

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

### PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



### TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

---

Efecto de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa*), harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), salvado de avena (*Avena Sativa*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*) deshidratado sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una barra alimenticia

---

**Área de Investigación:**  
Tecnología de Alimentos

**Autor:**  
Sánchez Pereda, Elmer Aarón

**Jurado Evaluador:**  
**Presidente:** Pérez Azahuanche, Fredy Romel  
**Secretario:** Rodríguez Zevallos, Antonio Ricardo  
**Vocal:** Pretell Vásquez, Carla Consuelo

**Asesor:**  
Márquez Villacorta, Luis Francisco  
**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4070-788X>

TRUJILLO – PERÚ  
2023

**Fecha de sustentación:** 23/11/2023

# Tesis Elmer Aarón Sánchez Pereda

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

**17**%  
INDICE DE SIMILITUD

**18**%  
FUENTES DE INTERNET

**0**%  
PUBLICACIONES

**5**%  
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

**1** [repositorio.upao.edu.pe](http://repositorio.upao.edu.pe) Fuente de Internet **8**%

---

**2** [hdl.handle.net](http://hdl.handle.net) Fuente de Internet **7**%

---

**3** [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co) Fuente de Internet **3**%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Francisco Márquez Villacorta, docente del Programa de Estudio de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Efecto de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa*), harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), salvado de avena (*Avena Sativa*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*) deshidratado sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una barra alimenticia”, autor Elmer Aarón Sánchez Pereda, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (11 de enero de 2024).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 11 de enero de 2024

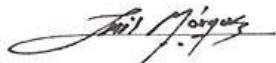
Asesor: Luis Francisco Márquez Villacorta Autor: Elmer Aarón Sánchez Pereda

DNI: 40312374

DNI: 71986357

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4070-788X>

Firma:



Firma:



La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

---

Ing. Dr. Fredy Romel Pérez Azahuanche  
PRESIDENTE

---

Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos  
SECRETARIO



---

Ing. Dra. Carla Consuelo Pretell Vásquez  
VOCAL



---

Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se encuentra dedicada a Dios, en reconocimiento a la fortaleza que me brindó, permitiéndome llegar a este momento de gran valor.

Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres, a quienes considero los pilares esenciales de mi vida, por su apoyo inquebrantable y su constante presencia a mi lado. Asimismo, deseo manifestar mi aprecio a toda mi familia en su totalidad por respaldarme en todo instante.

Quiero expresar mi gratitud hacia mis docentes, quienes me acompañaron en mi trayecto académico, impartiendo no solo conocimiento, sino también inculcando principios éticos fundamentales.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que desempeñaron un papel crucial en el logro de esta investigación. En particular, deseo destacar a mi asesor, el Ingeniero Magister Luis Francisco Márquez Villacorta, por su dirección, supervisión y motivación constante durante la ejecución de este trabajo.

Además, extendiendo mi gratitud hacia los destacados miembros del comité de evaluación: el Doctor Fredy Romel Pérez Azahuanche, el Doctor Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos, y la Doctora Carla Consuelo Pretell Vásquez, por sus minuciosas y valiosas recomendaciones que contribuyeron a perfeccionar mi proyecto.

La Ingeniera María Hayayumi merece un reconocimiento especial por su inestimable apoyo en las labores de laboratorio, que resultaron fundamentales para la realización de este proyecto.

No puedo pasar por alto la mención de mis amigos y compañeros, quienes estuvieron a mi lado, brindándome ánimo y respaldo en la consecución de este logro. Les estoy profundamente agradecido a todos ellos.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1. ARÁNDANO.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Composición química y nutricional del arándano .....	4
2.1.3. Características del fruto de arándano .....	6
2.1.4. Producción nacional de arándano .....	7
2.1.5. Arándano deshidratado .....	7
2.2. TARWI.....	8
2.2.1. Generalidades.....	8
2.2.2. Composición química y nutricional del tarwi.....	8
2.2.3. Harina de tarwi .....	9
2.3. BARRA ALIMENTICIA.....	10
2.3.1. Generalidades.....	10
2.3.2. Composición química y nutricional de barra alimenticia.....	11
2.3.3. Tipos de barras alimenticias.....	12
2.3.4. Ingredientes para la elaboración de la barra alimenticia .....	12
2.4. HIDROCOLOIDES.....	17
2.4.1. Definición .....	17
2.4.2. Hidrocoloides como aglutinantes en barras alimenticias.....	17

	Pág.
2.4.3. Goma xantana.....	18
2.5. FIBRA DIETÉTICA .....	18
2.5.1. Definición.....	18
2.5.2. Clasificación de la fibra dietética de acuerdo a su solubilidad (soluble e insoluble) .....	22
2.5.3. Beneficios para la salud .....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	21
3.2. MATERIALES.....	21
3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	22
3.4. METODOLOGÍA.....	22
3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de las barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado.....	22
3.4.2. Formulaciones para la elaboración de las barras alimenticias .....	24
3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de la barra alimenticia a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado.....	24
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	27
3.5.1. Contenido de proteínas.....	27
3.5.2. Fibra cruda.....	27
3.5.3. Firmeza.....	28
3.5.4. Fenoles totales .....	28
3.5.5. Aceptabilidad general .....	28
3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS .....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre el contenido de proteínas en una barra alimenticia.....	31

4.2. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la fibra cruda en una barra alimenticia.....	37
4.3. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la firmeza en una barra alimenticia.....	41
4.4. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre los fenoles totales en una barra alimenticia .....	43
4.5. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la aceptabilidad general en una barra alimenticia .....	48
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES .....	53
VII. REFERENCIAS .....	54
VIII. ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición química y nutricional del arándano.....	5
Cuadro 2. Composición química y nutricional del tarwi .....	8
Cuadro 3. Composición química y nutricional de la harina de tarwi .....	10
Cuadro 4. Formulaciones de las barras alimenticias .....	24
Cuadro 5. Prueba de Levene para el contenido de proteínas de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	33
Cuadro 6. Análisis de varianza para el contenido de proteínas de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	34
Cuadro 7. Prueba de Duncan para el contenido de proteínas de la barra alimenticia con quinua expandida, harinas de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	34
Cuadro 8. Prueba de Levene para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	38
Cuadro 9. Análisis de varianza para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	38
Cuadro 10. Prueba de Duncan para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	39

Cuadro 11. Prueba de Levene para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	42
Cuadro 12. Análisis de varianza para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	43
Cuadro 13. Prueba de Duncan para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	43
Cuadro 14. Prueba de Levene para el contenido de fenoles totales la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	46
Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	47
Cuadro 16. Prueba de Duncan para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	47
Cuadro 17. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	50
Cuadro 18. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema experimental para la investigación de la barra alimenticia a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado .....	23
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de la barra alimenticia a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado .....	25
Figura 3. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la barra alimenticia a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado .....	30
Figura 4. Contenido de proteínas (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	31
Figura 5. Fibra cruda (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	35
Figura 6. Firmeza (N) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	40
Figura 7. Contenido de fenoles totales (mg AG/100 g) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	44
Figura 8. Aceptabilidad general en función de la en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Valores del contenido de proteínas (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	65
Anexo 2. Valores de la fibra cruda (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	66
Anexo 3. Valores de la firmeza (N) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	67
Anexo 4. Valores del contenido de fenoles totales (mg AG/100 g) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.....	68
Anexo 5. Valores de la aceptabilidad general en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia .....	69

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa*), harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), salvado de avena (*Avena Sativa*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*) deshidratado (26,4,17.5,2.5%; 24,6,15,5%; 22,8,12.5,7.5%; 20,10,10,10%; 18,12,7.5,12.5%; 16,14,5,15%) sobre el contenido de proteínas, fibra cruda, firmeza, fenoles totales y aceptabilidad general en una barra alimenticia. Para el análisis sensorial se trabajó con 50 panelistas no entrenados. La prueba de Levene demostró homogeneidad de varianza y el análisis de varianza indicó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de las formulaciones sobre cada una de las variables paramétricas, luego se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Para la aceptabilidad general, la prueba de Friedman demostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) y, por tanto, se complementó con la prueba de Wilcoxon. El tratamiento con la formulación de quinua expandida (16%), harina de tarwi (14%), salvado de avena (5%) y arándano deshidratado (15%) presentó el mayor contenido de proteínas con 13.78%; mayor contenido de fibra cruda con 13.13%; mejor firmeza con 13.66 N; mayor contenido de fenoles totales con 86.80 mg AG/100 g y presentó la mejor aceptación sensorial, así como características fisicoquímicas; con 7.20 puntos que representa "me agrada bastante".

Palabras claves: barra alimenticia, tarwi, arándano, proteínas y fibra cruda

## ABSTRACT

The effect of expanded quinoa, tarwi flour, oat bran and dehydrated blueberries (26,4,17.5,2.5%; 24,6,15,5%; 22,8,12.5,7.5%; 20,10,10,10%; 18,12,7.5,12.5%; 16,14,5,15%) on protein content, crude fiber, firmness, total phenols and general acceptability in a food bar was evaluated. For the sensory analysis, we worked with 50 untrained panelists. Levene's test demonstrated homogeneity of variance and the analysis of variance indicated a significant effect ( $p < 0.05$ ) of the formulations on each of the parametric variables, then Duncan's multiple comparisons test was applied. For general acceptability, the Friedman test showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) and, therefore, it was complemented with the Wilcoxon test. The treatment with the formulation of expanded quinoa (16%), tarwi flour (14%), oat bran (5%) and dehydrated blueberry (15%) presents the highest protein content, 13.78%; higher crude fiber content, 13.13%; best firmness, 13.66 N; highest content of total phenols, 86.80 mg AG/100 g and presented the best sensory acceptance, as well as physicochemical characteristics; with 7.20 points representing "I quite like it".

Keywords: food bar, tarwi, blueberry, protein and crude fiber

## I. INTRODUCCIÓN

El consumo de productos inocuos y nutricionales está aumentando, existiendo mayor consciencia sobre la importancia de los alimentos en una vida saludable. Así mismo, existe interés por el consumo correcto de alimentos equilibrados que permitan prevenir problemas de salud, a causa de una inadecuada alimentación. Un ejemplo es el consumo de barras alimenticias que son elaboradas a partir de cereales expandidos, extruidos o deshidratados; con sabor agradable dulce, y que son fuentes de vitaminas, minerales, fibra, proteínas y carbohidratos complejos (Echeverri, 2021).

El arándano fresco es un fruto rico en flavonoides, ácidos fenólicos, vitamina A y un importante aporte de vitamina C, también contiene fibra, minerales y una elevada actividad antioxidante debido a su contenido de antocianinas y otros compuestos fenólicos. Las antocianinas son las responsables de los colores en este tipo de frutos, que incluyen el azul, púrpura, violeta y rojo (Cortez, 2018).

La deshidratación es una técnica ampliamente utilizada para la conservación de alimentos; al reducir el contenido de humedad de las frutas se previene el crecimiento de microorganismos y se minimizan las reacciones bioquímicas. Además, el deshidratado disminuye volumen y peso, modifica y concentra los compuestos nutricionales y la apariencia general del alimento (Gómez, 2019).

La fibra de cereales es más empleada en la elaboración de alimentos, en comparación, al de frutas; sin embargo, la fibra proveniente de las frutas contiene mejores propiedades funcionales, como el balance entre fibra dietética soluble y la fibra dietética insoluble, y por su alta capacidad de retención de agua y capacidad de absorción de lípidos. Investigaciones

sobre fibra dietética en frutas después de someterlos a procesos de deshidratación reportaron importantes porcentajes (25-60%) y mejores relaciones de fibra dietética soluble/fibra dietética insoluble, que los cereales (Melati y otros, 2021).

Es posible obtener un producto con mayor calidad nutricional y funcional eligiendo y complementando las materias primas, constituyendo una alternativa de alimentación saludable, con el propósito de satisfacer las necesidades de diversos grupos; siendo actualmente, un tema complejo y multidimensional de abordar. Investigaciones relacionadas al consumo de barras alimenticias como sustitutos de comidas han demostrado generar saciedad y aceptabilidad de los consumidores, también, se están desarrollando productos para dar valor agregado, compensando desequilibrios alimentarios y garantizando la ingesta necesaria de nutrientes para el mantenimiento y mejora de la salud humana (Gastulo y Quevedo, 2021).

El futuro de la alimentación son las leguminosas, como cultivos sostenibles con el medio ambiente, además, de buena fuente de nutrientes (especialmente proteínas de bajo costo); lo cual contribuye a lograr la seguridad alimentaria. El tarwi o chocho es una leguminosa andina con un gran potencial para su consumo masivo en humanos, ya que ofrece 42% de proteínas; además, en la obtención de su harina es necesario realizar un proceso de desamargado; esto permitirá concentrar aún más este nutriente hasta en 51%, un elevado contenido de aceite entre 18 a 22% y entre los micro elementos sobresale el hierro (7.8 mg/100 g) básico para la producción de hemoglobina (Carhuallanqui, Ccora, Vilcapoma y Casas, 2022).

Para la elaboración de una barra alimenticia (compuesta de ingredientes secos, aglutinantes y a veces compuestos de recubrimiento) se debe

garantizar el sabor y la textura adecuada y; la correcta elección del aglutinante es un gran desafío para la industria alimentaria; investigaciones han demostrado que la adición de la goma xantana aporta una textura agradable, sin olor ni sabor; además, ayuda en la estabilidad y conservación de las barras de cereales. Por otro lado, su función a altas temperaturas y a amplios rangos de pH no es afectado, pero una adición excesiva imparte una textura indeseable, gomosa y chiclosa en confitería y barras alimenticias (Iglesias-Guevara, Febles, Comesaña y Arencibia, 2022).

Debido al aporte nutricional del tarwi, así como, la fibra y compuestos antioxidantes del arándano deshidratado, se planteó en esta investigación elaborar una barra alimenticia con características nutricionales y sensoriales aceptables.

Los objetivos planteados fueron:

- Evaluar el efecto de la formulación a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre el contenido de proteínas, fibra cruda, fenoles totales, firmeza y aceptabilidad general de una barra alimenticia.
- Determinar la formulación que produzca el mayor contenido de proteínas, fibra cruda y fenoles totales, mejor firmeza y mayor aceptabilidad general de una barra alimenticia.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. ARÁNDANO

#### 2.1.1. Generalidades

El arándano, es una especie frutal arbustiva, perteneciente al género *Vaccinium*, que se desarrolla en forma natural en Norteamérica. Existen tres especies con importancia económica: *Vaccinium angustifolium* Alton (arándano bajo o “lowbush”), *Vaccinium ashei* Reade (arándano ojo de conejo o “rabbiteye”) y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o “highbush”). Estos arbustos pueden medir hasta 4 m, su origen geográfico es el hemisferio Norte, especialmente los Estados Unidos y Canadá. La mayor extensión cubierta por este frutal corresponde al arándano bajo, que crece silvestre en las regiones frías de Norteamérica. El arándano alto y el arándano ojo de conejo son variedades comerciales (SENASA, 2021; Cortez, 2018).

