

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN NUTRICIÓN**



**“ELABORACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE GALLETAS EN  
BASE A QUINUA Y FIBRAS SOLUBLE E INSOLUBLE Y  
PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN RATAS”**

**Presentada por:**

**ALEJANDRINA HONORATA SOTELO MÉNDEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN NUTRICIÓN**

**Lima - Perú**

**2023**

# DNutrición

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://fanus.com.ar">fanus.com.ar</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://digitalcommons.unl.edu">digitalcommons.unl.edu</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.uemstischiapas.mx">www.uemstischiapas.mx</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://upload.wikimedia.org">upload.wikimedia.org</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://www.scielo.org.ve">www.scielo.org.ve</a> Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN NUTRICIÓN**

**“ELABORACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE GALLETAS EN  
BASE A QUINUA Y FIBRAS SOLUBLE E INSOLUBLE Y  
PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN RATAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:**

**ALEJANDRINA HONORATA SOTELO MÉNDEZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**Dra. Rosana Chirinos Gallardo  
PRESIDENTE**

**Ph.D. Carlos Vílchez Perales  
ASESOR**

**Dr. Milber Ureña Peralta  
MIEMBRO**

**Ph.D. Mariano Echevarría Rojas  
MIEMBRO**

**Dra. Doris Hilda Delgado Pérez  
MIEMBRO EXTERNO**

## **DEDICATORIA**

A DIOS por darme su BENDICIÓN en salud y alcanzar mis metas tanto personales como profesionales.

A Edgar, mi esposo, Alejandro, Andrea, Manuel y Cristina, mis hijos, por ser mi motivación, apoyo y comprensión; por estar junto a mi lado y brindarme un escenario lleno de amor para culminar el presente estudio.

A Elena y Juan, mis hermanos, por su apoyo y cariño que siempre me han dado.

A la memoria de mis padres Manuel y Trinidad, con eterna gratitud.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mi agradecimiento:

Al Doctor Carlos Vílchez Perales por la oportunidad brindada para llevar a cabo esta investigación y por su valiosa asesoría en el desarrollo de la presente tesis.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) por financiar la investigación a través del Convenio de Subvención N°. 275–2015–FONDECYT–PERÚ, con el Doctor Carlos Vílchez Perales liderando este proyecto.

Asimismo, agradezco a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina por brindarme el beneficio del cincuenta por ciento del costo de los estudios del Programa Doctoral en Nutrición, en mi calidad de docente."

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN. ....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. LA INDUSTRIA GALLETERA EN EL PERU .....	3
2.2. LA QUINUA .....	5
2.2.1. La quinua en el desarrollo de productos .....	7
2.3. LA FIBRA DIETARIA .....	10
2.3.1. Clasificación de la fibra dietaria .....	11
2.4. FIBRA SOLUBLE: LA TARA ... ..	13
2.5. FIBRA INSOLUBLE: EL AGAVE .....	15
2.6. ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUCEDÁNEOS DE TRIGO.....	18
2.7. CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS .....	20
2.8. EVALUACIÓN SENSORIAL .....	24
2.8.1. Tipos de evaluación Sensorial .....	24
2.8.2. Propiedades sensoriales.....	26

2.8.3. Escalas en las pruebas sensoriales .....	28
2.8.4. Aplicaciones de los análisis sensoriales .....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	30
3.2. ETAPA I: ELABORACIÓN DE LAS GALLETAS, COMPOSICIÓN QUÍMICA, ACEPTABILIDAD Y TEXTURA SENSORIAL .....	30
3.2.1. Materia prima para elaborar las galletas .....	30
3.2.2. Proceso de elaboración de las galletas ... ..	31
3.2.3. Análisis proximal de las galletas .....	34
3.2.4. Análisis de la fibra dietaria total .....	34
3.2.5. Análisis microbiológico de las galletas .....	34
3.2.6. Evaluación sensorial de las galletas .....	35
a. Formato de aceptabilidad y textura sensorial .....	35
b. Características de los jueces .....	35
c. Determinación de la aceptabilidad global de las galletas.....	35
d. Determinación de la textura sensorial de las galletas .....	36
3.3. ETAPA II: ENSAYOS BIOLÓGICOS CON RATAS .....	36
3.3.1. Animales experimentales .....	36
3.3.2. Materiales .....	37
3.3.3. Equipos .....	37

3.3.4. Reactivos .....	37
3.3.5. Formulación y elaboración de dietas experimentales .....	38
3.3.6. Evaluaciones biológicas de las dietas con galletas .....	41
a. Balance de nitrógeno ... ..	41
b. Digestibilidad .....	41
c. Valor biológico .....	41
d. Determinación del perfil bioquímico .....	43
e. Peroxidación lipídica de los tejidos .....	43
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
V. CONCLUSIONES .....	82
VI. RECOMENDACIONES .....	83
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
VII. ANEXOS .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición nutricional de galletas sin y con sustitución de trigo. ....	4
Tabla 2:	Análisis químico proximal de la harina de quinua.....	8
Tabla 3:	Contenido de fibra dietética en las diferentes fracciones de <i>Agave tequilana Azul</i> .....	15
Tabla 4:	Usos y productos tradicionales que se pueden obtener de las especies de <i>Agave</i> .....	17
Tabla 5:	Composición química proximal de sucedáneos del trigo y sustitución parcial fideos y galletas.....	21
Tabla 6:	Formulación de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> .....	32
Tabla 7:	Composición porcentual de las dietas experimentales con harina de galletas con sustitución de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> .....	39
Tabla 8:	Análisis proximal de dietas experimentales que contienen galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> .....	40
Tabla 9:	Análisis químico proximal de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> , en base seca .....	47
Tabla 10:	Contenido de fibra dietaria de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> .....	53
Tabla 11:	Análisis microbiológico de las galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de <i>Agave americana</i> .....	56

Tabla 12:	Digestibilidad aparente, balance de nitrógeno y valor biológico de galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de Agave americana y fibra de endospermo de semilla de tara utilizados en ratas Holtzman.....	66
Tabla 13:	Perfil bioquímico de ratas alimentadas con galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de Agave americana y fibra de endospermo de semilla de tara .....	73
Tabla 14:	Capacidad antioxidante del hígado e intestino delgado de ratas alimentadas con galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de Agave americana y fibra de endospermo de semilla de tara .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Clasificación de la fibra según grado de hidrosolubilidad.....	11
Figura 2:	Clasificación de la fibra según grado de fermentabilidad.....	12
Figura 3:	Estructura química del galactomanano de la goma de tara.....	13
Figura 4:	Flujograma de elaboración de galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra soluble del endospermo de semilla de tara y fibra insoluble de harina de hojas de Agave americana .....	33
Figura 5:	Galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra soluble del endospermo de semilla de tara y fibra insoluble de harina de hojas de Agave americana .....	45
Figura 6:	Aceptabilidad global de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de harina de hojas de Agave americana y fibra soluble de endospermo de semilla tara .....	58
Figura 7:	Textura sensorial de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de harina de hojas de Agave americana y fibra soluble de endospermo de semilla de tara .....	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Pagina
I	Formato de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad global de galletas elaboradas a base de harina de quinua Altiplano, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara...	98
II	Formato de evaluación sensorial para la prueba de textura sensorial de galletas elaboradas a base de harina de quinua Altiplano, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara.....	99
III	Puntuación de aceptabilidad global de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara.....	100
IV	Puntuación de textura sensorial de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble de endospermo de semilla de tara.....	104
V	Digestibilidad aparente, balance de nitrógeno y valor biológico de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara, en ratas...	106
VI	Perfil bioquímico de ratas alimentadas a base de harina de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocido, fibra insoluble de harina de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara.....	107
VII	Análisis TBARS del hígado e intestino extraídos de ratas alimentadas a base de harina de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de Agave americana y fibra soluble del endospermo de semilla de tara.....	108

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AGCC	Ácidos grasos de cadena corta.
BN	Balance de nitrógeno.
Da	Digestibilidad aparente.
FDT	Fibra dietaria total.
FSEST	Fibras solubles de endospermo de semilla de tara.
FIHAA	Fibra insoluble de hojas de Agave americana.
HDL	Lipoproteínas de alta densidad.
MDA	Malondialdhehído.
TGI	Tracto gastrointestinal.
ID	Intestino delgado.
TBARS	Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico.
TG	Triglicéridos.
VB	Valor biológico.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, endospermo de tara y harina de hojas de *Agave americana* sobre la aceptabilidad en galletas, así como sus parámetros bioquímicos en ratas Holtzman. Se desarrollaron cuatro formulaciones de galletas: el control (I), galletas con sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua Altiplano cocida (II), galletas con (FSEST) y (FIHAA) (III) y galletas que incluían quinua y fibras (IV). Se utilizó una escala no estructurada para la evaluación sensorial en humanos. Se emplearon 20 ratas Holtzman, distribuidas en grupos de cinco, para la aplicación de las cuatro formulaciones. Durante 30 días se registró el peso vivo, consumo de alimento, y se colectaron heces y orina para la prueba biológica. Al finalizar, se determinaron niveles de glucosa, triglicéridos, HDL; posteriormente los animales fueron sacrificados, se extrajeron muestras de hígado e intestino que fueron almacenadas para su análisis de peroxidación lipídica. Se analizaron los datos no paramétricos por el método Friedman, los paramétricos bajo un Diseño Completamente al Azar y la comparación de medias por la prueba de Tukey. Se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) respecto a la humedad, fibra cruda y FDT en galletas de las formulaciones II, III, IV. La aceptabilidad global y textura sensorial mostraron mayor preferencia ( $p < 0.05$ ) para las galletas de la formulación II y IV. Mayor concentración de triglicéridos ( $p < 0.05$ ) se encontró en ratas que consumieron la dieta control, y que a su vez tuvo menor protección de peroxidación lipídica ( $p < 0.05$ ). Los parámetros de BN y VB, glucosa, CT, HDL, intestinal no fueron influenciados ( $p > 0.05$ ) por las dietas consumidas; sin embargo, la dieta que contiene harina de galletas con quinua Altiplano cocida presentó mejor digestibilidad ( $p < 0.05$ ). En conclusión, el consumo de galletas con las mencionadas sustituciones mejora en humanos las características sensoriales y en ratas reduce los niveles de triglicéridos y el daño oxidativo del intestino delgado e hígado.

Palabras clave: galletas, quinua, fibras, aceptabilidad, triglicéridos.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the effect of the inclusion of cooked Altiplano quinoa flour, tare endosperm and Agave americana leaf flour on the acceptability of cookies, as well as their biochemical parameters in Holtzman rats. Four cookie formulations were developed: the control(I), cookies with partial substitution of wheat flour by cooked Altiplano quinoa flour (II), cookies with (FSEST) and (FIHAA)(III) and cookies including quinoa and fibers (IV). An unstructured scale was used for sensory evaluation in humans. Twenty Holtzman rats were used, distributed in groups of five, for the application of the four formulations. Live weight and food consumption were recorded for 30 days, and feces and urine were collected for the biological test. At the end, glucose, triglyceride, and HDL levels were determined; Subsequently, the animals were sacrificed, liver and intestine samples were extracted and stored for analysis of lipid peroxidation. Non-parametric data were analyzed by the Friedman method, parametric data under a Completely Randomized Design and the comparison of means by Tukey's test. Differences ( $p < 0.05$ ) were found with respect to moisture, crude fiber and TDF in cookies of formulations II, III, IV. The global acceptability and sensory texture showed greater preference ( $p < 0.05$ ) for cookies of formulation II and IV. Higher triglyceride concentration ( $p < 0.05$ ) was found in rats consuming the control diet, which in turn had lower lipid peroxidation protection ( $p < 0.05$ ). BN and VB, glucose, CT, HDL, intestinal parameters were not influenced ( $p > 0.05$ ) by the consumed diets; however, the diet containing cookies flour with cooked Altiplano quinoa presented better digestibility ( $p < 0.05$ ). In conclusion, the consumption of cookies with the aforementioned substitutions improves sensory characteristics in humans and in rats reduces triglyceride levels and oxidative damage of the small intestine and liver.

Keywords: cookies, quinoa, fiber, acceptability, triglycerides.

## I. INTRODUCCIÓN

En las sociedades modernas desarrolladas y en vías de desarrollo, se observan un crecimiento alarmante en la tasa de enfermedades no transmisibles tales como el cáncer colono-rectal, la hipertensión, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus Tipo 2, el sobrepeso, e incluso la obesidad mórbida. Se sugiere que el cuadro descrito se debe a un consumo de alimentos con alto grado de procesamiento, altos niveles de grasas y carbohidratos refinados y, por otro lado, muy pobres en el contenido de fibra dietaria. La fibra dietaria, definida como los carbohidratos que escapan a la digestión de las enzimas del intestino delgado del ser humano y que son fermentados en el intestino grueso por el microbiota, genera ácidos grasos de cadena corta de gran importancia a nivel local y sistémica contribuyendo así a la prevención de las enfermedades no transmisibles.

Se observa un crecimiento de la actividad manufacturera alimenticia en Perú, en especial en el área de panificación y galletería. Las galletas son especialmente apreciadas por su fácil y rápida elaboración, además de su larga vida útil. Adicionalmente, la incorporación de ingredientes no tradicionales en su formulación permite la innovación, con la cual se genera una alta gama de productos con valor agregado, tanto en el aspecto nutritivo como en el sensorial, pudiendo ser, además, un vehículo de micronutrientes y buenas fuentes de fibra dietaria. Estudios previos han demostrado que la incorporación de quinua en la formulación de galletas resulta idónea, aporta proteína de alto valor biológico, ácidos grasos esenciales, fibra dietaria y compuestos bioactivos, como polifenoles y fitoesteroles.

El endospermo de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) es una fibra soluble que tiene como base a los  $\beta$ -galactomananos (Picout *et al.* 2002), donde la manosa es relativamente hidrofóbica y la galactosa más hidrofílica, cuya proporción es de 3:1 (Avachat *et al.* 2011), la cual le otorga una adecuada característica de viscosidad que le permite ser usado como espesante y

estabilizador de alimentos para consumo humano. Por otro lado, existen reportes que demuestran que la fibra soluble tiene influencia positivos sobre la ingesta de alimentos, el apetito, la saciedad y por ende sobre la regulación del peso corporal (Green *et al.* 2020) mientras que la fibra insoluble, como la que está presente en las hojas de agave (Agave Americana), tiene como función aumentar la velocidad de tránsito intestinal, entre otras, en modelos animales y en el ser humano (García 2004). A pesar que la industria de panificación y galletería es versátil en la utilización de ingredientes no tradicionales, no existe evidencia de la fabricación de galletas usando harina de quinua, endospermo de tara y harina de hojas de agave, como fuente de alimento funcional para consumo humano.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, endospermo de tara (fuente de fibra soluble) y harina de hojas de Agave Americana (fuente de fibra insoluble) en la elaboración de galletas sobre las propiedades sensoriales (aceptabilidad) de las galletas en humanos y el valor biológico, y parámetros bioquímicos en ratas Holtzman.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 LA INDUSTRIA GALLETERA EN EL PERÚ**

Para satisfacer sus necesidades de nutrientes, el ser humano consume alimentos sin procesamiento, con procesamiento primario o alimentos procesados, dependiendo del área geográfica en donde vive; en el Perú se ha incrementado la actividad manufacturera alimenticia, en especial la producción de panes y galletas. Este incremento fue de 3.5 por ciento en el 2017 y de 4.1 por ciento en el primer semestre de 2018 para la producción de galletas en sus diversas formas debido a la demanda de productos de panadería con mayor valor nutricional y también a una mayor inversión en equipamiento de herramientas y máquinas en esta industria (SIN 2018).

El sector galletero es muy importante en la industria alimentaria, siendo su principal atracción la gran variedad de productos que se pueden elaborar, incorporando diversos ingredientes para agregar valor nutritivo como el contenido proteínas y fibra (Capurro y Huerta 2016), sin afectar las características organolépticas. Paralelamente, hay una tendencia a adicionar sucedáneos de harina de trigo, los cuales, al ser añadidos en proporciones adecuadas en las formulaciones para panes o galletas, pueden mejorar la calidad nutricional, disminuir costos o bien permitir el uso de una materia prima subutilizada (Chopra *et al.* 2018). Capurro y Huerta (2016) indicaron que el sector galletero se divide en galletas dulces y saladas; las primeras con un 60 por ciento y las segundas con un 40 por ciento del mercado. Asimismo, manifestaron que el mercado de galletas en Perú se caracteriza por su gran nivel de innovación y por constantes lanzamientos de nuevos productos, principalmente a través de la introducción de nuevos sabores, sobre todo en el segmento de galletas dulces.

El Comité de Fabricantes de Galletas (CFG) de la Sociedad Nacional de Industrias informa de un crecimiento del 5 por ciento anual en los últimos 10 años (SIN 2018). Asimismo, la demanda histórica de galletas artesanales, entre las que se encuentran las galletas de granos andinos, presenta igualmente una tendencia al alza. Esto se debe a que tanto la galleta artesanal como la convencional tienen similares características físicas e iguales hábitos de consumo (Bick *et al.* 2014). El consumo per cápita de galletas en Perú alcanza los 5 kg anuales (Capurro y Huerta 2016), muy cercano a Chile y por debajo a Argentina y Brasil, cuyos consumos son de 6 y 7 kg, respectivamente.

La composición de la galleta varía en función a los insumos que la componen, si éstas incluyen harinas sucedáneas al trigo, se incrementa la calidad nutricional, lo cual será beneficioso para el consumidor (Tabla 1).

**Tabla 1: Composición nutricional de galletas sin y con sustitución de trigo**

<b>Análisis químico proximal (Porcentaje)</b>	<b>Galleta de agua<sup>1</sup></b>	<b>Galleta salada<sup>2</sup></b>	<b>Galleta Dulce<sup>3</sup></b>	<b>Galleta con harina de avena y hojas de quinua<sup>4</sup></b>	<b>Galleta con papa y quinua (20 por ciento)<sup>5</sup></b>	<b>Galleta con chía y quinua (15 por ciento)<sup>6</sup></b>	<b>Galleta con fibra de cereales<sup>7</sup></b>
Humedad	4.80	1.90	3.20	3.40	14.50	2.19	0.41
Proteína total	11.40	10.90	6.60	14.40	13.06	7.32	8.15
Grasa total	5.20	17.80	17.60	6.00	28.20	20.94	9.41
Fibra cruda	0.40	0.40	0.20	0.70	0.80	-	-
Ceniza	0.90	2.50	1.80	3.00	2.30	1.14	1.56
ELN	76.00	66.90	70.80	72.50	41.14	68.41	71.39
Fibra dietaría	-	-	-	-	-	5.29	9.07
Energía (kcal/100g)	401.00	467.00	465.00	401.60	470.60	477.19	439.22

Fuente:<sup>1,2,3</sup>CENAN (2017), <sup>4</sup>Bravo y Pérez (2016), <sup>5</sup> Chopra *et al.* (2018), <sup>6</sup>Goyat *et al.* (2018), <sup>7</sup>Roman y Valencia (2006)

## 2.2 QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa Wild.*) es una planta de la familia de las quenopodiáceas, cultivada desde hace miles de años en diferentes regiones de América del Sur, especialmente en los Andes, habiendo sido introducida en las últimas décadas en América del Norte, Europa, Asia y África. La quinua es conocida como un pseudocereal y desde que se hicieron públicas sus propiedades nutricionales ha despertado interés en el mundo entero (Craine y Murphy 2020).

Desde hace varias décadas, la quinua es conocida por su alto contenido y calidad de proteínas; según (Cardozo y Tapia 1979), este puede oscilar en un rango de 7.47 a 22.08, con un promedio de 13.8 por ciento, valor calculado en base a 77 determinaciones sin especificar la variedad, mientras que para Rojas *et al.* (2010) el valor está entre 10.21 y 18.39 por ciento, con un promedio de 14.3 por ciento. La proteína total de la quinua está constituida por dos fracciones principales, la albumina y globulina. La globulina es una fracción de tipo 11S denominada chenopodina y representa el 37 por ciento de la proteína total, cuyos polipéptidos tienen masas moleculares de 22-23 kDa y 32-39 kDa (Brinegar y Goundan 1993), mientras que la albumina representa el 35 por ciento de la proteína total en la quinua y es del tipo 2S con una masa molecular de 9 kDa, los cuales fueron caracterizados por Brinegar *et al.* (1996). Por otro lado, al igual que la harina de trigo, la quinua también contiene prolaminas; sin embargo, éstas se encuentran en un rango de concentración del 0.5 a 0.7 por ciento (Kozioł 1992), notablemente inferior al del trigo cuyo contenido es de 5.94 por ciento (Schalk *et al.* 2017). Esta es la característica determinante para que la quinua sea un alimento atractivo para pacientes celíacos y personas con alergia al trigo (Kozioł 1992; Abugoch 2009). La alta calidad proteica de la quinua se deriva de su espectro equilibrado de aminoácidos con altos contenidos de aminoácidos esenciales, tales como lisina (44 mg /g proteína), triptófano (12 mg /g proteína) y metionina (4-10 mg/g proteína) (Kozioł 1992 y Abugoc, 2009). Esta composición se asemeja notablemente a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche (Repo- Carrasco *et al.* 2001).

La quinua es rica en minerales, dado que contiene 927 mg/100 g de potasio (K), 149 mg/100 g de calcio (Ca), 250 mg/100 g de magnesio (Mg), 384 mg/100 g de fósforo (P), 150-220 mg/100

g de azufre (S), 13.2 mg/100 g de fierro (Fe) y 4.4 mg/100 g de zinc (Z), siendo estos valores superiores a los de otros cereales (Kozioł 1992 y Konishi *et al.* 2004). El almidón es el principal carbohidrato de la quinua y se encuentra entre 52 a 74 por ciento en el perisperma (Maradini-Fhilo 2017) y de 51.6 a 59.3 por ciento para quinuas con diferentes procesamientos (Ruales y Nair 1994), valores cercanos a los cereales comunes como trigo (64-70 por ciento) y maíz (73 por ciento). La fibra dietaria de la quinua se encuentra en un rango de 10 a 16 por ciento (Repo-Carrasco-Valencia y Serna, 2011) y está constituida en más de un 80 por ciento por fibra insoluble (Ranhotra *et al.* 1993). El rango de la FDT de la quinua es superior porcentualmente al de otros cereales, tales como el trigo (3.5), el maíz entero (6.9), el arroz (1.4) y el sorgo crudo (4.6) (Dyner *et al.* 2016). Asimismo, la quinua presenta buenas propiedades funcionales como la capacidad de absorción de agua que oscila entre 2.81 a 3.82 por ciento, la capacidad de absorción de aceite que se encuentra entre 2.72 a 3.03 por ciento y capacidad de formar espuma que va de 9.09 a 10.05 por ciento, propiedades de importancia en la industria alimentaria (Nasir *et al.* 2015).

El tenor de los ácidos grasos insaturados constituye el 87.8 por ciento de los ácidos grasos totales presentes en el aceite de quinua, siendo los más representativos el oleico (19.7 a 29.5 por ciento), linoleico (49.0 a 56.4 por ciento) y linolénico (8.7 a 11.7 por ciento) y el más abundante de los ácidos grasos saturados es el ácido palmítico, que representa un 10 por ciento de los ácidos grasos totales. Por esta razón, la composición de ácidos grasos totales de la quinua se asemeja mucho a la del aceite de soya (Ando *et al.* 2002). Teniendo una razón geométrica de omega-6/omega-3 de 5.3 a 10.6 favorable para la salud del consumidor (Tang y Tsao 2017), siendo cercano al consumo recomendado por la FAO/OMS, cuya razón omega-6/omega-3 es de 5- 10:1 /día (Rodríguez *et al.* 2005). Debido a todo lo antes mencionado, en las últimas décadas se le atribuyen a la quinua muchos beneficios para la salud en diversos planos, tales como el plano de las enfermedades cardiovasculares, del metabolismo de prostaglandinas, del incremento de la sensibilidad a la insulina, del sistema inmune y de la función de la membrana celular (Abugoch 2009).

Por otro lado, la quinua es rica en compuestos fenólicos, tales como los polifenoles, entre ellos ácido caféico, ferúlico, p-cumárico, p-hidroxi-benzoico, vanillico, cinámico. Posee también

flavonoides, tales como miricitina, quercitina, catequinas, kaempferol, isorhamnetina, rutina (Repo-Carrasco-Valencia *et al.* 2010) y además betalainas, como las betacianinas y betaxantinas (Abderrahim *et al.* 2015). La quinua contiene vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), la cual en forma conjunta con los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes y reducen el riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles, tales como enfermedades cardiovasculares y cáncer, así como enfermedades neurodegenerativas, como son el Alzheimer y Parkinson (Li *et al.* 2018; Gasaly *et al.* 2020), y el consumo de quinua mejora las condiciones de las personas celiacas (Zevallos *et al.* 2014).

La composición nutricional de la quinua es influenciada por el genotipo, los factores bióticos, abióticos y el procesamiento (Requera *et al.* 2018), como se muestra en la Tabla 2, por lo que la quinua se encuentra incluida en la lista de los “súper alimentos” y la Asamblea General de las Naciones Unidas en el 2011, declara al año 2013 como el “Año Internacional de la Quinua (AIQ)”, con el especial propósito de difundir su consumo y su cultivo en todas las regiones del mundo y así convertirla en una alternativa para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria mundial dada su capacidad como sustituta especial de las proteínas de origen animal (Muñoz 2013).

### **2.2.1. La quinua en el desarrollo de productos alimenticios**

La quinua se usa tradicionalmente en sopas y segundos, bebidas, meriendas secas, etc.; también se usa en alimentos no tradicionales, tales como galletas, tortas, buñuelos, jugos, insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc. Por eso, en estos últimos años se ha incrementado las investigaciones referentes al desarrollo de productos combinados, a manera de hacer atractivo el consumo de quinua (Rojas *et al.* 2010). La harina de quinua ha sido utilizada en la elaboración de diversos productos con una inclusión de 10-40 por ciento en panes, 40 por ciento en pastas, 60 por ciento en bizcochos y hasta 70 por ciento en galletas. Siendo la cocción el proceso más utilizado para consumir la quinua. Si bien los compuestos fenólicos y las vitaminas se reducen por efecto de la temperatura, aun así, la quinua representa una fuente rica en antioxidantes (Mujica *et al.* 2006).

**Tabla 2: Análisis químico proximal de la harina de quinua**

Análisis químico proximal (Porcentaje)	Harina Quinoa <sup>1</sup>	Harina Quinoa <sup>2</sup>	Harina Quinoa <sup>3</sup>	Harina Quinoa <sup>4</sup>	Harina Quinoa <sup>5</sup>	Harina Quinoa <sup>6</sup>	Harina Quinoa <sup>7</sup>	Harina Quinoa <sup>8</sup>	Harina Quinoa <sup>9</sup>	Harina Quinoa <sup>10</sup>
Humedad	10.28	12.67	0.00	0.00	11.20	11.50	8.47	12.03	10.03	15.30
Proteína total	14.00	13.81	16.50	12.90	13.50	13.60	14.72	15.47	16.08	18.39
Grasa	3.92	5.01	6.30	6.50	6.20	5.80	5.33	6.85	6.50	10.88
Fibra cruda	2.92	4.14	3.80	ND	9.50	---	1.81	3.38	3.50	9.64
Ceniza	2.67	3.36	3.80	3.00	1.20	2.90	2.83	5.43	2.80	5.21
ELN	65.80	61.01	69.00	63.70	58.30	66.20	68.16	68.84	61.09	40.54
Fibra dietaria total		ND	ND	13.90		5.90		15.99	3.11	ND
Fibra dietaria soluble (FDS)		ND	ND	4.30		ND		1.60	ND	ND
Fibra dietaria insoluble (FDI)		ND	ND	9.60		ND		14.39	ND	ND
Polifenoles totales, mg ácido gálico, g/100g	139.6	ND	ND							

Fuente: <sup>1</sup>Bick *et al.* (2014), <sup>2</sup>Cardoso y Tapia (1979), <sup>3</sup>Koziol (1992), <sup>4</sup>Ando (2002), <sup>5</sup>Ogunberle (2003), <sup>6</sup>CENAN (2017), <sup>7</sup>Repo -Carrasco-Valencia (2010), <sup>8</sup>Repo Carrasco (2011), <sup>9</sup>Nasir *et al.* (2015), <sup>10</sup>Rojas *et al.* (2010)

Diversas investigaciones en quinua han demostrado su capacidad para reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, dado que tiende a reducir los niveles de colesterol, triglicéridos en animales y humanos que lo consumen (Moron *et al.* 2013; Fotschki *et al.* 2020; Farinazzi-Machado *et al.* 2012), debido a su aporte de fibra dietaria, ácidos grasos poliinsaturados y compuestos fenólicos (Quiles *et al.* 2003 y Villarroel *et al.* 2018). Asimismo, la harina de quinua utilizada en la elaboración de papillas con alta densidad nutricional estimula el desarrollo normal de infantes (Mujica *et al.* 2006), mejora la digestibilidad de grasas y carbohidratos, y la calidad de proteínas en comparación a una dieta control de caseína en niños que se recuperan de la desnutrición (López de Romaña *et al.* 1981); además, su consumo contribuye a la pérdida de peso y a mejorar parámetros metabólicos asociados con enfermedades cardiovasculares (Zevallos *et al.* 2014).

