

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**"PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETARIA DE
CÁSCARA DE HABAS (*Vicia faba*) EN RATAS HOLTZMAN
SOMETIDAS A ESTREÑIMIENTO"**

Presentada por:

GLORIA VICTORIA ORCÓN ALIAGA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima - Perú

2023

Document Information

Analyzed document	N. Gloria Orcon Aliaga (Maestria) NUEVA.pdf (D155417009)
Submitted	1/10/2023 9:42:00 PM
Submitted by	NICEAS CARLOS VILCHEZ PERALES
Submitter email	cvilchezp@lamolina.edu.pe
Similarity	9%
Analysis address	cvilchezp.unalm@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3508/vilcanqui-perez-fulgenc... Fetched: 6/20/2022 8:33:46 PM	 13
W	URL: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007 Fetched: 10/30/2021 9:25:32 PM	 8
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/232122925.pdf Fetched: 6/19/2020 4:42:27 AM	 1
SA	JUAN MACIAS Y JANDRY RENGIFO.docx Document JUAN MACIAS Y JANDRY RENGIFO.docx (D54735508)	 6
W	URL: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200010 Fetched: 11/5/2021 10:20:03 AM	 24
SA	ENSAYO_alimentos.pdf Document ENSAYO_alimentos.pdf (D122473476)	 2
W	URL: https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/2/art-10/ Fetched: 1/4/2020 6:57:24 PM	 2
SA	TESIS GALLETAS.docx Document TESIS GALLETAS.docx (D9815319)	 6
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / REVISION TESIS ENRIQUE GIRIBALDI.pdf Document REVISION TESIS ENRIQUE GIRIBALDI.pdf (D142946380) Submitted by: cvilchezp@lamolina.edu.pe Receiver: cvilchezp.unalm@analysis.orkund.com	 3
SA	Tesis Final Oscar Carrasco - Aut.docx Document Tesis Final Oscar Carrasco - Aut.docx (D16070230)	 2
W	URL: https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/145735/Bauza_Cosme.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2/13/2022 9:10:32 PM	 3

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**"PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETARIA DE
CÁSCARA DE HABAS (*Vicia faba*) EN RATAS HOLTZMAN
SOMETIDAS A ESTREÑIMIENTO"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

GLORIA VICTORIA ORCÓN ALIAGA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Sergio Rojas Montoya
PRESIDENTE

Ph.D. Carlos Vílchez Perales
ASESOR

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas
CO-ASESOR

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
MIEMBRO

Mg. Sc. Víctor Hidalgo Lozano
MIEMBRO

DEDICATORIA

Al Señor por bendecirme y que siempre está conmigo,
y con mi querida familia a quienes los amo.

A mi querida madre Susana que me apoyo
incondicionalmente con su amor, tenacidad, esfuerzo y sé
que estará contenta desde el cielo por este logro, y a mi padre
Amón quien fue el ejemplo y guía en el campo académico.

A mi querido esposo Sulpicio, por su amor y
apoyo incondicional en cada momento durante
el proceso de desarrollo, a mis hijos Cendik y
Emaly por su amor y compartir mis sueños y metas

AGRADECIMIENTO

Al Ph.D. Carlos Vílchez Perales, por el asesoramiento, apoyo, correcta orientación y por las invaluableles sugerencias para el desarrollo y la culminación de la tesis, sin dejar de lado la gran guía de maestro y amical. Infinitas gracias.

Al Dr. Mariano Echevarría Rojas, por su co-asesoramiento del presente trabajo de investigación.

Al Ph.D. Sergio Rojas Montoya, por su gran apoyo, consejos, orientaciones en la corrección de la tesis y por todo el tiempo brindado en las conversaciones con gran significado académico y amical. Muchas gracias.

Al Dr. Víctor Guevara Carrasco, por las sugerencias señaladas y el tiempo brindado en la corrección de la tesis. Muchas gracias

Al Mg. Sc Víctor Hidalgo Lozano, por la orientación, sugerencias oportunas en la corrección de la tesis, por su apoyo y gran amistad. Muchas gracias

A la Dra. Zoila Honorio Durand, por las sugerencias, consejos, apoyo en la corrección de la tesis y su gran amistad. Muchas gracias

A todas mis amigos y amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, infinitas gracias.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Sobre fibra dietaría	3
2.1.1. Definición, clasificación e ingesta de fibra dietaría	3
a. Definición de fibra dietaría	3
b. Clasificación de fibra dietaría	4
b1. Fibra soluble	5
b2. Fibra insoluble	5
c. Recomendaciones de ingesta de fibra dietaría	5
2.1.2. Fibra dietaría y su relación con la salud	6
a. Efecto sobre el sobrepeso y obesidad	6
b. Efecto sobre el nivel de colesterol en sangre	8
c. Efecto sobre diabetes tipo 2	9
d. Efecto sobre el estreñimiento	11
2.1.3. Principales propiedades funcionales de la fibra dietaría	11
a. Capacidad de hidratación	12
a1. Capacidad de hinchamiento (CH)	12
a2. Capacidad de retención de agua (CRA)	13
b. Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO)	13
c. Viscosidad	14
2.2. Sobre cáscara de habas	16
2.2.1. Valor nutricional de la semilla, cotiledones y cáscara de habas	16
Fibra cruda y fibra dietaría	17

2.2.2. Investigaciones sobre cáscara de habas	19
2.2.3. Investigaciones de semillas, cáscara de habas y su relación con la salud	23
III. MATERIAL Y MÉTODOS	26
3.1. Lugar de ejecución	26
3.2. Materia prima	26
3.3. Equipos	27
3.4. Métodos de análisis	27
3.4.1. Propiedades morfológicas y físicas de la semilla de habas	27
a. Peso de 100 semillas	27
b. Porcentaje de cascara de semilla	27
c. Dimensiones	28
d. Grosor de la cascara	28
3.4.2. Composición químico proximal	28
3.4.3. Fibra dietaría: Fibra soluble e insoluble	28
3.4.4. Propiedades funcionales de la fibra dietaría	28
a. Capacidad de hinchamiento (CH)	28
b. Capacidad de retención de agua (CRA)	29
c. Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO)	29
d. Viscosidad	29
3.5. Ensayo biológico con ratas Holtzman	30
a. Primera etapa	30
a.1. Instalaciones y materiales	30
a.2. Animales de experimentación	30
a.3. Tratamientos	30
a.4. Alimentación y limpieza	32
a.5. Mediciones	33
a.5.1. Ganancia de peso	33
a.5.2. Consumo de alimentos	33
a.5.3. Peso de heces	33
a.5.4. Numero de heces	33
a.5.5. Consumo de agua	33
b. Segunda etapa (corregir el cuadro o condición de estreñimiento)	34
b.1. Instalaciones y materiales	34

b.2. Animales de experimentación	34
b.3. Tratamientos	34
b.4. Alimentación y limpieza	36
b.5. Mediciones	36
b.5.1. Ganancia de peso	36
b.5.2. Consumo de alimentos	36
b.5.3. Peso de heces	36
b.5.4. Número de heces	37
b.5.5. Consumo de agua	37
3.6. Análisis Estadístico	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Propiedades morfológicas y físicas de la semilla y cascara de habas	38
4.1.1. Peso de 100 semillas	38
4.1.2. Porcentaje de cascara y cotiledones	39
4.1.3. Dimensiones de la semilla	39
4.1.4. Grosor de la cascara	40
4.2. Composición Químico Proximal de la cáscara de habas	40
4.3. Contenido de Fibra dietaría en cáscara de habas	41
4.4. Propiedades funcionales de la fibra dietaría en cáscara de habas	41
4.5. Mediciones de performance de los animales durante en primera etapa	44
4.6. Efecto de diferentes niveles de cáscara de habas sobre la performance y mediciones fisiológicas en ratas (Segunda etapa)	47
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
VIII. ANEXOS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición nutricional de la “dieta basal” para ratas Holtzman utilizadas en las dietas de estudio	31
Cuadro 2.	Composición y valor nutricional calculado de la “dieta control” y de la “dieta de estreñimiento	32
Cuadro 3.	Composición y valor nutricional calculado de las dietas experimentales	35
Cuadro 4.	Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble de la cáscara de habas en las dietas experimentales	35
Cuadro 5.	Propiedades morfológicas y físicas de la semilla y cáscara de habas (<i>Vicia faba</i>)	38
Cuadro 6.	Composición químico proximal de la cáscara de habas (base tal como ofrecidas)	40
Cuadro 7.	Contenido de fibra dietaría total, fibra dietaría soluble y fibra dietaría insoluble de la cáscara de habas	42
Cuadro 8.	Propiedades funcionales de la fibra dietaría de la cáscara de habas	43
Cuadro 9.	Mediciones de performance, número y peso de heces, consumo de agua de ratas sometidas a estreñimiento (Primera etapa)	46
Cuadro 10.	Efecto de diferentes niveles de cáscara de habas en las dietas sobre la performance y mediciones fisiológicas en ratas con estreñimiento inducido (Segunda etapa)	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I:	Procesamiento experimental para la obtención de la harina de cáscara de habas	64
Anexo II:	Esquema experimental para obtener la harina de cáscara de habas (<i>Vicia faba</i>) y su evaluación biológica	67
Anexo III:	Composición de las mezclas de vitaminas y sales minerales (g/Kg) usadas en las formulaciones de las raciones	68
Anexo IV:	Registro de datos en la primera etapa de estreñimiento.....	69
Anexo V:	Registro de datos en la segunda etapa experimental.....	70

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar los contenidos de fibra total, fibra insoluble, fibra soluble y propiedades funcionales de la cáscara de habas (CH); asimismo, determinar la performance, producción de heces (peso y número) y consumo de agua en ratas Holtzman sometidas a estreñimiento inducido y alimentadas con dietas conteniendo diferentes niveles de CH. Se utilizaron 20 ratas Holtzman mantenidas en jaulas individuales. El estudio se llevó a cabo en dos etapas: En la primera etapa (cinco días) todos los animales fueron sometidas a estreñimiento inducido con una dieta conteniendo harina de cebada y Loperamida (0.7 mg/animal/día). En la segunda etapa (siete días) cinco ratas fueron alimentadas con una de las siguientes dietas (tratamientos): T1, dieta sin CH; T2, dieta con 8 por ciento CH; T3, dieta con 12 por ciento CH; T4, dieta con 16 por ciento CH. Todos los animales recibieron Loperamida (0.7 mg/día) y tuvieron libre acceso al alimento y a agua fresca. En ambas etapas se registraron la performance (pesos vivos, ganancia de peso, consumo de alimento), peso de heces, número de heces y consumo de agua. Los resultados de los análisis realizados en la cáscara de habas se presentan como promedios y desviación estándar, mientras que los datos registrados en el ensayo con ratas se sometieron a análisis de varianza bajo Diseño Completamente al Azar y para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Duncan. La cáscara representa el 14.2 por ciento del peso total de la semilla de habas y los contenidos de fibra total, fibra insoluble y fibra soluble de la cáscara de habas fueron 56.53 por ciento, 50.16 por ciento y 6.37 por ciento, respectivamente. En la primera etapa, la performance de los animales y las variables fisiológicas medidas no fueron diferentes ($P>0.05$) entre los grupos de animales. En la segunda etapa, tanto la performance como las mediciones fisiológicas fueron significativamente ($P<0.05$) influenciadas por el tratamiento dietario, particularmente el peso y el número de heces, y consumo de agua, se incrementaron ($P<0.05$) a medida que se incrementa el nivel de CH en la dieta; lo contrario se observó ($P<0.05$) en ganancia de peso y consumo de alimento entre los grupos que recibieron las dietas conteniendo CH. En conclusión, la inclusión de cáscara de habas en la dieta tiene efecto sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, peso y número de heces, y consumo de agua de animales sometidos a estreñimiento inducido.

Palabras clave: Habas, cáscara, fibra dietaria, propiedades funcionales, ratas.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the total fiber content, insoluble fiber, soluble fiber and functional properties of the bean shell (BS); Likewise, determine the performance, feces production (weight and number) and water consumption in induced-constipation rats and fed diets containing different levels of CH. 20 Holtzman rats maintained in individual cages were used. The study was carried out in two stages: in the first stage (five days) all the animals were subjected to constipation induced with a diet containing barley flour and Loperamide (0.7 mg/animal/day). In the second stage (seven days), five rats were fed with one of the following diets (treatments): T1, diet without BS; T2, diet with 8% BS; T3, diet with 12% BS; T4, diet with 16% BS. All animals received Loperamide (0.7 mg/day) and they had free access to feed and fresh water. In both stages, the performance (live weights, weight gain, feed intake), weight and number of feces and water consumption were recorded. The results of the analyzes carried out in the bean shell are presented as averages and standard deviation, while the data recorded in the biological assays with rats was subjected to analysis of variance under Completely Random Design and for the mean comparison the Duncan test was used. The shell represents 14.2% of the total weight of the beans seed and the total fiber content, insoluble fiber and soluble fiber of the beans shell were 56.53%, 50.16% and 6.37%, respectively. In the first stage, the performance of the animals and the physiological variables measured were not different ($p > 0.05$) between the groups of animals. In the second stage, both performance and physiological measurements were significantly ($p < 0.05$) influenced by dietary treatment, particularly weight and number of feces, and water consumption, increased ($p < 0.05$) as the CH level in the diet increased; the opposite was observed ($p < 0.05$) in weight gain and feed intake between the groups that received the diets containing CH. In conclusion, the inclusion of shell of beans in the diet have effects on weight gain, feed intake, weight and number of feces, and water intake of rats subjected to induced constipation.

Keywords: beans, shell, dietary fiber, functional properties, rats.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, por los múltiples beneficios a la seguridad alimentaria y la salud de la población ha tomado auge el uso de subproductos o residuos de vegetales y frutas para reducir la contaminación ambiental y obtener productos con propiedades funcionales fisicoquímicas y bioquímicas, tal es el caso de las leguminosas, alimentos de mayor producción mundial (FAO 2018), son muy importantes en la alimentación humana por sus bondades nutricionales como fuente de proteínas y utilizada en alimentos industrializados, lo que ocasiona una gran producción de residuos como la cáscara que sus únicos mercados son en la alimentación animal y muy poco en alimentos ricos en fibra para alimentación del hombre.

Últimamente estudios han sugerido que la cáscara de leguminosas, entre ellas las de habas (*Vicia faba*) es un residuo subutilizado a pesar de su alto contenido de fibra dietaria, pudiendo ser un gran potencial nutricional para cubrir la brecha de este componente alimentario funcional, porque su deficiencia podría ocasionar varias enfermedades intestinales como el cáncer al colon y otros; pudiendo corregir también enfermedades no transmisibles como diabetes y enfermedades cardiovasculares.

La fibra dietaria o dietética que se encuentra en la cáscara de las semillas de habas, son sustancias biomoleculares, como los polisacáridos o derivados de los mismos a excepción de la lignina que es indigerible por las enzimas digestivas del ser humano, y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la microbiota colónica. Esta propiedad funcional de la fibra dietaria insoluble o poco solubles producen un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal, por ello se usa en el tratamiento y prevención del estreñimiento crónico y en la disminución de la concentración y el tiempo de contacto de potenciales sustancias carcinogénicas con la mucosa del colon y evitando posibles incidencias de cáncer.

La importancia de las propiedades funcionales de la fibra dietaria en los productos alimenticios es atribuida a sus efectos fisiológicos benéficos para el organismo; se debe tomar en cuenta que estas propiedades dependen de la composición de la fibra dietaria que

se utiliza, es así por ejemplo que las fibras solubles en contacto con el agua originan soluciones de gran viscosidad lo que son responsables de acciones sobre el metabolismo lipídico, de la glucosa y en parte a su potencial anti-carcinogénico

Las nuevas evidencias señalan que las cáscaras de habas y de otras leguminosas que, además de aportar una cantidad muy importante de fibra dietaria, éstas se encuentran relacionadas con diversos tipos fitoquímicos que tienen actividades antioxidantes y antiinflamatorias. Asimismo, cabe señalar que los estudios realizados sobre cáscara de habas y leguminosas se han centrado principalmente en las composiciones químicas proximales y descripciones de estructuras, pero no existen estudios sobre el efecto de cáscara de habas sobre la producción de heces, tanto en peso como en número, de ratas sometidas a estreñimiento inducido.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es determinar las propiedades nutricionales y físicas de la cáscara de habas y sus efectos de ésta, a diferentes niveles en la dieta, sobre la performance, peso y número de heces, y consumo de agua en ratas sometidas a estreñimiento inducido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SOBRE FIBRA DIETARIA

2.1.1. Definición, clasificación e ingesta recomendada de fibra dietaría

a. Definición de fibra dietaría

La fibra alimentaria o dietaría ha cambiado considerablemente en los últimos años. La fibra dietaría, está formada principalmente por biomoléculas conocidas como polisacáridos indigeribles y por otras sustancias químicas, que no son carbohidratos. El término fibra dietética o alimentaria, fue introducido por primera vez, por el médico inglés Hipsley en 1953, quien describió a la fibra alimentaria como “el material derivado de la pared celular vegetal de los alimentos” (Jones 2014).

