

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD
PROTEICA DE UN SNACK, UTILIZANDO QUINUA
(*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE HABAS (*Vicia Faba*)”.

AUTORES:

Bach. ABURTO RODRÍGUEZ RUDDY NOELIA

Bach. TABOADA ROSALES JAQUELIN MABEL

ASESOR:

Dra. LUZ PAUCAR MENACHO

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2019



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



HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado: **“EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD PROTEICA DE UN SNACK, UTILIZANDO QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE HABAS (*Vicia Faba*)”**. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor. Designado por RESOLUCION DECANATURAL N° 255 – 2016 – UNS – FI

DRA. LUZ PAUCAR MENACHO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

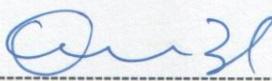
El presente trabajo de tesis titulado **“EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD PROTEICA DE UN SNACK, UTILIZANDO QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE HABAS (*Vicia Faba*)”** para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. ABURTO RODRIGUEZ RUDDY NOELIA y Bach. TABOADA ROSALES JAQUELIN MABEL, que tienen como Asesora a la docente Dra. Luz Paucar Menacho designado por resolución N° 255 – 2016 – UNS – FI. Ha sido revisado y aprobado el día 04 de Setiembre del 2019 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N°269-2019-UNS-CFI.



Dr. Augusto Castillo Calderón
Presidente



Dra. Luz Paucar Menacho
Secretaria



Dr. Cesar Moreno Rojo
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 a.m., del cuatro de Setiembre del dos mil diecinueve se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°269-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- > **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Presidente)
- > **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretaria)
- > **Dr. Cesar Moreno Rojo** (Integrante); para inicio a la Sustentación y evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD PROTEICA DE UN SNACK, UTILIZANDO QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE HABAS (*Vicia Faba*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- > **Aburto Rodríguez Ruddy Noelia**
- > **Taboada Rosales Jaquelin Mabel**

Asimismo, tienen como Asesora al docente: **Dra. Luz Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ABURTO RODRÍGUEZ RUDDY NOELIA	18	MUY BUENO

Siendo las 12:00 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 04 de Setiembre del 2019.

Dr. Augusto Castillo Calderón
 Presidente

Dra. Luz Paucar Menacho
 Secretaria

Dr. Cesar Moreno Rojo
 Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 a.m., del cuatro de Setiembre del dos mil diecinueve se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°269-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Presidente)
- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretaria)
- **Dr. Cesar Moreno Rojo** (Integrante); para inicio a la Sustentación y evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD PROTEICA DE UN SNACK, UTILIZANDO QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE HABAS (*Vicia Faba*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **Aburto Rodríguez Ruddy Noelia**
- **Taboada Rosales Jaquelin Mabel**

Asimismo, tienen como Asesora al docente: **Dra. Luz Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
TABOADA ROSALES JAQUELIN MABEL	18	MUY BUENO

Siendo las 12:00 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 04 de Setiembre del 2019.

Dr. Augusto Castillo Calderón
 Presidente

Dra. Luz Paucar Menacho
 Secretaria

Dr. Cesar Moreno Rojo
 Integrante

DEDICATORIA

Ante todo, dedico este proyecto a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, dándome todas las fuerzas necesarias, para continuar luchando día tras día y seguir adelante, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar la vida.

A mis padres, quienes me dieron la vida. A mi madre, Victoria Rodríguez, por tu amor infinito, por haberme educado y motivado en cada etapa de mi vida. Gracias padre, Gerardo Aburto, por alimentar diariamente mi alma de éxito y superación. Te agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que siempre me brindaste para finalizar mi carrera profesional.

A mis hermanos Nely, Lucy, Carlos, Moisés, Susy y Mery, porque siempre han estado ahí para mí, la confianza que siempre nos hemos tenido, gracias por los sabios consejos; por haberme enseñado los misterios de la vida.

Ruddy Aburto Rodríguez

A Dios por ser mi soporte espiritual en todo momento, por ser guía, inspiración y el ejemplo más grande de amor en este mundo.

A mi madre, Sabina Rosales, por ser la persona quien me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mi padre, Alberto Taboada, quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos, Edgar y Jamira por ser haberme brindado su apoyo incondicional en la vida.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Jaquelin Taboada Rosales

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Del Santa y a todos los docentes de la E.A.P. Ingeniería Agroindustrial por todo el conocimiento impartido durante mi vida universitaria y por permitirme ser parte de esta generación de gente productiva para el país.

A la Dra. Luz Paucar Menacho, asesora de la presente tesis, que con su experiencia y orientación académica supo ayudarnos en el desarrollo de este informe.

A Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores. Eres quien guía el destino de mi vida.

A nuestros padres, por ser mi ejemplo para seguir adelante en el convivir diario y por inculcarme valores que me han servido en la vida.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido en mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEORICO	16
2.1. HABAS	16
2.1.1 COMPOSICION NUTRICIONAL DE HARINA DE HABA	16
2.2. QUINUA	18
2.2.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA QUINUA	18
2.2.1.1 AMINOACIDOS	19
2.3. EXTRUSION DE ALIMENTOS	20
2.3.1 PROCESO DE EXTRUSION	20
2.3.2 EXTRUSOR DE DOBLE TORNILLO	21
2.3.3 EFECTO DE EXTRUSION EN CALIDAD PROTEICA	22
2.4. CALIDAD DE LA PROTEÍNA	22
2.5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA	23
III. MATERIALES Y MÉTODOLOGIA	24
3.1 MATERIALES	24
3.2 LUGAR EXPERIMENTAL	26
3.3 MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION	26
3.4 METODOLOGÍA	27
3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA	27
3.4.1.1 COMPOSICIÓN QUIMICA PROXIMAL	27
3.4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	27

	Pág.
3.4.2 PRODUCCION DEL SNACK EXTRUIDO	28
3.4.2.1 PROCESO DE EXTRUSION	29
3.4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	30
3.4.4 CARACTERIZACION DEL SNACK EXTRUIDO	31
3.4.4.1 CARACTERISTICAS SENSORIALES	31
3.4.4.2 COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL	32
3.4.4.3 PROPIEDADES FISICAS	33
3.4.4.4 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	34
3.4.4.5 VIDA ÚTIL	34
3.4.5 CALCULO DEL SCORE QUIMICO DE LAS FORMULACIONES	35
3.4.6 EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEICA	37
3.4.6.1 EVALUACIÓN DEL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)	37
3.4.6.2 EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD (D) Y VALOR BIOLÓGICO (VB)	38
3.4.6.3 EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA NETA (NPU)	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	43
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA	43
4.1.1 COMPOSICIÓN QUIMICA PROXIMAL	43
4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	45
A. TAMAÑO DE PARTICULA	45
B. COLOR	46
C. ACTIVIDAD DE AGUA	47
4.2 CARACTERIZACION DEL SNACK EXTRUIDO	48

	Pág.
4.2.1 CARACTERISTICAS SENSORIALES	48
A. CARACTERISTICA SENSORIAL DEL SABOR	48
B. CARACTERISTICA SENSORIAL DE TEXTURA	50
C. CARACTERISTICA SENSORIAL DE OLOR	52
D. CARACTERISTICA SENSORIAL DE COLOR	54
4.2.2 COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL	58
4.2.3 PROPIEDADES FISICAS	61
A. INDICE DE EXPANSION	61
B. TEXTURA	63
C. COLOR	64
4.2.4 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	65
A. INDICE DE ABSORCION DE AGUA	65
B. INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	67
C. ACTIVIDAD DE AGUA	69
4.2.5 VIDA ÚTIL	70
4.2.5.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD	70
4.2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA	71
4.2.5.3 DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (AW)	72
4.2.5.4 DETERMINACIÓN DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL	74
A. COLOR DEL SNACK	75
B. OLOR DEL SNACK	76
C. SABOR DEL SNACK	77
D. TEXTURA DEL SNACK	78
4.3 SCORE QUÍMICO DE LOS SNACKS EXTRUIDOS	80

	Pág.
4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA	82
4.4.1 INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)	82
4.4.2 DIGESTIBILIDAD (D) Y VALOR BIOLÓGICO (VB)	85
4.4.3 UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA NETA (NPU)	91
V. CONCLUSIONES	95
VI. RECOMENDACIONES	97
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
7.1 PAGINAS WEB	104
VIII. ANEXOS	108
ANEXO A	108
ANÁLISIS BIOLÓGICO	108
ANEXO B	109
RESULTADOS DE LA EVALUACION FISICOQUIMICA	109
ANEXO C	110
RESULTADOS DE LA EVALUACION FISICA	110
ANEXO D	112
RESULTADOS DE LA EVALUACION BIOLÓGICA	112

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Composición química de la harina de haba (Vicia faba) descascarada	17
cuadro 02. Composición del grano de quinua blanca (g/100g)	19
Cuadro 03. Contenido aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/ g de proteína).	19
Cuadro 04. Matriz del diseño estadístico	31
Cuadro 05. Contenido de aminoácidos de los alimentos en el estudio y requerimientos (FAO)	36
Cuadro 06. Composición químico proximal harina de habas en 100 gr de harina.	43
Cuadro 07. Composición químico proximal quinua en 100gr de harina	44
Cuadro 08. Composición químico proximal mezcla de harinas (F5) en 100gr de harina	44
Cuadro 09. Colorimetría de la materia prima	46
Cuadro 10. Actividad de agua de la materia prima	47
Cuadro 11. Elección de las escalas del sabor para el snack, por panelistas	48
Cuadro 12. Análisis de varianza para sabor del snack.	49
Cuadro 13. Elección de las alternativas de la textura para el snack, por los panelistas	50
Cuadro 14. Análisis de varianza para la textura del snack	51
Cuadro 15. Elección de las alternativas del olor para el snack, por los panelistas	52
Cuadro 16. Análisis de varianza para el olor del snack	53
Cuadro 17. Elección de las alternativas del color para el snack, por los panelistas	55

	Pág.
Cuadro 18. Análisis de varianza para el color del snack	55
Cuadro 19. Composición químico proximal del Snack (Formulación: F5) en 100gr de snack	58
Cuadro 20. Índice de expansión del producto terminado (Snack)	61
Cuadro 21. Textura del producto terminado (Snack)	63
Cuadro 22. Colorimetría del Snack	65
Cuadro 23. Índice de absorción de agua de la mejor formulación (F5)	66
Cuadro 24. Índice de solubilidad en agua de la mejor formulación (F5)	67
Cuadro 25. Actividad de agua del Snack	69
Cuadro 26: Aw conforme la variación del tiempo	73
Cuadro 27. Resultados de la evaluación sensorial a los panelistas	74
Cuadro 28. Tiempo estimado de la vida útil del snack	79
Cuadro 29. Score químico de las formulaciones propuestas	80
Cuadro 30. Resultados del consumo de dieta proporcionada, de proteína y ganancia de peso promedio del grupo experimental.	82
Cuadro 31. Resultados del análisis de PER del snack, harina de habas con quinua y caseína.	84
Cuadro 32. Resultados de PER para el snack, harina de habas con quinua y dieta apteica.	86
Cuadro 33. Resultados de D y VB del snack, harina de habas con quinua y caseína.	88
Cuadro 34. Resultados D y VB del snack, harina de habas con quinua y dieta apteica	91
Cuadro 35. Resultados de NPU del snack, harina de habas con quinua y caseína	93

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Grano de habas (<i>Vicia faba</i>) var. Major.	16
Figura 02. Grano de quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) var. Blanca	18
Figura 03. Cereales extruidos	20
Figura 04. Extrusor de doble tornillo, modelo LABOR PQ DRX-50	21
Figura 05. Esquema experimental del proceso de extrusión del snack	28
Figura 06. Diagrama del extrusor doble tornillo	30
Figura 07. Ficha de evaluación sensorial	32
Figura 08. Ficha de evaluación sensorial para vida útil	35
Figura 09. Ratas raza Holtzman del Bioterio de la UNALM	37
Figura 10. Alimentación e instalación en las jaulas	38
Figura 11. Instalación de ratas en jaulas metabólicas, recolección de heces y orina	39
Figura 12. Instalación de las ratas en jaulas metabólicas, secado de las carcasas, molienda y homogenizado de las carcasas	42
Figura 13. Dispersión de las escalas para el sabor de los snacks	49
Figura 14. Dispersión de las escalas para la textura de los snacks	51
Figura 15. Dispersión de las escalas para el olor de los snacks	53
Figura 16. Dispersión de las escalas para el color de los snacks	56
Figura 17. Índice de expansión de las diferentes formulaciones de snack	61
Figura 18. Efecto del índice de expansión en snacks según la formulación	62
Figura 19. Textura de las diferentes formulaciones de snack	63
Figura 20. Índice de absorción de agua de la mejor formulación (F5)	66
Figura 21. Índice de solubilidad en agua de la mejor formulación (F5)	68
Figura 22. Aw de las diferentes formulaciones de snack	69

	Pág.
Figura 23. Variación del %H en función del tiempo (días)	71
Figura 24: Variación de textura en función del tiempo (días)	72
Figura 25: Variación de la Aw función del tiempo (días)	73
Figura 26. Comportamiento del atributo color en función al tiempo	75
Figura 27. Comportamiento del atributo olor en función al tiempo	76
Figura 28. Comportamiento del atributo sabor en función al tiempo	77
Figura 29. Comportamiento del atributo textura en función al tiempo	78
Figura 30. Evolución del peso de ratas de grupos experimentales (PER)	83
Figura 31. Evolución del peso de ratas de grupos experimentales (D Y BV)	87
Figura 32. Evolución del peso de ratas de grupos experimentales (NPU)	92

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack (PER: Relación de Eficiencia Proteica, D: Digestibilidad, VB: Valor Biológico, NPU: Utilización de la Proteína neta), utilizando quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de habas (*Vicia Faba*).

La materia prima fue caracterizada en cuanto a su composición químico proximal, características físicas, fisicoquímicas y nutricionales.

Se seleccionó la mejor formulación a partir del análisis sensorial (sabor, textura, olor y color), hecho a los snacks en todas sus formulaciones, en donde la formulación F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) fue la preferida por los panelistas, la que le dio al snack los atributos adecuados, siendo esta extrudida a 120°C. Así mismo se realizó la caracterización del producto extruido, composición proximal, características físicas, fisicoquímicas y nutricionales de la formulación escogida (F5); haciendo comparaciones con las formulaciones F4 y F6. La composición químico proximal del snack de la mejor formulación F5 fue de: Carbohidratos 71.48 %, proteínas 16.74 %, grasas 1.86%, humedad 5.89%, cenizas 2.33% y fibra 1.7%.

Se evaluó el efecto del proceso de extrusión sobre la calidad proteica del snack, mediante pruebas biológicas, se realizó la comparación entre la mezcla de harinas y snack extruido de la mejor formulación (F5) con la caseína, se determinó el PER cuyo resultado fue superior para el snack 2.73 en comparación a la caseína 2.50 y para la mezcla de harinas sin extruir 2.41. También se evaluó digestibilidad, donde la caseína obtuvo el mayor resultado con 95.16, seguido del snack 82.71 y la mezcla de harinas sin extruir 70.62; mientras que los resultados de VB, fue de 93.71 para el snack, la mezcla de harinas sin extruir registró 89.73 y la caseína con 97.05. Finalmente, los resultados para NPU fueron los siguientes: para el snack 65.35, para la mezcla de harinas sin extruir 61.68 y para la caseína 71.23. Los resultados demuestran que la extrusión mejora sustancialmente la calidad proteica del snack; pero en comparación con la caseína, sigue siendo esta la proteína de mejor calidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the extrusion process on the protein quality of a snack (PER: Protein Efficiency Index Ratio, D: Digestibility, VB: Biological Value, NPU: Net Protein Utilization) and at the same time the physical, physicochemical and sensorial properties using quinoa (*Chenopodium quinoa*) and bean meal (*Vicia Faba*).

The raw material was characterized in terms of its proximal chemical composition, physical, physicochemical and nutritional characteristics.

The best formulation was selected from the sensory analysis (taste, texture, smell and color), made to snacks in all its formulations, where the F5 formulation (25% bean flour and 75% quinoa) was preferred by the panelists, the one who gave the snack the appropriate attributes, this being extruded at 120 ° C. Likewise, the characterization of the extruded product, proximal composition, physical, physicochemical and nutritional characteristics of the chosen formulation (F5) was performed; making comparisons with formulations F4 and F6. The proximal chemical composition of the snack of the best formulation F5 was: Carbs 71.48%, proteins 16.74%, fats 1.86%, humidity 5.89%, ashes 2.33% and fiber 1.7%.

The effect of the extrusion process on the protein quality of the snack was evaluated, through biological tests, the comparison between the mixture of flour and extruded snack of the best formulation (F5) with the casein was made, the PER was determined whose result was superior for snack 2.73 compared to casein 2.50 and for the mixture of unmodified flours 2.41. Digestibility was also evaluated, where casein obtained the highest result with 95.16, followed by snack 82.71 and the mixture of unmodified flours 70.62; while the results of VB, was 93.71 for the snack, the mixture of non-extruded flours registered 89.73 and the casein with 97.05. Finally, the results for NPU were the following: for snack 65.35, for the mixture of unmodified flours 61.68 and for casein 71.23. The results show that extrusion substantially improves the protein quality of the snack; But compared to casein, this is still the best quality protein.

I. INTRODUCCIÓN

El deseo de mantener una alimentación saludable en los últimos años ha ido en aumento en la mente del consumidor, relacionándolo con alimentos nutritivos ricos en proteínas, fibra y vitaminas. El término snacks define una comida ligera, lista para comer que debe mitigar momentáneamente la sensación de hambre, un proceso industrial versátil para obtenerlos es la extrusión. (AINIA, 2016)

La extrusión de alimentos es un proceso en el que un material (grano, harina o subproducto) es forzado a fluir, bajo una o más condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una boquilla diseñada para dar forma o expandir los ingredientes. Teniendo en cuenta este concepto, el desarrollo de esta investigación se basa en una interrogante fundamental que es la siguiente: ¿Cuál es el efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack y cómo influye en sus características fisicoquímicas y sensoriales?

PÉREZ (2012) Nos menciona que la extrusión se ha convertido en una importante herramienta para procesar alimentos y mejorar su digestibilidad y otros aspectos nutricionales. En dicho proceso los cambios producidos en el almidón afectan la expansión y textura final del extruido.

Partiendo de esta definición podemos plantearnos una hipótesis, el proceso de extrusión mejora la calidad proteica y las características fisicoquímicas y sensoriales de un snack.

En la presente investigación se utilizó como materia prima una mezcla de un cereal y de una legumbre, quinua y harina de habas respectivamente, a diversas formulaciones. Tanto la quinua como el haba son alimentos propios del Perú, ambos poseen atributos nutricionales importantes, uno de los cuales es su elevado contenido de proteína. La quinua contiene 14,4 gramos de proteína en cien gramos de quinua, es muy parecida a la del huevo y la leche, las cuales son las de mejor calidad entre los alimentos. Por su gran valor nutricional, la quinua ha sido seleccionada por la FAO et al (2016), como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en el próximo siglo.

El haba tiene una importancia nutricional prominente ya que contiene aproximadamente 25 g de proteína en cien gramos de semilla.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack (valor biológico, proteína neta, digestibilidad y eficiencia proteica) y a su vez las propiedades físicas, fisicoquímicas y sensoriales utilizando quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de habas (*Vicia Faba*).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 HABAS

Las legumbres ya se encontraron en la dieta de la prehistoria. Juntamente con los cereales, ha sido uno de los alimentos básicos de la humanidad. Su gran facilidad de conservación y su riqueza nutricional las hace uno de los productos más valorados en todas las culturas (SALAS et al, 2012).

Las habas se cultivan por su grano o semillas, así como por sus frutos verdes y tiernos, que constituyen un magnífico alimento del hombre. Estas proteínas son muy ricas en lisina, de la que tiene una proporción del 6 al 7 %. Conviene recordar a este respecto que se encuentra en la misma proporción que el turtó de soja. Las demás tortas proteicas de oleaginosas suelen tener menor contenido de lisina (BAZURTO, 2015).

La harina de haba posee un alto contenido en lecitina que le proporciona un efecto emulsionante, se adiciona como mejorador en panadería en pequeñas cantidades entorno al 0.3% a la harina. Esta dosis al ser tan pequeña prácticamente no afecta al valor nutritivo. (SALAS et al, 2012).



Figura 01. Grano de habas (*Vicia faba*) var. Major.

Fuente: Creative Commons, 2014.

2.1.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE HARINA DE HABA

El haba por ser una leguminosa no muy consumida, ni conocida, se ha pasado por alto sus propiedades y beneficios como los que aportan la harina de haba que es altamente energética, además

contiene sales minerales como el calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, selenio, zinc, ácido pantoténico y vitaminas del complejo B como la B3; proporcionando un aporte nutricional de importancia para el organismo. Ayuda a la producción de hemoglobina y al transporte de hierro por su contenido en cobre, aporta con fósforo e interviene en la transmisión del código genético, ayuda a eliminar las grasas por su alto contenido de fibra. La harina de haba no es rica en gluten y posee menor capacidad de retener CO₂ (ROCHA et al., 2012).

La harina haba contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos. Como todas las leguminosas, es una importante fuente de fibra soluble e insoluble. Es una fuente relativamente barata de proteínas y fácil de producir siendo además un alimento que no está muy explotado en el mercado. Tiene un alto contenido de proteínas y ha sido sugerida como una fuente alternativa de proteínas, sobre todo en circunstancias donde la soya no se puede usar por intolerancias o reacciones alérgicas. Las habas, como la mayoría de las leguminosas, son deficientes en metionina y ricas en lisina, al contrario de los cereales. Estas carencias se pueden superar realizando mezclas apropiadas con productos de legumbres, a fin de aumentar la calidad proteica de los productos panificados (BAZURTO, 2015).

Cuadro 01. Composición química de la harina de haba (Vicia faba) descascarada

PARAMETRO	HARINA DE HABAS (gr/100gr)
Cenizas	1,40
Carbohidratos	17,60
Proteínas	7,90
Fibra vegetal	4,20
Energía (Kcal)	54,00

Fuente: ROCHA et al., 2012.

2.2 QUINUA

Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sud América, principalmente, relegó el cultivo de la quinua a zonas marginales de la sierra del Perú y Bolivia. El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm. Por muchos siglos la quinua fue alimento de auto subsistencia humana y animal. El valor nutritivo de la quinua radica en el balance ideal de los aminoácidos de su proteína que lo convierten en un componente ideal en las dietas. Adicionalmente contiene una cantidad adecuada de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que incrementan su valor nutracéutico (FAO et al., 2017).



Figura 02. Grano de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) var. blanca

Fuente: FAO et al., 2017.

2.2.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA QUINUA

Su calidad nutritiva, representada por su composición de aminoácidos esenciales tanto en calidad como en cantidad, constituyéndose en un alimento funcional e ideal para el organismo. El verdadero valor de la quinua es la calidad de sus proteínas, es decir en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana que le otorga un alto valor biológico. La quinua es uno de los

pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana (FAO et al, 2017).

Cuadro 02. Composición del grano de quinua blanca (g/100g)

PARAMETRO	QUINUA (g/100g)
Humedad	13.28
Proteínas	14.12
Grasas	6.07
Carbohidratos	57.15
Fibra	7
Ceniza	2.38

Fuente: HUAYNA et al., 2016.

2.2.1.1 AMINOÁCIDOS

Hay que saber si estos aminoácidos tienen disponibilidad biológica, en otras palabras, si son aprovechados por el organismo. Para medir esto, se usan pruebas biológicas empleando animales experimentales (HUAYNA et al., 2016).

Cuadro 03. Contenido de aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/ g de proteína).

ELEMENTO	QUINUA BLANCA	QUINUA BLANCA JUNÍN	QUINUA BLANCA PUNO
Isoleusina	65	70	69
Leusina	51	68	69
Lisina	70	74	61
Metionina	32	22	22
Fenilalanina	36	37	41
Treonina	54	45	45
Triptofano	8	13	12
Valina	46	34	41

Fuente: HUAYNA et al., 2016.

2.3 EXTRUSION DE ALIMENTOS

La extrusión puede definirse como un proceso que involucra el transporte de un material, bajo ciertas condiciones controladas, forzándolo a pasar por una boquilla de una dada geometría y con caudal masivo preestablecido, durante este transporte se produce la cocción parcial o total de los componentes de la mezcla (GONZÁLEZ, 2012).



