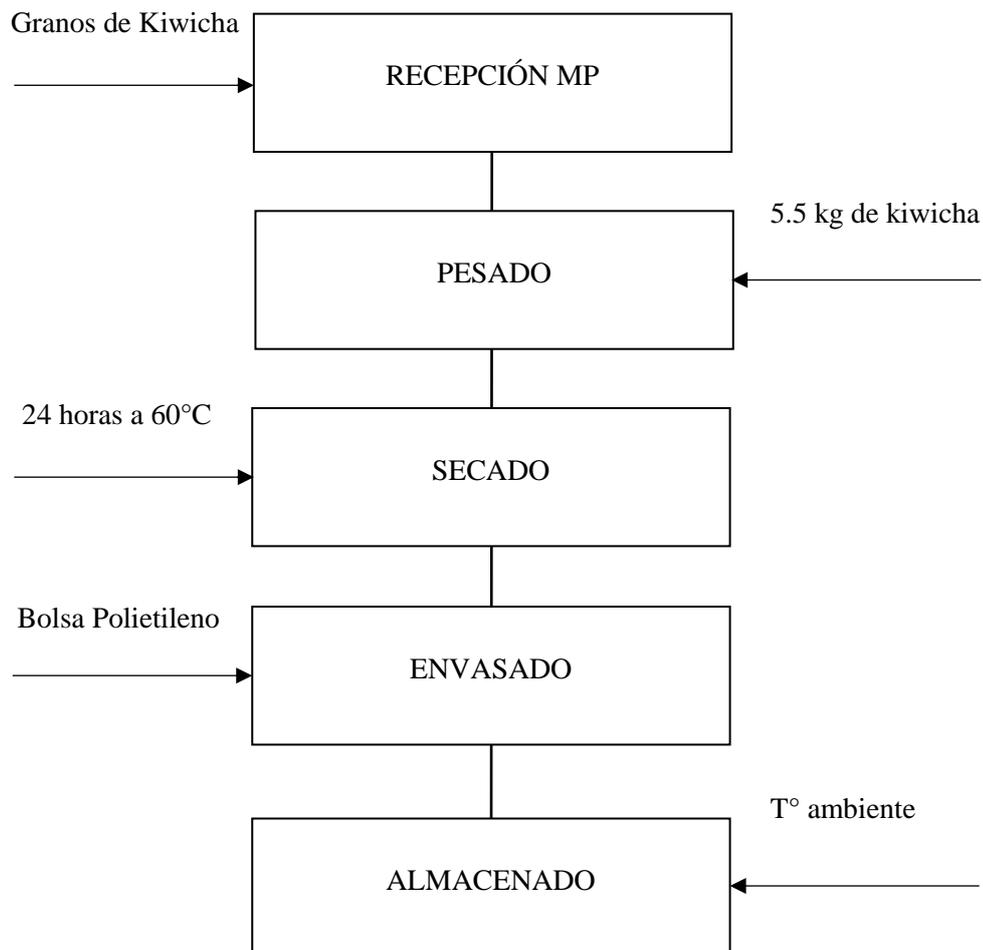
- **Envasado**

Se envasó en bolsas de polietileno para conservar la calidad de los grits.

- **Almacenado**

El almacenamiento del grits de arroz se realizó a temperatura ambiente en una zona libre de contaminantes.

### 3.5.3. Obtención de los grits de kiwicha



#### **3.5.4. Descripción del proceso de obtención de los grits de kiwicha**

- **Recepción:**

Se recibió los granos de kiwicha y se transportaron a las mesas de trabajo. Posteriormente se seleccionaron los mejores granos que cumplan con las especificaciones correspondientes.

- **Pesado:**

Se realizó el pesado de la materia prima, teniendo como total, una cantidad de 3 kg de granos de kiwicha.

- **Molienda:**

La materia prima se colocó en el molino de martillos, en donde se convirtió en grits utilizando una malla de 3 mm de diámetro.

- **Envasado:**

Los grits de kiwicha se envasaron en bolsas de polietileno para conservar la calidad del producto.

- **Almacenado:**

El almacenamiento del grits de kiwicha se realizó a temperatura ambiente en una zona libre de contaminantes.

### 3.5.5. Obtención de los grits de maíz morado

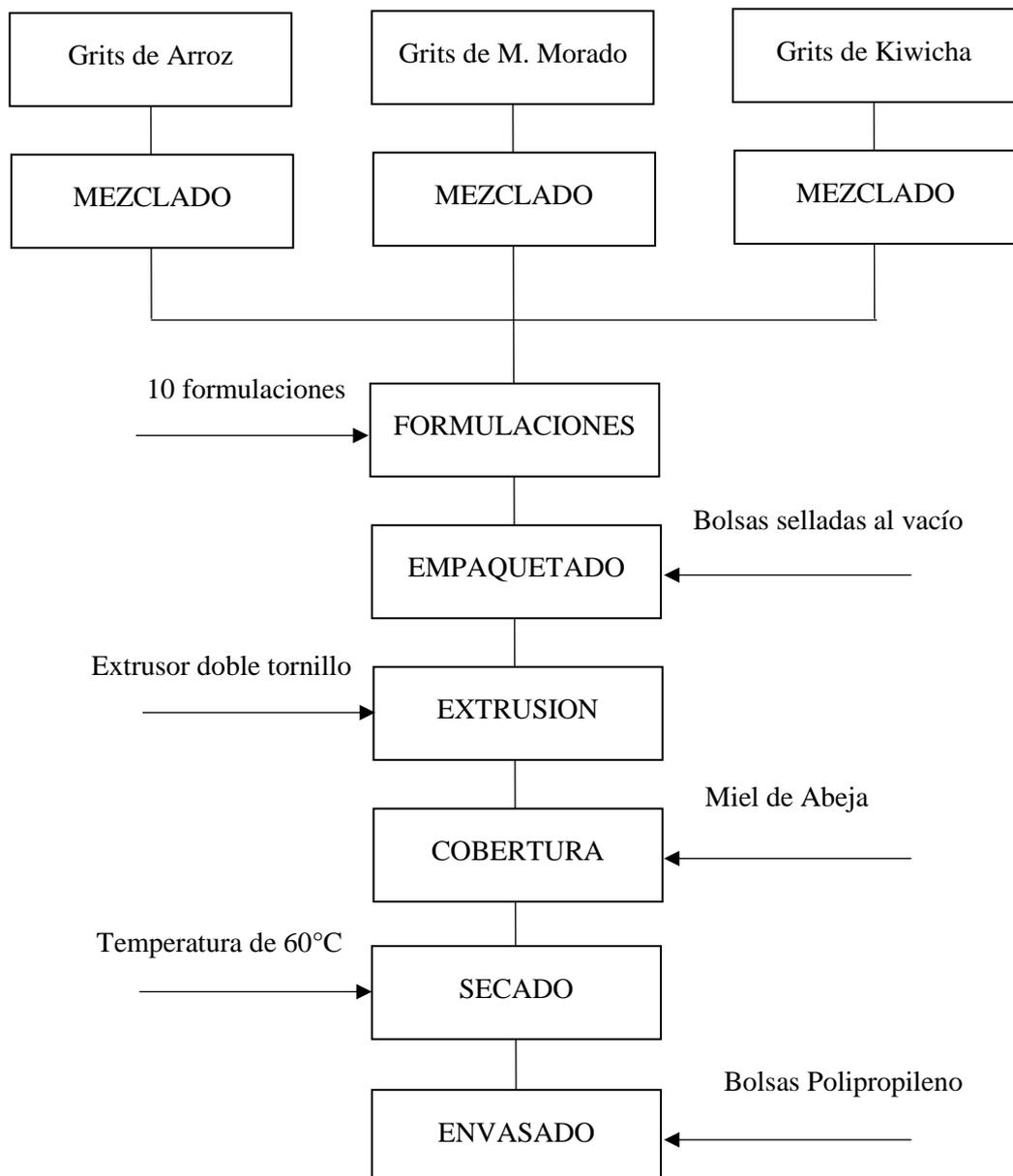


### 3.5.6. Descripción del proceso de obtención de los grits de maíz morado

- **Recepción:** Se recepcionó el maíz morado, luego se transportó a las mesas de trabajo en donde se seleccionaron las de mejor condición
- **Pesado:** El maíz morado se pesó con el propósito de determinar la cantidad con la que se trabajó. Se trabajará con 6 kg de maíz morado.
- **Desgranado:** Se desgranó el maíz morado de manera manual, separando los granos de la tusa, posteriormente se lavaron los granos con una mezcla de agua e hipoclorito de sodio, para desinfectar la materia prima.
- **Secado:** Los granos se llevaron al equipo secador de bandejas, a una temperatura del secador de 60°C durante 24 horas.

- **Molienda:** La materia prima pasó por el molino de martillos, el alimento de la molienda debe cumplir con las especificaciones de los grits. Se usó una malla de 3 mm de diámetro.
- **Envasado:** Se envasó en bolsas de polietileno para conservar la calidad del grits.
- **Almacenado:** El almacenamiento del grits de maíz morado se realizó a temperatura ambiente en una zona libre de contaminantes

### 3.5.7. Obtención de los snacks extruídos



### **3.5.8. Descripción del proceso de obtención de los snacks extruídos**

- **Mezclado**

Se mezcló cada materia prima uniformemente, con la finalidad de tener una mezcla homogénea que facilite la extrusión.

- **Formulaciones**

Se mezclaron uniformemente las 3 materias, hasta obtener las formulaciones en base a la matriz experimental.

- **Empaquetado**

Estas formulaciones se colocaron en bolsas selladas al vacío para mantener la calidad de la mezcla y que no exista la absorción de humedad. Enumerando las 10 formulaciones realizadas.

- **Extrusión**

Se realizó la extrusión en el equipo extrusor de doble tornillo. Se trabajó con un flujo de alimentación constante (35 Hz), una velocidad de tornillo de 380 rpm, velocidad de cuchilla de 600 rpm.

- **Cobertura**

Se mezcló agua y miel de abeja hasta disolver la mezcla y tener un líquido uniforme. Posteriormente se roció la solución resultante mediante un pulverizador sobre los snacks.

- **Secado**

Se introdujeron las formulaciones en el secador de bandejas por 48 horas a 40 °C, para lograr la crocancia y consistencia deseada.

- **Envasado**

Se procedió a seleccionar los snacks que cuenten con mejor forma y color, retirando los snacks que no cuenten con estos parámetros óptimos. Estos se envasaron en bolsas de polipropileno y se almacenaron en un ambiente limpio y ordenado a temperatura habitual.

### **3.6. Procesamiento y Análisis de Datos**

#### **3.6.1. Análisis de Datos**

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa StatGraphics Centurión 18, en donde se evaluó el grado de significancia (test p) ANOVA a través del análisis de varianza y se determinó la ecuación de regresión lineal, utilizando gráficos de superficie de respuesta y curvas de contorno obtenidas de cada análisis.

#### **3.6.2. Determinación de la Formulación Óptima**

En función a los resultados obtenidos por el análisis sensorial (aceptabilidad general), el análisis tecnológico (índice de expansión y textura instrumental) y el análisis nutricional (capacidad antioxidante y polifenoles totales) se analizaron las formulaciones en el programa StatGraphics Centurión 18, este software garantiza la determinación de la formulación óptima, maximizando o minimizando una función objetivo bajo ciertas restricciones.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1. Composición Proximal de las Materias Primas**

Las materias primas utilizadas en este proyecto cuentan con componentes en diversas cantidades según se detallan en las siguientes tablas N°13, N°14 y N°15

#### **4.1.1. Grits de Arroz**

En la tabla N° 13 se visualiza los datos obtenidos con respecto a la composición proximal, en donde se muestra que los grits de arroz presenta  $11.782 \pm 0.122$  % de humedad, lo cual es ligeramente mayor al dato obtenido por Santacruz (2022) donde determinó un valor de humedad de 10.972, esto es debido al clima donde fue cosechada la materia prima, la humedad es diferente, también es debido a la presentación del arroz, al tipo de molienda y a las diferentes metodologías implementadas.

Cabe indicar que el valor obtenido de humedad ( $11.7833 \pm 0.1193$  %), está dentro de los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius (2019), en donde se menciona que la humedad para la materia no debe exceder el 15%. La determinación de humedad es un parámetro muy importante ya que, si el contenido de humedad supera lo establecido existe un alto riesgos de contaminación y proliferación de microorganismos que pueden afectar al producto durante el almacenamiento (Chafra, 2022). Asimismo, hay una diferencia notoria en el resultado de ceniza, donde lo teórico muestra un valor de 0.20%, mientras que el dato obtenido es de 0.414%, esta diferencia con el autor se debe a las diferentes localidades de cosecha, las diferentes condiciones del clima, los pesticidas usados y el mecanismo de cosecha, estos factores son relevantes para la diferencia obtenida entre el autor y nuestros datos obtenidos.

Por otro lado, el resultado de los carbohidratos de los grits de arroz fue de  $72.934 \pm 0.2311$  %, lo cual evidencia que, el componente esencial de los grits de arroz son los carbohidratos que tienen una composición entre un 70% a 90%. La mayor proporción de los carbohidratos lo conforma el macronutriente denominado almidón, y este, se estructura por dos componentes indispensables: amilopectina y amilosa (Hernández et al., 2019). Además, según los resultados obtenidos de grasa se muestra un valor de 0.208% lo cual es mucho menor al resultado hallado por Santacruz (2022) que determino un dato de 0.701, esta diferencia notoria entre ambos resultados podría deberse a las diferentes condiciones de clima y cosecha en la materia en ambas localidades, por otro lado, también al método de extracción de la grasa. En nuestro caso la extracción se realizó mediante el equipo extractor de grasas, sin embargo, el autor lo realizó mediante el método convencional del soxhlet.

Con respecto a las proteínas del arroz, está relacionado directamente con el tipo de molienda que se realiza para su alteración de forma, para luego ser vendido a mercados nacionales e internacionales. El salvado de arroz posee mayor porcentaje de proteína con un 11.3% promedio de esta, mientras que la molienda a grits de arroz arroja un valor de proteínas de 8.11%. (Machuca y Meyhauy, 2017).

**Tabla 13.***Composición Química Proximal de los Grits de Arroz (%) en 100 g*

Componente (%)	Grits de Arroz	
	Datos Obtenidos*	Datos Teóricos**
Humedad	11.782 ± 0.122	10.972
Fibra Dietética	6.552 ± 0.091	7.121
Cenizas	0.414 ± 0.010	0.202
Proteínas	8.11	7.522
Grasas	0.208 ± 0.041	0.701
Carbohidratos	72.934 ± 0.231	73.490

Nota. \*Media de tres repeticiones + DS

Fuente: \*\* Santacruz, 2022.

#### 4.1.2. Grits de Maíz Morado

En la tabla 14 se puede observar los resultados obtenidos del análisis proximal de los grits de maíz morado, en donde el porcentaje de humedad es de  $6.014 \pm 0.083$ , mientras que, las cenizas son de  $1.7233 \pm 0.0379$ . Estos datos varían ligeramente de los datos estudiados por Carrasco y Sanches (2019) que obtienen 5.15% de humedad y 1.7% de cenizas, esta diferencia se atribuye por los factores relacionados con las condiciones del cultivo, las técnicas de procesamiento y los métodos analíticos utilizados. Es decir, el cultivo de maíz morado en suelos ricos en minerales aumenta el contenido de cenizas, mientras que los climas húmedos o secos afectan directamente al contenido de humedad.

Por otro lado, Carrasco y Sanches (2019) obtienen de una cantidad de fibra de 11.341 % y una cantidad de grasa de 3.201% y proteínas de 3.780%. Dichos datos difieren de acuerdo con los resultados obtenidos. Según Larkins, (2019) esta desigualdad se genera porque el maíz morado no es un cultivo genéticamente homogéneo, y la variabilidad genética puede resultar en dichas variaciones. Además, Vázquez et al., (2018) mencionaron en su investigación que estos factores químicos del maíz morado que cuentan con endospermo cristalino influyen en mayor cantidad al contenido de estos parámetros si se compara con los maíces con endospermos dentados.

Finalmente, con respecto al contenido de carbohidratos del maíz morado estudiado, se obtuvo una cantidad de  $59.844 \pm 0.124$ , esta cantidad presente en los granos pueden variar con respecto a otros autores por la técnica agrícola aplicada, como el uso de fertilizantes que influyen en la acumulación de nutrientes, asimismo, los métodos de procesamiento y análisis empleados en el laboratorio pueden generar discrepancias, la precisión de los equipos y la calibración también influyen, haciendo que los valores reportados por otras investigaciones varíen, incluso cuando se trabaja con muestras similares. (Maldonado et al., 2021)

Cabe indicar que, las características nutricionales que brinda el maíz morado son poco conocida por las personas que lo consumen, sin embargo, este alimento proporciona diversos nutrientes esenciales para combatir enfermedades, en el caso de la fibra, este contenido se ubica en mayor cantidad en la parte del grano del maíz (Toapanta, et al., 2021). Estos maíces nativos son característicos por poseer parámetros químicos nutritivos indispensables que, al ser consumidos por los seres humanos, aportan nutrientes bioactivos, señalando que, los mejoramientos genéticos de este producto a través de los años han ido siendo modificados para obtener aun mejores características nutricionales, sin embargo, hoy en día existen pocos estudios

sobre la implementación del pigmento natural del maíz morado que es una alternativa funcional para el consumo humado. (López et al., 2019)

**Tabla 14.**

*Composición Química Proximal de los Grits de Maíz Morado (%) en 100 g.*

Componente (%)	Grits de Maíz Morado	
	Datos Obtenidos*	Datos Teóricos**
Humedad	6.014 ± 0.083	5.152
Fibra Dietética	17.461 ± 0.063	11.341
Cenizas	1.728 ± 0.042	1.712
Proteínas	10.17	3.780
Grasas	4.783 ± 0.150	3.201
Carbohidratos	59.844 ± 0.124	74.874

Nota. \*Media de tres repeticiones + DS

Fuente: \*\*Carrasco y Sanches (2019)

#### **4.1.3. Grits de Kiwicha**

En la tabla N°15 se evidencia los valores obtenidos en los análisis químico-proximal a los grits de kiwicha. Entorno a la humedad, se observa una diferencia entre el dato resultante de  $6.593 \pm 0.051$  con el dato teórico de Cueva y Sedano (2021) esta diferencia se da por la influencia de las condiciones ambientales y prácticas agrícolas. Cabe indicar que el valor obtenido de humedad ( $6.5823 \pm 0.4503$ ), está dentro de los parámetros establecidos por la NTP 106:105:2020 GRANOS

ANDINOS. Harina de kiwicha, en donde la humedad para la materia no debe exceder el 12%.

La composición de la kiwicha puede variar significativamente en función del clima, la altitud y el tipo de suelo donde se cultiva. Por ejemplo, un ambiente con alta disponibilidad de nutrientes en el suelo podría aumentar el contenido de proteínas y cenizas, mientras que condiciones más áridas podrían concentrar ciertos componentes como los carbohidratos.

Por otro lado, la proteína resulta con un valor elevador de 12% a 16% teniendo un óptimo balance de los aminoácidos que contiene el amaranto; lo cual está de acuerdo con el análisis de proteína que dio como resultados 12.89%. según Ramesh y Prakash (2020) las variedades kiwicha cultivados en distintas regiones pueden tener composiciones químicas diferentes. Algunas variedades pueden ser seleccionadas por sus altos contenidos de proteína, mientras que otras podrían priorizar un mayor contenido de fibra o grasas. Además, la genética de la planta influye en la forma en que se almacenan y metabolizan los nutrientes, lo cual lleva a variaciones en los resultados del análisis proximal reportados en la literatura científica.

El elemento que más abunda en la kiwicha es el almidón, que contiene aproximadamente el 62% del peso del grano, mientras que, en cuanto a el dato de lípidos, está a un nivel alto con un valor típico de 7.6%, lo que conllevar a que tengan una mayor densidad energética. (Ramesh y Prakash, 2020). Estas cantidades pueden variar de acuerdo con otros autores por las técnicas de procesamiento, los métodos analíticos empleados, los equipos utilizados, su calibración y la precisión de las técnicas analíticas.

Cabe señalar que, los ácidos grasos que contiene el amaranto se caracterizan por el grado de insaturación, lo que es deseable en el punto de vista digestivo y funcional.

Además, el ácido graso que se resalta es el escualeno poliinsaturado que es abundante y posee una capacidad antioxidante fortaleciendo el sistema inmunológico (Singh y Punia, 2020). Finalmente, por lo composición nutricional resaltable que posee este pseudocereal, hay un interés constate en cultivar y cosechar este alimento, ya sean utilizados para su consumo como grano o como harina, especialmente en la implementación de las industrias de productos sin gluten (Chamorro et al., 2021)

**Tabla 15.**

*Composición Química Proximal de los Grits de Kiwicha (%) en 100 g*

Componente (%)	Grits de Kiwicha	
	Datos Obtenidos*	Datos Teóricos**
Humedad	6.593 ± 0.051	3.593
Fibra Dietética	10.642 ± 0.089	9.304
Cenizas	2.05 ± 0.035	2.541
Proteínas	12.89	14.851
Grasas	6.36 ± 0.021	8.032
Carbohidratos	61.465 ± 0.140	61.692

Nota. \*Media de tres repeticiones + DS

Fuente: \*\* Cueva y Sedano, 2021.