Los arándanos son frutos de la familia de los berries, considerado una fruta nutracéutica debido al aporte de antioxidante, vitaminas y minerales, entre otras. Sus beneficios sobre la salud son lo que principalmente han generado un aumento en su demanda en menos de una década, Perú logra producir aproximadamente 14 mil Ha, con rendimientos elevados en regiones de La Libertad y Lambayeque (Sánchez y Tanta, 2020).

#### 2.1.2. Composición química y nutricional del arándano

El arándano es un fruto de bajo valor calórico por su escaso aporte de carbohidratos, excelente fuente de fibra que mejora el tránsito intestinal, y en de potasio, hierro, así como, en taninos de acción astringente. Este tipo de fruta constituye una de las fuentes más importantes de antocianinas, que le confieren su color característico y que están junto con ácidos orgánicos tales como el ácido oxálico o el ácido málico, responsables

también de su sabor. La vitamina C tiene acción antioxidante, al igual que las antocianinas y carotenoides. Dicha vitamina interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (Sánchez y Tanta, 2020; ADEX, 2021). En el Cuadro 1, se presenta la composición nutricional del arándano (en 100 g de fruta).

Cuadro 1. Composición nutricional del arándano

Componentes	Contenido (100 g de fruta)
Energía (kJ)	175.7
Proteínas (g)	0.3
Carbohidratos (g)	6.9
Fibra (g)	1.7
Vitamina A (UI)	30.0
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0.014
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0.0024
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0.012
Vitamina C (mg)	17.0
Sodio (mg)	2.0
Potasio (mg)	72.0
Calcio (mg)	14.0
Magnesio (mg)	6.0
Hierro (mg)	0.5
Cobre (mg)	0.26
Fosforo (mg)	10.0
Cloro (mg)	4.0

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

Además, los arándanos mejoran la actividad antibacteriana y antiinflamatoria del cuerpo, facilitando la prevención y tratamiento de infecciones gástricas y urinarias (Meléndez-Jácome, Romero, Sandoval, Vásquez y Racines, 2021).

Los compuestos fenólicos son los principales responsables de su capacidad antioxidante, siendo los frutos del arándano una de las mejores fuentes de fenoles de distinta naturaleza como los ácidos fenólicos, flavonoles, antocianinas y proantocianidinas (Sánchez y Tanta, 2020). Estas antocianinas se caracterizan por la deficiencia de electrones, que las hace muy reactivas frente a los radicales libres presentes en el cuerpo. Por tanto, están asociadas a esta capacidad de actuar como antioxidantes y secuestrar radicales libres en sistemas biológicos. Estos pueden donar hidrógenos o electrones a los radicales libres o bien atraparlos y desplazarlos en su estructura aromática (Cortez, 2018).

#### 2.1.3. Características del fruto de arándano

Meléndez-Jácome y otros (2021) mencionan que el fruto de arándano presenta las siguientes características físicas:

Forma: el fruto es una baya esférica, redonda u oval.

Tamaño: entre 7 y 12 mm de diámetro.

Color: es azul cuando alcanza la plena madurez o rojo, según la variedad.

Aparece cubierto por un polvillo azulado o una cera resistente más o menos brillante.

Sabor: su pulpa jugosa y aromática de sabor agridulce.

#### 2.1.4. Producción nacional de arándano

La producción de arándano en el 2021 ascendió a 161 254 t, valor superior en 23% respecto al año anterior (149 782 t) según Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Contribuyeron a este resultado la mayor producción de los departamentos de Ica (36.5%), Áncash (20%),

Lambayeque (14.8%) y La Libertad (7.2%); principales departamentos productores que concentraron el 78.5% del total nacional (Andina, 2021).

Al término del 2020, se llegaron a exportar 100 000 t de arándano, lo que significó un aumento, en comparación, del 2018, año en el que se exportaron 58 000 t, prevaleciendo la importancia del consumo constante de este fruto en otros países (MINAGRI, 2020).

#### 2.1.5. Arándano deshidratado

La deshidratación consiste en eliminar el agua que contiene los alimentos, esto puede darse por medio de fuentes de calor ya sea solar o eléctrica. La eliminación del agua impide el crecimiento de bacterias, mohos que no pueden vivir en un medio de baja humedad. Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original (Gómez, 2019).

Existen diferentes procesos para la deshidratación de berries, los comúnmente conocidos son el deshidratado convencional o por aire forzado y deshidratación por osmosis (Meléndez-Jácome y otros, 2021):

Deshidratado convencional o deshidratado por aire forzado. Los frutos son expuestos al aire caliente para evaporar el agua contenida. La temperatura debe de ser contralada y no exceder sobre los 70-75 °C, con el propósito de conservar las propiedades nutricionales y sensoriales.

Deshidratado osmótico. Permite obtener productos deshidratados con mínimo procesamiento, basado en flujos osmóticos que se establecen al agregar un alimento en una solución concentrada, generalmente a base de un azúcar (sacarosa o fructosa); se elimina el agua debido al intercambio de presiones de la solución osmótica y la fracción líquida del alimento.

## 2.2. TARWI

### 2.2.1. Generalidades

Es una leguminosa de alto valor nutritivo, que se distingue por su contenido de proteína y por sus características agronómicas como: rusticidad, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a la planta, adaptabilidad a medios ecológicos más secos, ubicados entre 2800 y 3600 m.s.n.m. (Ávila, Quispe y Vegas, 2020). El fruto es una vaina alargada de 5 a 12 cm y contiene 3 a 8 granos ovalados, comprimidos en la superficie y con una amplia variabilidad en cuanto al color, el mismo que va desde blanco puro hasta el negro (Gutiérrez, Infantes, Pascual y Zamora, 2017).

### 2.2.2. Composición química y nutricional del tarwi

El tarwi o chocho es importante por su alto contenido de proteínas y aceite, nutrientes que lo colocan en un plano comparable al de la soya (Gutiérrez y otros, 2017). En el Cuadro 2, se presenta la composición química y nutricional del tarwi amargo y desamargado.

Cuadro 2. Composición química y nutricional del grano de tarwi

Componentes	Grano de tarwi amargo	Grano de tarwi desamargado
Humedad (%)	10.13	11.82
Proteínas (%)	52.80	54.05
Grasa (%)	20.48	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	5.52	2.54

Fuente: Ávila y otros (2020).

La fibra se ubica principalmente en la cáscara del grano, incluye aquellos componentes del tarwi que no pueden ser degradados por las enzimas digestivas del hombre. Su contenido en el grano desamargado desciende a 10.37%. El mineral predominante es el calcio, con una concentración

promedio de 0.48% y el fósforo en 0.43%, ambos, localizándose en la cáscara del grano (Ávila y otros, 2020). En el tarwi sobresale el hierro (7.84 mg/100 g), mineral básico para la producción de hemoglobina (Carhuallanqui y otros, 2022).

Los granos de tarwi ocupan uno de los primeros lugares entre los alimentos nativos con elevado contenido de proteína y aceite a nivel mundial. Sin embargo, el grano requiere un tratamiento previo a su consumo para eliminar los alcaloides; consistiendo en la cocción en agua durante 20 min y su posterior desaguado durante 5 días, hasta obtener un grano libre de amargor. Se ha reportado la existencia de diferentes alcaloides quinolizidinicos presentes en los granos, entre los que destacan: esparteína, lupina y lupanina; los cuales se emplean para controlar ectoparásitos. Para aprovechar el tarwi en la alimentación humana y animal es necesario extraer las sustancias amargas o alcaloides mediante un procedimiento de reducción de su contenido (Carhuallanqui y otros, 2022).

### 2.2.3. Harina de tarwi

Según Ávila y otros (2020), una vez que el grano o la semilla han quedado libre de compuestos amargos se procede a secarlo; mediante método natural que consiste en la utilización de la energía solar hasta llegar entre 10 y 11% de humedad. Y el método artificial es por secado de bandejas mediante un sistema inyector de calor y aireación hasta llegar 10% de humedad.

En el Cuadro 3, se presenta la composición química y nutricional de la harina de tarwi.

Cuadro 3. Composición química y nutricional de la harina de tarwi

Componentes	Cantidades
Humedad (%)	7.3
Proteínas (%)	52.8
Carbohidratos	13.4
Grasa (%)	23.2
Fibra (%)	7.5
Ceniza (%)	2.4
Hierro (mg/100 g)	0.72
Fosforo (mg/100 g)	440.0
Calcio (mg/100 g)	84.3

Fuente: Pantoja-Tirado, Prieto y Aguirre (2020)

La harina de tarwi o chocho es un producto que se obtiene de la molienda del grano de tarwi previamente desamargado (0.02% alcaloides), tiene un color ligeramente amarillento y contenido proteico mayor a 49%. Existe una correlación positiva entre proteínas y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite, significa que cuantas más proteínas tenga, mayor será la cantidad de alcaloide, esto no ocurre con la grasa. Además, presenta un sabor a leguminosa, pero es necesario un proceso previo de cocción para mejorar el sabor. La humedad y el contenido graso del grano dificultan el proceso de molienda, por tanto, evitar el aumento de temperatura durante la molienda y humedad inferior a 8% para evitar pérdidas nutricionales y adhesión de la harina en el molino (Pantoja-Tirado y otros, 2020).

## 2.3. BARRA ALIMENTICIA

### 2.3.1. Generalidades

Son productos compuestos que aportan nutrientes básicos; principalmente carbohidratos, aunque en su mayoría están adicionados con otros nutrientes. Es necesario considerar que no son alimentos completos ya que

no cubren con las necesidades básicas de macronutrientes (carbohidratos, proteínas y grasas). Son un producto altamente comercializado, por ello la introducción de nuevos sabores, tamaños y propiedades ha abierto una enorme puerta, permitiendo así ganar mayor aceptación cada día (Solís y González, 2019).

Las barras de cereales se caracterizan por poseer grandes cantidades de calorías, en su mayoría aportan entre 300 y 500 kcal/100 g; siendo buenas fuentes de granos integrales y fibra, manteniendo características sensoriales aceptables (Verduga, Santamaría, Gordillo y Montero, 2022).

Las barras de suplemento nutricional son aliados para personas que realizan algún tipo de actividad física, ayudando a recuperar su organismo de fuertes desgastes causados por los entrenamientos realizados, pueden variar en su contenido en carbohidratos, proteínas u otros nutrientes. Una alimentación saludable debe constar de 40% carbohidratos, 30% proteínas y 30% grasas (Solís y González, 2019).

### 2.3.2. Composición química y nutricional de la barra alimenticia

Poseen una actividad de agua de 0.4 a 0.8 (21 °C), y niveles de humedad de 5 a 13%, 60- 80% carbohidratos (por eso resultan tan energéticas), 3-24% grasas, 4-15% proteínas; y enriquecidas con vitaminas y minerales (Espinoza, Roldan y Espinoza, 2022).

Una barra alimenticia de alto valor nutricional está compuesta por frutos secos, azúcares agregados y otros productos. El 40% está constituido por cereales integrales, 27% de salvado de avena y el 9% de fruta deshidratada. El resto corresponde a mieles, aceites y compuestos para mejorar las características sensoriales y conservación (Siles y Guido, 2020).

Es una excelente fuente de energía en base a su contenido en carbohidratos, además, de aportar fibra, son muy bajas en grasa, pero de tipo insaturada beneficiosa para la salud, vitaminas del complejo B (menos B<sub>12</sub>, de origen animal), hierro, magnesio, fósforo y potasio. Por ser de origen vegetal, no contienen colesterol. Las versiones integrales; además, del aporte de fibra contienen fitoquímicos, sustancias bioactivas que reducen el riesgo contra enfermedades crónicas como las cardiovasculares y el cáncer (Solís y González, 2019).

### 2.3.3. Tipos de barras alimenticias

Según Espinoza y otros, (2022), la clasificación de las barras alimenticias se puede establecer según los criterios que se puedan plantear. Principalmente son: según el contenido de nutrientes más importantes, que marcará el uso preferente al que está destinada; y según su ingrediente prioritario, que determinará las características sensoriales de la barrita.

Según el nutriente principal de la barrita de cereal. Que no tiene que por qué coincidir siempre con el mayoritario:

- Barra hidrocarbonada: Su contenido en este macronutriente llega como mínimo a la mitad de todo el producto. Algunas marcas pueden contener hasta más del 70%.
- Barra proteica: Aunque su contenido hidrocarbonado sea elevado, la cantidad de proteínas que contienen hace que se catalogue en este apartado. El porcentaje proteico puede estar entre 5-20%.

Según el ingrediente prioritario o característico de la barra alimenticia:

- Barra con cereales: Avena, trigo, maíz, arroz, etc.
- Barra con chocolate: Utilizan este ingrediente como cubierta.
- Barra multifrutas: Su contenido es de frutas confitadas o deshidratadas, mezcladas con los cereales.

#### 2.3.4. Ingredientes para la elaboración de la barra alimenticia

Los principales ingredientes para la elaboración de la barra alimenticia son:

- **Salvado de avena**

La avena es uno de los principales ingredientes de las barras alimenticias. Cereal de alta calidad nutricional, rico en proteínas, ácido oleico, linoleico y vitaminas. Es rico en fibras solubles, denominadas  $\beta$ -glucanos; polisacáridos lineales, no ramificados, compuestos por unidades de glucosa unidas por conexiones de tipo  $\beta$ -1,4 y  $\beta$ -1,3. Son hidrosolubles y resistentes a los procesos digestivos (Espinoza y otros, 2021).

En la avena, la fibra dietética se encuentra principalmente en los tejidos externos del grano (cáscara y salvado), con funciones estructurales y de protección. Estos tejidos contienen más del 70% del total de la fibra alimentaria, mientras que el endospermo (capa más interna del grano) presenta cantidades relativamente pequeñas (Espinoza y otros, 2021).