Figura 03. Cereales extruidos

Fuente: CCC FOODS, 2017

2.3.1 PROCESO DE EXTRUSION

El procedimiento se puede hacer bien en frío o en caliente. En la extrusión en caliente se utiliza un sistema de calefacción que aumenta la temperatura y que permite obtener los productos con poca densidad y baja humedad, como aperitivos o snacks y también productos más densos que posteriormente pasan por un secado como el pienso para animales (CLEXTRAL, 2017).

En la extrusión de cereales o piensos el producto se ha ido humedeciendo hasta alcanzar una humedad entre el 22-30% y la temperatura se va incrementando por la transformación de la energía mecánica en calor en el mismo cañón del extruder, por la configuración del extruder que asegura las condiciones de fricción y cizallamiento adecuado. El agua es sometida a temperaturas muy superiores a las de su vaporización, pero permanece en estado líquido porque se encuentra sometida a elevadas presiones (varias decenas de atmósferas). En el momento en que el producto sale por el agujero de la matriz, el agua que está íntimamente mezclada con el producto sufre un brusco cambio de presión y se evapora

instantáneamente. Es por ello, que el producto sufre una expansión y las cadenas proteicas, así como las de almidón son modificadas, aumentando la superficie y haciéndose más atacable por los enzimas, con lo que el producto se hace más digestible (KAMECO, 2015).

2.3.2 EXTRUSOR DOBLE TORNILLO

El extrusor doble tornillo (modelo LABOR PQ DRX-50), está fabricado con vigas en acero carbono reforzadas para evitar vibraciones. Tiene 6 vibra stop entre máquina y suelo (INBRAMAQ, 2017).

Sobre el conjunto extrusor, hay los componentes eléctrico - electrónicos, intercambiador de calor para enfriamiento de aceite y la bomba de circulación del aceite. Entre las principales partes del extrusor doble tornillo (modelo LABOR PQ DRX-50), tenemos (INBRAMAQ, 2017):

- Equipos eléctricos y electrónicos de acondicionamiento (inversor del motor, transformador de corriente, disyuntores, etc.).
- Sistema de acondicionamiento (motor de 10 CV).
- Sistema eléctrico y electrónico (panel de mando).
- Sistema de fijación del doble tornillo, en el eje de salida del reductor utilizando acoplamiento.
- Conjunto de extrusión (cañón de extrusión, sistema de calentamiento, tornillos Allen, termocuplas, etc.)



Figura 04. Extrusor de doble tornillo, modelo LABOR PQ DRX-50

Fuente: INBRAMAQ, 2017

2.3.3 EFECTO DE LA EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD PROTEICA

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo. La extrusión produce el desenredamiento de las cadenas proteicas vegetales. Las moléculas se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Existe un proceso por el cual a medida que la temperatura se va elevando, la proteína se va perjudicando. La cantidad de proteína perjudicada se puede medir y cuantificar mediante la determinación de Nitrógeno en la fracción de Fibra Acido Detergente. Muchas proteínas son desnaturalizadas y rotas por la extrusión y pierden por tanto sus propiedades funcionales. (INCS INSTITUTO, 2016).

2.4 CALIDAD DE LA PROTEÍNA

La calidad proteica hace referencia a la cuantificación en una molécula de proteína de los aminoácidos esenciales (los que tenemos que ingerir a través de la alimentación por no poder ser sintetizados por nuestro organismo) y su digestibilidad, con una proporción óptima para conseguir una alimentación completa (INCS INSTITUTO, 2016).

El análisis que vamos a hacer a continuación pretende, por tanto, hacer conocer qué proteínas de determinado alimento poseen más calidad en comparación con las mismas proteínas de otro/s alimento/s diferente/s. Los suplementos proteicos en forma de polvo también podrían ser incluidos dentro de esta comparativa. Tenemos que tener clara una cosa: una proteína será de mayor calidad, a menor cantidad de aminoácidos limitantes, es decir, cuanto menor sea el déficit de aminoácidos esenciales,

ya que para lograr la síntesis proteica óptima es necesario que los aminoácidos esenciales estén presentes (INCS INSTITUTO, 2016).

También se menciona que, la calidad de una proteína alimenticia, en términos nutritivos, sólo puede establecerse realmente mediante ensayos de alimentación, pero hoy se sabe lo suficiente con respecto a la digestión de las proteínas y a los efectos de las técnicas de procesado como para hacer predicciones bastante precisas (COULTATE, 2012).

2.4.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA

La evaluación de proteína de un alimento se lleva a cabo partiendo de lo más simple a lo más complejo. La evaluación comienza con el análisis de nitrógeno y de aminoácidos, la sigue una serie de determinaciones químicas específicas, y termina con las pruebas biológicas (OLGUIN, 2011).

Los ensayos biológicos se basan en la determinación del crecimiento o la retención de nitrógeno en animales experimentales como la rata, o en seres humanos, en función del consumo de proteína. Para obtener datos de una precisión fiables y significativos, deben utilizarse varios animales en cada ensayo y analizar estadísticamente los resultados; es preciso, además, estandarizar las condiciones de ensayo. El método conocido como razón proteica neta (NPR) representa una mejora sobre el índice de eficiencia proteica (PER), en el sentido de que se usa un grupo control alimentado con una dieta libre de proteína. Los métodos convencionales para calcular los requerimientos de proteína, tanto de la cantidad como de su calidad nutricional, son el valor biológico (VB) y la utilización neta de proteína (NPU) que a pesar de sus limitaciones fueron reconocidos por un grupo de expertos (OLGUIN, 2011).

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

3.1.1 MATERIA PRIMA

- ✓ Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), variedad blanca. Procedente de provincia de Pomabamba - Ancash.
- ✓ Harina de Habas (*Vicia faba*), variedad mayor. Procedente de provincia de Ocros - Ancash.

3.1.2 REACTIVOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- ✓ Alcohol al 96°, Agua destilada, Éter de petróleo.
- ✓ Beaker, campana desecadora, crisoles, espátula, matraz de 250 ml y 100 ml, papel filtro, pipetas de 10ml y 0.5ml, placas Petri probetas 100ml y 50ml, tubos de ensayo y varilla de vidrio.

3.1.3 EQUIPOS

- ✓ Balanza Analítica, marca PRECISA, modelo: 220 A, rango máx: 220 gr – min: 0,01 gr, e = 0,001 gr.
- ✓ Balanza de precisión, modelo XB 4200C, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ✓ Baño María, marca AQUABATH.
- ✓ Centrífuga, marca SIGMA, modelo 2 – 16, velocidad: 15 000 rpm, motor: 1 HP eléctrico.
- ✓ Colorímetro, marca KONICA MINOLTA, modelo CHROMA METER.
- ✓ Equipo de actividad de agua, marca ROTRONIC, modelo HYGROLAB2.

- ✓ Estufa marca BLU-M, modelo SW-17TC-1, serie SW-1990, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ✓ Extrusor de doble tornillo labor PQ DRX-50, marca IMBRAMAQ, modelo IMBRA LABOR PQ DRX-50.
- ✓ Módulo de molienda y tamizado, modelo: MDMT-60XL.
- ✓ Mufla, marca THERMOLYNE, serie 34703484, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ✓ Secador de bandejas, modelo 5BT-10X10
- ✓ Selladora de bolsas
- ✓ Termobalanza, modelo XM50, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ✓ Termómetro manual
- ✓ Texturómetro, marca: BROOKFIELD, modelo RTC 4500, 2012 de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.

3.1.4 PARA EL ANÁLISIS DEL VALOR BIOLÓGICO

- ✓ Jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable, bebederos timol, colorante carmín, ratas de laboratorio de raza Holtzman de 21 a 25 días de nacido destetados.

3.1.5 OTROS MATERIALES

- ✓ Baldes, bolsas de polipropileno de 2kg, bolsas polietileno de 2kg y 10kg, cocina a resistencia eléctrica, cuchillo, frascos de vidrio jarra plástica, materiales para prueba sensorial (cabina de degustación, formatos y lapiceros), molino de mano, papel aluminio, papel toalla, vasos descartables.

3.2 LUGAR EXPERIMENTAL

Departamento : Ancash

Provincia : Santa

Distrito : Nuevo Chimbote

- ✓ Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela de Agroindustria de la U.N.S.
- ✓ Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.
- ✓ Biblioteca Central y Especializada de la U.N.S.

3.3 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se empleó las siguientes modalidades de investigación:

- ✓ La Investigación bibliográfica – documental: Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos (fuentes primarias), o en libros, revistas, periódicos y otras publicaciones (fuentes secundarias). Como información bibliográfica para desarrollar la presente investigación se la tomará de libros, proyectos, tesis e internet.
- ✓ Investigación experimental o de laboratorio: Es el estudio en que se manipula ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes, con el propósito de precisar la relación causa – efecto. Realiza un control riguroso de las variables sometidas a experimentación por medio de procedimientos estadísticos.

El presente trabajo de investigación contiene un diseño experimental que relaciona las variables dependiente e independiente, en la E.A.P. Ing. Agroindustrial de la Universidad Nacional de la Santa, a través de técnicas e instrumentos estadísticos se procedió al procesamiento de los datos para llegar a obtener resultados para ser interpretados.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

3.4.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL

- A. CARBOHIDRATOS TOTALES:** Se obtendrá por la diferencia: $100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{fibra} + \text{ceniza})$.
- B. CENIZAS:** El contenido de cenizas de la materia prima se determinó en la mufla de marca THERMOLYNE a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante de acuerdo con el procedimiento establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado "Método de Incineración".
- C. FIBRA:** Se determinará después de una hidrólisis ácida y otra alcalina; siguiendo la metodología por la AOAC (930-10).
- D. GRASAS:** El contenido de grasa de las materias primas fue analizado por el laboratorio externo COLECBI.
- E. HUMEDAD:** Para determinar el contenido de humedad de la materia prima se realizó con el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa".
- F. PROTEÍNA:** El contenido de proteína de la materia prima fue analizado por el laboratorio externo COLECBI.

3.4.1.2 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

- A. TAMAÑO DE PARTÍCULA:** se utilizó el tamiz 80 de malla para la quinua y para la harina de habas de 2mm.
- B. COLOR:** El color de la materia prima se evaluó instrumentalmente usando un colorímetro, modelo CHROMA METER (KONICA MINOLTA). Como medida objetiva del color se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E.,

1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L*, a* y b*.

C. ACTIVIDAD DE AGUA: se evaluó instrumentalmente mediante el equipo de Aw, marca ROTRONIC, modelo HYGROLAB2.

3.4.2. PRODUCCIÓN DEL SNACK EXTRUIDO

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE UN SNACK EXTRUIDO

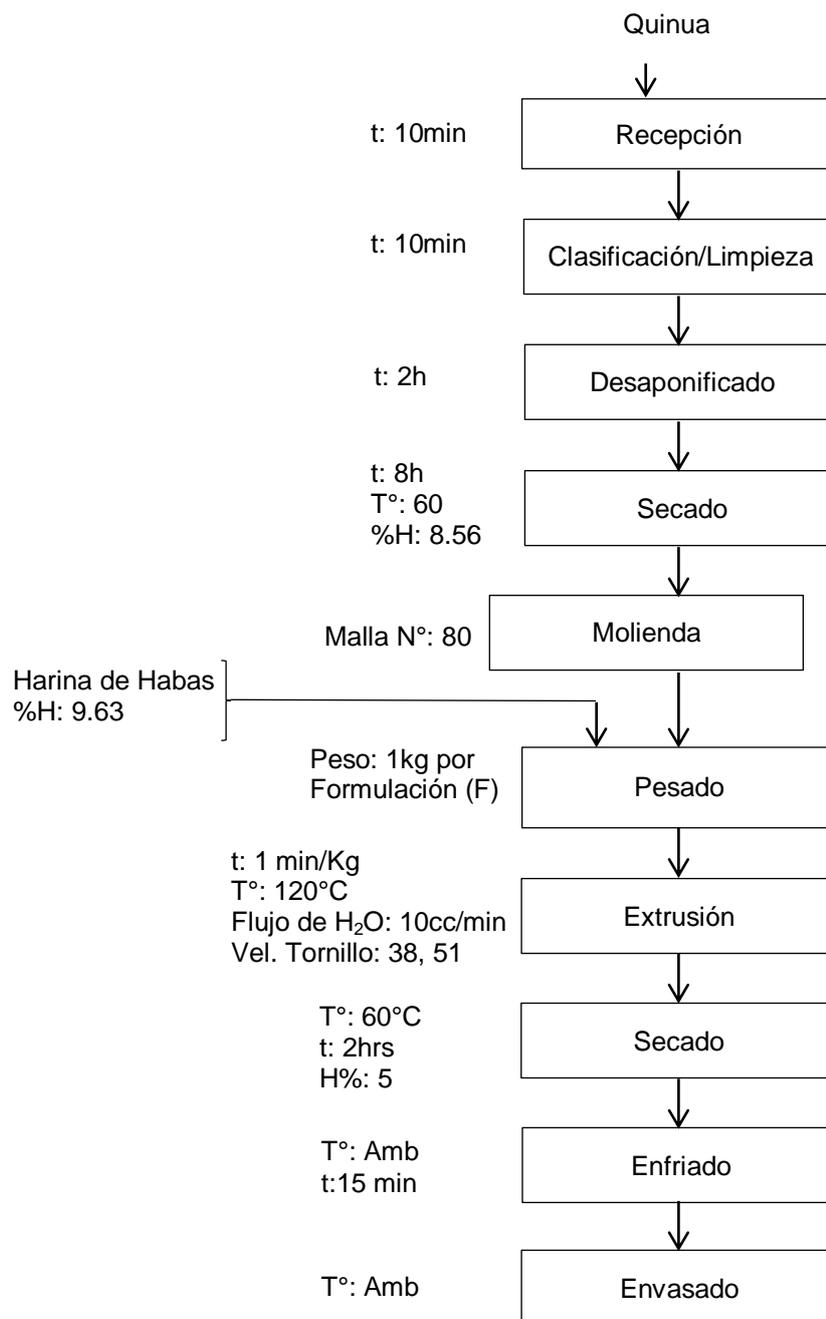


Figura 05. Esquema experimental del proceso de extrusión del snack

3.4.2.1. PROCESO DE EXTRUSION

A. ENSAYOS PRELIMINARES DE EXTRUSIÓN

Se procedió a realizar pruebas preliminares utilizando tres temperaturas: 110°C, 120°C y 130°C; cuando se trabajó a 110°C (T1:20, T2:30, T3:40, T4:60, T5:80 T6:100 y T7:110°C), no se consiguió la expansión esperada en el snack y se observó un atoramiento de las harinas en los tornillos del extrusor, cuando se trabajó a 130°C (T1:20, T2:40, T3:60, T4:80, T5:100 T6:120 y T7:130°C), se evidencio inestabilidad en el proceso de extrusión y cuando se trabajó a 120°C (T1:20, T2:30, T3:50, T4:70, T5:90 T6:110 y T7:120°C) se obtuvo la mejor expansión y estabilidad en el proceso.

B. ENSAYOS DEFINITIVOS DE EXTRUSIÓN

Las pruebas de extrusión preliminares mostraron que la condición final de operación que permiten un buen funcionamiento del equipo para el tratamiento de la mezcla de harinas fue T° de resistencia:120°C, Tiempo:1min/kg, Velocidad de tornillo:38,51-38,63 Hz, Inversor de frecuencia sistema de corte:13.5, Flujo de agua: 10cc/min. Para el inicio de la extrusión, primero se programaron las siete temperaturas de las resistencias del extrusor, luego se calentó por aprox. 20 minutos y posterior se empezó con la alimentación del tolvin con las formulaciones preparadas de quinua y harina de habas (1kg). El producto que sale por la boquilla (2mm de diámetro) del extrusor; puesto que la alimentación fue continua, se añadió formulación tras formulación manteniendo cuidado en que no haya una mezcla de las formulaciones al momento de la recepción el producto terminado.

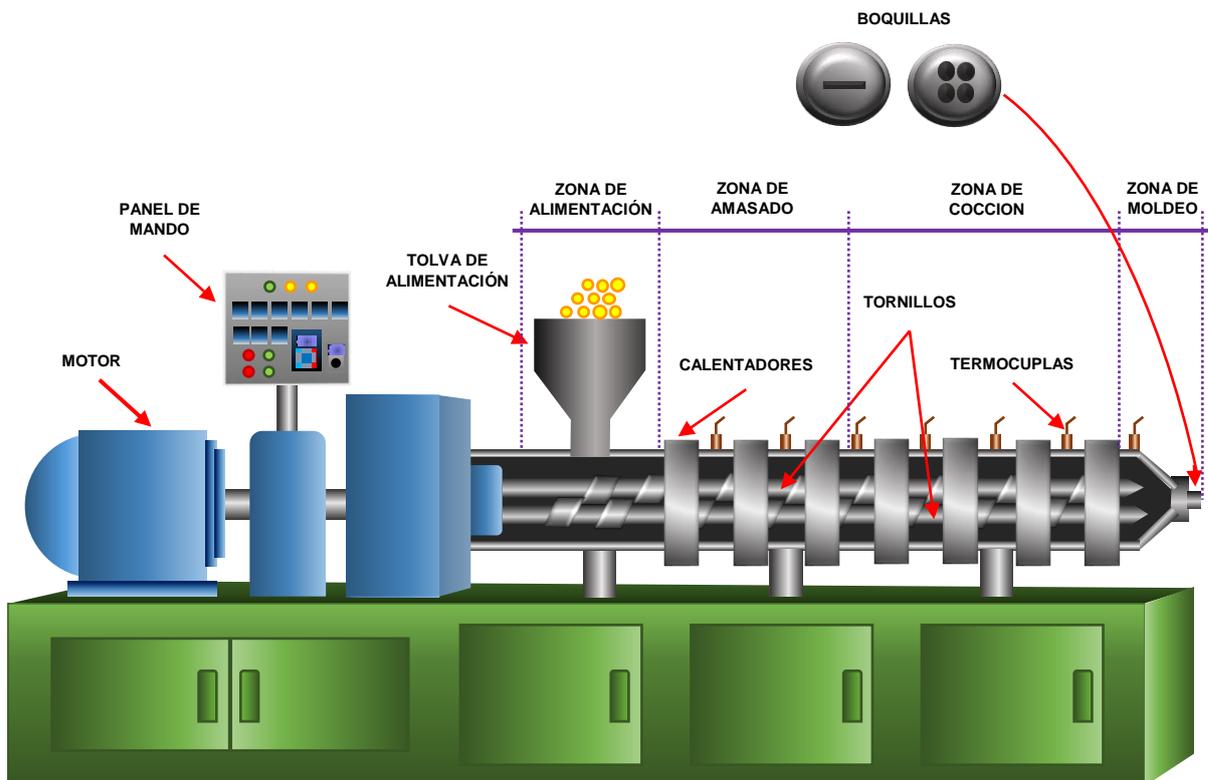


Figura 06. Diagrama del extrusor doble tornillo (IMBRA LABOR PQ DRX-50).

3.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

De acuerdo al problema de investigación, se establece una comparación entre las formulaciones provenientes de la mezcla de quinua con harina de habas, por lo que se considera aplicar un diseño en bloques completamente aleatorio. El modelo matemático aplica a esta investigación es:

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} : es la variable dependiente (características sensoriales) respuesta del sujeto experimentado en el i -ésimo experimento que recibió el j -ésimo tratamiento.

μ_{ij} : es el promedio general.

T_i : es el efecto del i -ésimo formulación (F1, F2, F3, F4, F5 y F6)

β_j : es el efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} : es la cantidad de varianza no explicada por el factor, también se conoce como error de experimento o variación residual.

NIVELES DE INVESTIGACIÓN

El grado de profundidad está relacionado con el porcentaje que varían la composición de la mezcla a estudiar (variable independiente).

Cuadro 04. Matriz del diseño estadístico

	FACTOR	TEMPERATURA 120°C	EVALUACIÓN
3.4.4.C		✓ F1	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación sensorial (color, olor, sabor, textura, etc.)
A	<ul style="list-style-type: none"> Formulaciones de Harina de habas y Quinoa 	✓ F2	
R		✓ F3	
A		✓ F4	
C		✓ F5	
T		✓ F6	
E			

RIZACIÓN DEL SNACK EXTRUIDO

3.4.4.1. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

El producto extruido fue sometido a una evaluación sensorial por 35 jueces no entrenados quienes realizaron el análisis organoléptico del producto extruido, tomando como parámetros el sabor, olor, color y textura, luego se realizó una prueba hedónica del producto extruido tomando cinco escalas valorativas desde me gusta mucho hasta me disgusta mucho para observar el grado de aceptación del producto.

En el diseño estadístico para la evaluación sensorial se manejará el diseño de bloques completamente al azar (DCA) con un nivel de significancia del 5% con 35 panelistas.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN SNACK EXTRUÍDO, UTILIZANDO HARINA DE HABAS Y QUINUA

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

INSTRUCCIONES: Copie el código de la muestra y sírvase a evaluar el siguiente producto. Marque con una X el lugar con que mayor exactitud interpreta la magnitud de agrado o desagrado que le produce la muestra (snack).

LEYENDA: **O:** OLOR **C:** COLOR: **S:** SABOR **T:** TEXTURA

PUNTAJE	CATEGORÍA	CÓDIGO DE MUESTRA											
		O	C	S	T	O	C	S	T	O	C	S	T
5	Me gusta mucho												
4	Me gusta levemente												
3	Ni me gusta ni me disgusta												
2	Me disgusta levemente												
1	Me disgusta mucho												

OBSERVACIONES:

.....

Figura 07. Ficha de evaluación sensorial

3.4.4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL

- A. CARBOHIDRATOS TOTALES:** Se obtendrá por la diferencia: 100 – (humedad + proteína + grasa + fibra + ceniza)
- B. CENIZAS:** El contenido de cenizas del producto terminado se determinó en la mufla de marca THERMOLYNE a 550 ° C hasta peso constante de acuerdo con el párrafo 08 - 01, según el método AACC (AACC, 1995).

- C. FIBRA:** El contenido de fibra del producto terminado fue analizado por el laboratorio externo COLECBI.
- D. GRASAS:** El contenido de grasa del snack fue analizado por el laboratorio externo COLECBI.
- E. HUMEDAD:** Para determinar el contenido de humedad del snack se realizó con el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa".
- F. PROTEÍNA:** El contenido de proteína del snack fue analizado por el laboratorio externo COLECBI.

3.4.4.3. PROPIEDADES FÍSICAS

- A. ÍNDICE DE EXPANSIÓN:** Se realizó de la siguiente manera, el diámetro del extruido fue medido con un vernier y este se dividió entre la apertura del dado del extrusor, el resultado se expresó en mm (ROMERO, BACIGALUPO Y BRESSANI, 1985).

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

- B. TEXTURA:** En el análisis de la textura instrumental, se midió la dureza, usando Texturómetro RTC4500 (BROOKFIELD), con una carga máxima de 4500gr equipados con el software TEXTUREPRO para el análisis de datos.
- C. COLOR:** El color del snack se evaluó instrumentalmente usando un colorímetro, modelo CHROMA METER (KONICA MINOLTA). Como medida objetiva del color se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L*, a* y b*.

3.4.4.4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

A. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA: se utilizó el método descrito por SALAZAR DE BUCKLE et al, 1973; se pesó 2,5 g de muestra de harina del producto extruido y se agregó 30 ml de agua destilada, luego se atemperó en a 30°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos, el gel que queda dentro del tubo se pesa para determinar el índice de absorción.

$$IA = \frac{\textit{Gramos gel}}{\textit{Gramos muestra}} \times 100$$

B. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA: se utilizó el método descrito por SALAZAR DE BUCKLE et al, 1973. Se pesó 2,5 g de muestra de harina del producto extruido y se agregó 30 ml de agua destilada, luego se atemperó en a 30°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, se centrifugó a 300 rpm por 30 minutos, el sobrenadante se pasó a una placa petri y se puso en una estufa a 90°C para determinar el residuo por evaporación.

$$IS = \frac{\textit{Gramos muestra fina}}{\textit{Gramos muestra}} \times 100$$

C. ACTIVIDAD DE AGUA: se evaluó instrumentalmente mediante el equipo de aw, marca ROTRONIC, modelo HYGROLAB2.

3.4.4.5. VIDA ÚTIL

Para la determinación de la vida útil se evaluó la variación de aw, %H y características sensoriales durante 4 semanas de nuestra formulación ya seleccionada.