## 4.2. Análisis de las Formulaciones

### 4.2.1. Análisis Sensorial

Un análisis sensorial consiste en un método de medición que analiza de manera directa determinadas propiedades organolépticas de los alimentos (color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general) mediante las características sensitivas de los seres humanos

(olor, gusto, tacto, vista y oído), generando datos que son cuantificables y objetables, los cuales pueden llegar a ser interpretados gracias a ciencias matemáticas y estadísticas. En la tabla 16, se muestra el análisis sensorial realizado en la planta piloto de la facultad de ingeniería agroindustrial, en donde participaron 30 panelistas no entrenados. Este análisis se desarrolló a través de la escala hedónica de los 7 puntos. La evaluación tiene: 1 punto (disgusta mucho), 2 puntos (disgusta moderadamente), 3 (disgusta levemente), 4 (no me gusta ni me disgusta), 5 (gusta levemente), 6 (gusta moderadamente) y 7 puntos (gusta mucho).

**Tabla 16.**

*Valores de puntuación promedio para los 5 atributos analizados.*

<b>F</b>	<b>Puntaje</b>				
	<b>Sabor</b>	<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>A. General</b>
F <sub>1</sub>	5,00 ± 0,90	4,80 ± 1,03	5,20 ± 0,99	4,76 ± 1,40	4,90 ± 0,84
F <sub>2</sub>	5,03 ± 0,99	4,93 ± 0,86	4,96 ± 1,03	5,00 ± 0,94	4,96 ± 0,76
F <sub>3</sub>	5,33 ± 0,95	4,93 ± 0,83	5,16 ± 0,87	5,00 ± 1,14	5,10 ± 0,99
F <sub>4</sub>	5,33 ± 0,92	4,96 ± 0,81	5,16 ± 0,94	5,10 ± 1,21	5,13 ± 1,04
F <sub>5</sub>	5,46 ± 0,86	5,00 ± 0,90	4,93 ± 0,90	5,30 ± 0,95	5,23 ± 0,72
F <sub>6</sub>	5,26 ± 0,69	5,00 ± 0,78	5,16 ± 0,87	5,33 ± 0,99	5,10 ± 0,66
F <sub>7</sub>	5,30 ± 0,74	5,00 ± 0,90	5,03 ± 1,06	4,96 ± 1,12	5,13 ± 0,81
F <sub>8</sub>	5,36 ± 0,80	5,00 ± 0,98	4,93 ± 0,82	4,96 ± 1,09	5,16 ± 0,98
F <sub>9</sub>	5,06 ± 0,78	4,80 ± 0,99	5,13 ± 0,93	5,16 ± 1,08	5,03 ± 0,71
F <sub>10</sub>	5,43 ± 0,81	5,03 ± 0,99	5,10 ± 1,02	5,30 ± 1,02	5,20 ± 0,80

#### 4.2.1.1. Sabor

Para determinar el sabor de un producto correctamente, se debe hacer uso de la interacción del olfato y el gusto. Por otro lado, el sabor de productos que son extruidos se debe principalmente por las materias primas que las componen.

Por otro lado, se llevó a cabo el análisis del atributo sabor para evaluar la significancia de este mismo, mediante el estudio de varianza (ANOVA). En la tabla 17, se presentan los resultados del análisis de varianza de las 10 formulaciones del snack extruido, respecto al atributo sabor. Ya que, el valor  $p >$  o igual que 0.05, no existiría una diferencia estadísticamente significativa en relación con la media de sabor entre el nivel de formulación y el otro nivel, con un grado del 95% de confianza. Esto indica que las formulaciones no tienen influencia significativa respecto al sabor del producto.

**Tabla 17.**

*Análisis de varianza para sabor de los tratamientos de los snacks extruidos.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	6.66667	9	0.740741	1.00	0.4370
Intra grupos	214.0	290	0.737931		
Total (Corr.)	220.667	299			

En la tabla 18 se puede visualizar que no existe divergencias estadísticamente significativas ante cualquier par de medias del atributo sabor, con un grado del 95.0% de similitud. Las medias de puntuación de los tratamientos están sobre el nivel 5, lo cual significa que no existe desagrado en las formulaciones. Asimismo, la

formulación 5 (5.46667) y la formulación 10 (5.43333) presentan mayor similitud, debido a que presentan el mismo porcentaje de grits de arroz, kiwicha y maíz morado.

**Tabla 18.**

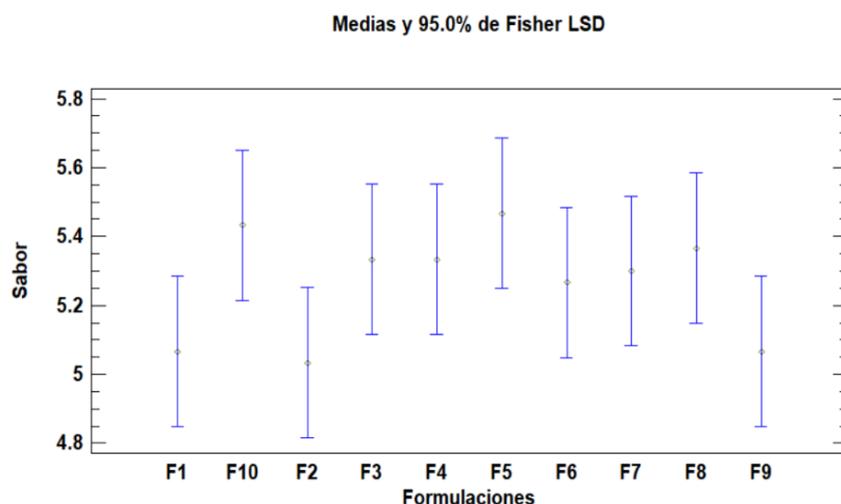
*Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Formulaciones.*

<b>Formulaciones</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
F2	30	5.03333	X
F9	30	5.06667	X
F1	30	5.06667	X
F6	30	5.26667	X
F7	30	5.3	X
F4	30	5.33333	X
F3	30	5.33333	X
F8	30	5.36667	X
F10	30	5.43333	X
F5	30	5.46667	X

Por otro lado, en la Figura 6 se visualiza que la Formulación 5 tiene mayor aceptación en cuanto al atributo sabor respecto a las demás formulaciones. Asimismo, la formulación número 1, 2 y 9 son las que obtuvieron un menor agrado entre los panelistas. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre las medias y presenta un nivel de 95% de confianza.

**Figura 6.**

*Gráfico de medias del atributo sabor.*



#### **4.2.1.2. Olor**

El atributo del olor es de gran importancia cuando se trata de la calidad y frescor de un producto. La impresión del olor cambia de acuerdo de un producto a otro por los componentes volátiles que se liberan y que son apercibidas por nuestro sentido del olfato. Asimismo, se llevó a cabo el análisis del atributo olor para evaluar la significancia de este mismo, mediante el análisis de varianza (ANOVA).

La tabla 19 expone los datos del análisis de varianza de las 10 formulaciones del snack extruido, respecto al atributo olor. Se puede visualizar, que no hay muestra de diferencia significativa en relación con la media de olor entre un rango de formulación y otro, debido que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05. Con un grado de 95% de similitud.

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza para olor los tratamientos de los snacks extruidos.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	1.88	9	0.208889	0.25	0.9867
Intra Grupos	243.267	290	0.838851		
Total (Corr.)	245.147	299			

La tabla 20 muestra que no se presenta diferencia significativa en relación a las formulaciones, pero se puede observar que la puntuación está sobre 4, es decir, que el producto no gusta ni disgusta, según la apreciación de los panelistas respecto al olor. Por otro lado, la formulación 10 tuvo mayor aceptación respecto a este atributo, con un valor de 5.03, mientras que las formulaciones 1 y 9 tuvieron el mínimo puntaje de 4.8. Sin embargo, estadísticamente no hay diferencia significativa con un grado de confianza del 95%.

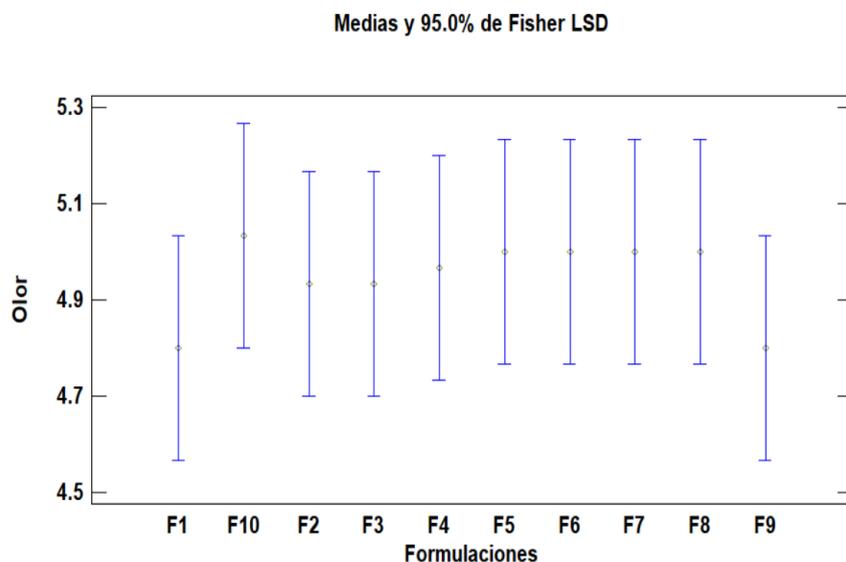
**Tabla 20.***Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Formulaciones.*

<b>Formulaciones</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
F1	30	4.8	X
F9	30	4.8	X
F2	30	4.93333	X
F3	30	4.93333	X
F4	30	4.96667	X
F6	30	5.0	X
F5	30	5.0	X
F8	30	5.0	X
F7	30	5.0	X
F10	30	5.03333	X

Según los datos obtenidos en la figura 7, se presenta que la formulación 10 (70% de grits de arroz, 20% de grits de maíz morado y 10% de grits de kiwicha) tuvo mayor aceptación dentro de los panelistas respecto al atributo olor. Por otro lado, las formulaciones 1 y 9 tuvieron la menor puntuación. Sin embargo, este tratamiento no presenta desemejanza significativa, con un grado de confianza del 95%.

**Figura 7.**

*Gráfico de medias del atributo olor.*



#### **4.2.1.3. Color**

Es uno de los primordiales atributos de un alimento que determina el rechazo o aceptación con solo utilizar la visión, puesto que el aspecto visual que deja al consumidor es muy determinante a la hora de la compra o consumo del producto. Se realizó el análisis sensorial de las 10 formulaciones y se evaluó el atributo color, con el fin de determinar el nivel de significancia a través del estudio de varianza (ANOVA).

La tabla 21 muestra los datos obtenidos del análisis de varianza de las 10 formulaciones del snack extruido, respecto al atributo color. Debido que el valor- $p > 0.05$ , no existiría divergencia estadística con significancia en relación con la media del color con un nivel de formulación y otro, con un grado del 95% de similitud. Esto señala que el atributo color no tiene un impacto significativo entre las formulaciones.

**Tabla 21.**

*Análisis de varianza para color de los tratamientos de los snacks extruidos.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	2.94667	9	0.327407	0.36	0.9527
Intra Grupos	263.133	290	0.907356		
Total (Corr.)	266.08	299			

La tabla 22 muestra que no se presenta diferencia significativa en relación a las formulaciones, pero se puede observar que la puntuación está sobre 4, es decir, que el producto no gusta ni disgusta, según la apreciación de los catadores respecto al color. Por otro lado, la formulación 1 tuvo mayor aceptación respecto a este atributo, con un valor de 5.20, mientras que las formulaciones 5 y 8 tuvieron el mínimo puntaje de 4.93. Sin embargo, estadísticamente no hay diferencia significativa con un nivel de similitud del 95%.

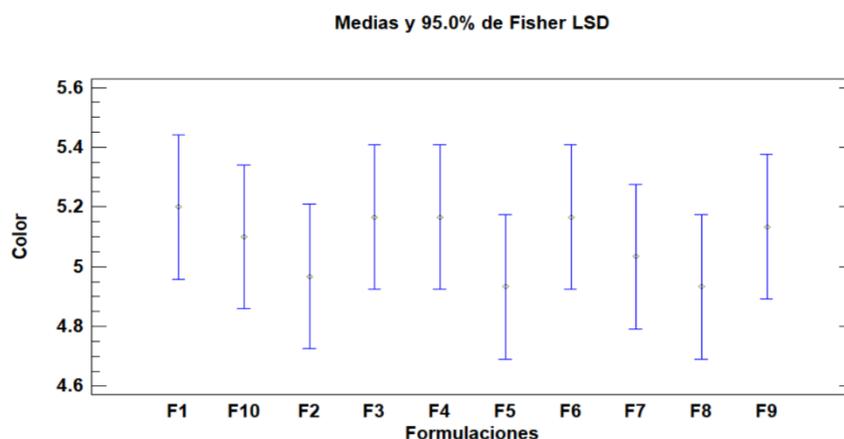
**Tabla 22.***Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Formulaciones.*

<b>Formulaciones</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
F5	30	4.93333	X
F8	30	4.93333	X
F2	30	4.96667	X
F7	30	5.03333	X
F10	30	5.1	X
F9	30	5.13333	X
F6	30	5.16667	X
F4	30	5.16667	X
F3	30	5.16667	X
F1	30	5.2	X

Según los resultados conseguidos en la Figura 8, se presenta que la formulación 1 (74% de grits de arroz, 13% de grits de maíz morado y 13% de grits de kiwicha) tuvo mayor aceptación dentro de los panelistas respecto al atributo color. Por otro lado, las formulaciones 5 y 8 tuvieron la menor puntuación. Sin embargo, este tratamiento no presenta divergencia significativa, con un nivel de proximidad del 95%.

**Figura 8.**

*Gráfico de medias del atributo Color.*



#### **4.2.1.4. Textura**

La textura en productos extruados es de gran relevancia, a través del sentido del tacto provocamos la alteración del alimento, conociendo si este es duro o suave. No obstante, la textura también puede ser percibida en conjunto por la vista y el oído.

A continuación, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el nivel de significancia respecto al atributo textura del snack extruido. La tabla 23 muestra que, debido a que el valor-p de la razón-f es un dato más elevado que 0.05, no se presentaría una desigualdad estadística significativa en relación a la media del sabor en un nivel de formulación y otro, con un grado del 95% de proximidad.

**Tabla 23.**

*Análisis de varianza para textura de los tratamientos de los snacks extruidos.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	9.13667	9	1.01519	0.83	0.5905
Intra grupos	355.433	290	1.22563		
Total (corr.)	364.57	299			

La tabla 24 expone un proceso de relación múltiple para hallar cuales medias presentan significancia en relación con otras. Se puede observar 2 grupos semejantes respecto a la alineación de las X's en las columnas. Por otro lado, no se presenta divergencias significativas entre los niveles que coinciden con una misma columna X's. Es decir, que la formulación 1 y 6 presentan una desigualdad significativa con un grado de proximidad del 95%. Mientras que las demás formulaciones no muestran diferencia significativa.

**Tabla 24.**

*Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Formulaciones.*

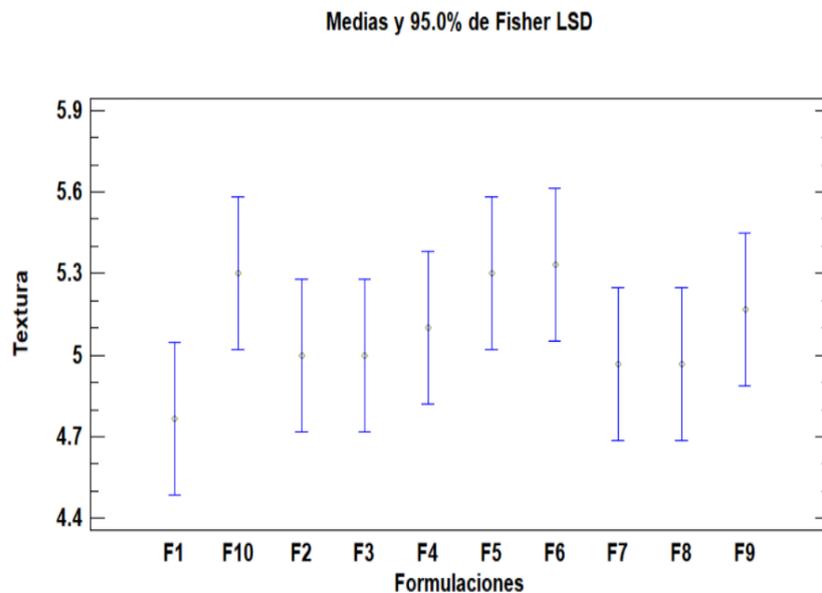
<b>Formulaciones</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
F1	30	4.76667	X
F7	30	4.96667	XX
F8	30	4.96667	XX
F2	30	5.0	XX
F3	30	5.0	XX
F4	30	5.1	XX
F9	30	5.16667	XX
F5	30	5.3	XX
F10	30	5.3	XX
F6	30	5.33333	X

Los datos obtenidos en la gráfica de medias con un 95% de confianza, representada en la Figura 9, muestra que el tratamiento 6 tuvo mayor aceptabilidad por parte de los catadores respecto a la textura del snack extruido.

Sin embargo, la formulación 1, es el snack extruido con menor puntuación dentro de las otras formulaciones. Asimismo, se presenta diferencia significativa entre el tratamiento 1 y 6, mientras que en los demás tratamientos no existe un nivel de significancia, con un 95% de confianza.

**Figura 9.**

*Gráfico de medias del atributo Textura.*



#### **4.2.1.5. Aceptabilidad General**

Es el aspecto general que comprende el agrado o desagrado de todos los atributos sensoriales en general, los resultados de su puntuación representan la opinión global del snack extruido. Se desarrolló el análisis sensorial de las 10 formulaciones y se evaluó la aceptabilidad general, con el fin de determinar el nivel de significancia a través del análisis de varianza (ANOVA).

La tabla 25 muestra el estudio de varianza para la aceptabilidad general de las formulaciones. Debido que el valor  $p > 0.05$  no sugiere una desigualdad estadística significativa en relación a la media del atributo de aceptabilidad general con un nivel de formulaciones y otro, con un grado del 95% de similitud.

**Tabla 25.**

*Análisis de varianza para el atributo aceptabilidad general de las formulaciones los snacks extruidos.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	4.95	9	0.55	0.65	0.7504
Intra grupos	243.967	290	0.841264		
Total (corr.)	248.917	299			

La tabla 26 expone un proceso de relación múltiple para hallar cuales medias presentan significancia en relación con otras. Se puede observar 2 grupos semejantes respecto a la alineación de las X's en las columnas. Por otro lado, no se presenta divergencias significativas entre los niveles que coinciden con una misma columna X's. Es decir, que la formulación 1 y 5 presentan una desigualdad significativa con un grado de proximidad del 95%. Mientras que las demás formulaciones no presentan diferencia significativa.

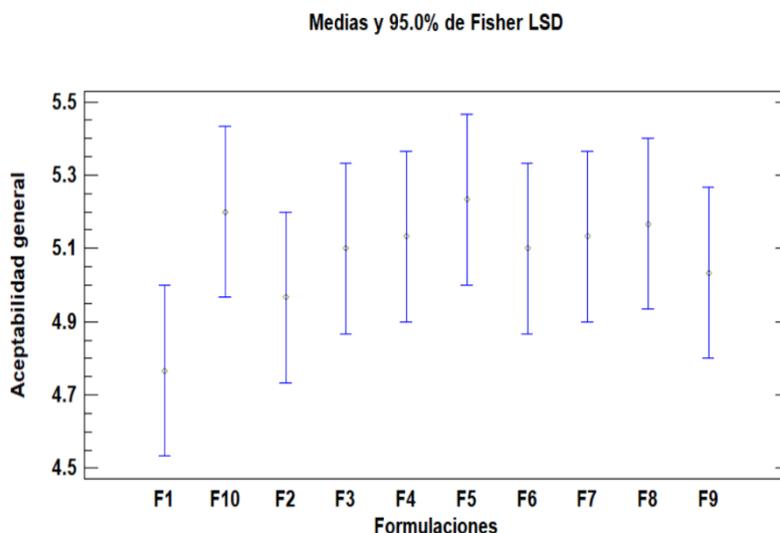
**Tabla 26.***Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad general por Formulaciones*

<b>Formulaciones</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos H.</b>
F1	30	4.76667	X
F2	30	4.96667	XX
F9	30	5.03333	XX
F6	30	5.1	XX
F3	30	5.1	XX
F4	30	5.13333	XX
F7	30	5.13333	XX
F8	30	5.16667	XX
F10	30	5.2	XX
F5	30	5.23333	X

Los datos obtenidos en la gráfica de medias con un 95% de confianza, representada en el Figura N° 10, muestra que el tratamiento 5 tuvo mayor aceptabilidad por parte de los evaluadores respecto a la aceptabilidad general del snack extruido. Sin embargo, la formulación 1, es el snack extruido con menor puntuación dentro de las otras formulaciones, lo que se evidencia con un nivel más bajo de media. Asimismo, se presenta diferencia significativa entre el tratamiento 1 y 5, mientras que en los demás tratamientos no existe un nivel de significancia, con un 95% de confianza.

