

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



“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 PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTORES :

Bach. ESTHER NOEMÍ, BRAVO RODRIGUEZ

Bach. JESICA FIORELLA, ORTEGA ROJAS

ASESOR :

Dr. Gilbert N. Rodríguez Paucar

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de este título: “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.*)”, ha contado con el asesoramiento que quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor-Designado por Resolución Decanatural N° 624-2015-UNS-FI.

DR. GILBERT RODRÍGUEZ PAUCAR
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



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

*“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.)”*

TESISTAS

Bach. Jesica Fiorella Ortega Rojas

Bach. Esther Noemí Bravo Rodriguez

Revisado y Aprobado el día 13 de Junio de 2017, por el
siguiente Jurado Evaluador, designado mediante Resolución
Decanatural N° 056-2017-UNS-CCFI:

DRA. LUZ PAUCAR MENACHO
PRESIDENTA

DR. GILBERT RODRÍGUEZ PAUCAR
SECRETARIO

MS. CÉSAR MORENO ROJO
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A Dios por el aliento de vida, la fortaleza para seguir enfrentando retos.

A mis padres Fortunata y Tito que han velado para que tenga un futuro mejor.

A mis hermanos Nestor, Neri, Edinson por brindarme el apoyo y ánimos para continuar.

A nuestros compañeros y amigos por las enseñanzas compartidas.

Esther Noemí Bravo Rodriguez

Dedico este trabajo a todos aquellos que me aman, empezando por Dios que me ha bendecido a veces sin merecerlo.

A mi madre Haideé y padre Juan que sin sus consejos, paciencia y cariño no sería la persona de hoy.

A mis hermanos Jeanett y Carlos por sus ánimos y sonrisas de apoyo.

A mis amigos de universidad y niñez que siempre me motivaron a seguir adelante.

A Deyvis por ser mi compañero, mi soporte y un motivo más de superación.

Jesica Fiorella Ortega Rojas

AGRADECIMIENTO

Al todo poderoso por la oportunidad de contar con una educación.

A nuestros padres por su constante preocupación y apoyo, mostrándonos así el camino a seguir durante nuestra carrera profesional.

Al Dr. Gilbert Rodriguez Paucar por su asesoría en la presente investigación.

Al Ing. Lenin Palacios Ambrocio y al Ing. John Gonzales quienes contribuyeron en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los compañeros y futuros colegas que aportaron con sus labores en IITA para la realización de dicha investigación en especial a nuestra compañera Guisela Carbajal Romero.

A todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido con sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra formación profesional.