En cuanto a la evaluación sensorial se elaboró una ficha que constó de una escala hedónica de 5 puntos, para lo cual utilizamos 10 panelistas no entrenados, denominados jueces, para observar la variación de las características sensoriales y su aceptabilidad.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN SNACK EXTRUÍDO, UTILIZANDO HARINA DE HABAS Y QUINUA					
NOMBRE: _____			FECHA: _____		
INSTRUCCIONES: Copie el código de la muestra y sírvase a evaluar el siguiente producto. Marque con una X el lugar con que mayor exactitud interpreta la magnitud de agrado o desagrado que le produce la muestra (snack).					
PUNTAJE	CATEGORÍA	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
5	Me gusta mucho				
4	Me gusta levemente				
3	Ni me gusta ni me disgusta				
2	Me disgusta levemente				
1	Me disgusta mucho				
OBSERVACIONES:					

Figura 08. Ficha de evaluación sensorial para vida útil.

3.4.5. CALCULO DEL SCORE QUIMICO DE LAS FORMULACIONES

Se calculó en base a las cantidades en gramos, de las tres mejores formulaciones (F4, F5 y F6) de quinua y harina de habas. El patrón que se utilizó para el cómputo químico de aminoácidos fue el grupo de niños (requerimiento preescolar) (FAO, 2017).

$$CQ = \frac{mg \text{ de a. a en } 1g \text{ de N de la proteina del alimento}}{mg \text{ de a. a en } 1g \text{ de N de la proteina de referencia}}$$

El cómputo químico se expresó como la cantidad (mg) de aminoácidos esenciales por gramo de la proteína en estudio, en relación con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia (en gramos), es decir, el patrón aminoácido establecido para niños. El resultado se expresó de manera porcentual (FAO, 2017).

El valor más bajo es el que corresponde al score y el aminoácido que lo produce se denomina “Primer limitante”. El valor obtenido para cada aminoácido mayor a 100%, expresa una proteína completa (FAO, 2017).

Cuadro 05. Contenido de aminoácidos de los alimentos en el estudio y requerimientos.

AMINOACIDOS ESSENCIALES	PATRON FAO (mg/g proteína)*	QUINUA (mg/g proteína)**	HABAS (mg/g proteína)**
ISOLEUCINA	40	70	42
LEUCINA	70	73	79
LISICINA	55	84	67
MET+CIST	35	125	22
FENIL+TIRO	60	120	78
TREONINA	40	57	37
TRIPTÓFANO	10	12	10
VALINA	50	76	47

Fuente: FAO/CIMS/ONU, 1985(*); INSTITUTE OF MEDICINE NATIONAL ACADEMY BOF SCIENCES, 2010(**).

3.4.6. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA

- ✓ Para el muestreo se seleccionaron las ratas que cumplieron con las características del estudio (peso homogéneo y buen estado de salud); estas ratas fueron adquiridos en el Departamento de Nutrición (Laboratorio de análisis biológico bioterio) de la UNALM.
- ✓ Para los ensayos de PER, VB y D se utilizaron 5 ratas macho, raza Holtzman recién destetadas de 21 a 25 días de nacidas, provenientes de distintas madres o camadas (peso homogéneo y en buen estado de salud).
- ✓ Para el ensayo de NPU se utilizó 4 ratas macho, raza Holtzman recién destetadas de 21 a 25 días de nacidas, provenientes de distintas madres o camadas (peso homogéneo y en buen estado de salud).



Figura 09. Ratas raza Holtzman del Bioterio de la UNALM

3.4.6.1. EVALUACIÓN DEL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

Se empleó el método AOAC 960.48. Mide la capacidad de la proteína dietaria para promover el crecimiento en condiciones controladas y con el respectivo procedimiento se realizó el análisis en el Bioterio de la UNS.

La duración del ensayo fue de 15 días, se utilizaron el mismo grupo de animales de experimentación usados para D y VB.

Se proporcionaron dos tipos de dieta experimental: la primera dieta fue el producto terminado: Snack (siendo la formulación F5 la más aceptable, elegido previamente por

análisis sensorial) y la segunda dieta fue la materia prima: mezcla de harina de habas y quinua (misma formulación F5) con el fin de realizar una comparación entre el PER de la materia prima con el producto terminado.

Durante los días de experimentación se realizó el control del peso de las ratas, de la dieta y del residuo (alimento que queda en el comedero más el desperdicio de las ranuras y base de la jaula).

Para la determinación del PER se utilizó la siguiente ecuación:

$$PER = \frac{\text{Ganancia de peso gr}}{\text{Consumo de Proteína gr}}$$

El PER se mide en una escala que va del 1 a 4. El valor central de la diferencia usualmente es 2.5 que corresponde al de la caseína de la leche (ZEA, 2011).



Figura 10. Alimentación e instalación en las jaulas

3.4.6.2. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD (D) Y VALOR BIOLÓGICO (VB)

Se empleó el método AAFCO (1992) descrito para cálculo de digestibilidad, que cuantifica los nutrientes consumidos y nutrientes excretados vía fecal; para valor biológico, se sigue el método dado por la FAO-OMS (1989) que valora la cantidad de nitrógeno retenido frente al absorbido; con el

respectivo procedimiento se realizó el análisis en el Bioterio de la UNS.

La duración del ensayo fue de 10 días, de los cuales cuatro fue de acostumbramiento a la jaula y dieta y seis días de evaluación de la dieta experimental.

Las ratas fueron colocadas en jaulas metabólicas de acero, con su bebedero y comedero respectivo.

Se proporcionaron dos tipos de dieta experimental: la primera dieta fue el producto terminado: Snack (siendo la formulación F5 la más aceptable, elegido previamente por análisis sensorial), la segunda dieta fue la materia prima: mezcla de harina de habas y quinua (misma formulación F5) y una dieta apteica (maicena). También se le proporcionó agua mineral de botella y se hizo una revisión de la apariencia física del animal.

Durante los cuatro primeros días de acostumbramiento se realizó el control del peso de las ratas, el consumo de las dietas experimentales y el residuo (alimento que queda en el comedero más el desperdicio de las ranuras y base de la jaula). En el quinto día se proporcionó las dietas experimentales y la dieta apteica con 10mg de colorante carmín, que indica el inicio del experimento; se acondiciona las jaulas con sus colectores de heces y tubos para la recolección de la orina.



Figura 11. Instalación de las ratas en jaulas metabólicas y recolección de heces y orina

Durante los seis días de evaluación se registró el peso de las ratas, el peso y residuo de la dieta proporcionada; se colectó la orina en frascos y a las heces se le añadió 100 mg de thimol (sirve para conservación del nitrógeno) para su posterior almacenamiento.

El primer día se consideró solo las heces coloreadas por el carmín y tercio de la orina de las ratas. Durante los días siguientes se tomó en cuenta el total de heces y orina.

Finalizado la experimentación, se determinó la cantidad de nitrógeno de las heces y orina.

La Digestibilidad (D) y Valor Biológico (VB) se calcula con las siguientes formulas:

$$D = \frac{\text{Nitrógeno absorbido}}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$

$$D = \frac{NI - (NF - NF_k)}{NI} \times 100$$

$$VB = \frac{\text{Nitrógeno retenido}}{\text{Nitrogeno absorbido}} \times 100$$

$$VB = \frac{NI - (NF - NF_k) - (NU - NU_k)}{NI - (NF - NF_k)} \times 100$$

Dónde:

NI: Nitrógeno ingerido por el grupo alimentario con dieta experimental

NF: Nitrógeno fecal excretado por el grupo experimental

NF_k: Nitrógeno fecal metabólico proveniente del grupo alimentado con dieta apteica.

NU: Nitrógeno urinario excretado por el grupo experimental

NU_k: Nitrógeno urinario endógeno proveniente del grupo alimentado con dieta apteica.

3.4.6.3. EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA NETA (NPU)

Se realizó según el método de METER P., YOUNG R. (1980), reportado en el Informe de Consulta de Expertos en la FAO/OMS 1989, y con el respectivo procedimiento se realizó el análisis en el Bioterio de la UNS.

La duración del ensayo fue de 17 días, siete de acostumbramiento y 10 días de evaluación de las dietas experimentales y aprotéica.

Se proporcionaron dos tipos de dieta experimental: la primera dieta fue el producto terminado: Snack (siendo la formulación F5 la más aceptable, elegido previamente por análisis sensorial), la segunda dieta fue la materia prima: mezcla de harina de habas y quinua (misma formulación F5) y una dieta aprotéica (maicena).

También se le proporcionó agua mineral de botella y se hizo una revisión de la apariencia física del animal.

Durante los siete primeros días de acostumbramiento se realizó el control del peso de las ratas con la finalidad de que sea homogéneo.

Estos animales fueron acondicionados en jaulas metabólicas con comederos y bebederos individuales. Durante los diez días de ensayo se controló el peso de las ratas y el alimento consumido.

Terminado el ensayo se sacrificaron los animales; se realizaron incisiones en el cráneo, cavidad torácica y abdominal, luego se procedía a secar en una estufa a 105°C por 48 horas.

Las carcasas ya secas fueron molidas, homogenizadas para luego determinar la cantidad de nitrógeno presente en cada muestra.



Figura 12. Instalación de las ratas en jaulas metabólicas, secado de las carcasas, molienda y homogenizado de las carcasas.

Con los datos obtenidos, se procedió a calcular de la Utilización de la Proteína Neta (NPU) con la siguiente formula:

$$NPU = \frac{\text{Nitrógeno retenido}}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$

$$NPU = \frac{B - B_K + NI_K}{NI} \times 100$$

Donde

B= Nitrógeno en la carcasa en ratas alimentadas con la dieta experimental

B_K = Nitrógeno corporal de la rata alimentada con dieta aprotéica

NI= Nitrógeno ingerido por el animal alimentado con dieta experimental

NI_K = Nitrógeno ingerido por el animal alimentado con dieta aprotéica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL

En un producto seco como las harinas, es muy importante definir las características de su composición, a través del análisis que permita describir sus propiedades químicas, en los Cuadros 06 y 07, se observa los resultados obtenidos de la Harina de habas y quinua.

Cuadro 06. Composición químico proximal de la harina de habas en 100 gr de harina.

COMPONENTE	%
Carbohidratos	58.74 ± 0.0597
Proteínas	24.87 ± 0.0128
Grasas	2.55 ± 0.0037
Humedad	9.63 ± 0.0483
Cenizas	2.68 ± 0.0094
Fibra	1.53 ± 0.0361

Los valores obtenidos en el presente estudio son similares a los obtenidos por HERNANDEZ et al (2015), quienes determinaron en la composición química de la harina de habas: ceniza 3.49%, humedad: 10.24%, proteína: 24.9%, grasa: 1.21%. Según la Tabla Peruana de Composición de los Alimentos (2009), establece que el porcentaje de proteínas de la harina de habas es 24.3%. Los resultados obtenidos indican que el contenido de proteína de nuestra harina utilizada es 24.87%, siendo este un valor similar a lo que establece la tabla peruana de composición de los alimentos.

DAROCH (2012) evaluó la composición química del haba y observó que la harina de haba con cáscara presenta el menor valor del contenido de proteína, con un promedio de 19,54%, que es significativamente diferente al contenido promedio de la harina de semilla descascarada cuyo resultado fue 25.05%, este resultado es semejante al que obtuvimos en la presente investigación; así mismo los demás resultados fueron: humedad: 13.05%, grasa: 1.77%, fibra:

1.34, cenizas: 2.72; estos valores son muy similares a los que obtuvimos.

Cuadro 07. Composición químico proximal de la quinua en 100 gr de harina

COMPONENTE	%
Carbohidratos	66.49 ± 0.0031
Proteínas	13.56 ± 0.0382
Grasas	5.88 ± 0.0087
Humedad	8.56 ± 0.0040
Cenizas	2.32 ± 0.0209
Fibra	3.19 ± 0.0170

HUAYNA et al. (2016) En su investigación realizó un análisis proximal de la harina de quinua siendo el valor encontrado de humedad de 12.85%, proteína 13.58%, grasa 6.49%, fibra 3.12%, ceniza 1.68% y carbohidratos 62.28%; éstos valores son muy similares a los encontrados en la presente investigación.

Así mismo CONTRERAS (2015), reportó resultados humedad de 12.5 %, carbohidratos 66.59%, grasa 6.37%, proteína 12.28%, fibra 1.75% y cenizas 2.26%; estos valores son estrechamente semejantes con los encontrados en la presente investigación.

Cuadro 08. Composición químico proximal de la mezcla de harinas (F5) en 100 gr de harina

COMPONENTE	%
Carbohidratos	64.41 ± 0.0031
Proteínas	16.47 ± 0.0345
Grasas	5.08 ± 0.0059
Humedad	8.80 ± 0.0072
Cenizas	2.49 ± 0.0217
Fibra	2.75 ± 0.0063

Para la mezcla F5 (25% de harina de haba y 75% de quinua), el contenido de proteína es 16.47%, el contenido de grasas es 5.08%, la humedad haciende a 8.80%, las cenizas, fibra y carbohidratos de la mezcla es 2.49%, 2.75% y 64.41% respectivamente.

La FAO et al (2016), menciona que la cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4 % y un 17,0 % de su parte comestible. Aunque generalmente tenga una mayor cantidad de proteínas en relación con la mayoría de granos, la quinua se conoce más por la calidad de las mismas. La proteína está compuesta por aminoácidos, ocho de los cuales están considerados esenciales tanto para niños como para adultos.

DAROCH (2012) menciona que la proteína de haba tiene un perfil de aminoácidos relativamente bueno, aunque posee un contenido muy bajo de dos aminoácidos azufrados: metionina y cistina, siendo un 0,47%, lo cual es característico de las leguminosas. En contraste a los cereales, el haba tiene un alto contenido de lisina con un 1,94% y su uso se ha incrementado como un suplemento proteico para animales en alimentos cereales para la alimentación diaria y además esta leguminosa es considerada que tiene un buen contenido en arginina, con un 2,77%, el cual es un aminoácido que también juega un rol importante en cuanto al contenido de proteínas.

LOPEZ P. (2015), las mezclas realizadas entre la combinación de una leguminosa y un cereal, es con el propósito de obtener un alimento rico en proteínas de alto valor biológico y sin alterar las características fisicoquímicas, lo cual significa que el alimento es rico en proteína no solo en cantidad sino también en calidad. La mezcla formulada en este estudio es una forma de complementar la proteína de quinua con habas, siendo el fin maximizar la calidad proteica en el snack.

4.1.2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

A. TAMAÑO DE PARTÍCULA

Para la extrusión de la quinua se realizó la molienda utilizando el tamiz malla 80 y se tuvo un módulo de finura de 3, que INIAA (2010), denomina molienda media obteniendo quinua granulada y para la harina de habas de 0.4mm.

El diámetro de partícula es inversamente proporcional a la velocidad de transferencia de calor, por ende, es inversamente proporcional a la gelatinización del almidón, desnaturalización de la proteína, formación de enlaces isopeptídicos, etc. Con la finalidad de conseguir una cocción pareja se ha diseñado diferentes tipos de extrusores de diferentes formas de tornillo, para productos de molienda fina o grosera (ROJAS, 2012).

Las muestras, tanto cereales como leguminosas, con mayor porcentaje de gelatinización fueron las que tenían los módulos de finura entre 2.01 a 4.31 (ROJAS, 2012).

B. COLOR

Los resultados del análisis del color de la harina de habas y quinua se muestran en el Cuadro 09.

Cuadro 09. Colorimetría de la materia prima

MUESTRA	L*	a*	b*	C*	h*
Quinua	95.73± 0.029	-1.22± 0.015	19.58± 0.101	19.61± 0.376	84.44± 0.275
Harina de habas	96.66± 0.086	3.43± 0.452	26.77± 0.243	26.99± 0.342	82.69± 0.208

En el Cuadro 09, se observa que la harina habas obtuvo el rango más alto de L*, esto indica que esta harina es la más clara; siendo la quinua la harina más oscura.

Los parámetros obtenidos para las medias de a* son -1.22 para la harina de quinua, cuyo valor tiene una tendencia al color verde y para la harina de habas es de 3.43, lo cual se tiene tendencia más al color rojo.

Los parámetros obtenidos para las medidas de b* son 19.58 para la harina de quinua y 26.77 en la harina de habas; estos parámetros tienen una tendencia más al color amarillo, siendo la harina de habas la que se acerca más a este color.

El ángulo de tonalidad h^* presente en la harina de habas es de 82.69 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo-amarillo, mientras que la harina de quinua corresponde al segundo cuadrante de las coordenadas de color verde-amarillo.

La cromacidad C^* para la harina de habas es de 26.99 y para la quinua 19.61. La variación del grado de color de la harina se podría deber al tipo de cultivo, contaminación, tratamiento (tostado) de las harinas, actividad de las enzimas, molino, entre otros que puede influir en el color final (LOPEZ P., 2015).

El grado de color no es una medida de la apariencia visual de la harina. El color de la harina está tan estrechamente asociado con el contenido de cenizas, que se emplea para medir la pureza de estas en muchas partes del mundo. El color de la harina o el contenido de cenizas pueden afectar al comportamiento de la misma durante la cocción-extrusión; generalmente cuanto más blanco sea los colores mejores serán sus propiedades (LOPEZ P., 2015).

C. ACTIVIDAD DE AGUA

Los resultados de actividad de agua de la materia prima de la harina de habas y quinua se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Actividad de agua de la materia prima

MUESTRA	Aw
Quinua	0.492± 0.0014
Harina de haba	0.526± 0.0023
Mezcla de harinas (F5)	0.508± 0.0018

Este parámetro determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes del alimento. Se determinó que la actividad de agua de la quinua, harina de habas y de la mezcla de harinas está por debajo del 0.6 no hay crecimiento

microbiano, pero sí puede haber microorganismos como residentes durante largos periodos de tiempo. (POLLIO, 2013).

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL SNACK EXTRUIDO

4.2.1. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

El análisis sensorial del snack elaborado con harina de habas y quinua fue evaluado por un panel de 35 jueces o panelistas no entrenados, lo que permite obtener características similares de la población que consumirá el producto. Los atributos que se evaluaron son: sabor, textura olor, color y aceptabilidad del producto.

A. CARACTERÍSTICA SENSORIAL DEL SABOR DEL SNACK

El sabor es una característica sensorial muy compleja, ya que combina tres propiedades: olor, aroma y gusto. El sabor es lo que hará que se diferencien las distintas formulaciones de snack y por ende la preferencia de los panelistas por alguna de estas. Los resultados de la evaluación de sabor se presentan en el Cuadro 11, todas las formulaciones (F1, F2, F3, F4, F5 y F6), tienen una calificación entre Me gusta mucho a Me disgusta mucho.

Cuadro 11. Elección de las escalas del sabor para el snack, por los panelistas

ESCALA	SNACKS					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Me gusta mucho	14	15	18	23	25	24
Me gusta levemente	12	13	14	11	10	10
Ni me gusta ni me disgusta	7	6	3	1	0	1
Me disgusta levemente	1	1	0	0	0	0
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0	0
Total: Panelistas	35	35	35	35	35	35

En el Cuadro 12, el análisis de varianza, estable que tiene un efecto significativo sobre el sabor a un nivel de confianza del 95%

entre el snack con las formulaciones de harina de habas y quinua; el sabor del snack es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor; por lo que dicho resultado favorece la elección de la mejor formulación y por ende la aceptabilidad del producto. También se observa que no existe diferencia significativa entre las escalas para el sabor.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el sabor del snack.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Sabor	88.6667	5	17.7333	0.10	0.9899
B: Formulaciones	43481.1	4	10870.3	64.33	0.0000
Residuos	3379.67	20	168.983	-	-
Total (Corregido)	46949.5	29	-	-	-

En la Figura 13, la alternativa “Me gusta mucho” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 19.83, seguido por las alternativas “Me gusta levemente” con un promedio de 11.67 panelistas, la alternativa “Ni me gusta ni me disgusta” tiene un promedio de 3 panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “Me disgusta levemente” con 2 panelistas y la alternativa “Me disgusta mucho” con 1 panelista.

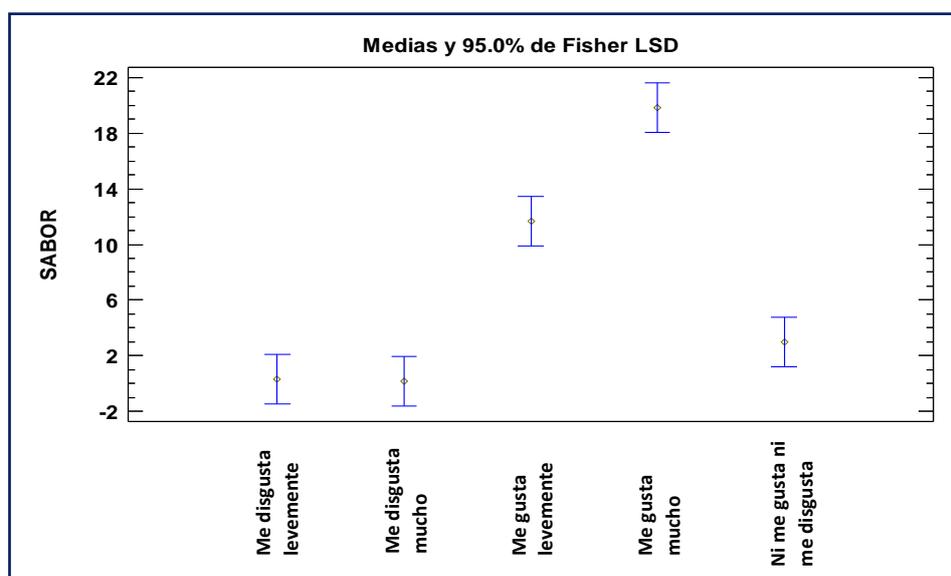


Figura 13. Dispersión de las escalas para el sabor de los snacks

B. CARACTERISTICA SENSORIAL DE LA TEXTURA DEL SNACK

La textura es uno de los atributos más importantes del snack. La textura del snack se refiere al grado de crocancia o dureza y se determina con el sentido del tacto y en la masticación, pues la sensación producida por esta operación puede describirse como adhesividad, dureza, fracturabilidad, según sea el caso. Asimismo, la textura del snack depende de la distribución de tamaño de las células y del espesor de la pared celular.

En el Cuadro 13, se observa la calificación de los panelistas, respecto a cómo ven la textura de las muestras de snacks entregadas.

Cuadro 13. Elección de las alternativas de la textura para el snack, por los panelistas

ESCALA	SNACKS					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Me gusta mucho	14	16	19	22	25	24
Me gusta levemente	14	15	15	13	10	10
Ni me gusta ni me disgusta	5	3	1	0	0	1
Me disgusta levemente	1	1	0	0	0	0
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0	0
Total: Panelistas	35	35	35	35	35	35

La mayoría de los panelistas consideran que los snacks, tienen una calificación entre “Me gusta mucho” y “Me gusta levemente”.

En la Cuadro 14, el análisis de varianza, estable que tiene un efecto significativo sobre la textura a un nivel de confianza del 95% entre el snack con las formulaciones de harina de habas y quinua; el sabor del snack, es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor; por lo que dicho resultado favorece la elección de la mejor formulación y por ende la aceptabilidad del producto. También se observa que no existe diferencia significativa entre las escalas para la textura.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la textura del snack

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Textura	66.1667	5	13.2333	0.09	0.9932
B: Formulaciones	46321.9	4	11580.5	77.38	0.0000
Residuos	2993.33	20	149.667	-	-
Total (Corregido)	49381.4	29	-	-	-

En la Figura 14, se aprecia cómo están distribuidas las calificaciones de la textura, y en el Cuadro 14 se evalúa la tabla de medias por mínimos cuadrados para la alternativa de la textura del snack. La alternativa “Me gusta mucho” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 20, seguido por las alternativas “Me gusta levemente” con un promedio de 12.83 panelistas, la alternativa “Ni me gusta ni me disgusta” tiene un promedio de 1.67 panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “Me disgusta levemente” con 2 panelistas y la alternativa “Me disgusta mucho” con 1 panelista.