**Figura 10.**

*Gráfico de medias del atributo Aceptabilidad general.*



#### 4.2.2. Score Químico

En la tabla 27, se describen los valores de aminoácidos esenciales (en mg/g de proteína) para los ingredientes individuales de manera teórica, mientras que, el contenido de proteína de las formulaciones se realizó con los resultados reales obtenidos en el análisis proximal de los grits (contenido de proteínas). Para el cálculo del contenido de aminoácidos se utilizó como proteína de referencia el patrón de aminoácidos para niños mayores a 1 año y adultos. (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2007). En la tabla 28 se observa el cálculo del score químico de las formulaciones y de los grits de arroz, maíz morado y kiwicha. Este análisis destaca qué aminoácidos son suficientes o insuficientes para cubrir las necesidades humanas; los scores más bajos, identificados para la lisina, en las siete formulaciones y en el arroz, y el triptófano, observado en el maíz morado y en la kiwicha, indican que existen limitaciones nutricionales en las materias primas y en las formulaciones, lo que enfatiza la necesidad de optimizar las proporciones de los ingredientes para mejorar el perfil aminoacídico del producto final.

**Tabla 27.***Perfil de AA de los grits de arroz, maíz morado y kiwicha, y las formulaciones.*

AA	PATRON*	ARROZ*	MORADO*	KIWICHA*	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
HISTIDINA	<b>15</b>	19	28	24	21.25	21.08	21.56	21.27	21.75	20.77	21.38
ISOLEUCINA	<b>30</b>	37	30	40	36.53	36.85	36.47	36.23	35.85	36.63	37.07
LEUCINA	<b>59</b>	76	101	69	78.37	77.32	78.69	79.27	80.65	77.87	76.80
LISCINA	<b>45</b>	34	29	70	39.97	41.14	40.78	38.36	38.03	38.70	43.46
MET+CIS	<b>23</b>	34	35	36	34.52	34.54	34.59	34.46	34.51	34.41	34.67
FENIL+TIRO	<b>38</b>	78	77	92	80.46	80.88	80.80	79.86	79.78	79.94	81.78
TREONINA	<b>23</b>	28	36	34	30.29	30.18	30.61	30.24	30.67	29.80	30.55
TRIPTÓFANO	<b>6</b>	10	6	11	9.60	9.76	9.54	9.46	9.24	9.68	9.84
VALINA	<b>39</b>	52	49	44	50.07	49.95	49.81	50.33	50.18	50.48	49.45

Fuente: \* Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2007

**Tabla 28.***Score químico de los grits de arroz, kiwicha, maíz morado y formulaciones*

AA	ARROZ	MORADO	KIWICHA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
HISTIDINA	126.67	186.67	160.00	141.69	140.56	143.74	141.78	145.00	138.49	142.52
ISOLEUCINA	123.33	200.00	266.67	121.77	122.85	121.55	120.78	119.49	122.10	123.55
LEUCINA	128.81	673.33	460.00	132.83	131.04	133.38	134.36	136.69	131.97	130.16
LISCINA	<b>75.56</b>	193.33	466.67	<b>88.82</b>	<b>91.43</b>	<b>90.63</b>	<b>85.24</b>	<b>96.50</b>	<b>86.00</b>	<b>84.50</b>
MET+CIS	147.83	233.33	240.00	150.08	150.18	150.39	149.83	150.05	149.60	150.72
FENIL+TIRO	205.26	513.33	613.33	211.74	212.85	212.62	210.15	209.95	210.36	215.22
TREONINA	121.74	240.00	226.67	131.71	131.24	133.07	131.48	133.34	129.59	132.81
TRIPTÓFANO	166.67	<b>40.00</b>	<b>73.33</b>	159.98	162.73	159.06	157.65	153.99	161.40	163.99
VALINA	133.33	326.67	293.33	128.38	128.08	127.71	129.04	128.66	129.44	126.79

### **4.2.3. Análisis Tecnológicos**

#### **4.2.3.1. Índice de Expansión**

La medida de la boquilla del troquel del extrusor es de 0.7 cm y este dato se utilizó para calcular el IE. Los resultados obtenidos de índice de expansión de los snacks se muestran en la tabla 27, en donde los valores variaron entre 1.931 a 2.351, siendo parecidos a los resultados reportados por Valderrama et al., (2021) que en su investigación realizaron snacks extruidos a base de maíz morado, kiwicha y quinua, teniendo como resultados de IE una variación de 1.04 a 2.23 de todos sus tratamientos realizados. La similitud en estos valores se debe principalmente a la composición química de las materias primas, que incluyen un contenido moderado de proteína y fibra dietética, factores que limitan la expansión durante la extrusión al restringir la formación y estabilización de una matriz porosa ideal. Sin embargo, si se compara con snacks extruidos comerciales a base de almidón de maíz, estos tienen un IE de 1 a 4, lo que refleja un valor sumamente alto con respecto al IE de los snacks extruidos de nuestra investigación, esta desigualdad está atribuida a que los snacks comerciales típicamente se elaboran con almidón de maíz refinado, un ingrediente con alta capacidad de gelatinización y formación de una red estructural eficiente para atrapar el vapor de agua, promoviendo una expansión significativa. En contraste, el uso de ingredientes como el maíz morado, el arroz integral y la kiwicha en tu mezcla introduce compuestos que alteran este proceso.

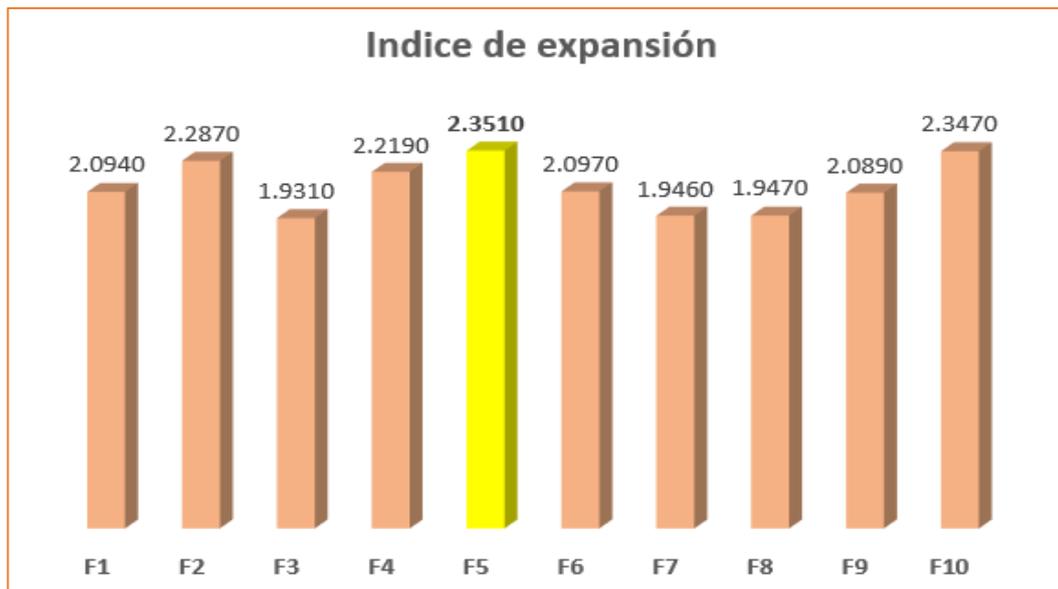
**Tabla 29.***Resultados del índice de expansión*

<b>Formulación</b>	<b>Índice de Expansión</b>
F <sub>1</sub>	2.094 ± 0.036
F <sub>2</sub>	2.287 ± 0.033
F <sub>3</sub>	1.931 ± 0.040
F <sub>4</sub>	2.219 ± 0.015
F <sub>5</sub>	2.351 ± 0.027
F <sub>6</sub>	2.097 ± 0.047
F <sub>7</sub>	1.946 ± 0.041
F <sub>8</sub>	1.947 ± 0.040
F <sub>9</sub>	2.089 ± 0.035
F <sub>10</sub>	2.347 ± 0.027

En la Figura 11, se observa las respuestas obtenidas para el análisis del índice de expansión mediante un gráfico de barras, donde nos indica los datos de las 10 formulaciones realizadas. La barra resaltada de amarillo refleja el dato mayor de IE que se obtuvo en la formulación 5.

**Figura 11.**

*Gráfico de barras del Índice de Expansión.*



Por otro lado, en la figura 12, se visualiza el índice de expansión que tuvieron las muestras de snacks extruidos de la formulación F<sub>5</sub> (Maíz morado 20%, Arroz 70% y Kiwicha 10%), que presentaron mayor valor de IE ( $2.351 \pm 0.027$ ) con respecto a las demás muestras, esto se debe a la gran cantidad de almidón que existe en la mezcla de estos tres componentes, lo que genera un valor de índice de expansión notorio.

Cabe señalar que, si la mezcla de materias primas contiene elevada cantidad de fibra esto puede llevar a un descenso de la expansión de este tipo de alimento por extrusión, esto se debe a que la fibra insoluble retiene el agua en el proceso de extrusión, disminuyendo de manera continua la generación de vapor. Así también, la cantidad de fibra inerte son excesivamente rígidas si se compara con los polímeros característicos a base de almidón y esto inhibe de manera directa a la expansión del producto (Espinoza et al., 2021)

Con respecto a la expansión de alimentos a través del proceso de extrusión, es resumida en cinco pasos: el almidón y su transformación, el segundo paso es la nucleación de burbujas, seguido de la expansión de los snacks extruidos, crecimiento

seguido de burbujas y por último el colapso de estas. Por medio de este desarrollo, la masa que se funde a la salida del extrusor y durante la expansión, dependen de la composición de la materia prima o de la mezcla de materias primas y de las transformaciones de los ingredientes durante el proceso de cocción de la extrusión, de esta manera, determinando la textura final del producto. (Santacruz, 2022).

**Figura 12.**

*Índice Expansión Formulación F5.*



Se realizó el análisis de varianza a través de la ANOVA, con el fin de observar la significancia del índice de expansión, como variable respuesta en cuestión de las variables independientes. Lo expuesto en la tabla N°30 representa los resultados del análisis de varianza del índice de expansión. Se conoce que el valor-P de la razón-F es menor que 0.05, lo que significa que existe diferencia significativa entre las formulaciones estudiadas y el índice de expansión, con un nivel de 95% de confianza.

**Tabla 30.**

*Análisis ANOVA para el índice de expansión (IE).*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.239465	6	0.0399109	2956.36	0.0000
Error total	0.0000405	3	0.0000135		
Total (corr.)	0.239506	9			

A partir de la realización del análisis de varianza, se debe hacer un análisis de regresión lineal, debido a que algunas de las variables independientes de la investigación tienen un efecto considerable sobre el índice de expansión, porque cuentan con diferencia significativa. El análisis de regresión lineal se observa en la tabla 31, donde se puede intuir que las materias primas utilizadas tienen un efecto significativo en el análisis de índice de expansión, ya que tienen un Valor – P inferior a 0.05, por lo tanto, incrementar o disminuir las cantidades puede llevar a un aumento considerable del IE.

**Tabla 31.***Análisis de Regresión Lineal para el índice de expansión (IE).*

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
A: Arroz	2.093	0.00259808		
B: Maiz morado	2.349	0.00259808		
C: Kiwicha	1.9465	0.00259808		
AB	-0.008	0.0164317	-0.486864	0.6597
AC	1.069	0.0164317	65.0573	0.0000
BC	-0.867	0.0164317	-52.7639	0.0000
ABC	-2.25389	0.129422	-17.4151	0.0004

Mediante la tabla, los datos mostrados en el análisis de regresión lineal, se pudo realizar la ecuación que abarca el comportamiento de dichos resultados, teniendo un valor de  $R^2 = 0.99$ , el modelo matemático de la ecuación que más se ajusta es el de cúbico especial.

**Ecuación para el Índice de Expansión es:**

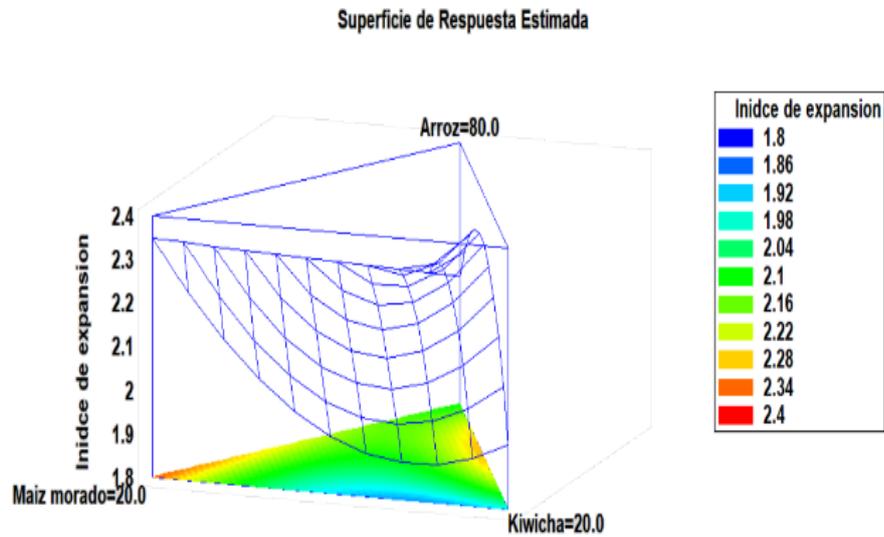
$$IE = 2.093A + 2.349M + 1.9465K - 0.008AM + 1.069AK - 0.867MK - 2.25389AMK$$

En donde: A = Arroz, M = Maíz Morado, K = Kiwicha

A continuación, se presenta el gráfico de superficie de respuesta estimada del índice de expansión, en donde se puede visualizar que el mayor resultado de IE (2.4) se encuentra elevando el porcentaje de grits de arroz, mientras que, si se utiliza mayor porcentaje de grits de maíz morado el IE disminuye (1.8)

**Figura 13.**

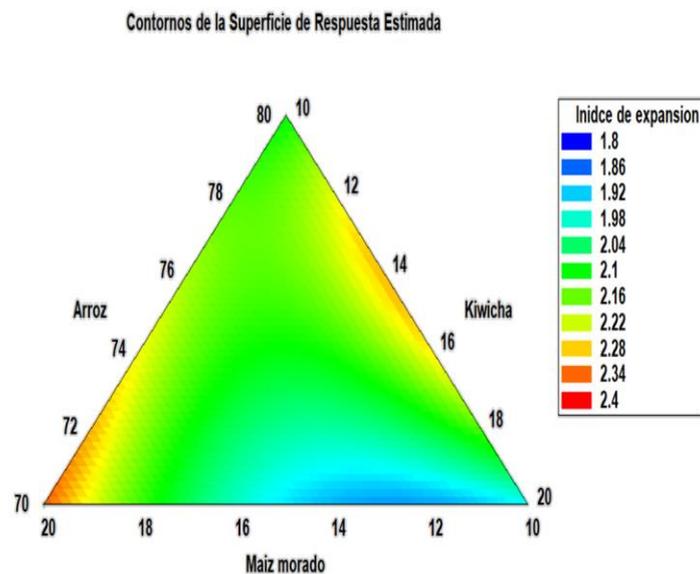
*Gráfico de Superficie de Respuesta Estimada del Índice de Expansión.*



De la gráfica de contornos de superficie de respuesta estimada, se puede deducir que, para la variable de los grits de arroz se establecen los valores más altos de IE a lo largo de los límites superiores e inferiores, esto está directamente relacionado a que el arroz es una materia prima que cuenta con mucho almidón, lo que favorece a la expansión de un snack extruido.

**Figura 14.**

*Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada.*



#### 4.2.3.2. Actividad de Agua

La tabla 32 muestra los valores de la actividad de agua para los 10 tratamientos, donde se muestra que la formulación 7 (70% de arroz, 10% de maiz morado y 20% de kiwicha) presenta la mayor AW ( $0.398 \pm 0.046$ ). No obstante, la F1 (74% de arroz, 13% de maiz morado y 13% de kiwicha) presenta el menor valor de esta característica ( $0.362 \pm 0.015$ ). Estos datos fueron superiores a los mencionados por Tinoco, (2024), donde obtuvo una AW de 0.218 a 0.296, esto debido a las diferentes materias primas empleadas.

**Tabla 32.**

*Resultados de Actividad de Agua del snack extruido.*

<b>Formulación</b>	<b>Actividad de Agua</b>
F <sub>1</sub>	$0.362 \pm 0.015$
F <sub>2</sub>	$0.391 \pm 0.024$
F <sub>3</sub>	$0.396 \pm 0.041$
F <sub>4</sub>	$0.366 \pm 0.035$
F <sub>5</sub>	$0.394 \pm 0.034$
F <sub>6</sub>	$0.377 \pm 0.034$
F <sub>7</sub>	$0.398 \pm 0.046$
F <sub>8</sub>	$0.392 \pm 0.064$
F <sub>9</sub>	$0.385 \pm 0.030$
F <sub>10</sub>	$0.396 \pm 0.041$

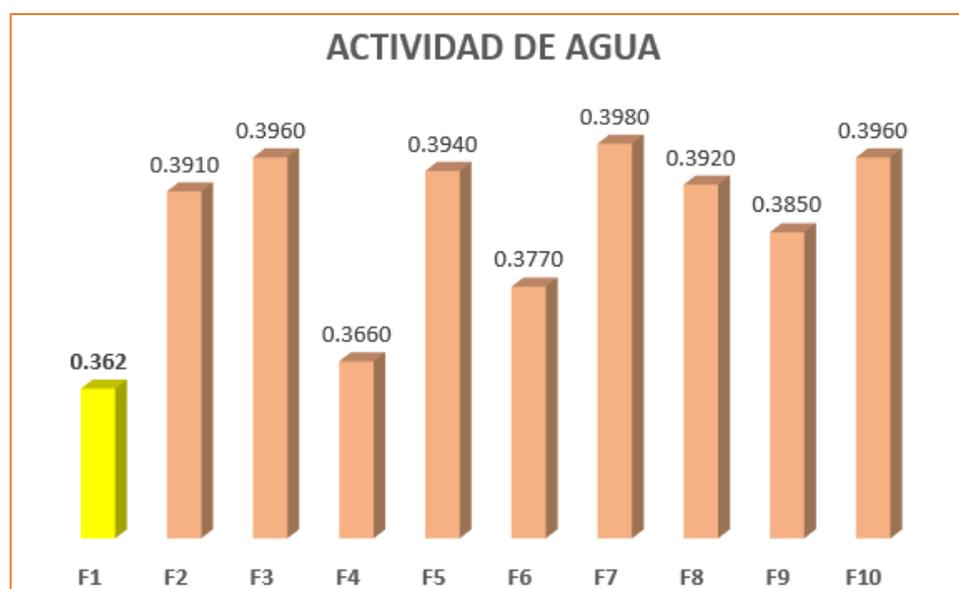
En la gráfica 15, se visualiza las respuestas obtenidas para el análisis de actividad de agua (AW) mediante un gráfico de barras, donde nos indica los datos de las 10 formulaciones realizadas.

Según lo mencionado por Tinoco, (2024) los valores de actividad de agua de las galletas y cereales deben estar por debajo de 0.35, es decir, que los snacks extruidos se encuentran dentro de los productos con baja AW, en los cuales no existe desarrollo microbiano y se mantienen en excelentes condiciones durante periodos más prolongados.

Por otro lado, la actividad de agua (AW) afecta sustancialmente la crocancia de los snacks extruidos, es otras palabras, al aumento de la AW la crocancia del producto va disminuyendo. Se afirma, que el producto es crocante en un grado de actividad de agua mayor a 0.35 y menor a 0.50, ya que, la muestra extruida con una AW de 0.50 presenta una humedad de 9 a 10%. Asimismo, estudios realizados en cereales establecieron el valor de 0.50 de actividad de agua, como margen superior para aceptar dichos alimentos como crujientes. (Basilio, 2020).

**Figura 15.**

*Gráfico de barras del Actividad de agua.*



Se realizó el análisis de varianza a través de la ANOVA, cuyo fin fue observar la significancia de la actividad de agua (AW) como variante respuesta en cuestión de las variables que no dependen.

La tabla 33 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la actividad de agua de los snacks extruidos, donde se muestra que el valor  $p < 0.05$ , esto significa que hay una diferencia estadísticamente relevante entre la AW de los extruidos y los componentes, con un grado de similitud del 95%. Por otro lado, el coeficiente R-cuadrado muestra que el modelo presenta una variabilidad del 96.59% de la variabilidad de la textura de los snacks.

**Tabla 33.**

*Análisis ANOVA para la Actividad de Agua (Aw).*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cudrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo cúbico especial	0.0014741	6	0.000245683	14.17	0.0264
Error total	0.000052	3	0.0000173333		
Total (corr.)	0.0015261	9			

Asimismo, se procedió a ejecutar el análisis de regresión, el cual se visualiza en la presente tabla 34, la cual nos presenta que la interacción entre las variables grits de arroz y maíz morado en las formulaciones proporciona una diferencia significativa en esta característica (actividad de agua) de los snacks, ya que, el valor  $p < 0.05$ . De igual manera se visualiza la desigualdad significativa en la interacción de las 3 variables.