Investigaciones realizadas por López *et al.* (2009), Goyat *et al.* 2018 y Chopra *et al.* (2018) con inclusiones de 5, 10, 15, 20 y 30 por ciento de harina de quinua en la formulación de galletas presentaron similar puntaje de aceptación general que el control (harina de trigo); asimismo, Bick *et al.* (2014), al incluir un 10, 20 y 30 por ciento de harina de quinua en fórmulas de galletas, encontraron mayor valor nutricional y similar puntuación de aceptabilidad global y características físicas que en el control. A su vez, Rosell *et al.* (2009), al sustituir la harina de trigo por harina quinua en niveles de 12.5 y 25 por ciento en la elaboración de panes, encontraron una aceptabilidad general similar al pan a base de harina de trigo. La textura sensorial de galletas con inclusión de 10 y 20 por ciento de quinua tuvieron puntajes altos (Da Silva *et al.* 2013), así como los determinados por Godse *et al.* (2020), en galletas con 25 por ciento de inclusión de los mismos insumos.

Por otro lado, Vidueiros *et al.* (2013), al suministrar dietas con quinua sin lavar, quinua lavada y caseína (control), encontraron que los animales que consumieron la dieta de quinua sin lavar mostraron significativamente menor peso y menor consumo de alimento respecto a los animales que consumieron las otras dietas, lo que indica que las saponinas presentes en la quinua deben ser removidas y eliminadas antes de su consumo.

### 2.3 FIBRA DIETARIA

En nutrición humana, el término fibra dietaria fue utilizado por primera vez en 1953 por Hipsley, cuando observó que las poblaciones que consumieron dietas altas en fibra tendían a disminuir la tasa de toxemia del embarazo (Hipsley 1953), mientras que Burkitt *et al.* (1972), demostraron que la fibra dietaria disminuyó la diverticulitis. Desde entonces, el concepto de la fibra dietaria ha tenido diversas revisiones, estando relacionada a diversas enfermedades. La denominación de fibra dietaria se oficializa en 1972 y es redefinida por Trowell *et al.* (1976), quienes indican que la fibra dietaria está compuesta por el conjunto de polisacáridos de origen vegetal y la lignina, los cuales son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (American Asociación of Cereal Chemists, AACC, 2001) define a la fibra dietaria, como la parte comestible de las plantas o compuestos similares a los carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano; con fermentación parcial o completa en el intestino grueso, constituida por polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a la pared celular de las plantas. Asimismo, la fibra promueve efectos atenuantes de los niveles de colesterol y glucosa en la sangre, éstos últimos relacionados con la diabetes tipo 2, obesidad y enfermedades cardiovasculares (Escudero y González 2006; Capuano 2017).

Otras definiciones de organismos internacionales como el CODEX (2009), define a la fibra dietaria como polímeros de carbohidratos con 10 o 9 unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado del hombre; estos polímeros se encuentran naturalmente en los alimentos que se consumen, pero también incluyen los almidones resistentes y los suplementos de polisacáridos purificados; sin embargo, excluyen todos los oligosacáridos con grado de polimerización entre 3 y 9 unidades monoméricas.

### 2.3.1 Clasificación de la fibra dietaria

La fibra dietaria se clasifica según el grado de hidrosolubilidad, en soluble e insoluble (Figura 1). Las fibras solubles, tales como la hemicelulosa A, las pectinas, las gomas, los mucílagos, la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) y el almidón resistente, forman un retículo en contacto con el agua, donde esta queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de las acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico (Escudero y Gonzáles 2006). Asimismo, Savon (2002) confirma que las fibras solubles conducen a la reducción en la respuesta glucémica y del colesterol del plasma.

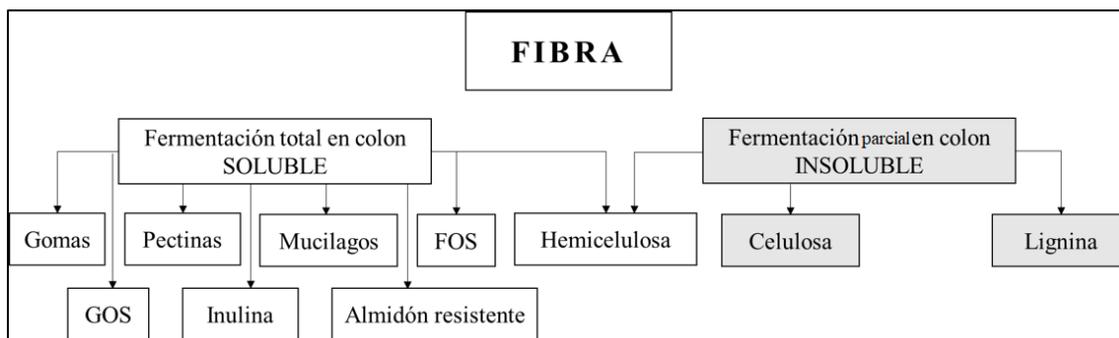
Por otro lado, las fibras insolubles o poco solubles, tales como la lignina, la celulosa y la hemicelulosa, son capaces de retener agua en su matriz estructural, formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal, ayuda también en el tratamiento y la prevención de la constipación crónica, asimismo contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (García 2004).

Fibra	Lignina		Insolubles en agua ("fibra insoluble")
	Polisacáridos no almidónicos	Celulosa	
		Hemicelulosa (tipo B)	
	Hemicelulosa (tipo A)	Solubles en agua ("fibra soluble")	
Sustancias Análogas a la fibra	Inulina		En su mayoría Solubles en agua
	Fructooligosacáridos		
	Almidón resistente		
	Azúcares no digeribles		

**Figura 1: Clasificación según grado de hidrosolubilidad**

Fuente: Escudero y Gonzales (2006)

La otra clasificación de la fibra dietaria es según el grado de fermentación que se da por acción de las enzimas microbianas del tracto digestivo y de preferencia en el colon (Figura 2). La fermentación de la fibra puede ser total o parcial, y ello depende del tipo de fibra y del tiempo de paso de la misma a lo largo del colon (Chutkan *et al.* 2012). Así, las fibras solubles (agar, almidón resistente y fructooligosacáridos) poseen una capacidad de fermentación de un 100 por ciento; la hemicelulosa de un 60 a 90 por ciento, la celulosa entre el 20 y 80 por ciento y el salvado de trigo sólo del 50 por ciento (Escudero y Gonzáles 2006). Por otro lado, para Mudgil y Barak (2013), la fermentación es catalogada como fermentación rápida, lenta y poco fermentable. La fibra dietaria de frutas, vegetales y leguminosas es de fermentación rápida, por lo cual estas fibras contribuyen en la disminución del volumen de las heces más que otras. Mientras que, la fibra dietaria de fermentación lenta (como el salvado de trigo) y la fibra dietaria de fermentación pobre o nula (como la lignina) contribuyen al incremento del volumen de las heces en el intestino, dando como resultado la reducción del riesgo de la constipación y cáncer colónico. Las bacterias intestinales del colon fermentan a los glúcidos contenidos en las fibras, produciéndose como resultado los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), tales como acetato, propionato y butirato, además de los gases hidrógeno, anhídrido carbónico y metano, y finalmente, energía (den Besten *et al.* 2013).

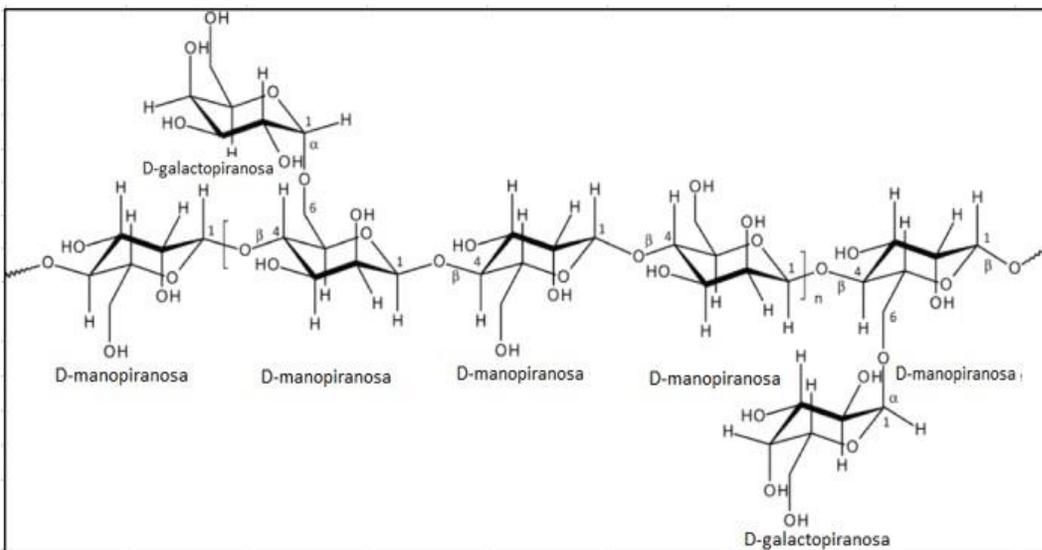


**Figura 2: Clasificación de la fibra según grado de fermentabilidad**

Fuente: García (2004)

## 2.4 LA TARA: FUENTE DE FIBRA SOLUBLE

El árbol de tara es un arbusto espinoso de hojas perennes que alcanza una altura de entre 3 a 10 m, se encuentra en países de Sudamérica como Bolivia, Perú, Ecuador, Chile y Colombia, pero su principal productor es Perú. La vaina de tara mide cerca de 10 cm de longitud y de 2 cm de ancho, conteniendo entre 4 a 7 semillas (Bonilla *et al.* 2016). La composición porcentual de la semilla de tara es de un 28 por ciento de cáscara, 34 por ciento de endospermo y 37.5 por ciento de germen (De la cruz 2004). El endospermo de las semillas del árbol de tara (*Caesalpinia spinosa*), cuyo polvo es de color blanco o beige, es un galactomanano, comúnmente definido como un polisacárido de gran viscosidad, constituido principalmente por una cadena lineal de unidades  $\beta$  (1-4)-D-manopyranosa con unidades  $\alpha$ -D-galactopyranosa unidas con enlaces (1-6) (Picout *et al.* 2002). La estructura del galactomanano se muestra en la Figura 3.



**Figura 3: Estructura química del galactomanano de la goma de tara**

Fuente: EFSA ANS Panel (2017)

La composición de la goma de tara es 77 a 78 por ciento de galactomananos, 14 a 15 por ciento de humedad, 2.5 por ciento de fibra, 3 a 4 por ciento de compuestos nitrogenados, 1.5 por ciento de minerales y 1 por ciento de grasa, según Benk (1977), citado por EFSA ANS Panel (2017). Asimismo, Anderson (1949) reportó un 97 por ciento de galactomananos,

constituidos por 70.9 por ciento de manosa y 26.8 por ciento de galactosa. A su vez, Daas *et al.* (2000) reportaron 64.9 de manosa y 22.3 por ciento de galactosa y Savitha *et al.* (2006) encontró un 76.6 por ciento de manosa y 23.3 por ciento de galactosa. La proporción de manosa/galactosa en la goma de tara es de 3:1 (Avachat *et al.* 2011), lo cual difiere de otras fibras solubles, como la goma guar y la goma de algarroba, con proporciones de 2:1 y 4:1, respectivamente.

La goma de tara presenta una fibra dietaria, donde la mayor proporción es soluble, teniendo como base los  $\beta$ -galactomananos, donde la manosa es relativamente hidrofóbica y la galactosa más hidrofílica (Picout *et al.* 2002). La goma de tara requiere calor para su disolución, pero es parcialmente soluble en agua fría por encima del 80 por ciento del peso seco a diferencia de la goma guar, que requiere agua fría para su disolución (Prajapati *et al.* 2013). Es importante destacar, que la goma de tara al 1 por ciento de concentración produce una solución altamente viscosa (2000 a 3600 centipoise) y esta viscosidad no varía a niveles de pH entre 3 a 7.5 (Benk 1977 citado por EFSA ANS Panel 2017). La goma de tara no es hidrolizada por las enzimas digestivas y, por consiguiente, no es absorbible. Al igual que en el caso de la fermentación de otros galactomananos, se sabe que, en el paso por el colon, esta goma fermenta y produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC), tales como el acetato, propionato y butirato, los cuales tienen impacto a nivel local y sistémico (Fukui *et al.* 2018).

La goma de tara ha sido aprobada por la Comunidad Europea para ser usada como espesante y estabilizador de alimentos para consumo humano (De la Cruz 2004). Varios reportes mencionan también que el uso industrial del galactomanano se basa en el aprovechamiento de sus propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con sus características fisicoquímicas y dependen fundamentalmente de su estructura (Prajapati *et al.* 2013). Es así, que la presencia de galactosa en los galactomananos cumple un papel significativo en sus propiedades funcionales, tales como sus condiciones de hidratación, su capacidad de retención del agua y su viscosidad, que es el criterio de calidad fundamental para los agentes espesantes. Asimismo, la presencia de galactosa difiere entre un galactomanano y otro (Oliva *et al.* 2010).

## 2.5 EL AGAVE: FUENTE DE FIBRA INSOLUBLE

El agave (*Agave americana*) es conocido como planta del siglo o aloe americano, sus extractos contienen una gran variedad de compuestos químicos, entre ellos se encuentran las saponinas, hecogeninas, fructanos, celulosa, hemicelulosa, isoflavonas y cumarinas y (Guevara y Vallejo 2014). Estudios en relación a la composición de las hojas de *Agave tequilana* Weber indican que estas hojas poseen grandes cantidades de fibra dietaria, estando constituida en un 70.94 por ciento por fibra insoluble, la cual está compuesta por 46.41 de celulosa, hemicelulosa 9.25 y de 4.37 por ciento de lignina (Vilcanqui *et al.* 2009). Asimismo, Montañez-Soto *et al.* (2011) muestran los resultados del análisis del contenido de fibra dietaria (fibra soluble e insoluble) en diferentes partes de la planta de *Agave Tequilana Azul*, como son, en la punta de la hoja, base de la hoja y la cabeza. La punta de la hoja presenta una menor cantidad de fibra dietaria total (79.80 por ciento) respecto a la base de la hoja (87.75 por ciento) y la cabeza (92.45 por ciento). Sin embargo, la punta de la hoja muestra mayor cantidad de la fibra dietaria insoluble (51.65 por ciento), mucho más que en la base de la hoja (30.13 por ciento) y en la cabeza (13.65 por ciento), como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Contenido de fibra dietética en las diferentes fracciones de *Agave tequilana Azul***

Fracción	Contenido de fibra dietética (Porcentaje en base seca)		
	Insoluble	Soluble	Total
Punta de hoja	51.65 a	28.15 c	79.80 b
Base de hoja	30.13 b	57.62 b	87.75 a
Cabeza	13.65 c	78.80 a	92.45 a

Diferentes superíndices dentro de una columna indica diferencias.

Fuente: Montañez y Soto (2011)

Estudios realizados por Bouaziz *et al.* (2014) reportan un 45.05 por ciento de fibra dietaria total en base seca en hojas de *Agave americana* L., correspondiendo un 7.72 por ciento a la fibra dietaria soluble y un 38.88 por ciento a la fibra dietaria insoluble; en tanto, Jiménez-Muñoz *et al.* (2016), mediante análisis de espectro de 4 tipos de agave, observaron un gran

número de bandas de celulosa, hemicelulosa y lignina con preponderancia de bandas de celulosa, que es el componente mayoritario de las fibras de los agaves.

La mayoría de los autores reportaron una mayor cantidad de fibra insoluble en las hojas de agave. Esta fibra insoluble es constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina (Escudero y González 2006), la celulosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlace  $\beta$  (1,4), en los cuales se observan fuertes uniones intermoleculares, adquiriendo propiedades cristalinas, también se observa poca presencia de zonas amorfas y poca solubilidad en agua (Badui 2006). La hemicelulosa está constituida por moléculas de xilosa, galactosa, manosa y otras moléculas que no son digeribles en el intestino delgado, pero se desdoblan parcialmente en el colon (García 2004).

A diferencia de las fibras solubles (pectina, guar y otros), las fibras insolubles (celulosa, hemicelulosa y lignina), que se encuentran en las hojas de agave tienen la función de aumentar la velocidad del tránsito intestinal. Gracias a su elevada capacidad de retención de agua, mejoran el funcionamiento gastrointestinal, lo que conduce al aumento de cantidad de heces en un menor tiempo de tránsito intestinal (García 2004). Según Mannasaheb *et al.* (2015) el extracto de hojas de Agave americana posee un efecto protector en la colitis ulcerativa de ratas; asimismo, se observaron un efecto antiinflamatorio al aplicar el extracto de hojas de agave (que contienen flavonoides y geninas) en las heridas de rata, lo cual ayudó a la cicatrización de las mismas (Misra y Varma 2017).

De acuerdo a los componentes de las diferentes especies del género Agave, se utilizan estas para la producción de diversos materiales. Así el agave es cultivado por la fibra textil de sus hojas para producir cuerdas, redes y otros objetos, como también para la elaboración del licor destilado llamado tequila, la savia se utiliza como cataplasmas sobre heridas, la infusión de hojas como purgante y la raíz como diurético. Sin embargo, Esparza-Ibarra *et al.* (2015), así como Guevara y Vallejo (2014) mencionan numerosos beneficios (Tabla 4) de la planta del agave, los cuales son: producción de mezcal (del tallo), alimentos (de hojas, tallo, flores y paisaje floral), medicina (de hojas y mezcal), forraje (del paisaje floral), obtención de fibra

**Tabla 4: Usos y productos tradicionales que se pueden obtener de las especies de *Agave***

<b>Destino</b>	<b>Partes de la planta</b>	<b>Destino</b>	<b>Partes de la planta</b>
<b>Bebidas</b>		Levadura	Residuos de pulque
Aguamiel	Piña del maguey	Condimento	Pulque
Bacanora	Piña del maguey de sonora	Tortillas	Quiote
Jarabe	Aguamiel concentrada	Mezcal dulce	Penca asada u horneada
Pulque	Aguamiel fermentada	Barbacoa	Hoja verde
Miel	Aguamiel concentrado	<b>Ornato</b>	
Vinagre	Aguamiel fermentada	Adornos de navidad	Maguey completo
Aguardiente	Pulque destilado	Base para adornos de pluma y oro	Pencas
Mezcales	Piña de los agaves mezcateros	Fibras para arcos florales	Pencas
Tequila	Piña del agave tequilero	Adornos corporales	Semillas
Atoles	Aguamiel	Juguetes para niños	Semillas
<b>Tejido y vestuario</b>		Sonajas	Semillas
Hilos y tejidos	Fibra de la penca	Tocados para mujeres	Fibras del quiote
Costales, bolsas y mantas	Pencas	<b>Uso doméstico general</b>	
Tapetes, lazos y morrales	Pencas	Jabón para ropa	Raíces y pencas
Sandalias y huipiles	Pencas	Cepillos para lavar	Raíces
Cinchos y hamacas	Pencas	Cepillos y escobas	Raíces
Petates y petacas para tortillas	Pencas	Canastas	Raíces
Sombreros y ayates gruesos para carga	Pencas	Clavos	Espinas
<b>Construcción</b>		Aguja con hilo incluido	Púa terminal con fibra
Vigas	Quiote seco	Recipientes para comida	Pencas
Adobes	Bagazo de la piña	Bateas para masa y otros alimentos	Pencas
<b>Medicinal</b>		Recipiente para agua	Piña
Sífilis, Cáncer, etc.	Diversas partes (agavinas)	Material para cubrir la barbacoa de borrego	Pencas
<b>Comida y condimento</b>		Tapones para castañas y barriles	Pencas
Gusanos blancos	Pencas	Estropagos y estopa	Pencas
Gusanos rojos (chinicuiles)	Raíces	Escobetas	Pencas
Sal de gusano	Piña	Combustible	Pencas y piñas secas
Condimentos para barbacoa	Pulque	Bancos para sentarse	Mezontete
Guiso de gualumbo	Flores	<b>Agropecuario</b>	
Postre	Quiote asado, piña horneada	Deslindar terrenos	Planta completa
Azúcar	Aguamiel concentrada	Formar y proteger terrazas	Planta completa
Saborizante de tamales y pan	Aguamiel y piña	Cercas protectoras	Planta completa
Mixiotes	Epidermis del meyolote	Abono	Cenizas de pencas y piñas secas
Guiso de huevito	Corazón del meyolote	Protección contra la erosión	Planta completa
		Alimento para aves	Residuos de pulque

Fuente: Esparza-Ibarra *et al.* (2015)

hojas), construcción (del escapo floral), religioso (de la planta entera y mezcal) y ritual (del mezcal), etc.

## **2.6 ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUCEDÁNEOS DE TRIGO**

Las galletas se caracterizan por incluir en sus formulaciones ingredientes principales como harina de trigo, azúcar, huevos, materia grasa y agua; dependiendo de la cantidad de insumos que se utilicen para su elaboración y sucedáneos (harina de pseudocereales, de frutas, fibras, etc.) se obtendrán galletas con características reológicas diferentes. Así, Sudha *et al.* (2007) sustituyeron hasta un 40 por ciento de salvado de trigo, harina de arroz, avena y cebada indistintamente en fórmulas de galletas, encontrando un aumento en la fuerza de ruptura respecto al control; a mayor proporción de sustitución, mayor dureza de la galleta. Mientras que Soler *et al.* (2017) reportaron que con 30 por ciento de sustitución de harina de sorgo, las galletas fueron más suaves y más frágiles a fracturarse que la galleta con 10 por ciento de sustitución, por lo que la característica de suavidad o dureza dependen de la cantidad y del tipo de harina que se sustituye en la galleta.

Las galletas elaboradas con inulina mostraron valores altos de dureza a la evaluación sensorial que las galletas con fibra de avena, almidón resistente y el control, pero tuvieron mayor puntuación en crocancia. Tanto el incremento de la fibra dietaria como el tipo de fibra en la mezcla modifican las propiedades de la masa como de la galleta, tales como la textura (Blanco *et al.* 2017). En este sentido, de Souza *et al.* (2019) usando salvado de arroz obtuvieron galletas con mayor porcentaje de fibra dietaria, mayor porcentaje de humedad y una mejor textura sensorial que la del control (harina de trigo). Similar respuesta es reportado por Torres *et al.* (2015), cuyas galletas a base de maíz presentaron mayor contenido de humedad y fibra que el control (a base de harina de trigo). Las galletas de menor espesor mostraron menores valores en los parámetros de textura (firmeza, consistencia, fracturabilidad, dureza y rigidez) según el analizador de textura, haciendo que las galletas sean más blandas, probablemente por la presencia de moléculas de agua en la matriz alimentaria, las cuales otorgan suavidad a dicha estructura. Los factores determinantes de la

textura de la galleta son la humedad relativa, que influye en la fracturabilidad, y la interacción tiempo de fermentación y porcentaje de humedad relativa, el cual incide significativamente en el valor de la dureza (Cárdenas 2017).

En el desarrollo de productos en la industria galletera, la sustitución de la harina de trigo con otras harinas, le otorga mejores cualidades sensoriales y mayor aporte nutricional; los porcentajes variables de sustitución de sucedáneos pueden variar entre 5 y 30 por ciento (Tabla 5.) Así, Bick *et al.* (2014) hallaron buena aceptación de las galletas cuando la inclusión fue de un 10, 20 y 30 por ciento de harina de quinua. Galdino-Vergara *et al.* (2018) observaron que al sustituir en un 20 por ciento la harina de trigo por harina quinua en las fórmulas de galletas, éstas mostraron mayor valor nutricional que el control en términos de proteínas (10.58 por ciento), lípidos (6.37 por ciento), compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. De manera similar, Escobar *et al.* (2009) sustituyeron harina de trigo por harina de cotiledón de algarrobo en un 20 por ciento en la fórmula de galletas, observando un mayor contenido de proteínas (13.3 por ciento) respecto al control (7 por ciento), así como un mayor contenido de fibra dietaria total que el control.

Por otro lado, la fibra dietaria confiere propiedades funcionales a las galletas. Así, Román y Valencia (2006) suministraron a un grupo de voluntarios raciones de 100 g por día de galletas con fibras de cereales. Los resultados favorecieron el mantenimiento de la función intestinal de los sujetos en estudio, observándose un incremento en la frecuencia diaria de defecación respecto al control. Esto concuerda con Burkit *et al.* (1972), quien manifiesta que la fibra dietaria reduce el tiempo de tránsito intestinal y ayuda a la reducción del estreñimiento y el cáncer de colon. Por su parte Butt *et al.* (2011), al incluir fibra dietaria en chapaties encontraron mayor porcentaje de fibra dietaria que el control y un índice glicémico de 96.1 respecto al control (112.5mg/dl). De manera similar, De Luis *et al.* (2010) enriquecieron galletas con inulina, observando una fibra dietaria total de 4.6 g (3.04 de fibra soluble y 1.56 de fibra insoluble). Estas galletas, en porciones de 68 g/día, fueron consumidas por pacientes obesos durante un mes, observándose una disminución significativa de colesterol total (de 223.1 a 208.8 mg/dl) y LDL colesterol (142.9 a 131.4 mg/dl), disminuyendo así el riesgo de que los pacientes desarrollaran enfermedades cardiovasculares.

## 2.7 CALIDAD DE LA PROTEÍNA

La proteína es un macronutriente que está constituido por una larga cadena lineal de aminoácidos, unidas por enlaces peptídicos. Una proteína típica está formada por unos cien a doscientos aminoácidos, dando lugar a un gran número de combinaciones, cuyas propiedades variarán, según la configuración espacial que adopten; en consecuencia, realizarán diferentes funciones: estructural (tejidos musculares, tendones, piel, uñas, etc.), enzimática, hormonal, inmunitaria, de transporte, etc. (González-Torres *et al.* 2007).

En la dieta es importante considerar la cantidad de proteínas, la cual debe proporcionar entre 12 y 15 por ciento del total de kilocalorías (OMS 2003); pero lo más importante es la calidad de las proteínas y para ello se debe evaluar el contenido de sus aminoácidos, comparándolo con la cantidad de la proteína ideal, de referencia o patrón FAO/WHO (2007). Si el alimento o mezcla de alimentos aportan proteínas con algún aminoácido esencial en una proporción baja, éste es considerado como un aminoácido limitante con respecto al aminoácido de la proteína de referencia; expresado en porcentajes, esto se denomina cómputo químico o score químico (Dubin *et al.* 1994). El cómputo químico de una proteína refleja su contenido de aminoácidos en comparación con la proteína ideal; sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los aminoácidos en el organismo, es necesario realizar la corrección del valor del cómputo químico por la digestibilidad proteica (Suarez *et al.* 2006).

Por otro lado, el valor nutritivo de la proteína depende del aporte de nitrógeno, del perfil de aminoácidos y de pruebas biológicas en modelos animales. Estas últimas se determinan por el método de crecimiento (RNP-relación neta de proteína y PER-relación de eficiencia proteica) y por el método de retención de nitrógeno (BN-balance de nitrógeno, digestibilidad aparente, VB-valor biológico y NPU- utilización neta de la proteína), los cuales indican cuánta proteína absorbida es utilizada y retenida por el organismo (Friedman 1996).

**Tabla 5: Composición química proximal de sucedáneos del trigo y sustitución parcial en fideos y galletas (Porcentaje)**

Sucedáneos (Harinas)	Nombres Científicos	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra Cruda	Carbohidratos	Sustitución (Porcentaje)		
								Panes	Galletas	Fideos
<b>CEREALES</b>										
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	13.8	11.9	1.5	0.9	1.2	71.4	100	100	100
Maíz	<i>Zea mays</i>	11.2	9.0	4.5	1.5	2.0	73.8	20	30	0
Cebada	<i>Hodeum vulgare</i>	9.3	9.6	1.3	1.5	1.1	78.3	20	20	0
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	13.4	7.4	0.9	0.6	0.6	77.7	20	20	0
<b>LEGUMINOSAS</b>										
Haba	<i>Vicia faba</i>	10.3	23.3	1.6	3.2	1.4	61.6	5	5	0
Soya	<i>Glicine max</i>	7.5	48.5	3.0	6.0	1.0	35.0	10	20	10
Tarwi	<i>Lupinus mutabilis</i>	6.7	46.4	22.6	2.9	6.3	21.4	10	10	0
<b>PSEUDO CEREALES</b>										
Quinua	<i>Chenopodium quinoa</i>	6.0	12.6	5.6	2.6	1.8	73.2	20	20	20
Kiwicha	<i>Amaranthus caudatus</i>	11.6	12.6	5.9	2.5	2.8	67.4	20	30	0
Cañihua	<i>Chenopodium pallidicaule</i>	11.4	13.5	6.5	6.4	6.0	62.2	10	30	0
<b>TUBERCULOS</b>										
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	11.21	1.8	1.4	3.3	1	82.3	10	20	0
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	9.0	1.6	0.8	2.2	1.5	86.4	10	30	0
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	10.9	6.4	0.4	5.2	2.3	77.1	10	20	0
<b>RAICES</b>										
Maca	<i>Lepidium meyenii</i>	10.9	13.3	0.9	1.1	5.4	68.2	10	10	3
Oca	<i>Oxalis tuberos</i>	6.4	4.1	1.9	3.6	4.0	84.0	10	0	0
Mashua	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	87.4	1.5	0.7	0.6	0.9	9.8	9.8	10	0

Fuente: Reynoso *et al.* (1994)

### **2.7.1 El balance de nitrógeno**

El BN es la cantidad de nitrógeno que es retenido en el cuerpo. El cual indica si el organismo está perdiendo o ganando proteínas según las condiciones dadas en la que se efectúa el estudio (Béhar y Bressami 1970).