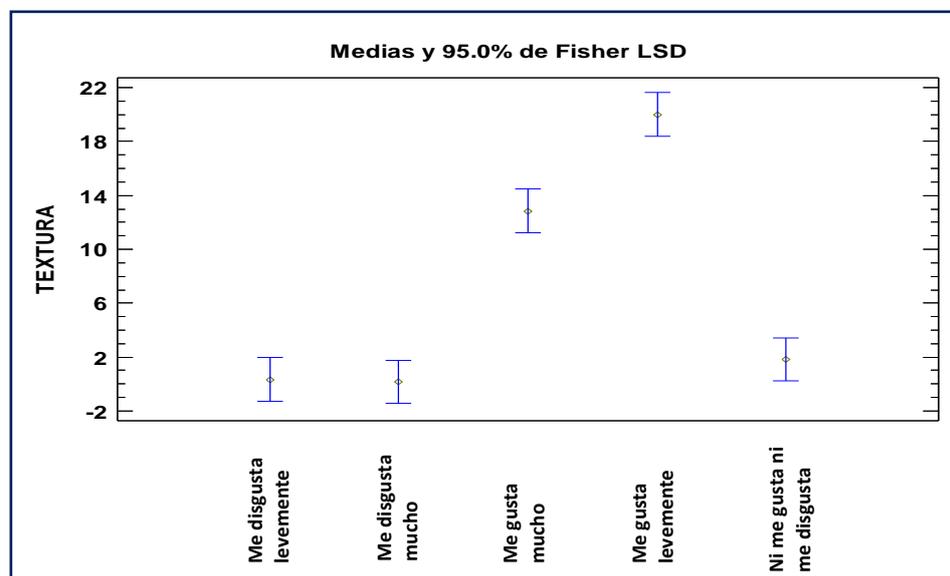


Figura 14. Dispersión de las escalas para la textura de los snacks

C. CARACTERÍSTICA SENSORIAL DEL OLOR DEL SNACK

El olor se refiere a la percepción del aroma del snack; en la extrusión olor no es fuerte debido a que el tiempo de residencia es

menor y por ende no se producen cierto tipo de aromas a cocido tradicional.

En el Cuadro 15, se aprecia la distribución de los 35 panelistas, según su elección de las escalas. Las formulaciones más aceptadas son F5 (25% de harina de habas y 75% de quinua) y F6 (20% de harina de habas y 80% de quinua), considerados por 23 panelistas, para la formulación F4 (30% de harina de habas y 70% de quinua), 21 panelistas lo consideran con “Me gusta mucho” y 14 panelistas lo consideran con “Me gusta levemente”. Los panelistas consideran a las formulaciones F2 (35% de harina de habas y 65% de quinua) y F3 (40% de harina de habas y 60% de quinua) entre “Me gusta levemente” y “Ni me gusta ni me disgusta”; y la F1 (45% de harina de habas y 55% de quinua), tiene calificaciones de olor muy disperso por los panelistas; por ser la formulación con mayor contenido de harina de habas.

Cuadro 15. Elección de las alternativas del olor para el snack, por los panelistas

ESCALA	SNACKS					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Me gusta mucho	15	17	20	21	23	23
Me gusta levemente	13	15	14	14	12	11
Ni me gusta ni me disgusta	5	2	1	0	0	1
Me disgusta levemente	1	1	0	0	0	0
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0	0
Total: Panelistas	35	35	35	35	35	35

En el Cuadro 16, el análisis de varianza, estable que tiene un efecto significativo sobre el olor a un nivel de confianza del 95% entre el snack con las formulaciones de harina de habas y quinua; el olor del snack es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor; por lo que dicho resultado favorece la elección de la mejor formulación y por ende la aceptabilidad del producto.

También se observa que no existe diferencia significativa entre las escalas para el olor.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el olor del snack

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Olor	48.1667	5	9.63333	0.12	0.9865
B: Formulaciones	46129.5	4	11532.4	143.29	0.0000
Residuos	1609.67	20	80.4833	-	-
Total (Corregido)	47787.4	29	-	-	-

En la Figura 15, la alternativa “Me gusta mucho” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 19.83, seguido por las alternativas “Me gusta levemente” con un promedio de 13.16 panelistas, la alternativa “Ni me gusta ni me disgusta” tiene un promedio de 3 panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “Me disgusta levemente” con 2 panelistas y la alternativa “Me disgusta mucho” con 1 panelista.

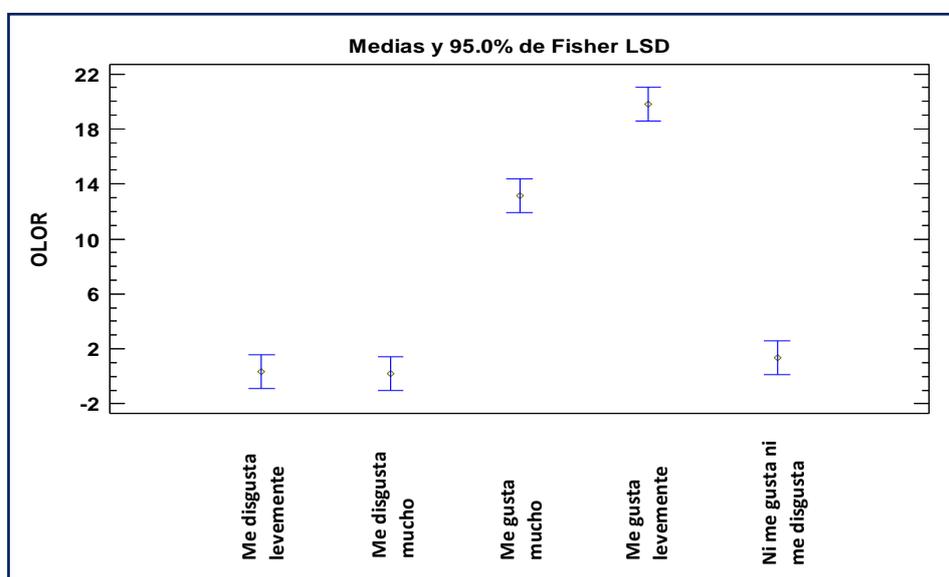


Figura 15. Dispersión de las escalas para el olor de los snacks

D. CARACTERISTICA SENSORIAL DEL COLOR DEL SNACK

La característica del color del snack se debe a la composición de las harinas y las temperaturas altas a la que es sometido durante el extruido, generando reacciones tales como la reacción de Maillard y la caramelización que provocan el color, sabor y olor característicos del snack. La mayoría de los alimentos tienen un color característico, cuando el color o apariencia se desvían demasiado de lo esperado, el consumidor lo rechaza.

Es importante hacer notar que esta característica predispone a las personas a esperar cierto color agradable a la vista, en especial los snacks, alimento que es ingerido en cualquier momento del día.

En el Cuadro 17, se aprecia el comportamiento según su elección de los 35 panelistas. Según la evaluación realizada, 26 panelistas consideran que F5 (25% de harina de habas y 75% de quinua) tiene un color que “Me gusta mucho” y ninguno eligió la alternativa “Me disgusta mucho”; también se puede observar que F6 (20% de harina de habas y 80% de quinua) tiene una calificación “Me gusta mucho” con 24 panelistas y una calificación “Ni me gusta ni me disgusta” con 1 panelista; el F4 (35% de harina de habas y 65% de quinua) tiene una calificación “Me gusta mucho” con 22 panelistas y una calificación “Me gusta levemente” con 13 panelistas; F3(35% de harina de habas y 65% de quinua) tiene una calificación “Me gusta mucho” con 19 panelistas, solo 1 panelista considera la calificación “Me disgusta levemente” para el snack correspondiente a F2 (40% de harina de habas y 60% de quinua) y 1 panelista para la calificación “Me disgusta mucho” correspondiente a F1(45% de harina de habas y 55% de quinua).

Cuadro 17. Elección de las alternativas del color para el snack, por los panelistas

ESCALA	SNACKS					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Me gusta mucho	14	16	19	22	25	24
Me gusta levemente	14	15	15	13	10	10
Ni me gusta ni me disgusta	5	3	1	0	0	1
Me disgusta levemente	1	1	0	0	0	0
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0	0
Total: Panelistas	35	35	35	35	35	35

En la Cuadro 18, el análisis de varianza, estable que tiene un efecto significativo sobre el color a un nivel de confianza del 95% entre el snack con las formulaciones de harina de habas y quinua; el color del snack es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor; por lo que dicho resultado favorece la elección de la mejor formulación y por ende la aceptabilidad del producto. También se observa que no existe diferencia significativa entre las escalas para el color.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el color del snack

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Color	68.5667	5	13.7133	0.12	0.9862
B: Formulaciones	44047.9	4	11012.0	96.90	0.0000
Residuos	2272.93	20	113.647	-	-
Total (Corregido)	46389.4	29	-	-	-

En la figura 16, se aprecia cómo está distribuido las calificaciones del color, y su respectiva media de cada alternativa. Para la alternativa “Me gusta mucho” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 19.67, seguido por las alternativas “Me gusta levemente” con un promedio de 12.5 panelistas, la alternativa “Ni me gusta ni me disgusta” tiene un promedio de 2.3 panelistas, y los valores más bajos corresponden a las

alternativas “Me disgusta levemente” con 2 panelistas y la alternativa “Me disgusta mucho” con 1 panelista.

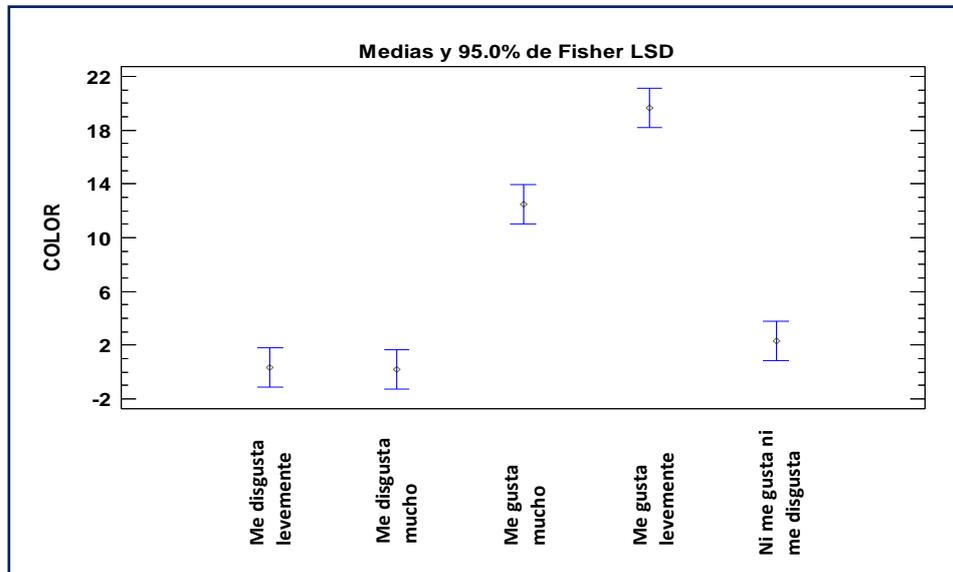


Figura 16. Dispersión de las escalas para el color de los snacks

Según GUY (2012), el aroma se genera durante la cocción por extrusión mediante cierto número de reacciones que tienen lugar y que son controladas por la composición, la temperatura y el tiempo de residencia. Cierta número de aromas y colores de los productos extruidos se forman mediante la reacción de aminoácidos y azúcares reductores.

AGUIRRE Y CALDERON (2015), mencionan que las condiciones de la extrusión en caliente apenas si afectan al color y el bouquet de los alimentos. El color de muchos alimentos extruidos se debe a los pigmentos sintéticos adicionados a la materia prima en forma de polvo hidrosoluble o liposoluble de emulsiones o lacas. La decoloración del producto debido a la expansión, a un tratamiento térmico excesivo o a reacciones que se producen con las proteínas, azúcares reductores o los iones metálicos; constituyen a veces un problema para la extrusión de algunos alimentos.

Generalmente, los productos que salen de los extrusores no tienen aromas fuertes debido al corto tiempo de residencia y a la

evaporación súbita de los componentes volátiles del aroma a medida que el producto se expande. La mayoría de los aperitivos, ya sea snacks, se secan y los aromas se añaden mediante pulverización de una emulsión de aceite incorporando los aromas. Como la mayoría de cereales tienen azúcar, da lugar a cierta caramelización, que introduce aromas, así como un color oscuro. A veces se les pulveriza una solución azucarada a los cereales antes del tostado para desarrollar olores más intensos (GUY, 2012).

Después de haber evaluado al conjunto de atributos del producto (snack) tales como: sabor, textura, olor y color; los 35 panelistas determinaron las formulaciones F4 (30% de harina de habas y 70% de harina de quinua), F5 (25% de harina de habas y 75% de harina de quinua) y F6 (20% de harina de habas y 80% de quinua) como sus preferidas, pero que la mejor formulación para el snack es la F5 (25% harina de habas y 75% de quinua). Siendo la formulación F5, que mediante la extrusión (T° : 120°C y humedad de 8.82% para la mezcla) le confiere al snack los atributos adecuados como: la textura más crocante; el sabor sutilmente amargo, característica que le confiere la harina de habas; el olor del snack es ligeramente al de las habas y el color del snack es ligeramente canela.

En la siguiente fase de la investigación se realizará una evaluación fisicoquímica y nutricional de la formulación escogida; haciendo comparaciones del F5 con el F4 y el F6 en algunas propiedades físicas y fisicoquímicas del snack.

4.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DEL SNACK

Los resultados del análisis de la composición química del Snack se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Composición químico proximal del Snack (Formulación: F5) en 100gr de snack

COMPONENTE	%
Carbohidratos	71.24 ± 0.0157
Proteínas	16,74 ± 0.0083
Grasas	1.86 ± 0.0040
Humedad	5.89 ± 0.0106
Cenizas	2.33 ± 0.0029
Fibra	1.94 ± 0.0064

En el Cuadro 19, se aprecia el contenido de proteína del snack obtenido mediante extrusión. El snack F5 (25% harina de habas y 75% de quinua), presenta un valor intermedio de 16.74%, con respecto a las formulaciones F4 (30% harina de habas y 70% de quinua) y F6 (20%harina de habas y 80% de quinua) con 17.67% y 16.57% de proteína respectivamente (ver ANEXO B, cuadro 03); esto se debe al alto contenido que presenta la harina de habas (24.87%).

REVELO (2010), menciona que la extrusión de productos con elevado contenido proteico (harina de habas 24.87% de proteína), se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas como es el caso de la harina de habas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Se intenta en estos procesos conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitrípsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo, por eso se debe tener en cuenta los parámetros de temperatura y humedad para que el proceso de extrusión que sea menos agresivo con la materia prima.

En cuanto a la fibra existe una reducción de 2.75% a 1.94% de la mezcla de harinas al snack obtenido; GUEVARA et al (2012), sustenta que el contenido de fibra es importante porque afecta algunas propiedades físicas y sensoriales de los extruidos. Un aumento en el contenido de fibra produce extruidos más densos, orificios más grandes, un color más oscuro y puede también conferir sabor amargo. REVELO (2010), obtuvo 1.09% de fibra para un snack de quinua y maíz, siendo este valor inferior al del snack obtenido, esto se debe a que los procesos térmicos y mecánicos intensos pueden romper enlaces fuertes de algunos oligosacáridos. La celulosa por ejemplo necesita de una enzima específica para degradarse a unidades de glucosa, el enlace (β , 1-4) puede ser roto por las fuerzas de cizalla durante la extrusión; de acuerdo con REVELO (2010), la fibra de la quinua está formada mayormente por β -glucanos que han sido reconocidos como componentes importantes de la alimentación humana ya que reducen los niveles de colesterol.

La variación del contenido de grasa por la extrusión, de 5.08% a 1.86%, se debe a la pérdida por oxidación, ruptura de enlace C-C, ruptura de C-O que puede dar lugar a la formación de isómeros de posición de los hidroperóxidos, a la epoxidación, formación de dehidroperóxidos, ciclación intramolecular y dimerización además de un gran número de otras posibles reacciones de descomposición que ocurren simultáneamente durante y después del proceso de extrusión. CERON et al (2016), afirma que los cereales y las legumbres (no oleaginosas) tienen un bajo contenido en grasa (2%), por lo que en la extrusión de harinas de cereales y legumbre no tiene una especial relevancia el efecto sobre los lípidos. Los productos con elevado contenido graso (por encima del 5 – 6%) disminuyen la fuerza de torsión durante el proceso.

El contenido de carbohidratos del snack F5 (25% harina de habas y 75% de quinua), presenta un valor intermedio de 71.48%, con respecto a las formulaciones F4 (30% harina de habas y 70% de

quinua) y F6 (20%harina de habas y 80% de quinua) con 69.85% y 72.21% de carbohidratos respectivamente (ver ANEXO B, cuadro 03). Existe un ligero aumento del contenido de carbohidratos en el snack, debido a la variación de la fibra, grasas y cenizas, y al proceso de secado para reducir el contenido de humedad. El porcentaje de carbohidratos aumentó 6.83% más luego de la extrusión; CERÓN et al (2016), en su investigación menciona que las harinas extruidas (quinua) presentaron un aumento significativo en el contenido de carbohidratos. Posiblemente debido a que durante el proceso de extrusión ocurren cambios en la estructura micro y macromolecular del almidón, hay una modificación de la cristalinidad por efecto de la gelatinización y rompimiento de las cadenas de amilosa y amilopectina. Además, sufre una degradación molecular por la temperatura, humedad y velocidad del tornillo del extrusor.

Las condiciones de bajo contenido de humedad en la mezcla de harinas (harina de habas con quinua) 8.82%, en el proceso de extrusión tienden a dar un grado de protección a la desnaturalización proteica, pero también crean las condiciones apropiadas para la generación de mayor cizalla y altas temperaturas que a su vez ocasionan pérdidas de hasta un 3% de la proteína cruda; la humedad final del snack (5.89%), se debe a la operación de secado post extrusión, con el fin de impedir diversas reacciones enzimáticas hidrolíticas, y favorece el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras. En la ficha técnica de alimentos de QALIWARMA (2014), indica que la humedad ideal de un expandido de quinua y harina de habas es de 5% para su almacenamiento.

También se observa que el contenido de cenizas del snack F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) fue 2,33%, lo que no fue una variación significativa con la mezcla de harinas (harina de habas y quinua) que presentó 2.49% de cenizas. Con respecto a los snacks F4 (30% harina de habas y 70% de quinua) y F6 (20%harina de habas y 80% de quinua), los valores de cenizas fueron 2.12% y 2.41% respectivamente, lo que no representa una variación significativa.

4.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS

A. ÍNDICE DE EXPANSIÓN

En el Cuadro 20, se presenta el índice de expansión de las formulaciones F4 (30% harina de habas y 70% de quinua), F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) y F6 (20% harina de habas y 80% de quinua).

Cuadro 20. Índice de expansión del producto terminado (Snack)

MUESTRA	F4	F5	F6
Snack	2.21 ± 0.1390	2.65 ± 0.1087	2.57 ± 0.1526

Como se puede apreciar en la Figura 17, el índice de expansión varía entre 2.21 y 2.65; el índice de expansión más bajo corresponde a la formulación con mayor contenido de harina de habas (30%), mientras que el IE más alto es del F5, con humedad de 8.82% en la materia prima y 75% de quinua y la formulación F6, con el mayor porcentaje de quinua (80%) tiene el IE de 2.57 (ver ANEXO C, Cuadro 04).

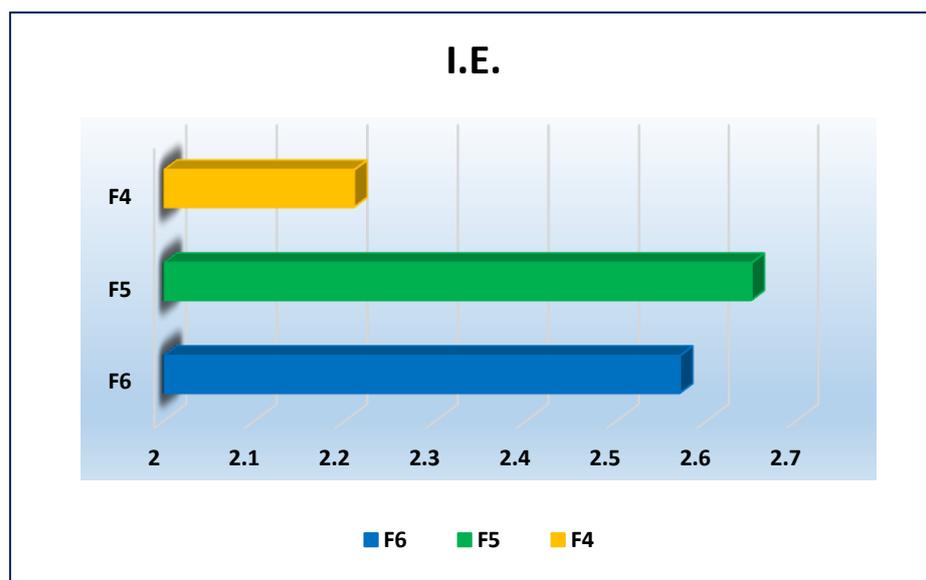


Figura 17. Índice de expansión de las diferentes formulaciones de snack



Figura 18. Efecto del índice de expansión en los snacks según la formulación

En la figura 17, apreciamos que la formulación F5, tuvo mayor expansión además que el snack tuvo la forma más homogénea en comparación de las formulaciones F4 y F6.

REVELO (2010), obtuvo resultados de IE, que variaron entre 3.49 y 4.7 para un snack extruido de quinua, el mayor IE lo obtuvo con el nivel de sustitución 100% gritz de quinua y el menor IE, fue con 100% gritz de maíz.

ROJI et al (2012), en su estudio de elaboración de un snack de maíz enriquecido con quinua y queso, indican que una vez que la molécula de almidón ha sido desenredada, alineada y/o parcialmente disminuida su habilidad para almacenar energía durante la deformación y flujo a través del dado, su potencial de expansión seccional es reducido y el potencial de expansión longitudinal aumenta.

ROJI et al (2012), mencionan que el fenómeno de la expansión resulta básicamente del esparcimiento incrementado por el vapor de agua, en donde la partícula es limitada en su estado de ensanchamiento por la operación unitaria de deshidratación, como consecuencia de la rápida difusión de vapor de agua fuera de ella. La expansión depende de la gelatinización del almidón, después de que el vapor se ha liberado de la masa expandida,

las cubiertas huecas se secan y forman una pared tridimensional.

B. TEXTURA

Se realizaron pruebas de textura utilizando el Texturómetro Brookfield CT3. Probeta #5 TA 15/1000, cono 30 mm D: 45", para medir el trabajo de la compresión de la dureza del producto.

Cuadro 21. Textura del producto terminado (Snack)

MUESTRA	TRABAJO (mJ)
F4	30.93 ± 0.0122
F5	43.39 ± 0.0305
F6	56.45 ± 0.0143

En el Cuadro 21, se observa los parámetros del trabajo que realiza el texturómetro en las muestras de snack. La evaluación se realizó a los 3 días de su producción (ver ANEXO C, Cuadro 05).