- **Arroz expandido**

Se elabora calentando el centro de los granos de arroz a alta presión en presencia de vapor, si bien el método de fabricación admite muchas variantes. Es producido a partir de fragmentos de arroz (pasado en criba de agujeros circulares de 1.6 mm de diámetro), en un proceso de expansión termoplástica que combina alta temperatura y presión. En estas condiciones, se obtiene un producto instantáneo o pre-cocido y crujiente. El resultado será un snack rico en hidratos de carbono, proteínas y que contiene poca grasa. El producto tiene una estructura celular formada por bolsillos de aire envueltos por paredes de almidón gelatinizado, lo que contribuye a su textura quebradiza (Delgado, Ruiz, Sánchez, Zazueta, Aguilar, Carrillo, Camacho y Quintero, 2019).

- Quinoa expandida

Las bolitas de quinoa son resultado del proceso de inflado de los granos debido a un calentamiento húmedo, lo cual fragmenta moléculas más grandes de carbohidratos complejos en moléculas más pequeñas que son solubles en agua, al igual los fragmentos de fibra se unen para formar complejos grandes con otros compuestos y participan en la reacción de Maillard. El objetivo del proceso es obtener un producto crujiente y de uso inmediato. La quinoa posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas. Se caracteriza principalmente por la calidad de sus proteínas dada por los aminoácidos esenciales que constituye como: la isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. El proceso de expansión permite mejorar o modificar propiedades funcionales; además, desnaturaliza e inactiva factores antinutricionales para el desarrollo de nuevos productos. El valor del expandido de quinoa se fundamenta en su contenido proteico (12.6%) y contenido de fibra (3.6%), que realza la composición química de las barras alimenticias (Espinoza y otros, 2021; Cerón-Fernández, Guerra, Legarda, Enríquez y Pismag, 2016).

- Kiwicha expandida

Su contenido proteico oscila entre 14 y 18%, es de alta calidad por sus aminoácidos esenciales en particular lisina. Contiene entre 5 y 8% de aceites con un balance de ácidos grasos, monoinsaturados y poliinsaturados (Delgado y otros, 2019).

También, la kiwicha expandida puede emplearse para la elaboración de otros productos alimenticios y/o consumo directo. Diversos estudios indican que usando kiwicha procesado térmicamente se mejora la relación de eficiencia proteínica, así como, la digestibilidad y la destrucción de factores anti nutricionales, lo que hace más nutritiva a la semilla. Sobre la base de su poder nutricional se han desarrollado

estudios para optimizar las cualidades nutricionales y transformarlo en productos de mayor valor agregado, tales como las barras alimenticias nutricionales, productos especialmente diseñados para contribuir a optimizar el rendimiento físico y proporcionar energía (Solís y González, 2019).

- Maltodextrina

Son polímeros sacáridos que tienen un equivalente de dextrosa menor de 20. Se obtienen por hidrólisis del almidón con ácidos o enzimas. Se les encuentra como polvo blanco o en solución concentrada. Las soluciones de maltodextrina tienen un sabor suave, que puede reemplazar a grasas y aceites en una amplia variedad de formulaciones (Solís y González, 2019).

- Lecitina de soya

Es una sustancia natural, que se encuentra en la mantequilla, leche, yema de huevo y en diversos granos y frutos secos. Como es un producto natural, está exento de control por la legislación y queda en un apartado respecto de otras sustancias que se describirán más adelante. La lecitina comercial, viene con disolventes, pero su composición es variable y siempre contiene un porcentaje apreciable de aceite de soya (Espinoza y otros, 2021).

La lecitina comercial es un fluido o pasta plástica. Si se utiliza en exceso, transmite sabor desagradable. Las concentraciones útiles se encuentran normalmente entre 0.25-2.0% de la grasa y se disuelve convenientemente en ella antes de añadirla a los componentes de la receta (Solís y González, 2019).

- **Glucosa de maíz**

Se obtiene a partir de la hidrólisis del almidón de maíz. Otras fuentes de almidón son la yuca y el arroz (Solís y González, 2019). En las barras de cereal, la glucosa de maíz ejerce la función de agente agregador, es el principal ingrediente para la producción del jarabe (Espinoza y otros, 2021).
- **Azúcar invertido**

Se denomina a la mezcla de los azúcares (+) D- glucosa y (-) D- fructosa obtenida a partir de la inversión de la sacarosa. El grado de inversión puede variar de poco a total. Comercialmente se utiliza los grados medio y total. En el azúcar invertido media, la mitad de la sacarosa se ha descompuesto mientras la otra mitad permanece inalterada (Siles y Guido, 2020).
- **Gelatina**

Se presenta como un sólido de color ámbar claro a un débil amarillo vidrioso y quebradizo. Es fuertemente hidrofílica, absorbe hasta 10 veces su peso en agua; se usa en soluciones acuosas desde 10 al 20% como aglutinante (Melati y otros, 2021).
- **Frutas deshidratadas**

El contenido de agua es el factor que más contribuye en el deterioro de las frutas; por tanto, al reducir, se impide el crecimiento de los microorganismos y la generación de reacciones bioquímicas; además, se prolonga su vida útil y condiciones de almacenamiento, pero afecta su calidad, debido a que origina alteraciones físicas y químicas que modifican las características sensoriales y nutricionales, siendo la vitamina C inestable ante estos procesamientos (Verduga y otros, 2022).

## **2.4. HIDROCOLOIDES**

### 2.4.1. Definición

Son un grupo importante de polisacáridos no estructurales, que generalmente se encuentran de forma natural en diversas plantas, también se obtienen de origen bacteriano y por modificación química. En general, son polímeros de alto peso molecular, constituidos por distintos tipos de monosacáridos, son capaces de espesar, uniformizar dispersiones, estabilizar emulsiones y actuar como agente gelificante (Suárez, Gil y Penagos, 2019).

### 2.4.2. Hidrocoloides como aglutinantes en barras alimenticias

Los hidrocoloides más utilizados son la goma xantana, carboximetilcelulosa, goma guar, goma arábica y goma de algarrobo; los cuales confieren cohesividad, formando una masa aglutinada previo a ser moldeado y obtener un comprimido más resistente (Suárez y otros, 2019).

Estos hidrocoloides aumentan la cohesión entre los componentes de la mezcla y su capacidad para solidificarse sin romperse, en ocasiones le puede impartir a las barras de cereales una textura ligeramente gomosa. Así mismo, es necesario emplear el uso de los aglutinantes en solución, siendo más efectivos que en estado seco. Los aglutinantes deben reunir las funciones de proporcionar alto nivel de dureza, baja fracturabilidad, excelente cohesión y compresión (Muñoz, 2018).

Los aglutinantes difieren en sus eficiencias de adhesión; la goma acacia proporciona alta dureza y baja desintegración; la metilcelulosa produce granulaciones que se comprimen fácilmente; la glucosa o la sucralosa son aplicados en forma líquida, produciendo puentes duros y frágiles. La goma arábica como la goma xantana son productos ampliamente usados en la industria de alimentos que al disolverse en agua forman disoluciones

coloidales viscosas y tienen el potencial para ser usados como aglutinantes (Franceschinis, Santomaso, Trotter y Realdon, 2017).

#### 2.4.3. Goma xantana

Es un polímero microbiano obtenido comercialmente a partir de *Xanthomonas campestris*. Las soluciones de goma xantana son pseudoplásticas, su rigidez estructural molecular produce propiedades funcionales como estabilidad al calor, viscosidad estable en un rango amplio de temperatura y resistencia a la degradación enzimática. También, aporta una característica importante en la sensación bucal y estética del producto (Castañeda, González, Granados y Chávez, 2019).

La goma xantana tiene la capacidad de estabilizar emulsiones, dependiendo de las concentraciones de aplicación y de las condiciones físicas de los medios en las que se originan las interacciones. Además, no influye sobre el color ni sabor del producto, y su acción no se ve afectada al ser aplicado en sustancias con concentraciones altas de sales, temperatura y pH. Se hidrata rápidamente en agua fría sin formar aglomerados (Díaz, 2020).

## 2.5. FIBRA DIETÉTICA

### 2.5.1. Definición

La fibra dietética está formada por polímeros de carbohidratos y polisacáridos no amiláceos que son los principales componentes de las paredes de las células vegetales. Éstos incluyen a la celulosa, las hemicelulosas, los hemiglucanos y las pectinas, así como, otros polisacáridos provenientes de vegetales y algas, como las gomas y los mucílagos. Otros componentes incluidos son los polisacáridos de reserva no digeribles, como la inulina y el almidón resistente; además, incluyen sustancias asociadas, como la lignina, y otras extraídas con los

polisacáridos y los oligosacáridos en los métodos analíticos de la fibra (Villanueva, 2019).

#### 2.5.2. Clasificación de la fibra dietética de acuerdo a su solubilidad

Cerca del 75% de la fibra dietética en los alimentos está presente en la forma de fibra insoluble, sin embargo, la mayoría de las fuentes de fibra son mezclas de ambas, insoluble y soluble (Díaz, 2020).

La fibra insoluble se encuentra principalmente en cereales y sus derivados (forma integral), guisantes, frutos secos y algunas hortalizas (repollo, coliflor, vegetales de raíz). La fibra soluble varía de acuerdo a la composición del alimento, mayormente, se encuentran en frutas, hortalizas y legumbres. El contenido de fibra insoluble en la avena y la de granos enteros, particularmente por contener magnesio, han demostrado mejorar la sensibilidad a la insulina (González, Alanís, Delgado y Cruz, 2021).

La funcionalidad de la fibra dietética puede ser tecnológica o nutracéutica, estas propiedades dependen de dos factores; la composición de la fibra y la relación entre fibra soluble e insoluble. Las propiedades tecnológicas funcionales de la fibra se basan en su capacidad de formación de geles, efecto en la viscosidad, su papel como estabilizador de emulsión, sus propiedades de hidratación, entre otros (González y otros, 2021).

#### 2.5.3. Beneficios para la salud

Las recomendaciones de consumo de fibra dietética se basan en disminuir el riesgo de enfermedades crónicas (Díaz, 2020). Entre los principales beneficios tenemos:

- El incremento del consumo de fibra se ha relacionado con una mejor función gastrointestinal.
- La fibra dietética actúa de maneras distintas para prevenir la enfermedad cardiovascular; ayuda a disminuir la absorción de grasa en

el intestino o puede inhibir la formación de grasa por parte del hígado, lo que ayuda a mantener el colesterol en niveles saludables. La fibra proveniente de cereales y granos enteros tiene un mayor efecto protector que la fibra proveniente de vegetales y frutas

- Los alimentos con fibra soluble aumentan la saciedad, reducen la ingestión de alimentos y ayudan al control de peso corporal.
- Un aumento en el consumo de fibra, junto con una reducción en la densidad energética y en la ingesta de grasa, ayudan a prevenir el desarrollo de diabetes y contribuyen a la reducción de peso corporal.
- La fibra soluble puede disminuir la absorción de carbohidratos simples favoreciendo los niveles de glucosa en sangre.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del programa de estudio de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

#### **3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

Material de investigación

- Arándano deshidratado variedad Biloxi, fue adquirido en Camposol S.A., Chao, La Libertad, Perú. Una vez acopiado en el laboratorio de Tecnología de Alimentos se retiraron aquellas bayas con daño físico y microbiológico, luego se sometió a lavado con dióxido de cloro 100 ppm durante 5 min, después se realizó un ligero pelado químico con NaOH al 0.5% por inmersión durante 30 s para eliminar la pruina y así favorecer la eliminación de humedad. Finalmente se llevó a un secador de bandejas híbrido a 60 °C durante 4-5 h, hasta llegar a un contenido de humedad del 15-17%.
- Harina de tarwi marca Organix, fue adquirida en Plaza Ve a Hiper del Real Plaza, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Quinua expandida marca Munay, fue adquirido en Supermercado Tottus, Trujillo, región La Libertad, Perú
- Salvado de avena marca Grano de oro, fue adquirido en Plaza Ve a Hiper del Real Plaza, Trujillo, región La Libertad, Perú.

Insumos

- Kiwicha expandida marca Munay, fue adquirido en Supermercado Tottus, Trujillo, región La Libertad, Perú
- Maní tostado marca Amaru, adquirido en Plaza Ve a Hiper del Real Plaza, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Goma xantana, adquirida de Química Industrial de la ciudad de Lima, Perú.

- Lecitina de soya, adquirida en Montana S.A. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Maltodextrina, adquirida en Montana S.A. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Glucosa, adquirida de Montana S.A. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Azúcar blanca, marca Cartavio, adquirida del Mercado Zonal Palermo del distrito Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Bolsas de polipropileno con cierre, marca Ziploc, adquiridas del Mercado Zonal Palermo del distrito Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Moldes de acero inoxidable AISI 304. Dimensiones 45 x 24 x 1.5 cm (largo, ancho, espesor). Capacidad 28 barritas.

#### Reactivos

- Ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$  (1.25%)
- Hidróxido de sodio, NaOH (1.25%)
- Ácido bórico,  $H_3BO_3$  (4%)

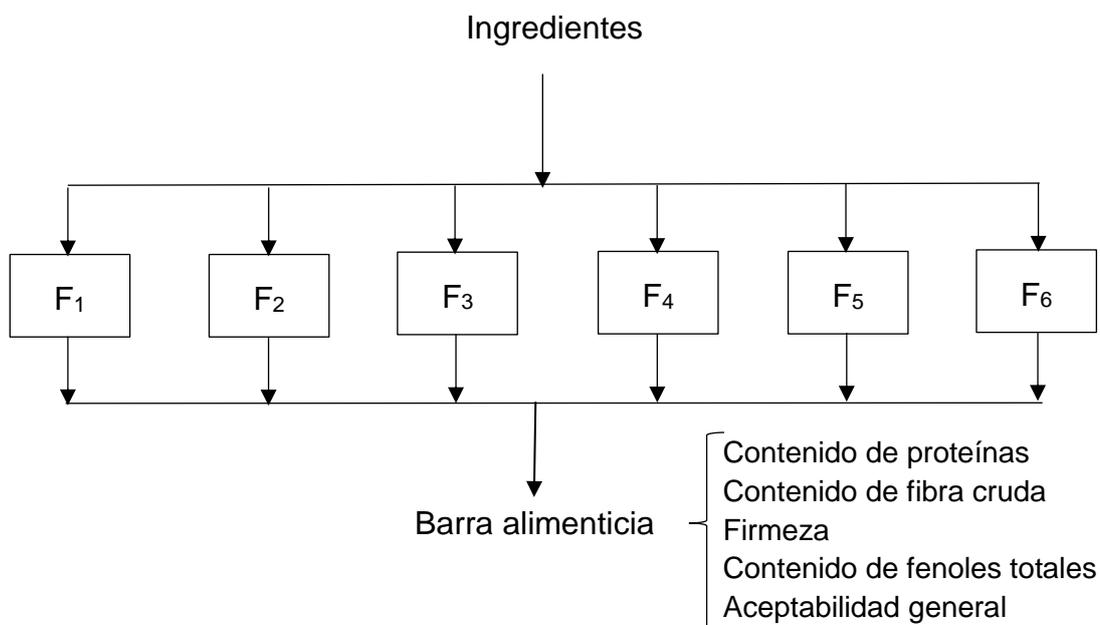
### 3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad: 0 a 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión  $\pm 0.01$  °C.
- Estufa Venticell. Modelo UNE-300. Rango 20-180 °C. Precisión 0.5 °C.
- Deshidratador de bandejas (solar-eléctrico). Capacidad 30 kg/batch.
- Texturómetro Instron, Modelo 3342. Capacidad 50 N.
- Equipo digestor Microkjeldahl. Marca Selecta.
- Horno mufla. Marca Barnstead thermolyne. Modelo FB1400. Rango 0-1400 °C. Precisión 0.1 °C.
- Cocina eléctrica. Marca JP Selecta. Modelo 100442. Con 6 potencias de calefacción (0-1500 watts).