Trowell (1976), redefine a la Fibra dietaría como la suma de todos los polisacáridos y la lignina, resistentes a hidrólisis de las enzimas endógenas del tracto digestivo humano. El Codex Alimentarius (2001), para Directrices en el etiquetado nutricional de alimentos define por fibra dietética a cualquier material comestible de origen vegetal o animal que no sea hidrolizado por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano, determinado según el método convenido. Posteriormente, se actualizó la definición de Fibra dietaría según el Codex Alimentarius (2015), como polímeros de carbohidratos de diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizadas por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los humanos y pertenecen a las categorías de polímeros de carbohidratos comestibles, polímeros que se han obtenido por medios físicos, enzimáticos y químicos, y polímeros sintéticos que tienen efecto fisiológico de beneficio para la salud como lo demuestran las pruebas científicas generalmente aceptadas ante las autoridades competentes.

De Menezes *et al.* (2013), argumentan que los carbohidratos no disponibles como algunos oligosacáridos no se comportan de manera diferente a los que tienen 10 o más unidades de monómeros. Ambos tipos de carbohidratos son resistentes a hidrólisis por las enzimas digestivas humanas y proporcionan efectos beneficiosos para la salud que son comúnmente asociados con la fibra. Algunos de los beneficios fisiológicos relacionados con los oligosacáridos incluyen: la estimulación de la microbiota intestinal, en los colonocitos la

producción de ácidos grasos de cadena corta y reducción de pH intestinal; la reducción de las infecciones gastrointestinales; un descenso en respuesta a la insulina y captación de glucosa; y mejora el perfil de los lípidos en la sangre. Además, De Moura *et al* (2014), señalan que los oligosacáridos son bajos en calorías y son anticancerígenos; previenen y aminoran los síntomas de la diarrea, así como estimulan la absorción de minerales como el calcio, magnesio y hierro.

Una propuesta posterior para definir fibra dietaría señala que se deben incluir carbohidratos no digeribles de bajo peso molecular como los oligosacáridos que se comportan de manera similar a los polisacáridos que conforman la fibra dietaría en el cuerpo humano y tiene numerosos efectos beneficiosos sobre la salud intestinal. Los compuestos bioactivos como los polifenoles que son constituyentes de la fibra dietaría, y que el transporte de estos a través del tracto gastrointestinal y la producción de los metabolitos de la fermentación en el colon parecen ser importantes en la función fisiológica de la fibra dietaría (modulación del microbiota intestinal). Además, los oligosacáridos y los compuestos fenólicos asociados con la pared celular de los vegetales potencian los efectos beneficiosos de la fibra dietaría, ya que pueden impartir propiedades específicas a estos (como efectos prebióticos y antioxidantes) (Marlett *et al.* 2002).

b. Clasificación de la fibra dietaría

La forma más simple de clasificación de la fibra dietaría es de acuerdo al comportamiento en contacto con el agua y pueden ser: solubles e insolubles. También se puede clasificar de acuerdo al grado de fermentación por las enzimas de la microbiota del intestino grueso. (Baena y García 2012)

Las propiedades físico-químicas y funcionales de las fibras dietarías depende del grado de solubilidad y fermentación, las cuales tienen una relación muy estrecha, es así que las fibras dietarías de bajo peso molecular como aquellas que contienen 3 a 9 grados de polimerización se ubica a la inulina, son solubles y muy fermentables (Baena y García 2012). Además, las fibras de alto peso molecular mayores grados de polimerización son más fermentables entre las que se encuentra las pectinas y gomas guar (Vilcanqui-Pérez y Vílchez-Perales 2017).

En base a sus propiedades físicas y su efecto fisiológico en el organismo, la fibra dietaría se clasifica en fibra insoluble y fibra soluble.

b1. Fibra soluble

La fibra dietaría soluble en contacto con el agua forma un retículo donde queda atrapada, originando soluciones de gran viscosidad. Los efectos de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anti-carcinogénico. Está compuesta por pectinas, gomas, mucilagos y algunas hemicelulosas (Baena y García 2012). Alimentos que contienen fibra soluble son las leguminosas como fríjol, la avena (principalmente el salvado), la cebada y algunas frutas.

b2. Fibra insoluble

La fibra dietaría insoluble o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. También contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon. Se debe considerar además que el tamaño de la partícula de la fibra insoluble puede influir en su capacidad de captar agua por la fibra, la que afectaría por los procesos de fermentación que puede sufrir la fibra dietética en el intestino grueso (Slavin 2013). La fibra insoluble consiste principalmente en celulosa, hemicelulosa y lignina, este tipo de fibra se encuentra en el salvado de trigo, granos integrales y verduras

c. Recomendaciones de ingesta de fibra dietaría

La recomendación de ingesta de fibra dietaría para el adulto va entre el rango de 20-35g/día. Otros recomiendan la ingesta de fibra dietaría en base a la ingesta de energía, de 10 a 13g por 1000 Kcal, El etiquetado nutricional en EEUU recomienda ingesta de fibra dietaría de 25g/día para una dieta de 2000 Kcal/día o 30g/día para una dieta de 2500 Kcal/día.

(Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017)

En base a la edad del niño, la recomendación para ingesta de fibra dietaria para niños mayores de 2 años es aumentar la ingesta de fibra dietética en una cantidad igual o mayor a su edad más 5g /día y lograr ingestas de 25 a 35g/día después de los 20 años. No se han publicado

recomendaciones específicas para personas de edad avanzada, aunque una ingesta segura sería de 10 a 13 g de fibra dietética por 1.000 Kcal (Dahl y Stewart 2015).

Las actuales recomendaciones de consumo diario de fibra dietaria en diferentes países industrializados se encuentran dentro del rango de 18 a 38 g/día para personas adultas. Organismos internacionales como, FAO/OMS, recomiendan 25g/día cantidades necesarias para un tránsito intestinal saludable. Algunos países, como Singapur, EE. UU y Canadá, relacionan las recomendaciones de ingesta de fibra dietaría con la ingesta calórica, por lo que las cantidades recomendadas para hombres, mujeres y ancianos varían. Asimismo, en los EEUU y Canadá, la Academia Nacional de Ciencias y el Instituto de Medicina de USA, recomiendan el consumo de 25g/día para mujeres y de 38 g/día para hombres (Kranz *et al.* 2012; Dahl y Stewart 2015).

Para los niños, una recomendación sencilla es la efectuada por la Academia Americana de Pediatría (siglas en Ingles: AAP), que consiste en la suma de la edad del niño más 5 g de fibra/día). Por otro lado, la Academia de Nutrición y Dietética recomienda como ingesta adecuada de fibra dietaría de 14 g de fibra total por 1,000 kcal, o 25 g para mujeres adultas y 38 g para hombres adultos, según investigaciones que demuestran la protección contra la enfermedad coronaria (Kranz *et al.* 2012).

La Asociación Americana de Diabetes (sigla en inglés: ADA) recomienda el consumo de fibra dietaría en pacientes con diabetes tipo 2, hasta 50 g/día de los rangos normales; aunque se debe considerar que esta cantidad puede presentar limitaciones en la palatabilidad y problemas gastrointestinales secundarios (Dahl y Stewart 2015; OMS 2016)

2.1.2. Fibra dietaría y su relación con la salud

a. Efecto sobre sobrepeso y obesidad

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha catalogado la obesidad como un problema de Salud Pública, siendo uno de los principales factores de riesgo para enfermedades cardiometabólicas, causa importante de mortalidad en varios países. La obesidad se incrementa en la mayor parte de los países, tanto emergentes como desarrollados, se estima según cifras de

la OMS que existen 2,100 millones de personas adultas con sobrepeso y obesidad en el mundo, de las cuales el 30 por ciento son obesas (FLASO 2017).

El consumo de alimentos con bajo contenido de fibra dietaría, está relacionado con el sobrepeso y obesidad. Solano *et al.* (2009), realizaron un estudio de establecer asociaciones entre leptina e insulina sérica y pérdida de peso (antropometría) durante un régimen hipocalórico alto en fibra dietaría, concluyendo que la leptina fue significativamente mayor en obesos que en los con sobrepeso y en mujeres que en hombres, sin diferencias significativas por género para la insulina. El régimen basado en el consumo de fibra fue eficiente para lograr cambios en los parámetros antropométricos y bioquímicos, en especial, una disminución de la leptina

El sobrepeso y la obesidad se regulan con la ingesta de fibra dietaría, mediante tres mecanismos. El primer mecanismo está relacionado con los efectos físicos de la fibra dietaría, cuando se consume dietas con niveles altos de fibra éste prolonga el tiempo de masticado y permite la secreción de una mayor cantidad de saliva y jugos gástricos, lo que resulta en una expansión del estómago y el incremento de la saciedad. Asimismo, dietas con altos contenidos de fibra dietaría, desplazan la disponibilidad de calorías y nutrientes de la dieta, controlando el peso corporal (Slavin y Green 2007; Valencia y Román 2006). El segundo mecanismo está vinculado con los efectos fisicoquímicos de la fibra soluble, que proporcionan ciertos componentes de los alimentos como la avena, los β -glucanos, psyllium, pectinas, goma guar y otros; cuya característica es forman soluciones viscosas; las que impiden parcialmente el contacto entre las enzimas digestivas y los nutrientes, del mismo modo como lo hace con los ácidos biliares y la grasa. A través de este mecanismo la fibra dietaría también disminuye la digestión y absorción de nutrientes en el intestino delgado, movilizandoo el glucógeno y grasa como fuentes de energía logrando mantener los niveles adecuados de glucosa en la sangre ((Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017).

El tercer mecanismo, es relacionada con los efectos colónico hormonales, la fibra dietaría al ser fermentada por las bacterias extracelulares del colon la convierten en glucosa, la que a través de la ruta de glicólisis se convierte en piruvato, para posteriormente transformarse vía metabólica en ácidos grasos de cadena corta (AGCC), tales como ácido acético, propiónico y butírico. Los AGCC funcionan como potentes mediadores en células enteroendocrinas

secretoras de hormonas péptido similar al glucagón ejerciendo efectos anorexigénicos a nivel del sistema nervioso central, teniendo como resultado el incremento de la saciedad y la disminución del apetito. Asimismo, el 50 por ciento de fibra remanente, los gases y los AGCC generados durante su fermentación, son capaces de estimular el crecimiento en número de microorganismos del colon, aumentando el peso de las heces y produciendo el efecto anticancerígeno (Escudero y Gonzales 2006).

El consumo de fructooligosacáridos (FOS) llamada fibra funcional, estimula el crecimiento hasta por diez representaciones numéricas de las bifidobacterias, produciendo el “efecto prebiótico”. Algunas bifidobacterias liberan también grandes cantidades de ácido láctico que provoca la disminución del pH colónico, controla el crecimiento de bacterias perjudiciales y ayuda al huésped a eliminar el amonio tóxico. Asimismo, produce vitaminas, principalmente del complejo B (Escudero y Gonzales 2006; Slavin 2013).

b. Efecto sobre el nivel de colesterol en sangre

La fibra dietaría posee efectos sobre el metabolismo de los lípidos, y son las pectinas, la goma guar y la avena integral que ejercen un efecto hipocolesterolémico porque están relacionadas a su viscosidad. El mecanismo de acción se debe a la propiedad que tiene la fibra de ligar los ácidos biliares y disminuir la absorción del colesterol, incrementando la desviación del mismo hacia la síntesis de ácidos biliares. También se produce depleción de los ácidos biliares, al ser atrapadas por las fibras y eliminadas por las heces, obligando a la síntesis de nuevos ácidos biliares a partir del colesterol hepático disponible, lo que explica la reducción del colesterol y los niveles de lipoproteínas de baja densidad en la sangre (Slavin *et al.* 2009; Mudgil y Barack 2013).

Algunos estudios han demostrado que el consumo de avena, alimento rico en fibra dietaría soluble, produjo una reducción del 5 por ciento del colesterol-LDL en humanos, sin afectar el colesterol-HDL (Kranz *et al.* 2012).

Además, recientemente ha sido posible establecer que el consumo de dietas con alto contenido de fibra dietaría soluble como los llamado beta glucanos en avena y cáscara de psyllium, y los

fitosteroles producen más bajos niveles de colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (LDL), lo que disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, esto parece deberse en gran parte a los efectos de la fibra dietaría soluble sobre el metabolismo de los lípidos. Estas fibras dietarías solubles mencionadas han sido estudiadas suficientemente por la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) de EEUU por lo que autoriza que los alimentos cumplan con los requerimientos composicional y aporten 0,75g o 1,7g de ambas fibras solubles respectivamente por porción, para poder reducir el riesgo de enfermedades del corazón (Bernstein *et al.* 2013),

Shtriker *et al.* (2018), estudiaron el efecto de galactamanano y la pectina cítrica, que son fibras dietarías solubles que modifican la composición del microbiota intestinal y mejora el metabolismo de la glucosa y los lípidos, sobre un modelo de esteatohepatitis no alcohólica (NASH), se realizaron dos experimentos y utilizaron ratones machos de 7 a 8 semanas de edad. Las dietas utilizadas se basaron en una dieta alta en colesterol / colato (HCD), como el modelo nutricional NASH. Los ratones fueron alimentados con una dieta con o sin 15 por ciento de fibra-pectina cítrica (HCD-CP) o galactomanano (HCD-G) junto con la HCD. El daño hepático se evaluó mediante parámetros histológicos y bioquímicos. Concluyeron que en ratones con dietas modelo NASH, el galactomanano aumentó el daño hepático, pero mejoró el metabolismo de la glucosa, y hubo cambios en la composición del microbiota.

c. Efecto sobre diabetes tipo 2

La diabetes es un problema de salud pública y se estima que afecta a 415 millones de adultos en el mundo el 2015 y se prevé que esta estimación aumente a 640 millones para 2040, especialmente en países de ingresos mediano y bajos (Zheng *et al.* 2017). El consumo de alimentos ricos en fibra dietaría en forma natural, como producto enriquecido o purificadas son una excelente estrategia médica para reducir la hiperglucemia postprandial en pacientes con diabetes tipo 2. Los efectos del consumo de fibra dietaria están basados en la reducción de la densidad en calorías de los alimentos, tiempo prolongado de masticación, aumento de la saciedad, retraso en el vaciamiento gástrico y disminución de la velocidad de absorción de la glucosa en el intestino delgado, debido a que la fibra tiene la capacidad de adsorber y retener moléculas orgánicas tal como la glucosa y grasa (Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017).

Los estudios epidemiológicos y de intervención sobre la pérdida de peso, señalan que son claros los efectos beneficiosos que muestran la fibra dietaría en el metabolismo de la glucosa en la sangre y el colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL), mientras que hay datos menos consistentes que muestren efectos sobre el triglicérido plasmático y la presión arterial. Al atribuir, los efectos beneficiosos de algunos alimentos como frutas y verduras, únicamente a su contenido de fibra dietaría, es necesario realizar más investigaciones sobre el papel fisiopatológico de otros componentes dietéticos que contiene la fibra dietaría como los polifenoles y los fructooligosacaridos (Dahl y Stewart 2015; Slavin 2013).

Estudios de cohorte longitudinal a gran escala durante 14 años demuestran que las personas que comían más de 15 g de fibra dietaría por día tenían un menor riesgo de sufrir de diabetes, y que las personas que consumieron altas cantidades de fibra dietaría insoluble (más de 17 g / día) o fibra dietaría proveniente de cereales (más de 8 g / día) tenían menor riesgo de sufrir diabetes tipo 2, que las personas que tenían menores ingestas (Slavin 2013).

Estudios sobre la administración de 6 g de goma guar parcialmente hidrolizada (fibra soluble) en cada comida durante 12 meses, redujo significativamente los niveles de glucosa postprandial en el plasma y los triglicéridos; reducción del colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (siglas en Ingles: cLDL) y el incremento significativo del colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (siglas en Ingles: cHDL), atribuidos principalmente a la formación de la viscosidad del contenido del lumen que atrapa a los ácidos biliares y son excretados junto a las heces; de este modo se interrumpe la circulación entero hepática de estos compuestos (Kapoor *et al.* 2016; Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017).

Otro de los efectos benéficos que han sido atribuidos a la fibra es el mejoramiento de la curva de tolerancia a la glucosa en pacientes diabéticos, producido por la disminución del tiempo de vaciamiento gástrico que influye en la velocidad de absorción de los nutrientes, entre ellos la glucosa. En los últimos años se ha demostrado que la pectina hace más lenta la liberación gástrica de la comida ingerida, especialmente los azúcares. Así la glicemia post prandial podría aumentar más lentamente, con una respuesta consiguiente más lenta de la insulina.