**Tabla 34.***Análisis de Regresión Lineal para la Actividad de Agua (Aw).*

Parámetro	Estimado	Erros estándar	Estadístico T	Valor-P
A: Arroz	0.381	0.00294392		
B: Maíz morado	0.395	0.00294392		
C: Kiwicha	0.395	0.00294392		
<b>AB</b>	-0.088	0.018619	-4.72636	<b>0.0179</b>
AC	0.012	0.018619	0.644503	0.5651
BC	0.004	0.018619	0.214834	0.8437
<b>ABC</b>	-0.517778	0.14665	-3.53071	<b>0.0386</b>

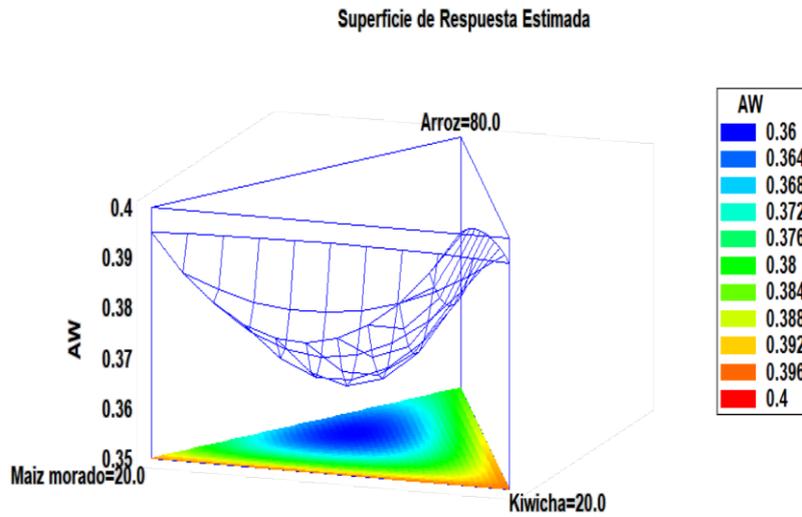
El estudio de regresión para la actividad de agua (AW) que se muestra en la tabla 34, permitió el desarrollo de la ecuación que se ajusta mejor al modelo cubico especial, con un R2 de 0.9659.

$$\begin{aligned}
 AW = & 0.381 * \text{Arroz} + 0.395 * \text{Maíz morado} + 0.395 * \text{Kiwicha} - 0.088 * \text{Arroz} * \text{Maíz} \\
 & \text{morado} + 0.012 * \text{Arroz} * \text{Kiwicha} + 0.004 * \text{Maíz morado} * \text{Kiwicha} - \\
 & 0.517778 * \text{Arroz} * \text{Maíz morado} * \text{Kiwicha}
 \end{aligned}$$

Además, se realizó la representación gráfica de estos resultados, a través de la figura de superficie de respuesta y la de contorno, mostradas a continuación. En la figura 16 y 17 se visualiza que los snacks extruidos presentan una actividad de agua más baja en la zona que comprende desde el azul hasta el verde. Sin embargo, se presenta una actividad de agua más alta en la zona que abarca desde el amarillo hasta el rojo.

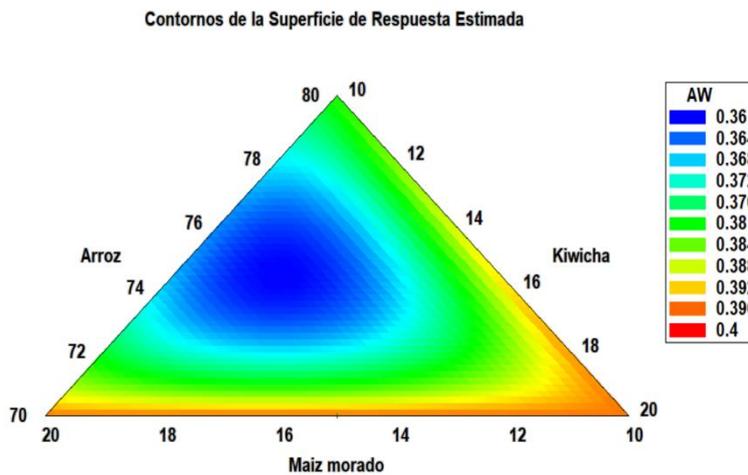
**Figura 16.**

*Gráfica de Superficie de respuesta para la actividad de agua.*



**Figura 17.**

*Gráfica de contorno de la superficie de respuesta de la actividad de agua.*



#### 4.2.3.3. Humedad

Con respecto a las respuestas del porcentaje humedad realizado a las diez formulaciones de snack extruido, en la tabla 35 se reporta el porcentaje de humedad está en un rango de 5.928 a 6.675. Las formulaciones F3 y F4 fueron las que presentaron una mayor cantidad de humedad con  $6,668 \pm 0,239$  y  $6,675 \pm 0,491$

respectivamente, mientras que, la formulación F2 y F5 son las que presentaron una menor humedad con  $6,017 \pm 0,352$  y  $5.928 \pm 0,284$  respectivamente.

**Tabla 35.**

*Resultados de la humedad del snack extruido en %.*

<b>Formulación</b>	<b>Humedad</b>
F <sub>1</sub>	$6.244 \pm 0.113$
F <sub>2</sub>	$6.017 \pm 0.352$
F <sub>3</sub>	$6.668 \pm 0.239$
F <sub>4</sub>	$6.675 \pm 0.491$
F <sub>5</sub>	$5.928 \pm 0.284$
F <sub>6</sub>	$6.386 \pm 0.443$
F <sub>7</sub>	$6.153 \pm 0.261$
F <sub>8</sub>	$6.239 \pm 0.425$
F <sub>9</sub>	$6.442 \pm 0.538$
F <sub>10</sub>	$6.330 \pm 0.465$

En la Figura 18, se visualiza las respuestas obtenidas para el análisis de la humedad mediante un gráfico de barras, donde nos indica los datos de las 10 formulaciones realizadas. La barra resaltada de amarillo refleja el dato menor de porcentaje de humedad ( $5.9280\%$ ) que se obtuvo en la formulación 5.

Las normas de fabricación de alimentos a base de cereales, prioriza que la humedad máxima que debe tener un snack extruido debe ser de  $5\%$ , para garantizar que este

tipo de productos tengan un correcto almacenamiento y por ende una vida útil mayor. (Aburto y Taboada, 2019). Nuestro producto tiene una humedad superior a este rango, esto se debió por la variable del ventilador en el secador de bandejas y por la técnica de rocío que se implementó para darle dulzor al snack, lo que conllevaría a una menor vida útil de nuestro producto.

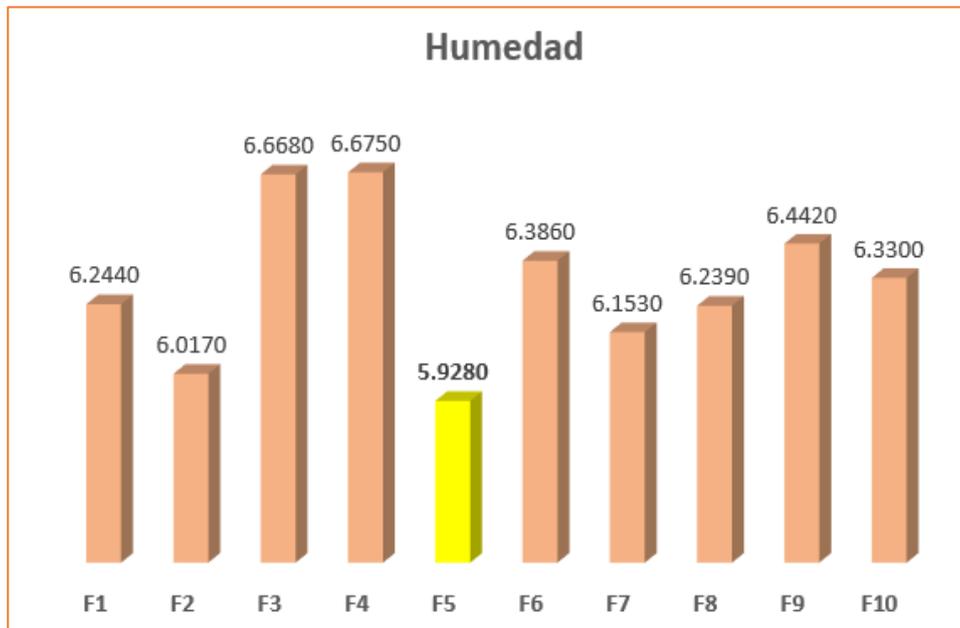
Los resultados de humedad reportados por Espinoza et al., 2021 sobre un snack extruido a de cereales y concentrado de proteína de pota, dieron una cantidad de humedad óptima de 5.34 %, esta diferencia se da por los parámetros de extrusión y el contenido inicial de agua en la mezcla, un contenido de humedad inicial más alto en la mezcla puede resultar en una menor pérdida de agua durante la extrusión, dando lugar a snacks con un mayor contenido de humedad residual. Mientras que, por su parte, en la investigación de Quiroz et al., (2019) donde realizan un snack a base de maíz, chocho y papa, tuvieron valores de humedad alrededor de 6.06%, esta similitud con nuestra proyecto se vincula a las condiciones ambientales durante el enfriamiento y almacenamiento de los snacks, a la exposición a la humedad ambiental o las diferencias en la humedad relativa de los laboratorios y los sitios de almacenamiento que puede provocar la absorción o pérdida de agua por parte de los snacks después de ser procesados.

En el proceso de extrusión, el factor de la humedad es indispensable ya que el producto se va humedeciendo mediante una conexión por un caudalímetro, y la temperatura va aumentando por la programación definida del equipo extrusor, esto sostiene la fricción y corte sean las adecuadas. Mientras que el producto termina saliendo por la boquilla de la matriz, el agua que en ese momento está mezclada con las materias primas tienen un cambio de presión, lo que genera la evaporación de esta. Por este motivo se da la expansión del producto y la modificación del almidón y de las cadenas proteicas,

haciéndose más atacable por las enzimas generando que el producto extruido sea más digestible. (Carbajal y Humancóndor, 2017).

**Figura 18.**

*Gráfica de barras para la humedad.*



Se realizó el análisis de varianza a través de la ANOVA, con el fin de observar la significancia de la humedad, como variable respuesta en cuestión de las variables independientes.

En la tabla 36 se exhibe el análisis de varianza (ANOVA) para el modelo cúbico especial para la humedad los snacks extruidos, donde se muestra que el valor p es mayor o igual a 0.05, esto significa que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje de humedad y los componentes, con un nivel de confianza del 95%. Por otro lado, el coeficiente  $R^2$  muestra que el modelo presenta una variabilidad del 94.37% de la variabilidad de la humedad de los snacks. Asimismo, el R-cuadrado ajustado, un valor más adecuado para comparar modelos con números opuestos de variables independientes, nos índice un valor de 83.11 %, que, al ser menor

que es R2, nos dice que hay elementos en el modelo que no influyen significativamente.

**Tabla 36.**

*Análisis ANOVA para la Humedad.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.464708	6	0.0774513	2.70	0.2224
Error total	0.086068	3	0.0286893		
Total (corr.)	0.550776	9			

#### **4.2.3.4. Textura Instrumental**

Los valores de textura que están expresados en términos de trabajo, se muestran en la tabla 37, donde se presenta los 10 tratamientos de snacks extruidos a partir de arroz, maíz morado y kiwicha. Los datos oscilan entre  $38.99 \pm 1.335$  mJ a  $55.98 \pm 1.509$  mJ, siendo la F5 la que presenta un dato más bajo, mientras que la F2 expresa un dato más elevado.

**Tabla 37.***Resultados de la textura instrumental del snack extruido en mJ*

<b>Formulación</b>	<b>Textura</b>
F <sub>1</sub>	46.85 ± 1.030
F <sub>2</sub>	55.98 ± 1.509
F <sub>3</sub>	48.34 ± 1.746
F <sub>4</sub>	49.26 ± 1.256
F <sub>5</sub>	38.99 ± 1.335
F <sub>6</sub>	45.42 ± 0.853
F <sub>7</sub>	54.83 ± 1.783
F <sub>8</sub>	53.22 ± 0.880
F <sub>9</sub>	46.10 ± 1.606
F <sub>10</sub>	39.50 ± 1.836

En la gráfica 19 se muestra mediante un gráfico de barras las respuestas de textura instrumental de las 10 formulaciones, donde se visualiza un mayor trabajo en la formulación 2 con un valor de  $55.98 \pm 1.509$  mJ, sin embargo, la formulación 5 tuvo un menor trabajo de  $38.99 \pm 1.335$  mJ. Esto significa, que el equipo operado realizó un menor esfuerzo en la F5y un mayor esfuerzo en la F2.

Según lo mencionado por Murillo, (2020), el incremento en la cantidad de proteína en el tratamiento va a aumentar la densidad aparente del extruido. Esta característica es opuestamente proporcional al factor de expansión, es decir, más alto es el valor de la

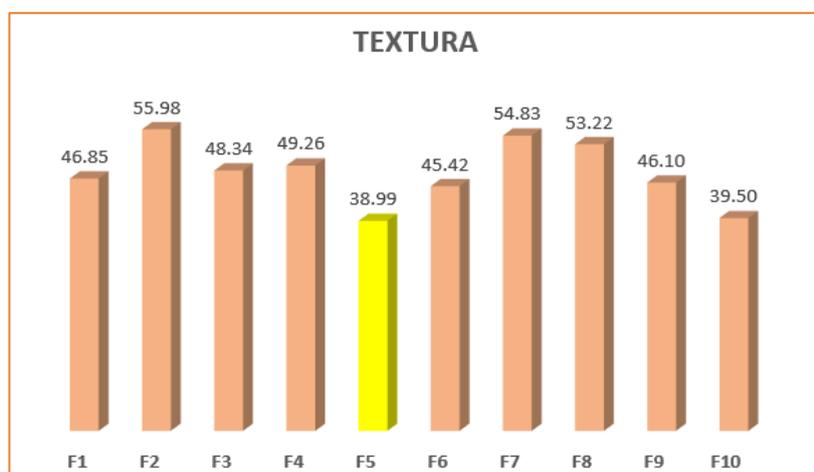
densidad aparente, más bajo será el índice de expansión de los snacks. Por otro lado, la red de proteínas será densa y rígida, lo que va a llevar a una elevada dureza del extruido con unas burbujas de aire finas y diminutas.

Esta investigación se asemeja al estudio de Li et al., (2019) donde realizó un snack extruido a partir de arroz, trigo serraceno y cacahuate, donde a un elevado porcentaje de la harina de cacahuate y trigo serraceno, el nivel de expansión fue más bajo, ya que, hubo un alto contenido de proteínas y lípidos en la mezcla, perjudicando la textura del producto.

Esta afirmación coincide con los resultados obtenidos, donde se presenta un mayor trabajo en la Formulación 2 (75% de arroz, 10% de maíz morado, 15% de kiwicha) donde el porcentaje de kiwicha aporta mayor cantidad de proteína. Asimismo, la formulación 5 (70% de arroz, 20% de maíz morado, 10% de kiwicha) obtuvo un menor trabajo, debido al índice de expansión, puesto que, un mayor índice de expansión disminuye el espesor de la cobertura de moléculas del almidón que circundan las llamadas celdas de aire, por ende, se requiere una menor fuerza para quebrar el alimento (Valderrama et al., 2021).

**Figura 19.**

*Gráfica de barras para la textura instrumental.*



Se ejecutó el análisis de varianza a través de la ANOVA, con el fin de observar la significancia del trabajo como variante respuesta en cuestión de las variables no dependientes. La tabla 38 exhibe el análisis de varianza a través del (ANOVA) para la textura instrumental de los snacks extruidos, donde se muestra que el valor  $p < 0.05$ , esto significa que hay una diferencia estadísticamente relevante entre la textura de los extruidos y los constituyentes, con un nivel de similitud del 95%.

**Tabla 38.**

*Análisis de varianza para la textura instrumental.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	302.415	6	50.4024	91.24	0.0017
Error total	1.6573	3	0.552433		
Total (corr.)	304.072	9			

Asimismo, se procedió a ejecutar el análisis de regresión, el cual se visualiza en la tabla 39, donde se presenta que la interacción entre las variables grits de arroz y maíz morado en las formulaciones proporciona una diferencia significativa en la textura instrumental de los snacks extruidos, ya que, el valor  $p < 0.05$ . De igual manera se observa en la interrelación de las variables de grits de arroz y kiwicha, y en la última interacción de las 3 variables.

**Tabla 39.***Análisis de regresión para la Textura Instrumental.*

<b>Parámetro</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Estadístico T</b>	<b>Valor-P</b>
A: Arroz	45.76	0.525563		
B: Maiz morado	39.245	0.525563		
C: Kiwicha	54.025	0.525563		
<b>AB</b>	27.03	3.32395	8.13188	<b>0.0039</b>
<b>AC</b>	24.35	3.32395	7.32561	<b>0.0053</b>
BC	6.82	3.32395	2.05177	0.1325
<b>ABC</b>	-172.622	26.1807	-6.5935	<b>0.0071</b>

El análisis regresión para la textura instrumental que se muestra en la tabla 39, permitió el desarrollo de la ecuación que se ajusta mejor al modelo cubico especial, con un R2 de 0.9945.

#### **Ecuación de Textura instrumental**

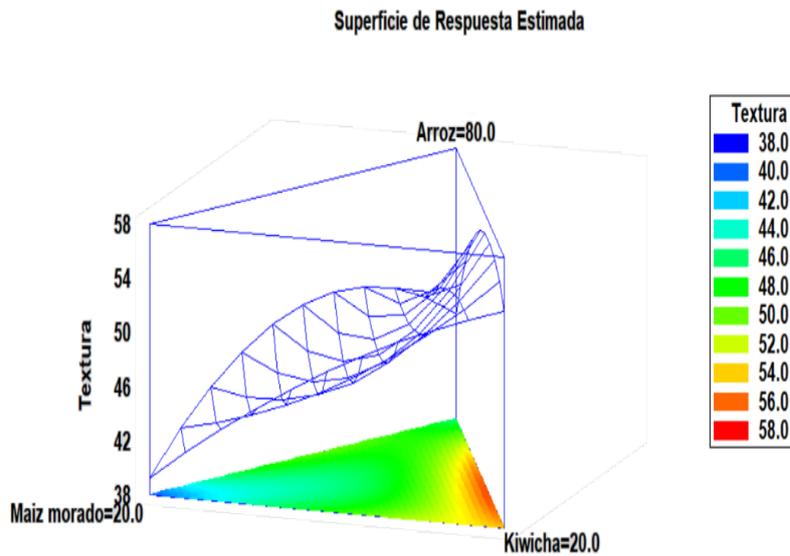
**Textura Instrumental** = 45.76\*Arroz + 39.245\*Maíz morado + 54.025\*Kiwicha + 27.03\*Arroz\*Maíz morado + 24.35\*Arroz\*Kiwicha + 6.82\*Maíz morado\*Kiwicha - 172.622\*Arroz\*Maíz morado\*Kiwicha.

Además, se realizó la representación gráfica de estos resultados, mediante la figura de superficie de respuesta y la figura de contorno, mostradas a continuación. En la figura 20 y 21, se visualiza que los snacks extruidos presentan una mayor textura en la región roja, donde se manifiesta un menor porcentaje de maíz morado y un mayor porcentaje de kiwicha, sin embargo, se muestra una menor textura en la región azul, donde se

observa un menor porcentaje de arroz y un mayor porcentaje de maíz morado. Gracias a las características de estas últimas variables, se necesita una menor fuerza de compresión permitiendo la ruptura de los snacks extruidos.

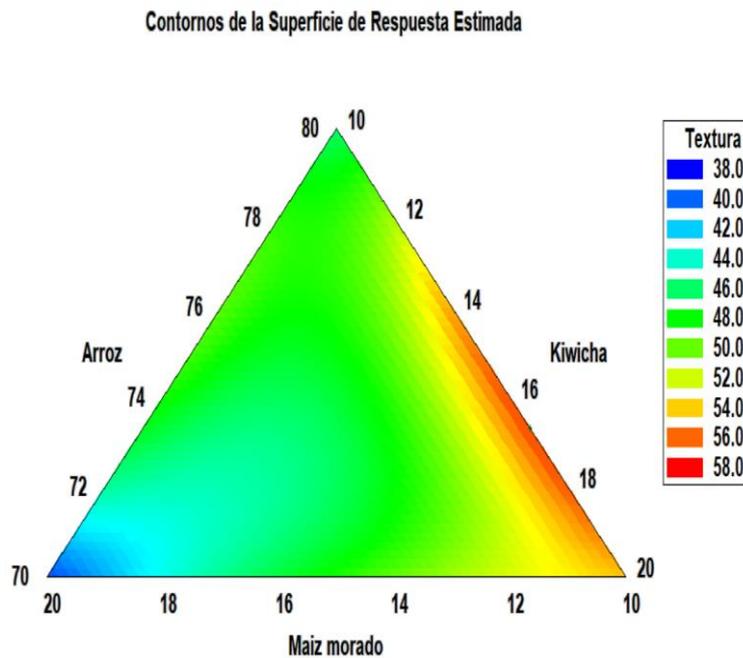
**Figura 20.**

*Gráfica de superficie de respuesta para la textura instrumental.*



**Figura 21.**

*Gráfica de contornos de superficie respuesta para la textura instrumental.*



#### 4.2.4. Análisis Nutricional

##### 4.2.4.1. Capacidad Antioxidante

Los resultados del análisis de capacidad antioxidante realizados por el método DPPH esta expresado en ( $\mu\text{mol trolox/g}$ ) y se visualiza en la tabla 38, donde se presenta los datos obtenidos resultantes de las 10 formulaciones de snacks extruidos a partir de arroz, maíz morado y kiwicha, donde los valores varían desde  $50.87 \pm 1.784$  a  $319.61 \pm 1.206 \mu\text{mol trolox/g}$ . Evidenciando que la formulación 2 tuvo el valor más bajo y la formulación 5 el valor más alto.