### 3.4. METODOLOGÍA

#### 3.4.1. Esquema experimental para la investigación de las barras alimenticias con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental. La variable independiente fue la formulación de barras alimenticias a base de quinua, expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado. Las variables dependientes fueron el contenido de proteína, contenido de fibra cruda, firmeza, contenido de fenoles totales y aceptabilidad general.



Leyenda:

F<sub>1</sub>: quinua expandida 26%, harina de tarwi 4%, salvado de avena 17.5% y arándano deshidratado 2.5%

F<sub>2</sub>: quinua expandida 24%, harina de tarwi 6%, salvado de avena 15% y arándano deshidratado 5%

F<sub>3</sub>: quinua expandida 22%, harina de tarwi 8%, salvado de avena 12.5% y arándano deshidratado 7.5%

F<sub>4</sub>: quinua expandida 20%, harina de tarwi 10%, salvado de avena 10% y arándano deshidratado 10%

F<sub>5</sub>: quinua expandida 18%, harina de tarwi 12%, salvado de avena 7.5% y arándano deshidratado 12.5%

F<sub>6</sub>: quinua expandida 16%, harina de tarwi 14%, salvado de avena 5% y arándano deshidratado 15%

Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado

### 3.4.2. Formulaciones para la elaboración de las barras alimenticias

En el Cuadro 4, se presentan las formulaciones para la elaboración de barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado (Momayi y otros, 2020; Figueiredo y otros, 2019; Da Silva, Radomille, Da Silva y Vieira, 2018; Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez, 2018;) con modificaciones del autor.

Cuadro 4. Formulaciones de las barras alimenticias

Ingredientes	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>
Quinua expandida	26	24	22	20	18	16
Harina de tarwi	4	6	8	10	12	14
Salvado avena	17.5	15	12.5	10	7.5	5
Arándano deshidratado	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Kiwicha expandida	15	15	15	15	15	15
Maní	5	5	5	5	5	5
Ingredientes secos	70	70	70	70	70	70
Azúcar invertida	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
Glucosa	10	10	10	10	10	10
Maltodextrina	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
Lecitina	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Goma xantan	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Ingredientes aglutinantes	30	30	30	30	30	30
Total	100	100	100	100	100	100

### 3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de las barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de las barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado. A continuación, se describe cada proceso del diagrama de flujo (Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez, 2018), con modificaciones del autor.

Recepción. Se recibieron los ingredientes que formaron la base de la barra alimenticia, así como, los insumos empleados en elaborar el agente ligante.

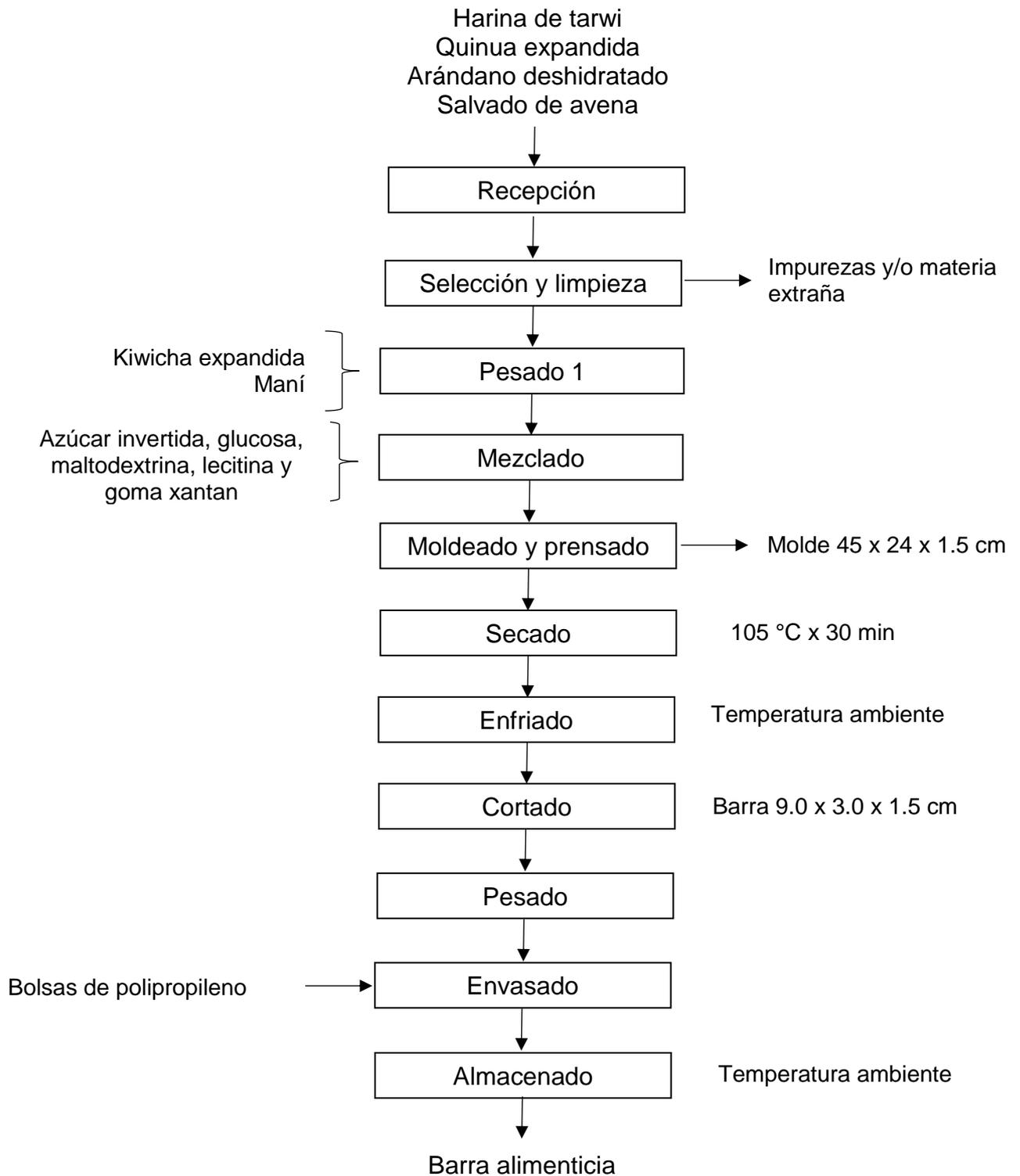


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de las barras alimenticias a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado

Selección y limpieza. Se retiraron las impurezas y/o materias extrañas en los diferentes insumos.

Pesado. Se pesaron los ingredientes de acuerdo a las formulaciones y se codificaron para su posterior mezclado.

Mezclado. Para la elaboración del azúcar invertido, se calentó una solución de azúcar al 70% con adición de ácido cítrico 0.1%. A los 80 °C, se agregó lecitina (0.2%) y maltodextrina (9.8%). Se enfrió y conservó a temperatura ambiente. Luego, se elaboró un jarabe en ebullición a través de la disolución de glucosa y azúcar invertido hasta una concentración de 82 °Brix. El jarabe se vertió poco a poco en el recipiente que contuvo los ingredientes secos de las formulaciones y el arándano deshidratado. Adicionalmente, se agregó la goma xantana 1.5 g disuelta en 50 mL de agua tibia (para 500 g de formulación) y se mezcló, hasta obtener una masa uniforme y moldeable. Todos los ingredientes quedaron cubiertos por el jarabe.

Moldeado y prensado. La masa se vertió a un molde de 45 x 24 x 1.5 cm y con la ayuda de una espátula o cuchara, se ejerció presión para compactar uniformemente.

Secado. El molde con la barra, se colocó en la estufa a 105 °C durante 30 min.

Enfriado. Se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 25 min.

Cortado. Posteriormente, se cortaron las barras en piezas o porciones de 9.0 x 3.0 x 1.5 cm (largo, ancho, espesor).

Pesado. Se pesaron las barras alimenticias, reportando valores entre 15 y 20 g.

Envasado. Las barras alimenticias se llenaron en bolsas Ziploc con cierre hermético de acuerdo a cada formulación.

Almacenado. Se almacenaron en lugar fresco, temperatura ambiente sin olores extraño.

### 3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.5.1. Contenido de proteínas

Se determinó por el método micro Kjeldahl (AOAC, 2000). Se pesó 0.5 g de muestra homogenizada y fue colocado en el matraz; luego se adicionó aproximadamente 3.5 g de mezcla catalizadora y 7 mL de ácido sulfúrico concentrado. A continuación, el matraz con la mezcla fue colocado en el digestor de proteínas, se calentó suavemente al inicio, hasta su completa oxidación, momento donde viró de color oscuro a verde esmeralda traslúcido.

Se dejó enfriar a temperatura ambiente, luego se agregaron 25 mL de agua destilada, moviendo el tubo sin dejar solidificar la muestra. Se instaló el equipo de destilación, a la salida del refrigerante se colocó un matraz Erlenmeyer, que contuvo 40 mL de ácido bórico al 4%, luego, se adicionó 3 gotas de rojo de metilo. Al matraz Kjeldahl se le añadió aproximadamente 50 mL de NaOH 40%, y fue puesto al sistema de destilación. Se destiló hasta recoger la muestra en el matraz Erlenmeyer mostrando una coloración azulada.

Se tituló con solución de HCl 0.1 N, virando a color rosa. Se registró el gasto de titulación, para luego, ser reemplazado en la siguiente formula, con un factor de conversión de 6.25 para cereales

$$\% \text{ Proteinas} = \frac{(\text{N acido HCl} \times \text{Vol. HCL}) - (\text{N NaOH} \times \text{Vol. NaOH}) \times 1.40067 \times \text{factor}}{\text{peso de la muestra (mg)}}$$

#### 3.5.2. Fibra cruda

El contenido de fibra cruda se determinó siguiendo el método usado por Ochoa (2012), que consiste en la digestión secuencial de la muestra ( $P_m$ ) sin grasa con una solución de ácido sulfúrico (1.25%) y una solución de hidróxido de sodio (1.25%), el residuo insoluble se obtuvo por filtración, se

lavó, seco, pesó ( $P_1$ ) y se llevó a la mufla para obtener el peso ( $P_c$ ) de las cenizas.

$$\% \text{ FC} = (P_1 - P_c) / P_m \times 100$$

### 3.5.3. Firmeza

La firmeza se determinó de manera instrumental con el texturómetro Instron, se midió la fuerza máxima presentada antes de la ruptura del material que se expresó en Newton (N). En cada tratamiento, se realizó la prueba tres veces, reportándose el promedio de los valores. La prueba se realizó con un punzón tipo guillotina, a una velocidad de 0.2 mm/s (Córdova, 2018).

### 3.5.4. Fenoles totales

Se utilizó la metodología descrita por Rezende, Duarte, De Carvalho, Assaid, Marques y De Oliveira (2015) con modificaciones. La extracción se desarrolló con alcohol etílico al 80%, por agitación magnética durante 2 h a temperatura ambiente, en proporción 1:25 (peso muestra/volumen). Los extractos fueron evaporados hasta obtener 25 mL y sujetos a determinación, usando el reactivo Folin-Ciocalteu. El ácido gálico fue empleado como estándar.

### 3.5.5. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general de cada formulación se evaluó por medio de una escala hedónica de 9 puntos. Los panelistas degustaron las barras alimenticias, y se utilizó agua como neutralizante entre cada muestra. Se trabajó con 50 panelistas no entrenados entre 18 y 35 años, representativo del público consumidor. Se realizaron en dos sesiones (3 tratamientos/sesión) A cada panelista se le presentaron 3 muestras aleatoriamente debidamente codificadas al azar con 3 dígitos; luego de 30 min, se mostraron las tres muestras faltantes. Las pruebas se realizaron durante las mañanas y tardes de cada día, de preferencia de 10 a 12 h y

de 16 a 18 h. En la Figura 3, se muestra la cartilla para la evaluación de aceptabilidad general de las barras alimenticias (Anzaldúa-Morales, 2017; Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez, 2018).

### **3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

La evaluación estadística corresponde a un arreglo unifactorial (06 tratamientos) con cuatro repeticiones. Las variables paramétricas fueron el contenido proteína, contenido de fibra cruda, firmeza y contenido de fenoles totales, y la variable no paramétrica fue la aceptabilidad general. Se aplicó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, seguido un análisis de varianza para evaluar el efecto de las variables independientes y, finalmente, la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas a un nivel de confianza del 95%. Los datos de la evaluación sensorial de la aceptabilidad general de la barra alimenticia fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon (muestras relacionadas), ambas a un nivel de confianza del 95%. Los datos se procesaron con el paquete estadístico SPSS versión 22 (Statistical Package for The Social Sciences).

**Prueba de aceptabilidad general de barras alimenticias**

Nombre: .....

Fecha: .....

Instrucciones: Pruebe cada barra alimenticia que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente de acuerdo con el nivel de agrado o desagrado que le produzca.

	Muestras		
Escala	338	287	436
Me agrada extremadamente	-----	-----	-----
Me agrada mucho	-----	-----	-----
Me agrada bastante	-----	-----	-----
Me agrada ligeramente	-----	-----	-----
Ni me agrada ni me desagrada	-----	-----	-----
Me desagrada ligeramente	-----	-----	-----
Me desagrada bastante	-----	-----	-----
Me desagrada mucho	-----	-----	-----
Me desagrada extremadamente	-----	-----	-----
Comentarios: .....			
.....			