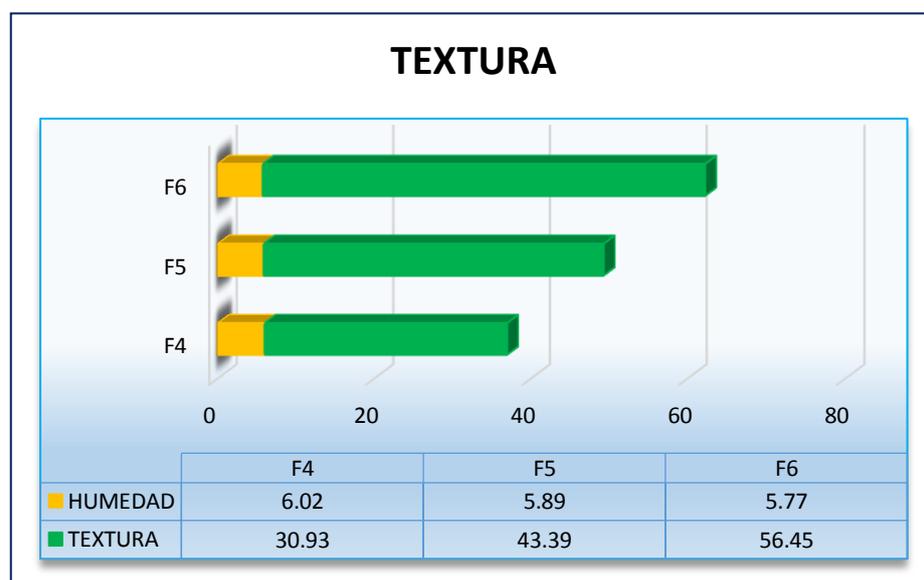


Figura 19. Textura de las diferentes formulaciones de snack

En la Figura 19, se muestra que ha bajos valores de humedad, el trabajo aumenta, por lo tanto, se podría decir que la dureza es superior. En cuanto a las formulaciones, la formulación F6 (20% harina de habas y 80% de quinua), presenta el dato más alto de trabajo (56.45mJ), la formulación F4 (30% de harina de habas y

70% de quinua), presenta el dato más bajo (30.93mJ), siendo la formulación F5 (25% harina de quinua y 75% de quinua) el dato intermedio (43.39mJ), de esto se deduce que, a mayor porcentaje de quinua, mayor es el trabajo.

La dureza y la nitidez del snack son percepciones de los consumidores y están asociados con la expansión y estructura de la célula del extrudido (DING et al., 2015). En el caso de "snacks", si se desea controlar la dureza, se requiere una estructura más compacta o cerrada para evitar la rápida absorción de la humedad.

ALCÁZAR (2012), menciona que la textura de los alimentos se halla principalmente determinada por el contenido en agua, grasa, por los tipos, proporciones relativas de algunas proteínas y carbohidratos estructurales (celulosa, almidones y diversas pectinas). Los cambios en la textura están producidos por la pérdida de agua o grasa, la formación o rotura de las emulsiones, la hidrólisis de los carbohidratos poliméricos y la coagulación o hidrólisis de las proteínas.

La textura del producto (snack) también se ve afectado por el diseño del troquel y las operaciones post extrusión (tales como el secado del snack para llegar a la humedad adecuada de almacenamiento). La reología de las mezclas tiene un efecto significativo sobre el mecanismo de expansión y por lo tanto sobre la textura del producto final. Las propiedades reológicas de las mezclas se controlan mediante la formulación, el perfil de temperatura, el contenido de humedad de las mezclas, la velocidad de tornillo y el diseño del troquel (ALCÁZAR, 2012).

C. COLOR

Los resultados del análisis colorimétrico del Snack se muestran en el Cuadro 22, el snack elaborado con quinua y harina de habas muestra coloración marrón (ver ANEXO C, cuadro 07).

Cuadro 22. Colorimetría del Snack

MUESTRA	a*	b*	L*	C*	h*
F4	8.36±	34.52±	57.59±	35.52±	84.87±
	0.128	0.094	0.071	0.172	0.371
F5	7.2±	32.41±	62.79±	33.2±	86.08±
	0.0302	0.608	0.030	0.604	0.126
F6	6.96±	31.95±	66.07±	32.7±	86.35±
	0.061	0.679	0.809	0.709	0.319

Según REVELO (2010), el color de la harina y por consiguiente del snack depende principalmente de la proporción de pigmentos naturales presentes en la cereales o leguminosas, así como tipo de cultivo y los tratamientos previos realizados antes o después de la molienda.

En el Cuadro 22, podemos observar que al aumentar los niveles de harina de habas sobre los de quinua, los valores de L* y h* también van aumentando (sus tendencias son más al azul oscura), y los valores a* disminuyen (su tendencia es más al verde).

Los F4, F5 y F6 tienen una cromacidad semejante cuyos valores están en el rango 35.52 a 32.7. Entonces el pigmento de la harina de habas aumenta la cromacidad, es decir oscuridad en el snack.

El grado de tonalidad (h*) presentan valores de 84.87 para F4, 86.08 para F5 y 86.35 para F6, lo cual nos indica que se encuentran dentro del primer cuadrante.

4.2.4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

A. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA

En el cuadro 23, se observa los índices de absorción de agua obtenidos de la mejor formulación (F5) en la harina sin extruir y el snack extruido.

Cuadro 23. Índice de absorción de agua de la mejor formulación (F5)

PRODUCTO	I.A.A.
Harina	2.97 ± 0.261
Snack	5.89 ± 0.724

Se puede apreciar que el valor del índice de absorción de agua del snack es 5.89 el cual es superior al de la harina sin extruir que fue 2.97.

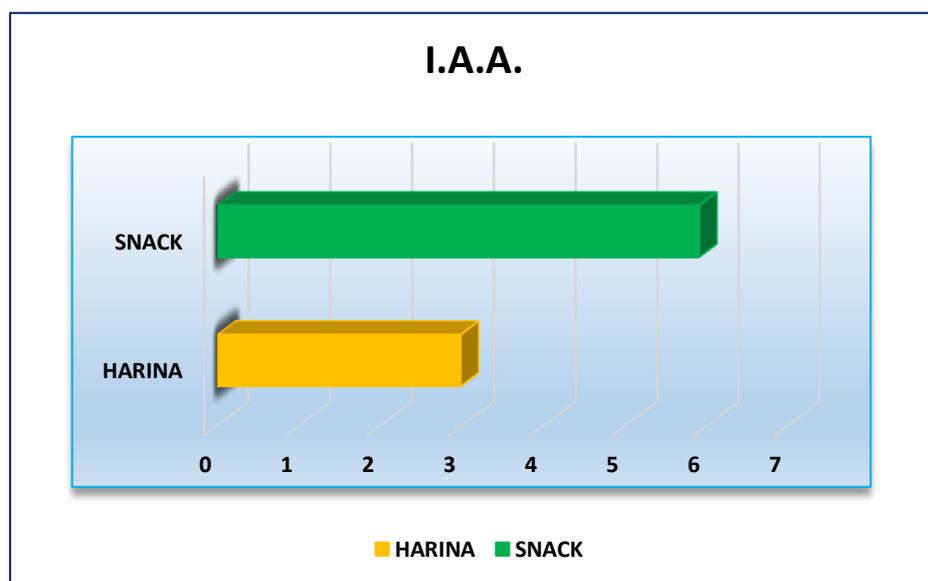


Figura 20. Índice de absorción de agua de la mejor formulación (F5)

El IAA se relaciona con el grado de hinchamiento o de gelatinización, los gránulos de almidón gelatinizados debido a que sólo puede absorber el agua a temperatura ambiente, el aumento de la viscosidad (REVELO, 2010).

REVELO (2010), obtuvo resultados que variaron entre 4.16 y 6.86 para un snack extruido de quinua, se obtuvo el 4.16 con su tratamiento T15 (100% quinua, 20% humedad, 150 – 175 – 180°C) y el mayor IAA de 6.86 con el tratamiento T14 (100% quinua, 22% humedad, 150°C), las características intrínsecas de los gránulos del almidón de cada materia prima los hacen más o menos susceptibles a la degradación durante el tratamiento

térmico. La quinua es un cereal que contribuye a obtener un menor índice de absorción de agua, sustentado en las propiedades particulares de su almidón, como son su pequeño tamaño de gránulo (0.65 a 0.91 μm) contenido de amilosa (21%), grado de cristalización, etc., así como las interacciones fisicoquímicas entre las proteínas quinua y el almidón de la harina de habas.

RODRÍGUEZ et al (2012), menciona que la gelatinización causa un incremento en el poder de hinchamiento; la solubilidad y la absorción de agua son parámetros que muestran la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas. Estas interacciones se afectan por la relación amilosa/amilopectina y por las características de la amilosa y la amilopectina, en términos del peso/distribución, grado y longitud de ramificación y conformación.

Los procesos térmicos, tales como extrusión, aumentan los valores de IAA debido a la gelatinización de los gránulos de almidón y proteína de desnaturalización que dar lugar a cambios conformacionales y estructurales. Las perlas gelificadas absorber más cuentas de agua en estado natural, al igual que su equilibrio hidrófilo / hidrófobo modificado (ALVIM et al., 2012).

B. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

En el Cuadro 24, se observa los índices de solubilidad de agua obtenidos de la mejor formulación (F5) en la harina sin extruir y el snack extruido. Se puede apreciar que el valor del índice de solubilidad en agua del snack es superior al de la harina sin extruir.

Cuadro 24. Índice de solubilidad en agua de la mejor formulación (F5)

PRODUCTO	I.S.A (%)
Harina	9.15 \pm 0.023
Snack	30.76 \pm 0.849

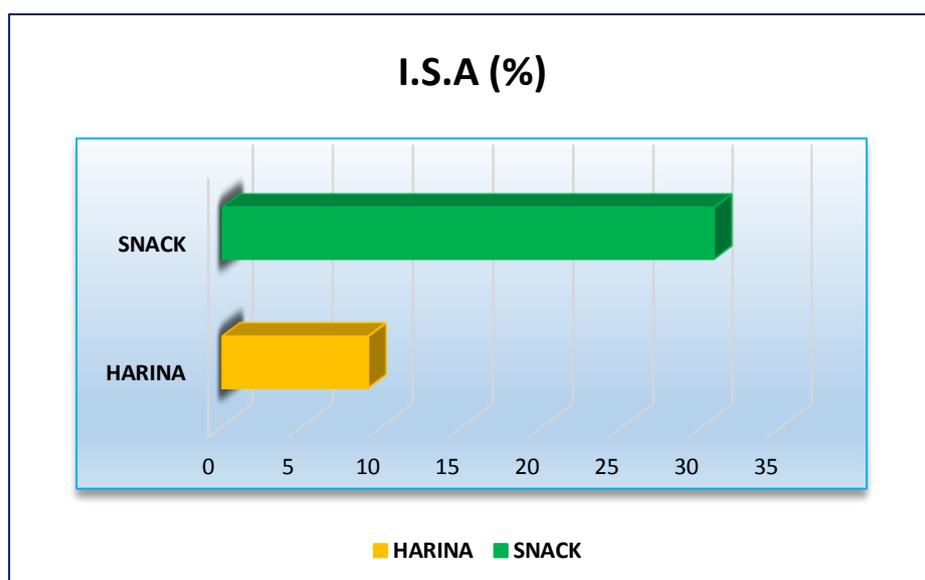


Figura 21. Índice de solubilidad en agua de la mejor formulación (F5)

El ISA está relacionada con la cantidad de moléculas solubles como resultado de dextrinización, o medir el grado de daño en el almidón por tratamientos termomecánicos (REVELO, 2010).

REVELO (2010), obtuvo valores de ISA que variaron entre 3.58 y 7.66 para un snack extruido de quinua. Con el tratamiento T9 (100% quinua, 20% humedad, 150 – 175 – 180°C), se obtuvo el mayor ISA (7.6%) y el tratamiento T15 (100% quinua, 20% humedad, 150 – 175 – 180°C) obtuvo el menor ISA (3.58%); la extrusión reduce el peso molecular de la hemicelulosa, lo que resulta en un aumento en el índice de solubilidad acuosa.

BRAVO et al. (2017), reportó en su estudio de snack extruido de arroz, quinua y chíá, valores de 18.17 hasta 30.10 de ISA; sugirieron que este comportamiento es causado por degradación de almidón, debido a la presión de corte sobre éste durante la extrusión.

RODRIGUEZ et al. (2012), reportó un ISA de 5.10 en harina de quinua, así mismo AVECILLAS (2015), reportó resultados de ISA

de 17.05 en harina de quinua cruda y 14.66 en harina de quinua lavada.

C. ACTIVIDAD DE AGUA

En el Cuadro 25, se observa los resultados de las formulaciones F4, F5 y F6.

Cuadro 25. Actividad de agua del Snack

PARÁMETRO	F4	F5	F6
Aw	0.429	0.420	0.418

Los snacks se caracterizan por su actividad de agua inferior a 0.5, en estas condiciones, son improbables las alteraciones microbianas (POLLIO, 2013), todas las formulaciones analizadas cumplen con dicha característica.

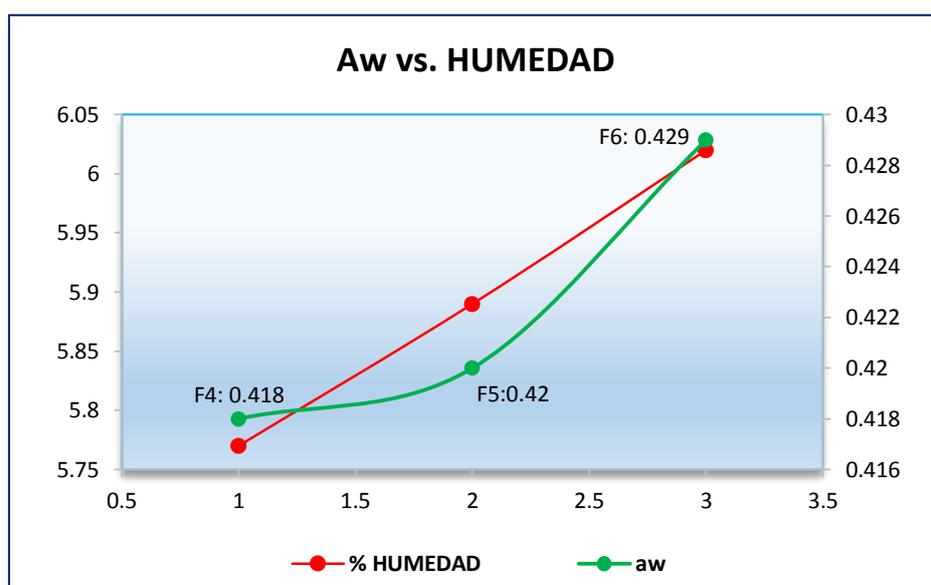


Figura 22. Aw de las diferentes formulaciones de snack

De la Figura 22, se deduce que el contenido de humedad de las formulaciones F4 (30% de harina de habas, y 70% de quinua), F5 (25% de harina de habas y 75% de quinua) y F6 (20% de harina de habas y 80% de quinua), influye en la actividad de agua; ya que la formulación F6 con 5.77% de humedad permite obtener un snack con menor actividad de agua y la formulación F4 con humedad de 6.02%, su Aw es mayor.

Según LAB-FERRER (2017), la reducción del contenido de agua del alimento implica una disminución paralela de su actividad de agua. Los cereales, con una A_w baja son crujientes y quebradizos; sí su A_w aumenta, la textura cambia, produciéndose el reblandecimiento del producto. La a_w es un factor crítico que determina la vida útil de los productos.

Los productos extruidos tales como los snacks, cereales para desayuno son seguros para comer debido a que las materias primas están sujetos a altas temperaturas ($>120^{\circ}\text{C}$) y la actividad de agua del producto es baja debido a que el producto se seca hasta un contenido de humedad aproximado del 5% (GUY, 2012).

4.2.5. VIDA ÚTIL

Para la determinación de la vida útil se evaluó la variación de la textura, A_w , %H y características sensoriales durante 29 días al snack (Formulación 5: 25% Harina de habas y 75% Quinoa).

JENA et al. (2012), menciona que la vida útil es definida como el tiempo máximo al cual el alimento es almacenado bajo condiciones ambientales específicas que no sufren alteraciones apreciables de la calidad y aceptabilidad.

4.2.5.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

En la figura 23, observamos la variación de la humedad (H%) con respecto al tiempo, se puede apreciar que se experimenta un ascenso en la humedad de 0.1265 a través del tiempo de evaluación. Este aumento de la humedad en el snack se debe a la presencia de humedad en el ambiente de almacenamiento.

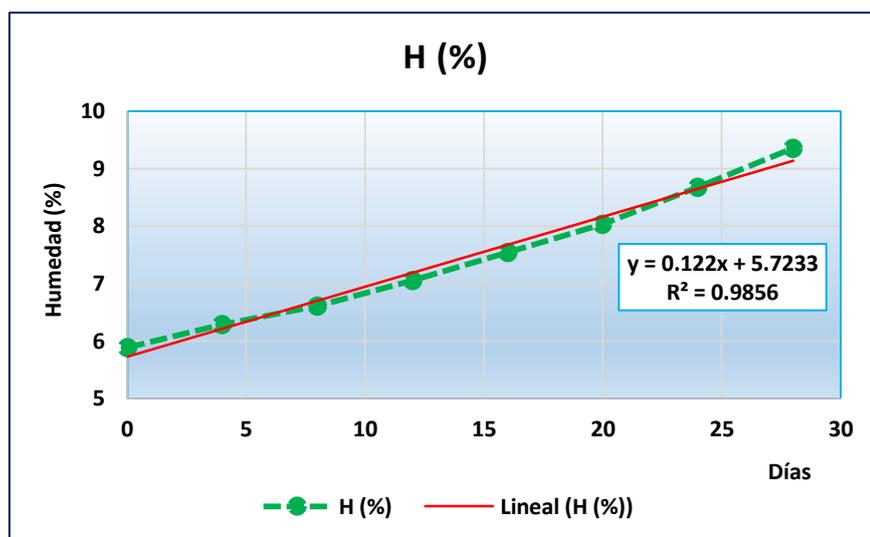


Figura 23. Variación del %H en función del tiempo (días)

En la ficha técnica de alimentos de QALIWARMA (2014) indica que la humedad ideal de un expandido de quinua y harina de habas es de 5% para su almacenamiento. Nuestro snack tuvo como humedad inicial 5.89%, un valor superior al que exige QALIWARMA para la preservación de un snack extruido, el cual fue incrementándose progresivamente en el transcurso de los días evaluados.

JENA et al. (2012) indican que, para la predicción de la vida útil de un alimento empacado sensible a la humedad, se debe tener en cuenta dos fenómenos, estos son: primero, el transporte de vapor de agua a través del empaque y segundo, la absorción de agua por el alimento. La tasa de transmisión de agua dependerá de las características del empaque y las condiciones de almacenamiento (permeabilidad al vapor de agua, área superficial, temperatura, humedad relativa, etc.), en tanto que la captación de agua sería dependiente de la adsorción del producto.

4.2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA

En la Figura 24, observamos la variación de la textura con respecto al tiempo (días), se puede apreciar que se experimenta un ascenso en la textura de 0.4607 a través del tiempo de evaluación. Este aumento del trabajo en el snack se debe a la presencia de humedad en el ambiente de almacenamiento.

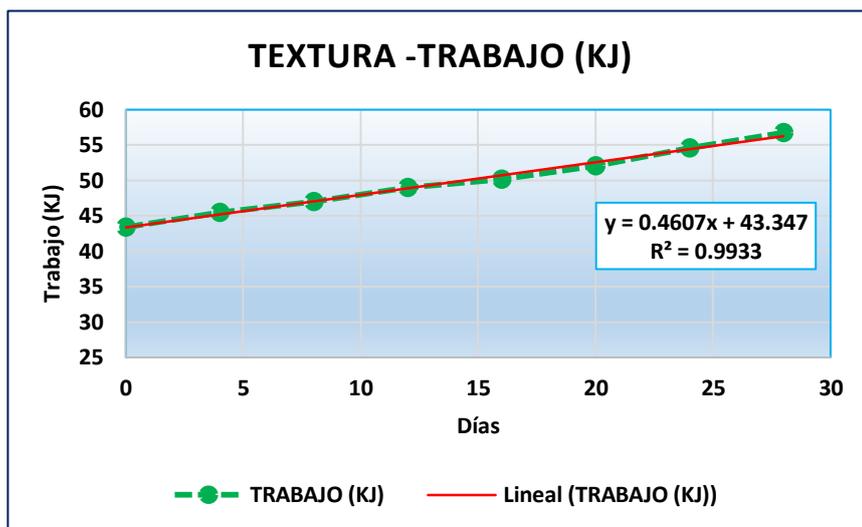


Figura 24. Variación de textura en función del tiempo (días)

BASILIO (2015) indica que la crocantez de alimentos secos y porosos es una propiedad de textura, manifestada por una tendencia al rompimiento o fractura sin una deformación previa sustancial, cuando éstos son sometidos a una fuerza.

SHARMA et al. (2013), menciona que la textura crujiente de las botanas y de los alimentos a base de cereal seco como galletas es una función de la actividad de agua (A_w). La pérdida de textura se debe probablemente a cambios en la rapidez con la que las moléculas de almidón se deslizan más allá de una con respecto a otra, así como por la disminución de la velocidad y la intensidad del sonido cuando el contenido de humedad aumenta.

4.2.5.3 DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (AW)

El cuadro 26 reporta los resultados de Aw del snack, los cuales se utilizaron para hallar el tiempo de vida útil gráficamente. Estas fueron empacadas con polipropileno bioentado (BOPP) y almacenadas bajo condiciones ambientales.

En la Figura 25, observamos la variación de la actividad de agua (Aw) con respecto al tiempo, se puede apreciar que se experimenta un ascenso en la actividad de agua de 0.005 a través del tiempo de evaluación. Este aumento en la actividad de agua se debe a la absorción de la humedad presente en el ambiente de almacenamiento.

Cuadro 26: Aw conforme la variación del tiempo

DÍA	Aw
0	0.38 ± 0.001
4	0.39 ± 0.002
8	0.44 ± 0.002
12	0.46 ± 0.003
16	0.47 ± 0.001
20	0.49 ± 0.001
24	0.50 ± 0.003
28	0.52 ± 0.003

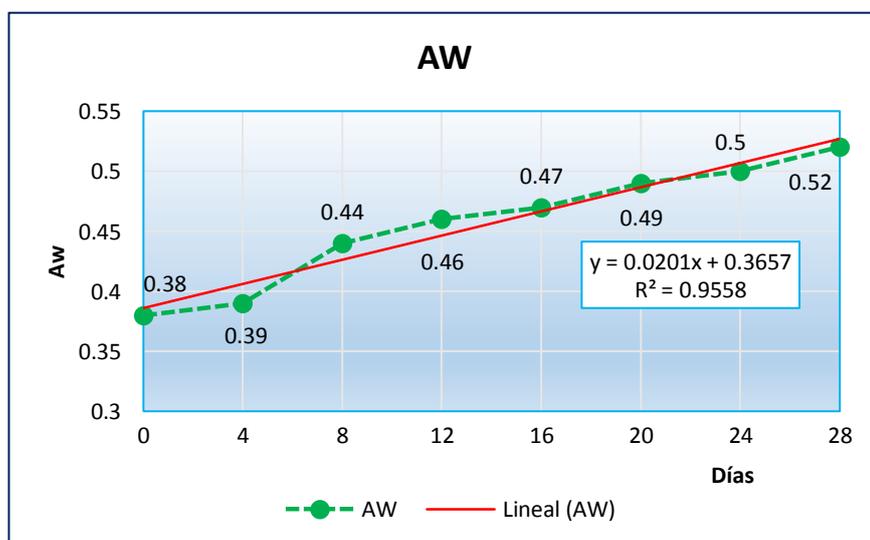


Figura 25: Variación de la Aw función del tiempo (días)

$$y = 0.005x + 0.3858$$

$$x = \frac{0.5 - 0.3858}{0.9558}$$

$$x = 22.84 \cong 22 \text{ días}$$

En la determinación gráfica del tiempo de vida útil se tomó en cuenta como límite de actividad de agua 0.5 lo que su asegura bajo contenido de humedad y una textura crocante. (REVELO, 2010; ROBERSON, 2013). Determinando la predicción de la vida útil del snack se puede llegar a 22 días.

BRAVO et al (2017), mencionan que se espera que los valores de vida útil de un alimento extruido sean de larga duración. No obstante, en su estudio notaron una corta durabilidad de su snack (T1: 35 días y T3: 20 días), esto es porque en la industria alimentaria este producto se pasa a una etapa adicional de secado con el fin de prolongar su vida útil.

4.2.5.4 DETERMINACIÓN DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

En el cuadro 27, se presentan los resultados de la evaluación sensorial.