**Tabla 40.**

*Resultados de la capacidad antioxidante del snack extruido en  $\mu\text{mol trolox/g}$ .*

<b>Formulación</b>	<b>Capacidad antioxidante</b>
F <sub>1</sub>	$87.01 \pm 1.055$
F <sub>2</sub>	$50.87 \pm 1.784$
F <sub>3</sub>	$127.66 \pm 1.113$
F <sub>4</sub>	$179.60 \pm 1.598$
F <sub>5</sub>	$319.61 \pm 1.206$
F <sub>6</sub>	$168.31 \pm 0.773$
F <sub>7</sub>	$213.47 \pm 1.626$
F <sub>8</sub>	$211.35 \pm 2.045$
F <sub>9</sub>	$165.30 \pm 1.128$
F <sub>10</sub>	$318.50 \pm 1.571$

Los datos obtenidos de la capacidad antioxidante de los 10 tratamientos de los snacks extruidos se muestran en la gráfica 22, donde se visualiza que la formulación 5 (70% de arroz, 20% de maíz morado y 10% de kiwicha) tuvo un mayor resultado de  $319.61 \pm 1.206 \mu\text{mol trolox/g}$ , mientras que la formulación 2 (75% de arroz, 10% de maíz morado y 15% de kiwicha) tuvo el menor valor de  $50.87 \pm 1.784 \mu\text{mol trolox/g}$ .

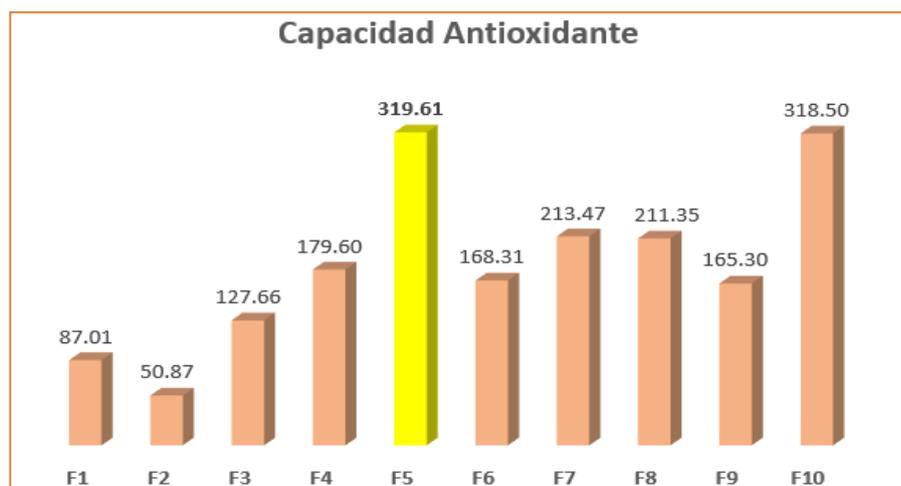
El aumento de la capacidad antioxidante podría ser por diversos motivos, Arqueros, (2020) en su investigación menciona que la reacción de Maillard que se ocasiona en el transcurso del proceso de extrusión generaría el aumento de la capacidad antioxidante del producto, esto se debería a que esta reacción incrementa el establecimiento de elementos con función antioxidante. Por otro lado, se ha demostrado que la extrusión a una temperatura de 110 a 140°C la capacidad antioxidante se eleva y que, al aumentar la alimentación del agua, también generaría un aumento en la actividad antioxidante (Bravo, 2021).

Además, Galindo (2018) estudió la composición de proteínas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por el método de DPPH, en extruidos de maíz morado y quinua, desarrollando 4 formulaciones: quinua: maíz morado (50:50), (70:30), (100:00) y (90:10). Obteniendo como resultado que la formulación que presentó mayor capacidad antioxidante fue la de 50% de maíz morado y 50% de quinua, resaltando que el maíz morado presenta un aporte significativo de capacidad antioxidante.

Por otro lado, debido a que se agregó miel de abeja como endulzante para el snack extruido, el contenido de capacidad antioxidante aumentó. Esto lo menciona López, (2021), que afirma que varios componentes de la miel de abeja presentan una importante función en la capacidad antioxidante, como la catalasa, la glucosa oxidasa, aminoácidos, proteínas, ácidos fenólicos y flavonoides.

**Figura 22.**

*Grafica de barras para la capacidad antioxidante.*



Se realizó el análisis de varianza a través de la ANOVA, cuyo fin es observar la significancia de la capacidad antioxidante como variante respuesta en cuestión de las variables no dependientes. En la tabla 41 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante de los snacks extruidos, donde se muestra que el valor  $p < 0.05$ , esto significa que hay una diferencia con significancia entre la capacidad antioxidante de los extruidos y los componentes, con un grado de proximidad del 95%.

**Tabla 41.**

*Análisis de varianza para la capacidad antioxidante.*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Cúbico Especial	69009.2	6	11501.5	4667.01	0.0000
Error total	7.3933	3	2.46443		
Total (corr.)	69016.6	9			

Asimismo, se procedió a ejecutar el análisis de regresión, este se visualiza en la tabla 42, donde se presenta que la interacción entre las variables grits de arroz y maíz morado en las formulaciones proporciona una diferencia significativa en la textura instrumental de los snacks extruidos, ya que, el valor  $p < 0.05$ . De igual manera se observa en la interrelación de las variables de grits de arroz y kiwicha, en la interacción de maíz morado y kiwicha y en la última interacción de las 3 variables.

**Tabla 42.**

*Análisis de regresión para la capacidad antioxidante.*

Parámetro	Estimado	Erros estándar	Estadístico T	Valor-P
A: Arroz	166.805	1.11005		
B: Maiz morado	319.055	1.11005		
C: Kiwicha	212.41	1.11005		
<b>AB</b>	-253.32	7.02059	-36.0824	<b>0.0000</b>
<b>AC</b>	-554.95	7.02059	-79.0461	<b>0.0000</b>
<b>BC</b>	-552.29	7.02059	-78.6672	<b>0.0000</b>
<b>ABC</b>	209.639	55.2967	3.79117	<b>0.0322</b>

El análisis regresión para la capacidad antioxidante que se muestra en la tabla 42, permitió el desarrollo de la ecuación que se ajusta mejor al modelo cubico especial, con un R2 de 0.9998.

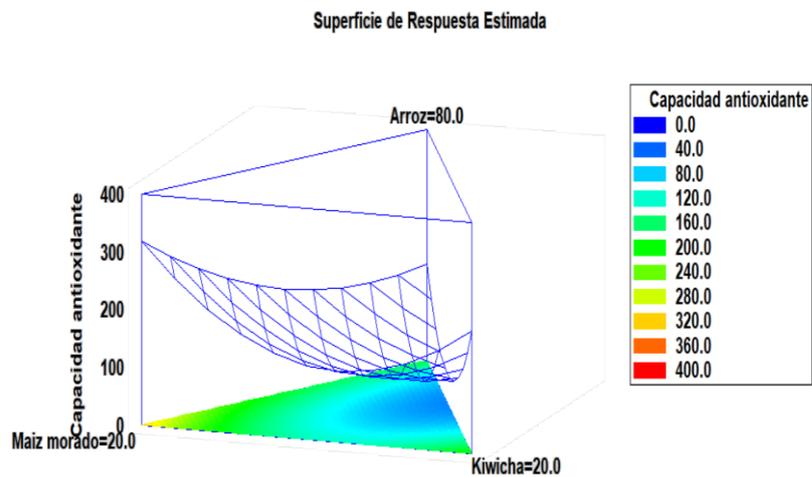
#### **Ecuación de Capacidad Antioxidante**

**Capacidad antioxidante** =  $166.805 \cdot \text{Arroz} + 319.055 \cdot \text{Maíz morado} + 212.41 \cdot \text{Kiwicha} - 253.32 \cdot \text{Arroz} \cdot \text{Maíz morado} - 554.95 \cdot \text{Arroz} \cdot \text{Kiwicha} - 552.29 \cdot \text{Maíz morado} \cdot \text{Kiwicha} + 209.639 \cdot \text{Arroz} \cdot \text{Maíz morado} \cdot \text{Kiwicha}$ .

Además, se realizó la representación gráfica de estos resultados, a través de la figura de superficie de respuesta y la figura de contorno, mostradas a continuación. En la figura 23 y 24, se visualiza que los snacks extruidos presentan un menor valor de capacidad antioxidante en la zona que comprende desde el color azul hasta el verde, sin embargo, se visualiza una mayor capacidad antioxidante en la zona donde abarca desde el amarillo hasta el rojo. Esto es debido al mayor porcentaje de maíz morado, que influye significativamente en la capacidad antioxidante del snack extruido.

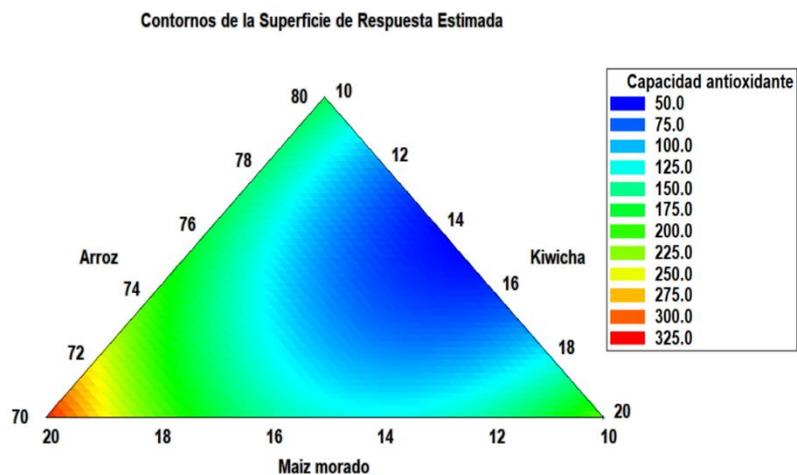
**Figura 23.**

*Gráfica de superficie de respuesta para la capacidad antioxidante.*



**Figura 24.**

*Gráfica de contornos de superficie respuesta para la capacidad antioxidante.*



#### 4.2.4.2. Polifenoles Totales

Los valores del análisis de los polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu está expresado en (mg EAG/ 100 g) y se visualizan en la tabla N° 43. El mayor valor resultante se da en la formulación 5 con  $64.000 \pm 1.198$  mg EAG/ 100 g, mientras que la menor cantidad de polifenoles totales está representada por la formulación 2 con  $33.661 \pm 1.087$  mg EAG/ 100 g.

**Tabla 43.**

*Resultados de los Polifenoles Totales del snack extruido.*

<b>Formulación</b>	<b>EAG/ 100 g.</b>
F <sub>1</sub>	$42.362 \pm 1.429$
F <sub>2</sub>	$33.661 \pm 1.087$
F <sub>3</sub>	$51.644 \pm 1.121$
F <sub>4</sub>	$46.547 \pm 0.983$
F <sub>5</sub>	$64.000 \pm 1.198$
F <sub>6</sub>	$35.665 \pm 0.921$
F <sub>7</sub>	$39.331 \pm 1.436$
F <sub>8</sub>	$41.897 \pm 1.044$
F <sub>9</sub>	$37.902 \pm 0.731$
F <sub>10</sub>	$57.681 \pm 1.567$

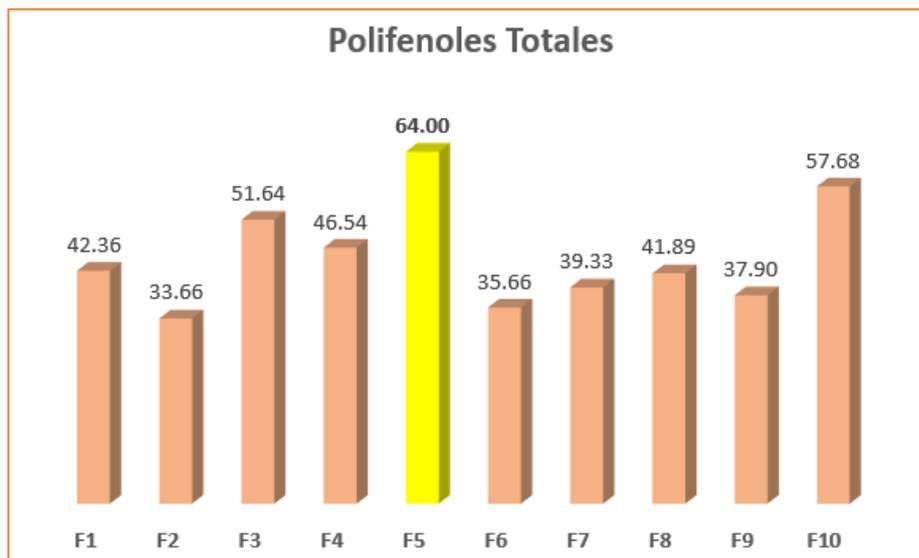
En la Figura 25, se visualiza las respuestas obtenidas para el análisis de los polifenoles totales mediante un gráfico de barras, donde nos indica los datos de las 10

formulaciones realizadas. Por otro lado, en la tesis de Platinetti et al., (2016) que realizó un tipo de galleta a partir de trigo y la enriqueció con extractos de jengibre, donde obtuvo un dato de polifenoles totales de 36.80 mg EAG/100g, pero después de la cocción existió un decaimiento de este dato, resultando en 34.33 mg EAG/100g, esta similitud de acuerdo con nuestros datos se da por la composición de las materias primas y su procesamiento, los compuestos bioactivos presentes en el maíz morado, la kiwicha pueden variar en concentración según el tipo de grano utilizado, el lugar de cultivo y las condiciones ambientales como la luz, el estrés hídrico y la composición del suelo. Esto se observa si se compara con nuestras formulaciones 2, y 6 que lograron una cantidad de polifenoles de  $33.661 \pm 1.087$  EAG/ 100 g, y  $35.665 \pm 0.921$  EAG/ 100 g, respectivamente.

En la investigación de Diaz et al., (2019) que realizó un snack a base de plátano y yacón, tuvo un contenido de polifenoles totales óptimo de 39.30 mg EAG/ 100 g. Este valor es muy bajo a comparación de nuestro valor más alto ( $64.000 \pm 1.198$  mg EAG/100 g). Además de la composición química de nuestras materias primas utilizadas, dicha desigualdad se genera por el proceso de extrusión, que también desempeña un papel fundamental en la preservación o degradación de los polifenoles. Finalmente, las técnicas analíticas utilizadas para cuantificar los polifenoles pueden influir en los resultados obtenidos. Métodos como el uso de reactivos colorimétricos (por ejemplo, el reactivo de Folin-Ciocalteu) pueden variar en sensibilidad y especificidad según las condiciones experimentales, como el pH y el tiempo de reacción.

**Figura 25.**

*Gráfica de barras para los polifenoles totales.*



Se realizó el análisis de varianza a través de la ANOVA, con el fin de observar la significancia de los polifenoles totales como variable respuesta en cuestión de las variables independientes.

Se expone la tabla N°44 los resultados de análisis de varianza para los datos reclutados de los polifenoles totales de las diez formulaciones estudiadas. El valor-p resultante de la razón-F es menor que 0.05, por lo tanto, hay una diferencia significativa entre los polifenoles totales con las formulaciones tratadas, con un nivel del 95.0% de confianza.

El valor estadístico R-cuadrado de 97.0838 % nos explica la variabilidad que existe con respecto a los datos de los polifenoles totales, mientras que, el R-cuadrado estadístico ajusta, que es mucho más apropiados para comparar este tipo de modelos con diversos números de variables independientes, es de 91.2514 %.

**Tabla 44.***Análisis ANOVA para los polifenoles totales.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	857.475	6	142.913	16.65	0.0210
Error total	25.7568	3	8.5856		
Total (corr.)	883.232	9			

A partir de la realización del análisis de varianza, se debe hacer un análisis de regresión lineal, debido a que algunas de las variables independientes de la investigación tienen un efecto considerable sobre el índice de expansión, porque cuentan con diferencia significativa. El análisis de regresión lineal se observa en la tabla 45. Además, en la tabla 43 podemos intuir que los grits de maíz morado, grits de arroz y grits de kiwicha utilizados tienen un efecto significativo en el análisis de índice de expansión, ya que tienen un Valor – P inferior a 0.05, por lo tanto, incrementar o disminuir las cantidades en porcentaje de estos grits, puede llevar a un aumento o reducción considerable del contenido de polifenoles totales de cada formulación

**Tabla 45.***Análisis de Regresión Lineal para los Polifenoles Totales.*

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
A: Arroz	36.78	2.07191		
B: Maiz morado	60.84	2.071191		
C: Kiwicha	40.61	2.07191		
AB	-9.08	13.1039	-0.692924	0.5382
AC	-20.14	13.1039	-1.53695	0.2219
BC	3.66	13.1039	0.279306	0.7982
ABC	10.8333	103.211	0.104963	0.9230

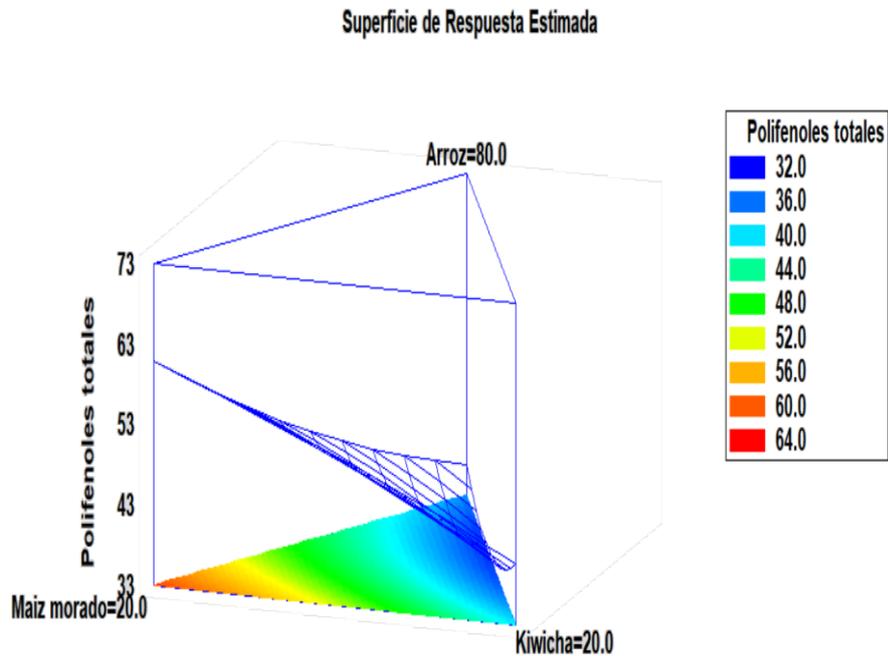
Mediante los datos mostrados en el análisis de regresión lineal, se pudo realizar la elaboración de la ecuación que explica el comportamiento de los resultados, teniendo un valor de  $R^2 = 0.97$ , el modelo matemático de la ecuación que más se ajusta es el de cúbico especial.

$$PF = 36.78 * \text{arroz} + 60.48 * \text{maíz morado} + 40.61 * \text{Kiwicha} - 9.08 * \text{Arroz} * \text{Maíz Morado} - 20.14 * \text{Arroz} * \text{Kiwicha} + 3.66 * \text{Maíz Morado} * \text{Kiwicha} + 10.8333 * \text{Arroz} * \text{Maíz Morado} * \text{Kiwicha}$$

A continuación, se presenta el gráfico de superficie de respuesta estimada de los polifenoles totales, en donde se puede observar que el mayor resultado (64 mg EAG/ 100 g) se encuentra elevando el porcentaje de grits de maíz morado, pero si se utiliza mayor porcentaje de grits de kiwicha disminuye (32 mg EAG/ 100 g)

**Figura 26.**

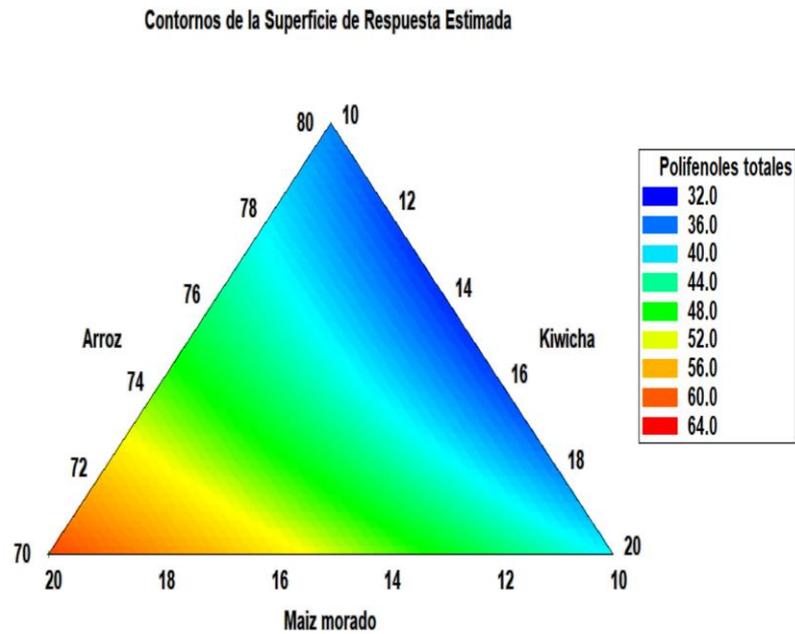
*Gráfico de Respuesta Estimada Polifenoles.*



De la gráfica de contornos de superficie de respuesta estimada, se puede deducir que, para la variable de los grits de arroz y maíz morado (parte roja) establecen los datos más elevados de los polifenoles a lo largo de los límites superiores e inferiores, esto está directamente relacionado a que el maíz morado es un alimento que contiene diversos compuestos bioactivos, lo que genera que un producto hecho de maíz morado llegue a tener una elevada cantidad de polifenoles totales.