El balance de nitrógeno es positivo cuando la ingesta de nitrógeno es mayor a la suma del nitrógeno excretado en orina y heces, estando frente a un estado corporal de ganancia de nitrógeno (como se da en el crecimiento, embarazo, producción, etc.). En este sentido Ranhotra *et al.* (1993) encontraron un BN de 3.45 para la harina de quinua, mientras que Okpala y Okoli (2011) encontraron valores en un rango de 0.64 a 0.83 para diferentes dietas y Senterre (1981) encontró un valor de 0.26 de BN en lactantes para la leche humana. Asimismo, si el nitrógeno ingerido es igual a la suma del nitrógeno excretado en heces y en la orina, el balance de nitrógeno estará en equilibrio o cero, el cual se da en personas o animales adultos bajo condiciones normales, tal es así que Muramatsu y Ashida (1961) encontraron un BN en equilibrio cuando las ratas adultas consumieron una dieta con 7 por ciento de proteína. Sin embargo, cuando la suma del nitrógeno de las heces y orina es mayor al nitrógeno ingerido, el balance de nitrógeno es negativo, y la persona o animal está en balance nitrogenado negativo (ocurre en un estado desnutrición, anorexia prolongada, en quemaduras, etc.). Al respecto, Lalueza *et al.* (2008) encontró un balance negativo de -0.20 en pacientes con infarto de la arteria cerebral media, mientras que Bressani *et al.* (1975) determinaron un BN de - 0.074 en ratas que recibieron una dieta aprotéica.

### **2.7.2 Digestibilidad aparente**

La digestibilidad mide la desaparición de los nutrientes debido a la absorción, lo cual ocurre en su paso a través del tracto gastrointestinal. Una prueba de digestión implica cuantificar los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan en las heces, por lo que la

digestibilidad puede ser definida como el porcentaje absorbido de un alimento ingerido (Urbano *et al.* 2005).

La variación de la digestibilidad proteica puede deberse al origen del insumo, la naturaleza de las proteínas alimentarias, al contenido de fibra de la dieta, de taninos y fitatos, a la presencia de factores anti-nutricionales, al procesamiento del insumo, a la edad del individuo y a su entorno (Hernández 2018). Es así, que Canett *et al.* (2004), observaron que la digestibilidad de la proteína disminuyó significativa ( $p < 0.05$ ) (de 66.0 a 62.94 por ciento) cuando proporcionaron dietas a ratas que contenía harina de galletas con sustitución de 5 y 10 por ciento de orujo de uva, lo cual se caracteriza por su alto contenido de fibra. Asimismo, Sha *et al.* (1982) al suministrar a ratas dietas con diferentes tipos de fibras (celulosa, pectina, lignina, goma guar y salvado de trigo) observaron disminución de la digestibilidad respecto al control.

### **2.7.3 Valor biológico aparente**

El valor biológico es un método que mide la eficiencia de utilización del nitrógeno absorbido (ingesta de nitrógeno menos nitrógeno fecal) que es no se elimina en la orina. Este método fue desarrollado por Thomas en 1909 y modificado posteriormente por Mitchell, el cual es conocido como el método de (Thomas-Mitchell) Mitchell (1924). Por lo general el valor biológico de los alimentos de origen animal tienen un mayor valor por tener todos los aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas que cubra la demanda el organismo que lo consume. Mientras que los alimentos de origen vegetal muestran valores más bajos de VB en vista que contienen aminoácidos limitantes, sin embargo, estas proteínas son complementarias entre sí (Carpenter, 1951). Concordando con lo determinado por Hoffman y Falvo (2005), un valor biológico mayor (91 por ciento) para la leche y menor (74 por ciento) para la proteína de la soya.

Estudios realizados por El-Hadidy *et al.* (2018), encontraron valores biológicos de 76.57, 77.16 y 77.93 por ciento, para dietas que contenían harina de galletas, en las cuales se sustituyó la harina de trigo en 10, 15 y 20 por ciento por de harina de quinua. Mientras que

Okpala y Okoli (2011) hallaron mayores valores de valor biológico que osciló entre 86.88 y 95.54 por ciento para dietas que incluían harina de galletas con inclusión en diferentes proporciones de *Cajanus cajan*, *Xanthosoma sagittifolium* L. y *Sorghum vulgare*.

## **2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL**

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones frente a las características de los alimentos y materiales, a medida que son percibidos por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Stone y Sidel 2004). La evaluación sensorial referida a las bondades de los alimentos es efectuada por analizadores humanos, cuyos instrumentos de análisis son sus propios sentidos (Espinosa 2007). Por otro lado, la evaluación sensorial está asociada a otras disciplinas científicas, tales como ciencias biológicas, psicología, diseño experimental y estadística (Kemp *et al.* 2009). Al tener como instrumento de medición al ser humano, se corre el riesgo de obtener una alta variabilidad; esto se minimiza si el experimentador comprende los principios fisiológicos básicos y factores psicológicos que pueden influir en la percepción sensorial; además, se afianza mediante el entrenamiento sensorial (Meilgaard *et al.* (2016).

### **2.8.1 Tipos de evaluaciones sensoriales**

La evaluación sensorial se clasifica en dos categorías de pruebas: objetivas y subjetivas. La elección de una u otra categoría depende del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio (Sánchez y Albarracín 2010).

#### **a. Pruebas objetivas o analíticas**

Las pruebas objetivas proporcionan datos objetivos sobre las propiedades sensoriales de productos y son realizadas por jueces capacitados. Hay dos clases de pruebas objetivas: pruebas de discriminación y pruebas descriptivas (Kemp *et al.* 2009).

- **Pruebas discriminativas:** son aquellas pruebas que se usan para determinar si hay o no diferencias entre las muestras y un patrón, estas pueden ser: comparación pareada, dúo, trío, triángulo, de ordenamiento y comparación pareada múltiple. Esta prueba debe ser realizada por un número de 5 a 15 jueces entrenados (Ureña *et al.* 1999).
- **Pruebas descriptivas:** permiten describir, comparar y valorar las características existentes entre varios alimentos, en base a los descriptores que definen las diferentes características sensoriales de un alimento (Espinosa 2007). Las pruebas analíticas descriptivas se clasifican de la siguiente manera: escalas de clasificación por atributos (escala de categorías y grado de intensidad) y en pruebas de análisis descriptivo (perfil del sabor y perfil de textura). Esta prueba debe ser realizada por un número de 5 a 10 jueces entrenados (Ureña 2016).

#### **b. Pruebas subjetivas o afectivas**

Las pruebas afectivas permiten evaluar la preferencia o aceptación del producto. Para realizar esta prueba se utiliza un mínimo de 30 jueces no entrenados, que constituyen los denominados jueces afectivos (Ureña *et al.* 1999). En la mayoría de los casos se los escoge atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta situaciones económicas, demográficas y culturales, entre otros aspectos (Espinosa 2007; Kemp *et al.* 2009). Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación (Wittig 2001; Cordero-Bueso 2013). Las pruebas pueden realizarse en un lugar central tal como un mercado, una escuela, centro comercial o centro comunitario, o también en los hogares de los consumidores. Es recomendable tener en cuenta los factores que puedan influir directamente en los juicios de los jueces al momento de la evaluación, el cual podría afectar su respuesta. Este tipo de panel es capaz de indicar la relativa aceptabilidad, rechazo, preferencia o nivel de agrado de un producto (Espinosa 2007).

- **Pruebas de preferencia:** En esta prueba se pretende saber si los jueces prefieren una determinada muestra frente a la otra. En este caso no se busca la capacidad de los jueces para discriminar muestras, simplemente se quiere conocer su opinión como consumidor habitual del producto (Wittig 2001).
  
- **Pruebas de grado de satisfacción:** Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello se recurre a unas escalas hedónicas (Espinosa 2007).
  
- **Pruebas de aceptación:** El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación y no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el individuo al probar el alimento, sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, etc. (Cordero-Bueso 2013).

## 2.8.2 Propiedades Sensoriales

En la evaluación sensorial de los alimentos, cada sentido resulta ser el instrumento que proporciona una información valiosa y específica acerca de los mismos. Existen algunos términos universales para la clasificación de los atributos sensoriales de los alimentos y otros particulares para áreas específicas. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades kinestésicas o texturales (Anzaldúa-Morales 1994).

La apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento y constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. La primera impresión que se recibe siempre es la visual que cumple el rol de factor de decisión al momento de la adquisición. De la combinación de las propiedades ópticas, la forma física y el modo de presentación surge la imagen del producto que se quiere describir con el objeto de asignarle identidad y calidad (Ureña *et al.* 1999).

El olor es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas por los alimentos, siendo la intensidad o potencia de éste una de sus características. Además, la relación entre el olor y el tiempo es muy importante, ya que el olor es una propiedad sensorial que presenta dos atributos contradictorios entre sí. En primer lugar, su persistencia, cuando después de haberse retirado la sustancia olorosa, la persona continúa percibiendo el olor. En segundo lugar, se encuentra una característica que tiene que ver con la mente y es que las personas se acostumbran a los olores después de un cierto tiempo (Basso *et al.* 2009).

El sabor está directamente relacionado con los sentidos del gusto y el olor, siendo de gran importancia en la evaluación sensorial de los alimentos. El gusto se detecta en la cavidad oral, específicamente en la lengua, donde se perciben los gustos básicos: dulce, salado, ácido y amargo. El sabor consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto éste en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a los centros sensores del olfato a través de las trompas de Eustaquio. Cuando los alimentos están en la boca, los componentes volátiles son percibidos por la nariz y por vía retronasal, determinándose así el aroma (Anzaldúa-Morales 1994).

La textura es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, manifestándose cuando el alimento sufre una deformación. Para esta propiedad, no debe considerarse “la textura de un alimento” como una única característica sino hay que referirse a los atributos de textura, o las características o propiedades de la textura. La textura tiene tres tipos de atributos: mecánicos, geométricos y de composición. Los atributos mecánicos dan una indicación del comportamiento del alimento ante la deformación (dureza, cohesión, adhesividad, fracturabilidad, viscosidad, elasticidad y masticabilidad), mientras que los atributos geométricos se relacionan con la forma o la orientación de las partículas (fibrosidad, granulosidad, porosidad, esponjosidad, etc.) Los atributos de composición son los que indican la presencia de algún componente en el alimento, como serían la humedad, el carácter graso, la harinosidad, etc. (Hernández *et al.* 2018).

### 2.8.3 Escalas en las pruebas sensoriales

La escala es el instrumento que se utiliza para medir las respuestas sensoriales y es una parte fundamental dentro del análisis sensorial. De la correcta elección de la escala de medida puede depender el éxito de una evaluación sensorial (Meilgaard *et al.* 2016). Por lo general, se emplean las escalas que se indican:

- a. Escalas nominales, son aquellas en las que las variables objeto de estudio son cualitativas, aunque vayan asociadas a números. Los números no tienen valor numérico real ya que se emplean para designar o nombrar categorías, se utilizan en pruebas afectivas (Wittig 2001).
- b. Escalas ordinales. - Permiten evaluar la posición relativa de un producto en función de una o varias de sus propiedades, es decir se ordenan en función de determinada característica. En estas escalas los números representan posiciones. Las muestras se ordenan de acuerdo a magnitud de una característica específica del producto. Las escalas ordinales se utilizan en pruebas que requieren indicar la posición relativa que el degustador le asigna a una muestra con respecto a las demás dentro del grupo evaluado, tanto en pruebas orientadas al consumidor como en las orientadas al producto, pero con más frecuencia en pruebas analíticas descriptivas (Ureña *et al.* 1999).
- c. Escalas de intervalos. Permiten ordenar muestras, de acuerdo a la magnitud de una sola característica del producto o de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia, además indican el grado de diferencia entre muestras. Éstas se emplean tanto en las pruebas orientadas al consumidor, en las que se registra el grado de satisfacción, el nivel de preferencia o la aceptabilidad de los productos, como en pruebas orientadas a productos, en las que se registra la intensidad de los atributos del producto (Anzaldúa-Morales 1994). Estas escalas pueden clasificarse de acuerdo a su representación (verbal y gráfica), al número de sensaciones (polar o bipolar) y a su estructura (estructura y no estructurado). En la escala no estructurada lineal, sólo se definen o identifican los extremos del segmento y en ocasiones el centro, se da la plena libertad al juez para indicar dónde radica su juicio,

pudiendo su extensión variar, pero por lo general se adopta una longitud de 10 cm (Espinoza 2007).

#### **2.8.4 Aplicaciones del análisis sensorial**

En la actualidad, la exigencia del consumidor por nuevos y mejores productos alimenticios, junto con la rapidez con la que se producen los cambios de gustos y preferencias, generan una permanente necesidad de innovar en el desarrollo de productos con valor agregado, tanto en el aspecto nutricional como funcional, de modo que beneficie la salud humana. En ese sentido diversos autores (Ureña *et al.* 1999; Cordero-Bueso 2013) recomiendan la aplicación de la evaluación sensorial en diferentes campos, como se indica a continuación:

1. Desarrollo de nuevos productos.
2. Desarrollo de una estrategia de marketing.
3. Determinación de la vida útil del producto, ya que puede sufrir deterioros durante su almacenamiento y comercialización.
4. Control del proceso de elaboración, por cambio de algún componente del alimento o por que se varíe la formulación.
5. Medición de la aceptación de un producto nuevo.
6. Mejora y optimización del producto.
7. Investigación de productos frescos, mínimamente procesados y procesados.
8. Determinación de la aceptación de un producto y apreciaciones del consumidor.
9. Comparación de la evaluación sensorial con métodos instrumentales.
10. Soporte para reclamos publicitarios.

Para la evaluación sensorial de diversos productos alimenticios (panes, galletas, néctares, laminados de frutas, pastas, etc.) diferentes investigadores han aplicado la escala no estructurada, con la finalidad de determinar la aceptabilidad global. Así, Bazán-Aliaga *et al.* (2015) emplearon la escala no estructurada para evaluar galletas libres de gluten.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN**

El estudio se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del Departamento Académico de Nutrición y en el Laboratorio de Panificación del Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos (PIPS-Alimentos), ambos pertenecientes a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Los análisis físico-químicos fueron realizados en el laboratorio La Molina Calidad Laboratorio, dependencia localizada en el campus de la UNALM. Asimismo, la prueba de aceptabilidad se realizó con los alumnos de la UNALM y de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en sus respectivas aulas.

#### **3.2 ETAPA I: ELABORACIÓN DE LAS GALLETAS, COMPOSICIÓN QUÍMICA, ACEPTABILIDAD Y TEXTURA SENSORIAL**

##### **3.2.1 Materias primas para elaborar las galletas**

La harina de quinua Altiplano cocida proviene del estudio realizado por Bernuy (2018) y las fibras solubles de endospermo de semilla de tara (FSEST) y fibra insoluble de harina de hojas de Agave americana (FIHAA), provienen del estudio realizado por Vilcanqui (2018). Los ingredientes base para la elaboración de galletas fueron adquiridos a través del Laboratorio de Panificación del Programa de Investigación en Alimentos (harina de trigo, manteca, leche, azúcar, sal, bicarbonato, esencia de vainilla, etc.) de la Facultad de Zootecnia.

### 3.2.2 Proceso de elaboración de las galletas

La galleta dulce se elaboró utilizando los ingredientes en porcentaje panadero en base al 100 por ciento de harina de trigo. Se elaboró una galleta control a base de harina de trigo y tres tratamientos, con los siguientes ingredientes: harina de trigo, con sustitución parcialmente de la harina de trigo por harina de quinua Altiplano cocida; sustitución de harina de trigo por harina de hojas de *Agave americana* más harina del endospermo de semilla de tara y sustitución de harina de quinua Altiplano cocida, con harina de hojas de *Agave americana* más harina del endospermo de tara. Las proporciones de harina de trigo, de quinua Altiplano cocida, harina de hojas de *Agave americana* y harina del endospermo de tara y de otros ingredientes se presentan en la Tabla 6.

En el proceso para la elaboración de galletas dulces se utilizó el método de cremado en tres etapas según Bilbao (2009), como se describe a continuación y se aprecia en el flujograma (Figura 4):

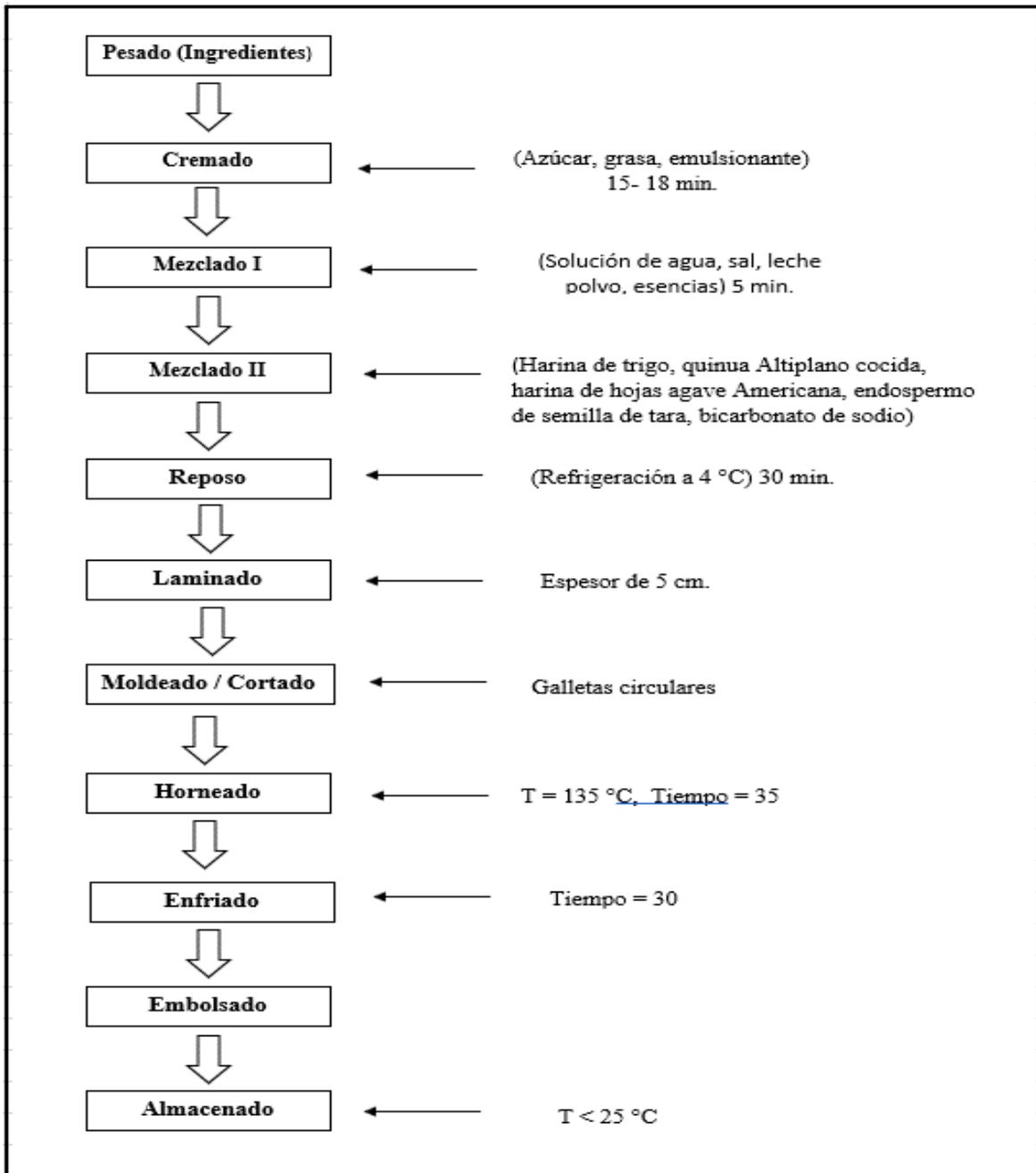
**Pesado:** todos los ingredientes para las galletas se pesaron en una balanza digital. **Cremado:** implica conseguir una emulsión o crema batiendo la grasa con el endulzante. El **mezclado I:** a la crema obtenida se le añaden los ingredientes líquidos (la solución de leche, agua) y la sal, batiendo durante 5 minutos más, hasta obtener una crema uniforme. En el **mezclado II:** a la crema obtenida se agregan los ingredientes secos previamente tamizados (harina de trigo, quinua Altiplano cocida, harina de *Agave americana*, harina de EST) y el bicarbonato de sodio. **Reposo:** la masa se dejó reposar en frío (4°C) durante 30 minutos para que tomara consistencia. **Laminado:** la masa refrigerada se trabaja con ayuda de un rodillo de madera hasta obtener una lámina de 0.5 cm de espesor. **Moldeado y cortado:** la masa laminada se cortó en piezas circulares, usando un molde de metal de 5 cm de diámetro, luego las piezas se colocaron en bandejas metálicas. **Horneado:** se llevó a cabo a 135 °C durante 35 minutos en un horno a gas Nova Max 1000 de 18 latas. **Enfriado:** se efectuó a temperatura ambiente durante 30 minutos. **Embolsado:** se usaron bolsas de polipropileno, colocando 6 unidades en

**Tabla 6: Formulación de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de tara y harina de hojas de *Agave americana***

Ingredientes	Formulación (Porcentaje panadero) *			
	I**	II	III	IV
Harina de trigo	100.00	85.00	94.30	79.30
Harina de quinua Altiplano cocida	0.00	15.00	0.00	15.00
Harina de hojas de <i>Agave americana</i>	0.00	0.00	2.85	2.85
Endospermo de tara	0.00	0.00	2.85	2.85
Azúcar	40.00	40.00	40.00	40.00
Manteca	40.00	40.00	40.00	40.00
Leche en polvo	2.50	2.50	2.50	2.50
Bicarbonato	0.30	0.30	0.30	0.30
Sal	0.80	0.80	0.80	0.80
Esencia de vainilla	0.50	0.50	0.50	0.50

\*Fórmula de Galletas: I: 100 por ciento harinas de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.8 5 por ciento, fibra de harina de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra de endospermo de semilla de tara

\*\* Fuente: Bilbao (2009)



**Figura 4: Flujograma de elaboración de galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra soluble del endospermo de tara y fibra insoluble de harina de hojas de *Agave americana***

Fuente: Bilbao (2009)

cada una de las bolsas. El sellado de las bolsas se realizó térmicamente con una selladora eléctrica manual. El almacenado de las galletas se dio en un ambiente fresco y seco.

### **3.2.3 Análisis proximal de las galletas**

Las muestras de las galletas fueron molidas y posteriormente se realizaron según AOAC (2005) los análisis de sus componentes nutricionales. Humedad (950.46), proteína (984.13), grasa (2003.05), ceniza (942.05), fibra cruda (962.09). Mientras que el contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) se determinó por diferencia respecto a los nutrientes determinados, según la ecuación  $ELN=100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{cenizas} + \text{fibra})$  (CENAN 1996); los resultados expresados en porcentaje.

### **3.2.4 Análisis de la fibra dietaria total**

Las muestras fueron molidas antes de ser analizadas. Se realizó la determinación de la fibra dietaria total, siguiendo la metodología de la AOAC (2012). Esta consiste en digerir los componentes de proteínas y carbohidratos con enzimas, descontando luego el contenido de cenizas y proteínas remanentes. El residuo conforma la fibra dietaria total y es expresada en porcentaje.

### **3.2.5 Análisis microbiológico de las galletas**

En base a lo recomendado por la MINSA (2008) “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” se determinó la carga microbiológica de mohos, numeración de *Escherichia coli* y coliformes totales, determinados por ICMSF (1983), a fin de prevenir la manifestación del peligro en la salud de los consumidores. Los resultados son expresados en (UFC/g) o (NMP/g) según corresponda.

### **3.2.6 Evaluación sensorial de las galletas**

#### **a. Formato de aceptabilidad global y textura sensorial**

En los formatos de evaluación sensorial se consignó la escala de medida de intervalo y la escala lineal no estructurada unipolar y discreta como escala de respuesta. Se denomina unipolar, porque el punto neutro o cero se localiza en un extremo de la escala y discreta, porque se trabajó con 10 puntos (INDECOPI 2014). Se utilizó la escala lineal no estructurada de 10 cm, con las características sensoriales cuantificadas en ambos extremos, “me desagrada mucho” y “me agrada mucho” para la aceptabilidad global y “muy suave a la masticación” y “muy dura a la masticación” para la evaluación de textura sensorial, según lo recomendado por (Espinosa 2007; Ureña *et al.* 1999).

#### **b. Características de los Jueces**

Para la selección de los jueces, en este caso consumidores no entrenados, se tuvo como requisito que estuvieran familiarizados con el consumo del tipo de producto en evaluación. El atributo de sabor se determinó en un total de 364 jóvenes universitarios de la UNALM y la UNI. Por otro lado, la determinación de la textura se evaluó en un total de 160 estudiantes universitarios de la UNALM.

#### **c. Determinación de la aceptabilidad global de las galletas**

Luego de obtener los resultados del análisis microbiológico de las galletas y de cumplir con los requisitos de calidad, se procedió a realizar la evaluación sensorial de aceptabilidad global de las galletas. Previamente, se dio las instrucciones a los jueces, indicando que se trataba de evaluar la aceptabilidad de las galletas funcionales. Para tal efecto, se les proporcionó muestras de galletas previamente codificadas y el formato de evaluación sensorial (Anexo I), con una escala lineal no estructurada de 10 centímetros, con extremos de “me desagrada mucho” y “me agrada mucho”. Se les indicó que marcaran su percepción

de sabor con un aspa en la línea recta de la escala antes mencionada para evaluar la aceptabilidad general o global (Espinosa 2007). Asimismo, se verificó que el ambiente cumpliera con los requisitos de iluminación, ventilación e higiene. La prueba fue realizada entre las 10:00 y 11:30 de la mañana, tiempo en el cual se estima mayor frescura mental en los participantes de la evaluación, lo cual conlleva que los receptores gustativos no estén fatigados (Ureña 2016).

#### **d. Determinación de la textura de las galletas**

Previo a la evaluación de textura sensorial, se indicó a los jueces que se trataba de evaluar la textura sensorial de las galletas. Para tal efecto se les proporcionó muestras de galletas previamente codificadas y el formato de evaluación sensorial (Anexo II), con una escala lineal no estructurada de 10 centímetros, cuyos extremos consignaban “muy suave a la masticación” y “muy dura a la masticación. Se les indicó que marcaran su percepción de textura con un aspa en la línea recta de la escala antes mencionada, para evaluar el atributo de textura (Espinosa 2007; Ureña *et al.* 1999). La prueba fue realizada entre las 10:00 y 11:30 de la mañana, tiempo en el cual se estima mayor frescura mental de los participantes en la evaluación, lo cual conlleva que los receptores gustativos no estén fatigados (Ureña 2016).

### **3.3 ETAPA II: ENSAYO BIOLÓGICO CON RATAS**

#### **3.3.1 Animales experimentales**

Para el presente estudio se utilizaron 20 ratas machos de raza Holtzman, las mismas que fueron distribuidas al azar en 4 tratamientos y cada uno de ellos con cinco repeticiones (n=5). El ambiente de experimentación fue mantenido en un ciclo de 12 h luz / 12 h oscuridad a una temperatura de  $22 \pm 2$  °C.

### 3.3.2 Materiales

Se utilizaron jaulas metabólicas para ratas, comederos, bebederos, guantes, algodón, pipetas, vasos de precipitación graduados, cinta métrica marca Seca 203 flexible no extensible de fibra de vidrio (205 cm  $\pm$  1 mm), formatos de evaluaciones (peso, ingesta de alimento, somatometría, etc.). Además, hielo o geles refrigerantes, frascos oscuros de 50 o 100 mL, guantes de nitrilo, gradillas, mascarillas, micropipeta, matraz aforado, frascos de *Erlenmeyer*, pipetas *Pasteur* de plástico, *parafilm*, plumón marcador, espátulas, tubos de ensayo, tubos cónicos graduado de vidrio, *tips* azules, *tips* amarillos, papel toalla, agitador *vortex*, baguetas, cubetas de cuarzo. Asimismo, se obtuvo insumos para la elaboración de dietas para animales de experimentación marca Biomedicals: caseína MP (proteína  $\geq$  95.0 por ciento), *mix* de minerales AIN-76, *mix* de vitaminas AIN-76 y fibra  $\alpha$ -celulosa (celulosa 99 por ciento, contenido de fibra 99.9 por ciento); entre otros materiales se utilizó artículos de limpieza como jabón, desinfectantes, pañuelos de limpieza, etc. Además, se utilizaron implementos de seguridad del investigador, como guardapolvo, guantes de nitrilo desechables, mascarillas y lentes de seguridad; y finalmente los formatos varios para registrar los datos respectivos.