Cuadro 27. Resultados de la evaluación sensorial a los panelistas

TIEMPO (DÍAS)	PUNTAJE			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
0	4.7	4.7	4.7	4.8
04	4.7	4.7	4.5	4.7
08	4.5	4.5	4.3	4.5
12	4.4	4.3	4.2	4.2
16	4.3	4.1	4	4
20	4.1	4	3.9	3.9
24	4	4	3.7	3.7
28	3.7	3.8	3.6	3.6

MAN Y JONES (2012) indican que, durante el almacenamiento y distribución, el alimento se expone a una

gran gama de condiciones medioambientales. Factores medioambientales como la temperatura, humedad, oxígeno y la luz, que pueden activar varios mecanismos de reacción que pueden llevar a la degradación del alimento. Como consecuencia de estos mecanismos, pueden alterarse alimentos a magnitudes semejantes a la que son rechazados por el consumidor, o pueden causar daño a las personas que las consumen. Es por consiguiente indispensable que se entienda bien las diferentes reacciones que causan la deterioración del alimento lo que conlleva a desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de la vida útil de los alimentos.

A. COLOR DEL SNACK

En la Figura 26, se aprecia el puntaje de los panelistas con respecto a los días de evaluación para el color.

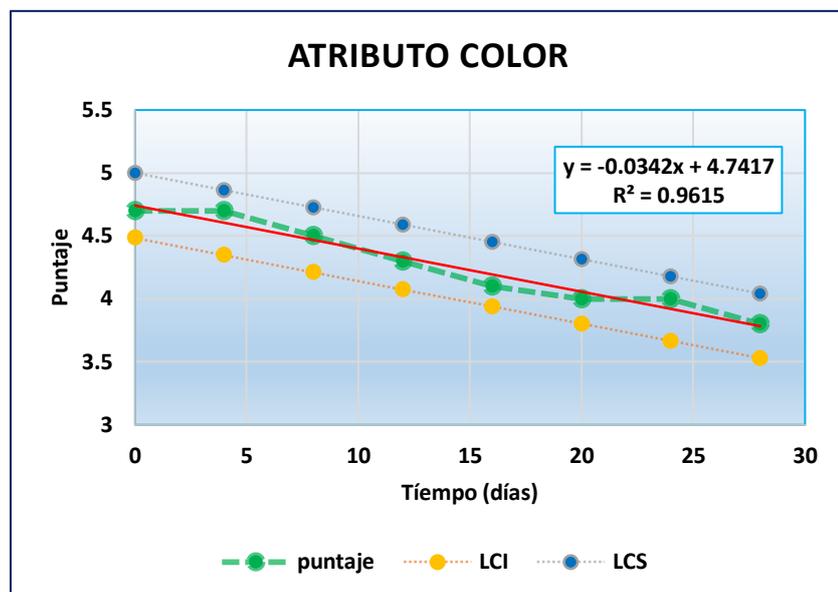


Figura 26. Comportamiento del atributo color en función al tiempo en días.

En la Figura 26 se observa el comportamiento del color durante los 28 días de evaluación organoléptica, la aceptabilidad de este atributo presenta un descenso de 0.0342 por cada cuatro días de almacenamiento, siendo la puntuación del día 0 la más alta con 4.7 y la puntuación

del día 28 la más baja con 3.8. Conforme pasaron los días el color del snack se tornó más claro con pequeñas manchas más oscuras, esto debido probablemente a la reacción producida por la exposición de la luz del ambiente durante el tiempo de evaluación.

Según BRAVO et al. (2017), durante el proceso de almacenamiento de los alimentos se producen cambios que afectan a su aspecto, olor, sabor, textura entre otros. La mayor parte de estos cambios conllevan a un efecto de pardeamiento, producido por el desarrollo de pigmentos, consecuencia de reacciones enzimáticas y no enzimáticas.

B. OLOR DEL SNACK

En la Figura 27, se aprecia el puntaje de los panelistas con respecto a los días de evaluación para el olor.

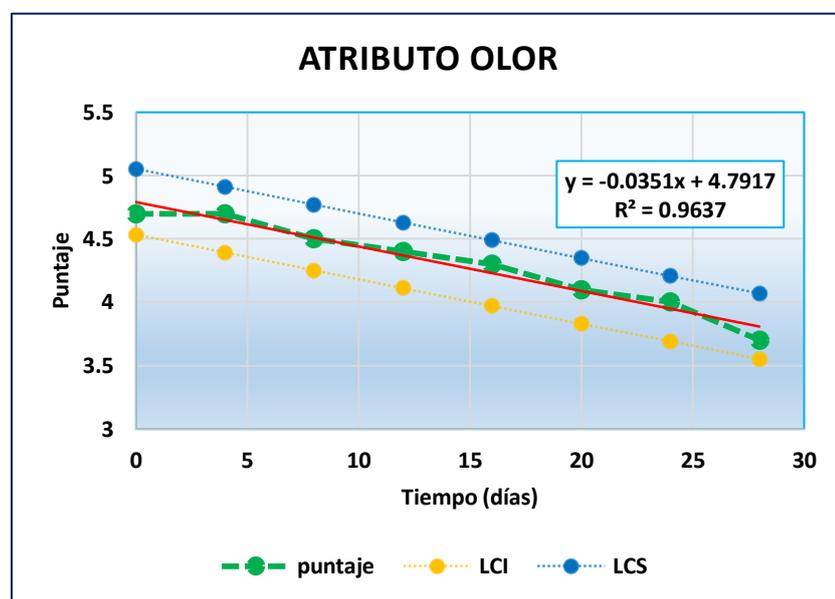


Figura 27. Comportamiento del atributo olor en función al tiempo en días.

En la figura 27, se observa el comportamiento del olor durante los 28 días de evaluación organoléptica, la aceptabilidad de este atributo presenta un descenso de

0.0351 por cada cuatro días de almacenamiento, siendo la puntuación del día 0 la más alta con 4.7 y la puntuación del día 28 la más baja con 3.7. Mientras transcurrían los días, el snack fue perdiendo su olor característico tornándose casi imperceptible al olfato de los panelistas

C. SABOR DEL SNACK

En la Figura 28, se aprecia el puntaje de los panelistas con respecto a los días de evaluación para el sabor.

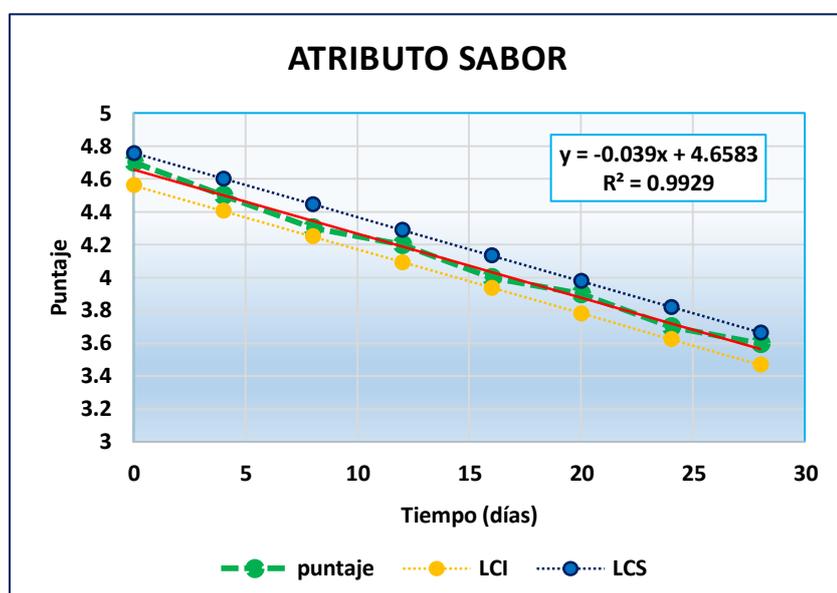


Figura 28. Comportamiento del atributo sabor en función al tiempo en días.

En la Figura 28, se observa el comportamiento del sabor durante los 28 días de evaluación organoléptica, la aceptabilidad de este atributo baja más rápidamente que los demás, la aceptabilidad de este atributo presenta un descenso de 0.039 por cada cuatro días de almacenamiento, siendo la puntuación del día 0 la más alta con 4.7 y la puntuación del día 28 la más baja con 3.6. El sabor del snack fue perdiendo el dulzor y tornándose un poco insípido, esto probablemente debido

a la ganancia de humedad lo cual hace que los azúcares presentes en el snack se disuelvan.

D. TEXTURA DEL SNACK

En la Figura 29, se aprecia el puntaje de los panelistas con respecto a los días de evaluación para la textura.

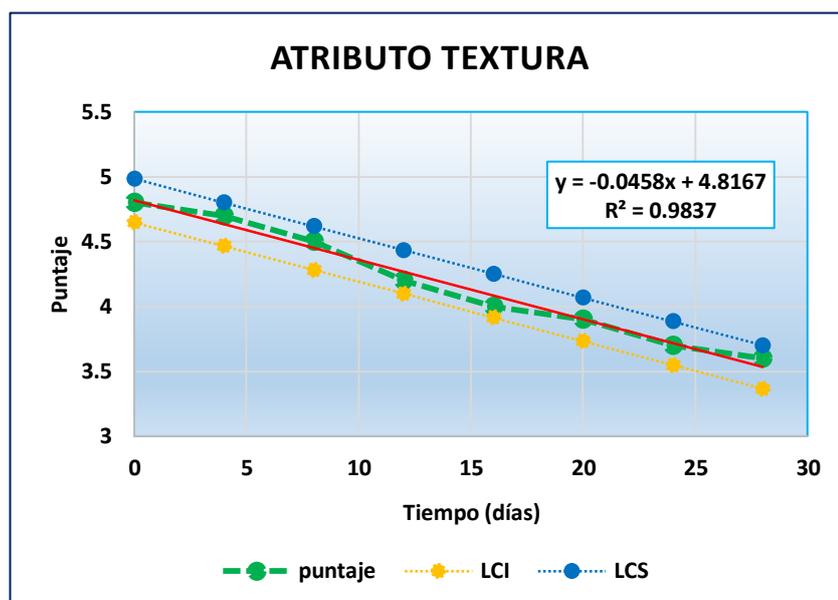


Figura 29. Comportamiento del atributo textura en función al tiempo en días.

En la Figura 29, se observa el comportamiento de la textura durante los 28 días de evaluación organoléptica, la aceptabilidad de este atributo presenta un descenso de 0.0458 por cada cuatro días de almacenamiento, siendo la puntuación del día 0 la más alta con 4.8 y la puntuación del día 28 la más baja con 3.6. Según transcurría el tiempo la textura del snack perdía su firmeza, esto se debe a la exposición de la humedad del ambiente que durante el tiempo de evaluación el snack absorbió. Debido a las condiciones de almacenamiento, un alimento puede ganar o perder humedad, lo cual en ambos casos puede ser adverso para la pérdida de la calidad.

Cuadro 28. Tiempo estimado de la vida útil del snack

ATRIBUTO	PENDIENTE	INTERCEPTO	LÍMITE DE ACEPTABILIDAD	VIDA ÚTIL (DÍAS)
Olor	-0.0351	4.7917	3.5	37
Color	-0.0342	4.7417	3.5	36
Sabor	-0.039	4.6583	3.5	30
Textura	-0.0458	4.8167	3.5	29

En el Cuadro 28, podemos observar que el atributo que demarca el fin de la vida útil del snack es la textura, ya pasado los 29 días de vida, la aceptabilidad en función a la textura disminuye, por lo tanto, el producto pierde sus parámetros de la calidad. Incrementándose el deterioro a los 30 días por la pérdida de sabor, a los 31 días por la presencia de un olor no característico y a los 39 días por la formación de pigmentos más oscuros.

El método de supervivencia se utiliza como un modelo de WEIBULL. Se utiliza con la finalidad de determinar la vida útil de los alimentos; es decir conocer el tiempo en el cual el consumidor rechaza el producto y es capaz de explicar distintos tipos de deterioro en los productos alimenticios durante su almacenamiento. Se define como la probabilidad de que un consumidor rechace un producto almacenado en el tiempo t , el riesgo no estaría enfocado sobre el deterioro del producto sino sobre el rechazo del consumidor hacia el producto.

TAMINE Y ROBINSON (2012), menciona que no es muy preciso determinar la vida útil en función a un número de personas no entrenadas, ya que sólo evalúan un atributo del producto, por lo tanto, solo se tomaría en cuenta como un valor probable pero no exacto.

4.3. SCORE QUÍMICO DE LOS SNACKS EXTRUIDOS

En el Cuadro 29, observamos la cantidad de AA, patrón FAO y el score químico de quinua, habas y las 3 formulaciones.

Cuadro 29. Score químico de las formulaciones propuestas.

MEZCLAS														
HARINAS	F4	F5	F6	CANTIDAD DE AMINOACIDOS ESCENCIALES (mg/gr proteína)			SCORE QUÍMICO (mg/g proteína)							
				QUINUA	HABAS	F4	F5	F6	QUINUA	HABAS	F4	F5	F6	
% QUINUA	70	75	80											
% HABAS	30	25	20											
AMINOACIDOS ESCENCIALES	PATRON FAO (mg/g proteína)	QUINUA	HABAS	F4	F5	F6	QUINUA	HABAS	F4	F5	F6	F4	F5	F6
ISOLEUCINA	40	70	42	61.6	63	64.4	175.00	105.00	154.00	157.50	161.00			
LEUCINA	70	73	79	74.8	74.5	74.2	104.29	112.86	106.86	106.43	106.00			
LISICINA	55	84	67	78.9	79.75	80.6	152.73	121.82	143.45	145.00	146.55			
MET+CIST	35	125	22	94.1	99.25	104.4	357.14	62.86	268.86	283.57	298.29			
FENIL+TIRO	60	120	78	107.4	109.5	111.6	200.00	130.00	179.00	182.50	186.00			
TREONINA	40	57	37	51	52	53	142.50	92.50	127.50	130.00	132.50			
TRIPTÓFANO	10	12	10	11.4	11.5	11.6	120.00	100.00	114.00	115.00	116.00			
VALINA	50	76	47	67.3	68.75	70.2	152.00	94.00	134.60	137.50	140.40			

En el Cuadro 29, se presenta los cálculos del cómputo químico de las tres formulaciones (F4, F5 y F6) de quinua y harina de haba, se usó como referencia el patrón de los aminoácidos esenciales (mg. AA/g proteína), para niños de 2 a 5 años (INSTITUTE OF MEDICINE, 2010). Los valores obtenidos son cálculos teóricos, que se obtuvieron a partir de la composición de aminoácidos de la quinua y harina de haba que se reportan en la bibliografía (FAO, 1985). Del score químico obtenido, se observó que la quinua es rica en proteínas puesto que posee todos los aminoácidos en las cantidades adecuadas y las habas tienen un perfil de aminoácidos relativamente bueno, aunque posee un contenido muy bajo de dos aminoácidos azufrados: metionina y cistina, siendo un 0,47% lo cual es característico de las leguminosas. En contraste a los cereales, el haba tiene un alto contenido de lisina con un 1,94% (FAO, 2011).

Los granos andinos (quinua, cañihua, amaranto) por su excelente contenido de lisina y metionina complementan muy bien a la proteína de cereales como maíz, trigo y arroz. (FAO, 2000). Esto se debe a la quinua; que según FAO (2011), es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten.

En el caso de nuestro extruido F5, considerando que el contenido de proteína está compuesto por un 75% quinua y 25% harina de habas, no presenta aminoácidos limitantes, al igual que las formulaciones F4 (70% quinua y 30% harina de habas) y F6 (80% quinua y 20% harina de habas); además se encuentra en el rango recomendado para obtener el máximo de complementación aminoacídica. La calidad de una proteína está determinada por la comparación de su composición de aminoácidos con los requerimientos de aminoácidos esenciales (este estándar se conoce como proteína de referencia). Para el cálculo del contenido de aminoácidos se utilizó como proteína de referencia el patrón de aminoácidos para niños mayores a 1 año y adultos. Se usan como referencia los requerimientos de este grupo de edad porque si es que esta proteína puede efectivamente soportar el crecimiento y desarrollo de un niño de esa edad, entonces igualará o excederá los requerimientos de un niño de mayor edad o de un adulto (WHITNE et al., 2008).

4.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA

Teniendo en cuenta los comentarios realizados en el punto 4.2.1, se seleccionó el snack F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) extruido a 120°C, para la evaluación de la calidad proteica.

4.4.1 INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

En el Cuadro 30, se presentan los resultados de ganancia de peso de los animales, consumo de la dieta proporcionada y del consumo total de proteína. Destacando que el grupo alimentado con la dieta de snack presentó una mayor ganancia de peso, así como un mayor consumo de alimento.

Cuadro 30. Resultados del consumo de la dieta proporcionada y de la proteína y ganancia de peso promedio del grupo experimental.

PARÁMETRO	DIETA SNACK	DIETA HARINA DE HABAS CON QUINUA
Ganancia de peso (gr)	45.01	37.32
Consumo del alimento (gr)	157.59	149.06
Consumo de proteína (gr)	16.50	15.47

El peso ganado promedio del grupo experimental para la dieta de snack fue de 45.01gr y para la materia prima (harina de habas con quinua) de 37.32gr, de acuerdo con los análisis realizados la mayor ganancia de peso se encuentra con la dieta snack, lo que nos indica que presenta mejor calidad que la materia prima (harina de habas con quinua) sin extruir con una diferencia de 7.69gr. Estos datos son corroborados por un estudio realizado por LÓPEZ J. (2006), que muestra que las ratas alimentadas con quinua cocida ganan mayor peso corporal que el grupo control que consumió caseína (una diferencia de 32 g) que fue estadísticamente significativa ($p < 0.01$). Las ratas alimentadas con quinua no cocida ganaron menos peso que las ratas que consumieron caseína.

Otra explicación del incremento de peso en las ratas que ingirieron la dieta snack se debe a que la temperatura en la extrusión desnaturaliza la proteína de la materia prima, exponiendo las cadenas de aminoácidos a la acción de las proteasas digestivas y de esta forma son más digeribles para el organismo, así mismo la temperatura destruye los factores antinutrientes, tales como la saponina y otros, finalmente la cocción mejora la palatabilidad. (BELITZ et al., 2007).

En la figura 30, se aprecia los resultados obtenidos en cuanto a la evolución de peso de las ratas del grupo experimental para la dieta snack y para la mezcla de harina (harina de habas con quinua), se observa que el peso de las ratas de ambos grupos experimentales tuvo un incremento durante los 15 días de duración del ensayo biológico.

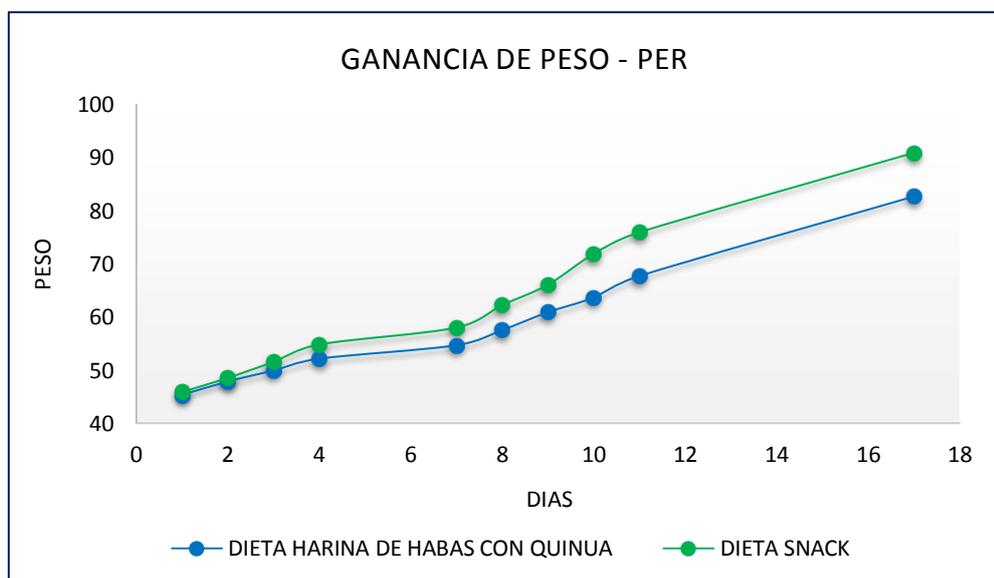


Figura 30. Evolución del peso de las ratas de los grupos experimentales.

El peso final del grupo experimental alimentado con la mezcla de harina (harina de habas y quinua) fue de 71.08 ± 6.43 gr y para el grupo experimental alimentado con harina de quinua sin extraer de

56.37 ±5.29gr (ver ANEXO D, Cuadro 09). Lo que indica que la ganancia de peso depende de la dieta consumida.

En el cuadro 31, se presenta los resultados del PER de los dos grupos experimentales y la dieta caseína (dieta referencial).

Cuadro 31. Resultados del análisis de Índice de Eficiencia Proteica del snack, harina de habas con quinua y caseína.

DIETA	PER
Snack	2.73
Harina de Habas con Quinua	2.41
F Dieta Caseína (*)	2.50

uente: (*) CURI, 2006.

Este estudio se realizó con el propósito de determinar la calidad proteica del snack extruido, mediante la determinación de PER del producto extruido (snack) con respecto a la materia prima (mezcla de harina de habas con quinua), dando como resultados que, en este caso, la extrusión sí incrementa el PER. Del cuadro anterior, se observa que el PER de la dieta snack (2.73) fue superior a la dieta caseína (2.50), también que la dieta de harinas de habas con quinua (2.41) presentó valores similares al de la caseína (2.5).

Trabajos realizados por ZEA (2011), para determinar la calidad proteica de la harina de quinua de la variedad Negra Collana, se observa que la mayor Relación de Eficiencia Proteica (PER) corresponde a la harina de quinua extruida con un promedio de 2.12 seguida de la harina de quinua sin extruir con un promedio de 0.50, sin embargo, la harina de quinua extruida está muy cercano a la cifra del PER para la caseína (2.50). Esto constata que la extrusión sí influye en la calidad proteica de productos extruidos, específicamente en la Relación de Eficiencia Proteica (PER).

Según ZEA (2011), es posible que el tratamiento térmico que ocurre durante el proceso de extrusión haya producido cambios en la fracción de los carbohidratos de la mezcla, favoreciendo así una mejor utilización de sus proteínas; dicha afirmación se explica que durante el proceso de cocción extrusión se logra un mejor contacto entre las partículas de la materia prima y el calor producido por la fuerza de cizalla que hace que la molécula de la proteína o la estructura celular sea más susceptible a la acción de las enzimas. El efecto beneficioso del proceso de extrusión en cuanto a eliminar las sustancias antinutricionales presentes en algunas materias primas de origen vegetal, como es el caso de la harina de habas (hemaglutinina), y el efecto resultante de mantener o aumentar la disponibilidad de los nutrientes de la misma, están íntimamente ligados a los principios físicos y mecánicos de dicho proceso; esto significa que mediante un adecuado control en el manejo de la humedad, la velocidad de rotación del tornillo sinfín del extrusor y la temperatura en el dado de salida es posible mejorar el valor proteico de los productos extruidos.

BELITZ et al. (2007), reporta que generalmente el PER no disminuye en forma significativa durante la extrusión. Agrega que puede mejorar el balance aminoácido del cereal-base de la mezcla.

4.4.2 DIGESTIBILIDAD (D) Y VALOR BIOLÓGICO (VB)

En el Cuadro 32, se presentan los resultados de ganancia de peso de los animales, consumo de las dietas proporcionadas, nitrógeno consumido, total de heces y orina excretada y nitrógeno excretado de las heces y orina. Destacando que el grupo alimentado con la dieta snack presentó una mayor ganancia de peso, así como un mayor consumo de alimento.

Cuadro 32. Resultados del análisis biológico del snack, harina de habas con quinua y dieta apteica.

PARÁMETRO	DIETA SNACK	DIETA HARINA DE HABAS CON QUINUA	DIETA APROTEICA
Ganancia de peso (gr)	56.95	50.18	-14.15
Consumo del alimento (gr)	157.55	148.24	56.12
Nitrógeno consumido (gr)	2.64	2.46	0.02
Total heces excretadas (gr)	7.35	6.55	3.1
Nitrógeno en heces %	6.77	11.66	1.33
Nitrógeno excretado en heces (NF), gr	0.5	0.76	0.04
Total orina excretada (gr)	59.28	52.83	8.94
Nitrógeno en orina %	0.25	0.36	0.13
Nitrógeno excretado en orina (UN), gr	0.15	0.19	0.01

alimento promedio del grupo experimental para la dieta de snack fue de 157.55gr, para dieta de harina de habas con quinua de 148.24gr, pero el consumo de la dieta apteica fue realmente baja en comparación a las otras dos dietas experimentales, debido en parte a que la dieta presentaba un 78% de maicena, por lo cual estos animales empezaron a bajar de peso. El nitrógeno consumido de la dieta snack fue 2.64gr, para la dieta de harina de habas con quinua de 2.46gr y para la dieta apteica de 0.02gr.