Teóricamente, la pectina puede mejorar el control diabético al reducir la tasa de absorción del azúcar (Macagnan *et al.* 2016).

d. Efecto sobre el estreñimiento

El estreñimiento se define como el paso infrecuente de las heces o la dificultad para evacuar las heces. Se asocia con diversos síntomas, como heces duras, esfuerzo, sensación de bloqueo anorrectal, evacuación incompleta, malestar abdominal y distensión abdominal. La prevalencia de estreñimiento es del 15 por ciento en la población general, con una mayor proporción en la población femenina que masculina, y una mayor prevalencia en ancianos, especialmente mayores de 65 años (Bhairvi y Marsicano 2018)

La fibra dietaria es el componente importante en la dieta para la relajación normal del intestino. Esto se debe principalmente a la capacidad de la fibra para aumentar el peso de las heces, porque retiene agua y al aumento de la masa bacteriana por la fermentación. Las heces más grandes y suaves incrementan la facilidad de la defecación y reducen el tiempo de tránsito intestinal, lo que puede prevenir o aliviar el estreñimiento (Anderson *et al.* 2009).

En general, las fibras de cereal como el salvado de trigo son las más efectivas para aumentar el peso de las heces, debido a que tiene 45,6 por ciento fibra insoluble y 2,4 por ciento fibra soluble, lo que le proporciona una gran capacidad para el incremento de la masa y volumen fecal, y trae la reducción del tiempo de tránsito intestinal; debido a la estimulación mecánica, promoción de los movimientos regulares y al peristaltismo (Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017).

2.1.3. Principales propiedades funcionales de la fibra dietaria

Las propiedades funcionales más importantes de la fibra dietaria son el tamaño de partícula, la capacidad de hidratación, viscosidad, solubilidad, la capacidad de adsorber compuestos orgánicos y la fermentación. Estas propiedades se conocen estudiando la fibra dietaria *in vitro* y sirven como idea de su comportamiento *in vivo*, se modifican en función de factores como la madurez del alimento vegetal, tipo de cocinado, presencia de otros tipos de fibra, etc. (Zúñiga 2005; Valencia y Román 2006; Matos-Chamorro y Chambilla- Mamani 2010), que a continuación se describen:

a. Capacidad de hidratación

Es la cantidad de agua retenida por la pared celular de la fibra dietaria (Šarić *et al.* 2018), y su función está relacionada con los efectos fisiológicos sobre el tracto intestinal. Las condiciones ambientales como la temperatura, el pH, la fuerza iónica, la constante dieléctrica de la solución circundante y la naturaleza de los iones también pueden influir en las características de hidratación de la fibra conteniendo polielectrolitos (grupos cargados como el carboxilo en fibras ricas en pectina, grupos carboxilo y sulfato en fibras de algas (Dhingra *et al.* 2012).

Se ha reportado en diferentes investigaciones que la propiedad de hidratación de la fibra dietaria se expresa en la capacidad de absorción del agua (CAA), capacidad de retención del agua (CRA) y la capacidad de hinchamiento (CH), propiedades que proveen información útil para las aplicaciones tecnológicas, funcionales y nutricionales (Ma y Mu 2016; Vilcanqui-Pérez y Vílchez-Perales 2017).

a1. Capacidad de hinchamiento (CH)

La propiedad de hinchamiento es la capacidad de la fibra de aumentar su volumen en presencia de exceso de agua, y esto ocurre cuando los polisacáridos adoptan estructuras regulares y ordenadas como la celulosa o los arabinosilanos lineales absorbiendo agua (Bravo 1999; Baena y García 2012). En general, los constituyentes polisacáridos de las fibras dietéticas son fuertemente hidrófilos. El agua se mantiene en los sitios hidrófilos de la fibra en sí misma o dentro de espacios vacíos en la estructura molecular (Mudgil y Barak 2013).

El alto contenido de fibra dietaria insoluble, como la celulosa y lignina estaría influyendo en los valores de hinchamiento de la fibra por la formación de partículas y capacidad de retención de agua; asimismo, es en su mayoría no fermentable por la microbiota colónica y aumentan el volumen fecal. Dichos valores tendrían un efecto positivo en los tratamientos de constipación y reducción de peso (Zúñiga 2005; Mudgil y Barak 2013).

a2. Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA), es la cantidad de agua retenida por la fibra dietaría sin aplicación de una fuerza externa, se expresa como la máxima cantidad de agua, en ml, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua bajo la acción de una fuerza patrón. Los resultados se expresan en mililitros de agua por gramo de muestra seca (Bravo 1999; Zúñiga 2005). La capacidad de retención de agua de las fibras se asocia con un alto número de grupos hidroxilo capaz de formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua (Šarić *et al.* 2018).

La naturaleza de la matriz fibrosa y la forma como se encuentra ligada a las moléculas de agua son las características más importantes para capacidad de retención de agua, esta propiedad funcional está muy relacionada a su efecto laxativo que tienen la fibra dietaría por el grado de asociación con efectos saciantes como aumento del tamaño del bolo alimenticio, peristaltismo intestinal e incrementos del volumen y peso de la excreta (Zúñiga 2005; Alarcón *et al.* 2013).

En general, los valores para capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de agua son características clave de los polisacáridos insolubles. El agua unida a polisacáridos insolubles puede presentarse en dos formas: estar unida por la tensión superficial en los poros de la matriz o por enlaces de hidrógeno, enlaces iónicos y / o interacciones hidrófilas (Yaich *et al.* 2015).

b. Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO)

La capacidad de adsorción de moléculas orgánicas o capacidad de retención de aceite (CAMO) es la cantidad de aceite retenido por las fibras después de la mezcla, la incubación con aceite y la centrifugación (Elleuch *et al.* 2011). La capacidad de retención de aceite se define también como la cantidad de aceite retenido por la fibra en las condiciones definidas del tratamiento y se determina principalmente por las propiedades de la superficie, la densidad de carga global y la naturaleza hidrófila de los componentes de la fibra dietaría (Karaman *et al.* 2017).

La capacidad de la fibra dietaría de unirse o intercambiar iones puede explicar la forma como secuestrar los ácidos biliares por interacciones hidrofóbicas y/o iónicas en las que están implicados los iones calcio y aluminio. La capacidad funcional de diferentes fibras dietarias de secuestrar e incluso unirse químicamente a sustancias orgánicas como ácidos biliares, colesterol y sustancias cancerígenas es importante para demostrar los efectos fisiológicos que se le atribuyen a la fibra (Valencia y Román 2006; Ramírez y Pacheco 2009; Alarcón *et al.* 2013).

La fibra dietaría que contiene altos niveles de ácidos urónicos o ácidos fenólicos tienen la capacidad de secuestrar e incluso unirse químicamente a los ácidos biliares e incrementar la excreción fecal de ácidos biliares lo cual puede tener un efecto hipocolesterolémico (Guillon y Champ 2000; Tosh y Yada 2010; Dhingra *et al.* 2012).

Además, las condiciones ambientales (tiempo de exposición, el pH), las formas físicas, químicas, las propiedades de superficie y la naturaleza de los ácidos biliares también influyen en la capacidad de adsorción con la fibra (Tosh y Yada 2010; Dhingra *et al.* 2012).

La capacidad de retención de aceite también es una propiedad importante para los ingredientes utilizados en la formulación y estabilización de alimentos con alto porcentaje de grasa y emulsión. Así, las fibras insolubles pueden retener hasta cinco veces su masa en aceite. Esta propiedad ha sido utilizada en alimentos como los productos cárnicos cocidos, mejorando la retención de grasa que normalmente se pierde durante la cocción. Puede ser beneficioso para la retención de sabor y la tecnología de mejora de rendimiento. (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010; Yaich *et al.* 2015).

c. Viscosidad

La viscosidad es una propiedad fisicoquímica asociada a la fibra dietaría especialmente fibra dietaría soluble, como gomas, pectinas, psyllium y glucanos. La viscosidad, o capacidad de formación de gel, está relacionada con la capacidad de una fibra para absorber agua y formar una masa gelatinosa. Las fibras solubles en agua son el componente principal que aumentaría la viscosidad de una solución (Mudgil y Barak 2013).

Las fibras solubles forman geles, incrementando la viscosidad de los contenidos del tracto gastrointestinal. Debido a su naturaleza viscosa, los geles parecen responder más a los sólidos que a los líquidos en el tracto gastrointestinal. Este fenómeno puede explicar el retraso del vaciamiento gástrico a menudo asociado con la ingestión de fibras. Los geles también pueden proporcionar lubricación a las heces (Dikeman y Fahey 2006; Elleuch *et al.* 2011).

A mayor aumento del peso molecular y la longitud de la cadena como la goma guar, también se incrementa la viscosidad en la solución de la fibra dietaria. Asimismo, esta propiedad depende de la concentración, temperatura, pH de la fibra dietaria en la solución, y las condiciones del esfuerzo de corte. La viscosidad aumenta con una mayor concentración de fibra pero disminuye con la temperatura de una solución de fibra dietética (Guillon y Champ 2000; Elleuch *et al.* 2011).

Un rol importante para los efectos fisiológicos y bioquímicos en el tracto gastrointestinal de la fibra dietaria soluble (gomas, pectinas, psilium y glucanos) es de absorber agua y formar una masa gelatinosa, que está relacionada con la formación de viscosidad y geles en el contenido estomacal porque reduce el vaciamiento gástrico y el contacto físico entre las enzimas digestivas y los nutrientes, los cuales son arrastrados por la materia fecal sin haber sido digeridos y absorbidos a través del intestino. Los geles también pueden proporcionar lubricación a las heces (Guillon y Champ, 2000; Mudgil y Barack 2013; Vilcanqui-Peréz y Vilchez-Perales 2017).

El efecto de la fibra dietaria soluble sobre el metabolismo de los lípidos se relaciona con una reducción en la absorción intestinal de ácidos biliares y lípidos de la dieta como resultado del aumento del volumen del contenido intestinal y la formación de una matriz de gel en presencia de polisacáridos viscosos como gommas y pectinas. La interferencia con la absorción intestinal de lípidos se produce, lo que resulta en un aumento de la excreción de grasa (Dzicova *et al.* 2005).

La viscosidad que imparte la fibra dietética soluble es una propiedad importante en la tecnología de alimentos (pectinas, hemicelulosas, gommas), las cuales pueden ser usadas como agentes espesantes, así por ejemplo la harina de guayaba y el Vitacel presentaron una mayor viscosidad,

quizás por tener un mayor contenido de fibra soluble, y en el caso de la harina de guayaba pudiera deberse al contenido de pectina que caracteriza a esta fruta (Ramírez y Pacheco 2009).

2.2. Sobre cáscara de habas

Las habas es una importante leguminosa nutritiva, con un alto contenido de proteínas y cantidades significativas de carbohidratos complejos digeribles y no digeribles con grandes beneficios para salud. La producción mundial anual de habas es de 4,6 millones de toneladas, siendo China, Etiopía, Australia, Francia y Egipto los principales productores (Çalışkantürk et al. 2017; FAOSTAT 2018).

Las habas son utilizadas principalmente para alimento humano; éstas se consumen en una variedad de formas; como habas frescas puede ser consumida cruda o cocida como un vegetal. Sin embargo, la mayoría de las habas se consumen en forma seca en diferentes preparaciones culinarias en países de medio Oriente y Latinoamérica. Como un aperitivo o “snack” picante preparado a partir de habas fritas es popular en China, Malasia, Colombia, Perú, Guatemala, México, Irán y Tailandia (Çalışkantürk et al. 2017).

La semilla entera de las habas tiene tres partes básicas y diferentes: la cubierta o testa o cáscara, el cotiledón y el eje embrionario que, en promedio, representan el 15 por ciento, 84 por ciento y 1 por ciento, respectivamente, del contenido de semilla. El cotiledón contiene las principales sustancias de reserva, básicamente proteínas y carbohidratos. En la cáscara o testa, que actúa como barrera protectora para el cotiledón, se encuentran la mayoría de los compuestos funcionales de alimentos como las sustancias fenólicas, la fibra dietaria y los minerales, de tal manera que el consumo de la semilla con su cáscara (semilla entera) tiene beneficios nutricionales adicionales (Dueñas et al. 2002; Çalışkantürk et al. 2017).

2.2.1. Valor nutricional de la semilla, cotiledones y cáscara de habas

Se ha analizado la composición química de la semilla completa, así como de cada una de sus partes constituyentes. Los cotiledones de la semilla poseen más del 90 por ciento de las proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales, mientras que la cáscara contiene la mayoría

de la fibra dietaria (9 por ciento) y los compuestos funcionales o bioactivos (Goyoaga 2005). Estas sustancias bioactivas que se encuentran en la cáscara no son consideradas nutrientes, pero ejercen beneficios metabólicos al cuerpo humano e incluyen las fibras dietarias, almidones resistentes, polifenoles y fitoesteroles (Singh *et al.*, 2016). Sin embargo, las proporciones de la cubierta de la semilla muestran una gran variabilidad genética y ambiental tanto entre las especies como dentro de ellas (Zhong *et al.* 2018).

La proporción de los componentes físicos y químicos de la semilla de habas como cáscara y cotiledones (incluida el eje embrionario) expresadas en porcentaje, fueron publicados por Daroch (2002), Marquardt *et al.* (1975), Vetter (1995), Güzel y Sayar (2011) y Zhong *et al.* (2018), quienes demuestran que el porcentaje promedio de la cáscara de habas con respecto a la semilla completa es de 13.37 por ciento y los cotiledones de 86.63 por ciento.

En base al porcentaje promedio de la cáscara de habas y en base a la producción nacional de habas, se puede presumir que producción nacional de cáscara de habas (MINAGRI 2017) como subproducto, sería aproximadamente de 26000 Kg que puede ser utilizada como una gran fuente de fibra dietaria y un potencial para diversos beneficios fisiológicos, como los relacionados con actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Zhong *et al.* 2018).

Fibra cruda y fibra dietaria

La fibra cruda que contiene la cascara o testa de las habas es alto, con un 53,5 por ciento, con una menor proporción en los cotiledones de 1,4 por ciento y hasta un 8,5 por ciento en la semilla entera; teniendo una mayor cantidad de celulosa en la cáscara o testa con un 45,22 por ciento (Rowland 1977; Daroch 2002). Rowland (1977), demuestra que la semilla entera de *Vicia faba* var. *major* contiene entre 6,59 por ciento - 7,03 por ciento de fibra cruda. Marquardt *et al.* (1975), señalan que la semilla de *Vicia faba* var. *minor* contiene entre 7,7 - 9,3 por ciento, por lo que se encuentran diferencias significativas en el contenido de fibra cruda entre variedades.

Las habas tienen cantidades de fibra cruda más altas que otras leguminosas, y ésta se encuentra principalmente en la cáscara o testa de la semilla. Al retirar de la semilla la cáscara se

disminuye la cantidad de fibra cruda, de este modo aumenta el contenido de energía metabolizable y el valor nutricional de las harinas de esta leguminosa (Rowland 1977; Daroch 2002).

La cáscara o testa de la semilla entera en peso seco contiene un 53,5 por ciento de fibra cruda (Rowland, 1977), Farouk (1982), citado por Daroch (2002), señala que la reducción en el tamaño de la semilla está relacionado a una reducción del espesor de la cáscara o testa, así como el contenido de fibra cruda. Rowland (1977), demuestra que los diferentes cultivos de habas difieren significativamente en el grosor de la cáscara, la cual mediante análisis de regresión puede proporcionar una predicción parcial del contenido de fibra cruda de la semilla.

El contenido de fibra dietética de leguminosas y productos de leguminosas puede variar según la variedad, las condiciones ambientales, las prácticas agronómicas, la interacción ambiental y las diversas operaciones de procesamiento de alimentos (domésticas e industriales) (Khatoon y Prakash 2004).

Los valores de “fibra dietaría Soluble (SDF)” y “fibra dietaría insoluble (IDF)” varían según la variedad de leguminosas. El contenido IDF de la mayoría de las legumbres es mayor en comparación con el contenido SDF, es así, que en un estudio se encontró que el contenido de IDF de guisantes verdes y garbanzos fue de 28 y 20 por ciento, respectivamente, mientras que su contenido de SDF fue de 1.73 y 1.51 por ciento respectivamente (Mallillin *et al.* 2008).

Khatoon y Prakash (2004), estudiaron la composición de fibra dietética de ocho leguminosas enteras, entre ellas se encontraba las habas (*Vicia faba*). Observaron que la fracción de fibra soluble de las leguminosas oscilaba entre el 0,61 por ciento y el 2,37 por ciento de la fibra dietética total, siendo la más alta en frijoles franceses y la más baja en lentejas.