### 3.3.3 Equipos

Los equipos utilizados fueron: balanza analítica digital precisión ( modelo 2204) con capacidad de 220 g  $\pm$ 0.001, estufa *Miray* (modelo TRM-90, 2000 W), mufla, cocinillas, *soflet*, equipo *macrokeldal*, balanza digital marca *Miray* (modelo BMD-51) de capacidad de 2 kg $\pm$ 0.01, molino, mezcladora, Mission® Cholesterol (HDL, LDL, colesterol total, triglicéridos; unidad de medida: mg/dL)  $\lambda$ =635 nm, paquímetro Uyustools (300 $\pm$ 0.02 mm), vernier, centrifuga marca Kert Lab (modelo 0412-1) con capacidad de 12 tubos (rotor fijo 45°, velocidad 500-4000 rpm), espectrofotómetro (*Genesys* 10S UV-Vis, 190-1100 nm), baño maría.

### 3.3.4 Reactivos

Los reactivos utilizados para determinar los ensayos fueron: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, hexano, formol, ácido tricloroacético (TCA), ácido clorhídrico, ácido tiobarbitúrico,

buffer fosfato salino (pH=7.4), reactivo ABTS o 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), reactivo trolox, acetona grado reactivo,  $\alpha$ -amilasa, proteasa, amilogucosidasa, etanol, agua destilada, buffer fosfato, fosfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) y fosfato de sodio monobásico monohidrato ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ).

### **3.3.5 Formulación y elaboración de dietas experimentales**

Se realizó el análisis químico proximal a las harinas resultantes de las galletas elaboradas con las diferentes sustituciones a fin de determinar su aporte de proteínas y energía. Esto es prerequisite para la formulación de las dietas de las ratas, según el Requerimiento de Nutrientes de Animales de Laboratorio (NRC 1995).

La composición de las dietas experimentales para ratas se indica en el Tabla 7. La mezcla de los insumos para las diferentes dietas se realizó en una mezcladora de capacidad de 5 kg de propiedad del Bioterio de la Facultad de Zootecnia, obteniéndose productos isocalóricos, isoproteicos y uniformes a la vista. Asimismo, los análisis químicos proximales se presentan en la Tabla 8.

Los animales experimentales fueron distribuidos aleatoriamente en jaulas metabólicas, considerando cinco animales por tratamiento. Se suministró a cada grupo de animales uno de las cuatro dietas durante 30 días, después de un periodo de cinco días de acostumbramiento. El agua y las dietas fueron administradas *ad libitum*.

**Tabla 7: Composición porcentual de las dietas experimentales para ratas con harina de galletas con sustitución de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de *Agave americana***

Ingredientes (Porcentaje)	Tratamientos *			
	T1	T2	T3	T4
Harina de galleta en base a harina de trigo	78.26			
Harina de galleta con quinua		77.66		
Harina de galleta con fibras			79.82	
Harina de galleta con quinua y fibras				81.65
Maizena	5.79	4.72	3.13	2.36
Azúcar	2.00	3.85	7.05	6.15
Caseína	2.95	2.77	3.00	2.84
Fibra $\alpha$ -celulosa	5.00	4.00	1.00	1.00
Mix de vitaminas	2.00	2.00	2.00	2.00
Mix de minerales	4.00	4.00	4.00	4.00
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

\*Dietas con harina de galletas: **T1**: 100 por ciento harina de trigo. **T2**: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. **T3**: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. **T4**: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

**Tabla 8: Análisis químico proximal de las dietas experimentales en base a harina de galletas con sustitución de harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara y harina de hojas de *Agave americana***

Análisis proximal determinado (Porcentaje)	Tratamientos *			
	T1	T2	T3	T4
Humedad	6.65	6.70	6.84	6.85
Proteína total	9.82	9.96	9.78	9.92
Grasa	17.03	17.84	17.52	17.78
Fibra cruda	2.43	2.52	2.61	2.67
Ceniza	2.46	2.53	2.73	2.77
ELN	61.61	60.45	60.52	60.02
Energía Metabolizable (kcal/ g)	4.38	4.43	4.39	4.40

\* Dietas con harina de galletas: **T1:** 100 por ciento harina de trigo. **T2:** 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. **T3:** 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. **T4:** 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

### 3.3.6 Evaluaciones biológicas de las dietas con galletas

#### a. Balance de nitrógeno

Para la determinación del balance de nitrógeno se utilizó la ecuación según Urbano *et al.* (2005), como se indica:

$$BN = Ni_{\text{ingerido}} - (Ni_{\text{excretado}} + Ni_{\text{urinario}}) \quad (i)$$

Donde:

BN = Balance de Nitrógeno.

$Ni_{\text{ingerido}}$  = Nitrógeno ingerido.

$Ni_{\text{excretado}}$  = Nitrógeno excretado.

#### b. Digestibilidad aparente

La determinación de la digestibilidad aparente (Anexo 3) se realizó mediante la fórmula propuesta por Urbano *et al.* (2005) como sigue:

$$Da = \frac{Ni_{\text{ingerido}} - Ni_{\text{excretado}}}{Ni_{\text{ingerido}}} \times 100 \quad (ii)$$

Donde:

$Da$  = Digestibilidad aparente.

$Ni_{\text{ingerido}}$  = Nitrógeno ingerido.

$Ni_{\text{excretado}}$  = Nitrógeno excretado.

#### c. Valor biológico aparente

El manejo de los animales se hizo siguiendo las recomendaciones de Mourelle *et al.* (2013). A las ratas se las ubicó en jaulas metabólicas, las cuales disponían de material colector de

orina y heces. Se las alimentó diariamente con las dietas asignadas y se registró en gramos la cantidad de alimento ingerido. Para obtener este valor, se restó la cantidad de residuos del comedero y de los desperdicios en la bandeja de la cantidad total de alimento suministrado. El primer día de suministro, se proporcionó alimento combinado con 0.01 g de carmín, de modo que las heces de la primera ingesta de la dieta experimental estuvieran coloreadas y pudieran ser diferenciadas de las heces provenientes del alimento del día anterior, de manera que solo se recolectaran las heces coloreadas, desechando las nocoloreadas. Se registró el peso de las heces, luego se las almacenó en un frasco al que se adicionó 0.1g timol para preservar el nitrógeno de la muestra y se las refrigeró para posterior análisis. Finalmente, también se añadió carmín al alimento suministrado durante el último día, a fin de diferenciar las heces provenientes del alimento consumido el día anterior, recolectando las heces no coloreadas y desechando las coloreadas. Por otro lado, se procedió a realizar la recolección de orina en tubos de ensayo que contenían 3 gotas de tolueno y se midió el volumen de orina mediante una probeta, almacenándose en un frasco de vidrio, para luego refrigerarse. Posteriormente, se adicionó al mismo frasco de vidrio la orina recolectada durante los siguientes días de evaluación. Finalmente, las muestras de heces y orina recolectadas fueron sometidas al análisis de nitrógeno total.

Para la determinación del valor biológico se utilizó la fórmula propuesta Mitchell (1924), como se indica en la siguiente ecuación (iii):

$$VBa = \frac{Ni_{ingerido} - (Ni_{excretado} + Ni_{urinario})}{Ni_{ingerido} - Ni_{excretado}} \quad (iii)$$

Donde:

$VBa$  = Valor biológico aparente;

$Ni_{ingerido}$  = Nitrógeno ingerido;

$Ni_{excretado}$  = Nitrógeno excretado

$Ni_{urinario}$  = Nitrógeno urinario.

#### **d. Determinación de perfil bioquímico**

A cada animal experimental, previamente anestesiado, se le extrajeron muestras de sangre de la punta de la cola, lo cual se realizó mediante un corte perpendicular de 1–2 mm desde el extremo de la cola. El recojo de la muestra de sangre se realizó con lancetas y la sangre fue procesada con tiras reactivas descartables, usando los dispositivos de pruebas rápidas On Call® Advanced para determinar niveles de glucosa y, Mission® Cholesterol Meter para colesterol total (CT), triglicéridos (TG) y HDL.

#### **e. Peroxidación lipídica en tejidos hepáticos e intestinal**

Para efectuar el análisis previamente se realizó la preparación de homogeneizado de los tejidos, para lo cual se extirpó  $1.0 \pm 0.02$ g de hígado del lóbulo hepático derecho de cada animal, se lavó con suero fisiológico y se procedió con el homogeneizado con buffer fosfato salino al 10 por ciento. Después se centrifugó (Kert Lab, Modelo 0412-1) a 2500 rpm/15 min y se extrajo el sobrenadante como extracto para su análisis, todo el procedimiento se trabajó en baño de hielo a 4°C. De forma similar, se procedió con las muestras de yeyuno del intestino delgado.

El proceso de peroxidación lipídica genera una serie de productos de descomposición como el malondialdehído (MDA), el cual se emplea como indicador directo del daño celular y de la peroxidación lipídica en particular. Para su determinación se empleó el método colorimétrico de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), según Buege y Aust (1978) con ligeras modificaciones. Al tejido homogeneizado (0.3 ml) se adicionaron 0.6 ml de ácido tricloroacético al 10 por ciento, se llevó a baño maría hirviente (Mammert, Modelo WNE22) durante 15 min, luego se añadieron 0.9 ml de ácido tiobarbitúrico 0.67 por ciento en HCl 0.25 N, y se sometió a baño maría hirviente por 30 minutos más. Posteriormente se centrifugó a 7000 rpm/10 minutos y se extrajo el sobrenadante para medir su absorbancia a 535 nm (Génesis UV—Vis), los resultados fueron calculados utilizando el coeficiente de extinción molar  $1.56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , siendo expresados como nmol MDA/g tejido.

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos no paramétricos de aceptabilidad general fueron analizados mediante la prueba de Friedman y graficados mediante diagrama de caja y bigotes.

Para los datos paramétricos se empleó el Diseño Completo al Azar (DCA) y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey (Calzada 1982).

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

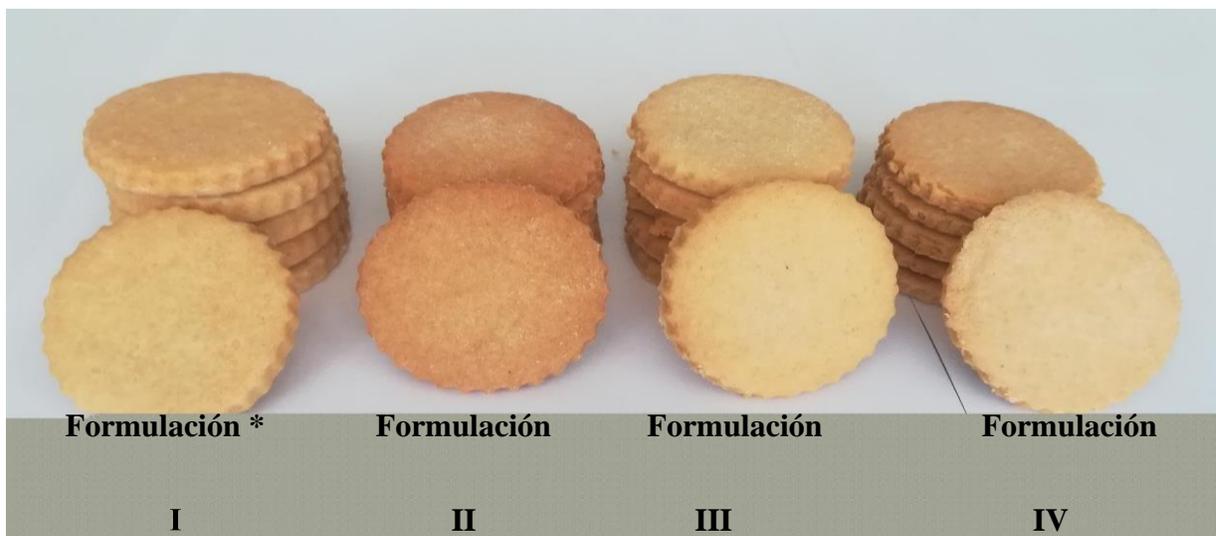
$$Y_{ij} = \mu + r_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = Variable respuesta;  $\mu$  = Media general;  $r_i$  = Efecto del tratamiento ( $i = 1, 2, 3, 4$ );  $\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ETAPA I: ELABORACIÓN DE GALLETAS Y EVALUACIÓN SENSORIAL

Las galletas fueron elaboradas según lo señalado en el apartado de metodología. La transformación de las materias primas, tales como la quinua y fibra soluble del endospermo de semilla de tara y fibra insoluble de harina de hojas de *Agave americana*, permite el incremento de su valor nutricional, dado que el procesamiento mejora la disponibilidad de sus nutrientes y facilita la presentación del producto para el consumo humano. Las galletas de las diferentes formulaciones se muestran en la Figura 5.



**Figura 5: Galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra del endospermo de semilla de tara (FSEST) y fibra de harina de hojas de *Agave americana* (FIHAA)**

\* Galletas: I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra de harina de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra del endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra del endospermo de semilla de tara.

Los ingredientes que conforman la fórmula de las galletas juegan un papel fundamental en las características del producto final. Así, la presencia de una pequeña cantidad de agua y de un alto contenido de grasa y azúcar evitan el desarrollo de redes de gluten y otorgan una buena textura a la galleta; durante el proceso de horneado, la masa de galleta se seca y las interacciones de los ingredientes se rigen por la afinidad de cada componente por el agua (Blanco *et al.* 2018). Asimismo, el contenido de grasa y fibra dietaria en la formulación influye en la textura del producto y en la aceptación del consumidor (Laguna *et al.* 2013).

#### **4.1.1 Análisis químico proximal de las galletas**

Los resultados del análisis químico-proximal de las galletas elaboradas en el presente experimento se muestran en la Tabla 9. En general, el contenido de humedad de las galletas se incrementó por la sustitución de la harina de trigo por la harina de quinua Altiplano cocida, las fibras (FSEST y FIHAA) o ambas (quinua y fibras). La formulación IV presenta un mayor contenido de humedad que la formulación III (6.21 vs 5.97 por ciento), pero la diferencia no es significativa ( $p>0.05$ ); ambas formulaciones mostraron mayor humedad ( $p<0.05$ ) con respecto a las galletas de las formulaciones I (4.48 por ciento) y formulación II (4.89 por ciento). Estos resultados concuerdan con lo hallado por Singh *et al.* (2008), quienes encontraron que el contenido de humedad en su formulación se incrementó a mayor proporción de la sustitución de la harina de trigo por harina de camote en las formulaciones de galletas y a lo hallado por De Souza *et al.* (2019), quienes determinaron que, a mayor sustitución de la harina de trigo por fuentes de fibra, las galletas contenían mayor humedad. En ambos casos, esto dio lugar a una mayor concentración de fibra en el producto final y, por lo tanto, a una mayor capacidad de retención de agua, lo cual concuerda precisamente la propiedad de la fibra (Elleuch *et al.* 2011).

El contenido de humedad determinado en las galletas para las 4 formulaciones está dentro de lo señalado por la INDECOPI (2011), la cual consigna un valor de 12 por ciento de humedad como máximo. La humedad de las galletas de la formulación I, (4.48 por ciento) es cercano a los determinados por CENAN (2017) para las galletas de soda, cuyo valor es 3.9 por ciento de

**Tabla 9: Análisis químico proximal de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, fibra de hojas de *Agave americana* y fibra del endospermo de semilla de tara en Base Seca**

Análisis proximal determinado (Porcentaje)	Formulación*				Límite Máx. Permisibles (NTP 206.001, 2011)
	I	II	III	IV	
Humedad	4.48 <sup>b</sup> ±0.46	4.89 <sup>b</sup> ±0.29	5.97 <sup>a</sup> ±0.21	6.21 <sup>a</sup> ±0.24	12
Proteína	9.60 <sup>a</sup> ±0.02	9.98 <sup>a</sup> ±0.08	9.59 <sup>a</sup> ±0.14	9.88 <sup>a</sup> ±0.61	-
Extracto etéreo	23.15 <sup>a</sup> ±0.14	23.55 <sup>a</sup> ±0.54	23.47 <sup>a</sup> ±0.52	23.83 <sup>a</sup> ±0.42	-
Fibra cruda	0.75 <sup>d</sup> ±0.02	1.37 <sup>c</sup> ±0.03	3.00 <sup>b</sup> ±0.25	3.65 <sup>a</sup> ±0.05	-
Cenizas totales	0.93 <sup>b</sup> ±0.05	1.11 <sup>ab</sup> ±0.08	1.20 <sup>ab</sup> ±0.17	1.44 <sup>a</sup> ±0.29	3
Extracto libre de nitrógeno	65.58 <sup>a</sup> ±0.11	63.98 <sup>b</sup> ±0.69	62.75 <sup>b</sup> ±0.64	61.20 <sup>c</sup> ±0.46	-
Energía Metabolizable (kcal/100g)	509.04	507.70	500.64	498.80	
Energía Metabolizable (kcal/g)	5.09	5.08	5.01	4.99	

\* I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americano* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americano* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

<sup>a,b,c</sup>: Superíndices diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticas (p<0.05).

humedad y a lo determinado por Macías *et al.* (2013), quienes encontraron un valor de 4.2 por ciento de humedad.

Asimismo, el contenido de humedad de las galletas de las formulaciones II, III y IV, son ligeramente superiores al consignado por CENAN (2017) para galletas con fibra, que contienen avena, manzana y canela, con un valor de 3.4 por ciento de humedad. Los contenidos de humedad de las galletas de las cuatro formulaciones del presente experimento (4.48 a 6.21 por ciento) también son superiores al reportado por Bravo y Pérez (2016) en galletas formuladas con un 10 por ciento de hoja de quinua y un 10 por ciento de harina de avena (3.4 por ciento de humedad) y al de Logroño *et al.* (2015) en galletas con 20 por ciento de sustitución de harina de trigo por una mezcla de quinua, zanahoria y tocte (4.35 por ciento de humedad). El valor de humedad reportados por los diferentes autores se debe en parte al menor contenido de fibra dietaria en las galletas, reflejándose en una menor capacidad de retención de agua en el producto final, en consecuencia, menor contenido de humedad. Se considera que el contenido de humedad de las galletas del presente estudio es adecuado y el bajo contenido de humedad observado es un parámetro positivo relacionado con la crocancia, un importante atributo deseable y esperado por el consumidor para este tipo de productos (Canett *et al.* 2004).

Por otro lado, los contenidos de humedad de las galletas de las formulaciones II, III y IV son inferiores a los reportados por Del Castillo *et al.* (2009) para galletas que contienen 21 por ciento de quinua (9.75 por ciento humedad), Galdino-Vergara *et al.* (2018) en galletas con 20 por ciento de quinua (9.65 por ciento humedad) y Abreu *et al.* (2019) en galletas con 16 por ciento de cáscara de uvas (10.2% humedad). Asimismo, la humedad determinada en las galletas del presente estudio es mucho menor a lo reportado por Bick *et al.* (2014) para galletas con 20 por ciento de quinua (13.3 por ciento humedad) y Chopra *et al.* (2018) para galletas con sustitución 40 por ciento de harina de trigo por 20 por ciento de quinua y 20 por ciento de camote (14.5 por ciento humedad), siendo estos dos últimos valores mayores al límite establecido por la norma INDECOPI (2011), el cual es de 12 por ciento. Este mayor contenido de humedad reportado por los autores es atribuible en parte a la inclusión de ingredientes con contenido de fibra y proteína en mayor porcentaje que en la formulación de las galletas del presente

estudio. Esto concuerda con lo reportado por Mustafa *et al.* (1986), citado por Chopra *et al.* (2018), respecto al contenido de humedad de los productos horneados, el cual es proporcional al incremento de su contenido de proteína debido a la propiedad funcional de la proteína de tener la capacidad de ligar agua (Badui 2006).

El contenido porcentual de proteína de las galletas no mostró diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre las diferentes formulaciones, si bien se observó que son ligeramente superiores en proteína las galletas que provienen de la formulación II (9.98 por ciento) y formulación IV (9.88 por ciento) en comparación al de las galletas de la formulación I (9.60 por ciento) y de la formulación III (9.59 por ciento). Los valores determinados en el presente estudio son menores a los reportados por Chopra *et al.* (2018), quienes encontraron 15.27 por ciento de proteínas en galletas formuladas con sustitución del 40 por ciento de harina de trigo por 20 por ciento de harina de quinua y 20 por ciento de harina de camote, así como también menores a los hallados de Bick *et al.* (2014), quienes encontraron 11.9 por ciento de proteína en galletas con 20 por ciento de sustitución de harina de trigo por quinua. El mayor porcentaje de la proteína se debe a que los autores antes mencionados incluyeron un mayor nivel de quinua en las respectivas formulaciones de sus galletas y a la inclusión de un mayor porcentaje de ingredientes proteicos dentro de la formulación, tales como leche o huevo, dando lugar al incremento del nivel de proteínas en el producto final.

Por otro lado, los resultados de la presente investigación (9.60 a 9.98 por ciento) son ligeramente mayores a los reportados por Goyat *et al.* (2018), quienes encontraron 7.48 por ciento de proteína en galletas elaboradas con 15 por ciento de harina de quinua y al valor de 7.78 por ciento hallado por Logroño *et al.* (2015) en galletas con mezcla de quinua, arveja, zanahoria y tocte. El menor contenido de proteínas se puede atribuir a que los autores han incluido mayor porcentaje de ingredientes grasos en la formulación de las galletas, así como a la composición de los sustitutos del trigo que han sido incluidos en la formulación de las mismas.

El contenido de grasa total en las galletas con diferentes formulaciones no mostró diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre ellos, pero son numéricamente mayores en las galletas que provienen de la formulación IV y de la formulación II (23.83 y 23.55 por ciento, respectivamente) en

comparación con las galletas de la formulación I y las galletas de la formulación III (23.15 y 23.47 por ciento, respectivamente). El leve incremento porcentual de grasa en las galletas de las formulaciones II y IV se debe, en parte, a la inclusión de quinua Altiplano cocida, insumo que aporta grasa, cuyo contenido en promedio es 6.85 por ciento, según Repo-Carrasco-Valencia y Serna (2011). Por otra parte, también se debe a la capacidad de la harina de quinua de adsorber y retener aceite y a las fuentes de fibra, las cuales permiten que el producto contenga mayor grasa, influyendo esto en el mejor sabor de las galletas y, por ende, en una mejor sensación en la boca (Ogungbenle 2003).

En general, el contenido de grasa de las galletas de las cuatro formulaciones está en un rango de 23.11 a 23.83 por ciento, el cual es ligeramente mayor a lo determinado por Goyat *et al.* (2018) (21.41 por ciento) en galletas con sustitución de un 15 por ciento de harina de quinua. Por otra parte, es inferior a lo hallado por Chopra *et al.* (2018), quienes reportaron un valor de 32.92 por ciento de grasa en galletas con inclusión de 20 por ciento de harina de quinua y 20 por ciento harina de camote. Este porcentaje tan elevado se puede atribuir a un mayor porcentaje de sustitución de la harina de trigo por quinua y a la inclusión de un mayor porcentaje del ingrediente graso en la formulación.

Con respecto al contenido de la fibra bruta, se observa que las cuatro formulaciones muestran diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre sí. Esta diferencia se debe, en parte, a que se tiene una formulación control y otras tres formulaciones que contienen insumos diferentes, los cuales sustituyen parcialmente a la harina de trigo. El orden de la concentración porcentual de fibra fue el siguiente: formulación IV (3.65 por ciento), formulación III (3.0 por ciento), formulación II (1.37 por ciento) y formulación I (0.75 por ciento). La formulación IV presentó un mayor contenido de fibra ( $P > 0.05$ ) respecto al resto de formulaciones. En la formulación IV, el agave aporta el mayor contenido de fibra cruda, dado que tiene en su composición un 34.54 por ciento de fibra bruta; en segundo lugar, se encuentra la quinua Altiplano cocida, con un 3.54 por ciento, y finalmente el EST con 2.80 por ciento de fibra cruda, siendo así que todos estos ingredientes coadyuvan al incremento de este nutriente en el producto final. Las formulaciones III y II presentaron un mayor contenido de fibra que el control ya que el aporte de fibra de sus insumos es superior.

El contenido de fibra cruda determinada en la galleta de la formulación I fue de 0.75 por ciento, valor cercano a lo encontrado por Chopra *et al.* (2018), que fue de 0.62 por ciento, en galletas a base de harina de trigo, pero inferior a lo determinado por Bick *et al.* (2014) y por Soler *et al.* (2017) en galletas dulces a base de trigo, cuyos valores fueron de 1.02 y 2.88 por ciento, respectivamente. Esto se debe probablemente al tipo de trigo, a la variedad y al proceso de extracción. La galleta de la formulación II tuvo una concentración de fibra bruta menor a lo encontrado por Bick *et al.* (2014) y por Del Castillo *et al.* (2009), cuyos respectivos valores hallados fueron de 1.76 y 2.44 por ciento de fibra bruta para las correspondientes inclusiones de 20 y 21 por ciento de quinua en su formulación. Esta mayor concentración de la fibra bruta se debe en parte a la mayor inclusión de quinua como sustitución de la harina de trigo y, probablemente, a su composición química. Por otro lado, las galletas de la formulación III y las galletas de la formulación IV presentaron una menor concentración de fibra bruta respecto a lo encontrado por Abreu *et al.* (2019) en galletas con inclusión de 15 por ciento de cáscara de uva, cuyo valor de fibra fue de 9.52 por ciento. Este valor superior se debe al alto aporte de fibra proveniente de la cáscara de uva.

El contenido de cenizas determinado en el presente estudio para las cuatro formulaciones está en un rango de 0.93 a 1.44 por ciento, el cual está dentro del requisito determinado para galletas por INDECOPI (2011), el cual consigna un valor de 3 por ciento como máximo para las cenizas. Las galletas de la formulación IV mostraron mayor cantidad de ceniza (1.44 por ciento), valor estadísticamente ( $P < 0.05$ ) superior al de las galletas de la formulación I (0.93 por ciento), pero sin diferencias estadísticas respecto a las otras formulaciones de galletas. Este mayor nivel se debe en parte al aporte de ceniza que proviene de los insumos que sustituyen a la harina de trigo, ya que contienen niveles superiores al contenido de ceniza de esta. Asimismo, las galletas de la formulación II tienen un valor de ceniza de 1.11 por ciento, cercano a lo encontrado por Goyat *et al.* (2018) en galletas con un 15 por ciento de inclusión de quinua, cuyo contenido de ceniza fue de 1.17 por ciento.

En general, los valores determinados en el presente estudio para las galletas con quinua, con fibra (FSEST y FIHAA) o con la mezcla de ambas son inferiores a los reportados por diferentes autores. Así, Bick *et al.* (2014) encontraron 1.77 por ciento de cenizas al incluir 20 por ciento

de quinua en las galletas, por otro lado, Del Castillo *et al.* (2009) hallaron un valor de 1.92 por ciento al incluir 21 por ciento de quinua en las galletas y Brito *et al.* (2015) indicaron un 2.32 por ciento de cenizas al incluir 30 por ciento de quinua, copos de quinua y maíz. Los valores encontrados en el presente experimento son también inferiores a los determinados por Galdino-Vergara *et al.* (2018), cuyo valor de cenizas fue de 2.36 por ciento en galletas con 20 por ciento de quinua y a los de Chopra *et al.* (2018), quienes encontraron un 2.69 por ciento de ceniza al incluir 20 por ciento de papa y 20 por ciento quinua. Las diferencias entre los valores reportados se deben en parte a la inclusión de mayores porcentajes de quinua y otros insumos de sustitución en las formulaciones desarrolladas para las galletas.

En cuanto al extracto libre de nitrógeno (ELN), se encontró que galletas de la formulación I contienen mayor ELN ( $p > 0.05$ ) que las provenientes de las formulaciones II, III y IV. Dado que esta galleta solo está elaborada a base de harina de trigo, este valor superior se debe a la menor concentración del resto de nutrientes (humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra) que intervienen en su determinación. Por otra parte, las galletas de las formulaciones II y III no mostraron diferencias estadísticas entre sí; sin embargo, ambas mostraron diferencias respecto a la formulación IV, toda vez que estas galletas tienen tanto inclusión de quinua como de fibras, las cuales son ricas en otros nutrientes y por ende influyen en la disminución del ELN de las galletas.

Los valores de ELN determinados en general para las galletas con sustitución de quinua, fibras o mezcla de ambas (61.20 a 63.98 por ciento) son cercanos a los determinados por Abreu *et al.* (2019) y Brito *et al.* (2015) para galletas con sustitución de cáscara de uva en un 15.98 por ciento y de harina de quinua en un 30 por ciento (64.28 y 65.25 por ciento de ELN, respectivamente). Los valores del presente trabajo fueron superiores a los determinados por Chopra *et al.* (2018) y Logroño *et al.* (2015), quienes reportaron un 48.12 y 39.35 por ciento de ELN en galletas que incluían 20 por ciento de quinua y 20 por ciento de papa, por un lado, y 20 por ciento de una mezcla de quinua, arveja y tocte. Esta diferencia se explica por la participación de mayores porcentajes de los insumos sustitutos del trigo y la concentración de nutrientes que participan en su cálculo respectivo. Cabe resaltar que el ELN es una fracción que incluye al

almidón, a los azúcares solubles y a otros compuestos, todos en su mayoría digestibles por el organismo que lo consume.