El total de heces excretadas del grupo experimental con dieta snack fue 7.35gr, en cuanto a la dieta de harina de habas con quinua de 6.55gr y para la dieta apteica de 3.1gr. El análisis de %Nitrógeno en las muestras de heces se realizó en el laboratorio externo COLECBI, donde la muestra de la dieta snack tuvo 6.77%, para la dieta de harina de habas con quinua tuvo 11.66% y de la dieta

aproteica tuvo 1.33%. Finalmente, el Nitrógeno excretado en heces (NF) para la dieta snack fue 0.5gr, para la dieta de harina de habas con quinua de 0.76gr y de la dieta aprotéica de 0.04gr.

En cuanto al total de orina excretada del grupo experimental con dieta snack fue 59.28gr, para la dieta de harina de habas con quinua fue 52.83gr y para la dieta aprotéica de 8.94gr. El análisis de %Nitrógeno en las muestras de orina se realizó en el laboratorio externo COLECBI, donde la muestra de la dieta snack tuvo 0.25%, para la dieta de harina de habas con quinua fue 0.36% y de la dieta aprotéica de 0.13%. Finalmente, el Nitrógeno excretado en orina (UN) para la dieta snack fue 0.5gr, para la dieta de harina de habas con quinua de 0.76gr y de la dieta aprotéica de 0.04gr.

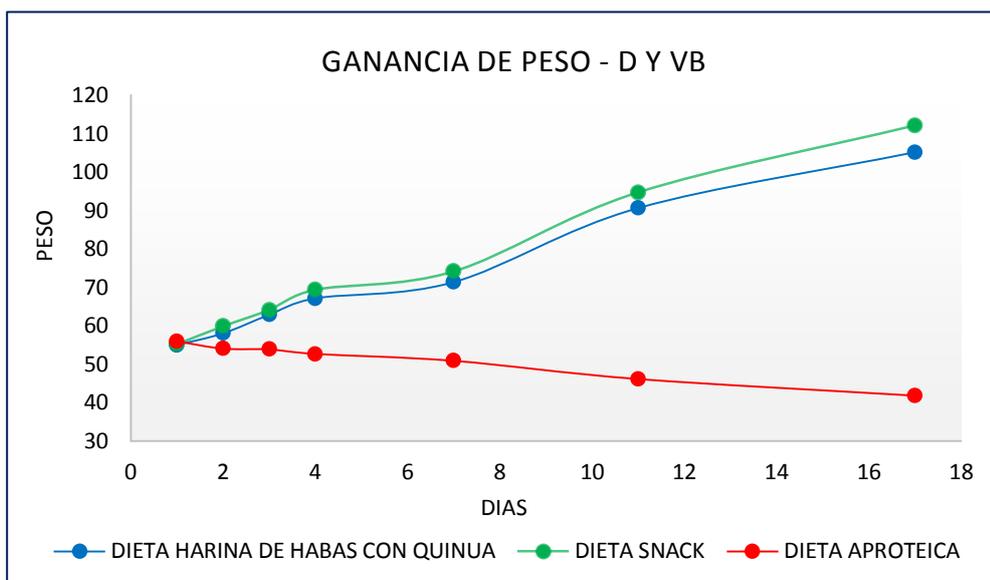


Figura 31. Evolución del peso de las ratas de los grupos experimentales.

En el cuadro 33, se presenta los resultados de DIGESTIBILIDAD (D) y VALOR BIOLÓGICO (VB) de los dos grupos experimentales y la dieta caseína (dieta referencial).

Cuadro 33. Resultados de Digestibilidad (D) y Valor Biológico (VB) del snack, harina de habas con quinua y caseína.

DIETA	DIGESTIBILIDAD	VALOR BIOLÓGICO
Snack	82.71	93.74
Harina de Habas con Quinua	70.65	89.73
Dieta caseína (*)	95.16	97.05

Fuente: (*) CURI, 2006.

Del cuadro anterior, se observa que la Digestibilidad de la dieta caseína (95.16%) es superior a la dieta snack (82.71%) y también se puede comparar que la Digestibilidad de la materia prima (dieta de harina de habas con quinua) es 70.65%, siendo este valor inferior al producto extruido (snack). El proceso de extrusión mejora la digestibilidad del snack y por lo tanto la calidad proteica. CORTEZ (2010), en su estudio de elaboración de una mezcla de alimenticia precocida hecha sobre la base de quinua, kiwicha, frejol y frutas, establece haber encontrado la digestibilidad de 82%, valor razonablemente alto ya que la digestibilidad de las mezclas vegetales es mucho menor que las animales.

En el estudio realizado por ZEA (2011), determinó que la digestibilidad de harina de quinua extruida (79.17%) fue superior a la harina de quinua sin extruida (76.19%), debido a que el calor facilita el acceso de los enzimas digestivos a los nutrientes, especialmente el tratamiento térmico mejora el valor nutritivo de las proteínas vegetales.

VALDERRAMA (2013), en su estudio de evaluación nutricional y biológica de galletas de trigo y maca, obtuvo valores similares (81.62%) al snack, siendo ambos cereales, fuentes de proteína vegetal; ROJAS (2012), evaluó el efecto del tratamiento térmico de la extrusión sobre la calidad proteica de frijol, siendo este valor inferior (72.82%) al del snack, dado que la mezcla cereal-

leguminosa, hace que el snack sea un alimento rico en proteínas de alto valor biológico.

Estudios comparativos de FAO (2017), usando el método de balance en ratas, clasificaron los valores de la digestibilidad de la proteína en tres rangos: alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soya. Digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; mientras que valores bajos (70 % - 85 %) fueron reportados para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas. Según esta clasificación, el snack extruido (82.71), se encuentra en la posición de Digestibilidad intermedia, es decir que la materia prima (70.65) con baja digestibilidad, por el proceso de extrusión incrementa sustancialmente su digestibilidad.

Si lo comparamos con algunos alimentos como el arroz, trigo, harina de soya, cuyos valores son de 88,86 y 86 respectivamente; el resultado obtenido se debería a los factores antinutricionales que presentan las leguminosas, en el caso de las habas se han hecho investigaciones y se menciona que se ha encontrado estos factores antinutricionales están en pequeñas cantidades, de 3.2 unidades/g de inhibidores de tripsina; además se menciona que durante la extrusión a 152°C, estos inhibidores son suficientemente inactivados (HUSSEIN, 2012). De manera general, se puede afirmar que una de las ventajas que se atribuyen al proceso de cocción por extrusión es el aumento de la digestibilidad proteica a los productos extruidos a base de leguminosas y cereales; además la digestibilidad del snack es regular, puesto que de cada 100 gramos de nitrógeno ingerido se absorbe alrededor del 82 % este valor es inferior al valor de digestibilidad que presentan los alimentos de origen animal como por ejemplo la carne y pescado que oscilan alrededor de 94% (IML, 2012).

En cuanto al Valor Biológico, la dieta snack (93.74) presentó valores similares a la caseína (97.05) siendo estos resultados muy buenos para el producto extruido, también se observó que el VB de la

materia prima (harina de habas con quinua) obtuvo 89.73, siendo este valor inferior al producto extruido (snack). De los datos obtenidos podemos afirmar que el proceso de extrusión mejora considerablemente el Valor Biológico del snack y por ende la calidad proteica. ROJAS (2012), obtuvo valores de 58.67% en su estudio del efecto del tratamiento térmico de la extrusión sobre la calidad proteica de frijol, al igual que DÍAZ (2009), con 57% en frijol variedad BULK 1H de color blanco, hervidos por 2.5h en condiciones normales.

VALDIVIEZO (2014), realizó una evaluación nutricional de la quinua, obteniendo valores de 60.27%, inferior a lo obtenido por PERALTA et al (2011), que fue de 69.51% y ligeramente inferior a lo obtenido por LAM et al (2010), que obtuvo un valor de 62.97%. Estos valores son inferiores al del snack extruido a 120°C y 8.8% de humedad. Se debería a que la cocción prolongada, ha causado una disminución del valor biológico de la proteína y en cuanto a la extrusión demostraría que, si se mezcla cereales con leguminosas se maximiza la calidad proteica en el snack, lo cual significa que el alimento es rico en proteína no solo en cantidad sino también en calidad.

ZEA (2011), determinó que el valor biológico de la harina de quinua extruida (65.28) aumenta con respecto a la harina de quinua sin extruir (52.27), lo mismo se determinó con el snack extruido que tuvo un incremento de 4.01 después de la extrusión. Dicho incremento tiene que ver con la alta temperatura y el corto tiempo de tratamiento usado con el cocimiento por extrusión, de modo que se preserve el valor nutritivo de la proteína (ROJAS, 2012).

GONZALES (2012), realizó una evaluación nutricional del loctao, sometiéndolo a cocción, tostado, extrusión y germinación, los mejores resultados se presentaron en el loctao tostado (78.3%) y extruido (73.5%). De análisis se obtuvo diferencias significativas entre el loctao crudo (69%) y el extruido (73.5%). Esto puede deberse a que los periodos de cocción largos afectan no solamente

a factores tóxicos, sino también a la disponibilidad de algunos aminoácidos, tales como lisina y cistina. Esta situación se presenta en alimentos proteicos ricos en carbohidratos (BRENES, 2013). Sin embargo, los resultados de valor biológico encontrados en la presente investigación son altos (93.74), se ha encontrado que hay varios factores que pueden afectar el valor biológico de la proteína, siendo uno de los más importantes el tratamiento con calor, pudiendo ser este beneficioso o perjudicial. En esta investigación se puede observar que el efecto de la extrusión es positivo en el snack extruido.

4.4.3 UTILIZACIÓN DE PROTEÍNA NETA (NPU)

En el Cuadro 34, se presentan los resultados de ganancia de peso de los animales en experimentación, consumo de alimento de las dietas proporcionadas a las ratas, Nitrógeno consumido por las ratas, Peso seco de la carcasa, %Nitrógeno en la carcasa y Nitrógeno en la carcasa en gr.

Cuadro 34. Resultados del análisis biológico del snack, harina de habas con quinua y la dieta aprroteica.

E	PARÁMETRO	DIETA SNACK	DIETA HARINA DE HABAS CON QUINUA	DIETA APROTEICA
l	Ganancia de peso (gr)	50.78	40.95	-14.54
c	Consumo del alimento (gr)	147.37	141	59.5
o	Nitrógeno consumido (gr)	2.47	2.34	0.02
n	Peso seco de carcasa (gr)	34.25	27.58	11.81
s	Nitrógeno en carcasa %	7.66	8.9	8.76
u	Nitrógeno en carcasa (gr)	2.62	2.45	1.03

e alimento promedio del grupo experimental para la dieta de snack

fue de 147.37gr, para dieta de harina de habas con quinua de 141gr, pero el consumo de la dieta aprroteica (59.5gr) fue realmente baja en comparación a las otras dos dietas experimentales, debido en parte a que la dieta presentaba un 78% de maicena, por lo cual estos animales empezaron a bajar de peso. El nitrógeno consumido de la dieta snack fue 2.47gr, para la dieta de harina de habas con quinua de 2.34gr y para la dieta aprroteica de 0.02gr.

El peso seco de la carcasa del grupo experimental con dieta snack fue 34.25gr, en cuanto a la muestra de la dieta de harina de habas con quinua de 27.58gr y para la muestra de la dieta aprroteica el peso seco de la carcasa fue 11.81gr. El análisis de %Nitrógeno de las carcasas de las ratas, previamente disecadas y molidas, se realizó en el laboratorio externo COLECBI, donde la muestra de la dieta snack tuvo 7.66%, para la muestra de la dieta de harina de habas con quinua tuvo 8.9% y de la dieta aprroteica tuvo 8.76%. Finalmente, el Nitrógeno de las carcasas de las ratas, para la dieta snack fue 2.62gr, para la dieta de harina de habas con quinua de 2.45gr y de la dieta aprroteica fue 1.03gr.

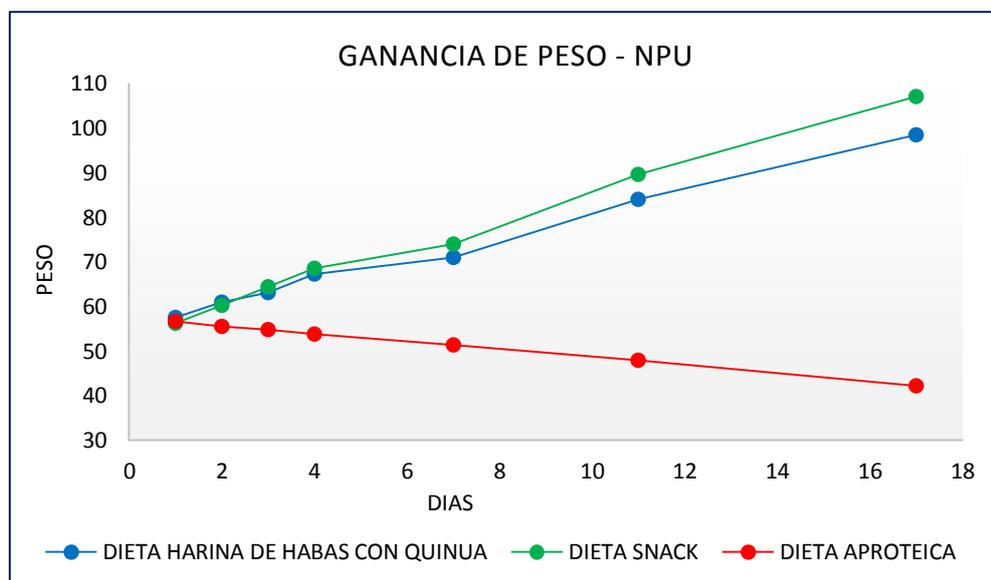


Figura 32. Evolución del peso de las ratas de los grupos experimentales.

En la figura 32, se aprecia los resultados obtenidos en cuanto a la evolución de peso de las ratas del grupo experimental, para la dieta snack se registró un incremento de 50.78gr, de igual forma con la dieta de harina de habas con quinua también se registró un incremento de 40.95gr, pero se observó una notable pérdida de peso de los animales alimentados con la dieta apteica de 14.54gr, durante los 17 días de duración del ensayo biológico (ver ANEXO D, Cuadro 11).

En el cuadro 35, se presenta los resultados de utilización de proteína neta (NPU) de los grupos experimentales tanto de la dieta del Snack como de la dieta de harina de habas con quinua y la dieta caseína (dieta referencial).

Cuadro 35. Resultados de la Utilización de Proteína Neta (NPU) del snack, harina de habas con quinua y caseína.

DIETA	UTILIZACION DE PROTEINA NETA
Snack	65.35
Harina de Habas con Quinua	61.68
Caseína (*)	71.23

Fuente: (*) CURI, 2006.

Del cuadro anterior, se observa que el NPU de la dieta caseína (71.23) es superior a la dieta snack (65.35) y también se puede comparar que el NPU de la materia prima (dieta de harina de habas con quinua) es 61.68, siendo este valor inferior al producto extruido (snack). Demostrando que snack extruido retiene mayor cantidad de proteína en carcasa a diferencia de la materia prima. De los datos obtenidos podemos afirmar que el proceso de extrusión mejora el NPU del snack y por ende la calidad proteica.

Según el estudio de ZEA (2011), que determinó la Utilización de Proteína Neta (NPU) con harina de quinua, la cual mide la cantidad de proteína retenida en relación de la proteína consumida, observó que la harina de quinua extruida tiene mayor retención de proteína que la harina de quinua sin extruir, con promedios de 48.96 y 36.50

respectivamente. Similar comportamiento se obtuvo con el snack extruido (65.35) y la materia prima sin extruir (61.68).

ARAUCO (2010), en su estudio reporta resultados de NPU para pan sustituido con frijol ñuña y para el pan a base sólo de harina de trigo, encontrándose 66.10 y 56.32 respectivamente; este dato es muy importante porque nos indica que las proteínas de las leguminosas sea el caso de la ñuña o de las habas, permiten complementar a las proteínas de los cereales como la quinua o el trigo haciéndolo más utilizables.

GONZALES (2012), obtuvo un incremento significativo del NPU después de haber extruido el loctao, de 58.1 a 61.2; el mismo caso se produjo después de extruir la mezcla de harina de habas con quinua, donde el nitrógeno retenido con relación al ingerido es superior en el snack (65.35) comparado con la mezcla (61.68), en este caso el proceso de extrusión favorece la retención de nitrógeno.

Finalmente, todo nivel por debajo del 60% de NPU indica que hay disminución de calidad biológica y por encima buena o excelente en comparación con la caseína (71.23); 65% de NPU que es lo obtenido en el snack indicaría que existe una buena calidad proteica, a pesar de que la calidad de la proteína del snack extruido no alcanzó la calidad de la proteína ideal, como es la caseína, ésta es similar que otras fuentes de proteína animal tales como la carne de bovino, carne de vacuno, sus vísceras y el corazón de pollo, etc. y productos de origen vegetal tales como el maíz, las lentejas, frijoles, etc. En todo caso la complementación de leguminosas con cereales favorece la utilización proteica (SALDAÑA, 2012).

V. CONCLUSIONES

- ✓ La composición química proximal de la mezcla de harinas (quinua y harina de habas) de la formulación F5 fue de: Carbohidratos 64 %, proteínas 16.47 %, grasas 5.08%, humedad 8.80%, cenizas 2.49% y fibra 2.75%. Mientras que la composición química proximal del snack de la mejor formulación F5 fue de: Carbohidratos 71.48 %, proteínas 16.74 %, grasas 1.86%, humedad 5.89%, cenizas 2.33% y fibra 1.7%. Los resultados del índice de expansión variaron entre 2.21 y 2.65; en cuanto a la evaluación de textura, a mayor porcentaje de quinua, mayor es el trabajo. En el análisis de color se observó que el pigmento de la harina de habas aumenta la cromacidad, es decir la oscuridad en el snack. El valor del índice de absorción de agua del snack fue de 5.892 siendo este superior al de la harina sin extruir que fue 2.972. Con lo cual podemos decir que la temperatura de cocción incrementa el IAA. Por otro lado, el valor del índice de solubilidad en agua del snack (30.76) fue superior al de la harina sin extruir (9.15), esto debido al proceso térmico por el que atraviesa la materia prima al ser extruida.
- ✓ Se determinó que la formulación F5 (25% harina de habas y 75% de quinua), con una humedad de alimentación de 5.89% presentó el mayor índice de expansión (2.65), siendo esta una característica determinante en la elección debido a que el índice de expansión controla la relación existente entre la densidad global y la textura del producto extruido. En el caso de nuestro extruido F5, considerando que el contenido de proteína está compuesto por un 75% quinua y 25% harina de habas, no presenta aminoácidos limitantes, al igual que las formulaciones F4 (70% quinua y 30% harina de habas) y F6 (80% quinua y 20% harina de habas).
- ✓ Se estableció que los parámetros de trabajo para la extrusión del snack serían, 120°C la temperatura de resistencia con flujo de agua conveniente a 10cc/min y velocidad de tornillo= 38.51-38.63 Hz, lográndose así un mayor índice de expansión y obteniéndose además una mayor homogeneidad en el producto final.

- ✓ Según la evaluación física sensorial (sabor, textura, olor y color) hecho a los snacks en todas sus formulaciones, se seleccionó la mejor formulación a partir del análisis, en donde la formulación F5 (25% harina de habas y 75% de quinua) fue la preferida por los panelistas, la que le dio al snack los atributos adecuados. El tiempo de vida útil para el snack, tomando en cuenta su comportamiento frente a la variación de actividad de agua (A_w) fue de 91 días, pasado ese tiempo su consumo puede ser peligroso para la salud ya que se presenta un valor de A_w donde las bacterias pueden proliferar rápidamente.
- ✓ En cuanto a la calidad proteica, se determinó el índice de eficiencia proteica (PER) cuyo resultado fue superior para el snack 2.73, seguido de la dieta con caseína 2.50 y para la mezcla de harinas sin extruir 2,41. También se evaluó la digestibilidad (D), donde la dieta con caseína obtuvo el mayor resultado con 95.16, seguido del snack 82.71 y la mezcla de harinas sin extruir 70.62; mientras que los resultados de valor biológico (VB) fueron: para el snack 93.74, para la mezcla de harinas sin extruir 89.73 y para la dieta de caseína 97.05. Finalmente, los resultados de la utilización de la proteína neta (NPU) fueron los siguientes: para el snack 65.35, para la mezcla de harinas sin extruir 61.68 y para la dieta con caseína 71.23.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda el estudio de otras fuentes de harinas sucedáneas, sobre todo harinas de leguminosas ricas en proteínas y fibras, saludables para nutrición de las personas.
- ✓ Según el análisis sensorial se pudo notar un ligero sabor astringente en el producto extruido, sabor que se debe principalmente a la presencia de harina de habas, se recomienda añadir algún tipo de cobertura.
- ✓ se recomienda hacer pruebas a diferentes humedades para obtener un producto con un grado de expansión aceptable por los consumidores, puesto que la humedad es un factor que reduce y/o aumenta el grado de expansión del producto extruido.
- ✓ Elaborar productos utilizando materias primas locales, preferentemente mezclando leguminosas y cereales, con la finalidad de estimular su producción y consumo.
- ✓ Efectuar un estudio sobre la factibilidad económica para el procesamiento de alimentos tipo “snack” empleando este tipo de tecnología evaluando los costos y su rentabilidad.
- ✓ Aprovechar la aceptabilidad de los productos extruidos y desarrollar formulaciones que fortifiquen algún nutriente deficiente en nuestra población.
- ✓ Realizar estudios de la calidad proteica en mezclas de leguminosas con cereales, para evaluar las modificaciones que se producen en las proteínas utilizando el método de PER, D, VB y NPU, sometidos a distintos tratamientos como la cocción, tostado y extrusión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ A.O.A.C., 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International (17th edition). Gaithersburg, MD, USA.
- ✓ AGUIRRE TAFUR DAVID H., CALDERON MERA YESSICA K. 2015. Elaboración de una Mezcla Alimenticia Extruida a Base de Quinoa (*chenopodium quinoa*), Arroz (*oriza sativa*) y Frijol Gandul (*canajuscajan*) Saborizado con Harina de Lúcumá. Lambayeque – Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- ✓ ALCAZAR C. J., 2012. Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. Segunda Edición. Zaragoza, España.
- ✓ ALVIM I.D., SGARBIERI V.C.; CHANG, Y.K., 2012. Desarrollo de la harina mezclada extruida a partir de derivados de harina de maíz, levadura y caseína. Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Campinas, V.22, N°2, pp.:170-176.
- ✓ ARAUCO HUICHO, MILUSKA, 2010. Valor biológico de pan elaborado a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y de frijol ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*), determinado en *Rattus rattus Var. albinus*. Tesis, Trujillo – Perú. Universidad Nacional De Trujillo; pp.: 27 – 31.
- ✓ AVECILLAS CORELLA RODRIGO ALEJANDRO, 2015. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos, Quito - Ecuador.
- ✓ BASILIO ATENCIO JAIME E., 2015. Predicción de la Vida Útil de Chifles de Plátanos (*musa Paradisiaca*) Mediante Modelos Matemáticos. Tesis, Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALAM), pp.: 53-55.
- ✓ BAZURTO VERA RONNY F., 2015. Evaluación de los efectos del aceite de sachá inchi (*plukenetia volubilis*), harina de haba (*vicia faba*) y proteína de soja (*glycine max*) en la obtención de galletas fortificadas, con fines alimentarios – Tesis, Universidad técnica estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
- ✓ BELITZ, A. Y GROSCH, S. 2007. Química de los Alimentos. 6ta Edición. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España.