Asimismo, Tiwari y Cummins (2011), mostraron que el contenido de fibra insoluble de las leguminosas era significativamente mayor que el de la fibra soluble. Kaya *et al.* (2017), reportan que el contenido de fibra dietaría total y sus componentes fibra soluble e insoluble en las cáscaras de habas es mayor que en los cotiledones e inclusive la semilla entera.

2.2.2. Investigaciones sobre cáscara de habas

Se estudiaron las composiciones de ocho cultivares de habas (*Vicia faba* L. var. Minor) que fueron seleccionadas de seis localidades en Manitoba y Saskatchewan. La composición porcentual promedio de los componentes de cotiledón y cáscaras de habas, fueron marcadamente diferentes: proteína, 36.3 y 5.9; grasa, 1.1 y 0.3; fibra, 1.4 y 53.5; ceniza, 3.5 y 2.5; calcio, 0.05 y 0.38; y fósforo, 0,64 y 0,08, respectivamente (Marquardt *et al.* 1975).

El contenido de aminoácidos por unidad de proteína de los ocho cultivares no fue significativamente diferente, la composición de aminoácidos de la cáscara fue significativamente diferente al del cotiledón, particularmente, con respecto a los niveles de arginina, ácido glutámico, glicina y tirosina.

Los aislados de proteínas y las fracciones de almidón se obtuvieron por clasificación de aire; hubo mayores niveles de proteína, grasa, fibra, ceniza, fósforo, hemaglutinina e inhibidor de la tripsina en la fracción de proteína, pero los niveles de almidón y calcio fueron mayores en la fracción de almidón. Los niveles de hemaglutinina e inhibidor de tripsina mostraron una variación considerable entre los cultivares. La distribución en la cáscara y el de cotiledón también fue diferente. Toda la actividad de la hemaglutinina se asoció con el cotiledón, y el contenido de inhibidores de tripsina por unidad de materia seca fue más del doble en la cáscara que en el cotiledón.

Rowland (1977), en su estudio sobre el grosor de las semillas y fibra cruda de semillas de habas encontró que hubo diferencias significativas entre 49 cultivares de; con respecto al porcentaje de fibra bruta de semilla, espesor de la cáscara de semilla, peso de 1000 semillas y contenido de proteína de semilla.

El peso de 1.000 semillas se correlacionó negativamente con la fibra bruta de la semilla ($r = 0.52$) y positivamente con el espesor de la cáscara de la semilla ($r = 0.66$). El análisis de regresión múltiple paso a paso mostró que el grosor de la cubierta o cáscara de la semilla podría proporcionar una predicción parcial de la fibra bruta de la semilla.

Jansman *et al.* (1993), en un experimento con lechones jóvenes (8-17 kg), estudiaron los efectos de los taninos condensados de las cáscaras de habas sobre la digestibilidad de nutrientes fecales, la utilización de N, el peso de órganos y algunos otros parámetros fisiológicos. Las cáscaras de una variedad de flores blancas (cv. 'Blandine') con un bajo contenido de taninos condensados (menos de 0.10 por ciento de equivalentes de catequina) y de una variedad de flores de colores (cv. 'Alfred') con un alto contenido de taninos condensados (3.3 por ciento de equivalentes de catequina) se incluyeron a un nivel de 200 g/kg en las dietas experimentales 2 y 3, respectivamente. En una ración control (Dieta 1) se incorporaron cáscaras de guisantes autoclavada (120 ° C, 20 min), a un nivel de 152 g/kg.

Las dietas se equilibraron según los contenidos calculados de energía neta, proteína cruda ($N \times 6.25$; CP), lisina, metionina más cistina, treonina, triptófano, vitaminas y minerales. Se concluyó que los taninos condensados de cáscaras de habas en dietas para lechones ejercen efectos anti-nutricionales al reducir la digestibilidad aparente de los nutrientes, en particular de proteínas y aminoácidos. Esto puede disminuir la retención de N y el crecimiento en cerdos. Los taninos condensados de frijol Faba no parecen causar efectos sistémicos, cuando el contenido de la dieta no supera el 0,6% de equivalentes de catequina.

Vetter (1995) investigó los diferentes componentes químicos en las semillas y en la cáscara de habas. Las semillas contenían una proteína cruda relativamente alta (27,5 por ciento), un contenido bajo en grasa cruda (3,36 por ciento) y la concentración de lignina era bajo (2,65 por ciento).

La cáscara de las semillas tiene una alta concentración de fibra y es una fuente significativa de calcio (1,86g/Kg). La concentración de macroelementos más alta en las semillas molidas fueron K, P y Mg. Los principales microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn) tienen concentraciones significativamente más altas en las semillas que en la cáscara. La composición de aminoácidos de las semillas es positiva (comparado a los valores de Lupino blanco), la tasa de aminoácidos esenciales es buena. La concentración de antinutrientes orgánicos constituyentes examinados, especialmente de alcaloides, es bajo. En base a los análisis químicos, la producción y utilización de semillas de habas es recomendada.

El objetivo del estudio de Kaya *et al.* (2017), fue comprender los efectos de diferentes condiciones de ultrasonido en la fibra dietética, ácido fítico, contenido de fenólicos totales, capacidad de absorción de agua y aceite, capacidad antioxidante y composición de ácido fenólico de las cáscaras de lentejas verdes y rojas, habas y arvejas. El contenido de fibra dietética total más alto y más bajo se observó en las cáscaras de lentejas rojas y de habas, respectivamente. El contenido de fibra dietaria insoluble de las cáscaras de leguminosa no tratadas estuvo por encima del 66 por ciento, independientemente del tipo de leguminosa. El contenido de ácido fítico de las cáscaras de las leguminosas osciló entre 1.37 y 1.66 mg /g y no se vio afectado por el tipo de leguminosa, ni por el tratamiento con ultrasonido. Se encontraron correlaciones altas y significativas entre el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante equivalente de Trolox, las cuales mostraron valores más altos para las cáscaras de lentejas.

Los ácidos protocatéquicos, p-cumáricos y ferúlicos ya sea en forma libre o unida (hidrolizable) estaban presentes en las cáscaras de todas las leguminosas. Las muestras tratadas con ultrasonido mostraron contenido fenólico total y valores capacidad antioxidante equivalente en trolox significativamente más bajos en comparación con el control para cáscaras de lentejas.

Çalışkantürk *et al.* (2017), realizaron estudios in vitro para evaluar los beneficios nutricionales particulares de la semilla entera de haba y el revestimiento de semilla de haba o cáscara de habas y encontraron que contenido de fibra dietética para ambas fracciones fue de 27.5 por ciento y 82.3 por ciento, respectivamente. La cáscara de habas contenía sustancias fenólicas totales mucho más altas, taninos condensados y actividad antioxidante total que la semilla entera. También se estudiaron las capacidades de unión a ácidos biliares (BA) de muestras digeridas in vitro y productos nutricionalmente importantes producidos por la fermentación. Las capacidades de unión a BA de semilla entera y la cascara de habas fueron 1.94 y 37.50 $\mu\text{mol} / 100 \text{ mg}$, respectivamente .

Los ácidos biliares totales unida a la cáscara de habas fue incluso más alta que la colestiramina estándar positiva. Se encontró que la lignina y otros constituyentes del residuo de Klason (taninos, la cutina y los productos proteináceos) influyen en las propiedades de unión a BA. Además, la extensión del proceso de fermentación in vitro mostró que la fermentabilidad del

residuo de la cáscara de habas fue significativamente menor que la del residuo de la semilla entera. En general, el frijol faba, especialmente su cáscara de semilla, tiene un gran potencial como alimento funcional.

Zhong, J., *et al.* (2018), señalan que la cubierta de la semilla es un subproducto importante del procesamiento de las leguminosas, y sus únicos mercados son los piensos para rumiantes de bajo valor y el uso muy limitado en alimentos ricos en fibra. Diversos estudios han sugerido que este subproducto subutilizado tiene un mayor potencial como una "fibra dietética nutritiva" novedosa y natural que se puede usar como un ingrediente alimentario funcional. Esta revisión analiza las funcionalidades bioquímicas y fisicoquímicas de las cáscaras de semillas de seis leguminosas importantes a nivel mundial: garbanzos, arvejas, habas, lentejas, frijol mungo, con un énfasis especial al emergente alimentario leguminosa lupino. Se resumen las modificaciones de los procesos alimentarios y las aplicaciones alimentarias recientes de las cáscaras de semillas. Se discute la biodisponibilidad de los compuestos de la cáscara de la semilla y las cáscaras de la semilla de lupino contaminadas con fomopsinas como un ejemplo típico de problema de seguridad.

Kaya *et al.* (2018), el estudio que realizaron fue de sustituir a los fideos turcos (eriste) con cáscaras de lentejas verdes, lentejas rojas, habas y de guisantes a niveles de 2,5, 5 y 10 por ciento. Se investigaron los efectos de la sustitución en la composición proximal, la composición mineral, el color, las propiedades de cocción, los contenidos de tiamina y riboflavina, la textura y las propiedades sensoriales de los fideos. Encontraron que el contenido de ceniza, fibra dietética, Ca y Mg de los fideos aumentó significativamente con la sustitución de cáscaras de las leguminosas, independientemente del tipo de cáscara en comparación con el control. Los valores de luminosidad o brillo (L^*) de los fideos mostraron una tendencia decreciente en general al aumentar la sustitución con cáscara de leguminosa, excluyendo la cáscara del guisante. Además, los fideos sustituidos por la cáscara de habas a un nivel del 10 por ciento mostraron los valores más altos de dureza, gomosidad y masticabilidad. La sustitución de cáscara de guisante hasta un 10 por ciento no afectó significativamente las puntuaciones sensoriales (apariencia, textura y aceptabilidad general) de los panelistas.

2.2.3. Investigaciones de semillas, cáscara de habas y su relación con la salud

Frühbeck *et al.* (1997), examinaron el efecto hipocolesterolémico y los cambios hormonales resultantes de 30 días de suplementación con harina de habas de dietas para hombres jóvenes (18-21 años de edad) con valores de colesterol en suero en el límite alto o valores altos. Después de 30 días, los valores séricos de glucosa, insulina, triacilglicerol, LDL- colesterol y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) fueron significativamente más bajos que los valores iniciales en todos los sujetos que consumieron dietas que contenían harina de habas.

La ingesta de leguminosas también dio lugar a un aumento en glucagón y lipoproteínas de alta densidad-colesterol. Los resultados sugieren que el efecto hipocolesterolémico de la ingesta de habas depende al menos en parte de un aumento concomitante de glucagón y disminución de los valores de insulina. La reducción más marcada en las concentraciones de triacilglicerol y VLDL-colesterol en los sujetos que consumieron habas crudas indica una coparticipación de sus componentes termolábiles.

Macarulla *et al.* (2001), realizaron un estudio para analizar la eficacia hipocolesterolémica de un aislado de proteína habas en relación con la leguminosa intacta. Las ratas hipercolesterolémicas se dividieron en tres grupos (n10 x 3) y se alimentaron con dietas alta-grasas ricas en colesterol conteniendo caseína, semillas enteras de *Vicia faba* o el aislado proteico de habas como fuente de proteínas, durante 2 semanas ad libitum. El aislado de proteína se preparó mediante precipitación isoeléctrica y se secó por pulverización. Las ratas alimentadas con las dietas de habas mostraron pesos corporales y consumos de energía significativamente más bajos que las ratas alimentadas con dietas de caseína. La dieta integral indujo una reducción significativa en el plasma de triacilglicerol.

La alimentación de ratas con dietas que contenían semillas de haba, o el aislado de proteína, indujo una disminución significativa en el colesterol (LDL + VLDL), pero no en el colesterol HDL. El colesterol hepático y el triacilglicerol también se redujeron. Los efectos hipocolesterolemiantes de habas no fueron el resultado de una reducción en la síntesis de colesterol según se evaluó a partir de la actividad de la HMG-CoA reductasa, sino el resultado de un aumento en la excreción fecal de esteroides. El aislado de proteína de frijol faba obtenido

en estas condiciones experimentales fue útil para mejorar las alteraciones metabólicas inducidas por la alimentación con una dieta hipercolesterolémica en comparación con la caseína. La efectividad de toda la semilla fue mayor que la de la proteína aislada.

Juskiewicz *et al.* (2006), realizaron el estudio sobre la influencia de la suplementación dietética (5 por ciento) de una dieta de caseína, con semillas de habas, cáscaras de habas y oligosacáridos de habas extraídos de cotiledones sobre el metabolismo del ciego, se usaron ratas Wistar. En las ratas que reciben la dieta con semillas y sus fracciones (cáscaras y oligosacáridos), se registró un mayor peso del tejido cecal (especialmente en el tratamiento con oligosacáridos), en comparación con el grupo control.

Una acumulación significativamente mayor de digesta se observó solo en el caso del grupo de oligosacáridos. La más alta hidratación de la digesta así como la actividad de la β -glucuronidasa bacteriana se realizó en el grupo control. La más alta actividad de la β -glucosidasa se observó en el grupo alimentado con una dieta que contenía semillas de habas enteras. La adición de oligosacáridos a una dieta se asoció con las actividades más altas de α glucosidasa y α galactosidasa, la mayor producción de ácidos grasos de cadena corta en el ciego, así como la composición más beneficiosa de ácidos particulares. Las semillas y las cáscaras de habas adicionada a la dieta no incrementan la acidez de la digesta, así como la producción de ácidos grasos de cadena corta en el ciego, pero también decrece benéficamente la actividad de la β -glucuronidasa en comparación al grupo control.

Siah *et al.* (2012), realizaron el estudio de tres genotipos de habas cultivadas en Australia para valorar las propiedades funcionales, incluidas las capacidades antioxidantes y quimiopreventivas, así como los efectos inhibitorios sobre la enzima convertidora de angiotensina (ECA), la α -glucosidasa y la lipasa pancreática, las que se investigaron utilizando una matriz de ensayos *in vitro*.

El tostado redujo el contenido fenólico y disminuyó la actividad antioxidante en un 10 a 40 por ciento. El ensayo de actividad antioxidante basado en el cultivo celular (actividad antioxidante celular) mostró un aumento de la actividad en los genotipos coloreados después del tostado.

Los extractos de habas demostraron la capacidad de protección celular contra el daño al ADN inducido por H₂O₂ (evaluado utilizando células RAW264.7) e inhibieron la proliferación de todas las líneas celulares de cáncer humano (BL13, AGS, Hep G2 y HT-29) evaluadas. Sin embargo, el efecto de los extractos de habas en las células humanas no transformadas (CCD-18Co) fue insignificante. Los análisis de citometría de flujo mostraron que los extractos de habas inducían con éxito la apoptosis de células HL-60 (leucemia promielocítica aguda). Los extractos de las habas también mostraron actividades inhibitorias de la enzima convertidora de angiotensina, la α -glucosidasa y la lipasa pancreática.

Boudjou *et al.* (2013), realizaron el estudio de las semillas de dos subespecies de habas y lentejas, las cuales las separaron en cotiledones y cáscaras, y se determinó la actividad antioxidante en relación con su contenido fenólico. Las cáscaras siempre exhibieron una alta actividad antioxidante, medida con los ensayos de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), actividad reductora (RP), actividad antirradical (DPPH) o capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). El extracto acuoso de etanol (80 por ciento) de las cáscaras de lentejas exhibió altas actividades antioxidantes y antiinflamatorias, inhibiendo preferentemente 15-LOX (IC₅₀, 55 μ g / ml), con moderada COX-1 (IC₅₀, 66 μ g / ml) y COX-2 (IC₅₀, 119 μ g / ml) efectos inhibitorios sobre la Vía de la COX (ciclooxigenasa); mientras que los extractos de cáscara de haba ejercían una actividad inhibitoria de la vía LOX (lipooxidasa) relativamente leve.

Mehran (2013), en su estudio señala que las habas germinadas son una fuente rica de levodihidroxi fenilalanina (L-dopa), el precursor de la dopamina, y ahora se están investigando para su uso en el manejo de la enfermedad de Parkinson. Los resultados de este estudio indican que las habas son una buena fuente de L-dopa natural y C-dopa. La cuantificación de esta capacidad según la etapa y la parte de la planta podría ser adecuada para aplicaciones en la industria alimentaria y en la medicina de plantas. El consumo de habas puede aumentar los niveles de L-dopa y C-dopa en la sangre, con una mejora notable en el rendimiento motor de los pacientes con enfermedad de Parkinson, sin efectos secundarios.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Los análisis físicos y propiedades funcionales de la harina de cáscara de habas fueron determinadas en el Laboratorio de Química Analítica y Formulación de Bebidas Funcionales, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho – Lima.