#### 4.1.2 Fibra Dietaria de las galletas

El contenido de fibra dietaria total (FDT) de las cuatro formulaciones de galletas se muestra en la Tabla 10, donde se puede apreciar que el rango de fibra total en base seca es de 1.33 a 7.82 por ciento. El contenido de FDT de las galletas se incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) entre las cuatro formulaciones (I, II, III y IV) con los diferentes ingredientes como sustitutos de la harina de trigo. Las galletas que muestran mayor ( $p < 0.05$ ) contenido de FDT corresponden a la formulación IV (7.82), seguidas por la formulación III (6.26), la formulación II (3.06) y formulación I (1.33 de FDT). La mayor concentración de FDT de la formulación IV se debe a la inclusión harina de quinua Altiplano cocida, harina de fibra de FSEST y de FIHAA, a diferencia de la formulación II, que solo tuvo la inclusión de harina de quinua y la formulación III, con solo inclusión de ingredientes aportantes de fibras.

**Tabla 10. Contenido de fibra dietaria de galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, harina de hojas de *Agave americana* y fibra del endospermo de semilla de tara**

Fracciones nutritivas (Porcentaje)	Formulación*			
	I	II	III	IV
Humedad	4.48±0.46	4.89±0.29	5.97±0.21	6.21±0.24
Materia seca	95.52	95.11	94.03	93.79
Fibra dietaria total				
Base parcialmente seca	1.27	2.91	5.89	7.34
Fibra dietaria total en Base Seca	1.33 <sup>d</sup> ±0.14	3.06 <sup>c</sup> ±0.32	6.26 <sup>b</sup> ±0.29	7.82 <sup>a</sup> ±0.26

\* I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

<sup>a,b,c,d</sup>: Superíndices diferentes dentro de una misma fila indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

Los ingredientes sustitutos del trigo antes indicados son ricos en FDT, con un valor de 73.28 por ciento para el endospermo de semilla de tara, un 63.98 por ciento para las hojas de agave americano y un 9.08 por ciento para la harina de quinua cocida del Altiplano, por lo cual se obtuvo un incremento de FDT en el producto final, la galleta. Asimismo, el contenido de FDT de las galletas de la formulación III fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el contenido de las galletas de la formulación II, diferencia dada por la inclusión de las fuentes de fibra ricas en FDT (FSEST y FIHAA). En las galletas de la formulación II solamente se incluyó harina quinua del Altiplano cocida, cuyo contenido de FDT es menor. Asimismo, las formulaciones III y II fueron estadísticamente ( $P < 0.05$ ) superiores respecto al contenido de FDT a las galletas de la formulación I a base de harina de trigo.

Los valores de fibra dietaria en las formulaciones del presente trabajo fueron inferiores a los determinados por Brito *et al.* (2015), quienes hallaron un valor de 11.38 por ciento de FDT en galletas elaboradas con de 30 por ciento de harina de quinua, 25 por ciento de harina de hojuelas de maíz y 45 por ciento de harina de almidón de maíz. Esto se debe a que en dicho experimento se trabajó en base a una galleta exenta de harina de trigo y, además, los insumos que la constituyen son ricos en FDT.

Por otro lado, los valores hallados en las formulaciones II al IV fueron inferiores a los determinados por Kuchtová *et al.* (2018) en galletas con inclusión de harina de cáscara de uva en un 15 por ciento, cuyo valor de FDT fue de 8.64 por ciento. Este mayor porcentaje de FDT se debe al mayor porcentaje de inclusión de cáscara de uva rica en FDT (57.5 por ciento) en la formulación, a diferencia de la presente investigación, que la inclusión fue de solo 2.85 por ciento de las fibras dietarias. El contenido de FDT de las galletas de la fórmula III, con solo inclusión de fibras (FSEST y FIHAA) es cercano a los valores hallados por CENAN (2017) en galletas con fibra que incluyen harina de avena, manzana y canela, donde se consigna un valor de 6.42 por ciento de FDT. De igual manera, el contenido de FDT de la formulación III se asemeja a lo determinado por Sudha *et al.* (2007) en galletas con inclusión de 30 por ciento de afrecho de avena, cuyo valor fue de 6.3 por ciento de FDT. Dichos investigadores indican, que una mayor sustitución de la harina de trigo, ya sea por salvado de trigo, avena o cebada,

incrementa la concentración de FDT y que los mencionados insumos podrían ser usados para enriquecer galletas.

Galletas provenientes de la formulación II posee un contenido de FDT menor (3.06 por ciento) a lo determinado por Goyat *et al.* (2018), quienes encontraron un valor de 5.41 por ciento de FDT en galletas con sustitución de harina de trigo por harina de quinua en un 15 por ciento, variabilidad que puede deberse tanto al ecotipo de quinua y su composición de FDT, como al proceso de cocción al que fue sometida la quinua en el presente experimento. Esto influye en la disminución de la FDT, coincidiendo con lo hallado por Ruales y Nair (1994), quienes encontraron una disminución de la FDT en un 17.91 por ciento al ser cocida la quinua, esto se debe probablemente a la despolimerización de los componentes de la fibra.

Un alimento se considera como fuente de fibra dietaria, cuando cubre el 10 por ciento del valor de referencia diario por porción y se considera que un alimento es alto en fibra dietaria, cuando cubre el 20 por ciento del valor referencial diario por porción (CODEX 2009), siendo el valor referencial de 25g de fibra dietaria por día (Escudero y Gonzales 2006). En el presente experimento, las galletas de la formulación III y la IV aportan un 10.02 y 12.51 por ciento del valor de referencia diario, considerando una porción de galleta de 40g. Como ambas galletas cubren el 10 por ciento del valor referencial diario por porción, las galletas son consideradas como una fuente de fibra dietaria. Concordando con lo hallado por Blanco *et al.* (2017), quienes elaboraron galletas con inclusión de avena con un aporte de fibra dietaria de un 13 por ciento y galletas que incluían almidón resistente tipo II, cuyo aporte de fibra dietaria fue de 29 por ciento, con respecto al valor de referencia diario, considerando porciones de 30 g. Las galletas de avena fueron categorizadas como alimento fuente de fibra dietaria y las que incluían almidón resistente tipo II como alimento alto en fibra dietaria.

#### **4.1.3 Análisis microbiológico de las galletas**

Los resultados del análisis microbiológico de las galletas se presentan en la Tabla 11. Se aprecia que las galletas de las cuatro formulaciones presentan una carga microbiológica dentro de los rangos establecidos en el MINSA (2008) “Norma sanitaria que establece los criterios

microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”, como la MINSA (2010) “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería del Ministerio de Salud”. El contenido de numeración de mohos (10 UFC/g) es menor a lo consignado en la norma. Asimismo, la carga microbiológica tanto para numeración de aerobios mesófilos viables (UFC/g), como para numeración de coliformes totales (NMP/g) también es menor a lo establecido por la norma. Esto concuerda con lo determinado por Galindo-Vergara *et al.* (2018) en galletas a base de quinua, arroz y maíz, para el nivel de mohos (<3 UFC/g), que a la vez cumple lo estipulado por su respectiva normativa. Asimismo, el horneado de las galletas a altas temperaturas (205°C/12 minutos) influye favorablemente en los resultados de la carga microbiológica (Canett *et al.* 2004). En general, sobre la carga microbiana de las galletas de las cuatro formulaciones se puede decir que se obtuvo un producto inocuo, o sea sin peligro microbiológico que cause daño a la salud del consumidor. Por otro lado, la panadería de la

**Tabla 11. Análisis microbiológico de las galletas con inclusión de harina de quinua Altiplano cocida, harina de hojas de *Agave americana* y fibra del endospermo de semilla de tara**

Ensayos	Formulación *				RM-1020
	I	II	III	IV	Limite /g
N. de Mohos (UFC/g)	<10 estimado	<10 estimado	<10 estimado	<10 estimado	10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	3
Numeración de coliformes totales (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	10

\* I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

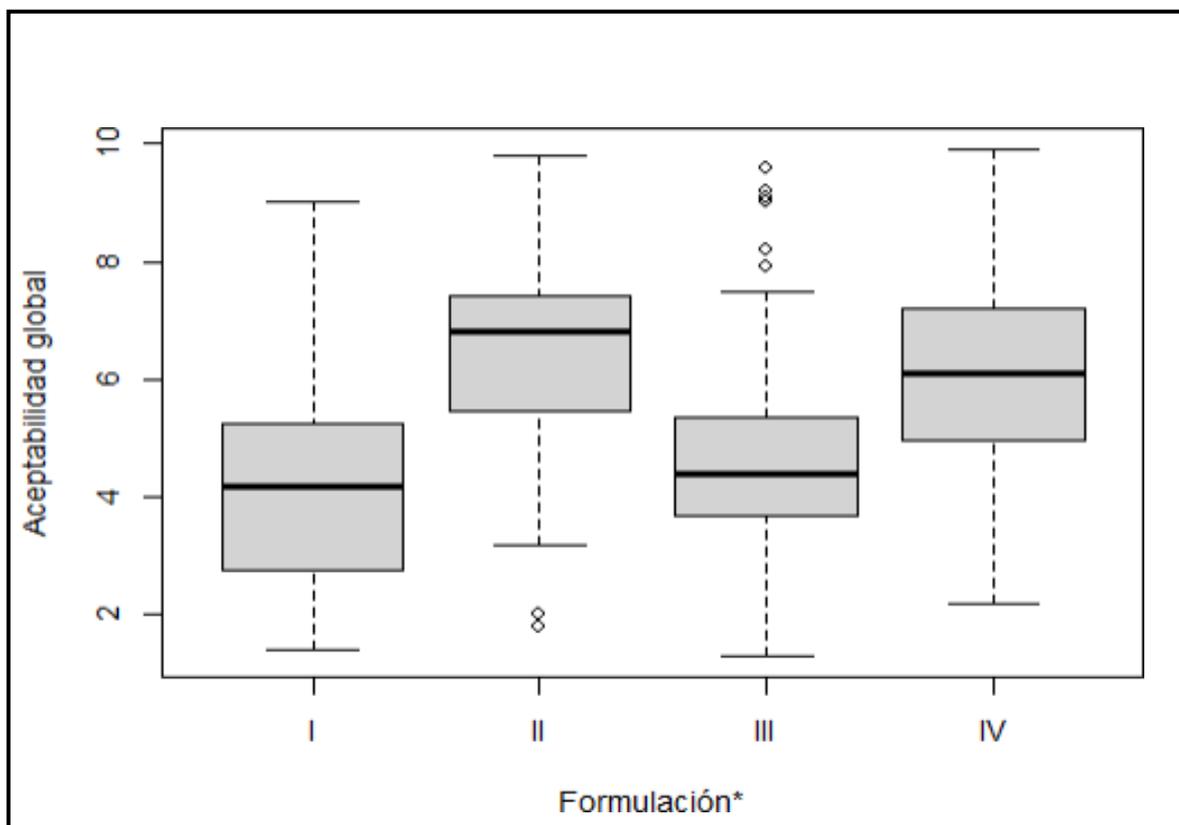
UNALM, donde se hizo el procesamiento de las diferentes fórmulas de las galletas, cuenta con las condiciones de higiene para el procesamiento de sus productos, cumpliendo con la normativa nacional (MINSA 1998).

#### **4.1.4 Aceptabilidad global de galletas**

A nivel mundial, las galletas representan la categoría más amplia de aperitivos entre los alimentos horneados de la industria de la panadería, debido a la variedad de sabores, a sus características crocantes y por ser un producto atractivo para todas las edades con bajo costo de producción. La elaboración y el desarrollo de galletas pueden ser una mejor opción con relación a cualquier otro producto, debido a su sencillo proceso de fabricación, a su larga vida útil, a su practicidad para el transporte, a su amplio y fácil consumo, a su palatabilidad y a su capacidad de servir como vehículo eficaz de proveer nutrientes importantes al consumidor en general, a través de la fortificación con insumos químicos o productos de origen vegetal o animal (Caballero *et al.* 2014).

En el presente trabajo la aceptabilidad global se midió en una escala no estructurada de 1 a 10 puntos. Los resultados para los cuatro tipos de galleta se muestran en la Figura 6, donde se observa que las galletas de la formulación II con un valor de 6.4 de aceptabilidad y de la formulación IV con una puntuación de 6.1 son estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ), pero ambos obtuvieron mayor puntuación o preferencia ( $p < 0.05$ ), respecto a las galletas de la formulación III con una puntuación de 4.7 y a galletas de la formulación I, con una puntuación de 4.1 (Anexo III).

La evaluación sensorial de los alimentos en general se realiza haciendo uso de escalas, donde la escala más comúnmente utilizada es la escala hedónica de 1 a 9 puntos. Los investigadores consideran diferentes puntuaciones (1 a 3, 1 a 5, 1 a 7 puntos, etc.) en sus trabajos de investigación; en el presente estudio se aplicó una escala no estructurada de 10 puntos. Para uniformizar con las diferentes escalas aplicadas por otros autores, estas han sido transformadas a la escala de la presente investigación haciendo uso del método matemático de razones y proporciones.



**Figura 6: Aceptabilidad global de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y fibra de endospermo de tara**

\*I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

La galleta de la formulación I tuvo una aceptabilidad global de 4.1, siendo este valor menor al encontrado por Gajula *et al.* (2008) para galletas a base harina de trigo sin extruir y extruido, cuyo valor de aceptabilidad fue en ambos casos de 7.4 puntos. Los autores indican que la extrusión de la harina no afectó a los demás atributos sensoriales (textura, sabor, apariencia) de las galletas. El valor hallado para las galletas de la formulación I también fue menor a lo encontrado por Bazán-Aliaga *et al.* (2015) y Chopra *et al.* (2018) para sus galletas control a base de harina trigo, cuyos valores de aceptabilidad fueron de 7 y 8.8 puntos, respectivamente. Esta diferencia se debe en parte a que los mencionados investigadores incluyeron mayor proporción de fuentes proteicas en la elaboración de sus galletas, a diferencia de la galleta control del

presente trabajo de investigación. Adicionalmente, los panelistas que participaron en la evaluación de las galletas de los autores consultados fueron panelistas semi-entrenados, mientras que en la presente investigación participaron consumidores comunes no entrenados.

La galleta de la formulación III tuvo una aceptabilidad global de 4.7, siendo esta menor a lo reportado por Gajula *et al.* (2008) para dos ensayos en galletas con sustitución de harina de trigo por 20 por ciento de salvado de trigo, usando en el primer ensayo insumos sin extruir y en el segundo insumo extruidos, con valores de aceptabilidad general favorables ( $p < 0.05$ ) para las galletas sin extrusión. Los valores de aceptabilidad global fueron de 7.6 y 6.6 puntos, para las galletas con insumos sin extrusión y con extrusión, respectivamente. La aceptabilidad global de la galleta de la formulación III fue también inferior a lo hallado por Sudha *et al.* (2007), quienes encontraron valores de aceptabilidad entre 7 y 8.5, para galletas con sustitución de harina de trigo por salvado de trigo, de avena, de arroz o de cebada en niveles de 10 y 20 por ciento. La aceptabilidad global también fue menor a lo hallado por Aksoylu *et al.* (2015), quienes determinaron 8.3 puntos en galletas con sustitución de la harina de trigo por 5 por ciento de harina de pepas de uva. Diversos investigadores sugieren que las diferentes fuentes de fibra a niveles adecuados no afectan la calidad de la galleta, por lo tanto, deben ser usadas a fin de enriquecer el contenido de fibra dietaría de los productos horneados y así incrementar el consumo de FDT por el público en general, lo cual finalmente generará beneficios en la salud del consumidor.

Los diferentes autores antes mencionados han encontrado mayores valores de aceptabilidad global de las galletas (6.6 a 8.5), respecto a los valores encontrados en la presente investigación (4.7 para la galleta solo con inclusión de fibras), a pesar de que los autores incluyeron mayor porcentaje de fibra como sustitución de la harina de trigo en la elaboración de las galletas. Sin embargo, los mencionados valores de aceptabilidad global no concuerdan con lo observado en la presente investigación, donde la puntuación de la aceptabilidad general de las galletas disminuyó a medida que se incrementó el porcentaje de sustitución de las fuentes de fibra, ya que estas generan un color más oscuro en la galleta, pudiendo esto influir negativamente en la percepción del consumidor. Estos valores inferiores encontrados en la presente investigación se

pueden atribuir a la no inclusión de los aditivos (saborizantes y colorantes) que se agregan a la gran mayoría de las galletas, con la finalidad de mejorar la percepción del consumidor.

Las galletas elaboradas con la formulación II tuvieron una puntuación de aceptabilidad global de 6.4, la cual es igual a lo determinado por López *et al.* (2009) en galletas con sustitución de harina de trigo por 22 por ciento de harina quinua, cuya puntuación fue de 6.4, y similar a lo obtenido por Bazán-Aliaga *et al.* (2015) para galletas elaboradas a base de 50 por ciento de harina de arroz y 50 por ciento de harina de papa, cuya puntuación fue de 6.3. Asimismo, los valores fueron cercanos a los determinados por Lorenz *et al.* (1995) en galletas con sustitución de la harina de trigo por 10 y 20 por ciento de quinua con un mismo valor de puntuación de 6.6 para ambos tipos de galletas.

Por otro lado, la aceptabilidad de las galletas de la formulación II fue superior (6.4) a los datos reportados por Watanabe *et al.* (2014) en galletas con sustitución de harina de trigo por 15 por ciento de harina de quinua, cuya puntuación fue de 5.7. Esta menor puntuación puede deberse al factor edad, dado que en las pruebas sensoriales realizadas por estos autores participaron consumidores con un amplio rango etario, que osciló entre los 18 y 81 años. Según indican Gonzales *et al.* (2002), a medida que avanza la edad, disminuye la percepción de los sentidos, lo cual se refleja en este grupo tan heterogéneo. También fueron superiores a lo hallado por Miranda-Villa *et al.* (2019) en galletas de harina de arroz con 30 por ciento sustitución por quinua entera, 30 por ciento de sustitución por quinua malteada a 24 horas y 30 por ciento de sustitución por quinua malteada a 72 horas, siendo las respectivas puntuaciones de 5.9, 6.2 y 5.0. Igualmente, fueron superiores a lo reportado por Del Castillo *et al.* (2009) para prepizza y pan con sustitución de la harina de trigo por 34.8 por ciento de quinua y 26.32 por ciento, cuyas puntuaciones de aceptabilidad global fueron de 2.13 y 3.25, respectivamente. De la misma manera, los valores fueron mayores a los determinados por Caipo *et al.* (2015) en barras de cereales, cuando la quinua se incluyó en un 85, 43 y 57 por ciento, siendo las puntuaciones de aceptabilidad global de 2.73, 4.47 y 6.0, respectivamente.

Si bien la aceptabilidad global reportada por los diferentes autores es en algunos casos mayor a la determinada en el presente estudio, se observa que la disminución de la aceptabilidad global se debe en parte al sabor amargo de la quinua que se hace notar cuando las inclusiones son mayores a 30 por ciento, concordando con lo determinado por (Lorenz *et al.* 1995), tanto en galletas como en otros productos horneados. Asimismo, Godse *et al.* (2020) mencionan que, a mayor sustitución de harina de trigo por harina de quinua la aceptabilidad global disminuye, lo cual afecta los otros atributos, tales como color, gusto, aroma, entre otros, atributos que a su vez son englobados por la aceptabilidad global.

Otros autores han determinado mejores puntuaciones de aceptabilidad global respecto a la galleta de la formulación II. Tal es el caso de lo determinado por Bick *et al.* (2014) para galletas elaboradas con sustitución de harina de trigo por 10, 20 y 30 por ciento harina de quinua, cuyas puntuaciones fueron de 7.9, 7.8 y 7.7, respectivamente. Los valores no mostraron diferencias estadísticas y la inclusión de quinua no afectó los diferentes atributos sensoriales de la galleta. Asimismo, el valor de la formulación II fue inferior a lo hallado por Chopra *et al.* (2018), para galletas con sustitución de harina de trigo integral por 20, 40 y 60 por ciento de harina de quinua y de papa, en proporciones de 1:1, cuyas puntuaciones fueron de 8.7, 8.2 y 7.4, respectivamente. Igualmente, el valor de la formulación II fue menor a lo reportado por Goyat *et al.* (2018), quienes encontraron una aceptabilidad global de 9.4, 9.1 y 8.1, respectivamente, para galletas de harina de trigo sustituidas por 5, 10 y 15 por ciento de harina de quinua, las cuales fueron consideradas como aceptables y donde la galleta con menor inclusión de quinua tuvo la mejor aceptabilidad sensorial. Esta mejor aceptabilidad global obtenida por diferentes investigadores respecto a las galletas de la presente investigación se podría deberse parcialmente al mayor porcentaje de fuentes proteicas como huevo y leche entera en polvo utilizada en sus formulaciones.

Las galletas de la formulación IV mostraron una aceptabilidad global de 6.1 puntos. Este resultado es menor a lo reportado por El-Hadily *et al.* (2018), quienes encontraron puntuaciones de aceptabilidad global de 9.1, 9.3 y 9.6 en 3 formulaciones de galletas, en las cuales se sustituyó la harina de trigo por harina de quinua en un 10, 15 y 20 por ciento y se completó cada una de las formulaciones con un 25 por ciento de harina de cebada integral y un 1 por ciento de harina

de zanahoria. Así, los diferentes atributos sensoriales de estas galletas mejoraron, incluyendo la aceptabilidad general respecto al control a base de harina de trigo. Esta diferencia de la aceptabilidad global con respecto a las galletas del presente estudio se puede deber a una mejor apariencia de las galletas, lo cual influyó positivamente en la percepción de los panelistas, así como a su mayor contenido de proteínas; adicionalmente, estas tres formulaciones se caracterizaron por su mayor aporte de la FDT.

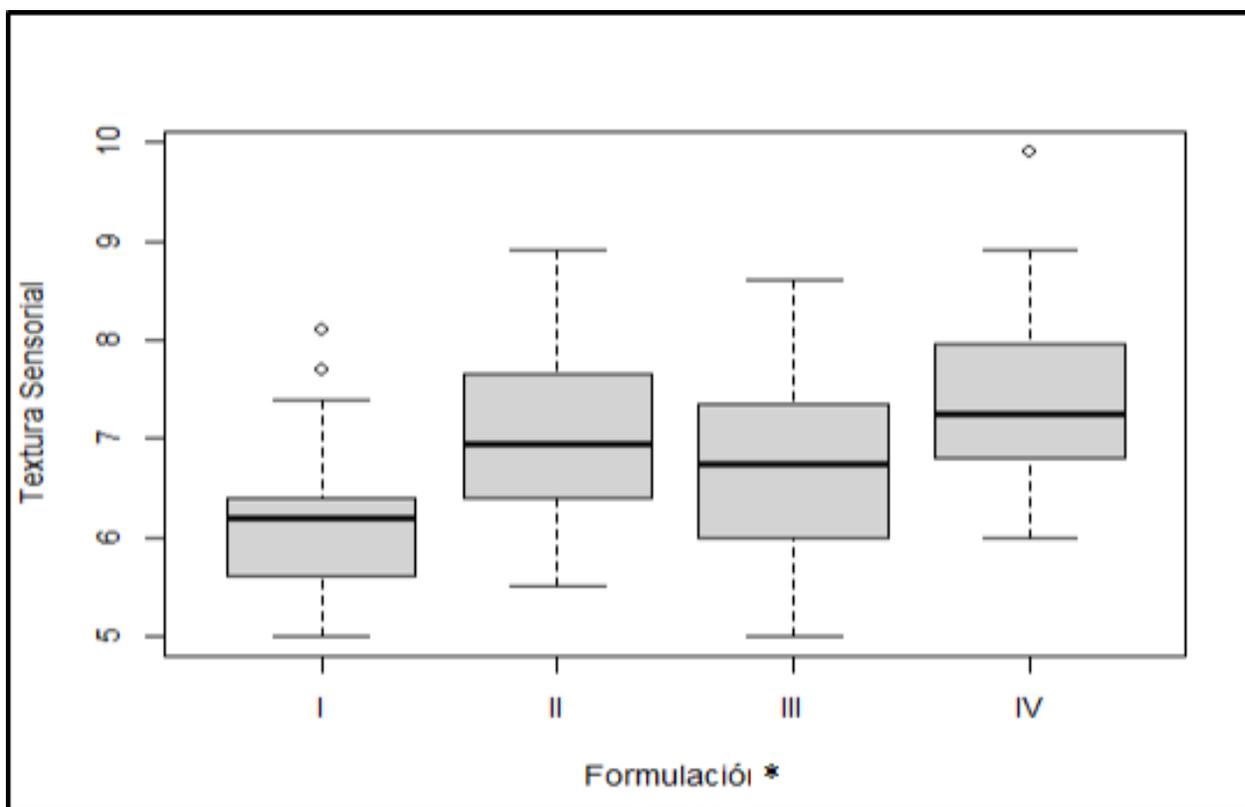
La aceptabilidad global de las galletas de este estudio fue también menor a lo determinado por Bassinello *et al.* (2011) para galletas de almidón de maíz en las que este se sustituyó por una mezcla de harina extruida (arroz y frijoles negros sin cáscara) en un 15 y 30 por ciento, cuyos valores de aceptabilidad fueron de 6.9 y 6.8 puntos, respectivamente. Sin embargo, la aceptabilidad de las galletas del presente estudio fue superior en el caso de las galletas de almidón de maíz con inclusión de 30 por ciento de una mezcla de harina extruida (arroz y frijoles negros enteros), cuya puntuación fue de 5.9. Esta menor aceptabilidad se debe en parte a que esta galleta tuvo una puntuación baja en el atributo de apariencia. Esto concuerda con lo sostenido por Goyat *et al.* (2018), quienes sostienen que la aceptabilidad global es el resultado de una suma de atributos, tales como crujidez, color, textura, gusto y apariencia de la galleta.

#### **4.1.5 Textura sensorial de las galletas**

Con relación a la textura, las galletas de las formulaciones II y IV presentaron similares ( $p>0.05$ ) características típicas de una galleta con adecuada textura, cuyas puntuaciones fueron de 7.1 y 7.4, respectivamente (Anexo IV). Ambos tipos de galleta tuvieron mayores ( $p<0.05$ ) preferencias con respecto a las galletas de las formulaciones III y I, cuyas puntuaciones fueron de 6.7 y 6.1, respectivamente (Figura 7). Asimismo, la mayor puntuación del atributo textura de la galleta que contiene quinua y fibras se debe a la propiedad de la fibra dietaria de retener agua en su estructura (Elleuch *et al.* 2011), haciendo que el producto sea más suave.

Los resultados de la textura sensorial obtenidas en la presente investigación concuerdan con lo reportado por Chopra *et al.* (2018), quienes encontraron texturas con puntuaciones de 7.8 y 7.2 para galletas con 10 y 20 por ciento de inclusión de quinua; sin embargo, fueron menores a lo

reportado por Goyat *et al.* (2018), quienes encontraron una puntuación de 9.1 y 8.4 para inclusiones de 10 y 15 por ciento de quinua y a lo observado por Da Silva *et al.* (2013), cuyas



**Figura7: Textura sensorial de galletas elaboradas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y fibra de endospermo de tara**

I: 100 por ciento harina de trigo. II: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. III: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. IV: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

puntuaciones fueron de 8.5 y 8.2 para inclusiones de 10 y 20 por ciento de quinua. Asimismo, los resultados fueron menores a los de las texturas sensoriales hallados por Godse *et al.* (2020), con un valor de 8.8 puntos para galletas con inclusión de 25 por ciento de harina de quinua y harina de trigo integral; también fueron menores a los reportados por El-Hadily *et al.* (2018), quienes encontraron un puntaje de 9.1 para galletas con inclusión de 15 por ciento de quinua y por Aksoylu *et al.* (2015), quienes determinaron 8 puntos en galletas con 5 por ciento de

inclusión de harina de pepas de uva. Esta mayor puntuación de textura sensorial en las galletas evaluadas por los diferentes investigadores se debe en parte al mayor porcentaje de participación del ingrediente proteico (leche en polvo, huevo), así como de la harina de quinua. Esta última mejora las características reológicas de las galletas debido al aporte de grasa, que funciona como aglutinante y da mejor textura, de modo que las galletas resultan suaves (Villagómez y Vázquez 2016; Abreu *et al.* 2019).

Los resultados de aceptabilidad global y de textura sensorial de las galletas obtenidos en el presente estudio demuestran la factibilidad de utilizar la quinua, conjuntamente con fuentes de diferentes tipos de fibras (solubles/insolubles) en la industria galletera ya que no ejercen influencia negativa sobre las características sensoriales del producto elaborado (galletas). Estos concuerdan con estudios realizados por diversos investigadores, quienes señalan que la inclusión de quinua, en general, mejora las características reológicas y sensoriales de las galletas siempre y cuando no se sobrepase el 30 por ciento de inclusión. Además, los investigadores indican que la quinua tiene actividad antioxidante y aporta fibra dietaria, compuestos fenólicos, ácidos grasos esenciales, y posee adicionalmente un almidón de baja retrogradación y alta estabilidad al descongelamiento, así como un alto valor nutricional. Cabe resaltar que la quinua es un alimento vegetal de excelencia por su contenido y calidad de nutrientes, apropiada para personas alérgicas al gluten de trigo, lo cual hace de la quinua un sustituto del trigo tanto nutritivo como funcional (Chopra *et al.* 2018; Goyat *et al.* 2018; Godse *et al.* 2020).