- ✓ BRAVO RODRIGUEZ, ESTHER N. Y ORTEGA ROJAS JESICA F., 2017. Efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (*oryza sativa l.*), quinua (*chenopodium quinoa willd.*) Y torta desgrasada de chía (*salvia hispanica l.*). Tesis, Nuevo Chimbote – Perú. Universidad Nacional del Santa; pp.:
- ✓ BRENES A. y BRENES J., 2013. Tratamiento Tecnológico de los granos de Leguminosas: Influencia sobre su valor nutritivo. IX Curso de Especialización FEDNA. Instituto de Nutrición y Bromatología. Barcelona. España.
- ✓ CERÓN FERNANDEZ CLAUDIA L., GUERRA MORCILLO LINA, LEGARDA QUINTERO JORGE, ENRÍQUEZ COLLAZOS MARIO, PISMAG PORTILLA. YAMID, 2016. Efecto de la extrusión sobre las características fisicoquímicas de harina de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán, Grupo de Investigación Ingeniería Aplicada. Colombia.
- ✓ CONTRERAS MIRANDA LUIS D., 2015. Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (*Chenopodium Quinoa*) utilizando diseño de mezclas. Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- ✓ CORTEZ VALDIVIA, GLADYS N., 2010. Elaboración de una mezcla alimenticia precocida en base a quinua (*Chenopodium quinoa willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), frijol Castilla (*Vigna sinensis*) y frutas. Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- ✓ COULTATE, T. 2012. Manual de química y bioquímica de los alimentos, Cuarta edición, Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.
- ✓ CURI QUINTO K., 2006. Determinación Biológica de la Calidad proteica de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*). Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM); pp.: 49-60.
- ✓ DAROCH SALAZAR ELISA S., 2012. Sustitución parcial de la harina de pescado por harina de haba (*Vicia faba*) en la formulación de alimento para salmónidos. Tesis. Universidad Austral de Chile.

- ✓ DING, Q; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; TUCKER, G.; MARSON, H., 2015. El efecto de las condiciones de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y las características sensoriales de los refrigerios expandidos con base de arroz. *Revista de Ingeniería de Alimentos*; pp.: 283-289.
- ✓ FAO, 2000. *Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación*. Santiago de Chile.
- ✓ FAO, 2006. Consultora: Inés Lluminquina, 2006. Caracterización del mercado de quinua en el Ecuador, Quito-Ecuador, pp.:7-9, 37-40.
- ✓ FAO, 1989. Evaluación de la calidad de las proteínas. Informe de una consulta de expertos. Bethesda, MD, Estados Unidos.
- ✓ FAO Y UNALM, 2016. *Guía de Cultivo de la Quinua*. Lima – Perú, pp.: 1-2, 9-10.
- ✓ FAO, 2010. Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos disponible.
- ✓ FAO/CIMS/ONU,1985. Necesidades de energía y proteínas. Serie N° 724.
- ✓ FAO/OMS, 1985. Necesidades de energía y de proteínas. Informe N° 724. Roma, Italia.
- ✓ GONZÁLES PÓSITO, GLADYS S., 2007. Evaluación nutricional de loctao (*Vigna radiata*) sometida a cocción, tostado, extrusión y germinación en *Rattus rattus var albinus*. Tesis, Trujillo – Perú. Universidad Nacional De Trujillo; pp.: 30-35.
- ✓ GONZÁLEZ, R.J.; TORRES, R. L.; DE GREEF, D.M., 2012. Extrusión-cocción de cereales. *Boletim Da Sociedade Brasileira De Ciência E Tecnologia De Alimentos*. 36(2): 104-115. Brasil.
- ✓ GUEVARA PÉREZ AMÉRICO, ENCINA ZELADA CHRISTIAN R., 2012. Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii Walp*) Luz M. Vílchez Túpac. Perú.

- ✓ GUY R., 2012. Extrusión de alimentos. Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, pp.: 89-90, 111-119, 137-145, 161-170.
- ✓ HERNÁNDEZ BOLÍVAR GLENN, MATUTE SAPUYSKY IRANA, ARAUJO GONZÁLEZ MARÍA ALEJANDRA, MORENO HERNÁNDEZ DESIREE, RAMÍREZ ALFONZO LISMAR, LINARES PADRÓN HERMAN ZORAIDA, ARVELÁEZ YURAIMA MERCEDES, LOAIZA GONZÁLEZ JULIO C., MONSALVE JORGE, PALMA MARÍA J., 2015. Valor nutricional de la harina de haba (*Vicia faba* L.) en la alimentación de alevines de coporo (*Prochilodus mariae*). Revista Científica.
- ✓ HUAYNA CHARA, CARLOS D., 2016. “Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de queque con sustitución parcial de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y evaluación de su vida útil”. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú; pp.: 10-11.
- ✓ HUSSEIN, I. 2012. Factores antinutricionales en habas. Mejoramiento del haba Icarda; pp.: 6: 333-341.
- ✓ INSTITUTE OF MEDICINE, 2010. Dietary Referente Intakes for Energy, Carbohydrat, Fiber, Fat, Fatty Acids Choisterol, Proteín and amino Acids. Prepublication Copy, Food and Nutrition Borrard, Washington, EEUU.
- ✓ JENA, S., DAS, H. (2012). Predicción de la vida útil de polietileno laminado de papel de aluminio envasado al vacío leche de coco en polvo. Revista de Ingeniería de Alimentos, V. 108: 135-142.
- ✓ KAMECO J. 2015. Determinación de los parámetros de extrusión en un extrusor de bajo costo para la obtención de una mezcla base para desayuno a partir de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), olluco (*Ullucus tuberosum* Loz.) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
- ✓ LAM SULEM, CECILIA I., 2010. Estudio de la absorción de calcio y proteínas en ratas de la mezcla de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) con cal. Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

- ✓ LÓPEZ J., 2006. La calidad de la proteína en la Quinoa, (*Chenopodium quinoa Willd*). Biblioteca del Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- ✓ LOPEZ PEREZ HEBERTH E., 2015. Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo (*Triticum aestivum*), con harina de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pesium sativum*) para la elaboración de pan de molde integral. Tesis, Nuevo Chimbote –Perú. Universidad Nacional del Santa; pp.: 102-103.
- ✓ MAN DOMINIC Y JONES ADRIAN, 2012. Evaluación de la vida útil de los alimentos. Publicación Editorial Aspen, USA.
- ✓ NORMA TÉCNICA PERUANA 011.451.2013. Determinación de cenizas, Lima: INDECOPI.
- ✓ NORMA TÉCNICA PERUANA 011.451.2013. Determinación de humedad, Lima: INDECOPI.
- ✓ OLGUIN, M., 2011. Actividad ureásica en productos de soya. Propuesta de un nuevo método. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 51 N° 3.
- ✓ QALIWARMA, 2014. Fichas técnicas de alimentos del servicio alimentario del Programa nacional de alimentación escolar QALIWARMA, pp.: 208-209.
- ✓ REVELO MERA A. G., 2010. Desarrollo de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinua. Tesis, Quito – Ecuador. Escuela Politécnica Nacional; pp.: 74 – 79, 80 – 87.
- ✓ ROCHA ESPINOZA MARIA, VÁSQUEZ ARREAGA MARÍA, 2012. Utilización de harina de haba (*Vicia Faba L.*) en la elaboración de pan. Guayaquil – Ecuador.
- ✓ RODRÍGUEZ E., CORTES M., SANDOVAL G., 2012. Efecto de la quinua y las harinas de papa en las propiedades termomecánicas y panificadoras de la harina de trigo. Revista Brasileña de Ingeniería Química; pp.: 29(03), 8.
- ✓ RODRÍGUEZ SANDOVAL, ALEXANDRA L., GALO SANDOVAL, 2012. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas.

- ✓ ROJAS BALTAZAR, GIOVANNA B., 2012. Efecto del Tratamiento Térmico de la extrusión sobre la calidad proteica del Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) del tipo Panamito. Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); pp.: 58-60, 63, 67-69.
- ✓ ROJI ROSAS BETTY L., QUEA JUANITO MARITZA LIZETH, 2012. Obtención de snack de maíz (*Zea Maiz*) enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) y queso procesados por extrusión. Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- ✓ SALAS SALVADO, J., GARCÍA LORDA, P., & SÀNCHEZ I RIPOLLÈS, J., 2012. La alimentación y la nutrición a través de la historia. Editorial Glosa, S.L.
- ✓ SALDAÑA SAAVEDRA, SEGUNDO J., 2012. Valor nutritivo y valor biológico de un producto extruido a base de harina de sorgo (*Sorghum bicolor*) y soya (*Glycine max (L) Merril*). Tesis, Trujillo – Perú. Universidad Nacional De Trujillo; pp.: 28, 32-33.
- ✓ SHARMA, S.K., MULVANEY, S.J., RIZUI, S.S., 2013. Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. Edit. Limusa. México.
- ✓ TABLA PERUANA DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS, 2009. Centro nacional de alimentación y nutrición instituto nacional de salud; pp.: 16-17, 54-55.
- ✓ TAMINE A. Y ROBINSON R., 2012. Ciencia y Tecnología del yogurt. New York, USA: CRC Press.
- ✓ VALDERRAMA SOTO, MARIA L., 2013. Evaluación nutricional y biológica de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de habas (*Lepidium meyenii W.*). Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); pp.: 88 – 90.
- ✓ VALDIVIEZO ARAUJO M. F., 2014. Evaluación nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*). Tesis, Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); pp.: 61- 65.

- ✓ VERNAZA LEORO, MARIA G., 2007. Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá. Tesis, Sao Paulo – Brasil. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); pp.: 40-45, 50-57, 76-81.
- ✓ WHITNEY E. Y ROLFES S., 2008. Understanding Nutrition. California: Thomson Higher Education.
- ✓ ZEA Z. CECILIA, 2011. Determinación biológica de la calidad proteica en harina de quinua extruida de la variedad negra collana. Tesis, Puno - Perú. Universidad Nacional Del Altiplano; pp.: 36-42.

7.1 PAGINAS WEB

- ✓ AINIA, 2016;
<http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/alimentacion-saludable-la-gran-tendencia-de-consumo-actual-7-claves-orientativas/>.
 Visitado el 08/10/17.
- ✓ AINIA, 2016;
<http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/alimentacion-saludable-la-gran-tendencia-de-consumo-actual-7-claves-orientativas/>.
 Visitado el 08/10/17.
- ✓ AYALA G., ORTEGA L., MORON C., 2011. Valor nutritivo y usos de la quinua. <http://www.fao.org>. Visitado el 13/07/17.
- ✓ CCC FOODS, <http://www.cccfoods.com.pe/app/productos-cereales-extruidos.html>. Visitado el 19/03/17.
- ✓ CLEXTRAL, 2017. Tecnologías en líneas, tecnologías y procesos de extrusión de alimentos. Francia.
<http://www.clextral.com/es/tecnologias-lineas/tecnologias-y-procesos/extrusion-de-alimentos/>. Visitado el 15/12/2017.
- ✓ CORP. MONTANA, 2011. AQUATECH: alimentos extruídos para la industria acuícola;
<http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/handle/123456789/85>. Visitado el 13/06/2017.

- ✓ CORP. MONTANA, 2011;
<http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/handle/123456789/85>. Visitado el 13/11/2017.
- ✓ CORPEI-CBI, 2005. Perfil del producto quinua. Proyecto CORPEI-CBI. Expansión de la oferta exportable del Ecuador, www.ecuadorcalidaddeorigen.com/productos_down/perfil:quinua_2005743.pdf. Visitado el 13/07/17.
- ✓ CREATIVE COMMONS, 2014. Habas frescas; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Habas_frescas.jpg. Visitado el 13/12/17.
- ✓ CRS (Catholic Relief Service), CIP (Centro Internacional de la Papa), FAO, 2003. Estudio de la quinua, <http://www.infoagro.net/shareddocs/a5/cproandinos5.pdf>. Visitado el 13/07/17.
- ✓ ECOVISIONES, 2007. La quinoa, <http://www.ecovisiones.cl/ecovida/nutrición/alimentos/quinoa.htm>. Visitado el 11/07/17.
- ✓ EXTRUSIÓN,
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Extrusi%25C3%25B3n_y_su_efecto.pdf. Visitado el 11/07/17.
- ✓ FAO, 2017. Contenido de Aminoácidos de los Alimentos y datos biológicos sobre las proteínas, <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm>. Visitado 02/05/2017.
- ✓ FAO, 2010. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s02.pdf>
- ✓ FAO, 2011. <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>. Visitado el 15/06/17.
- ✓ FOOD EXTRUDER MAKER, <http://foodextrudermaker.es/19-twin-screw-testing-extruder.html>. Visitado el 19/04/17.

- ✓ FORTÚRBEL F., 2004. Problemática de la producción y comercialización de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), debido a la presencia de las saponinas. <http://www.cabierta.uchile.cl/revista/21/articulos/pdf/paper6.doc>. Visitado el 16/06/17.
- ✓ INBRAMAQ, 2017. Manual de instalación y Mantenimiento, modelo LABOR PQ DRX-50. Brasil. www.inbramaq.com. Visitado el 13/11/2017.
- ✓ INCS INSTITUTO, 2016. Métodos para determinar la calidad de una proteína. <https://powerexplosive.com/metodos-para-determinar-la-calidad-de-una-proteina/>. Visitado el 14/12/2017.
- ✓ INIAA, División de tecnología de cereales, 2010; <http://www2.inia.cl/medios/tierraadentro/TierraAdentro90.pdf>. Visitado 11/10/2017.
- ✓ INSTITUTO MÉDICO LASER (IML), 2012. Infonutricion: Tablas de Digestibilidad y Valor Biológico, <http://www.infonutricion.com/s012b.htm>. Visitado el 18/07/17.
- ✓ LAB-FERRER, 2017. La actividad de agua (aw), una herramienta para comprobar la calidad, seguridad y vida útil de sus productos, <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/actividad-del-agua.pdf>. Visitado 18/09/2017.
- ✓ MARCA M., 2011. Informe final sobre procesos e investigaciones agroindustriales en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), <http://www.bvcooperación.pe:8080/biblioteca/bitstream/123456789/738/1/BVCI0000079.pdf>. Visitado el 19/03/17.
- ✓ MOTHERGRAIN, 2005. Los beneficios de la quinua, www.mothergrain.com/nutricion/pdf/informaciónnutricional.pdf. Visitado el 18/07/17.
- ✓ NIETO C., y VALDIVIA R., 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Postcosecha, Transformación y Agroindustria. Editores: Mujica A., Jacobenson S.,

Izquierdo J., Marathee J.,
<http://www.fao.org/regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/comprom/contenido/libro03/home03.htm>. Visitado el 18/07/17.

- ✓ POLLIO MARÍA LUCÍA, 2013. Actividad de agua y conservación de alimentos: predicción, cálculo y determinación experimental. Universidad Nacional de Quilmes – Argentina; http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/Actividad%20de%20agua%20%20%20aw.pdf. Visitado 11/10/2017.
- ✓ SNACK-EXTRUIDO, <file:///C:/Users/arudd/Downloads/296752777-Proyecto-de-Investigacion-Snack-Extruido.pdf>. Visitado el 19/03/17.
- ✓ ZAMORA, NELSON C., 2012. Efecto de la extrusión sobre la actividad de factores antinutricionales y digestibilidad in vitro de proteínas y almidón en harinas de frijol blanco (*canavalia ensiformis*). Vol.53, N° 3, p.: 293-298, <http://www2.scielo.org.ve/scielo>. Visitado el 29/08/17.

VIII. ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS BIOLÓGICO

PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

- ✓ Las dietas se elaboraron en base a las recomendaciones del Informe de Evaluación de Alimentos Proteicos, 1980.
- ✓ Se formularon cuatro dietas, dos dietas experimentales: la primera en base a la proteína de la mezcla (quinua y harina de habas) y la segunda en base a la proteína del snack; una dieta control (suministrado por el bioterio de la UNALM) y una dieta aprroteica (maicena).
- ✓ La dieta control, se usó en el ensayo biológico de determinación de la utilización de proteína neta (NPU), los demás valores de la dieta control (caseína) presentados corresponden a datos de referencia tomados del registro del laboratorio de evaluación biológica de la UNALM.

Cuadro 01. composición de las dietas usadas en los ensayos biológicos (g/100gr de dieta).

INSUMO	DIETA SNACK	DIETA HARINA DE HABAS CON QUINUA	DIETA APROTEICA
Proteína	10,47	10,38	0,26
Grasa	7,08	7,07	7.02
Vitaminas	5	5	5
Fibra	5,05	5,07	5,09
Sales minerales	4,01	4,06	4,02
Alimento	68,09	68.23	78.61
Total (gr)	100	100	100

Fuente: Dieta basada en los datos del Registro de Bioterio de la UNALM, 2001.

ANEXO B

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICO

Cuadro 01. Análisis fisicoquímico de la mezcla (quinua y harina de habas)

PARÁMETRO	HARINA DE HABAS	QUINUA	FORMULACIÓN F5
Proteínas (%)	24.87	13.56	16.47
Grasas (%)	2.55	5.88	5.08
Humedad (%)	9.63	8.56	10.58
Fibra (%)	1.53	3.19	2.75
Cenizas (%)	2.66	2.32	2.49
Carbohidratos (%)	58.74	66.49	64.41

Cuadro 02. Composición proximal de la harina de habas, quinua y promedio de mezcla según F5 (Quinua:75% y H. habas:25%)

PARÁMETRO	HARINA DE HABAS (*)	QUINUA (*)	PROMEDIO DE LA MEZCLA (F5)
Proteínas (%)	24.3	13.6	16.28
Grasas (%)	1.9	5.8	4.83
Fibra (%)	4.4	1.9	2.53
Humedad (%)	11.9	11.5	11.6
Cenizas (%)	2.3	2.5	2.45
Carbohidratos (%)	59.6	66.6	64.85

Fuente: (*) TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS, 2009

Cuadro 03. Análisis fisicoquímico del producto terminado (snack)

PARÁMETRO	FORMULACIONES		
	F4	F5	F6
Proteínas (%)	17.67	16.74	16.57
Grasas (%)	2.29	1.86	1.77
Humedad (%)	6.02	5.89	5.77
Fibra (%)	1.66	1.94	1.70
Cenizas (%)	2.51	2.33	1.98
Carbohidratos (%)	69.85	71.24	72.21

ANEXO C

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FÍSICA

Cuadro 04. Índice de expansión

Nº MUESTRA	TRATAMIENTOS		
	F4	F5	F6
1	1.93	2.19	1.92
2	1.61	2	2.29
3	1.5	2.32	1.93
4	1.94	1.84	1.9
5	1.88	1.96	1.85
6	1.73	1.91	1.85
7	1.72	2.27	2.08
8	1.76	2.2	2.4
9	1.75	2.15	2.07
10	1.63	2.21	2.2
11	1.88	2.3	2.04
12	1.65	2.11	2
13	1.89	2.12	2.2
14	1.9	2.16	2.15
15	1.79	2.1	1.9
PROMEDIO	1.77	2.12	2.05
ÍNDICE DE EXPANSIÓN	2.21	2.65	2.57

Cuadro 05. Textura del producto terminado (Snack)

Se utilizó el Texturómetro BROOKFIELD CT3. Probeta #5 TA 15/1000, cono 30 mm D, 45”.

TRATAMIENTOS	TRABAJO (mj)		
	B-1	B-2	PROMEDIO
T4	43.40	43.37	43.39
T5	56.44	56.46	56.45
T6	30.80	31.05	30.93

Cuadro 06. Clasificación de la harina comercial según el grado de molienda

GRADO DE MOLIENDA	MÓDULO DE FINURA
Fino	0-2
Medio	2-4
Grueso	Más de 4

Fuente: INIAA, División de tecnología de cereales, (2010).

Cuadro 07. Colorimetría de las harinas

TRATAMIENT O	L*		a*		b*		C*		h*	
	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2
Quinua	95,6 6	95,7 9	-1,2	1,2 4	19,4 8	19,6 7	19,5 2	19,7 1	- 86,47	- 86,3 9
Harina de habas	96,8 9	96,4 3	- 3,3 9	- 3,4 7	25,4	28,1 4	25,6 3	28,3 5	-82,4	- 82,9 7

Cuadro 08. Colorimetría del Snack

TRATAMIENT O	L*		a*		b*		C*		h*	
	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2	B-1	B-2
F4	57,3 7	57,8 1	8,4 8	8,2 3	32,0 7	32,7 4	32,1 7	33,7 6	75,1 9	75,8 9
F5	62,7 2	62,8 5	6,1 2	7,7 9	31,2 4	32,6 6	31,8 3	33,5 7	78,9 2	76,5 8
F6	65,2 3	66,9 1	7,5 8	6,8 2	34,6	34,4 4	35,4 2	35,1 1	77,6 4	78,8

ANEXO D
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA

Cuadro 09. Control de peso de la dieta y ganancia de peso del animal para el análisis de PER.

DIA	RATA HARINA				RATA SNACK			
	PESO DE LA RATA	ALIMENTO SUMINISTRADO	RESIDUO	ALIMENTO CONSUMIDO	PESO DE LA RATA	ALIMENTO SUMINISTRADO	RESIDUO	ALIMENTO CONSUMIDO
1	45.35	15.4	8.6	6.8	45.88	16.13	7.45	8.68
2	47.88	10.1	3.81	6.29	48.55	10.21	5.1	5.11
3	49.95	10.12	4.29	5.83	51.55	10.12	2.68	7.44
4	52.17	30.07	5.11	24.96	54.83	30.01	1.29	28.72
7	54.69	30.09	1	29.09	58.02	30.12	1.72	28.4
8	57.55	-	-	-	62.24	-	-	-
9	60.9	-	-	-	66.07	-	-	-
10	63.66	10	0.29	9.71	71.89	10	0.05	9.95
11	67.72	30.32	1.25	29.07	75.94	30.23	0	30.23
14	-	20	2.29	17.71	-	20	0.74	19.26
15	-	20	0.4	19.6	-	20	0.2	19.8
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	82.67	-	-	-	90.89	-	-	-
TOTAL	37.32	176.1	27.04	149.06	45.01	176.82	19.23	157.59

Cuadro 10. Control de peso de la dieta, ganancia de peso del animal, peso de heces y orina para el análisis de D y VB

DIA	RATA HARINA				RATA SNACK				RATA MAIZENA			
	PESO DE LA RATA	TOTAL ALIMENTO	HECES	ORINA	PESO DE LA RATA	TOTAL ALIMENTO	HECES	ORINA	PESO DE LA RATA	TOTAL ALIMENTO	HECES	ORINA
1	54.97	5.29	-	-	55.18	5.13	-	-	55.96	9.77	-	-
2	58.01	5.01	-	-	59.84	6.21	-	-	54.05	5.39	-	-
3	62.83	6.54	-	-	64.11	6.98	-	-	53.85	2.99	-	-
4	67.13	28.74	-	-	69.36	27.85	-	-	52.67	8.89	-	-
7	71.34	27.11	1.31	11.5	74.13	25.01	1.27	13.6	50.88	15.91	0.34	2
8	-	-	0.68	8	-	-	0.76	9.5	-	-	0.31	2
9	-	-	0.94	10.1	-	8.54	0.85	10.8	-	-	0.63	2.2
10	-	9.95	0.61	12.6	-	8.33	0.89	12.7	-	2.02	0.62	0.6
11	90.61	28.49	-	8.6	94.71	30.75	-	10.4	46.14	19.06	-	1.8
14	-	17.11	3.01	-	-	18.75	3.58	-	-	0.94	0.73	-
15	-	20	-	-	-	20	-	-	-	9.3	-	-
17	105.15	-	-	-	112.13	-	-	-	41.81	-	-	-
TOTAL	50.2	148.24	6.55	50.8	56.95	157.55	7.35	57	-14.2	56.12	2.63	8.6

Cuadro 11. Control de peso de la dieta, ganancia de peso del animal para el análisis de NPU

DIA	RATA HARINA		RATA SNACK		RATA MAIZENA	
	PESO DE LA RATA	ALIMENTO CONSUMIDO	PESO DE LA RATA	ALIMENTO CONSUMIDO	PESO DE LA RATA	ALIMENTO CONSUMIDO
1	57.54	6.52	56.25	5.97	56.73	5.52
2	60.93	6.2	60.21	7.23	55.57	4.44
3	63.18	5.68	64.35	7.6	54.85	3.94
4	67.32	22.6	68.54	29.28	53.78	11.21
7	71.01	23.96	73.96	29.93	51.42	15.95
10	-	7.14	-	10	-	-
11	84.08	28.14	89.58	29.55	47.96	14.71
14	-	15.5	-	-	-	-
15	-	17.57	-	19.24	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	98.49	7.69	107.03	8.57	42.19	3.73
TOTAL	40.95	141.0	50.78	147.37	-14.54	59.5