Los análisis de fibra dietaria y sus fracciones se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Industrias alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

El ensayo biológico con ratas Holtzman, provenientes del Bioterio de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, se llevó a cabo en las instalaciones acondicionadas en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Bromatología y Nutrición, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Lima .

3.2. Materia prima

- Las habas (variedad mayor) procedente de la localidad de Yunguyo-Puno, fue adquirida en el Mercado Mayorista de la Ciudad de Lima. La cáscara de habas fue obtenida mediante el proceso que se describe en este estudio (Anexo I).
- Harina de Cebada o mashica de la localidad de Huaraz fue obtenida en el Mercado Central de la localidad de Huacho.
- Alimento para ratas Holtzman fue obtenida del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos- Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Loperamida clorhidrato de 2 mg – Laboratorio FARMACOM.

3.3. Equipos

- Viscosímetro marca Fungilab modelo Evo export
- Centrifuga Universal MPW251
- Agitador Vortex Mixer modelo VM-300
- Balanza Analítica OHAUS
- Máquina moladora marca Corona
- Calibrador Vernier marca Somet 1/20
- Estufa Labor
- Balanza dietética marca Soehnle
- Licuadora Osterizer, modelo 250-22 de 3 velocidades
- Pipetas automáticas 5, 10 ml
- Tubos de centrifuga de 15 cm
- Tostador de cerámica o tiesto
- Juego de tamices
- Jaulas metálicas individuales de mallas galvanizadas para ratas
- Comederos y Bebederos para ratas

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Propiedades morfológicas y físicas de la semilla de habas

Las propiedades morfológicas y físicas de la semilla entera y cáscara de habas se determinaron utilizando el método de Giami (2001) que fueron las siguientes:

a. Peso de 100 semillas

Se seleccionaron 100 semillas al azar con una humedad de 12-14 por ciento, se pesaron en una balanza analítica y se registró en gramos (g).

b. Porcentaje de cáscara de semilla

Se tomaron 25 semillas enteras secas, se pesaron y se remojaron en 100 ml de agua destilada durante 2 horas a temperatura ambiente ($29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$). Las cáscaras de las semillas se retiraron

manualmente, se escurrieron y se secaron con papel toalla, se pesaron las cáscaras en húmedo luego colocaron en papel en una superficie plana al medio ambiente ($29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) hasta obtener peso constante. Esta determinación se realizó siguiendo el método de Giami (2001), con ligeras modificaciones.

c. Dimensiones

Las dimensiones de las semillas (longitud, anchura y espesor), se midieron utilizando un calibrador Vernier Somet 1/20, tal como se muestra en la Figura 2

d. Grosor de la cáscara

El grosor de la cáscara de la semilla se midió utilizando un calibrador Vernier Somet 1/20 después de retirar la cáscara de los granos, de acuerdo al método dado por Sayar et al (2001).

3.4.2. Composición químico proximal

El análisis químico proximal de la harina de cáscara de habas se realizó mediante los métodos oficiales según AOAC (1995).

3.4.3. Fibra dietaría: fibra soluble e insoluble:

La fibra dietaría y sus componentes: fibra soluble y fibra insoluble se determinaron mediante el método 991-431 de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1995). La muestra seca y molida se trató en forma consecutiva con las enzimas α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa para remover el almidón y la proteína.

El hidrolizado obtenido fue filtrado y el residuo como la fibra dietética insoluble (FDI), fue lavado con agua caliente, secado y pesado. Para la fibra dietética soluble (FDS), se combinó el filtrado y el agua de lavado para precipitarlo con alcohol, filtrarlo, secarlo y pesarlo. Los valores del residuo de FDI y FDS son corregidos por los valores de proteína, cenizas y un blanco. La fibra dietética total (FDT) corresponde a la suma de FDI y FDS.

3.4.4. Propiedades funcionales de la fibra dietaría

a. **Capacidad de hinchamiento (CH):** Se pesaron dos g de cada muestra en una probeta graduada de 25 ml y se midió el volumen ocupado por las fibras (V_o) (mL); se adicionaron 10 ml de agua destilada y se agitó manualmente durante 5 min. Se dejó en reposo durante 24 horas

a temperatura ambiente. Posteriormente se midió el volumen final de las muestras (V1) (mL). La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{V1 - V0}{\text{Peso muestra}}$$

b. **Capacidad de retención de agua (CRA):** En tubos de centrífuga se pesaron 0,5g de cada muestra (Po) (g), se adicionaron 10 ml de agua destilada y se agitaron manualmente durante 10 minutos; se dejó durante 24 horas a temperatura ambiente; se centrifugó a 3000 r.p.m durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1) (g) La CRA (por ciento) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{P1 - P0}{P0} \times 100$$

c. **Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas CAMO):** En tubos de centrífuga, se pesaron 0,5g de muestra separadas (Po)(g), se adicionaron 10 ml de aceite de girasol comercial y se agitó manualmente durante 10 minutos, luego se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 r.p.m durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1) (g).

La CAMO (mL/g) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CAMO = \frac{P1 - P0}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

d. **Viscosidad (η):** De cada una de las muestras se pesaron seis g y se les adicionó agua destilada hasta completar 100 ml. Se midió la viscosidad con un viscosímetro Fungilab modelo Evo export, utilizando una aguja calibrada, a temperaturas de 20°C y de 80°C. Los resultados obtenidos se expresaron en milipascales (mPas).

3.5. Ensayo biológico con ratas Holtzman

Se realizaron en dos etapas:

a. Primera etapa: Causar estreñimiento inducido experimentalmente en las ratas.

a.1. Instalaciones y materiales

Los animales de experimentación fueron alojados en 20 jaulas individuales de acero inoxidable con medidas de 30x20 cm con piso de malla, en las que se colocaban comederos de vidrio de 30g de capacidad bien asegurados; asimismo, se ubicó en la parte externa ligeramente superior de la jaula un bebedero de vidrio de 250 ml, el cual estaba conectado con el interior de la jaula con tubo de vidrio de 5 mm. Las jaulas se ubicaron en una habitación con temperatura controlada de 20-22 °C con un sistema de ventilación en el día de 12 horas y un sistema de calefacción de noche de 12 horas y con un ciclo de luz-oscuridad de 12h.

a.2. Animales de experimentación

Para el experimento se utilizaron 20 ratas albinas machos de raza Holtzman de 23 días de nacidas, las que fueron distribuidas al azar en 4 grupos de 5 animales por grupo (4x5), cada animal se colocó en jaulas individuales. Todos los grupos a excepción del grupo control, recibieron la dieta experimental de estreñimiento.

a.3. Tratamientos:

Tratamientos	Condiciones del tratamiento
Tratamiento 1	Dieta basal 58.30 por ciento (sin cebada) + 0.7mg /día Loperamida
Tratamientos 2, 3 y 4	Dieta de estreñimiento 38.89 por ciento dieta basal + 38.72 por ciento harina cebada + 0.7mg /día Loperamida

La composición nutricional de la dieta basal o dietas diseñados para causar estreñimiento de las ratas se presentan en los Cuadros 1 y 2, respectivamente.

Cuadro 1. Composición nutricional de “dieta basal” para ratas Holtzman utilizadas en las dietas de estudio

Componentes	Unidades	Valores
Energía	(Mcal /Kg)	3.3
Proteínas	(por ciento)	17.15
Lisina	(por ciento)	0.92
Metionina- Cistina	(por ciento)	0.98
Grasa	(por ciento)	3.61
Cenizas	(por ciento)	4.67
Calcio	(por ciento)	0.63
Fósforo disponible	(por ciento)	0.37
Fibra	(por ciento)	3.44
ELN*	(por ciento)	58.11
Humedad	(por ciento)	13.02

Ingredientes: Harina de maíz, torta de soya, Harina integral extruida de soya, subproductos de molinería de trigo, aceite vegetal, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, cloruro de colina, cloruro de sodio, aminoácidos sintéticos, premezcla vitaminas – minerales, antioxidantes, antifungicos.

(*) Extracto libre de Nitrógeno

Fuente: Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos y Laboratorio de Evaluación Nutricional – Bioterio, UNALM.

Cuadro 2. Composición y valor nutricional calculado de la “dieta Control” y de la “dieta de estreñimiento”

Ingredientes	Dieta Control (g)	Dieta* Estreñimiento (g)
Harina cebada (mashica)	0.0	38.72
Dieta Basal	58.30	38.89
Premezcla de Vitaminas**	5.0	5.0
Premezcla de Minerales**	4.0	4.0
Grasa vegetal	7.9	8.33
Sacarosa	22.30	2.56
Coronta	2.5	2.5
Total (g)	100.00	100.00
Energía (Kcal)	366.60	353.11
Proteína (g)	10.00	10.00

Se incorporó Loperamida 0.7mg/día a la dieta control y dieta de estreñimiento

(*) El total del 10 por ciento de proteínas en la formulación proviene de la incorporación 1/3 de Mashica y 2/3 de Dieta basal

(**) La composición se detalla en el Anexo III

La formulación de las dietas para la etapa de estreñimiento se detalla en el Cuadro 2. A todos los grupos (0, 1, 2, 3) se incorporó Loperamida (medicamento utilizado para el tratamiento de diarrea ocasional) 0.7 mg/día de acuerdo a lo propuesto por Requena *et al.* 2007; con modificación de acuerdo al peso promedio de las ratas Holtzman.

a.4. Alimentación y limpieza

Se suministraron, cada día, 15 g de la “Dieta para estreñimiento” (Cuadro 2), a cada animal de los tres grupos y “Dieta Control” a un grupo, durante 5 días que duró el experimento.

La alimentación se realizó todos los días a las 8:00 - 10:00 para evitar factores de variación que interfirieran en su ciclo de alimentación; asimismo el agua que se colocaba en los bebederos fue previamente potabilizada o desinfectada con hipoclorito de sodio, y consumían *ad libitum*, se medió y se cambió diariamente. La limpieza de los comederos de vidrio se realizó todos los días, eliminando el alimento residual y las heces que contaminan el comedero.

a.5. Mediciones

a.5.1. Ganancia de peso

Los animales de experimentación fueron pesados individualmente antes de suministrarle las dietas correspondientes, al inicio de la etapa experimental (día 5) y al final de la etapa de estreñimiento (a los 5 días). A partir de estos valores de peso corporal y por diferencia entre peso final y peso inicial, se determinó la ganancia de peso.

a.5.2. Consumo de alimentos

El consumo de alimentos se controló diariamente en cada jaula, registrándose la diferencia entre la cantidad proporcionada y el alimento residual obteniéndose como resultado el consumo diario expresada en gramos

a.5.3. Peso de heces

El peso de heces se controló diariamente en cada jaula, separando cuidadosamente las heces de los residuos de alimentos si los hubiera, se registró el peso obtenido de una balanza analítica

a.5.4. Número de heces

Después de pesar las heces de cada jaula y registrarlas, se contó el número de heces que hubo en cada peso observando la consistencia, forma, color y otras características.

a.5.5. Consumo de agua

Se midieron el volumen de agua consumida diariamente en cada animal, registrando la diferencia entre la cantidad proporcionada y el agua residual obteniendo como resultado el consumo de agua expresada en ml.

b. Segunda etapa: Corregir el cuadro o condición de estreñimiento

b.1. Instalaciones y materiales

Los animales de experimentación fueron alojados en 20 jaulas de acero inoxidable con medidas de 30x20 cm con piso de malla, en las que se colocaban comederos de vidrio de 30g de capacidad bien asegurados; asimismo se ubicó en la parte externa ligeramente superior de la jaula un bebedero de vidrio de 250 ml, el cual estaba conectado con el interior de la jaula con tubo de vidrio de 8 mm; asimismo se colocaron bandejas debajo de cada jaula para la recolección de las heces. Las jaulas se ubicaron en una habitación con temperatura controlada de 20-22 °C con un sistema de ventilación en el día de 12 horas y un sistema de calefacción de noche de 12 horas.

b.2. Animales de experimentación

Para el experimento se utilizaron 20 ratas albinas machos, de raza Holtzman de 28 días de nacidas (previamente sometidas a etapa de estreñimiento), las que fueron distribuidas al azar en 4 grupos de 5 animales por grupo (4x5), cada animal se colocó en una jaula individual.

b.3. Tratamientos

Tratamientos	Condiciones del tratamiento
T1	Dieta de estreñimiento sin contenido de fibra dietaria de cáscara de habas
T2	Dieta estreñimiento + cáscara de habas (aprox.8 por ciento) *
T3	Dieta estreñimiento + cáscara de habas (aprox.12 por ciento) **
T4	Dieta estreñimiento + cáscara de habas (aprox.16 por ciento) ***

(*) Representa 25g de Fibra dietaria /2000 Kcal (dosis recomendada/día para adulto),

(**) Representa 37.5g de Fibra dietaria/2000 Kcal (1½ dosis recomendada/día para adulto)

(***) Representa 50 g de Fibra dietaria/2000 Kcal (2 dosis recomendada/día para adulto) según Carbajal, A. (2013).

La composición y valor nutricional calculado de las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 3; asimismo, los contenidos de fibras total, soluble e insoluble de las dietas experimentales (tratamientos) se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Composición y valor nutricional calculado de las dietas experimentales*(en por ciento)

Ingredientes	T1 (con estreñimiento) (g)	T2 (aprox. 8 de cáscara habas) (g)	T3 (aprox. 12 cáscara habas) (g)	T4 (aprox. 16 cáscara de habas) (g)
Cáscara de Habas	-	7.978	11.98	15.96
Harina cebada (mashica)	38.72	33.84	31.40	28.95
Alimento Basal	38.89	38.89	38.89	38.48
Mezcla de Vitaminas	5.0	5.0	5.0	5.0
Mezcla de Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0
Grasa vegetal	8.33	8.33	8.33	7.58
Sacarosa	2.56	1.94	0.38	-
Coronta	2.5	-	-	-
Total (g)	100.00	100.00	100.00	100.00
Energía (Kcal)	353.11	342.39	334.28	322.67
Proteínas (g)	10.00	10.00	10.00	10.00

*Se incorporó Loperamida (0.7mg/día) a todas las dietas

Cuadro 4. Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble de la cáscara de habas en las dietas experimentales (expresadas por ciento)

	Tratamiento 1	Tratamiento 2 (8 de cáscara de habas) (g)	Tratamiento 3 (12 de cáscara de habas) (g)	Tratamiento 4 (16 de cáscara de habas) (g)
Fibra Total	-	4.51	6.77	9.02
Fibra Soluble	-	0.508	0.763	1.016
Fibra Insoluble	-	4.00	6.00	8.00

b.4. Alimentación y limpieza

La segunda etapa del estudio tuvo una duración de 7 días para evaluar el efecto de las propiedades funcionales de la fibra de la cáscara de habas, para lo cual se suministró por animal 20 g de las dietas experimentales con cáscaras de habas y 20 g de la dieta control. La alimentación fue todos los días entre las 8:00-10:00 am para evitar los factores de variación en el ciclo de utilización de nutrientes; asimismo, el agua que se colocaba en los bebederos, fue previamente potabilizada o desinfectada con hipoclorito de sodio y estaba disponible *ad libitum*, se media y se cambiaba diariamente. La limpieza de los comederos de vidrio se realizaba todos los días, eliminando el alimento residual y las heces que estén contaminando el comedero, para este proceso se utilizó alcohol etílico y guantes descartables.

b.5. Mediciones

b.5.1. Ganancia de peso

Los animales de experimentación fueron pesados individualmente antes de suministrarle el alimento, al inicio (día 10) y al final de la etapa de estreñimiento (día 17). A partir de estos valores de peso corporal y por diferencia entre peso final y peso inicial se determinó la ganancia de peso.

b.5.2. Consumo de alimentos

El consumo de alimentos se registró diariamente en cada jaula de cada grupo, calculándose la diferencia entre la cantidad proporcionada en día anterior y el alimento residual obteniéndose como resultado el consumo expresado en gramos.

b.5.3. Peso de heces

El peso de heces se registró diariamente en cada jaula, separando cuidadosamente las heces de los residuos de alimentos si los hubiera, se registró el peso obtenido de una balanza analítica y se expresa en gramos.

b.5.4. Número de heces

Después de pesar las heces de cada jaula y registrarlas, se contó el número de heces que hubo en cada peso, observando la consistencia, forma, color y otras características.

b.5.5. Consumo de agua

Se midieron el volumen de agua consumida diariamente en cada jaula, registrando la diferencia entre la cantidad proporcionada en día anterior y el agua residual obteniendo como resultado el consumo de agua expresada en ml.

3.6. Análisis estadístico.

Los resultados de propiedades morfológicas, físicas y análisis proximal de las muestras de habas se presentan como promedios y desviación estándar de cada ítem.

Los resultados de performance de los animales experimentales y de propiedades de fisiológicas de la cáscara de habas se sometieron a análisis de varianza bajo un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cinco observaciones por tratamiento. Se utilizó la Prueba de Duncan para la comparación de medias.