Por otro lado, actualmente existe tendencia a la producción de galletas funcionales, razón por la cual la fibra dietaria es un ingrediente ideal para reemplazar insumos en productos horneados, debido a su bajo aporte de energía y a otros beneficios que la fibra proporciona a la salud del consumidor. Así, Enbuena (2015), al reemplazar la grasa por fibra (metilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa y metilcelulosa supergelificante) en fórmulas de galleta, encontró que las galletas con celulosa fueron más aceptadas por los consumidores que las galletas control y, además, más saludables, ya que contenían aproximadamente 40 por ciento menos grasa que las galletas control. Esto, a su vez, concordó con lo determinado por Barboza-Martin *et al.* (2018), quienes al reemplazar el azúcar por estevia en galletas, obtuvieron una buena aceptación y un menor contenido de energía. Asimismo, Laguna *et al.* (2013) al reemplazar el 15 por ciento

del contenido de grasa por fibra dietaria (inulina e hidroxipropilmetilcelulosa) en las formulaciones de galletas, encontraron que la aceptabilidad se mantenía y aumentaba la textura crujiente de las galletas.

Es importante mencionar que diversos autores señalan que un producto debe tener una puntuación sensorial de al menos 7 (Hobbs *et al.* 2014) para ser lanzado al mercado. Por su parte, Monteiro (1984) citado por Bick *et al.* (2014), indica que un producto debe tener un índice de aceptabilidad igual o mayor al 70 por ciento para ser bien aceptado. En la presente investigación, el índice de aceptabilidad determinado para las galletas con quinua y quinua más fibra es de 64 y 61 por ciento, respectivamente, valor cercano al recomendado.

## **4.2 ETAPA II: EVALUACIÓN BIOLÓGICA CON RATAS HOLTZMAN**

Los animales de laboratorio son definidos como “cualquier especie animal que se mantiene bajo condiciones determinadas y se utiliza con fines científicos”. El uso de roedores constituye el modelo más utilizado, porque poseen características morfo-fisiológicas de importancia en medicina comparada, lo cual permite simular las enfermedades humanas y a su vez establecer los síntomas, las causas, y las posibles intervenciones terapéuticas (Panchal y Brown 2011). En estudios nutricionales, generalmente se utilizan roedores, por ser resistentes, a algunas enfermedades infecciosas y por su analogía fisiológica con la especie humana.

### **4.2.1 Balance de nitrógeno, digestibilidad y valor biológico aparente**

Los resultados del balance de nitrógeno, digestibilidad y valor biológico aparente obtenidos se muestran en el Tabla 12. Se observa que la digestibilidad aparente presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, mientras que los parámetros de balance de nitrógeno y valor biológico no fueron afectados ( $p > 0.05$ ) por los tratamientos dietarios (Anexo V). características de la ingesta y condición fisiológica del organismo. El BN no presenta diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento T4 y tratamiento T2 presentan valores numéricos mayores respecto a los tratamientos T1 y T3. Estos

**Tabla 12. Digestibilidad aparente, balance de nitrógeno y valor biológico de galletas que contienen harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de *Agave americano* y fibra del endospermo de semilla de tara**

<b>Tratamiento*</b>	<b>Digestibilidad Aparente (Porcentaje)</b>	<b>Balance de Nitrógeno (Porcentaje)</b>	<b>Valor Biológico (Porcentaje)</b>
T1	75.14 <sup>ab</sup> ± 2.45	0.41 <sup>a</sup> ± 0.02	57.50 <sup>a</sup> ± 3.27
T2	80.16 <sup>a</sup> ± 1.86	0.44 <sup>a</sup> ± 0.07	62.12 <sup>a</sup> ± 4.07
T3	72.35 <sup>b</sup> ± 4.99	0.34 <sup>a</sup> ± 0.08	56.07 <sup>a</sup> ± 4.25
T4	76.53 <sup>ab</sup> ± 3.05	0.46 <sup>a</sup> ± 0.06	60.69 <sup>a</sup> ± 2.92

\* T1: 100 por ciento harina de trigo. T2: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. T3: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americano* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. T4: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americano* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

<sup>a,b</sup> Superíndices diferentes dentro de una columna indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

El balance de nitrógeno (BN) es un término utilizado para describir la relación entre la ingesta y la excreción del nitrógeno en un individuo. Este balance puede ser positivo o negativo, según las características de la ingesta y condición fisiológica del organismo. El BN no presenta diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento T4 y tratamiento T2 presentan valores numéricos mayores respecto a los tratamientos T1 y T3. Estos resultados demuestran que las dietas correspondientes a los tratamientos T2, T3 y T4, es decir, las dietas con la inclusión de las harinas de galletas elaboradas con sustitución de quinua, con sustitución de fibras (FSEST y FIHAA) y con la combinación de ambas, no han producido efectos adversos en los animales de experimentación, respecto al grupo control (T1); en general, el BN fue positivo. Este resultados concuerda con lo reportado por Okpala y Okoli (2011), quienes tampoco encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para el BN, cuyos respectivos valores fueron de 0.83 (dieta a base de harina de galletas elaborada incluyendo 100 por ciento de frejol de palo (*Cajanus cajan*)), 0.85 (dieta a base de harina de galletas con inclusión de 50 por ciento de frejol de palo (*Cajanus cajan*) y 50 por ciento del tubérculo conocido como “uncucha” en Perú (*Xanthosoma sagittifolium L.*)), 0.68 (dieta a base de harina de galletas con inclusión de 66.6 por ciento de frejol de palo, 16.7 por ciento de uncucha y 16.7 por ciento de sorgo (*Sorghum vulgare*)), 0.64 (dieta a base harina de galletas con inclusión de 50 por ciento de frejol de palo y 50 por ciento de sorgo) y 0.85 (dieta control a base de caseína).

Los valores reportados por los autores antes señalados son mayores a los obtenidos en la presente investigación (0.46), esto se debe a que ellos incluyeron una leguminosa (*Cajanus cajan*) en la fórmula de sus galletas, ingrediente que se caracteriza por tener niveles altos de proteína. Cabe mencionar que el balance de nitrógeno positivo es un indicador que se asocia con un animal en crecimiento y con ganancia de masa muscular. Por otro lado, en animales adultos, un BN positivo es un indicador de un buen estado de salud (Todd *et al.* 1984).

La digestibilidad aparente del grupo T2 (80.16 por ciento) es mayor ( $p<0.05$ ) respecto al del grupo T3 (72.35 por ciento) mientras que en de los grupos T1 y T4 fueron similares ( $p>0.05$ ) (Anexo V). Asimismo, se aprecia que los tratamientos que incluían harina de galleta con quinua

Altiplano cocida (T2 y T4) han mostrado mayor digestibilidad respecto al tratamiento control (T1) y al tratamiento que solo incluye fibras (T3), lo cual demuestra que la quinua mejora el contenido de proteínas de la mezcla de la dieta. A nivel digestivo, se dará mayor absorción de los aminoácidos en el tratamiento T1, ya que no incluye fibras dietarias, las cuales en cierto modo disminuyen la digestión y absorción de nutrientes (García 2004).

Como se puede observar en el Tabla 12, hay una variación en los valores obtenidos en la digestibilidad aparente. La menor digestibilidad aparente corresponde al T3 (72.35 por ciento), que incluye harina de galletas con fibras (FSEST y FIHAA), donde la presencia de fibras solubles genera una digesta más viscosa, lo cual reduce el contacto de los nutrientes -en este caso de la proteína- con las enzimas que realizan su digestión. Asimismo, reduce el contacto de los productos de digestión -en este caso los aminoácidos- con la mucosa intestinal, con lo cual se ralentiza su absorción. Esto dará lugar a una menor absorción de los nutrientes, afectando la digestibilidad aparente de la proteína y otros componentes de la dieta (Valencia y Roman 2004). Paralelamente, la fibra insoluble hace que el contenido digestivo sea más voluminoso y a su vez disminuye el tiempo de permanencia de la digesta en el tracto digestivo y acelera su expulsión (Perry y Ying, 2016). Esto concuerda con lo indicado por Canett *et al.* (2004), quienes encontraron una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) de la digestibilidad aparente de la proteína en ratas (de 66.0 a 62.94 por ciento) al suministrar dietas que incluían harina de galletas con sustitución de 5 y 10 por ciento de harina de trigo por orujo de uva, siendo estos valores menores a lo determinado para el T3 (72.35 por ciento) en el presente estudio.

El tratamiento T3 presenta menor ( $p < 0.05$ ) digestibilidad aparente respecto al tratamiento T2 (que no incluye fibras) lo cual implica que la dieta con fibra disminuye la digestibilidad (Cuadro 12). Este resultado coincide con los reportados por otros autores. Así, Jorgensen *et al.* (2003), encontraron que la digestibilidad aparente de la proteína disminuyó de un 82.2 por ciento (en dietas bajas en fibra) a un 71.3 por ciento (en dietas altas en fibra), debido a la mayor concentración de fibra en la dieta, lo que dio lugar a un incremento de la excreción del nitrógeno fecal en ratas. También concuerda con lo determinado por Shah *et al.* (1982), que al suministrar a ratas una dieta control a base de caseína al 10 por ciento obtuvieron 92.3 por ciento de digestibilidad y en dietas con caseína y diferentes fuentes de fibra dietaria a niveles de 5 a 20

por ciento obtuvieron digestibilidades de 88.7 a 81.9 por ciento para las dietas con celulosa, 86.3 a 79.1 por ciento para las dietas con pectina, 89.5 a 84.8 por ciento para las dietas con lignina, 81.4 a 63.3 por ciento para las dietas con goma guar y 89 a 77 por ciento para las dietas con salvado de trigo. En todas las dietas que incluían fibra dietaria se encontró una disminución de la digestibilidad aparente a medida que se incrementaba la inclusión de fibra dietaria. Asimismo, los resultados del presente trabajo coinciden con los de Falcon y Barrón (2016), quienes - respecto al valor de referencia de caseína en ratas- hallaron menores valores de digestibilidad en dietas con caseína, en las que se incluyó un 5 por ciento de diferentes fuentes de fibra dietaria, tales como celulosa, salvado de trigo, pulpa de naranja y almidón resistente.

La digestibilidad del T2 (con harina de galletas elaboradas con 15 por ciento de inclusión de quinua Altiplano cocida) es de 80.16 por ciento, similar a lo determinado por Mahoney *et al.* (1975), cuyo valor de digestibilidad fue de 80 por ciento para dietas que contenían harina de quinua cocida y harina de pan con sustitución de 20 por ciento de harina de quinua. Pero la digestibilidad es ligeramente mayor al valor determinado por Elguera (2017), quien encontró un valor de 75.55 por ciento para la quinua precocida en ratas. Igualmente, es ligeramente mayor a la digestibilidad determinada por Cabal *et al.* (2014), quienes obtuvieron valores de 74.258 y 74.336 por ciento para dietas a base de galletas en las que se sustituyó la harina de trigo en un 30 y un 35 por ciento por una mezcla compuesta por 15 de frijol y 15 por ciento de yuca y otra por 20 de frijol 15 por ciento de yuca, respectivamente.

En investigaciones realizadas en humanos, Kaneko *et al.* (1986) suministraron dietas con un nivel bajo y un nivel alto de fibra dietaria, para un nivel adecuado en proteína y encontraron valores de digestibilidad aparente de 90.2 y 81.2 por ciento, respectivamente. Sin embargo, al aplicar una dieta con un alto nivel de fibra y bajo nivel de proteína, la digestibilidad de la proteína disminuyó marcadamente a un 55.5 por ciento. En consecuencia, la fibra dietaria puede disminuir la digestibilidad de la proteína, así como la de otros nutrientes (Savon 2002). Por su parte, López de Romaña *et al.* (1981) suministraron a niños tres dietas diferentes que contenían caseína, harina de quinua y quinua perlada, encontrando mayores valores de digestibilidad de la proteína ( $p < 0.05$ ) para la dieta con caseína, respecto a las dietas con harina de quinua y quinua perlada, con porcentajes de 83, 69.9 y 66.6 por ciento, respectivamente. Estos últimos valores

(69.9 y 66.6) son menores respecto al T2 (80.16 por ciento) obtenido en el presente estudio, diferencia que podría deberse en parte a que en el presente estudio se usó quinua cocida y se experimentó con animales y no con humanos.

Respecto al valor biológico aparente (VB), no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p>0.05$ ); sin embargo, los tratamientos T2 y T4 presentaron un mayor valor biológico numérico respecto a los tratamientos T1 y T3 (Tabla 12). Estos resultados demuestran que la quinua Altiplano cocida aumenta el valor biológico de la proteína, cuyos valores son de 62.12 para el T2 y 60.69 por ciento para el T4 en comparación al tratamiento que incluye solo fibras T3 (56.07) y T1 a base de harina de trigo (57.50 por ciento) y, además, se preserva el valor nutritivo de la proteína contenida en la quinua, a pesar del proceso de transformación al que fue sometida para la obtención de la galleta.

Los valores biológicos de los cuatro tratamientos de la presente investigación oscilan entre 56.07 y 62.12 por ciento. Los valores más elevados de VB corresponden a los tratamientos T2 y T4 (Tabla 12), los cuales contienen quinua en su formulación, insumo de alta calidad proteica. El-Hadidy *et al.* (2018), encontraron valores biológicos de 76.57, 77.16 y 77.93 por ciento, respectivamente, para dietas que contenían harina de galletas, en las cuales se sustituyó la harina de trigo por un 10, 15 y 20 por ciento de harina de quinua y se completó cada formulación con un 25 por ciento de harina de cebada integral y un 1 por ciento de harina de zanahoria, frente a la dieta control a base de harina de galleta elaborada con harina trigo, con un VB de 74.38 por ciento, los cuales fueron mayores a los hallados en el presente estudio. La diferencia podría deberse a que la formulación de las galletas de El-Hadidy *et al.* (2018) contenía huevo (24 por ciento) como fuente proteica; además, las dietas del presente estudio incluían diferentes fuentes de fibra dietaria, la cual podría haber disminuido la absorción de los nutrientes, resultando en una mayor pérdida de nitrógeno fecal.

En una investigación anterior, Okpala y Okoli (2011) no hallaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) para el valor biológico y encontraron un VB de 89.84 por ciento para la dieta control, de 91.84 por ciento para la dieta con harina de galletas que incluía 100 por ciento de *Cajanus cajan*, de 86.88 por ciento para la dieta con harina galletas con 50 por ciento de

*Cajanus cajan* y 50 por ciento de *Xanthosoma sagittifolium* L., de 95.54 por ciento para la dieta con harina de galletas con 66.6 por ciento de *Cajanus cajan*, 16.7 por ciento de *Xanthosoma sagittifolium* L. y 16.7 por ciento de *Sorghum vulgare* y, finalmente, un VB de 88.53 por ciento para galletas con 50 por ciento de *Cajanus cajan* y 50 por ciento de *Sorghum vulgare*. Los mayores valores de VB reportados por Okpala y Okoli (2011) respecto a los encontrados en el presente estudio, se debería a que las ratas utilizadas por estos investigadores fueron solo machos adultos y sus dietas incluyeron la leguminosa *Cajanus cajan*, huevo y nuez moscada, ingredientes que incrementaron el nivel de proteína, propiciando un mejor perfil de aminoácidos, la cual favorece un mejor metabolismo del nitrógeno por los animales experimentales.

Por otro lado, López de Romaña *et al.* (1981), suministraron a niños de entre 10 y 18 meses dietas de harina de quinua, de quinua perlada y una dieta control de caseína y no encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en valor biológico (50.7, 43.4 y 45.8 por ciento, respectivamente). En estudios con animales experimentales, Ranhotra *et al.* (1993) encontraron un VB de 77.18 por ciento para las dietas con quinua y 76.15 por ciento en dieta con caseína. Igualmente, Nasir *et al.* (2015) encontraron en ratas un valor biológico para 5 accesiones de quinua entre 79.15 y 81.74 por ciento. Como se aprecia en las investigaciones basadas en quinua y caseína, la calidad de la quinua es similar a la calidad de la caseína de la leche. En la presente investigación, los valores biológicos de los tratamientos T2 (62.12) y T4 (60.69) se encuentran entre los valores de los autores antes citados (Romaña *et al.* 1981). Como se puede observar, estas dietas con quinua son de buena calidad nutricional, dado que la proporción de aminoácidos esenciales de la quinua es en gran parte adecuada para infantes, mientras que para adultos la quinua cubre todos los requerimientos aminoacídicos (FAO 2007). Este atributo hace que la quinua se realce en su calidad nutricional respecto a los demás cereales conocidos. Asimismo, Vargas *et al.* (2019) afirman que el contenido de sus carbohidratos está aproximadamente en un 70 por ciento en forma de almidón, el cual es la fuente principal de energía fisiológica.

#### 4.2.2 Determinación de perfil bioquímico

Los tratamientos dietarios no tuvieron influencia significativa ( $p > 0.05$ ) sobre los niveles de glucosa, colesterol total y HDL (Tabla 13), pero mostraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) sobre los niveles de triglicéridos (Anexo VI). Sin embargo, al comparar los valores obtenidos con los establecidos para ratas machos de similar edad, se puede afirmar que los niveles determinados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los autores (Ihedioha *et al.* (2013) y León *et al.* (2011), consignados en la misma Tabla 13.

Los resultados de la glucosa se encuentran entre 77.60 y 91.20 mg/dL, donde el T4 y el T3 presentan los menores valores de glucosa (77.60 y 78.4 mg/dL, respectivamente). Estos resultados se deben a la presencia de los insumos que proveen fibra soluble e insoluble en ambas dietas, lo cual concuerda con lo reportado por Butt *et al.* (2011), quienes encontraron valores estadísticamente menores de glucosa (96.1 mg/dL) en el grupo de ratas que consumieron la dieta a base de chapatíes con sustitución de fibra dietaria proveniente de la goma guar (1 por ciento) y garbanzo (5 por ciento), respecto a los demás grupos, cuyos valores de glucosa fueron de 99.41 mg/dL para la dieta con 3 por ciento de goma guar, 101.7 mg/dL para el grupo con 2 por ciento de goma guar y 112.5 mg/dL para el control a base de harina de trigo. Asimismo, Lemecha *et al.* (2018), quienes experimentaron con cereal Teff con alta concentración de FDT, encontraron una disminución de la concentración de glucosa en ratones en el suero posprandial.

Del mismo modo, Lu *et al.* (2000) observaron que la fibra dietaria soluble (arabinosilano), disminuye la concentración de glucosa en el suero posprandial de individuos sanos y de aquellos con diabetes mellitus. Igualmente, Frias y Sgarbieri (1998 a) una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) de las concentraciones de glucosa en suero sanguíneo de ratas diabéticas al suministrar dietas que contenían 20 goma guar y 10 por ciento goma guar, en comparación a los de ratas bajo una dieta control. Los valores de glucosa fueron de 150, 200 y 350 mg/dL, respectivamente, y se observó una reducción del 57 por ciento en el nivel glucosa en el grupo que consumió el 20 por ciento de goma guar y de 43 por ciento en el grupo que consumió 10 por ciento de goma guar. La disminución de la glucosa se debería a la presencia de la fibra dietaria, que responde al aumento de la viscosidad de la digesta en el intestino delgado, el cual

**Tabla 13. Perfil bioquímico de ratas alimentadas con galletas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y fibra de endospermo de semilla de tara**

Tratamiento*	Perfil bioquímico (mg/dl)			
	Glucosa	Colesterol Total	Triglicéridos	HDL
T1	91.20 <sup>a</sup> ±13.50	120.60 <sup>a</sup> ±4.80	47.80 <sup>a</sup> ± 2.80	64.00 <sup>a</sup> ± 5.70
T2	85.60 <sup>a</sup> ±13.28	117.40 <sup>a</sup> ±15.31	44.60 <sup>b</sup> ±0.55	65.20 <sup>a</sup> ± 6.90
T3	78.40 <sup>a</sup> ±10.55	110.00 <sup>a</sup> ±6.04	44.20 <sup>b</sup> ±1.74	66.00 <sup>a</sup> ±6.04
T4	77.60 <sup>a</sup> ±12.42	109.20 <sup>a</sup> ±9.45	44.40 <sup>b</sup> ±1.34	67.40 <sup>a</sup> ± 7.83
Valores establecidos**	43.0 – 152.7 <sup>Leon</sup>	121.9 – 190.5 <sup>Ihed</sup>	86.5 – 172.9 <sup>Ihed</sup>	40.0 – 68.3 <sup>Ihed</sup>

\* T1: 100 por ciento harina de trigo. T2: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. T3: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. T4: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

<sup>a,b,c</sup> : Superíndices diferentes dentro de una columna indican diferencias estadísticas (p<0.05).

\*\* FUENTE: Ihedioha *et al.* (2013), León *et al.* (2011).

retarda la difusión de la glucosa hacia el borde ciliado de la mucosa intestinal. La unión de la glucosa a la fibra dietaria ( $\beta$ -1-4 glucosídico) limitaría la acción de la  $\alpha$ -amilasa sobre este tipo de carbohidrato (Valencia y Roman 2004).

En el Tabla 13, también se puede observar que el tratamiento T2 presenta una menor concentración de glucosa (85.6 mg/dL) respecto al tratamiento T1 (91.2 mg/dL). Asimismo, el tratamiento T4 presenta 77.60 mg/dL de glucosa mientras que el tratamiento T3 tiene 78.4 mg/dL, a pesar de que ambos tienen igual nivel de fibra dietaria. Esto concuerda con Mithila y Khanum (2015), quienes alimentaron ratas con una dieta control, una dieta con quinua y otra con amaranto, encontrando una disminución significativa de la glucosa posprandial para la dieta con amaranto y la dieta con quinua respecto al control, hallando valores de 105.5, 117 y 121mg/dl de glucosa, respectivamente.

Los resultados de los niveles de colesterol se indican en la Tabla 13, y estos se encuentran en el rango de 109.2 y 120.6 mg/dL, donde los menores valores corresponden a los tratamientos T4 (109.2 mg/dL) y T3 (110.0 mg/dL). Los niveles de colesterol total encontrados en el presente estudio son menores a los valores reportados por Ihedioha *et al.* (2013), que van de 121.9 a 190.5 mg/dl. En la presente investigación, el tratamiento control tiene un valor de 120.6 mg/dL de colesterol, valor que disminuye en los tratamientos que contienen fibra adicional, T3 y T4, cuyos valores son 110.0 y 109.2 mg/dL. Esto concuerda con las investigaciones de Moron *et al.* (2013) quienes encontraron 199.9 mg/dL de colesterol en ratas alimentadas con dietas hipercolesterolemias y 126 mg/dL en ratas que consumieron una dieta con adición de harina de frijol blanco (*Vigna unguiculata*) con cáscara, disminución que representa un 35.01 por ciento, esta reducción del colesterol se estima que está asociada a la inclusión de la fibra dietaria en la dieta. Asimismo, Frias y Sgarbieri (1998 b) encontraron valores de colesterol menores en los grupos que recibieron dietas con inclusión de fibra dietaria en comparación al control. Estos valores fueron de 45 y 42 mg/dL para los grupos que consumieron 10 y 20 por ciento de celulosa, de 30 y 33 mg/dL para el grupo que consumió 10 y 20 por ciento de goma guar y de 50 mg/dL para el control. De igual manera, cuando Frias y Sgarbieri (1998 a) alimentaron a dos grupos de ratas diabéticas con dietas a las que se adicionó goma guar a niveles de 10 y 20

por ciento, encontraron una disminución ( $p < 0,05$ ) significativa del colesterol, con valores de 74 y 76 mg/dL respecto al control (90 mg/dl). Asimismo, Rashad y Moharib (2003) encontraron valores estadísticamente menores de colesterol para las ratas que recibieron la dieta con remolacha azucarera, repollo y verduras, hallando los respectivos valores de 97.26, 80.16 y 80.89 mg/dL respecto al control, cuyo valor fue de 128.40 mg/dL.

La disminución del colesterol sanguíneo por la presencia de la fibra dietaria en las dietas estaría relacionada a dos mecanismos principales. En primer lugar, el efecto de la fibra soluble sobre las sales biliares, que previene la recirculación enterohepática y donde la fibra soluble posee un efecto quelante sobre las sales biliares, que disminuye su reabsorción intestinal, incrementando su excreción fecal; como consecuencia, en el hepatocito se sintetizan nuevas sales biliares a expensas del colesterol, disminuyendo así la concentración de colesterol plasmático (Villaruel *et al.* 2018). En segundo lugar, está el mecanismo de generación de AGCC, donde el acetato y el propionato reducen los niveles séricos de colesterol, en el caso de este último afecta la actividad enzimática de las enzimas acetil-coenzima A sintetasa y hidroximetilglutaril-CoA (HMG-CoA reductasa), las cuales participan en las etapas iniciales de la síntesis de colesterol hepático (García 2004). Asimismo, las bacterias del tipo *lactobacillus* producen la enzima respectiva para liberar el ácido ferúlico que está unido a las paredes celulares de las fibras; una de las funciones del ácido ferúlico (metabolito) es inhibir a la enzima hidroximetilglutaril-CoA reductasa hepática, lo cual generaría la disminución de la síntesis del colesterol (Tomaro-Duchesneau *et al.* 2014).

En el Tabla 13, se puede observar que los tratamientos que contienen quinua reducen el nivel de colesterol, donde se observa un valor de 117.4 mg/dL de colesterol para el tratamiento T2, respecto al control, cuyo valor es de 120.6 mg/dl. Asimismo, los tratamientos T3 y T4 contienen igual cantidad de fibra dietaria y valores de colesterol de 110.0 y 109.2 mg/dl. Estos resultados tienen la misma tendencia determinada por Mithila y Khanum (2015), quienes suministraron a ratas una dieta control y una dieta con quinua y otra con amaranto, encontrando una disminución significativa del colesterol en el plasma de las ratas que consumieron ambos cereales respecto al control. Asimismo, Fotschki *et al.* (2020) encontraron menores valores de colesterol con una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), a favor de las dietas que contenían quinua y trigo sarraceno

frente al control, siendo los valores de 74.24, 80.43 y 108.26 mg/dL, respectivamente. La reducción del colesterol por la presencia de la quinua en la dieta de ratas podría deberse a que la quinua aporta fibra dietaria y fitoesteroles, que son compuestos lipofílicos que tienen similitud estructural con el colesterol y compiten por la absorción intestinal, donde ocurre una interferencia en la solubilización del colesterol en las micelas intestinales y, por tanto, se reduce su absorción (Quilez *et al.* 2003).

Respecto a los niveles de triglicéridos se encontró diferencias significativas a favor del tratamiento T1 ( $p < 0.05$ ), siendo su valor de 47.8 mg/dL en comparación a los otros tratamientos cuyos valores fueron de 44.6, 44.2 y 44.4 mg/dL para los tratamientos T2, T3, T4, respectivamente, los cuales fueron similares ( $p > 0.05$ ).

Se puede observar que los valores de triglicéridos están por debajo del rango (86.5-172.9) reportado por (Ihedioha *et al.* (2013) y por Wolford *et al.* (1986) (168 mg/dL). También se puede observar en la Tabla 13, una menor cantidad de TG (44.2 mg/dL) en el grupo que recibió el tratamiento T3. Asimismo, Moron *et al.* (2013) reportaron una disminución significativa de los triglicéridos en ratas que consumieron una dieta hipercolesterolémica con adición de harina de frejol blanco *Vigna unguiculata* con cáscara, presentando un valor de triglicéridos 38.6 mg/dL en comparación al grupo alimentado con dieta hipercolesterolémica sin adición de frijol (95.6 mg/dL), resultando en una disminución de triglicérido de un 39.48 por ciento. Igualmente, Rashad y Moharib (2003) alimentaron a ratas con dietas de diferentes fuentes de fibra dietaria: nabo, remolacha azucarera, repollo y verduras, y encontraron valores de triglicéridos de 169.94, 132.24, 134.48 y 122.26 mg/dL, respectivamente, las cuales son significativamente menores a lo obtenido en el grupo control (196.90 mg/dL).

Por otro lado, Frias y Sgarbieri (1998b) encontraron niveles más altos de triglicéridos ( $p < 0.05$ ) en el suero sanguíneo de ratas que consumieron una dieta control (46 mg/dL), respecto a las que consumieron dietas con 10 por ciento de celulosa (41 mg/dL), con 20 por ciento de celulosa (40 mg/dL), con 10 por ciento de goma guar (33.5 mg/dL) y con 20 por ciento goma guar (32 mg/dL). Igualmente, en ratas diabéticas alimentadas con dietas que contenían goma guar a

niveles de 10 y 20 por ciento, Frias y Sgarbieri (1998 a) encontraron una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de triglicéridos, cuyos valores fueron de 45 y 48 mg/dL respecto al control (65 mg/dL). Esta disminución podría deberse en parte a la presencia de la fibra dietaria en las dietas, la cual secuestra a los ácidos biliares indispensables para la formación de las micelas, disminuyendo de esta forma la absorción de la fracción lipídica del alimento.