Figura 3. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la barra alimenticia a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado

Fuente: Anzaldúa-Morales (2017).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre el contenido de proteínas en una barra alimenticia

En la Figura 4, se muestra el contenido de proteínas en función de la formulación con quinua expandida (QE), harina de tarwi (HT), salvado de avena (SA) y arándano deshidratado (AD) en una barra alimenticia, dichos resultados oscilaron entre 9.60 y 13.78%. Los datos completos de esta variable se encuentran en el Anexo 1.

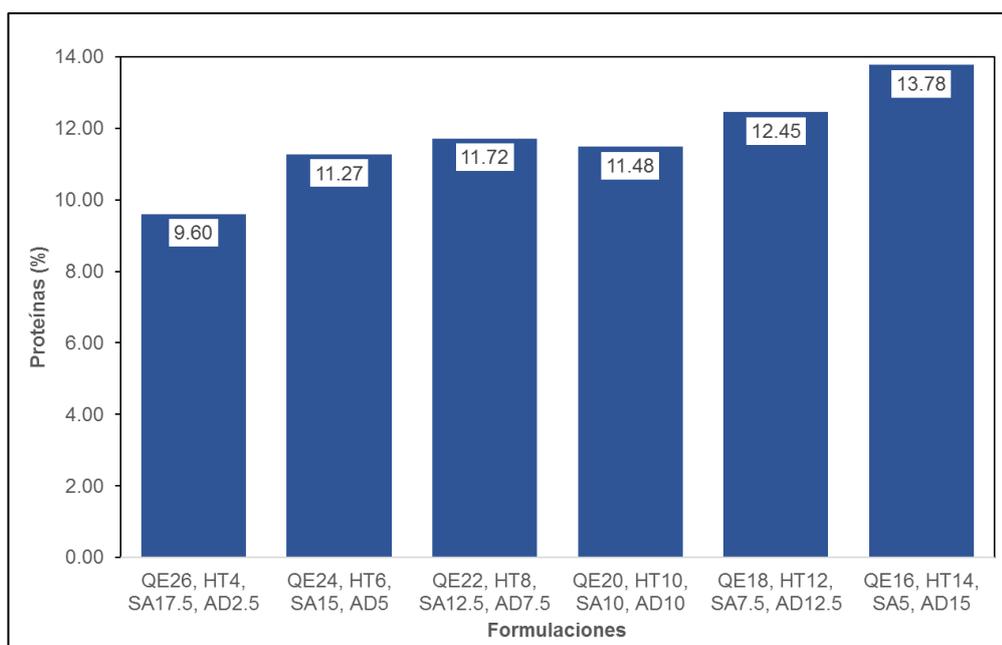


Figura 4. Contenido de proteínas en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia.

Se observa como tendencia que, a mayor concentración de harina de tarwi en la formulación de la barra alimenticia, aumentó el contenido de proteínas. Pérez, Elías y Delgado (2017), mencionan que la harina de tarwi

presenta un contenido proteico que oscila desde 43 a 56%, debido al desamargado que recibe el grano de leguminosa, donde pierde materia seca soluble en el agua del procesamiento, provocando un aumento de proteínas por la lixiviación de los carbohidratos solubles y minerales. Shrestha, Van't Hag, Haritos y Dhital (2021) mencionan que la harina de tarwi presenta mejor calidad proteica, en comparación, a la quinua. La harina de tarwi contiene mayor cantidad de albuminas y globulinas (39 mg/g de proteína). Además, contiene importantes aminoácidos esenciales como la metionina, cisteína y lisina, caracterizándola como una proteína de excelente calidad por su alto valor biológico.

Aleksejeva, Siksna y Rinkule (2017) indica que las barras alimenticias normalmente contienen entre 6 y 10% de proteínas, y cuya fuente proviene de frutos secos, semillas cereales y productos derivados. Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez (2018), mencionan que el contenido de proteínas en las barras alimenticias está en función de la cantidad incorporada de sus ingredientes en las formulaciones, así mismo, a la calidad de las proteínas que estos presentan. En esta investigación podemos mencionar que la harina de tarwi y quinua expandida son los ingredientes que mayor aportan en el contenido proteico.

Taramuel (2020) desarrolló una barra alimenticia, resultando su mejor formulación: quinua 9.30%, tarwi 9.30%, avena 17.50%, moringa 0.50%, glucosa 11.40%, aceite de girasol 2.00%, jarabe de jícama 31.60% y mermelada de arazá 18.40%. Este tratamiento presentó un contenido de proteínas del 16.26%. Momanyi, Owino, y Makokha (2020) mezclaron sorgo expandido, frijol caupí tostado y polvo de pulpa de baobab en cinco diferentes formulaciones (45:55:0; 50:45:5; 55:35:5; 55:35:10; 60:25:15; 65:15: 20) para elaborar barras tipo snack; reportando contenidos de proteínas entre 11.38 – 16.08%. Ali, Mousa y Hassan (2019) evaluaron el efecto de la formulación a base de harina de papa, harina de tarwi y harina

arveja verde (100:0:0, 90:10:0, 85:15:0, 90:0:10, 85:0:15, 80:10:10 y 70:15:15) en la elaboración de un snack saludable; reportando contenidos de proteínas entre 7.89 – 16.07%. Moreira-Araújo, Macedo de Sousa, Montero-Cavalcante, Morgano y Da Mota Araújo (2021) elaboraron barras de cereales enriquecidas con enriquecida con harina integral de frijol caupí (5.25, 7.5 y 15%), marañón y banano deshidratado; reportando contenidos de proteína entre 5.67 - 9.50%.

Momanyi y otros (2020), mencionan que los desarrolladores de productos alimenticios vienen incorporando leguminosas en las formulaciones tradicionales a base de cereales. Esta combinación produce una diversificación con nutrientes complementarios que puede reducir la incidencia de la desnutrición proteico-energética entre los grupos vulnerables. Además, mencionan que las proteínas que resultan de la mezcla cereales y leguminosas se consideran completas en cuanto al contenido de aminoácidos.

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Levene aplicada al contenido de proteínas de la barra alimenticia, la cual determino la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 5. Prueba de Levene para el contenido de proteínas en la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Estadístico de Levene	p
Proteínas (%)	1.934	0.138

En el Cuadro 6, se presenta el análisis de varianza para el contenido de proteínas de la barra alimenticia, denotándose que la formulación con

quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 6. Análisis de varianza para el contenido de proteínas de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Proteínas (%)	Formulación	5	37.999	7.600	27.640	0.000
	Error	18	4.949	0.275		
	Total	23	42.948			

En el Cuadro 7, se presenta la prueba de Duncan aplicada al contenido de proteínas en las barras alimenticias. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. El mejor tratamiento se encuentra en el subgrupo 4, con la formulación 6: QE 16%, HT 14%, SA 5% y AD 15% porque presentó el mayor contenido de proteínas (13.78%).

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el contenido de proteínas de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida	Harina de Tarwi	Salvado de Avena	Arándano Deshidratado	Subgrupos			
				1	2	3	4
26.0	4.0	17.5	2.5	9.60			
24.0	6.0	15.0	5.0		11.27		
20.0	10.0	10.0	10.0		11.49		
22.0	8.0	12.5	7.5		11.72	11.72	
18.0	12.0	7.5	12.5			12.45	
16.0	14.0	5.0	15.0				13.78

#### 4.2. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la fibra cruda en una barra alimenticia

En la Figura 5, se muestra el contenido de fibra cruda en función de la formulación con quinua expandida (QE), harina de tarwi (HT), salvado de avena (SA) y arándano deshidratado (AD) en una barra alimenticia, observándose que los resultados oscilaron entre 6.77 y 13.13%. Los datos completos de esta variable se encuentran en el Anexo 2.

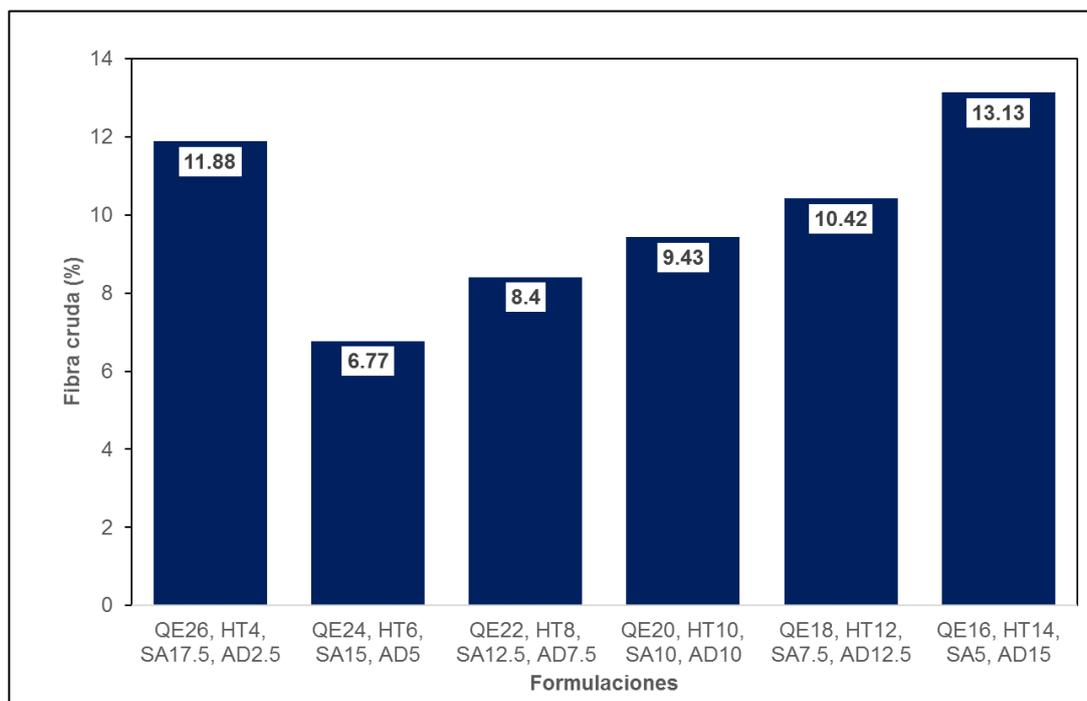


Figura 5. Fibra cruda en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Se observa como tendencia que, a mayor concentración de arándano deshidratado en la formulación de la barra alimenticia, así como, del salvado de avena; aumentó el contenido de fibra cruda. Amaro y Montalvo (2021) elaboraron barras de cereales a base de quinua expandida (30, 40

y 50%), salvado de avena (20, 30 y 40%); semilla de calabaza (10%), arándanos deshidratados (5, 10 y 15%), aguaymanto deshidratado (5, 10 y 15%). Reportaron valores de fibra cruda entre 6.69 y 7.92%; además, concluyeron que, a mayor adición de salvado de avena (fibra cruda 11.67%) y el arándano deshidratado (fibra cruda 10.87%), fue incrementando el aporte de fibra en la barra alimenticia.

Taramuel (2020) desarrolló una barra alimenticia, resultando su mejor formulación: quinua 9.30%, tarwi 9.30%, avena 17.50%, moringa 0.50%, glucosa 11.40%, aceite de girasol 2.00%, jarabe de jícama 31.60% y mermelada de arazá 18.40%. Este tratamiento presentó un contenido de fibra cruda del 5.74%. Ali y otros (2019) evaluaron el efecto de la formulación a base de harina de papa, harina de tarwi y harina arveja verde (100:0:0, 90:10:0, 85:15:0, 90:0:10, 85:0:15, 80:10:10 y 70:15:15) en la elaboración de un snack saludable; reportando contenidos de fibra cruda entre 2.75 – 4.12%. Rafiu, Hassan, Arifin y Rahman (2015) elaboraron barras de cereales con frutos secos tales como dátiles, higos y pasas (en concentraciones del 5-15% para cada uno de ellos); además, de arroz expandido al 20%. Reportando valores de fibra cruda entre 4.24 -13.42%.

La incorporación de frutas y semillas deshidratadas, se utilizan en barras de cereales para enriquecerlos en fibra, proteínas, minerales y vitaminas. Además, las barras alimenticias resaltan el interés y facilitan el uso de frutas regionales, aumentando su aceptabilidad industrial como alternativa de alimentos convenientes y saludables (De Arruda, Costa Silva-Faria, Magave Picanço-Siqueira, De Souza Campos y de Barros, 2021; Rafiu *et al.*, 2015).

Pantoja-Tirado y otros (2020) explican que la presencia de cáscara en el proceso de elaboración de la harina de tarwi, le proporciona mayor contenido de fibra con 2.94% y el aporte de fibra de la quinua expandida

oscila entre 3.10 y 3.84%, dependiendo de las condiciones del proceso de extrusión en el cereal; aportando en su mayoría la fibra insoluble, que provoca la reducción del apetito y proporciona una rápida sensación de saciedad en el organismo humano.

Păucean, Man y Pop (2015) indican que la incorporación de salvado de avena en productos de panificación, barras alimenticias y repostería, aumentan considerablemente debido a la cáscara externa que aún conserva el salvado de avena, cual proporciona la mayor cantidad de fibra soluble e insoluble, entre los cuales destaca los betaglucanos (fibra soluble). Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez (2018) mencionan que el salvado es la capa comestible más externa del grano (subcapa de la aleurona, capa de aleurona y la contigua al endospermo amiláceo del embrión) de avena. Tiene un total de  $\beta$ -glucanos y fibra dietética no inferior a 5.5 y 16.0%; respectivamente, con al menos un tercio de la fibra dietética total en forma de fibra soluble.

Almirudis, Ramírez, Medina, Magaña y Torres (2019) indican que durante el proceso de extrusión y/o expansión existe destrucción de factores antinutricionales termolábiles como inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina), gelatinización del almidón y aumento de la fibra dietética soluble; además, en el proceso de inflado y tostado aumentan la proporción de fibra soluble del 33 al 39% debido a la formación de almidón insoluble.