El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Respuesta – observación

u = Media general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (1,2,3,4)

e_{ij} = Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Propiedades morfológicas y físicas de la semilla y cáscara de habas

Los valores de caracterización de las propiedades morfológicas y físicas de las semillas enteras y cáscara de habas se muestran en el Cuadro 5.

4.1.1. Peso de 100 semillas.

El peso de 100 semillas de habas encontradas en el presente estudio fue 221.82 g en base seca (Cuadro 5) y es mayor a los reportados por Guzel y Sayar (2011) y Zhong *et al.* (2018). Las diferencias pueden ser debido a que las semillas de habas evaluadas en el actual estudio fueron más grandes por ser de otra variedad (mayor) y contener más humedad (11,5 por ciento); sin embargo, está dentro del rango (120 a 230 g) reportados por Gutiérrez y Matos-Chamorro (2011) para semillas de habas producidas en el país.

Cuadro 5. Propiedades morfológicas y físicas de la semilla y cáscara de habas.

Mediciones	Unidades	Promedio \pm DS
Peso de 100 semillas	(g)	221.82 \pm 2.09
Cáscara	por ciento de semilla entera	14.21 \pm 0.84
Cotiledones	por ciento de semilla entera	84.84 \pm 1.27
Dimensiones de la semilla		
Largo	(mm)	25.64 \pm 1.82
Ancho	(mm)	16.08 \pm 1.23
Espesor	(mm)	7.21 \pm 0.2
Grosor de la cáscara	(mm)	0.31 \pm 0.05

4.1.2. Porcentaje de cáscara y cotiledones

Los cotiledones y la cáscara de habas representaron el 84.84 por ciento y 14.21 por ciento, respectivamente, del peso total de la semilla (Cuadro5). El valor hallado del porcentaje de cáscara con respecto a semilla entera de habas, son similares a los encontrados por Vetter (1995) y Guzel y Sayar (2011) de 14,2 por ciento y 14,28 por ciento, respectivamente. Por su parte Zhong *et al.* (2018) indican que el porcentaje de cáscara en las semillas de habas de diferentes variedades se encuentra en el rango de 11.0 -15.4%; el valor hallado en el presente estudio se encuentra dentro de este rango. Por otro lado, hubo discrepancias con los valores encontrados por Marquardt *et al.* (1975) y Rowland (1977) quienes reportaron valores de cáscara promedio de 12.0 por ciento y 12.1 por ciento del peso total de semilla entera en 8 y 49 cultivares de habas.

En cuanto a los cotiledones, Dueñas *et al.* (2002), indica que las semillas de leguminosas tienen tres diferentes partes: cotiledones, cáscara o testa y eje embrionario, los cuales representan en promedio, 89 por ciento, 10 por ciento y 1 por ciento, respectivamente y los cotiledones también contienen las principales sustancias de reserva de proteínas y carbohidratos. Luo *et al.* (2016) reportan que los cotiledones del frijol adzuki o soya roja representan el 89.5 por ciento, del peso total, es decir, que ambos investigadores concuerdan que los cotiledones son los componentes que se encuentran en mayor proporción en las semillas y concuerdan con los valores hallados en el presente estudio.

4.1.3. Dimensiones de la semilla

Los valores promedio hallados de las dimensiones de las semillas de habas se muestran en el Cuadro 5, y fueron largo 25.64 mm, ancho 16.08 mm y espesor 7.21 mm, estos valores son diferentes a los reportados por Guzel y Sayar (2011), que evaluaron las semillas de habas y encontraron 23.25 mm, 15.56 mm y 5.64 mm para largo, ancho y espesor, respectivamente, posiblemente la diferencia se debió a que las semillas de habas evaluadas por los investigadores fueron de una variedad cultivar, ligeramente más pequeñas que las que se producen en el país. Por su parte, Maya (2009), evaluó las dimensiones de semillas de habas de 10 cultivares obteniendo los valores promedio en mm que fueron: longitud de 18.98 - 27.68 mm, ancho de 13.38-19.22mm y espesor de 7.99- 8.33 mm, valores que sí coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.1.4. Grosor de la cáscara

El valor promedio obtenido del grosor de la cáscara de la semilla de habas fue de 0.31 mm (Cuadro 5), resultado diferente a los hallados por Rowland (1977) y Guzel y Sayar (2011), quienes reportaron valores de 0.127 mm y 0.16mm de grosor en la semilla de habas, respectivamente, los cuales son valores menores a los obtenidos en el presente estudio. En cambio, Vetter (1995), reportó un valor mayor de 0.65 mm para la misma leguminosa.

4.2. Composición químico proximal de la cáscara de habas

La composición químico proximal de la cáscara de habas se presenta en el Cuadro 6. Se observó que el valor de humedad en la cáscara fue menor que en la semilla entera. El contenido de proteína total promedio fue 5.28 por ciento, valor similar a los hallados por Marquardt *et al.* (1975), Jansman *et al.* (1993) y Çalışkantürk *et al.* (2017), que fueron 5.9, 5.37 y 5.0 por ciento, respectivamente. Cabe notar que estos valores son bajos ya que la mayor proporción de proteínas son almacenadas en los cotiledones de la semilla.

Cuadro 6. Composición químico proximal de la cáscara de habas (base tal como ofrecida)

Componentes	Unidad	Valor
Humedad	(por ciento)	9.80 ± 0.24
Proteína total	(por ciento)	5.28 ± 0.80
Extracto etéreo	(por ciento)	0.40 ± 0.21
Cenizas	(por ciento)	2.76 ± 0.60
ELN^a	(por ciento)	26.86 ± 0.49*
Fibra cruda	(por ciento)	54.90 ± 0.19

^a Extracto Libre de Nitrógeno. * Hallado por diferencia

Con respecto, al contenido de extracto etéreo, el valor hallado de 0.40 por ciento en el estudio es casi similar a lo informado por Daroch (2002), pero es ligeramente superior a valores reportados por Marquardt *et al.* (1975), Vetter (1995), Kaya *et al.* (2017) y Çalışkantürk *et al.* (2017), que obtuvieron los valores de 0.30, 0.29, 0.15 y 0.20 por ciento, respectivamente.

Los valores obtenidos de cenizas por Marquardt *et al.* (1975), Daroch (2002) y Kaya *et al.* (2017), son casi semejantes al obtenido en el estudio que fue de 2.76 por ciento, pero es diferente a lo hallado por Çalışkantürk *et al.* (2017), que fue de 4.40 por ciento. Cabe señalar que las cenizas representan el aporte mineral de la cáscara, Zhong *et al.* (2018), señala, que en las cáscaras de semillas de leguminosas como las habas son ricas en varios minerales como Ca, Mg, Mn, Cu, Zn, Al, Na y otros, y que el grosor de las cáscaras explica las variaciones en los niveles de minerales de las semillas enteras.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) o los carbohidratos solubles en la cáscara de habas obtenida en el estudio fue de 26.86 por ciento, contenido que incluye carbohidratos disponibles y no disponibles (fibra dietaría y otros polisacáridos indigeribles). Zhong *et al.* (2018), mencionan que los carbohidratos en las cáscaras de habas y otras semillas de leguminosas tienen cantidades insignificantes de almidón y oligosacáridos.

La fibra cruda obtenida de 54.9 por ciento es similar a los valores encontrados por Marquardt *et al.* (1975), Cerning *et al.* (1975), Vetter (1995) y Daroch (2002) (52.7 por ciento), pero difieren al reportado por Jansman *et al.*, (1993) (38.08 por ciento). Además, cabe mencionar que Rowland (1977), señala que existe una relación positiva entre el grosor de la cáscara de la semilla y la fibra cruda. En general, estas diferencias significativas de polisacáridos no almidones, hemicelulosa y pectinas que conforman la fibra cruda ocurren entre los cotiledones y la cáscara de las semillas, pueden ser debido a la nutrición del suelo, condiciones climáticas y las variaciones genéticas.

4.3. Contenido de fibra dietaría en la cáscara de habas

El contenido de fibra dietaría de la cáscara de habas y sus componentes se muestra en el Cuadro 7, donde la fibra dietaría total fue 56.53 por ciento, del cual las fibras dietarías insoluble y soluble

representan el 50.16 y 6.37 por ciento, respectivamente. Los valores hallados difieren a los encontrados por Kaya *et al.* (2017) quienes reportan que la fibra insoluble representa el 66.77 por ciento y la fibra soluble el 3.05 por ciento de la fibra dietaría total; también, difiere del valor 82.3 por ciento de la fibra dietaría total, reportado por Çalışkantürket *al.* (2017). Se debe tomar en cuenta que la fibra dietaría son macromoléculas de polisacáridos que resisten a la digestión de enzimas endógenas humanas y principalmente está compuesta por componentes de la pared celular como los polisacáridos indigeribles y lignina.

Cuadro 7. Contenido de fibra dietaría total, fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble de la cáscara de habas

Componentes	Unidades	Valores
Fibra Dietaría Total	(por ciento)	56.53
Fibra Dietaría Insoluble	(por ciento)	50.16
Fibra Dietaría Soluble	(por ciento)	6.37

4.4. Propiedades funcionales de la fibra dietaría de la cáscara de habas

Las propiedades funcionales de la fibra dietaria de la cáscara de habas se presentan en la Cuadro 8. El valor de la capacidad de hinchamiento obtenido fue de 3.36 ml/g, que es similar al valor de la capacidad de hinchamiento de la cáscara de los garbanzos de 3.6 ml/g hallados por Zhong *et al.* (2018). La propiedad de hinchamiento o hidratación de fibra dietaría determina el destino en el tracto intestinal como inducción a la fermentación; asimismo, explican algunos de sus efectos fisiológicos como el hinchamiento fecal de la fibra dietaría mínimamente fermentada.

El valor de la capacidad de retención de agua o absorción de agua fue de 442.8±1.63 por ciento (Cuadro 8) fue superior a lo hallado por Kaya *et al.* (2017), que fue de 375.6±7.3 por ciento en cáscara de habas, siendo este el valor más bajo entre las cáscaras de leguminosas (habas, lentejas y arvejas) estudiados por los investigadores. Los constituyentes polisacáridos de las fibras dietéticas son

fuertemente hidrófilos, es por ello que el agua se mantiene en los sitios hidrófilos de la fibra en sí misma o dentro de espacios vacíos en la estructura molecular.

Cuadro 8. Propiedades funcionales de la fibra dietaría de la cáscara de habas

Propiedades	Unidades	Valores*
Capacidad de Hinchamiento (CH)	(ml/g)	3.3625 ±0.12
Capacidad de Retención de agua (CRA)	(por ciento, p:p)	442.83 ±1.63
Capacidad de Adsorción de Moléculas Orgánicas	(por ciento, p:p)	190.06 ±0.013
Viscosidad (η) a 20°C	(mPas)	234.432 ±1.54
Viscosidad (η) a 80°C	(mPas)	396.749 ±0.98

* Los valores son dados como promedios \pm DE. Las muestras analizadas para cada prueba fueron por duplicado. mPas = miliPascales.

La capacidad de retención de agua de la fibra dietaría se produce porque los polisacáridos solubles tienen una gran capacidad hidrofílica por la presencia de restos de azúcares con grupos polares libres. La celulosa, con enlaces intermoleculares, tiene poca capacidad de retención de agua. Esta característica influirá en su propiedad para formar soluciones viscosas, son fermentadas por las bacterias intestinales y su efectividad en aumentar la masa fecal.

Según Guillon y Champ (2000), la hinchazón y la capacidad de retención de agua proporcionan una visión general de la hidratación de la fibra y brindarán información útil para los alimentos suplementados con fibra; además, proporciona información sobre el comportamiento de la fibra en los alimentos durante el tránsito intestinal. Los procesos, tales como la molienda, el secado, el calentamiento o la cocción por extrusión, por ejemplo, siempre que modifiquen las propiedades físicas de la matriz de fibra, también afectan las propiedades de hidratación.

La capacidad de adsorción de moléculas orgánicas o adsorción de aceite de la fibra dietaría obtenida en el estudio fue de 190.06 ± 0.013 g que es similar a lo hallado por Kaya *et al.* (2017), que fue de 195.0 ± 13.6 g por ciento. La capacidad de retención de aceite está relacionada con las partículas de la fibra dietaría con gran superficie, que presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Además, Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani (2010), señalan que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las fibras solubles, sirviendo como emulsificante. Asimismo, tienen la capacidad de secuestrar incluso unirse químicamente a los ácidos biliares e incrementar la excreción fecal de ácidos biliares lo cual puede tener un efecto hipocolesterolémico.

El valor de viscosidad obtenido en el estudio a 20° C fue 234.432 ± 1.54 mPas (milipascales) y a 80° C 396.749 ± 0.98 mPas, estas diferencias de viscosidad a diferentes temperaturas se deben a que las paredes celulares principales determinantes de la textura de la fibra dietaría, sufre cambios por efecto de la temperatura; es decir, se produce ruptura de la membrana celular con la consiguiente liberación de los contenidos celulares, lo cual cambia marcadamente el entorno de la pared celular y afecta a la estabilidad de los polisacáridos que la constituyen (Aguilera 2009). Asimismo, ocurre la modificación de los polisacáridos de la pared celular, como resultado de los tratamientos con calor y de la ruptura de los polisacáridos térmicamente lábiles, tales como los polisacáridos pécticos y de los enlaces cruzados.

Mudgil y Barak (2013), mencionan que debido a su naturaleza viscosa o de formación de geles que tienen algunas fibras de leguminosas, estos parecen responder más a los sólidos que a los líquidos en el tracto gastrointestinal, a esto se explica que la ingestión de fibra dietaría soluble aumenta la viscosidad de los contenidos del estómago y del intestino delgado y, por lo tanto, puede retrasar el vaciamiento gástrico, interferir la digestión y la absorción de lípidos. Los geles también pueden proporcionar lubricación a las heces.

4.5. Mediciones de performance de los animales durante la primera etapa

Las mediciones de performance que se registraron en ratas sometidas a un periodo de estreñimiento por cinco días (primera etapa) se presentan en el Cuadro 9. Se observaron valores

Cuadro 9. Mediciones de performance, número y peso de heces, consumo de agua de ratas sometidas a estreñimiento (Primera etapa)

Mediciones	T1 (dieta con estreñimiento)	T1 (con dieta de estreñimiento)	T2 (con dieta de estreñimiento)	T3 (con dieta de estreñimiento)
Peso Inicial (g)	129.2 ± 6.83 * a	130.0 ± 10.41 a	129.4 ± 14.04 a	114.4 ± 9.01 b
Peso final (g)	136.6 ± 7.70 a	136.4 ± 15.82 a	138.2 ± 12.39 a	121.4 ± 9.18 a
Ganancia de peso (g)	7.4 ± 4.56 a	6.4 ± 5.72 a	8.8 ± 4.96 a	6.8 ± 4.91 a
Consumo de alimentos (g)	36.8 ± 17.4 a	41.8 ± 20.24 a	48.8 ± 18.18 a	38.6 ± 19.89 a
Peso de heces (g/d)	22.2 ± 3.96 a	22.6 ± 7.86 a	26.8 ± 2.09 a	21.8 ± 3.76 a
Nº de heces/día	95.0 ± 12.98 a	95.4 ± 19.61 a	89.4 ± 12.41 a	94.6 ± 13.01 a
Consumo de agua (ml)	78.0 ± 13.20 a	53.8 ± 7.04 b	67.0 ± 16.80 ab	78.0 ± 16.04 a

^(a,b) Valores con letras distintas difieren significativamente (P<0.05).

en peso inicial, peso final, ganancia de peso, ingesta de alimentos, peso de heces, número de heces y consumo de agua, los cuales no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos o grupos experimentales. Sin embargo, hubo diferencias ($P<0.05$) en el peso inicial y consumo de agua entre los grupos experimentales.

4.6. Efecto de diferentes niveles de cáscara de habas sobre la performance y mediciones fisiológicas en ratas (Segunda etapa)

Los resultados de la performance y mediciones peso y número de heces de ratas estreñidas y alimentadas con diferentes niveles de cáscara de habas se presentan en el Cuadro 10.

Los animales que recibieron las dietas conteniendo cáscara de habas (T2, T3 y T4), generalmente, mostraron mayor ganancia de peso ($P<0.05$) que aquellos que recibieron la dieta control (T1, sin cáscara de habas). Asimismo, se observa que a mayor nivel de cáscara de habas disminuye significativamente ($p<0.05$) las ganancias en peso. Así, 42 g es la ganancia de peso con la dieta de 8 por ciento de cáscara de habas (T2)) y se reduce a 18 g con la dieta de 16 por ciento de cáscara de habas (T4), que resulta en una reducción en ganancia de peso de 57 por ciento.