Los tratamientos T2 y T4 que incluyen quinua, presentan valores menores de triglicéridos (44.6 mg/dL y 44.4 mg/dL, respectivamente) respecto al tratamiento T1, cuyo valor es de 47.8 mg/dL, esto podría deberse al aporte de fibra dietaria y a los ácidos grasos poliinsaturados de la quinua, los cuales van a favorecer la reducción de los TG. Asimismo, López (2011) observó que el consumo de una dieta conteniendo harina de quinua germinada redujo eficazmente los niveles de triglicéridos, hallando un valor de 97.63 mg/dL respecto al control (137.24 mg/dl). Por su parte, Gewehr *et al.* (2016) encontraron un bajo nivel de TG (36.91 mg/dL) en ratas que consumieron la dieta que incluía pan con 15 por ciento de quinua, respecto a la dieta control a base de harina trigo (67.66 mg/dL). Del mismo modo, Farinazzi-Machado *et al.* (2012) encontraron una reducción significativa en los niveles de triglicéridos, así como en los niveles de colesterol al suministrar a estudiantes - durante 30 días - dos barras de cereales a base de quinua. Igualmente, Fotschki *et al.* (2020) encontraron una reducción significativa ( $p > 0.05$ ) en los valores de triglicéridos en grupos que consumieron las dietas que contenían quinua (122.12 mg/dL) y trigo sarraceno (148.67 mg/dL), frente al control (279.75 mg/dL). La disminución de triglicéridos se debe, en parte, a la composición de ácidos grasos polinsaturados de la quinua, los cuales, por un lado, tienen efecto sobre la inhibición de las enzimas lipogénicas y, por otro lado, activan a los receptores proliferadores de peroxisoma (PPARs), que estimulan la expresión génica de enzimas lipolíticas, para dar lugar a la  $\beta$ -oxidación, disminuyendo de esta forma la síntesis de grasas (Rodríguez-Cruz *et al.* 2005).

Los resultados de los niveles de HDL sanguíneo se muestran en la Tabla 13, y los valores se encuentran en el rango de 64 y 67.4 mg/dL. El grupo que consumió el tratamiento T3 tuvo un valor de 66.0 mg/dL y mientras los que consumieron el tratamiento T4, el valor de 67.4 mg/dL. En ambos casos se presenta un incremento del HDL respecto al tratamiento T1 o control (64.0 mg/dL).

Los resultados de HDL hallados en el presente estudio son mayores valores para dietas con fibra y concuerdan con las investigaciones realizadas por Morón *et al.* (2013), quienes observaron un aumento de HDL en ratas que consumieron una dieta hipercolesterolémica con adición de frejol blanco (*Vigna unguiculata*) con cáscara (27.8 mg/dL), respecto a una dieta control (21 mg/dL). Igualmente, Machado *et al.* (2014) encontraron un incremento de HDL (30.60 mg/dL) en ratas a las que se suministró dietas conteniendo 50 por ciento de quinua cruda y en dietas con quinua tostada (29.60 mg/dL), frente al control (24.90 mg/dL). De igual manera, Fotschki *et al.* (2020) encontraron valores de HDL numéricamente mayores (34.56 y 33.21mg/dL) en ratas que consumieron dietas con quinua y trigo sarraceno, frente al control (27.61 mg/dL). En sus investigaciones, Rashad y Moharib (2003) no encontraron diferencias estadísticas en los valores reportados de HDL, pero sí determinaron una tendencia de incremento de HDL en dietas con repollo (27.72 mg/dL) y dietas de verduras (28.34 mg/dL), respecto al control (25.96 mg/dL). Del mismo modo, Ichim *et al.* (2016) suministraron dietas con probióticos a ratones, encontrando un incremento significativo de HDL de 82.98 mg/Dl, respecto al control (64.27 mg/dL).

El incremento en niveles de HDL estaría relacionado al aporte de la fibra dietaria en las dietas, la cual beneficia el crecimiento de la microbiota intestinal, que a su vez produce AGCC. Estos influyen de forma positiva en las funciones de los colonocitos a nivel local (diferenciación, producción de neuropéptidos, de mucus, incremento de la inmunidad, etc.), favoreciendo la síntesis de HDL, que se inicia con la síntesis de la proteína apoA-I en el intestino y en el hígado (Carbajal 2014). El HDL sintetizado realiza al transporte reverso del colesterol (TRC) de los tejidos periféricos hacia el hígado para su catabolismo y excreción (Jomard y Osto 2020), mecanismo que es también influenciado por los ácidos grasos poliinsaturados de la quinua (Tang y Tsao 2017), por lo cual se considera al HDL como factor antiaterogénico.

#### **4.2.3 Peroxidación lipídica del tejido hepático e intestino delgado**

Los resultados del parámetro de peroxidación lipídica del hígado y del yeyuno del intestino delgado fueron determinados mediante el análisis de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), y se presentan en el Tabla 14, donde se aprecia que existen diferencias estadísticas

**Tabla 14. Peroxidación lipídica del hígado e intestino delgado de ratas alimentadas con galletas con harina de quinua Altiplano cocida, fibra de harina de hojas de *Agave americana* y fibra del endospermo de semilla de tara**

Tratamiento*	Hígado	Intestino delgado
	TBARS (nmol MDA/g tejido)	TBARS (nmol MDA/g tejido)
T <sub>1</sub>	8.54 <sup>a</sup> ± 0.91	11.14 <sup>a</sup> ± 0.80
T <sub>2</sub>	2.41 <sup>b</sup> ± 1.36	4.64 <sup>b</sup> ± 1.11
T <sub>3</sub>	2.34 <sup>b</sup> ± 0.80	4.03 <sup>b</sup> ± 0.17
T <sub>4</sub>	1.15 <sup>b</sup> ± 0.44	2.29 <sup>c</sup> ± 0.34

\* T1: 100 por ciento harina de trigo. T2: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida. T3: 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara. T4: 15 por ciento, harina de quinua Altiplano cocida, 2.85 por ciento, fibra insoluble de hojas *Agave americana* y 2.85 por ciento, fibra soluble de endospermo de semilla de tara.

<sup>a,b,c</sup>: Superíndices diferentes dentro de una columna indican diferencias estadísticas (p<0.05).

significativas (p<0.05) entre los tratamientos (Anexo VII). En cuanto al hígado, se observa que el tratamiento T2, T3 y T4 no muestran diferencias estadísticas (p >0.05) entre sí, pero expresan una mayor protección en la peroxidación lipídica estadísticamente significativa (p<0.05) en comparación al tratamiento T1 o control.

Por otro lado, en cuanto al intestino delgado, el tratamiento T1 muestra menor protección a la peroxidación lipídica respecto a los demás tratamientos. No obstante, los tratamientos T2 y T3 tienen similar protección ante la peroxidación lipídica, pero menor protección (p<0.05) que el tratamiento T4 (Tabla 14, Anexo VII). Por ello podemos deducir que las ratas que consumieron los tratamientos T2, T3 y T4, tuvieron una mayor protección a la peroxidación lipídica, lo que indica que el consumo de estos alimentos funcionales (quinua y fibras) da lugar a un mayor consumo de compuestos bioactivos en comparación al grupo control.

Los tratamientos T2 y T4, que incluyen quinua, muestran efectos benéficos tanto en el hígado como en el intestino respecto a la peroxidación lipídica, esto es debido a que la quinua es un alimento funcional (Repo-Carrasco-Valencia *et al.* 2010) que se caracteriza por contener compuestos fenólicos y fitoesteroles que tienen propiedad antioxidante. La cual van a contrarrestar la acción de las sustancias reactivas de oxígeno o nitrógeno, que causan daño a los lípidos de las membranas, en los grupos sulfidrilos de proteínas y en los ácidos nucleicos (Martin 2018). El tratamiento T4 mostró mayor efecto antioxidante contra la peroxidación lipídica, efecto que se potencia por la participación de la fibra dietaria que favoreció el crecimiento de la microbiota comensal, cuyas enzimas degradan la matriz de la pared celular. El cual hace bioaccesibles a los compuestos fenólicos ligados, los cuales tienen efecto a nivel colónico, así como actividad biológica a nivel del hígado y otros tejidos (Gasaly *et al.* 2020).

En la presente investigación, la mejor respuesta de las dietas con fibra y quinua sobre la peroxidación lipídica a nivel intestinal y hepático se debe al efecto de la fibra, que tiene un papel preponderante en el impacto positivo de la microbiota sobre el incremento de la bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos. Esto concuerda con los resultados de Ali (2019), quien encontró que dietas suplementadas con 5, 10 y 15 por ciento de quinua y 0.1 por ciento de nicotina mostraron menor peroxidación lipídica que la dieta control. El mencionado autor cuantificó la peroxidación a través de la concentración de malondialdehído, hallando los valores respectivos de 48.39, 54.20 y 69.33 nmol/g, frente al control, cuyo valor fue del 88.76 nmol/g de tejido. Asimismo, Pasko *et al.* (2010) encontraron una disminución significativa de la peroxidación lipídica en plasma de ratas alimentadas con una dieta a base de quinua y otra de quinua más 1 por ciento de fructosa en comparación a una dieta control de caseína más 1 por ciento de fructosa, hallando valores de 85.9, 53.2 y 157 mmol/g, respectivamente. Estos resultados demuestran que el contenido de compuestos fenólicos y fitoesteroles de la quinua cumple un rol antioxidante a nivel celular, siendo el aporte de fibra dietaria beneficioso para la salud, tal como se encontró en el presente trabajo de investigación.

La cantidad de compuestos bioactivos de la quinua y otros alimentos varía según su ecotipo, ubicación geográfica, fertilización, condiciones ambientales (temperatura, radiación, horas luz) y sistema de cultivo (Abderrahim *et al.* 2015). Asimismo, la bioaccesibilidad de los compuestos

fenólicos varía, según estén estos libres o ligados a la matriz de la pared celular de los alimentos, influyendo, además, el tipo de enlace glucosídico, la interacción con otros nutrientes de la dieta, el tiempo de tránsito en el tracto digestivo, la microbiota, el procesamiento y los mecanismos de absorción (D'Archivio *et al.* 2010). Por otro lado, su biodisponibilidad estaría influenciada por el metabolismo a nivel del enterocito, las reacciones de conjugación a nivel hepático, el metabolismo en sí y el estado fisiológico del organismo (Catalkaya *et al.* 2020).

En la presente investigación se aprecia el efecto antioxidante de los compuestos fenólicos sobre la peroxidación lipídica, tanto del hígado como del intestino, no teniendo el procesamiento de la galleta efecto alguno sobre los compuestos fenólicos; es así que su actividad biológica se vio favorecida por la participación de la fibra dietaria, la cual beneficia el crecimiento de la microbiota comensal, cuyo metabolismo incrementa la accesibilidad de los polifenoles y su transformación a compuestos simples potencialmente bioactivos, los cuales tendrán lugar de acción a nivel del colonocito, así como a nivel del hígado y de otros órganos, donde tendrán acción bioactiva en beneficio de la salud del consumidor.

## IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevaron el presente estudio se concluye:

1. Galletas elaboradas con inclusión de quinua (Formulación II) y quinua más fibras dietarias (Formulación IV) obtuvieron mayor aceptabilidad global en comparación a las otras formulaciones; asimismo, galletas con quinua, fibras dietarias y la combinación de quinua más fibras en su formulación, presentaron una mejor textura sensorial.
2. Las galletas con quinua, fibras dietarias y la combinación de quinua más fibras en su formulación, presentaron mayor concentración de fibra cruda como de fibra dietaria.
3. Tanto el balance de nitrógeno como el valor biológico no fueron influenciados por los tratamientos dietarios; sin embargo, la digestibilidad aparente del Tratamiento 2 fue mayor ( $p < 0.05$ ) que el del Tratamiento 3.
4. Con excepción de los triglicéridos, los niveles de glucosa, colesterol total y lipoproteína de alta densidad (HDL) sanguíneo no fueron influenciados significativamente ( $p > 0.05$ ) por los tratamientos dietarios. El nivel más alto de triglicérido sanguíneo se observó ( $p < 0.05$ ) en animales que recibieron el Tratamiento 1 (Dieta Control).
5. Los tratamientos dietarios tuvieron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el valor del MDA, tanto en tejido hepático como intestinal en comparación al tratamiento control.

## **V. RECOMENDACIONES**

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

1. Evaluar mayores niveles de inclusión de quinua y fibras en la elaboración de galletas.
2. Cuantificar el efecto del tipo de fibra sobre la producción de ácidos grasos de cadena corta, así como el tipo de microorganismos en el colon de ratas alimentadas con dietas conteniendo diferentes proporciones de quinua y fibras (solubles / insolubles).
3. Evaluar en humanos los beneficios del consumo de galletas con inclusión de quinua y fibras dietarias respecto a parámetros bioquímicos y somáticos.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 2001. Dietary Fiber Definition Committee Report. The definition of dietary fiber, *Cereal Food World* 46 (3):112-126.
- Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M.C., & Condezo-Hoyos, L. 2015. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*.183:83-90.
- Abugoch James, L. E. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). En *Advances in Food and Nutrition Research*,58,1-31.
- Abreu, J., Quintino, I., Pascoal, G., Postinger, B., Cadena, R., & Teodoro, A. 2019. Antioxidant capacity, phenolic compound content and sensory properties of cookies produced from organic grape peel ( *Vitis labrusca* ) flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1215-1224.
- Aksoylu, Z., Çağindi, Ö., & Köse, E. 2015. Effects of blueberry, grape seed powder and poppy seed incorporation on physicochemical and sensory properties of biscuit: addition of blueberry, grape seed and poppy seed to biscuits. *Journal of Food Quality*, 38(3), 164-174.
- Ali, O.I. 2019. Nutritional value of germinated quinoa seeds and their protective effects on rats' health injected by nicotine. *Egyptian Journal of Food Science*, **47(2)**, 227-241.
- Anderson, E. 1949. Endosperm Mucilages of Legumes. *Industrial & Engineering Chemistry*,41(12), 2887-2890.
- Ando, H., Chen, Y.C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., & Mitsunaga, T. 2002. Food Components in Fractions of Quinoa Seed. *Food Science and Technology Research* 8(1):80-84.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en teoría y la práctica. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 198 p.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International (OMA). AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Avachat, A. M., Dash, R. R., & Shrotriya, S. N. 2011. Recent investigations of plant based natural gums, mucilages and resins in novel drug delivery systems. *Ind J Pharm Edu Res*, 45(1):86-99.

Badui, S. 2006. Química de los Alimentos, Cuarta Edición. Pearson Educación: México, 738p.

Barbosa-Martín, E.E., Franco-Carrillo, K.A., Cabrera-Amaro, D.L., Moguel-Ordoñez, Y.B., y Betancur-Ancona, D.A. 2018. Evaluación de la calidad de galletas reducidas en calorías endulzadas con hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni, *Interciencia*, 43(1), 17-22.

Basso, L., Picallo A., Coste B., Pereyra A.M., & Cossu, M.E. 2009. Evaluación sensorial de carne porcina: sistemas de producción y castración inmunológica. *Sitio Argentino de Producción Animal. Veterinaria Cuyana*. 4,(1y2): 92-98.

Bassinello, P.Z; Freitas, D; Ascheri, J.L., Takeiti, C.Y., Carvalho, R.N., Koakuzu, S.N., & Carvalho, A.V. 2011. Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science* 1:1645-1652.

Bazán-Aliaga, G., Gabrielli-González, R., Acosta-Chinchayhuara, D., & Rojas, J. 2015. Galletas de buena aceptabilidad a base de harina de arroz (*oriza sativa*) y harina de papa (*Solanum tuberosum*) var. parda pastosa. *Agroindustrial science*, 5, (1):69-75.

Béhar M. y Bressami, R. 1970. Recursos proteínicos en América Latina. Memorias de una conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala. 33p.

Bernuy Osorio, N.D. 2018. Influencia del consumo de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en tejido adiposo e histomorfometría intestinal en ratas obesas. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Bick, A., Fogaca, A., & Storck, R. 2014. Biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinua em substituição parcial à farinha de trigo. *Brazilian journal of food technology* 17(2):121-129.

Bilbao, C. 2009. Investigación y desarrollo. Responsable del Laboratorio de panificación del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. Facultad de Zootecnia. UNALM.

Bonilla, H., López, A., Carbajal, Y., & Siles, M. 2016. Morphometric analysis in «tara» fruits from Yauyos and Ayacucho to identify traits of agromorphological interest. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 157-164.

Bouaziz, A., Masmoudi, M., Kamoun, A., & Besbes, Y. 2014. Optimization of Insoluble and Soluble Fibres Extraction from *Agave americana* L. Using Response Surface Methodology. *Journal of Chemistry*. 2014,1-13.

Buege J. A., Aust S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* 52: 302–10.  
Burkitt, D. P., Walker, A. R. P., & Painter, N. S. (1972). Effect of dietary fibre on stools and transit times, and its role in the causation of disease. *Lancet* II. 300(7792):1408-1411.

Butt, M.S., Shahzadi, N., Rasul, H.A., Sultan, T., & Chohan, M.I.,(2011. Effect of dietary fiber in lowering serum glucose and body weight in sprague dawley rats, *Functional Foods in Health and Disease* 2011; 8:261-278.

Blanco, M. S., Steffolani, M. E., León, A. E., & Ribotta, P. D. 2017. Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1607-1615.

Blanco, M. S., León, A. E., & Ribotta, P. D. 2018. Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability, *Food Chemistry*. 271,309-317.

Bravo, J. J., & Perez, J. A. 2016. Evaluación del grado de sustitución de harina de avena (*Avena sativa*) y harina de hoja de quinua (*Chenopodium quinoa*) para formular una galleta enriquecida. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(2), 96-120.

Bressani, R., Urrutia, L., Elias L.G. 1976. Relación entre el nitrógeno retenido por ratas, determinado por análisis corporal de nitrógeno y por medio de balance nitrogenado: Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 26(4): 449-466.

Brinegar, C. y Goundan.1993. Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41(7):182-185.

Brinegar, C., Sine, B., & Nwokocha, L. 1996. High-cysteine 2S seed storage proteins from quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44(7):1621-1623.

Brito, I.L., de Souza, E.L., Felex, S.S.S., Madruga, M.S., Yamashita, F., Magnani, M.2015. Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology* 52(9):5866-5873.

Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Lima: Ed Jurídica. 644 pp.

Cabal, D. C., Melo, A., Lissbrant, S., Gallego, S., La O Hechavarría, M. de la L., & Tofiño, A. 2014. Galletas con alto valor nutricional basadas en una nueva formulación de mezclas de harinas de fríjol, yuca y trigo, *Agronomía Colombiana*, 32(3), 407-416.

Caipo, Y., Gutiérrez, A., & Julca, A. 2015. Optimization by mixtures design of the acceptability of an energy bar from quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) evaluated in children. *Agroindustrial science*, 5 (1). 61-67.

Canett, R., Ledesma, A.I., Robles, R.M., Rafael Morales, R., León-Martínez, L., & León-Gálvez, R. 2004. Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (1),93-99.

Capuano, E. 2017. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(16), 3543-3564.

Capurro, J; & Huerta, D. 2016. Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), quinua (*Cheropodium quinoa*) y maiz (*Zea mays*). Tesis para obtener el título. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote-Perú.

Carvajal, C. 2014. Lipoproteínas: Metabolismo y lipoproteínas aterogénicas. *Revista de Medicina legal de Costa Rica*, 31(2),88-94.

Cárdenas Gaitán, M.C. 2017. Estudio del efecto de las condiciones de las etapas de esponje y reposo sobre la reología y texturometría de las galletas tipo cracker. Tesis de título. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Cardozo, A., & Tapia, M. 1979. Valor nutritivo (8). La Quinoa y la Kañiwa. Cultivos Andinos. Serie libros y Materiales educativos N°40. Editorial. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Bogotá, Colombia 149-192.

Carpenter, K. J. 1951. *The Relative Nutritional Values of Animal and Vegetable Proteins for Animals. British Journal of Nutrition*, 5(02), 243-249.

CENAN–INS (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición – Instituto Nacional de Salud). 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 7. ed. Lima, Perú, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. 72 p.

CENAN–INS (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición – Instituto Nacional de Salud). 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10. ed. Lima, Perú, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. 146 p.

Catalkaya, G., Venema, K., Lucini, L., Rocchetti, G., Delmas, D., Daglia, M., *et al.* 2020. Interaction of dietary polyphenols and gut microbiota: Microbial metabolism of polyphenols, influence on the gut microbiota, and implications on host health. *Food Frontiers*, 1(2), 109-133.

Cordero-Bueso, G. A. 2013. **El análisis sensorial y el panel de cata.** Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. Ed. Gustavo Cordero-Bueso. Madrid, España. 96p.

Chopra, N., Rani, R., & Singh, A. 2018. Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal* 6(3):798-806.

Chutkan, R., Fahey, G., Wright, W.L., & McRorie, J. 2012. Viscous versus nonviscous soluble fiber supplements: Mechanisms and evidence for fiber-specific health benefits. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners* 24(8):476-487.

CODEX Alimentarius Commission. 2009. Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Appendix II, p. 46. In: *Codex Alimentarius Commission*, ALINORM 09/32/26 Rome, Italy. 83 p.

Craine, E. B., & Murphy, K. M. 2020. Seed Composition and Amino Acid Profiles for Quinoa Grown in Washington State. *Frontiers in Nutrition*, 7, 126.

da Silva Borges, J. T., Pirozi, M., Vidigal, J.G., de Paula, C.D., de Sousa e Silva, N.A. 2013. Utilização de farinha mista de trigo e quinoa na elaboração de bolos, *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 7 (2), 1034-1048.

D'Archivio, M., Filesi, C., Vari, R., Sczzocchio, B., & Masella, R. 2010. Bioavailability of the Polyphenols: Status and Controversies. *Inter. J. Mol. Sc.s*, 11(4), 1321-1342.

Daas, P. J. H., Schols, H. A., & de Jongh, H. H. J. 2000. On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohydrate Research*, 329(3), 609-619.

- De la Cruz Lapa, P. 2004. Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa-Caesalpinia tinctoria*. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica 7(14):64-73.
- De Luis, D., De la Fuente, B., Izaola, O., Conde, R., Gutiérrez, S., Morillo, M., & TebaTorres, C. 2010. Ensayo clínico aleatorizado con una galleta enriquecida en inulina en el patrón de riesgo cardiovascular de pacientes obesos. *Nutrición Hospitalaria* 25(1):53-59.
- Del Castillo, V., Lescano, G., & Armada, M. 2009. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 332-336.
- den Besten, G., van Eunen, K., Groen, A. K., Venema, K., Reijngoud, D.-J., & Bakker, B. M. 2013. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *Journal of Lipid Research*, 54(9), 2325-2340.
- de Souza, C. B., Lima, G. P. P., Borges, C. V., Dias, L. C. G. D., Spoto, M. H. F., Castro, G. R., Corrêa, C. R., & Minatel, I. O. 2019. Development of a functional rice bran cookie rich in  $\gamma$ -oryzanol. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), 1070-1077.
- Dyner, L., Cagnasso, C., Ferreyra, V., Pita, M.L., Apro, A., & Olivera, M. 2016. Contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros. *Acta Bioquím Clín Latinoam*; 50 (3): 435-443.
- Dubin, S., McKee, K., & Battish, S. 1994. Essential amino acid reference profile affects the evaluation of enteral feeding products. *Journal of the American Dietetic Association*, 94(8), 884-887.
- Elquera, M.R. 2017. Evaluación de la digestibilidad biológica de la proteína de germinado de quinua (*Chenopodium quínoa Willd*) precocido, en ratas Hotzman. Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.90p.
- El-Hadidy, G.S., Rizk, E.A., & El-Dreny, E.G. 2018. Production of Biscuits High Nutritional Value, *Middle East Journal of Applied Sciences*,8(4),1569-1578.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
- Enbuena, D. 2015. Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa. Tesis. Universitat Politecnica De Valencia, España.46p.
- Escudero, E., González, P. 2006. La fibra dietética. *Nutr Hosp*. 21(2):61-72.
- Escobar, B., Estévez, A.M., Carolina Fuentes, C., & Venegas D. 2009. Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas.59(1): 191-198.
- EFSA ANS: PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOOD. 2017. Scientific Opinion on the re-evaluation of tara gum (E 417) as a food additive. *EFSA Journal*. 15(6):4863, 37 p.

- Esparza-Ibarra, E.L., Violante-González, J., Monks, S., Iñiguez, J.C., Araujo-Andrade, C., & Rössel-Kipping, E.D. 2015. Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano. *Estudios en Biodiversidad*, 20. 225-245.
- Espinoza, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. La Habana, Cuba, Editorial Universitaria. 129p.
- Falcón, M del R., & Barrón, J.M. 2016. Effect of adding commercial high fiber ingredients on protein quality of casein and gluten diets for rats as assessed by bioassays, *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(8), 795-799.
- FAO/WHO/UNU. 2007. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. WHO technical report series ; N° 935. Geneva, Switzerland. 284p.
- Farinazzi-Machado, F.M.V., Barbalho, S.M., Oshiiwa, M., Goulart, R., & Pessan-Junior, O. 2012. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Food Science and Technology* 32(2):239-244.
- Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Amarowicz, R., Opyd, P., Bez, J., *et al.* 2020. Protein-Rich Flours from Quinoa and Buckwheat Favourably Affect the Growth Parameters, Intestinal Microbial Activity and Plasma Lipid Profile of Rats. *Nutrients*, 12(9), 2781.
- Fukui, H., Xu, X., & Miwa, H. 2018. Role of Gut Microbiota-Gut Hormone Axis in the Pathophysiology of Functional Gastrointestinal Disorders. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 24(3), 367-386.
- Friedman, M. 1996. Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources. A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1), 6-29.
- Frias, A.C.D, Sgarbieri, V. C. 1998. Guar gum effects on food intake, blood serum lipids and glucose levels of Wistar rats, *Plant Foods for Human Nutrition* 53: 15–28.
- Frias, A. D., Sgarbieri, V. C. 1998. Guar gum effects on blood serum lipids and glucose concentrations of wistar diabetic rats, *Food Science and Technology*, 18(2).
- Gajula, H., Alavi, S., Adhikari, K., & Herald, T. 2008. Precooked Bran-Enriched Wheat Flour Using Extrusion: Dietary Fiber Profile and Sensory Characteristics. *Journal of Food Science*, 73(4), S173-S179.
- García, P. 2004. La fibra en la alimentación. Ámbito Hospitalario. Edikamed S.L. Josep Tarradellas, Barcelona. España. 21pp.
- Galdino-Vergara, M., Palacio, J., Reales, D., Espitia, J.P. 2018. Development of cookies and muffins based on rice, quinoa and corn flours. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 16(SPL): 226-228.
- Gasaly, N., Riveros, K., & Gotteland, M. 2020. Fitoquímicos: Una nueva clase de prebióticos. *Revista chilena de nutrición*, 47(2), 317-327.

- Gewehr, M. F., Pagno, C. H., Danelli, D., Melo, L. M. de, Flôres, S. H., & Jong, E. V. de. 2016. Evaluation of the functionality of bread loaves prepared with quinoa flakes through biological tests. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 52(2), 337-346.
- Godse, S.N., Kotecha P.M., Chavan, U.D. 2020. Studies on effect of quinoa flour on sensorial and textural properties of biscuits. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 5(5),77-84.
- Guevara, C.S., & Vallejo, E.J. 2014. Potencialidades medicinales de los géneros *Furcraea* y *Agave*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 19(1):248-263.
- González, J., de la Montaña, J., Míguez, M. 2002. Estudio de la percepción de sabores dulce y salado en diferentes grupos de la población. *Nutrición Hospitalaria*, 17 (5), 256-258.
- González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J.G., & Nájera, H. 2007. Las proteínas en la nutrición. *Revista Salud Publica y Nutricion*.8(2):1-7.
- Goyat, J., Passi, S.J., Suri, S., & Dutta, H. 2018. Development of Chia (*Salvia hispanica* L.) and Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) seed flour substituted cookies physicochemical, nutritional and storage studies. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 6(3):757–769.
- Green.M., Arora, K., y Prakash, S.2020. Microbial medicine: Prebiotic and probiotic functional foods to target obesity and metabolic syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(8):2890.
- Hernández Ruiz de Eguilaz, M., Martínez de Morentin Aldabe, B., Almiron-Roig, E., Pérez-Diez, S., San Cristóbal Blanco, R., Navas-Carretero, S., & Martínez, J. A. 2018. Influencia multisensorial sobre la conducta alimentaria: Ingesta hedónica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 65(2), 114-125.
- Hipsley, E.H. 1953. Letter: Dietary “fibre” and pregnancy toxemia. *Br. Med. J.* 2(4833):420-422.
- Hobbs, D. A., Ashouri, A., George, T. W., Lovegrove, J. A., & Methven, L. (2014). The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption. *Food Research International*, 58, 15-22.
- Hoffman, J.R. y Falvo, M.J. 2004. Protein – which is best? *Journal of Sports Science and Medicine*. 3: 118-130
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Food). 1983. Microorganismos de los alimentos. Técnicas de análisis microbiológicos. 2. ed. Zaragoza, España. Acribia. 431p.
- Ichim, T. E., Patel, A. N., & Shafer, K. A. 2016. Experimental support for the effects of a probiotic/digestive enzyme supplement on serum cholesterol concentrations and the intestinal microbiome. *Journal of Translational Medicine*, 14(1), 184.
- Ihedioha, J.I., Noel-Uneke, O.A., Ihedioha, T.E. 2013. Reference values for the serum lipid profile of albino rats (*Rattus norvegicus*) of varied ages and sexes. *Comparative Clinical Pathology* 22(1):93-99.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2014. NTP-ISO 4121: 2008 (revisada el 2014). Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. Lima, Perú, INDECOPI. 14 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2011. NTP 206.001 (revisada el 2011). Galletas. Requisitos. Lima, Perú, INDECOPI.7p.