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene aplicada a la fibra cruda de la barra alimenticia. La prueba de Levene determinó

la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 8. Prueba de Levene para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Estadístico de Levene	p
Fibra cruda (%)	2.434	0.075

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para la fibra cruda de la barra alimenticia, denotándose que la formulación con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 9. Análisis de varianza para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Fibra cruda (%)	Formulación	5	107.172	21.434	85.978	0.000
	Error	18	4.487	0.249		
	Total	23	111.660			

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la fibra cruda de la barra alimenticia, que indica diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos. Se elige como mejor tratamiento al subgrupo 6, con la formulación 6 a base de: QE 16%, HT 14%, SA 5% y AD 15%, porque contiene mayor contenido de fibra cruda, 13.13%.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para la fibra cruda de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida	Harina de Tarwi	Salvado de Avena	Arándano Deshidratado	Subgrupos						
				1	2	3	4	5	6	
24.0	6.0	15.0	5.0	6.77						
22.0	8.0	12.5	7.5		8.40					
20.0	10.0	10.0	10.0			9.43				
18.0	12.0	7.5	12.5				10.43			
26.0	4.0	17.5	2.5					11.88		
16.0	14.0	5.0	15.0							13.13

#### 4.3. Efecto de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la firmeza en una barra alimenticia

En la Figura 6, se muestra la firmeza en función de la formulación con quinua expandida (QE), harina de tarwi (HT), salvado de avena (SA) y arándano deshidratado (AD) en una barra alimenticia, observándose que los resultados oscilaron entre 14.77 y 9.15 N. Los datos de la firmeza de la barra alimenticia se encuentran en el Anexo 3.

Se observa en la tendencia que a mayor concentración de harina de tarwi y arándano deshidratado en la formulación de la barra alimenticia, así como, del salvado de avena; aumentó la firmeza. Momanyi *et al.*, (2020) mezclaron sorgo expandido, frijol caupí tostado y polvo de pulpa de baobab en cinco diferentes formulaciones (45:55:0; 50:45:5; 55:35:5; 55:35:10; 60:25:15; 65:15: 20) para elaborar barras tipo snack; reportando un incremento de la firmeza del producto entre 5.70 – 7.91 N, a mayor cantidad de frijol caupí.

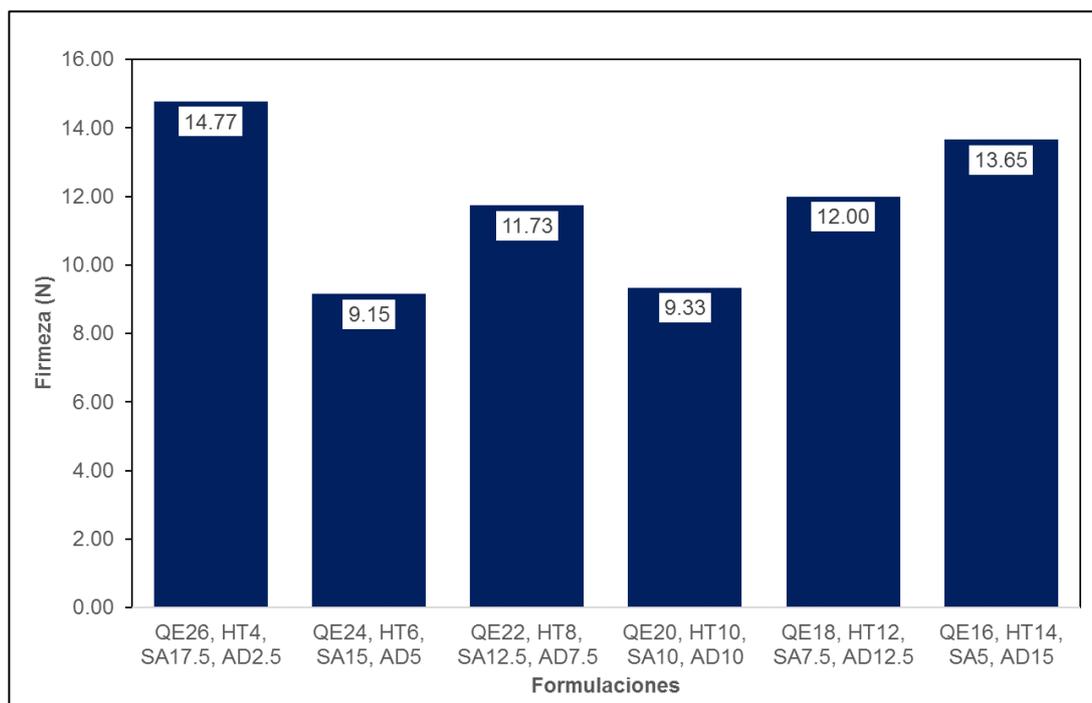


Figura 6. Firmeza (N) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Khouryieh y Aramouni (2013) elaboraron barras de cereales con avena expandida al 31.3% (que fue reemplazada por harina de linaza al 6, 12 y 18%; del peso total del producto), harina de avena al 12.5%, aislado de proteína de soya al 9.4%, más los agentes aglutinantes; reportando aumento de la firmeza entre 16.24 – 19.02 N, con la mayor cantidad de harina de linaza.

Iuliano, González, Casas, Moncayo y Cote (2019) obtuvieron barras de cereales a base de quinua expandida, kiwicha expandida, hojuelas de quinua y semillas de chia (31-34%); arándano rojo y nuez macadamia (24-31%) y aglutinantes (39-42%), reportando firmeza ascendente entre 8.67 – 24.30 N, a medida que aumentó los frutos secos y nuez principalmente. Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez (2018) elaboraron barras de cereales a base de salvado de avena, cáscara de piña en polvo y quinua expandida

(a concentraciones combinadas entre 0-31.34%), determinando que la firmeza incrementó entre 22.8 – 33.4 N, con una mayor concentración de salvado de avena y cáscara de piña.

Los productos elaborados con alto contenido de fibra resultan en productos más densos y duros, lo cual influye en la textura de los alimentos, aumentando la dureza, masticabilidad y adhesividad. Las propiedades de textura están fuertemente influenciadas por el tamaño o la estructura de las partículas de las harinas u otros ingredientes a granel (Ramírez-Jiménez, Gaytán-Martínez, Morales-Sánchez y Loarcapiña, 2018; Silva y Contisilva, 2018). Se presenta una mayor consistencia en productos alimenticios con fibra, y en consecuencia a la fuerza de compresión ejercida sobre este en la determinación de firmeza. Esto puede explicarse por la capacidad del polvo de cáscara de piña que es rico en fibra, para absorber el almíbar de azúcar, lo que permite que los ingredientes se aglomeren y las barras de cereales se compriman más (Damasceno, Alvarenga, Dos Santos, Lacerda, Bastianello, Leal de Almeida, y Arantes-Pereira, 2018).

Padmashree, Negi, Haridas, Govindaraj, Kumar, Semwal y Sharma (2018) explican que la adición de cereales andinos y leguminosas en la formulación de una barra alimenticia incrementa la firmeza porque las proteínas presentes generan reacciones de intercambio tioldisulfuro durante el almacenamiento, lo que conduce a la reticulación, agregación y formación de redes, logrando una estructura más ordenada.

Rezende, Duarte, De Carvalho, Assaid, Marques y De Oliveira (2015) explican que, durante el análisis de la firmeza de barras de cereales, existe una variación de fuerzas ejercidas por el instrumento con el propósito de romper el producto; debido a la compactación de la fibra presente, diferencias granulométricas entre los insumos agregados durante la elaboración. Además, el jarabe aporta la adhesión entre los ingredientes,

mejorando la firmeza uniforme de la barra alimenticia y aporta mejores características sensoriales como brillo y apariencia.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene aplicada a la firmeza de la barra alimenticia. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 11. Prueba de Levene para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	1.665	0.194

En el Cuadro 12, se presenta el análisis de varianza para la firmeza de la barra alimenticia, denotándose que la formulación con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 12. Análisis de varianza para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Firmeza (N)	Formulación	5	101.633	20.327	21.617	0.000
	Error	18	16.926	0.940		
	Total	23	118.559			

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la firmeza de la barra alimenticia. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos. En el subgrupo 3; se encuentran las formulaciones 6 con QE 16%, HT 14%, SA

5% y la formulación 1 con AD 15% con 13.66 N y QE 16%, HT 14%, SA 5% y AD 15% con 14.77 N; las cuales denotaron la mayor firmeza entre los tratamientos de esta investigación, pero comparando con los valores de barras de cereales de otros estudios se encuentran en valores intermedios de mayor aceptación.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para la firmeza de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida	Harina de Tarwi	Salvado de Avena	Arándano Deshidratado	Subgrupos		
				1	2	3
24.0	6.0	15.0	5.0	9.15		
20.0	10.0	10.0	10.0	9.33		
22.0	8.0	12.5	7.5		11.73	
18.0	12.0	7.5	12.5		12.00	
16.0	14.0	5.0	15.0			13.66
26.0	4.0	17.5	2.5			14.77

#### 4.4. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre el contenido de fenoles totales en una barra alimenticia

En la Figura 7, se muestra el contenido de fenoles totales en función de la formulación con quinua expandida (QE), harina de tarwi (HT), salvado de avena (SA) y arándano deshidratado (AD) en una barra alimenticia, observándose que los resultados oscilaron entre 86.80 y 55.32 mg AG/100 g. Los datos del contenido de fenoles totales de la barra alimenticia se encuentran en el Anexo 4. Se observa como tendencia que, a mayor concentración de arándano deshidratado en la formulación de la barra alimenticia, presentó mayor contenido de estos compuestos antioxidantes.

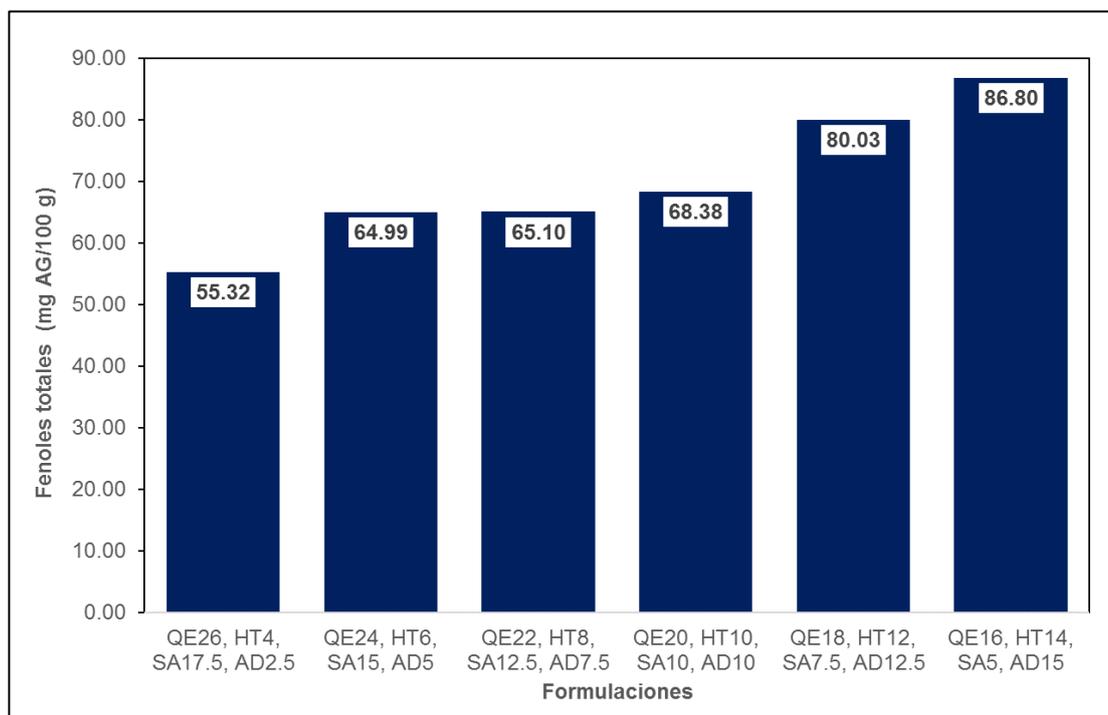


Figura 7. Contenido de fenoles totales (mg AG/100 g) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Cortez (2018) investigó la proporción de arándano deshidratado y manzana deshidratada (40:60 y 30:70) en la elaboración de un snack. Reportando en el producto fenoles totales entre 101.12 y 149.75 mg AG/100 g, respectivamente. Silva y Conti-Silva (2018) elaboraron barras de cereales a base de hojuelas de arroz y harina de avena (ambas entre 0 - 27.72%) y harina de cáscara de plátano (7.14 - 42%); reportando contenido de fenoles totales entre 55.28 y 165.86 mg AG/100 g. Kaur, Ahluwalia, Sachdev y Kaur (2018), obtuvieron barras de cereales siendo su mejor tratamiento el constituido por 40% de quinua, 35% de arroz integral, 10% de linaza, 5% de almendras, pasas e higos secos y 50% de miel; reportando fenoles totales de 51.60 mg AG/100 g.

La cantidad de compuestos fenólicos o antioxidantes en un producto puede depender y verse influenciada directamente por diversos factores que lo

rigen, como: temperatura, calor, parámetros de procesamiento, tamaño de partículas. Durante las etapas de procesamiento de una barra de cereales, por ejemplo, durante la deshidratación y concentración por ebullición de las frutas y sus pulpas adicionadas (Parn, Bhat, Yeoh y Al-Hassan, 2015).

La temperatura utilizada en el proceso de deshidratación de frutas, influye en la degradación de los compuestos fenólicos, pero estos también, quedan más concentrados que en la materia prima (Ribeiro, Ribeiro Sanches, Teixeira, Rodrigues y Becker, 2022). El arándano deshidratado aporta contenido de fenoles hasta 465.3 mg AG/100 g, ya que en el proceso de secado se incrementa la cantidad de materia sólida (Anticona, Frígola y Esteve, 2016). No obstante, Salgado (2015) explica que el mismo proceso de elaboración de la barra alimenticia, genera la reducción del contenido de fenoles porque son sensibles al calor, especialmente a temperaturas mayores a 65 °C.

Pantoja-Tirado y otros (2020) hacen mención sobre la disminución en el contenido de fenoles en cereales puede deberse a tratamientos térmicos por extrusión, causando la polimerización y volviéndolos menos extraíbles; además, modifica las matrices de las paredes celulares y rompe enlaces covalentes en los compuestos fenólicos de alto peso molecular. Se reportaron valores de quinua expandida entre 18.45 y 28.23 mg AG/100 g. La fortificación con extractos de frutas como el arándano (10 y 20%) y extracto de frambuesa negra (1 y 2%) incrementó el contenido de polifenoles (265 mg AG/100 g) en barras de cereales, logrando disminuir el índice glucémico de las personas con diabetes (Smith, Karl, Wilson, Whitney, Barrett, Farhadi, Cheng y Montain, 2019).