El efecto que tiene la fibra dietaria de la cáscara de habas sobre la reducción de la ingesta de alimento por saciedad ocasiona la disminución de la ganancia de peso ponderal. La explicación de la disminución de ganancia de peso se atribuye a la regulación del consumo de alimentos entre apetito y saciedad por la formación de soluciones viscosas en el contenido gástrico, la buena viscosidad que presenta la fibra dietaria soluble de la cáscara de habas como propiedad funcional; esta viscosidad ocasiona mayor tiempo en la digestión y absorción de nutrientes, por ello los macronutrientes prolongan su tiempo para interactuar con los reguladores de la saciedad en la etapa pre absorbente, tan así, como las señales de saciedad en la etapa post absorbente (Clark y Slavin 2013); en base a estos mecanismos la fibra dietaria soluble de la cáscara de habas disminuye la ingesta de alimentos, y en consecuencia produce disminución de la ganancia de peso corporal.

Cuadro 10. Efecto de diferentes niveles de cáscara de habas en las dietas (en por ciento) sobre la performance y mediciones fisiológicas en ratas con estreñimiento inducido (Segunda etapa)

Mediciones	T1 (Control. Sin cáscara de habas*)	T2 (8 cáscara habas*)	T3 (12 cáscara habas*)	T4 (16 cáscara habas*)
Peso inicial (g)	136.6 ± 7.70 ^{***a}	137.0 ± 16.27 ^a	139.2 ± 11.36 ^a	121.8 ± 8.75 ^a
Peso final (g)	145.4 ± 8.32 ^b	179.0 ± 15.73 ^a	172.6 ± 11.61 ^a	139.8 ± 11.34 ^b
Ganancia de peso (g)	8.8 ± 1.30 ^d	42.0 ± 2.91 ^a	33.4 ± 2.88 ^b	18.0 ± 3.53 ^c
Consumo de alimentos (g)	50.6 ± 6.98 ^d	122.0 ± 3.16 ^a	109.8 ± 5.21 ^b	89.8 ± 14.88 ^c
Peso de heces (g/día)	23.6 ± 6.42 ^d	39.2 ± 3.19 ^c	54.0 ± 7.07 ^b	82.4 ± 5.81 ^a
Nº de heces/día	111.8 ± 26.78 ^d	226.6 ± 27.17 ^c	338.0 ± 43.24 ^b	398.2 ± 13.55 ^a
Consumo de agua (ml/día)	88.2 ± 13.34 ^c	178.8 ± 9.75 ^b	211.4 ± 19.24 ^a	218.8 ± 19.11 ^a

(*) Más Loperamida (0.7mg/día) a todas las dietas.

(**) Valores son promedios + desviación estándar de cinco observaciones por tratamiento.

^{a-d} Valores con letras distinta difieren significativamente (P< 0.05).

La ingesta de diferentes fibras dietarias solubles que contienen β -glucanos, fructooligosacáridos y pectinas, incrementan las hormonas GLP-1 y PYY en la circulación sanguínea por proceso de fermentación que se realiza a nivel del colon, lo que ocasiona una disminución en la ingesta de alimentos y la ganancia de peso en ratas de experimentación (Adam *et al.* 2014), este efecto posiblemente ocurra por la inclusión de la fibra dietaria soluble proveniente de la cáscara de habas.

El consumo de alimentos muestra la misma tendencia que en ganancia de peso (Cuadro 10). La inclusión de cáscara de habas (8, 12 y 16 por ciento) en las dietas aumenta significativamente ($p < 0.05$) los consumos de dichas dietas en comparación con la dieta control (T1). Por el contrario, en dietas conteniendo 12 y 16 por ciento de cáscara de habas disminuye significativamente ($p < 0.05$) el consumo de alimento, respecto al nivel de 8 por ciento de cáscara de habas (T2). Así, el consumo de alimento de 122 g (T2) se redujo a 89.9 g en el grupo que recibió la dieta con 16 por ciento de cáscara de habas (T4). Por lo tanto, el consumo de alimento en el grupo de T4 resulta en una reducción de 26.4 por ciento respecto al grupo de animales que fueron alimentados con la dieta T1 (8 por ciento de cáscara de habas).

Esta disminución en la ingesta de alimentos puede ser debido a que la fibra dietaria tiene efecto sobre los mecanismos del apetito y la saciedad; es así, que la fermentación de la fibra dietaria soluble de la cáscara de habas por la microbiota del colon, los productos de esta fermentación son los ácidos grasos de cadena corta: acetato, propionato y butirato (Ma y Mu 2016), los cuales actúan como mediadores en las células entero-endócrinas que segregan las hormonas Tipo1 (GLP-1), péptido tirosina-tirosina (PYY), grelina y leptina que intervienen en el mecanismo regulador del apetito. Las hormonas GLP-1 y PYY tienen efectos anorexigénicos enviando señales al hipotálamo induciendo a la saciedad y disminuyendo el apetito (Vilcanqui-Perez *et al.* 2018; Koh *et al.* 2016).

Escriba el texto aquí

Ratas que consumieron las dietas conteniendo cáscara de habas (T2, T3 y T4) produjeron heces más pesadas ($P < 0.05$) que aquellas alimentadas con la dieta T1. Igualmente, se observa que el peso de heces aumenta ($P < 0.05$) a medida que se incrementa el nivel de cáscara de habas en la dieta (Cuadro 10). Los resultados sobre “número de heces” muestran la misma tendencia que en

peso de heces. Es decir, aumentos significativos ($p < 0.05$) en número de heces a medida que se incrementa el nivel de cáscara de habas en la dieta.

Estos efectos se deben a las propiedades funcionales de capacidad de hinchamiento y la capacidad de retención de agua que posee la fibra dietaria insoluble de la cáscara de habas. La fibra dietaria insoluble tiene como componentes en mayor proporción celulosa, algunas hemicelulosas y lignina, que tienen la capacidad de retener agua en su matriz estructural y formar mezclas de baja viscosidad en el contenido gastrointestinal a nivel del intestino grueso; lo que produce un aumento de la masa y volumen fecal y acelera el tránsito intestinal. En base a esto, la fibra insoluble se utiliza para el tratamiento y prevención de la constipación o estreñimiento crónico; asimismo, contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Escudero y Gonzales 2006).

El estudio realizado por Stevenson *et al.* (2012), indica que la fibra dietaria insoluble del salvado de trigo incrementa la masa y el volumen fecal, lo que ocasiona la reducción del tiempo de tránsito intestinal con heces blandas y más voluminosas, efecto protector para la diverticulitis, estreñimiento y cáncer al colon. El efecto que produce el alto contenido de fibra dietaria insoluble de 50.16 por ciento, que posee la cáscara de habas es coincidente con los efectos que ocasiona el salvado de trigo (Vilcanqui-Pérez y Vílchez- Perales 2018).

El consumo de agua (mL/día) registrado en este estudio sigue tendencia observada para la variable de número de heces. Así, ratas bajo dietas con 8, 12 y 16 por ciento de cáscara de habas consumen mayor cantidad de agua ($P < 0.05$) que aquellas que recibieron la dieta sin cáscara de habas (T1). Dentro de los tratamientos con cáscara de habas, similar ($P > 0.05$) cantidad de agua consumieron las ratas que recibieron las dietas con 12 y 16 por ciento de cáscara de habas; sin embargo, ambos están fueron mayores ($P < 0.05$) que al del T2, con 8 por ciento de cáscara de habas. El incremento del consumo de agua puede deberse al aumento del peso de heces por mayor humedad y masa; asimismo, por el incremento de volumen de las heces lo que se evidencia con el mayor número de unidades de heces. Todos estos efectos se producen por la capacidad de hidratación y la capacidad de retención de agua que posee la fibra dietaria insoluble de la cáscara de habas (Escudero y Gonzales 2006).

V. CONCLUSIONES

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

- Tanto la composición química proximal como las propiedades funcionales de la fibra dietaria de la cáscara de habas se encuentran dentro del rango reportados en la literatura.
- La ganancia de peso, consumo de alimento, peso y número de heces producidas, y consumo de agua de los animales con constipación inducida fueron influenciadas significativamente por el nivel de cáscara de habas en la dieta.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados en el presente estudio se recomienda:

1. En casos de cuadros de estreñimiento, incluir en la dieta cáscara de habas (por lo menos 8 por ciento).
2. Promover como fuente de fibra dietaria funcional la incorporación de las cáscaras de habas en la elaboración de productos alimenticios.
3. Realizar ensayos biológicos con cáscara de habas y evaluar si otros componentes (a parte de la fibra dietaria) tienen efectos sobre la salud intestinal.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, L; Williams, A; Dalby, J; Garden, K; Thomsom, M; Richardson, J; Roos, W. 2014. Different types of soluble fermentable dietary fibre decrease food intake, body weight gain and adiposity in young adult male rats. *Nutrition & Metabolism*, 11(1), 36.
- Aguilera, Y. 2009. Harinas de Leguminosas Deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. Tesis para optar el grado de Doctor. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. España
- Alarcon, A; López, H; Res, A. 2013 Characterization of technological functionality of dietary fiber rich source obtained from plantain peel. *Revista Facultad Nacional de Agronomic Medellin.*; 66(1): 6959-6968.
- Anderson, W; Baird, P; Davis, R; Ferreri, S; Knudtson, M.; Koraym, A., ...Williams, C. L. 2009 Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188– 205.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition. Washington. USA.
- Baena, M; García, N. 2012. Obtención y Caracterización de Fibra dietaría a partir de Cascarilla de las Semillas tostadas de *Theobroma cacao l.* de una Industria Chocolatera Colombiana. Tesis para optar el título de Químico Industrial. Facultad de Tecnologías. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- Bernstein, A; Titgemeter, B; Kirkpatrick, K; Golubic, M.; Roizen, M. 2013. Major Cereal Grain Fibers and Psyllium in Relation to Cardiovascular Health. *Nutrients*, 5(5), 1471-1487.

- Bhairvi, J; Marsicano, E. 2018. Constipation: Evaluation and Management. Missouri. Medicine. May-Jun; 115(3): 236–240.
- Boudjoir, S; Oomah, D; Zaidi, F; Hosseiniam, F. 2013. Phenolics conten and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. Food Chemistry, 138(2-3), 1543–1550.
- Bravo, L. 1999. Propiedades y aplicaciones de la fibra de algarrobo. (*Prosopis allida* L). Revista Alimentaria: Tecnología e higiene de alimentos 300: 67-73.
- Çalışkantür, S; Günay, D; Sayar, S. 2017. In vitro evaluation of whole faba bean and its seed coat as a potential source of functional food components. Food Chemistry. 230, 182–188.
- Carbajal, A. 2013. Manual de Nutrición y Dietética. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Cernig, J; Saposnik, A; Guilbot, A. 1975. Carbohydrate composition of Horse beans (*Vicia faba*) of different origins. Cereal Chemistry. Vol.52 N°2 March-April.
- Clark, J; Slavin, L. 2013. The Effect of Fiber on Satiety and Food Intake: A Systematic Review. Journal of the American College of Nutrition, 32(3), 200–211.
- Codex Alimentarius. 2015. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last revisión in 2015. Rome: Joint FAO/WHO, Codex Alimentarius International Food Standards, FAO.
- Dahl, J; Stewart, L. 2015. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health Implications of Dietary Fiber. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 115(11), 1861–1870.

- Daroch, E. 2002. Sustitución parcial de la harina de pescado por harina de haba (*Vicia faba* var. *minor* (Harz) Beck) en la formulación de alimento para salmónidos. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile.
- De Menezes, W; Giuntini, B; Dan, T; Sarda, H; Lajolo, M. 2013. Codex dietary fibre definition – Justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerisation. *Food Chemistry*, 140(3), 581–585.
- Dhingra, D; Michael, M; Rajput, H; Patil, T. 2012; Dietary fibre in foods: a review. *Journal Food Science Technology* 49(3):255-266.
- Dikeman, L.; Fahey, C. 2006. Viscosity as Related to Dietary Fiber: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8), 649–663.
- Drzikova, B; Dongowski, G; Gebhardt, E; Habel, A. 2005. The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation in vitro. *Food Chemistry*, 90(1-2), 181–192.
- Dueñas, M.; Hernández, T; Estrella, I. 2002. Phenolic composition of the cotyledon and the seed coat of lentils (*Lens culinaris* L.). *European Food Research and Technology*, 215(6), 478–483.
- 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: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
- Escudero, E; González, P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* (2006) 21(Supl. 2) 61-72 (1)

Fao y Oms. 2001. *Codex Alimentarius - Etiquetado de los Alimentos - Textos Completos – Revisión*. Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Roma .

Faostat. Fao statistical databases. 2018. <http://faostat3.fao.org/home/E>

Federación Latinoamericana de Sociedades de Obesidad (FLASO). 2017. II Consenso i Latinoamericano de Obesidad 2017. Editor Valenzuela A. Novo Nordisk. pag. 21-27.

Frühbeck G; Mreal I; Santidrian S. 1997. Hormonal implications of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba L.*) by young men with hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66(6), 1452–1460.

Giami, Y. 2001. Quality attributes of three new improved lines of Nigerian lima beans (*Phaseolus lunatus L. Walp.*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 56(4), 325–333.

Goyoaga, C. 2005. Estudio de Factores No Nutritivos en “*Vicia faba L.*”: Influencia de la Germinación sobre su Valor Nutritivo. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid

Guillon, F; Champ, M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33(3-4), 233–245.

Gutiérrez, K; Matos-Chamorro, A. 2011. Propiedades nutricionales y funcionales de la harina de habas. I Congreso Nacional de Investigación. I CONACIN. Dirección General de Investigación. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.

- Güzel, D; Sayar, S. 2011. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 89–95.
- Hipsley, H. 1953. Dietary “Fibre” and Pregnancy Toxaemia. *British Medical Journal*, 2(4833), 420–422.
- Jansman, M; Verstegen, A; Huisman, J. 1993. Effects of dietary inclusion of hulls of faba bean (*Vicia faba L.*) with a low and high content or condensed tannins on digestion and some physiological parameters in piglets. *Animal Food Science and Technology*, 43: 237-257.
- Jones, M. 2014. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the “fiber gap.” *Nutrition Journal*, 13(1).
- Juskiewicz, J; Wdroblewska, M; Fertydowski, S; Zdunczyk, Z; Brzuzan, L; Godycka-klos, I. 2006. Effect of faba bean seeds and their fractions on rat caecum physiology. *Veterinaarija ir Zootechnika*, 35(57), 67-71.
- Kapoor, P; Ishihara, N; Okubo, T. 2016. Soluble dietary fibre partially hydrolysed guar gum markedly impacts on postprandial hyperglycaemia, hyperlipidaemia and incretins metabolic hormones over time in healthy and glucose intolerant subjects. *Journal of Functional Foods*, 24, 207–220.
- Karaman, E; Yilmaz, E.; Tuncel, B. 2017. Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 11, 9–17.
- Kaya, E; Tuncel, B; Yilmaz Tuncel, N. 2017. The effect of ultrasound on some properties of pulse hulls. *Journal of Food Science and Technology*, 54(9), 2779–2788.