**Figura 34.**

*Gráfico de Superficie de Respuesta Estimado.*



#### **4.3. Determinación de la Formulación Óptima**

Mediante los resultados de los análisis realizados a las diez formulaciones de snacks extruidos de arroz, kiwicha y maíz morado, se eligió tres análisis para evaluar al snack y buscar la formulación óptima (Tabla 46), estos análisis fueron: Evaluación Sensorial (Aceptabilidad General), Evaluación Tecnológica (índice de expansión) y Evaluación Nutricional (Capacidad Antioxidante).

**Tabla 46.***Optimización de Formulación de Snack: Criterios de Calidad y Objetivos*

Criterio	Meta	Deseabilidad	Deseabilidad	Impacto
		Baja	Alta	
Aceptabilidad General	Max.	4.90	<b>5.23</b>	1.00
Índice de Expansión	Max.	1.93	<b>2.35</b>	1.00
Capacidad Antioxidante	Max.	50.87	<b>319.61</b>	1.00

En la tabla 47, la optimización de múltiples respuestas realizada permitió identificar la mejor combinación de factores para el desarrollo de un snack extruido a partir de arroz, maíz morado y kiwicha. La función de deseabilidad global, que combina las respuestas de índice de expansión, aceptabilidad general y capacidad antioxidante, alcanzó un valor óptimo de 0.98237. Este valor corresponde a una formulación con 70% de arroz, 20% de maíz morado y 10% de kiwicha, optimizando las características clave del producto: un índice de expansión de 2.349, una aceptabilidad general de 5.215 y una capacidad antioxidante de 319.055 mg equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra. Estos resultados concluyen que la metodología utilizada es eficaz para maximizar múltiples atributos de calidad en un producto alimenticio. El enfoque estadístico permitió equilibrar las propiedades sensoriales y funcionales del snack, ofreciendo una alternativa saludable con altos niveles de antioxidantes. Esto demuestra la viabilidad de la combinación de ingredientes seleccionada para la formulación de snacks extruidos innovadores y nutricionalmente mejorados.

**Tabla 47.***Optimización múltiple mediante Statgraphics.*

<b>F</b>	<b>Índice Expansión</b>	<b>Aceptabilidad General</b>	<b>Capacidad Antioxidante</b>	<b>Deseabilidad Prevista</b>	<b>Deseabilidad Observada</b>
F <sub>1</sub>	2.29	4.96	50.87	0.00	0.00
F <sub>2</sub>	2.10	4.90	87.01	0.00	0.00
F <sub>3</sub>	1.95	5.13	213.47	0.25	0.25
F <sub>4</sub>	1.93	5.10	127.66	0.00	0.00
<b>F<sub>5</sub></b>	<b>2.35</b>	<b>5.23</b>	<b>319.61</b>	<b>0.98</b>	<b>1.00</b>
F <sub>6</sub>	2.21	5.13	179.60	0.61	0.61
F <sub>7</sub>	2.90	5.10	165.30	0.44	0.45
F <sub>8</sub>	2.09	5.03	168.31	0.44	0.40
F <sub>9</sub>	2.34	5.20	318.50	0.98	0.96
F <sub>10</sub>	1.94	5.16	211.35	0.25	0.26

Por lo tanto, de acuerdo con la optimización, la formulación N° 5 (Arroz: 70%, Maíz Morado: 20% y Kiwicha: 10%). La optimización de respuesta para cada análisis de muestra en la Tabla N°48.

**Tabla 48.***Optimización de respuesta para cada análisis.*

<b>Componente</b>	<b>Aceptabilidad General</b>	<b>Índice de Expansión</b>	<b>Capacidad Antioxidante</b>
Valor óptimo	5.215	2.349	319.055
Arroz (%)	70	70	70
Maíz Morado (%)	20	20	20
Kiwicha (%)	10	10	10

## **4.4. Caracterización de la Formulación Óptima**

### **4.4.1. Composición Proximal**

Para la composición proximal de la formulación óptima del snack extruido a base de grits de arroz, kiwicha y maíz morado, se comparó con la composición proximal de un snack extruido, para verificar la similitud o diferencia de resultados.

En la tabla N° 49 se resume la caracterización proximal de la formulación óptima de snack extruidos a base de grits de arroz (70%), grits de maíz morado (20%) y kiwicha (10%). Según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI] (2018), la humedad de un snack extruido no debe sobrepasar el 5% porque al tener una humedad alta, tiende a contaminarse más rápidamente por microorganismos y bacterias, lo que hace que el producto tenga una vida más corta. La humedad del snack extruido es de  $5.928 \pm 0.284$ , no se encuentra dentro del límite, pero al controlar las variables del ventilador y temperatura del secador de bandeja, se puede llegar a un porcentaje menor de 5%.

Por otro lado, el arroz y el maíz morado son materias primas que no cuentan con mucha proteína a comparación de la kiwicha, esto se ve reflejado en la cantidad de proteína que contiene el snack extruido 8.48 %. Además, el arroz es la materia prima que más constituye a nuestro producto realizado, por ende, los carbohidratos en forma de almidón son los mayores componentes del snack con  $73.326 \pm 0.985$ . Con respecto a la fibra, el porcentaje que es  $11.775 \pm 0.789$  oscila entre la fibra de las tres materias primas extruidas, pero es importante acotar que, si la mezcla contiene una alta cantidad de fibra, puede llevar a una disminución del índice de expansión de este tipo de alimentos realizados por extrusión, es decir, las muestras de snack extruidos podrían reducir notoriamente su forma siendo estas más delgadas o sin forma. (Arqueros, 2020).

**Tabla 49.**

*Composición proximal de la formulación óptima del snack extruido en 100 gramos.*

<b>Componente</b>	<b>Datos Obtenidos (%)</b>
Humedad	<b>5.928 ± 0.284</b>
Fibra Dietética	<b>11.775 ± 0.789</b>
Cenizas	<b>0.680 ± 0.049</b>
Proteínas	<b>8.48</b>
Grasas	<b>0.315 ± 0.014</b>
Carbohidratos	<b>73.326 ± 0.985</b>

#### **4.4.2. Composición Tecnológica**

En la tabla N° 50 se refleja los resultados de la composición tecnológica la formulación óptima de snack extruidos a base de grits de arroz (70%), grits de maíz morado (20%) y kiwicha (10%). En el índice de expansión (IE) se buscó que el producto tenga una máxima expansión posible, mediante el almidón del arroz fue se logró dicho agrandamiento y el dato óptimo fue de  $2.35 \pm 0.027$ . Por su parte, en el análisis de la actividad de agua (Aw) para minimizar el desarrollo microbiano y que este producto se pueda mantener en excelentes condiciones durante tiempos más prolongados, se necesita el menor dato resultante, por ende, el óptimo fue de  $0.396 \pm 0.041$ . Finalmente, en el análisis de textura mediante el equipo texturómetro Brookfield CT3, se busca que no tenga una dureza excesiva al momento de masticar el producto, ya que uno de los aspectos que más pueden influir en la fuerza masticatoria son las diferentes propiedades texturales de un alimento extruido,

entonces, resulta óptimo el menor valor de textura de  $38.99 \pm 1.335$  mJ (Santacruz, 2022).

**Tabla 50.**

*Caracterización Tecnológica de la Formulación Óptima.*

<b>Características</b>	<b>Datos Obtenidos</b>
Índice de Expansión	<b><math>2.351 \pm 0.027</math></b>
Actividad de Agua	<b><math>0.396 \pm 0.041</math></b>
Textura Instrumental	<b><math>38.99 \pm 1.335</math> mJ</b>

**4.4.3. Composición Nutricional**

En la tabla 51, se exhiben los resultados óptimos para el snack extruido a base de grits de arroz (70%), grits de maíz morado (20%) y kiwicha (10%). En ambos análisis se buscó maximizar los datos resultantes, debido a que el snack al estar constituido por materias primas funcionales y al tener diversos compuestos bioactivos, resulta óptimo realizar un producto que cuente con elevado contenido de capacidad antioxidante y polifenoles totales. Los datos óptimos fueron: Capacidad antioxidante de  $319.61 \pm 1.206$   $\mu$ mol trolox/g y Polifenoles de  $64.00 \pm 1.198$  mg EAG/ 100 g.

Los efectos beneficiosos de la ingesta de productos que tienen contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidantes se refleja en la salud de las personas, directamente en el sistema cardiovascular. Esto se vuelve sumamente importante, porque reduce de manera considerable las diversas enfermedades cardiovasculares, que son la principal causa de muerte en el mundo, estos efectos son

fundamentalmente a consecuencia del poder antioxidante de los alimentos. (Ovando et al., 2022)

**Tabla 51.**

*Resultados de Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante de la formulación óptima.*

<b>Características</b>	<b>Datos Obtenidos</b>
Capacidad antioxidante	<b>319.61 ± 1.206 μmol trolox/g</b>
Polifenoles totales	<b>64.00 ± 1.198 mg EAG/ 100 g</b>

## V. CONCLUSIONES

- La determinación de la composición química proximal de los grits empleados evidencia las diferencias en sus perfiles proximales. El arroz sobresale por su alto contenido de carbohidratos ( $73.599 \pm 0.231\%$ ), el maíz morado por su función como fuente de fibra dietética ( $17.461 \pm 0.083\%$ ), y la kiwicha por su riqueza en proteínas ( $14.77 \pm 0.039\%$ ). Esto evidencia el potencial nutritivo de estos cereales, destacando su importancia en la promoción de dietas equilibradas y funcionales.
- Los análisis sensoriales resaltan atributos como sabor, textura y color, esenciales para la preferencia del consumidor. Tecnológicamente, parámetros como el índice de expansión, textura, humedad y actividad de agua son clave para la calidad y vida útil. Nutricionalmente, los snacks muestran un alto contenido de antioxidantes y polifenoles, posicionándolos como alimentos nutritivos y funcionales.
- La combinación F5 (70% arroz, 20% maíz morado, 10% kiwicha) fue identificada como óptima mediante análisis sensoriales, tecnológicos y nutricionales. Esta formulación balancea aceptabilidad, capacidad antioxidante, polifenoles y propiedades tecnológicas, mostrando el impacto positivo de las proporciones seleccionadas.
- La F5 presenta una composición nutricional equilibrada (73.326% carbohidratos, 11.775% fibra y 8.48% proteínas) y propiedades tecnológicas destacadas (índice de expansión  $2.35 \pm 0.027$ ). Su alto contenido de antioxidantes ( $319.61 \mu\text{mol trolox/g}$ ) y polifenoles ( $64.00 \text{ mg EAG/100 g}$ ) confirma su potencial como snack nutritivo e innovador en el sector agroindustrial.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable realizar el proceso de germinación en las materias primas usadas para la elaboración de snacks extruidos, ya que, se ha demostrado que la germinación potencia propiedades significativas, como la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos.
- Además, se recomienda, realizar el análisis de vida útil a la formulación óptima que se obtuvo en la investigación, esto con el objetivo de analizar la conservación del sabor, del color, la textura y las propiedades funcionales a través del tiempo. Con el único fin de asegurar la calidad del producto y la seguridad alimentaria.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aburto, R. & Taboada, J. (2019). *Efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack, utilizando quinua (chenopodium quinoa) y harina de habas (vicia faba)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional del Santa.
- Almache, J. (2018). *Efecto del ácido ascórbico y del pirofosfato ácido de sodio en el contenido de antocianinas totales y micronutrientes de hojuelas fritas de papa nativa (Solanum andígena) de la variedad Puca Shungo entera y pelada*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Académico – Universidad Técnica de Ambato.
- Apace Davila, B. (2022). *Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (Zea mayz L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Académico – Universidad Nacional de Huancavelica.
- Aramayo, T., & Ramírez, E. (2023). Elaboración de galleta con harina de maíz morado. *Ventana Científica*, 13(21), 48-63. <https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica/article/view/1612>
- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.
- AOAC (2005) Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- Aranda, J., y Bocanegra, G. (2018). *Evaluación de parámetros durante la extrusión de una mezcla de harinas de tarwi (lupinus mutabilis) y arroz (oryza sativa) para la producción de un snack*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional del Santa.
- Arqueros, S. (2020). *Desarrollo de un snack extrusionado de harina de lenteja y maíz dirigido a la población con intolerancia al gluten*. [Tesis de título, Universidad Valladolid] <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/42513>
- Arroyo, J., Saez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., de la Cruz, W., y Valencia, J. (2010). Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (Zea mays L.) en ratas hipercolesterolémicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* 24(3): 157-162. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342007000200010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342007000200010)

- Avilés, J. (2019). *Evaluación nutricional de galletas enriquecidas con harina de quinua negra germinada*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Bao, J. (2019). Rice starch. In *Rice: Chemistry and Technology* (pp. 55–108). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00003-4>
- Barranco, E. (26 de Julio del 2020). Propiedades y Beneficios de la Kiwicha. Medium. [Propiedades y Beneficios de la Kiwicha | by E Barranco Noriega | Medium](https://www.medium.com/@barranco_noriega/propiedades-y-beneficios-de-la-kiwicha-by-e-barranco-noriega-medium)
- Basilio, J. (2020). “*Obtención de una mezcla alimenticia a partir de quinua (chenopodium quinoa) y kiwicha (amaranthus caudatus) extruidas, y tarwi (lupinus mutabilis)*” [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4498>
- Basilio, J., Condezo, L., & Carrasco, R. (2020). Effect of extrusion cooking on the physical-chemical properties of whole kiwicha (*Amaranthus caudatus* L) flour variety centenario: Process optimization. *LWT - Food Science and Technology*, 128, 109426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109426>
- Bastidas, A., Monteza, E., López, A., Torrico, M., y Totocayo, K. (2020). *Barras nutritivas de espirulina para combatir la malnutrición infantil en el Perú Para optar el grado de bachiller en Administración y Agronegocios*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Becerra, E. (2022). *Propuesta de un sistema de control de temperatura en el proceso de añejado para mejorar las características del arroz*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis - Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Bedón, V. y Hernández, M. (2020). *Efecto del reemplazamiento parcial de harina de trigo por harina de amaranto en las propiedades fisicoquímicas de una torta sin azúcar*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Académico – Universidad Politécnica de Valencia.
- Bello, L., Flores, P., Camelo, G., Paredes, O., & De Figueroa, J. (2015). Effect of the nixtamalization process on the dietary fiber content, starch digestibility, and antioxidant capacity of blue maize tortilla. *Cereal Chemistry*, 92(3), 265–270. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-14-0139-R>

- Benítez, E., Gutierrez, A., Peña, A., y Rubiños, E. (2018). *Polvo De Arroz Orgánico, Para El Control De Oleosidad De La Piel De Las*. [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Borges, B., De Jesus, L., Schmiele, M., & Buttow, T. (2022). Efeitos das antocianinas na saúde: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 11(4), 2525-340. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27069>
- Burgos, J., Jara, S., & Quintar, P. (2015). *Harina de maíz morado: Composición nutricional. Elaboración de galletitas. Determinación de calidad galletera y Evaluación sensorial*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Córdoba
- Bravo, J. (2021). *Elaboración de alimento extruido empleando harina de papa morada (solanum tuberosum l. var. vitelotte) y concentrado de aguaymanto (physalis peruviana l.) con características antioxidantes*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/417a3643-245f-43c7-90ad-5f02d322cf60/content>
- Calero, D. (2020). *Evaluación de dos clases de semillas y tres métodos de siembra en arroz (oryza sativa l.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALERO%20PINELA%20DAYSI%20VERONICA\\_compressed\\_reduce\(1\)%20\(wecompress.com\)-1.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALERO%20PINELA%20DAYSI%20VERONICA_compressed_reduce(1)%20(wecompress.com)-1.pdf)
- Capurro, J., y Huerta, D. (2016). *Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha, quinua y maíz*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Santa.
- Carbajal, G., y Huanmancondor, T. (2017). *Influencia de la extrusión en las características fisicoquímicas y evaluación de aceptabilidad de un snack a base de kiwicha (Amaranthus Caudatus) y harina de camote (Ipomoea batatas)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Santa.
- Chafla, W. (2022). *Caracterización de la harina de arroz (oryza sativa) para su utilización en la industria de la panificación*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17802>
- Chávez, V., y Moreno, G. (2018). *Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2008 para una planta procesadora de snacks andinos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Chamorro, R., Repo, R., Ccapa, K., y Quispe, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 362-374. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n3/a09v84n3.pdf>
- Choque, I., y Castillo, M. (2021). *Aprovechamiento de la sangre bovina en la elaboración de un embutido funcional tipo morcilla, con sustitución parcial de grasa animal por Pasta de palta fuerte (Persea americana Mill) y uso de harina de kiwicha (Amaranthus caudatus) como extensor cárnico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Codex Alimentarius. (2019). Norma del Codex para el arroz
- Correa, J. (2021). *Elaboración y evaluación de alimento tipo snack salado a partir de almendras de macambo (Theobroma bicolor)*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/4065>
- Cueva, N., y Sedano, K. (2021). *Elaboración de galletas de trigo (triticum aestivum), kiwicha (amaranthus caudatus) y sangre de pollo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/7008>
- Dejkriengkraikul, P., Semmarath, W., & Mapoung, S. (2019). Anthocyanins and Proanthocyanidins in Natural Pigmented Rice and Their Bioactivities. *Phytochemicals in Human Health* (pp. 1–24). <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.86962>
- Díaz-Osorio, Alejandra, Martínez-Castaño, Marcela, Contreras-Calderon, José, & Gallardo-Cabrera, Cecilia. (2019). Índice Glucémico in vitro, Contenido fenólico y Actividad Antioxidante de Snacks Elaborados con Harinas de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Información tecnológica*, 30(5), 111-120. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500111>
- Espín, M. (2024). Factores bióticos y abióticos que influyen en la distribución de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). [Tesis de título, Universidad Técnica de Babahoyo] <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17113>
- Espinoza, K. Acero, D. & Martínez, N. (2021). Elaboración de Snack extruido a partir de Cereales y Concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. In *Anales Científicos* (Vol. 82, No. 1, pp. 180-191). Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1754>
- Espinoza, K. (2017). *Desarrollo de un snack extruido a base de maíz enriquecido con harina de pota (Dosidicus gigas) precocida y de terminación de su vida útil*. [Tesis de Pregrado,

- Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Falla, F., y Ramón, M. (2018). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional – Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Fernández, J., y Guivar, C. (2020). *Formulación de harina proteica y extruida a base de harina de: arveja (Pisum sativum), kiwicha (Amaranthus caudatus) y tarwi (Lupinus Mutabilis)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional – Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Gaibor, M., y León, J. (2021). *Diseño de una línea de producción de cereal extruido a partir de arroz proveniente del cantón Santa Lucía*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54755>
- Galindo, R. (2018). *Nivel de aceptabilidad sensorial de extruidos de quinua con maíz morado como alternativa de alimentación saludable* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3767>.
- Gavilanes, L. (2021). *Elaboración de bioplásticos a partir del almidón de arroz (oryza sativa) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables de alimentos*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14971>
- Guerrero, W. (2022). *Eficiencia alimenticia en el crecimiento de Oreochromis niloticus con dos dietas en sistema cerrado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19762>
- Guillén, J., Mori, S., y Paucar, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- Hernández, A., Madernás, D., Pérez, R., Trujillo, G., González, I., & Díaz, J. (2019). Desarrollo de una bebida elaborada con harina de arroz y ajonjolí (Sesamum Indicum) y fermentada con cultivos probióticos. *Tecnología Química*, 39(1), 89-104.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2018). *Bocaditos – Requisitos*, Revisión: 2018. 1 ed. NTP 209. 226:1984.
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *HARINAS. Determinación de cenizas*. (NTP 205.038:1975) Revisada el 2016. [Norma Técnica NTP 205.038 Peruana 1975 \(Revisada El 2016\) : 2016-07-21 1 Edición | PDF | Perú | Química \(scribd.com\)](http://www.inci.gob.pe/normas/NTP205.038%20Peruana%201975%20Revisada%20El%202016%20-%202016-07-21%201%20Edici%20n%20-%20PDF%20-%20Per%20-%20Qu%20mica%20(scribd.com))