La ingesta diaria de antioxidantes fenólicos ha jugado un papel importante en la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades, como la aterosclerosis, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las

infecciones y la enfermedad de Alzheimer. También presentan acción antimicrobiana y antiviral (Rezende et al., 2015).

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Levene aplicada al contenido de fenoles totales de la barra alimenticia. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 14. Prueba de Levene para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Estadístico de Levene	p
Fenoles Totales (mg AG/ 100 g)	1.448	0.255

En el Cuadro 15, se presenta el análisis de varianza para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia, denotándose que la formulación con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado; presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Fenoles Totales (mg AG/ 100 g)	Formulación	5	2599.994	519.999	60.192	0.000
	Error	18	155.501	60.639		
	Total	17	2755.495			

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Duncan aplicada al contenido de fenoles totales de la barra alimenticia.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para el contenido de fenoles totales de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida	Harina de Tarwi	Salvado de Avena	Arándano Deshidratado	Subgrupos			
				1	2	3	4
26.0	4.0	17.5	2.5	55.32			
24.0	6.0	15.0	5.0		64.99		
22.0	8.0	12.5	7.5		65.10		
20.0	10.0	10.0	10.0		68.38		
18.0	12.0	7.5	12.5			80.03	
16.0	14.0	5.0	15.0				86.80

Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. Por lo tanto, se selecciona como el mejor tratamiento a la formulación 6: QE 16%, HT 14%, SA 5% y AD 15% del subgrupo 4 porque contiene el mayor contenido de fenoles totales con 86.80 mg AG/100 g.

#### 4.5. Efecto de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado sobre la aceptabilidad general en una barra alimenticia

En la Figura 8, se muestra la aceptabilidad general en función de la formulación con quinua expandida (QE), harina de tarwi (HT), salvado de avena (SA) y arándano deshidratado (AD) en una barra alimenticia.

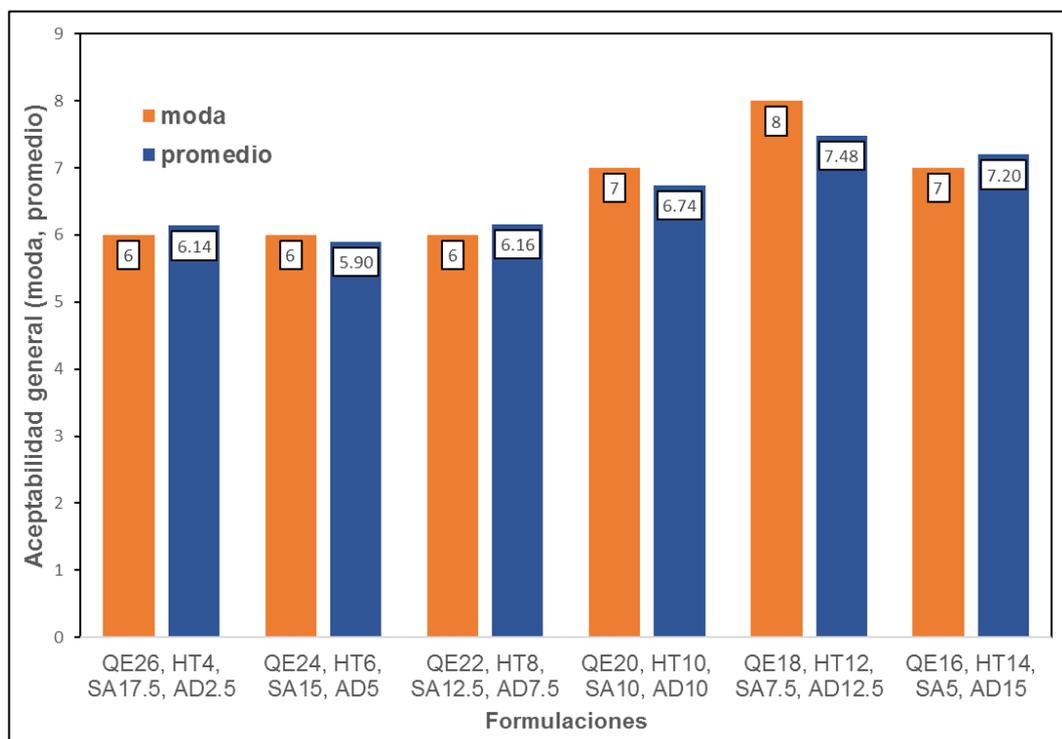


Figura 8. Aceptabilidad general en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Se observa mayor aceptación en la formulación 5: QE 18%, HT 12%, SA 7.5% y AD 12%, reportando promedio de 7.48 puntos; seguido la formulación 6: QE 16%, HT 14%, SA 5% y AD 15% con promedio de 7.20 puntos. Los resultados completos de la aceptabilidad general de la barra alimenticia se encuentran en el Anexo 5.

Se denota como tendencia, que, a mayor concentración de arándano deshidratado en las formulaciones de las barras alimenticias, aumentó la aceptabilidad general. Esto se debe al arándano deshidratado concentra más carbohidratos y ácidos orgánicos proporcionando un sabor agradable y buena aceptabilidad a los consumidores en los productos elaborados (Smith y otros, 2019). Además, los panelistas expresaron que el arándano

les proporciona una apariencia y sabor agradable natural a las barras alimenticias.

Riveros (2020) reportó una aceptabilidad general con valores promedios entre 7.73 y 6.97 puntos en un snack tipo barra alimenticia con harina de tarwi (38, 30 y 10%), harina de yuca (10, 35 y 60%) y harina de arracacha (52, 35 y 30%). Moreira-Araújo et al., (2021) elaboraron barras de cereales obteniendo como mejor tratamiento en aceptación a la formulación harina de frejol caupí 7.5%, hojuelas de avena 12%, hojuelas de arroz 12%, anacardos 9% y plátano deshidratado 8%; con un promedio de 8.3 puntos.

Márquez-Villacorta y Pretell -Vásquez (2018) reportó que el tratamiento con contenido equitativo de copos de quinua y cáscara de piña en polvo (15.67%) presentó la mayor aceptabilidad general con 8 puntos, obteniendo barras de cereales con aroma agradable a la fruta. Hincho y Llacho (2015) elaboraron barras de cereales eligiendo como mejor tratamiento a la formulación 30% kiwicha expandida, 15% harina de trigo y 18% harina de tarwi con una aceptación de 7 puntos.

Silva, Marques, Simão, Corrêa, Pinheiro y Silva (2014) explican que la incorporación de ingredientes como frutas que contienen carbohidratos y fibra soluble como la pectina repercuten en su sabor, olor agradable y adecuada consistencia de las barras de cereales, haciéndolos más aceptados por los consumidores. Además, si el producto presenta más dureza o firmeza, el consumidor lo asocia como el nivel de frescura del producto (Silva, Siqueira, Damiani y Vilas, 2016).

En el Cuadro 17, se presenta la prueba de Friedman para la aceptabilidad general de la barra alimenticia, demostrando que existió efecto significativo ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado. Entre los tratamientos, el que

presento mayor rango promedio con 4.81 y moda de 8 puntos (correspondiente a me agrada mucho) tenemos a formulación 5: QE 18%, HT 12%, SA 7.5% y AD 12.5%.

Cuadro 17. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Formulación						
Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)	Rango promedio	Promedio	Moda
26.0	4.0	17.5	2.5	2.81	6.14	6
24.0	6.0	15.0	5.0	2.46	5.90	6
22.0	8.0	12.5	7.5	2.86	6.16	6
20.0	10.0	10.0	10.0	3.77	6.74	7
18.0	12.0	7.5	12.5	4.81	7.48	8
16.0	14.0	5.0	15.0	4.29	7.20	7
Chi <sup>2</sup>					70.019	
p					0.000	

En el Cuadro 18, se presenta la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general de la barra alimenticia, empleada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares. Además, demostró estadísticamente que las muestras con mayor aceptación fueron la formulación 5: quinua expandida 18%, harina de tarwi 12%, salvado de avena 7.5% y arándano deshidratado 12.5%; y la formulación 6: quinua expandida 16%, harina de tarwi 14%, salvado de avena 5% y arándano deshidratado 15%; debido a que no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 18. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general de la barra alimenticia con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Formulación	Formulación				z	p
	Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)		
	26.0	4.0	17.5	2.5	- 4.592	0.000
18% quinua expandida, 12%	24.0	6.0	15.0	5.0	- 5.325	0.000
harina de tarwi, 7.5% salvado de avena y 12.5% arándano deshidratado	22.0	8.0	12.5	7.5	- 4.833	0.000
	20.0	10.0	10.0	10.0	- 3.458	0.001
	16.0	14.0	5.0	15.0	1.652	0.099

## V. CONCLUSIONES

Existió efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de la formulación a base de quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano sobre el contenido de proteínas, fibra cruda, firmeza, fenoles totales y aceptabilidad general de una barra alimenticia.

El tratamiento con la formulación 6 de quinua expandida (16%), harina de tarwi (14%), salvado de avena (5%) y arándano deshidratado (15%) presentó el mayor contenido de proteínas, 13.78%; mayor contenido de fibra cruda, 13.13%; mejor firmeza, 13.66 N; mayor contenido de fenoles totales, 86.80 mg AG/100 g y presentó la mejor aceptación sensorial, así como características fisicoquímicas; con 7.20 puntos que representa “me agrada bastante”.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar metodología de Diseño de Mezclas para optimizar la formulación a base de quinua expandida, harina de tarwi y arándano deshidratado en barras alimenticias.

Determinar la cinética de deterioro a diferentes temperaturas y la vida útil de la barra alimenticia elaborada a base de quinua expandida, harina de tarwi y arándano deshidratado.

Efectuar ensayos con diversos aglutinantes, dado que esto incide positivamente en la cohesión y evidencia una diversidad en los niveles de aceptación.

Realizar evaluaciones microbiológicas (hongos, mohos y levaduras) en las barras alimenticias con quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en barras alimenticias.

Emplear otros cereales andinos expandidos, harinas de leguminosas y bayas deshidratadas (sauco, fresa, cereza, mora y otros) en la formulación de barras alimenticias.

## VII. REFERENCIAS

Andina. 2021. Producción de arándano en el Perú. Agencia Peruana de Noticias. Recuperado el 10 de junio del 2022 de: <https://andina.pe/agencia/noticia-produccion-arandano-el-peru-crecio-23-octubre-2021-874455.aspx>

ADEX. 2021. Arándano a Bangkok, Tailandia. Perfil Mercado. Ministerio de Relaciones Exteriores. Recuperado el 11 de agosto del 2022 de: <https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2021/06/Perfil-Mercado-de-Ar%C3%A1ndanos-a-Tailandia.pdf>

Aleksejeva, S., Siksna, I. y Rinkule, S. 2017. Composition of cereal bars. *Journal of Health Science*, 5(3), 139-145.

Ali, M., Mousa, E. y Hassan, N. 2019. Production of healthy chips ready to eat using potato, green pea and lupine flour for malnourished children. *International Journal of Foods Science and Biotechnology* age, 4(1):26-34.

Almirudis, S., Ramírez, B., Medina, C. y Torres, P. 2019. Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(1): 24-31.

Amaro, E. y Montalvo, J. 2021. Elaboración de un snack nutritivo a partir de quinua (*Chenopodium quinoa*), avena (*Avena sativa*), semilla de calabaza (*Cucurbita ficifolia*) y frutos deshidratados. Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

Anzaldúa – Morales, A. 2017. La Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Segunda edición. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España.

AOAC. 1999. Association of the Official Agriculture Chemists. Official Method of Analysis for acidity titrable in fruits method 942.15. 17va. Edition. Volumen I y II. USA: Editorial Board.

Aparecida Damasceno, K., Alvarenga Gonçalves, C. A., Dos Santos Pereira, G., Lacerda Costa, L., Bastianello Campagnol, P. C., Leal De Almeida, P., & Arantes-Pereira, L. 2016. Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill). Journal of Food Quality, 39(5), 417–424. doi:10.1111/jfq.12222.

Ávila, L., Quispe, M. y Vegas, R. 2020. Efecto de la temperatura y tiempo de hidrolisis con NaOH en la obtención de péptidos solubles de harina de semillas residuales de tarwi. Ambiente, Comportamiento y Sociedad, 3(2): 39-55.

Carhuallanqui, S., Ccora, A., Vilcapoma, E. y Casas, J. 2022. Characterization of tarwi (*Lupinus mutabilis*) and design of a debittering prototype for the reduction of alkaloids. Journal of Agri-Food Science, 1: 53-62.

Castañeda, A., González, L., Granados, M. y Chávez, U. 2019. Gomas: Un aliado en la industria alimentaria. Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingeniería del ICBI, 7(14): 107-111.

Cerón-Fernández, C., Guerra, L., Legarda, J., Enríquez, M. y Pismag, Y. 2016. Effect of extrusion on the physicochemical characteristics of quinoa

flour. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2): 92-99.

Córdova, B. 2018. Efecto de la sustitución parcial de salvado de avena (*Avena sativa*) por residuos de pulpa de naranja en polvo sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una barra energética a base de quinua. Tesis para obtener el Título de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Cortez, R. 2018. Polifenoles totales, vitamina C y actividad antioxidante de láminas deshidratadas de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum*) y manzana (*Malus domestica*) utilizando goma xantana. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

Da Silva, A., Radomille, L., Da Silva, E. y Vieira, M. 2018. Use of umbu pulp for preparation of diet cereal bar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2): 1-12.

De Arruda, I., Costa, W., Magave, N., De Souza, M., Campos y De Barros, W. 2021. Development of cereal bar with baru almonds and pineapple peels. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, e21610514684, 2021.

Delgado, C., Ruiz, K., Sánchez, J., Zazueta, J., Aguilar, E., Carrillo, A. Camacho, I. y Quintero, A. 2019. Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *Journal of Food Science*, 17(1): 240–250.

Díaz, J. 2020. Propiedades Nutricionales y Funcionales de los Alimentos. Primera edición. Editorial Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Chimbote, Perú.

Echeverri, O. 2021. Alimentos funcionales. *Universitas Científica*, 24(1): 8-11.

Espinoza, K., Roldán, D. y Martínez, N. 2021. Elaboración de Snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota y determinación de su vida útil. *Rev. Anales Científicos*, 82 (1): 180-191.