- Kaya, E; Yilmaz Tuncel, N; Tuncel, B. 2018. Utilization of lentil, pea, and faba bean hulls in Turkish noodle production. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5), 1734 - 1745.
- Khatoon, N; Prakash, J. 2004. Nutritional quality of microwave-cooked and pressure-cooked legumes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(6), 441–448.
- Koh, A; De Vadder, F; Kovatcheva -Datchary, P; Bäckhed, F. 2016. From Dietary Fiber to Host Physiology: Short-Chain Fatty Acids as Key Bacterial Metabolites. *Cell*, 165(6), 1332–1345.
- Kranz, S; Brauchla, M; Slavin, L; Miller, B. 2012 What do we know about dietary fiber intake in children and health? The effects of fiber intake on constipation, obesity, and diabetes in children. *Advances in Nutrition.*; 3(1),47-53.
- Luo, J; Cal W; Wu T.; Xu, B. 2016. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean (*Vigna angularis L.*) and mung bean (*Vigna radiate L.*), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. *Food Chemistry*, 201, 350–360
- Ma, M; Mu, T. 2016. Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin. *Food Chemistry*, 194, 237–246.
- Macagnan, T; Da Silva, P; Hecktheuer, H. 2016. Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. *Food Research International*, 85, 144–154.
- Macarulla, T; Medina, C; Arañzazu De Diego, M.; Chavarri, M.; Zulet, A; Martinez, A; Noel - Suberville, C; Higuera, P; Portilla, P. 2001. Effects of the whole seed and a

- protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats. *British Journal of Nutrition*. 85, 607 - 614.
- Mallillin C; Trinidad, P; Raterta, R; Dagbay, K; Loyola, S. 2008. Dietary fibre and fermentability characteristics of root crops and legumes. *British Journal of Nutrition*, 100(03), 485–488.
- Marlett, A; Mcburney, I; Slavin, L 2002. Position of the American Dietetic Association *Journal of the American Dietetic Association*,102(7), 993–1000.
- Marquardt, R; Mckirdy A; Ward, T; Campbell, D. 1975. Amino acid, Hemagglutinin and Trypsin inhibitor levels, and Proximate analyses of Faba beans (*Vicia faba*) and Faba bean fractions. *Canadian Journal Animal Science*.55:421-429 (Sepr. 1975)
- Matos-Chamorro, A; Chambilla-Mamani, E. 2010. Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de Investigación de Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 1, N° 1*.
- Maya, K. 2009. Caracterización física, nutricional y no nutricional de Haba sometida a tratamiento térmico. Tesis para optar el Título de Maestro en Ciencias Quimicobiológicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Mexico, D.F.
- Mehran, M. 2013. Simultaneous Determination of Levodopa and Carbidopa from Fava Bean, Green Peas and Green Beans by High Performance Liquid Gas Chromatography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Vol-7(6): 1004-1007.
- Minagri 2017. Boletín Estadístico de producción agrícola y Ganadera- IV Trimestre Sistema integrado de Estadística Agraria. Lima – Peru

- Mudgil, D; Barak, S. 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2016. Informe mundial de diabetes. Resumen de Orientación. Ginebra, Suiza.
- Ramirez, A; Pacheco De Delahaye, E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba, y guanábana. *Interciencia* Vol. 34 N° 4, pp. 293-298
- Requena, D; Salinas, P; Silva, C.; Valero, R; Ortega, L; Gómez V; Gutiérrez, J. 2007. Estudio experimental del efecto producido por el bromuro de Pinaverio y el Tegaserod sobre el aparato gastrointestinal en animales de experimentación. *Revista de la Sociedad Venezolana de Gastroenterología*. Vol. 61(2) 118-122.
- Rowland, G. 1977. Seed coat thickness and seed crude fibre in faba beans (*vicia faba*). *Canadian Journal of Plant Science*, 57(3), 951–953.
- Šarić, B; Dapčević-Hadnadev T; Hadnadev, M; Sakać, M; Mandić, A; Mišan, A; Škarobot, D, 2018. Fibre concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*.
- Sayar S; Turhan, M; Gunasekaran, S. 2001. Analysis of chickpea soaking by simultaneous water transfer and water–starch reaction. *Journal of Food Engineering*, 50(2), 91 - 98.
- Shtriker, M. G; Peri, I; Taieb E; Nyska, A; Tirosh O; Madar, Z. 2018. Galactomannan More than Pectin Exacerbates Liver Injury in Mice Fed with High-Fat, High-Cholesterol Diet. *Molecular Nutrition & Food Research*, 1800331

- Siah, D; Konczak, I; Aagboola, S; Wood, A; Blanchard L. 2012. In vitro investigations of the potential health benefits of Australian-grown faba beans (*Vicia faba* L.): chemopreventative capacity and inhibitory effects on the angiotensin-converting enzyme, α -glucosidase and lipase. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S123–S134.
- Singh, B; Singh, P; Shevkani, K.; Singh N; Kaur, A. 2016. Bioactive constituents in pulses and their health benefits. *Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 858–870.
- Slavin, J; Green H. 2007. Dietary fibre and satiety. *Nutrition Bulletin.*; 32(suppl 1):32-42.
- Slavin, J; Savarino, V; Paredes-Díaz A; Fotopoulos, G. 2009. A Review of the Role of Soluble Fiber in Health with Specific Reference to Wheat Dextrin. *Journal of International Medical Research*, 37(1), 1–17.
- Slavin, J. 2013. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 5:1417-1435.
- Solano, L; Barón, M; Portillo, Z; Fajardo de B. Z. 2009. Leptina e Insulina sérica en adultos con Sobrepeso y Obesos en régimen hipocalórico con alto contenido de carbohidratos complejos. *Revista Chilena de Nutrición* Vol. 36, N° 2, págs: 129-135
- Stevenson, L; Phillips. F; O’Sullivan K; Wakton K. 2012. Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, December; 63(8): 1001–1013
- Tiwari , U; Cummins, E. 2011. Functional and physiochemical properties of legume fiber. *Pulses foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. First edition pag.121-156
- Tosh, M; Yada, S. 2010. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450–460.

Trowell, H. 1976. Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 29(4), 417–427.

Valencia, F; Román, M. 2006. Caracterización Fisicoquímica y Funcional de tres concentrados comerciales de Fibra dietaría. *Vitae* Vol.13 N°2 pag.54-60

Vetter, J. 1995. Chemical composition of testa of *Vicia faba* L. *Z Lebensm Unters Forsch* 200:229-232

Villanqui-Perez, F; Villanueva-Espinoza, M; Vílchez-Perales, C. 2018. Efecto del Endospermo de semilla de tara y polvo de hojas de *Agave americana* en el peso corporal y velocidad de tránsito intestinal en ratas. *Revista Peruana Medicina Experimental Salud Pública*; 35(2):1-9

Villanqui-Perez, F; Vílchez-Perales, C. 2017. Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revision. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol.67 N°2

Yaich, H; Garna, H; Bchir, B; Besbes, S; Paquot, M; Richel, A; Attia, H. 2015. Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia. *Algal Research*, 9, 65–21

Zheng, Y; Ley, H; Hu, B. 2017. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nature Reviews Endocrinology*, 14(2), 88–98.

Zhong, L; Fang, Z; Wahlqvist, L; Wu, G; Hodgson, M; Johnson, K. 2018. Seed coats of pulses as a food ingredient: Characterization, processing, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 35–42. Octubre

Zuñiga, M. 2005. Caracterización de fibra dietaría en Orujo y capacidad Antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Tesis para optar título Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

VIII. ANEXOS

ANEXO I. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CÁSCARA DE HABAS

a. Materia prima

Las semillas secas de habas (*Vicia faba*) variedad mayor fueron adquiridas en el mercado mayorista de la ciudad de Lima, y fueron procedentes de la localidad de Yunguyo- Puno.

b. Selección

Se seleccionó las semillas enteras sanas, se descartó las semillas que presentaran signos de deterioro, que fueran pequeñas y deformes o picada. Esta operación se realizó manualmente en una superficie plana.

c. Remojo

Las semillas seleccionadas se remojan con agua corriente en recipientes grandes en una proporción 3:1 (agua: habas secas) por espacio de 20 a 24 horas, con la finalidad de ablandar la semilla.

d. Escurrido

Las semillas remojadas se escurrieron mediante un colador grande eliminando el agua residual.

e. Pelado

Se realizó en forma manual, separando la cáscara de los cotiledones de semilla.

f. Secado de la cáscara

Las cáscaras se extendieron sobre una superficie plana y limpia al medio ambiente cerrado a una temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 3 días, hasta apreciarlos que se quebraban con la presión de la mano y obtuvieran peso constante

g. Tostado

Las cáscaras secas se colocaron en un tiesto y se sometieron al calor por espacio de 10-15 minutos a temperatura de 60°C , para eliminar los residuos de humedad y algunos antinutrientes termolábiles.

h. Molienda

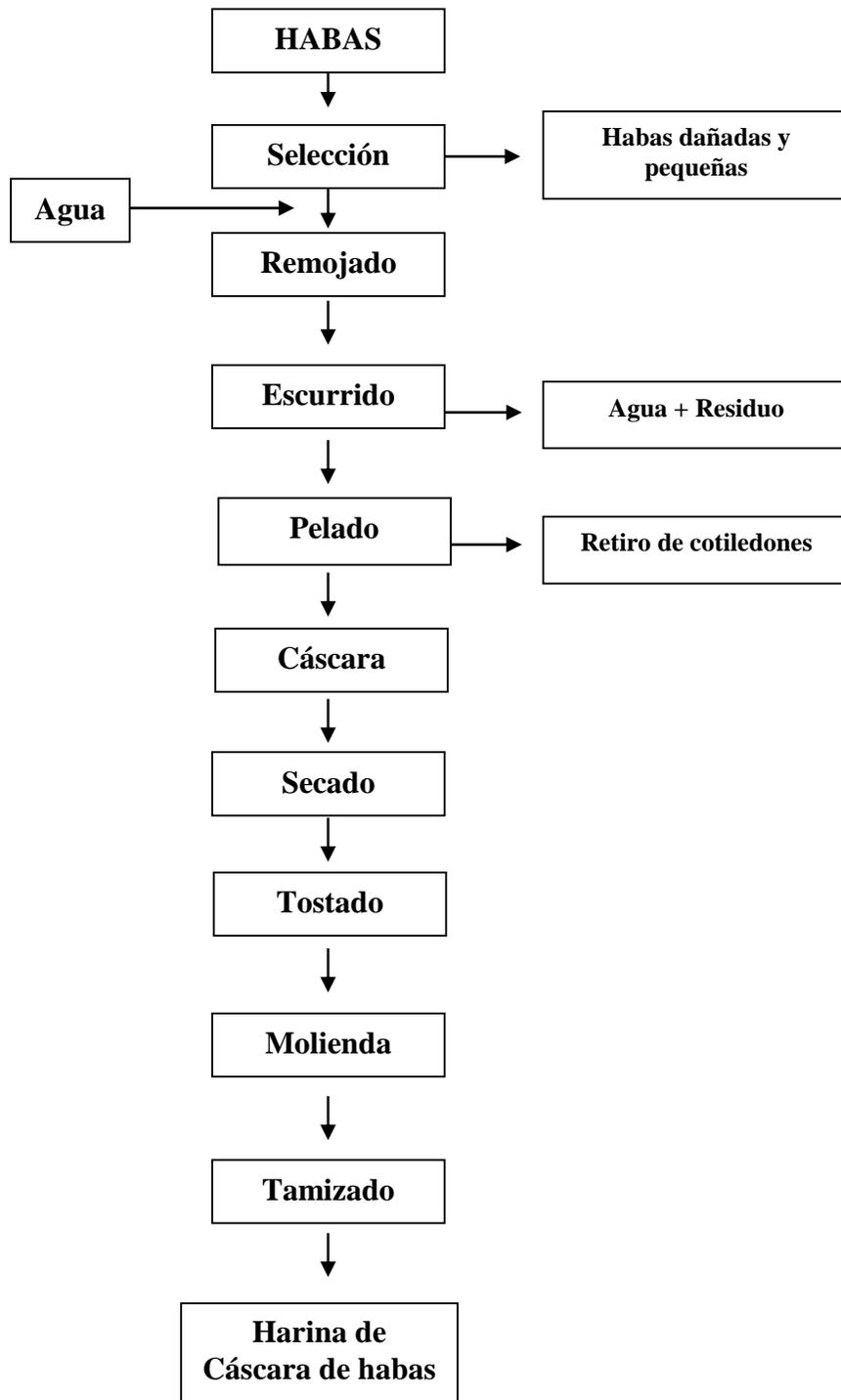
En esta operación mediante el uso de un molino marca corona, se obtuvo la harina granulada de cáscara de habas

i. Tamizado

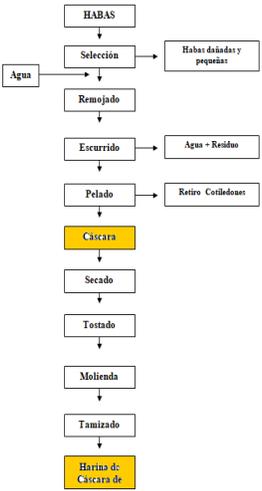
Los gránulos groseros de cáscara fueron tamizado a través de un tamiz (granulometría <0.50 mm) para obtener gránulos uniformes.

j. Harina

Después del tamizado se obtiene una harina de cáscara de Habas con gránulos aceptables para ser incorporado a las dietas experimentales.



ANEXO II. Esquema experimental para obtener la harina de cascara de habas (*Vicia faba*) y su evaluación biológica

ETAPAS	CARACTERIZACION DE SEMILLAS Y PROCESO OBTENCION DE HARINA DE CÁSCARA DE HABAS			PRUEBA BIOLÓGICA	
OPERACIONES	Recepción	Elaboración de cáscara habas	Harina		
				<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Control</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">T1</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">T2</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;">T3</div> </div>	
ANÁLISIS	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de semilla • Peso de 100 semillas • % de cáscara y cotiledones • Grosor de cáscara 		<ul style="list-style-type: none"> • Análisis proximal • Análisis de Fibra dietaria y sus fracciones • Propiedades funcionales 		<ul style="list-style-type: none"> • Ganancia de peso • Consumo de alimentos • Peso de heces • Numero de heces • Consumo de agua
FORMULACIONES				<ul style="list-style-type: none"> • Dieta periodo estreñimiento • Dieta periodo experimental <ul style="list-style-type: none"> T1 (8% cascara de habas) T2 (12% cascara de habas) T3 (16% cascara de habas) 	

ANEXO III. COMPOSICION DE LAS MEZCLAS DE VITAMINAS Y SALES MINERALES (g/Kg) USADAS EN LAS FORMULACIONES DE LAS RACIONES

VITAMINAS		MINERALES	
Riboflavina	0.200	Sulfato de aluminio	.017
Tiamina	0.250	Carbonato de calcio	542.93
Pantotenato de Calcio	2.000	Sulfato de cobre	0.90
Niacina	2.000	Fosfato férrico	20.50
Cloruro de colina	12.000	Carbonato de magnesio	25.00
Inositol	12.500	Sulfato de magnesio	16.00
Ácido paraaminobenzoico	12.000	Ioduro de potasio	0.11
Vitamina E 25%	16.800	Cloruro de potasio	112.00
Cianocobalamina	0.001	Fosfato de potasio monobásico	112.00
Biotina	0.010	Fluoruro de sodio	1.00
Ácido fólico	0.100	Sulfato de manganeso	0.39
Piridoxina	0.200	Cloruro de sodio	69.00
Menadiona	0.250		
Rovimix A, B ₂ , D ₃ , E (*)	10.000		
Azúcar	931.589		

(*) Vitamina A = 100, 000 UI; Vitamina B₂ = 50 mg; Vitamina D₃ = 10,000 UI; Vitamina E = 80 UI
 Nota: Cantidades por gramo de premezcla

FUENTE: Bioterio, Universidad Nacional Agraria La Molina

ANEXO IV. REGISTRO DE DATOS DE LA PRIMERA ETAPA DE ESTREÑIMIENTO

Semana	Tratamiento	R observado	Peso inicial	Peso final	Ganancia de Peso	Consumo A	Peso heces	Nº de heces	Volumen agua
2	0	1	138	148	10	45	19	94	100
2	0	2	121	133	12	51	26	83	78
2	0	3	125	127	2	15	20	117	75
2	0	4	134	137	3	21	19	89	72
2	0	5	128	138	10	52	27	92	65
2	1	1	136	146	10	55	28	110	64
2	1	2	124	129	5	35	24	74	55
2	1	3	141	150	9	48	30	107	55
2	1	4	115	112	-3	10	10	112	50
2	1	5	134	145	11	61	21	74	45
2	2	1	141	153	12	60	29	86	45
2	2	2	143	145	2	21	26	106	85
2	2	3	126	139	13	65	25	95	80
2	2	4	129	134	5	40	25	72	55
2	2	5	108	120	12	58	29	88	70
2	3	1	114	128	13	62	22	114	85
2	3	2	120	121	1	12	16	101	100
2	3	3	126	133	7	46	26	83	60
2	3	4	109	112	3	25	21	84	80
2	3	5	103	113	10	48	24	91	65

ANEXO V. REGISTRO DE DATOS DE LA SEGUNDA ETAPA DE EXPERIMENTAL

Semana	Tratamiento	R observado	Peso inicial	Peso final	Ganancia de Peso	Consumo A	Peso heces	Nº de heces	Volumen agua
3	0	1	148	157	9	46	24	106	90
3	0	2	133	143	10	56	32	90	105
3	0	3	127	134	7	44	25	130	72
3	0	4	137	145	8	47	23	148	78
3	0	5	138	148	10	60	14	85	96
3	1	1	146	192	46	122	41	199	175
3	1	2	129	171	42	120	43	231	192
3	1	3	150	188	38	126	37	210	185
3	1	4	112	155	43	124	35	270	175
3	1	5	148	189	41	118	40	223	167
3	2	1	153	189	36	102	42	295	192,5
3	2	2	145	174	29	108	54	405	200
3	2	3	141	176	35	112	60	340	207,5
3	2	4	134	166	32	116	58	345	242,5
3	2	5	123	158	35	111	56	305	212,5
3	3	1	128	147	19	98	81	415	237,5
3	3	2	121	141	20	101	91	390	230
3	3	3	133	154	21	95	79	405	215,5
3	3	4	112	130	18	91	85	401	222
3	3	5	115	127	12	64	76	380	187,5