- Kumar, D., & Prakash, P. (2017). Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. *Rice Science*, 24(1), 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005>
- Laguna, C., y Sifuentes, C. (2019) *Optimización de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum Aestivum) por harina de tarwi (Lupinus Mutabilis) y harina de kiwicha (Amaranthus Caudatus) en galletas tipo cookie destinados a niños en edad escolar*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Santa.
- Larkins, A. 2019. "Proteins of the Keren". En: Serna-Saldivar, S.O. (comp.). *Corn: Chemistry and technology*. EUA: Elsevier Inc.
- LI, H., XIONG, Z. y LI, X. (2019). "Optimization of the extrusion process for the development of extruded snacks using peanut, buckwheat, and rice blend" en *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, núm. 12, e14264.
- Llerena, J., y Monzón, L. (2017). *Elaboración de un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (Oryza Sativa), queratina obtenida de residuos avícolas (plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (Mangifera Indica)*. [Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Académico - Universidad Católica de Santa María.
- López, F., Vázquez, M., García, J., López, G., Reyes, D., & Molina, J. (2019). Estabilidad y adaptación del rendimiento y calidad de tortilla en maíz Tuxpeño, Valles-Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1809-1821. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1851>
- Lopez, Z. (2021). Caracterización de la capacidad antioxidante de la miel de abeja Apis mellifera en las provincias Carchi y Sucumbíos. [Tesis de título, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11239>
- Luque, J. (2016). *Elaboración de un snack cárnico a base de carne molida marinada como alternativa a un snack de bajo contenido nutricional*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador]. Repositorio Digital - Universidad Técnica Equinoccial.
- Machuca, L., & Meyhuay, J. (2017). *Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (Oryza sativa) y harina de lenteja (Lens culinaris)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Maldonado, I., Gutiérrez, A., Flores, L., Arámbula, G., Flores, V., Jiménez, J., & Salazar, R. (2021). Propiedades morfométricas, fisicoquímicas y actividad antiproliferativa de maíces pigmentados de Guerrero. *Nova scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2825>
- Mendoza, H., Loor, A., y Vilema, S. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*. ISSN 2218-3620.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). Análisis de Mercado 2016-2020 Arroz. [Reporte de Arroz.pdf.pdf \(www.gob.pe\)](#)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021). El maíz morado peruano. Un producto con algo contenido de antocianinas, poderoso antioxidante natural. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2018). Manejo Agronómico de Granos Andinos. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1338558/Manejo%20Agron%C3%B3mico%20de%20Granos%20Andinos.pdf>
- Montalvo, M., y Velazco, E. (2017). *Optimización de Procesos de Extrusión para Alimentos Acuicola de la Planta Gisis 4, 5*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional - Universidad de Guayaquil.
- Murillo, R. (2020). *Aplicación de la tecnología de extrusión en productos con alto contenido en proteína*. [Tesis de título, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/150018>
- Neder, D., Quintero, A., Meléndez, O., Zazueta, J., Paraguay, F., & Ruiz, M. (2021). Evaluation of the physicochemical properties of third-generation snacks made from blue corn, black beans, and sweet chard produced by extrusion. *LWT - Food Science and Technology*, 146, 111414. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111414>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Necesidades de alimentos y crecimiento de la población. [www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s04a.htm](http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s04a.htm)
- Ovando, A. Reyes, J. Cabrera, K. & Ovalle, G. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(1), 9-33. <https://doi.org/10.23850/24220582.4023>

- Pardhi, S., Singh, B., Nayik, G., & Dar, B. (2019). Evaluation of functional properties of extruded snacks developed from brown rice semolina using response surface methodology. *Revista de la Sociedad Saudita de Ciencias Agrícolas*, 18 (1), 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.006>
- Paredes K., Sánchez R., y Sánchez M. (2019). *Pruebas afectivas: Prueba de preferencia simple, de grado de satisfacción y acción de alimentos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pástor, A. (2020). *Encuesta de consumo de snacks: especial mención a los snacks cárnicos*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional - Universidad Politécnica de Valencia.
- Platinetti, L. Porcal, N. & Sánchez, R. (2016). *Galletas a base de harina de trigo enriquecidas con extracto de jengibre rico en polifenoles*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Córdoba.
- Quiroz, L. A. M., Villacrés, C. E., & Taimal, R. (2019). Efecto de la humedad de alimentación y temperatura de extrusión sobre el contenido nutricional de un snack a base de maíz, chocho y papa. *Revista Bases de la Ciencia*. e-ISSN 2588-0764, 4(3), 67-80. [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v4i3.1911](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1911)
- Rabanal, M., y Medina, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Ramesh D. y Prakash J. 2020. Propiedades nutricionales y funcionales de las fracciones de harina de grano de amaranto obtenidas por tamizado diferencial. *Prog. Chem. Bioche. Res.*; 3 (3): 272-286.
- Ramos, J., Rinnan, Å., & Jouppila, K. (2019). Application of NIR imaging to the study of expanded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa. *LWT - Food Science and Technology*, 102, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.029>
- Reyes, M., Gomez, I., y Espinoza, C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. In *Repositorio.Ins.Gob.Pe* (Issue 56). <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Rios, A. (2021). *Variabilidad del perfil polifenólico y nutricional de Zea mays L. (Maíz Morado) proveniente de dos zonas geográficas de la región Arequipa*. [Tesis de pregrado,

Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional – Universidad Católica de Santa María.

Rodríguez, R., y Rosales, J. (2019). *Efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack, utilizando quinua (chenopodium quinoa) y harina de habas (Vicia Faba)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional del Santa.

Rolandelli, G., García, S., Cueto, A., Farroni, E., Gutiérrez F., & Buera, P. (2022). *Extrusión para el desarrollo de alimentos innovadores: caso de productos a base de maíz*. Ediciones INTA, EEA San Pedro.

Romero, D., y Scamarone, P. (2020). *Factores asociados a la comercialización de colorante de maíz morado en la industria alimentaria y su relación con las exportaciones a Estados Unidos periodo 2015–2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional – Universidad San Ignacio de Loyola.

Sahu, C., Patel, S., & Tripathi, A. (2022). Effect of extrusion parameters on physical and functional quality of soy pritein enriched maize bases extruded snack. *Applied Food Research*, 2(1), 100072. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100072>

Santacruz, C. (2022). *Formulación de un cereal extruido a base de arroz (oryza sativa), trigo (triticum aestivum), cañihua (chenopodium pallidicaule) y fortificado con harina de sangre de vacuno*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional – Universidad Pedro Ruiz Gallo.

Singh A. y Punia D. 2020. Caracterización y valores nutritivos de semillas de amaranto. *Revista actual de ciencia y tecnología aplicadas*; 39 (3): 27-33

Sudhakar, A., Dash, SK, Bal, LM, Sahoo, NR., & Rayaguru, K. (2021). Extrudate snacks from rice flour and oyster mushroom powder: Physico-chemical and functional properties characterization and storability evaluation. *Journal of the Indian Chemical Society*. 98 (10), 100160. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100160>

Tinoco, F. (2024). *Snacks fortificados a partir de harina de lombriz roja californiana (eisenia fetida), quinua (chenopodium quinoa) y maíz morado (zea mays l)*. [Tesis de título, Universidad Nacional Autónoma de Chota <http://hdl.handle.net/20.500.14142/540>

Toapanta, P., Revelo, B., Puetate, M., Insuasti, P., & Soto, C. A. P. (2021). Desarrollo de un bioproceso para la producción de malta a partir de maíz morado (Zea mays): una revisión. *Revista Biorrefinería Vol, 4(4)*.

- Tinoco, F. (2024). *Snacks fortificados a partir de harina de lombriz roja californiana (eisenia fetida), quinua (chenopodium quinoa) y maíz morado (zea mays l)*. [Tesis de título, Universidad Nacional Autónoma de Chota <http://hdl.handle.net/20.500.14142/540>
- Torricella-Morales, R. G., Pulido-Álvarez, H., & Zamora-Utset, E. (2020). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Valderrama, V. (2021). *Caracterización fitoquímica del snack de frijol nativo (phaseolus sp.) y su potencial para los agronegocios en la provincia de acobamba–huancavelica*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio – Universidad Nacional de Huancavelica.
- Valderrama, F., Arteaga, H., Flores, A., Obregón J., y Barraza, G. (2021). Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha. Características físicas y sensoriales. 2414-6390. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.569>
- Valle, M. (2022). *Elaboración y evaluación sensorial del néctra de guanabana (Annona muricata) edulcorado con miel de abeja para su aceptación en la región Piura-2022*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Piura.
- Vázquez-Carrillo, M.G., Aparicio-Eusebio, L.A., Salinas-Moreno, Y. 2018. Plant Foods Hum Nutr. 2018. 73: 321
- Velarde, A., Déley, S., Rodríguez, E., Vega, M., & Arguello, V. (2023). Parametrización del proceso de extrusión para alimento balanceado a través de diseños experimentales factoriales. *Dominio De Las Ciencias*, 9(3), 1253–1274. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3498>
- Vera, D. (2017). *Elaboración de pan de molde sin gluten embolsado a base de harina de arroz (Oryza saliva) y harina papa (solanum tuberosum) y uso de hidrocoloides*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/2924>
- Yanangómez, L. (2018). *Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (Zea mays l.) en la parroquia Malacatos sector “San José”*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Loja.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Proceso de obtención de los grits de arroz



Recepción de la materia prima



Molienda de arroz.



Envasado de grits de arroz



Pesado de los grits de arroz

## Anexo 2. Proceso de obtención de los grits de kiwicha



Recepción de la materia prima



Pesado de la kiwicha



Secado de los granos de kiwicha



Molienda de los granos de kiwicha.

### Anexo 3. Proceso de obtención de los grits de maíz morado



Recepción de la materia prima



Desgranado



Secado de la materia prima.



Molienda de los granos



Envasado de los grits de maíz morado

#### Anexo 4. Elaboración de los snacks extruidos



Grits de maíz morado, arroz y kiwicha



Mezclado de los grits de las 3 materias primas.



Empaquetado de las formulaciones.



Proceso de extrusión



Agregado del recubrimiento  
(miel de abeja).



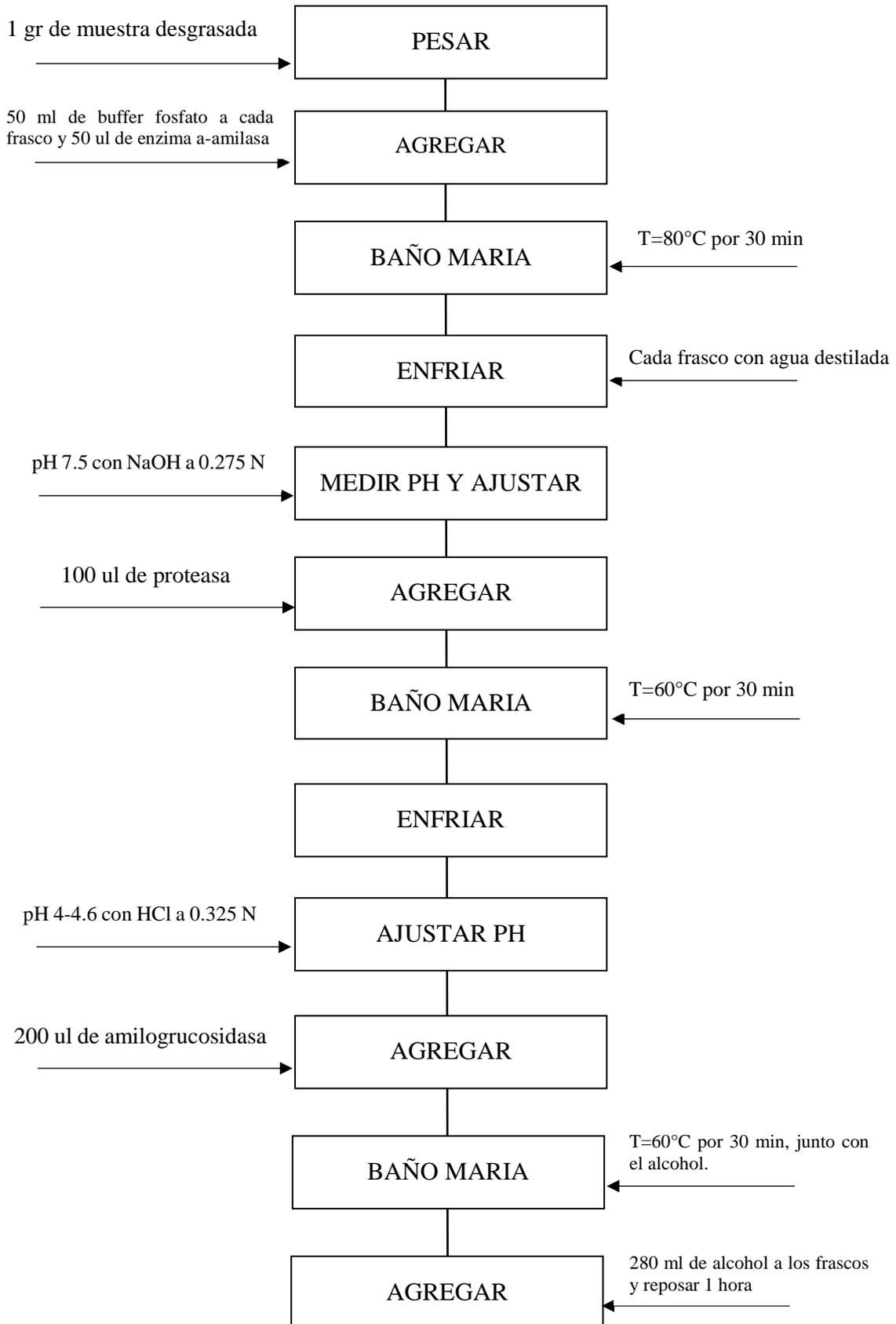
Secado de los snacks extruidos.

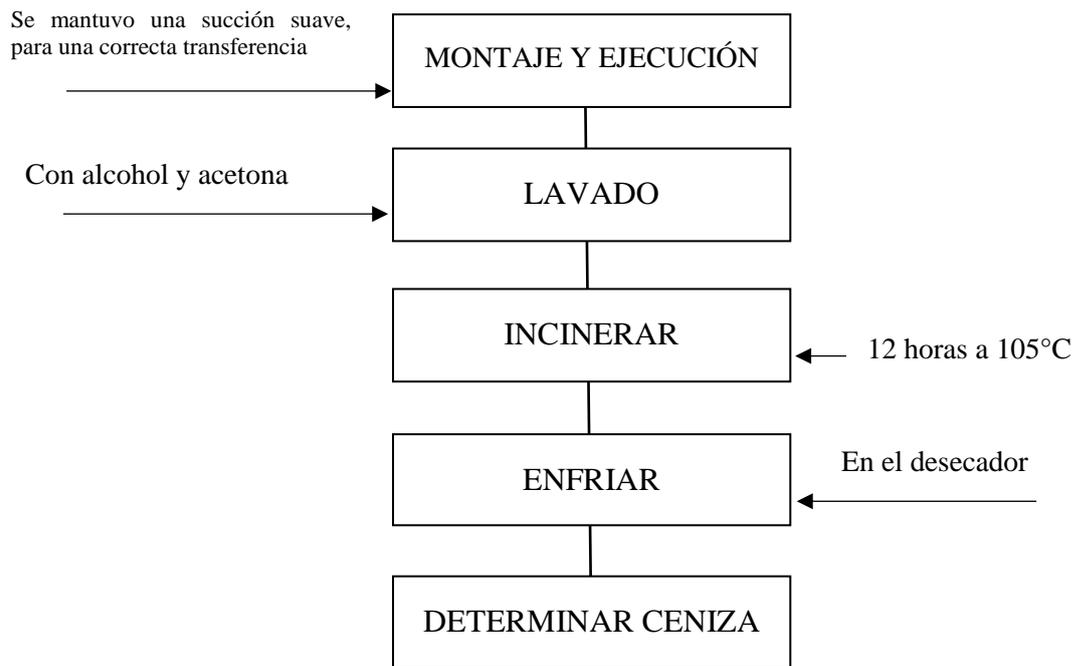


Envasado de los snacks.

## Anexo 5. Caracterización proximal de las materias primas

### - DETERMINACIÓN DE FIBRA





**Imagen 4.** Diagrama de flujo para la determinación de fibra



Pesado de la muestra desgrasada



Adición de reactivos



Baño maría



Medición y ajuste del ph



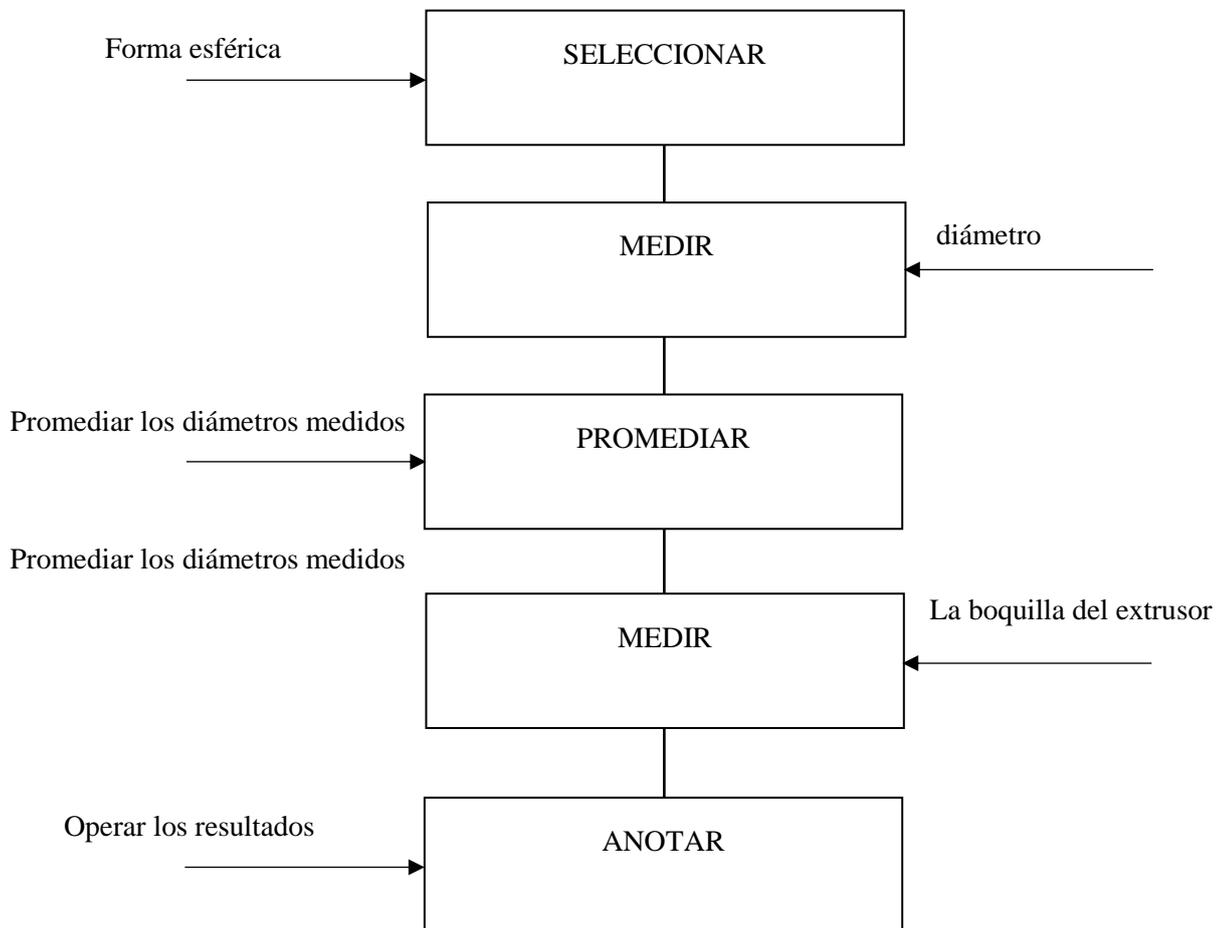
Muestras finales



Ejecución de equipo

## Anexo 6. Análisis de los snacks extruidos de grits de arroz, maíz morado y kiwicha

### - DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN



**Imagen 5.** Diagrama de flujo para el índice de expansión

Fórmula:

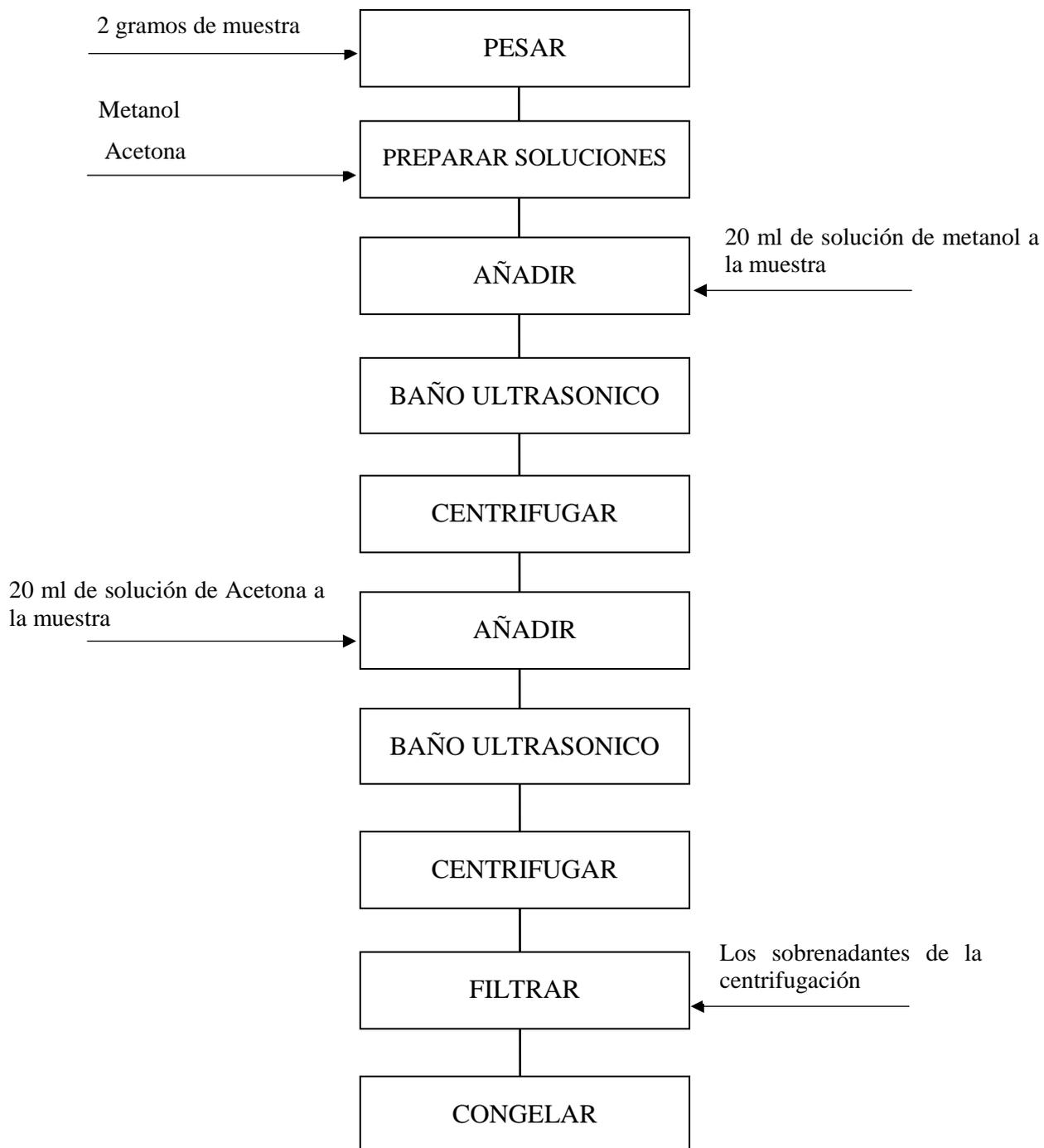
$$INDICE\ DE\ EXPANSION = \frac{Dm}{Db}$$

Donde:

Dm = Diámetro promedio de la muestra

P0 = Diámetro de la boquilla

**- BTENCIÓN DEL EXTRACTO PARA EL ANALISIS DE POLIFENOLES  
TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**



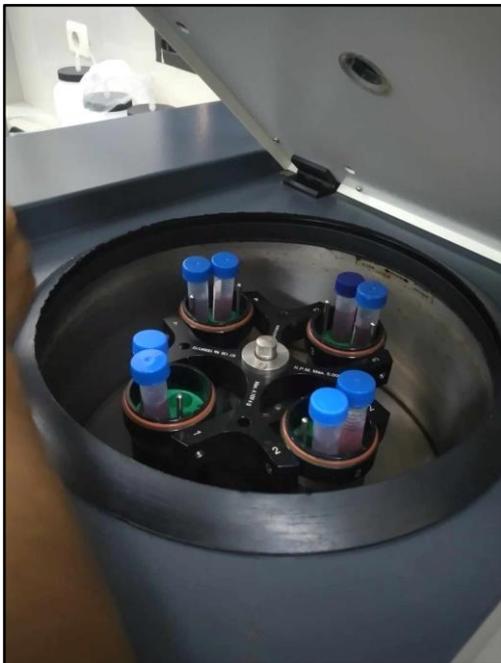
**Imagen 8.** Diagrama de flujo para la determinación de Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante



Pesado de la muestra



Baño ultrasónico

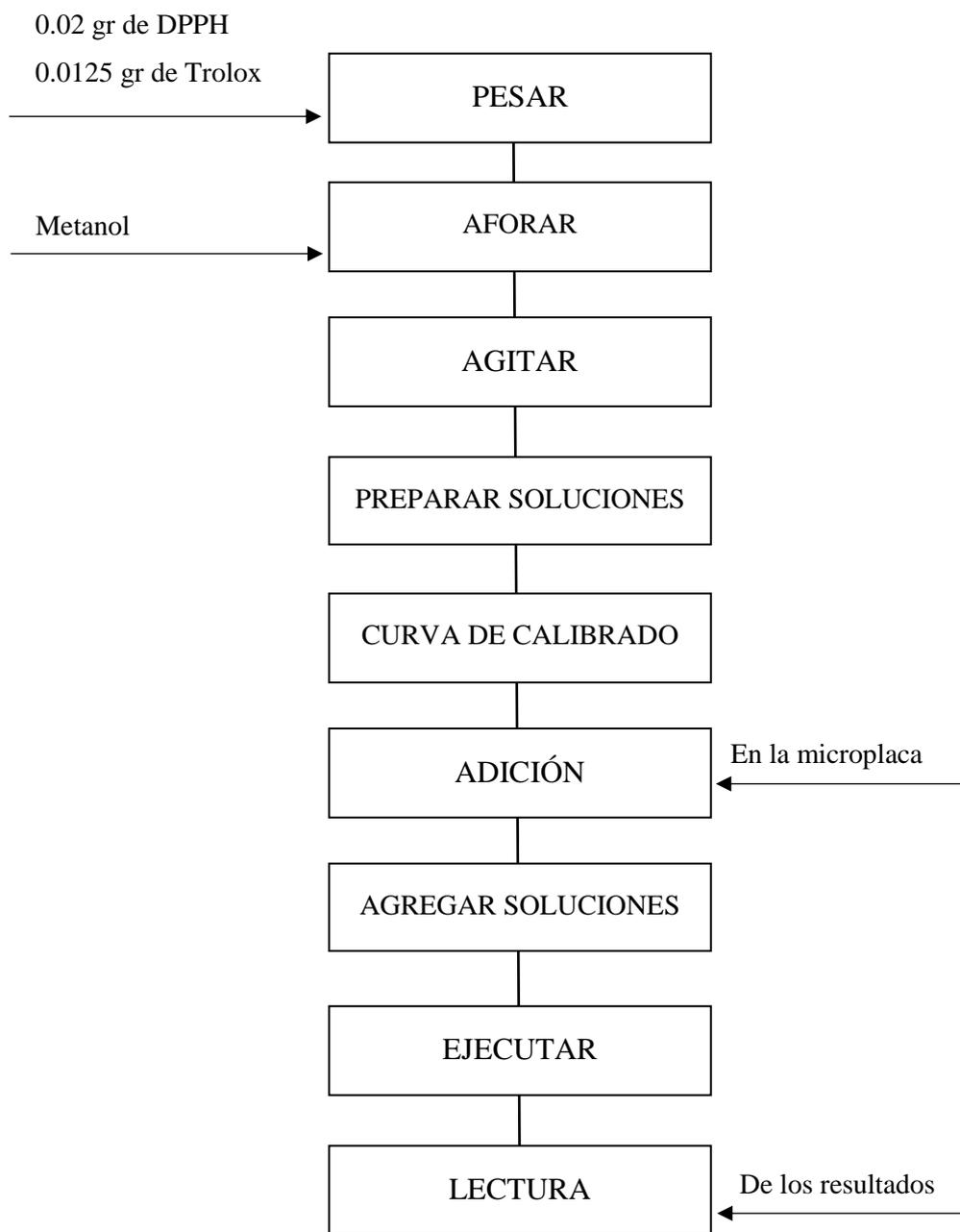


Centrifugado de las muestras



Muestras finales

- **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**



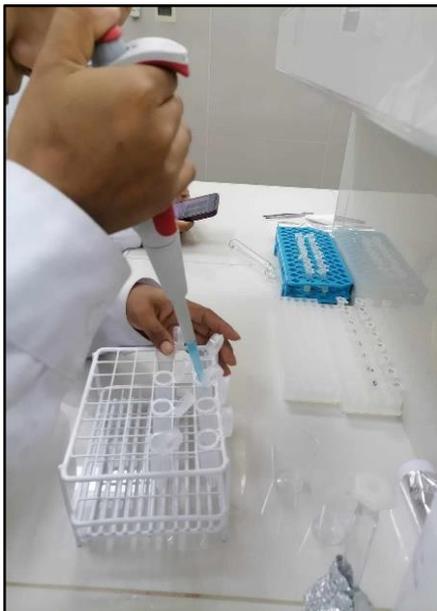
**Imagen 9.** Diagrama de flujo para la determinación de Capacidad Antioxidante



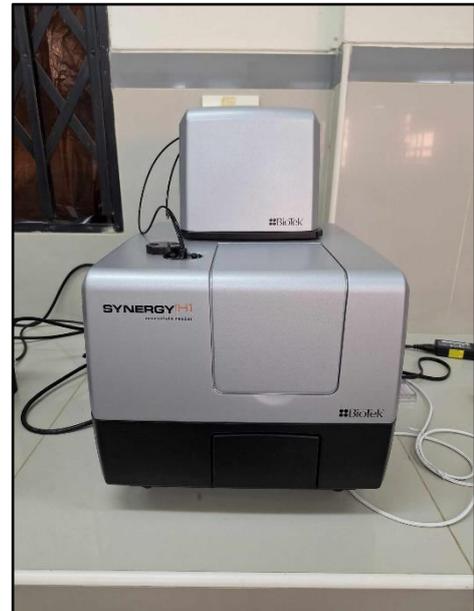
Pesado de los reactivos



Soluciones preparadas



Preparación de la curva de calibrado



Lectura de la microplaca en el multimodal

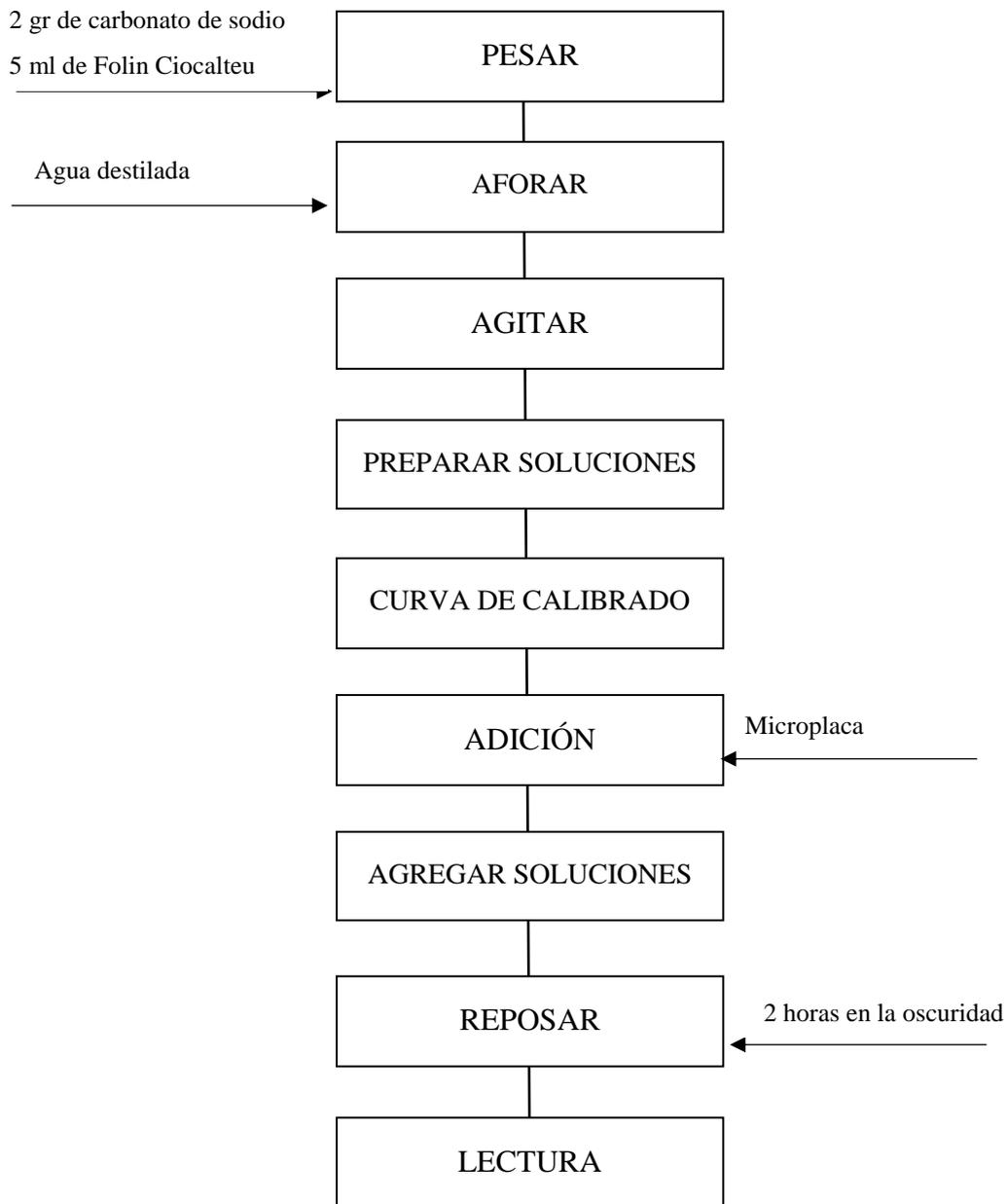
- **DETERMINACIÓN DE LOS POLIFENOLES TOTALES**

0.0225 gr de Ácido gálico

2 gr de carbonato de sodio

5 ml de Folin Ciocalteu

Agua destilada



**Imagen 10.** Diagrama de flujo para la determinación de Polifenoles Totales



Pesado de los reactivos



Preparación de la curva de calibrado



Adición de las muestras a la microplaca



Lectura en el multimodal

## Anexo 7. Análisis sensorial formulaciones

### - Ficha de evaluación del Análisis Sensorial

#### **FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE SNACKS EXTRUIDOS**

**Nombres y Apellidos:** .....

**Edad:** ..... **Sexo:** ..... **Fecha:** ...../...../.....

**Instrucciones:** Estimados panelistas frente a Ud. Se presentan 7 muestras de snacks extruidos, por favor califique respecto a los atributos de sabor, olor, color, textura y aceptabilidad general.

La calificación para los criterios de evaluación de los snacks se encuentra en una escala de 1 a 7, donde:

Puntaje	Nivel de agrado
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

**Recuerda:** Enjuáguese la boca con agua brindada al finalizar cada evaluación de muestra.

ATRIBUTO	MUESTRAS						
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
Sabor							
Olor							
Color							
Textura							
Aceptabilidad general							



## Anexo 8. Análisis de proteínas (snack extruido y materias primas)



### INFORME ENSAYO N° 00119-2024

Pág. 1/1

SOLICITANTE : CASTILLO CHAVARRY ARIANA  
VERA RAMIREZ JERSON  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
DIRECCION : Av. Pacifico N° 508 Urb. Buenos Aires. Nuevo Chimbote  
PRODUCTO (DECLARADO) : SNACK EXTRUIDO DE MAIZ MORADO, ARROZ  
Y QUIWICHA  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20.01.2024.  
FECHA DE ANÁLISIS : 20.01.2024.  
ENSAYO REALIZADO EN : Av. Los Pescadores Mz. D Lt. 5-1B  
Zona Industrial Gran Trapecio. CHIMBOTE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 0.5 Kg. Aprox.  
PRESENTACIÓN : Bolsita de Polietileno cerrada y rotulada  
SOLICITUD DEL SERVICIO : N° 00121-2024

### RESULTADO DEL ANÁLISIS QUIMICO

PROTEINAS : 8.48 %

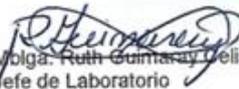
N x 6.25 %

#### MÉTODO DE REFERENCIA UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS:

PROTEÍNAS : N.T.P. ISO 20483:2016 (revisada el 2022)

#### OBSERVACIÓN

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio, sobre muestra proporcionada por el solicitante.

  
Mbgá. Ruth Guimaraes Delis  
Jefe de Laboratorio  
C.B.P.: 2461



Chimbote, enero 21 del 2024.

Los resultados de presente informe corresponden solo a la muestra indicada y no pueden ser utilizados como certificación de conformidad.

**INFORME DE ENSAYO N° 00928-2024**

Pág. 1/1

SOLICITANTE : CASTILLO CHAVARRY ARIANA  
VERA RAMIREZ JERSON  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
PRODUCTO (DECLARADO) : GRITS DE ARROZ  
ECHA DE RECEPCIÓN : 03.08.2024  
FECHA DE ANÁLISIS : 03.08.2024  
ENSAYO REALIZADO EN : Av. Los Pescadores Mz. D Lt. 5-1B  
Zona Industrial Gran Trapecio. CHIMBOTE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 Muestra x 0.5 Kg aprox.  
IDENTIFICACION : NINGUNA  
PRESENTACIÓN : Bolsita de Polietileno cerrada  
SOLICITUD DEL SERVICIO : N° 00924-2024

**RESULTADO DEL ANÁLISIS QUIMICO**

PROTEINAS : 8.11 %

---

**MÉTODO DE REFERENCIA UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS:**

PROTEÍNAS : N.T.P. ISO 20483:2016 (revisada el 2022)

**OBSERVACIÓN**

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio, sobre muestra proporcionada por el solicitante

  
Ruth Guimaraez Celis  
Jefe de Laboratorio  
C.B.P.: 2461



Chimbote, Agosto 03 del 2024.

Los resultados de presente informe corresponden solo a la muestra indicada y no pueden ser utilizados como certificación de conformidad.

**INFORME DE ENSAYO N° 00929-2024**

Pág. 1/1

SOLICITANTE : CASTILLO CHAVARRY ARIANA  
VERA RAMIREZ JERSON  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
PRODUCTO (DECLARADO) : GRITS DE MAIZ MORADO  
ECHA DE RECEPCIÓN : 03.08.2024  
FECHA DE ANÁLISIS : 03.08.2024  
ENSAYO REALIZADO EN : Av. Los Pescadores Mz. D Lt. 5-1B  
Zona Industrial Gran Trapecio. CHIMBOTE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 Muestra x 0.5 Kg aprox.  
IDENTIFICACION : NINGUNA  
PRESENTACIÓN : Bolsita de Polietileno cerrada  
SOLICITUD DEL SERVICIO : N° 00925-2024

**RESULTADO DEL ANÁLISIS QUÍMICO**

PROTEINAS : 10.17 %

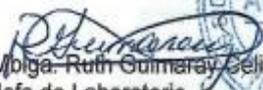
---

**MÉTODO DE REFERENCIA UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS:**

PROTEÍNAS : N.T.P. ISO 20483:2016 (revisada el 2022)

**OBSERVACIÓN**

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio, sobre muestra proporcionada por el solicitante.

  
Mónica Ruth Guimaray Celis  
Jefe de Laboratorio  
C.B.P.: 2461



Chimbote, Agosto 03 del 2024.

Los resultados de presente informe corresponden solo a la muestra indicada y no pueden ser utilizados como certificación de conformidad.

**INFORME DE ENSAYO N° 00927-2024**

Pág. 1/1

SOLICITANTE : CASTILLO CHAVARRY ARIANA  
VERA RAMIREZ JERSON  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
PRODUCTO (DECLARADO) : GRITS DE KIWICHA  
ECHA DE RECEPCIÓN : 03.08.2024  
FECHA DE ANÁLISIS : 03.08.2024  
ENSAYO REALIZADO EN : Av. Los Pescadores Mz. D Lt. 5-1B  
Zona Industrial Gran Trapecio. CHIMBOTE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 Muestra x 0.5 Kg aprox.  
IDENTIFICACION : NINGUNA  
PRESENTACIÓN : Bolsita de Polietileno cerrada  
SOLICITUD DEL SERVICIO : N° 00923-2024

**RESULTADO DEL ANÁLISIS QUÍMICO**

PROTEÍNAS : 12.89 %

---

**MÉTODO DE REFERENCIA UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS:**

PROTEÍNAS : N.T.P. ISO 20483:2016 (revisada el 2022)

**OBSERVACIÓN**

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio, sobre muestra proporcionada por el solicitante.

  
Mónica Ruth Guimarães Celis  
Jefe de Laboratorio  
C.B.P.: 2461



Chimbote, Agosto 03 del 2024.

Los resultados de presente informe corresponden solo a la muestra indicada y no pueden ser utilizados como certificación de conformidad.