Figueiredo, M., Macedo, R., De Oliveira, M., Rezende, K., Silva, N., Silva, D., Costa, D., Batista, K., Fernández, K., Peixoto M., y Buranelo, M. 2019. Characterization of corn (*Zea mays* L.) bran as a new food ingredient for snack bars. *LWT - Food Science and Technology*, 101: 812-818.

Franceschinis, E., Santomaso, A., Trotter, A. y Realdon, N. 2017. High shear mixer granulation using food grade binders with different thickening power. *Food Research International*, 64: 711-717.

Gastulo, J. y Quevedo, T. 2021. Elaboración de una barra alimenticia funcional de kiwicha, polen y miel de abeja. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.

Gómez, J. 2019. Kinetics of drying process of red fruits and elaboration of fermented beverages. Color and bioactive compounds changes during processing. Tesis para obtener el Grado Académico de Doctor en Biotecnología y Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Córdoba. Córdoba, España.

González, P., Alanís, E., Delgado, L. y Cruz, N. (2021). Fibra dietética; historia, definición y efectos en la salud. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(18): 187-195.

Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G. y Zamora, J. 2017. Assessment of the factors in the debittering of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science*, 6: 145-151.

Hincho, R. y Llacho, K. (2015). Aceptabilidad y valor nutricional de una barra nutritiva a base de harina de tarwi, kiwicha expandida y harina de trigo. Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciado en Nutrición Humana. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

Iglesias-Guevara, D., Febles, K., Comesaña, J. y Arencibia, J. 2022. Elaboración artesanal de caramelos masticables tipo goma con adición de miel de abeja. *Tecnología Química*, 42(2): 174-193.

Iuliano, L., González, G., Casas, N., Moncayo, D. y Cote, S. 2019. Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia. *Food Sci. Technol, Campinas*, 39 (Suppl. 1): 218-224.

Kaur, R., Ahluwalia, P., Sachdev, P. A., y Kaur, A. 2018. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3584–3591. doi:10.1007/s13197-018-3284-x.

Khouryieh, H. y Aramouni, F. 2013. Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International* 19(6): 549–556.

Márquez-Villacorta, L. y Pretell-Vásquez, C. 2018. Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 16(2): 67-78.

Melati, J., Lucchetta, L., Prado, N., Oliveira, D. y Tonial, I. (2021). Physical and sensory characteristics of salty cereal bar with different binding agents. *Food Science and Technology*, 41(1): 150-154.

Meléndez- Jácome, M., Romero, L., Sandoval, M., Vásquez, W. y Racines, M. (2021). *Vaccinium* spp.: Karyotypic and phylogenetic characteristics, nutritional composition, edaphoclimatic conditions, biotic factors and beneficial microorganisms in the rhizosphere. *Scientia Agropecuaria*, 12(1): 109-120.

Ministerio de Agricultura y Riego. 2020. El arándano en la Producción, Comercio y Perspectivas - Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria, Lima – Perú. Recuperado el 10 de agosto del 2022. [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia\\_plantas/f01cultivo/el\\_arandano](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia_plantas/f01cultivo/el_arandano)

Momanyi, D., Owino, W. y Makokha, A. 2020. Formulation, nutritional and sensory evaluation of baobab based ready-to-eat sorghum and cowpea blend snack bars. *Scientific African* (7): 1-9, e00215. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00215>.

Moreira-Araújo, R., Macedo de Sousa, I., Monteiro-Cavalcante, R., Morgano, M. y Da Mota Araújo, M. 2021. Cereal bar enriched with cowpea bean whole flour, cashew nut, and raisin banana. *Revista Ciência Agronômica*, v. 52, n. 2, e20207188, 2021.

Muñoz, E. 2018. Estudio del efecto de diferentes aglutinantes sobre las propiedades nutricionales y de textura en barras tipo granola. Tesis para obtener el Grado Académico de Maestría en Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México DF. México.

Ochoa, C. 2012. Formulación, elaboración y control de calidad de barras energéticas a base de miel y avena para la empresa Apicare. Tesis para obtener el Título Profesional de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Padmashree, A., Negi, N., Haridas, S., Govindaraj, T., Kumar, K., Semwal, A. y Sharma, G. 2018. Development and quality evaluation of choco quinoa nutri bar during storage. *Food and Nutrition Sciences*, 9(7): 899-914.

Pantoja-Tirado, L., Prieto-Rosales, G. y Aguirre, E. 2020. Caracterización de la harina de quinua y la harina de tarwi para su industrialización. *Revista Tayacaja*, 3(1): 76-84.

Parn, A., Bhat, R., Yeoh, T. y Al-Hassan, A. 2015. Development of novel fruit bars by utilizing date paste. *Food Bioscience*, 9(1): 20-27.

Păucean, A., Man, S. y Pop, A. 2015. Development of oat based-food formulation and quality characteristics. *Journal of Agroalimentary Process and Technologies* cancer, 21(3): 261-266.

Pérez, K., Elías, C. y Delgado, V. 2017. Bocado con alto contenido proteico, extruido a partir de quinua, tarwi y camote. *Scientia Agropecuaria*, 8(4): 377-388.

Rafiu, A., Hassan, C., Arifin, N., y Rahman. A. 2015. Physico-chemical analysis of high fibre cereal bar formulated with glutinous rice flakes and

sunnah foods. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 2(2): 47-58.

Ramírez-Jiménez, A., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E. And Loarcapiña, G. 2018. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 89: 674–680.

Rezende, T., Duarte, A., De Carvalho, A., Assaid, A., Marques, A. And De Oliveira, V. 2015. Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal Food Science Technology*, 52(8): 5084–5092

Ribeiro, G., Ribeiro Sanches. M., Teixeira, M.; Rodrigues, D. y Becker, P. 2022. Murici (*Byrsonima verbascifolia*): A high bioactive potential fruit for application in cereal bars. *LWT - Food Science and Technology* 160, 113279.

Sánchez, D. y Tanta, M. 2020. Comparación de la actividad antihemolítica y antioxidante in vitro entre el fruto de pushgay y el fruto de arándano. Tesis para obtener Título Profesional de Farmacia y Bioquímica. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca, Perú.

SENASA. 2021. Producción de arándano en La Libertad. Recuperado el 12 de agosto del 2022. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/la-libertad-primera-region-productora-de-arandanos-inicio-con-exito-campana-de-exportacion-2021-2022/>

Silva, V. y Conti-Silva, A. 2018. Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal Science Food Agriculture*, 98: 134–139.

Silva, V. y Conti-Silva, A. 2018. Storage study of cereal bars formulated with banana peel flour: Bioactive compounds and texture properties. *Nutrition & Food Science*, (48)3: 386–396.

Silva, J., Marques, T., Simão, A., Corrêa, A., Pinheiro, A. And Silva, R. 2014. Development and chemical and sensory characterization of pumpkin seed flour-based cereal bars. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 34(2): 346-352

Silva, E., Siqueira, H., Damiani, C. And Vilas, E. 2016. Physicochemical and sensory characteristics of snack bars added of jerivá flour (*Syagrus romanzoffiana*). *Food Science and Technology*, 36(3): 421–425

Singleton, V. y Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16: 144-158.

Shrestha, S., van't Hag, L., Haritos, V. y Dhital, S. 2021. Lupin proteins: Structure, isolation and application. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 928-939.

Smith, T., Karl, J., Wilson, M., Whitney, C., Barrett, A., Farhadi, N., Cheng, C. y Montain, S. 2019. Glycaemic regulation, appetite and ex vivo oxidative stress in young adults following consumption of high-carbohydrate cereal bars fortified with polyphenol-rich berries. *British Journal of Nutrition*, 121(9): 1026-1038.

Solís, A. y González, A. 2019. Diseño del proceso de producción de una planta piloto para la elaboración de barras energéticas. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

Suárez, M., Gil, J. y Penagos, P. 2019. Incorporación de un agente aglutinante en el proceso de granulación de un producto instantáneo de chocolate y su efecto sobre la resistencia mecánica. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27(46): 62-76.

Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 2017. Instituto Nacional de Salud. Perú. Recuperado de:  
<http://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Taramuel, E. (2020). Formulación y evaluación de una barra energética a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y otros productos, como una alternativa de valor agregado para la microempresa INDPROAGRO S.A. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero en Alimentos. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador.

Verduga, K., Santamaría, J., Gordillo, G. y Montero, C. 2022. Sacha inchi energy bars: formulation optimization with statistical mix design. *Enfoque UTE Revista*, 13(1): 58-72.

Villanueva, R. 2019. Fibra dietaría: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, 37: 229-249. Recuperado el 19 de setiembre del 2022 de:  
[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/4550/4496](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/4550/4496)

## **viii. ANEXOS**

Anexo 1. Contenido de proteínas (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)	Repetición	Proteínas (%)
26.0	4.0	17.5	2.5	1	9.25
				2	9.57
				3	9.97
				4	9.62
				Promedio	9.60
24.0	6.0	15.0	5.0	1	10.23
				2	11.75
				3	11.32
				4	11.77
				Promedio	11.27
22.0	8.0	12.5	7.5	1	11.76
				2	11.28
				3	12.08
				4	11.76
				Promedio	11.72
20.0	10.0	10.0	10.0	1	10.52
				2	11.71
				3	12.19
				4	11.52
				Promedio	11.48
18.0	12.0	7.5	12.5	1	12.63
				2	12.21
				3	12.38
				4	12.58
				Promedio	12.45
16.0	14.0	5.0	15.0	1	13.01
				2	13.50
				3	14.25
				4	14.34
				Promedio	13.78

Anexo 2. Valores de la fibra cruda (%) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)	Repetición	Fibra cruda (%)
26.0	4.0	17.5	2.5	1	11.69%
				2	12.02%
				3	11.88%
				4	11.93%
				Promedio	11.88%
24.0	6.0	15.0	5.0	1	7.10%
				2	6.95%
				3	6.94%
				4	6.10%
				Promedio	6.77%
22.0	8.0	12.5	7.5	1	8.72%
				2	7.64%
				3	8.43%
				4	8.80%
				Promedio	8.40%
20.0	10.0	10.0	10.0	1	9.17%
				2	9.52%
				3	9.60%
				4	9.42%
				Promedio	9.43%
18.0	12.0	7.5	12.5	1	10.27%
				2	10.42%
				3	10.38%
				4	10.63%
				Promedio	10.42%
16.0	14.0	5.0	15.0	1	14.47%
				2	12.84%
				3	13.01%
				4	12.18%
				Promedio	13.13%

Anexo 3. Valores de la firmeza (N) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)	Repetición	Firmeza (N)
26.0	4.0	17.5	2.5	1	13.97
				2	14.07
				3	16.29
				4	14.74
				Promedio	14.77
24.0	6.0	15.0	5.0	1	8.59
				2	8.18
				3	9.42
				4	10.41
				Promedio	9.15
22.0	8.0	12.5	7.5	1	10.907
				2	10.560
				3	12.700
				4	12.757
				Promedio	11.73
20.0	10.0	10.0	10.0	1	8.83
				2	8.18
				3	9.57
				4	10.74
				Promedio	9.33
18.0	12.0	7.5	12.5	1	11.84
				2	11.99
				3	12.33
				4	11.82
				Promedio	12.00
16.0	14.0	5.0	15.0	1	12.23
				2	14.05
				3	14.06
				4	14.28
				Promedio	13.65

Anexo 4. Valores del contenido de fenoles totales (mg AG/100 g) en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida (%)	Harina de Tarwi (%)	Salvado de Avena (%)	Arándano Deshidratado (%)	Repetición	Fenoles totales
26.0	4.0	17.5	2.5	1	62.84
				2	51.60
				3	53.38
				4	53.47
				Promedio	55.32
24.0	6.0	15.0	5.0	1	62.42
				2	65.45
				3	65.91
				4	66.16
				Promedio	64.99
22.0	8.0	12.5	7.5	1	69.11
				2	64.38
				3	65.08
				4	61.81
				Promedio	65.10
20.0	10.0	10.0	10.0	1	71.84
				2	66.89
				3	67.64
				4	67.16
				Promedio	68.38
18.0	12.0	7.5	12.5	1	78.302
				2	81.790
				3	80.254
				4	79.790
				Promedio	80.03
16.0	14.0	5.0	15.0	1	89.937
				2	85.961
				3	87.351
				4	83.937
				Promedio	86.80

Anexo 5. Valores de la aceptabilidad general en función de la formulación de la quinua expandida, harina de tarwi, salvado de avena y arándano deshidratado en una barra alimenticia

Quinua Expandida (%)	26	24	22	20	18	16
Harina de Tarwi (%)	4	6	8	10	12	14
Salvado de Avena (%)	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
Arándano Deshidratado (%)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Panelistas						
1	6	7	7	7	8	8
2	4	6	6	7	8	6
3	7	6	4	7	9	8
4	7	7	8	5	8	6
5	6	5	6	5	7	7
6	5	5	6	8	7	8
7	9	5	5	9	8	7
8	8	6	6	8	6	7
9	6	6	6	7	7	6
10	5	6	6	7	7	6
11	6	4	8	6	7	7
12	6	6	6	6	9	7
13	8	6	7	6	6	6
14	6	6	8	8	7	7
15	8	7	4	4	6	6
16	4	6	8	7	7	7
17	6	5	8	6	7	9
18	5	7	6	6	9	7
19	6	5	4	7	7	8
20	5	5	6	8	8	8
21	7	4	6	7	8	7
22	8	5	5	6	7	6
23	4	7	7	8	5	8

24	6	5	8	7	9	7
25	6	5	5	7	8	7
26	5	6	5	7	9	9
27	7	5	6	5	7	5
28	5	6	6	7	8	7
29	5	6	6	8	8	7
30	5	6	5	6	7	8
31	6	7	8	9	8	6
32	8	5	5	6	8	8
33	5	7	8	5	8	7
34	6	6	5	7	7	7
35	7	5	8	6	8	8
36	6	6	6	6	8	9
37	5	5	4	5	8	8
38	8	7	6	8	7	8
39	5	6	6	7	8	7
40	6	5	6	7	7	9
41	7	6	6	6	7	8
42	5	6	8	7	8	7
43	7	8	6	8	8	7
44	8	7	6	6	7	8
45	6	7	6	6	7	7
46	5	7	5	7	6	8
47	7	6	6	7	8	7
48	5	7	5	8	7	7
49	8	5	6	7	8	7
50	6	6	8	7	7	5
Promedio	6.14	5.90	6.16	6.74	7.48	7.20
Rango Promedio	2.81	2.46	2.86	3.77	4.81	4.29
Mediana	6.0	6.0	6.0	7.0	7.5	7.0
Moda	6	6	6	7	8	7