Jiménez-Muñoz, E., Prieto-García, F., Prieto Méndez, J., Acevedo Sandoval, O. A., & Rodríguez Laguna, R. 2016. Caracterización fisicoquímica de cuatro especies de agaves con potencialidad en la obtención de pulpa de celulosa para elaboración de papel. *DYNA*, 83(197), 232.

Jomard, A., & Osto, E. 2020. High Density Lipoproteins: Metabolism, Function, and Therapeutic Potential. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 7, 39.

Jorgensen, H., Zhao, X.-Q., Theil, P. K., Gabert, V. M., & Bach, K. E. 2003. Energy metabolism and protein balance in growing rats fed different levels of dietary fibre and protein. *Archives of Animal Nutrition*, 57(2), 83-98.

Kaneko, K., Nishida, K., Yatsuda, J., Osa, S., & Koike, G. 1986. Effect of fiber on protein, fat and calcium digestibilities and fecal cholesterol excretion. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 32(3), 317-325.

Kemp, S. E., Hollowood, T., & Hort, J. 2009. *Sensory Evaluation: A practical handbook*. Oxford, United Kingdom. 211p.

Kozioł, M. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of food composition and analysis* 5(1):35-68.

Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H., & Wada, M. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 68(1):231-234. 231-234.

Kurokawa, T., Itagaki, S., Yamaji, T., Nakata, C., Noda, T., Hirano, T., & Iseki, K. 2006. Antioxidant activity of a novel extract from bamboo grass (AHSS) against ischemia-reperfusion injury in rat small intestine. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 29(11):2301-2303.

Kuchtova, V., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Lauková, M. 2018. Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies Incorporated with Grape Skin and Seed Preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 309-317.

Laguna, L., Primo-Martin, C., Varela, P., Salvador, A. 2013. HPMC and Inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. Reformulación de galletas de masa corta: Cambios en reología, textura y propiedades sensoriales. Primera edición. Editorial. Universitat Politècnica de València. España. 325p.

Lalueza, M.P., Dueros, M., Robles, A., Riveiro., Garnacho de Vega, A., Sahuquillo, J. 2008. Pérdidas de nitrógeno y balance nitrogenado en pacientes con infarto maligno de la arteria cerebral media y sometidos a hipotermia moderada (32-33 °C). *Nutr Hosp.* 23(6):562-566.

León, A.C., Blanco, D., Peña, A., Ronda, M., Gonzales, B.O., Arteaga M. E., *et al.* 2011. Valores hematológicos y bioquímicos de las ratas Sprague Dawley producidas en CENPALAB, Cerp: SPRD (Hematological and biochemical parameters in Sprague Dawley laboratory rats breed in CENPALAB, Cerp: SPRD), *Revista Electronica de Veterinaria*, 12(11), 1-10.

- Lemecha, M., Morino, K., Seifu, D., Imamura, T., Nakagawa, F., Nagata, A., et. Al. 2018. Improved glucose metabolism by *Eragrostis tef* potentially through beige adipocyte formation and attenuating adipose tissue inflammation. *PLOS ONE*, 13(8), e0201661.
- Li, L., Lietz, G., Bal, W., Watson, A., Morfey, B., & Seal, C. 2018. Effects of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Consumption on Markers of CVD Risk. *Nutrients*.10(6):777.
- Logroño, M; Vallejo, L; Benítez, L. 2015. Análisis Bromatológico, sensorial y aceptabilidad de galletas y bebida nutritiva a base de una mezcla de quinua, arveja, zanahoria y tocte. *Revista Alimentos Hoy* 23(35):53–64.
- López de Romaña, G., Graham, G.G., Rojas, M., MacLean, W.C. 1981. Digestibilidad y calidad proteínica de la quinua: estudio comparativo, en niños, entre semilla y harina de quinua.31(3):485-497.
- Lopes, C.de O. 2011. Composicao química e influencia do consume de farinhas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) procesadas nos níveis glicémicos e lipidemicos de raotos Wistar. Tesis de grado. Universidad federal de Lavras, Brasil.
- Lopes, C. de O., Dessimoni, G. V., Costa da Silva, M., Vieira, G., Pinto, N.A. 2009. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium Quinoa*). *Alim. Nutr. Araraquara*, 20(4): 669-675.
- Lorenz, K; Coulter, L; Johnson, D. 1995. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. *In Developments in Food Science*,37, 1031-1041p.
- Lu, Z. X., Walker, K. Z., Muir, J. G., Mascara, T., & O’Dea, K. 2000. Arabinoxylan fiber, a byproduct of wheat flour processing, reduces the postprandial glucose response in normoglycemic subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1123-1128.
- Macías, S., Binaghi<sup>3</sup>, M.J., Zuleta, A., Ronayne de Ferrer, P., Costa<sup>1</sup>, K., Generoso, S. 2013. Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales, *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4 (2): 170-188.
- Machado, F.M.V., Barbalho, S.M., Oliveira, F.D.L., Guiguer, E.L., Bueno, P.C.D., Souza, M.S.S., et al. 2014. Efeitos da suplementação de quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*) crua e torrada no perfil metabólico de ratos Wistar, *J Health Sci Inst.*, 32(1),59-63.
- Mahoney, A. W., & Lopez, J. G. 1975. An Evaluation of the Protein Quality of Quinoa. *J. Agr. Food Chern.*23 (2),190-193.
- Mannasaheb, B.A., Kulkarni, P., Sangreskopp, M., Savant, C., & Mohan, A. 2015. Protective effect of *Agave americana* Linn. Leaf extract in acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)*, 36(1), 101.
- Maradini-Filho, A.M. 2017. Quinoa: Nutritional Aspects. *Journal of Nutraceuticals and Food Science*. 2(1):1-5.
- Martín, D. A. 2018. Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 81-104.

- Meilgaard, M. C., Civille, G.V., & Carr, B.T. 2016. *Sensory evaluation techniques*. 5TA Ed. Taylor & Francis Group, an Informa business. 620p.
- Mitchell, H. H. 1924. A method of determining the biological value of protein. *Journal of Biological Chemistry*, 58(3), 873-903.
- MINSA. 1998. Ministerio de Salud. Decreto Supremo N.º 007-98-S.A. Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y bebidas. 104p.
- MINSA. 2008. Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N° 591-2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. 26p.
- MINSA. 2010. Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N° 1020-2010. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. 38p.
- Miranda-Villa, P. P., Mufari, J. R., Bergesse, A. E., & Calandri, E. L. 2019. Effects of whole and malted quinoa flour addition on gluten-free muffins quality, *J. Food Sci.*, 84(1), 147-153.
- Misra, A.K., & Varma, S.K. 2017. Effect of an extract of *Agave americana* on wound healing model in experimental animals. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy* 8(2):45-48.
- Mithila, M.V., Khanum, F. 2015. Effectual comparison of quinoa and amaranth supplemented diets in controlling appetite; a biochemical study in rats. *Journal of Food Science and Technology* 52(10):6735-6741.
- Montañez-Soto, J., Venegas-González, J., Vivar-Vera, M., & Ramos-Ramírez, E. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber azul. *Bioagro*, 23(3):199-206.
- Morón, M.C., Avila, A.V., & Hernandez, P.I. 2013. Efecto del consumo de dietas con frijol blanco (*Vigna unguiculata*) con y sin cáscara sobre los lípidos plasmáticos en ratas hipercolesterolémicas, *Rev. Inst. Nac. Hig. "Rafael Rangel"*, 44 (1), 7-14.
- Mudgil, D., & Barak, S. 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1-6.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., & Romero, A. 2006. Informe final. Proyecto quinua: Cultivo multipropósito para los países andinos. PNUD- PROY1 INTI 011K01-PERU- BOLIVIA- COLOMBIA. Lima Perú. 237p.
- Muños, A.M. 2013. Año Internacional de la Quinoa. *Rev Soc Quím Perú*. 79 (1).
- Muramatsu, K. y Ashida, k. 1961. Nitrogen Balance and Some Liver Enzymes in Adult Rats. *Agricultural and Biological Chemistry*, 25(9):702-705.
- NRC (National Research Council). 1995. *Nutrient Requirements of Laboratory Animals*. 4 Rev. Ed. 188 p.
- Nasir, M.A., Pasha, I., Butt, M.S., Nawaz, H. 2015. Biochemical characterization of quinoa with special reference to its protein quality. *Pak. J. Agri. Sci.* 52(3):731-737.

- Ogunbenle, H. N. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Inter. J. Food Sci. and Nut.*, 54(2), 153-158.
- Oliva, M., Alfaro, C., & Palape, I. 2010. Evaluación del potencial tecnológico de galactomananos del endospermo de semillas de *Prosopis* sp. para el uso en la industria de alimentos. *Agriscientia*.27(2): 107-113.
- Okpala, L. C., & Okoli, E. C. 2011. Nutritional evaluation of cookies produced from pigeon pea, cocoyam and sorghum flour blends. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(3), 433-438.
- OMS. 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Organización mundial de la salud. Serie de Informes Técnicos 916. Ginebra. 152p.
- Panchal S.K., Brown L. 2011. Rodent Models for Metabolic Syndrome Research. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 351982: 1–14.
- Pasko, P., Barton, H., Zagrodzki, P., Izewska, A., Krosniak, M., Gawlik, M., *et al.* 2010. Effect of Diet Supplemented with Quinoa Seeds on Oxidative Status in Plasma and Selected Tissues of High Fructose-Fed Rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 146-151.
- Perry, J.R., Ying, W. 2016. A review of physiological effects of soluble and insoluble dietary fibers. *Journal of Nutrition & Food Sciences* 6(2):476-482.
- Picout, D. R., Ross-Murphy, S. B., Jumel, K., & Harding, S. E. 2002. Pressure Cell Assisted Solution Characterization of Polysaccharides. 2. Locust Bean Gum and Tara Gum. *Biomacromolecules*, 3(4), 761-767.
- Prajapati, V. D., Jani, G. K., Moradiya, N. G., Randeria, N. P., Nagar, B. J., Naikwadi, N. N., & Variya, B. C. 2013. Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 83-92.
- Quílez, J., García-Lorda, P., Salas-Salvador, J. 2003. Potential uses and benefits of phytosterols in diet: Present situation and future directions. *Clinical Nutrition*, 22(4), 343-351.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz K.J., & Jhonson, D.L. 1993. Composition and protein nutritional quality of Quinoa. *Cereal Chem* 70(3):303-305.
- Rashad, M. M., & Moharib, S. A. 2003. Effect of type and level of dietary fibre supplements in rats. *Grasas y Aceites*, 54(3), 277-284.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen S.E. 2001. Valor nutricional y usos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y de la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Internet: [http://www.scribd.com/doc/12412360/ Valor-nutricional-y-Usos-de-la-quinua-y-la-kañiwa](http://www.scribd.com/doc/12412360/Valor-nutricional-y-Usos-de-la-quinua-y-la-kañiwa)* [27 Setiembre 2010].
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J.K., Pihlava, J.M., & Mattila, P.H. 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1): 128-133.
- Repo-Carrasco-Valencia, R.A., & Serna, L.A. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 31(1):225-230.
- Reguera, M., Conesa, C.M., Gil-Gómez, A., Haros, C.M., Pérez-Casas, M.Á., Briones-Labarca, V., *et al.* 2018. The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. *PeerJ*.6: e4442.

- Rojas, W., Pinto, M., Soto, J., & Alcocer, E. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos (XII). Granos andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia.151-164.
- Rodríguez-Cruz, M., Tovar, A.R., Prado, M., & Torres, N. 2005. Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Revista de Investigación Clínica*.57(3):457-472.
- Rosell, C.M., Cortez, G., & Repo-Carrasco, R. (2009). Breadmaking use of andean crops quinoa, kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal chemistry* 86(4):386-392.
- Román, M.O., & Valencia, F.E. 2006. Evaluación de galletas con fibra de cereales como alimento funcional. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 13(2): 36-43.
- Ruales, J., & Nair, B.M.1994. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 45(3):223-246.
- Sánchez, I. C., & Albarracín, W. 2010. *Análise sensorial da carne*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.23:227-239. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2010; 23:227-239.
- Savitha Prashanth, M. R., Parvathy, K. S., Susheelamma, N. S., Harish Prashanth, K. V., Tharanathan, R. N., Cha, A., & Anilkumar, G. 2006. Galactomannan esters—A simple, cost-effective method of preparation and characterization. *Food Hydrocolloids*, 20(8), 1198-1205.
- Savón, L. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36(2):91-102.
- Senterre, J. 1981. Balance nitrogenado y requerimiento de proteínas en lactantes pretérmino (Adaptación al español de Dra. María Eugenia Radrigán) 54(4): 281-287.
- Singh, S., Riar, C. S., & Saxena, D. C. 2008. Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *Afr. J. Food Sci.*2,65-72.
- Soler, N., Castillo, O., Rodríguez, G., Perales-Torres, A., &González, A.L. 2017. Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 67(3): 227-234.
- Schalk, K., Lexhaller, B., Koehler, P., & Scherf, K.A. 2017. Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PLOS ONE*, 12(2), e0172819.
- Shah, N., Atallah, M. T., Mahoney, R. R., & Pellett, P. L. 1982. Effect of Dietary Fiber Components on Fecal Nitrogen Excretion and Protein Utilization in Growing Rats. *The Journal of Nutrition*, 112(4), 658-666.
- SNI (Sociedad Nacional de Industrias, Perú). 2018. Elaboración de productos de panadería. Reporte Sectorial N° 07. Lima, Perú. Disponible en <https://www.sni.org.pe/industria-panadera-crecio-4-1-primer-semester-del-2018/>
- Sudha, M. L., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. 2007. Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100(4), 1365-1370.

- Suárez, M. M., Kizlansky, A., & López, L.B. 2006. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el escore de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*, 21(1): 45-51.
- Stone, H., & Sidel, J. L. 2004. *Sensory evaluation practices*. 3. Ed. Elsevier Academic Press. 394p
- Tang, Y., & Tsao, R. 2017. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential healthbeneficial effects. *Mol. Nutr. Food Res.* 61(7):1600767.
- Tomaro-Duchesneau, C., Saha, S., Malhotra, M., Jones, M. L., Labbé, A., Rodes, L., Kahouli, I., & Prakash, S. 2014. Effect of orally administered *L. fermentum* NCIMB 5221 on markers of metabolic syndrome: An in vivo analysis using ZDF rats. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(1), 115-126.
- Todd, K. S., Butterfield, G. E., & Calloway, D. H. 1984. Nitrogen Balance in Men with Adequate and Deficient Energy Intake at Three Levels of Work. *The Journal of Nutrition*, 114(11), 2107-2118.
- Trowell, H., Southgate, D.T., Wolever, T.M., Leeds, A., Gassull, M., Jenkins, D.J. 1976. Dietary fibre redefined. *The Lancet* 1(7966):967.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Frejnagel, S., Gómez-Villalva, E., Porres, J. M., Frías, J., *et.al.* 2005. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*, 21(2), 230-239.
- Ureña, M. 2016. Desarrollo de alimentos y procesos avanzados. Clase del doctorado en Ciencia de los Alimentos. Facultad de Industrias Alimentarias. UNALM.
- Ureña, M., D'Arrigo, M., & Girón, O. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. UNALM. 1era Edición. Lima, Perú.
- Valencia, F.E., Román, M.O. 2004. La fibra dietaria como alimento funcional. *Vitae* 11(2):12-17.
- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. 2019. Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium Quinoa*) como alimento funcional. *Centro Azúcar*, 46(4), 89-100.
- Vidueiros, S.M., Fernandez, I., Bertero, D., Roux, M.E., Pallaro, A. 2013. Effect of a quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) based diet on the intestinal mucosa of growing Wistar rats. *Proceedings of the Nutrition Society* 72(OCE1):E67.
- Vilcanqui Pérez, F. 2018. Propiedades funcionales y fisiológicas de dietas con fibra soluble (Goma de Tara) e insoluble (hojas de agave) en ratas Holtzman. Tesis de grado. Universidad nacional Agraria la Molina.
- Vilcanqui, F., García, C.L., Alanis, M.G., Baez, J.G., & Mercado, R. 2009. Extracción y caracterización funcional de la fibra de hojas de *Agave tequilana* Weber destinados para la inclusión en alimentos. *Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial*, 10:87-85.
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. 2018. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3): 271-278.
- Villagomez, a. y Vasquez, L. 2016. Diferentes grasas comerciales en galletas. 1(2): 83-88.

Watanabe, K; Kawanishi-Asaoka, M; Myojin, C; Awata, S; Ofusa, K; Kodama, K. 2014. Amino acid composition, oxidative stability, and consumer acceptance of cookies made with quinoa flour. *Food Science and Technology Research* 20(3):687-691.

Wittig, E. 2001. Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos.126p

Wolford, S. T., Schroer, R. A., Gohs, F. X., Gallo, P. P., Brodeck, M., Falk, H. B., & Ruhren, R. 1986. Reference range data base for serum chemistry and hematology values in laboratory animals. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 18(2), 161-188.

Zevallos, V.F., Herencia, I.L., Chang, F., Donnelly, S., Ellis, J.H., Ciclitira, P.J. 2014. Gastrointestinal Effects of Eating Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) in Celiac Patients. *American Journal of Gastroenterology*. 109(2): 270-278.

## VII. ANEXOS

**Anexo 1: Formato de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad global de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de harina de hojas de agave americano y fibra soluble de semilla del endospermo de tara**

### FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

**NOMBRES Y APELLIDOS:**.....**FECHA:**.....

**EDAD:**.....**SEXO: (M) (F)**   **HORA:**.....

**LUGAR:**.....

Por favor, deguste la galleta integral que se le ofrece, y marque con un aspa sobre la línea según su apreciación personal en cuanto a nivel de agrado:

Código	Calificación
	 <p>Me desagrada mucho <span style="float: right;">Me agrada mucho</span></p>

**Observaciones:**.....

.....

**Muchas gracias por su colaboración**

**Anexo 2: Formato de evaluación sensorial para la prueba de textura sensorial de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de harina de hojas de agave americano y fibra soluble de semilla del endospermo de tara**

**FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

**NOMBRES Y APELLIDOS:**.....**FECHA:**.....

**EDAD:**.....**SEXO: (M) (F)**   **HORA:**.....

**LUGAR:**.....

Por favor, deguste la galleta integral que se le ofrece, y marque con un aspa sobre la línea según su apreciación personal en cuanto a nivel de agrado:

Código	Calificación
	

**Observaciones:**.....

.....

**Muchas gracias por su colaboración**

**Anexo 3: Puntuación de aceptabilidad global de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida , fibra insoluble de hojas de agave americano y fibra soluble de endospermo de semilla de tara**

Panelista N°	Galletas			
	T <sub>1</sub> Harina de trigo	T <sub>2</sub> Harina de Quinua Altiplano cocida	T <sub>3</sub> Fibra de endospermo de tara y hojas de agave	T <sub>4</sub> Harina de quinua + Fibras de tara y agave
1	2.9	7.2	4.2	7.2
2	3.2	6.8	4.7	8.5
3	4.8	8.2	5.7	6.4
4	5.2	5.5	3.8	6.5
5	3.8	6,8	5.2	7.2
6	3.2	7.4	5.5	7.1
7	4.2	6.7	6.1	9.2
8	2.2	5.8	5.9	6.8
9	2.2	4.5	4.2	7.0
10	3.3	8.2	3.4	6.8
11	4.2	8.4	4.1	8.1
12	4.2	6.5	3.8	4.5
13	5.5	7.6	5.0	6.7
14	4.2	6.2	2.6	4.9
15	3.8	5.4	2.9	8.2
16	5.2	5.2	3.4	6.2
17	2.2	6.2	1.9	5.3
18	1.8	7.3	3.2	7.4
19	3.6	6.9	3.7	8.0
20	4.2	8.1	2.8	6.6
21	3.2	8.4	3.6	5.9

«continuación»

22	2.0	7.9	4.0	4.8
23	3.6	6.8	4.2	7.2
24	4.2	4.8	4.7	7.8
25	2.6	5.6	4.1	7.0
26	5.2	6.4	4.3	6.0
27	4.8	7.2	3.1	7.4
28	6.2	8.2	4.4	6.2
29	5.3	4.2	3.6	5.9
30	4.8	6.2	3.9	4.8
31	6.2	8.2	4.4	5.3
32	8,2	9.2	3.8	6.7
33	4,6	8.5	5.2	8.3
34	3.8	8.4	4,3	9.2
35	1.5	9.0	4.6	5.8
36	3.4	4.6	3.6	7.3
37	4.2	6.8	4.6	4.2
38	5.2	7.4	5.2	3.9
39	6.2	7.3	4.2	5.2
40	3.2	8.1	8.2	2.8
41	2.2	6.9	5.2	5.3
42	3.4	7.3	6.2	6.1
43	4.4	6.8	4.7	4.8
44	5.2	9.2	3.5	6.7
45	3.4	8.3	6.2	5.9
46	4.4	7.2	3.8	7.8
47	2.8	6.8	2.7	8.8
48	4.6	5.9	3.2	8.2
49	5.2	4.8	4.3	3.9

«continuación»

50	3.2	7.5	6.2	4.5
51	3.9	4.8	4.1	4.5
52	1.8	6.4	5.0	6.7
53	4.7	7.0	7.9	6.1
54	7.7	3.4	3.9	7.2
55	6.2	6.7	7.1	6.1
56	2.1	6.2	5.1	4.1
57	2.1	4.0	6.7	7.7
58	3.1	5.5	7.5	7.1
59	1.9	4.6	5.0	4.0
60	5.8	7.5	9.1	6.1
61	6.6	7.2	6.9	3.8
62	3.7	5.0	5.8	6.8
63	9.0	7.1	9.2	8.6
64	2.5	4.2	1.3	5.5
65	6.2	3.3	5.2	7.7
66	2.3	3.2	3.6	4.4
67	6.1	4.9	5.9	6.0
68	5.6	5.0	4.4	2.2
69	5.3	5.4	3.4	5.8
70	3.4	6.0	3.0	5.0
71	4.0	6.0	4.2	2.9
72	2.6	5.8	4.0	3.7
73	3.1	4.5	4.4	5.6
74	2.3	2.0	5.1	5.4
75	1.4	3.5	4.1	6.2
76	2.7	3.1	4.5	5.5
77	1.5	6.0	3.5	5.4

«continuación»

78	6.3	6.6	4.9	3.3
79	2.0	1.1	1.5	3.0
80	1.6	1.8	3.1	3.0
81	8.5	9.8	9.6	9.0
82	2.3	7.1	2.6	5.0
83	4.8	7.3	6.2	5.7
84	8.6	6.2	5.3	9.7
85	6.2	7.8	6.8	5.5
86	6.5	8.6	3.7	5.7
87	2.6	6.7	5.4	9.2
88	4.9	6.9	7.3	4.0
89	8.3	8.9	9.0	9.9
90	5.6	7.4	5.0	8.8
91	6.1	6.8	5.0	4.2
<b>Promedio</b>	<b>4.2</b>	<b>6.4</b>	<b>4.7</b>	<b>6.1</b>

**Anexo 4: Puntuación de textura sensorial de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de agave americano y fibra soluble de endospermo de semilla de tara**

Panelista N°	Galletas			
	T <sub>1</sub> Harina de trigo	T <sub>2</sub> Harina de Quinua Altiplano cocida	T <sub>3</sub> Fibra de endospermo de semilla de tara y hojas de agave	T <sub>4</sub> Harina de quinua + Fibra de endospermo de semilla de tara y hojas de agave
1	6.8	5.9	7.2	6.8
2	5.7	6.4	5.0	8.5
3	7.2	7.0	7.9	7.4
4	7.7	8.4	6.1	7.2
5	6.2	6.7	7.1	6.1
6	5.6	6.2	8.2	7.4
7	5.2	6.4	6.7	7.7
8	5.4	5.5	7.5	7.1
9	5.0	6.8	5.0	6.3
10	5.8	7.5	8.4	7.1
11	6.6	7.2	6.9	7.4
12	5.1	6.8	5.8	6.8
13	5.6	7.1	6.7	8.6
14	6.4	6.2	6.8	7.2
15	6.2	5.8	7.2	7.7
16	5.4	6.2	6.4	6.4
17	6.1	6.4	7.3	6.0
18	5.6	7.4	6.1	7.2
19	7.4	7.4	7.4	6.8
20	5.4	6.0	5.8	8.5

«continuación»

21	8.1	6.0	6.4	6.9
22	6.4	7.8	7.4	6.7
23	5.8	8.4	6.6	8.2
24	6.2	8.2	7.4	8.4
25	5.2	8.2	6.2	6.2
26	6.2	7.2	6.0	7.5
27	6.4	6.0	5.8	7.4
28	6.3	6.6	7.4	6.3
29	6.2	6.5	6.0	6.0
30	5.2	6.4	6.8	7.0
31	7.4	8.9	5.8	8.9
32	5.4	7.1	8.6	7.0
33	7.1	7.3	6.2	7.3
34	6.4	8.2	7.5	8.7
35	6.2	7.8	6.8	7.5
36	6.5	8.6	5.4	7.7
37	6.2	6.7	5.7	8.2
38	5.9	6.9	7.3	6.0
39	6.4	8.9	6.9	9.9
40	5.6	7.4	5.0	8.8

**Anexo 5: Digestibilidad aparente, balance de nitrógeno y valor biológico de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de harina de hojas de agave americano y fibra soluble de endospermo de semilla de tara**

<b>Tratamientos</b>		<b>Digestibilidad Aparente (%)</b>	<b>Balance de Nitrógeno (%)</b>	<b>Valor Biológico (%)</b>
<b>T<sub>1</sub> Harina de trigo</b>	1	74.03	0.415	56.94
	2	73.70	0.397	56.51
	3	74.54	0.414	56.14
	4	73.93	0.447	63.15
	5	79.48	0.401	54.74
<b>T<sub>2</sub> Harina de Quinua Altiplano cocida</b>	1	78.17	0.472	63.12
	2	82.56	0.372	56.21
	3	81.58	0.552	67.51
	4	78.78	0.387	61.15
	5	79.71	0.399	62.63
<b>T<sub>3</sub> Fibra de endospermo de tara y hojas de agave</b>	1	68.94	0.256	53.82
	2	79.65	0.432	55.9
	3	75.46	0.414	61.33
	4	69.34	0.347	58.86
	5	68.35	0.264	50.45
<b>T<sub>4</sub> Harina de quinua + Fibras de tara y agave</b>	1	75.92	0.373	58.05
	2	78.35	0.513	62.76
	3	78.81	0.526	64.77
	4	78.11	0.435	58.86
	5	71.45	0.436	59.00

**Anexo 6: Perfil bioquímico de ratas alimentadas a base de harina de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de agave americano y fibra soluble de endospermo de semilla de tara**

Tratamientos		Perfil bioquímico (mg/dL)			
		Glucosa	Colesterol total	Triglicéridos	HDL
<b>T<sub>1-0k</sub></b> <b>Harina de trigo</b>	1	73	129	51	57
	2	94	119	50	64
	3	103	119	45	60
	4	104	117	45	68
	5	82	119	48	71
<b>T<sub>2</sub></b> <b>Harina de Quinua</b> <b>Altiplano cocida</b>	1	100	125	45	68
	2	80	139	44	68
	3	79	100	44	64
	4	99	107	45	54
	5	70	116	45	72
<b>T<sub>3</sub></b> <b>Fibra de endospermo</b> <b>de tara y hojas de</b> <b>agave</b>	1	89	104	45	65
	2	80	115	45	76
	3	68	110	45	66
	4	67	117	41	63
	5	88	104	45	60
<b>T<sub>4</sub></b> <b>Harina de quinua +</b> <b>Fibras de tara y agave</b>	1	90	100	45	73
	2	76	98	43	71
	3	64	114	45	58
	4	68	116	43	75
	5	90	118	46	60

**Anexo 7: Análisis TBARS del hígado e intestino extraídos de ratas alimentadas a base de galletas elaboradas con harina de quinua altiplano cocida, fibra insoluble de hojas de agave americano y fibra soluble del endospermo de semilla de tara**

Tratamientos		TBARS (nmol MDA/g tejido)	
		Hígado	Intestino delgado
<b>T<sub>1</sub></b> <b>Harina de trigo</b>	1	7.89	10.24
	2	8.05	10.40
	3	9.26	11.61
	4	7.76	11.34
	5	9.76	12.11
<b>T<sub>2</sub></b> <b>Harina de Quinua</b> <b>Altiplano cocida</b>	1	3.35	5.38
	2	1.12	3.15
	3	3.79	5.82
	4	0.81	3.84
	5	3.00	5.03
<b>T<sub>3</sub></b> <b>Fibra de endospermo</b> <b>de tara y hojas de</b> <b>agave</b>	1	1.85	3.88
	2	1.82	3.85
	3	2.23	4.26
	4	2.08	4.11
	5	3.74	4.06
<b>T<sub>4</sub></b> <b>Harina de quinua +</b> <b>Fibras de tara y agave</b>	1	1.86	2.86
	2	1.09	2.09
	3	1.12	2.12
	4	0.66	2.34
	5	1.04	2.04