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el 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 hispánica L.*); para ello las harinas se molieron y tamizaron a tres granulometrías de 1.0, 0.25 y 0.125 mm y se prepararon tres formulaciones F1 50:40:10; F2 45:42:13 y F3 40:45:15 de harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía respectivamente, de los que derivaron 9 tratamientos. Para la obtención de los snacks, estos tratamientos se sometieron a un extrusor de doble tornillo bajo los siguientes parámetros: perfil de temperaturas de 20, 25, 50, 80, 100, 120 y 130°C, caudal de agua de 30 ml/min, velocidad de alimentación: 1 kg/min, velocidad de tornillo: 385 rpm, velocidad de cuchilla: 1212 rpm y diámetro de boquilla 0.6 mm. Se ha evaluado la calidad tecnológica del snack extruido estableciéndose que los mejores tratamientos fueron: T1 (F1, 1mm), T2 (F1, 0.25mm), T3 (F1, 0.125mm), T6 (F2, 0.125mm) y T9 (F3, 0.125mm); de ello se deduce que la harina más fina así como la formulación que tiene mayor contenido de harina de arroz mejora la calidad tecnológica del snack (índice de absorción, índice de solubilidad, volumen específico, textura, grado de expansión y grado de gelatinización). Estos cinco tratamientos se sometieron a evaluación sensorial encontrándose que el T1 y el T3 correspondientes a la formulación F1 tienen mejor calidad sensorial a nivel de significación de 5%; a estos dos tratamientos se les determinó su calidad nutricional y vida útil. Se ha demostrado que el T3 presenta mayor contenido proteico ($11.29 \pm 0.61\%$, ns 5%), mejor evaluación biológica: PER 2.64 ± 0.23 , CDA $81.93 \pm 1.55\%$ y VB $72.00 \pm 0.64\%$. Por otro lado, la vida útil estimada para el T1 es de 35 días frente a 20 días del T3. Concluyéndose que no obstante el T3 tiene mejor calidad nutricional, el T1 sería una mejor opción comercial.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the effect of granulometry and formulation on the quality of an extruded snack made from rice (*Oryza sativa* L.), quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) And defatted chia cake (*Salvia hispánica* L.); The flours were milled and sieved to three granulometries of 1, 0.25 and 0.125 mm and three formulations F1 50:40:10; F2 45:42:13 and F3 40:45:15 of rice flour, quinoa flour and chia defatted cake flour respectively, from which 9 treatments were derived which were evaluated under DCA 32. For obtaining the snacks , The nine treatments were subjected to a semi-industrial double-screw extruder that worked with the following parameters: temperature profile of 20, 25, 50, 80, 100, 120 and 130 ° C, water flow rate of 30 ml / min , Feed rate: 1 kg / min, screw speed: 385 rpm, blade speed: 20.2 rps and nozzle diameter 0.6 mm. The quality of the treatments was evaluated with the following values: T1 (F1, 1mm), T2 (F1, 0.25mm), T3 (F1, 0.125mm), T6 (F2, 0.125mm) and T9 Mm). It can be deduced that the finer flour provides better technological quality as well as the formulation of a higher content of rice flour. These five best treatments were submitted to sensory evaluation, finding that the T1 and T3 corresponding to the formulation F1 have better sensorial quality at a significance level of 5%; To these two treatments were determined their nutritional quality and useful life. It has been shown that T3 has a higher protein content ($11.29 \pm 0.61\%$) with a significance of 5%, better biological evaluation results with a PER of 2.64 ± 0.23 , CDA of $81.93 \pm 1.55\%$ and VB $72.00 \pm 0.64\%$.The estimated useful life for T1 is 35 days versus 20 days for T3. Concluding that T3 has better nutritional quality; However, for commercial purposes T1 would be a better option. In addition, the results reveal a count of mesophilic aerobes below 104 cfu / g at 35 days in both treatments, which does not exceed the maximum limit allowed.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. MATERIAS PRIMAS.....	3
1.1.1. La Quinoa.....	3
1.1.2. La Chía.....	10
1.1.3. El arroz.....	17
1.2. TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN PARA OBTENCIÓN DEL SNACK.....	20
1.2.1. Definición del snack.....	21
1.2.2. Proceso de Extrusión.....	21
1.2.3. El extrusor.....	24
1.2.4. Tipos de Extrusores.....	25
1.2.5. Rol del Almidón y proteína en la extrusión.....	26
1.2.6. Efecto de la Extrusión en la composición del alimento.....	27
1.2.7. Aplicación de la Extrusión en el ámbito de alimentos.....	33
1.3. CONTROL DE CALIDAD DE LOS SNACKS EXTRUIDOS.....	34
1.3.1. Definición de Calidad.....	34
1.3.2. Calidad de un Producto Extruido.....	35
1.4. VIDA ÚTIL DE LOS SNACK EXTRUIDOS.....	42
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	44
2.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	44
2.2.1. Materia prima.....	44
2.2.2. Insumos.....	44
2.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	45
2.3.1. Para la evaluación tecnológica de los snacks.....	45
2.4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	49
2.4.1. Procedimiento para la obtención de la harina de arroz, harina de quinua y harina de Torta desgrasada de Chía.....	49
2.4.2. Métodos de análisis para la caracterización de la harina de quinua, harina de arroz y harina de torta desgrasada de chía.....	54
2.4.3. Método de selección de los tratamientos de los snacks extruidos.....	58
2.4.4. Diseño estadístico de experimentos para la evaluación de snacks extruidos.....	59
2.4.5. Procedimiento para la elaboración de Snacks Extruidos.....	60

2.4.6.	Métodos de Evaluación de la Calidad de los Snacks Extruidos	65
2.4.7.	Método para la Estimación de la Vida Útil del Snack Extruido a base de Arroz, Quinoa y Torta Desgasada de Chía	75
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
3.1.	ANÁLISIS DE LA HARINA DE QUINUA, HARINA DE ARROZ Y HARINA DE TORTA DESGASADA DE CHÍA	77
3.1.1.	Caracterización químico proximal de la Harina de Torta desgasada de Chía, Harina de Quinoa y Harina de Arroz	77
3.1.2.	Análisis fisicoquímicos.....	79
3.2.	SNACKS EXTRUIDOS EN LOS NUEVE TRATAMIENTOS DE ESTUDIO	80
3.3.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SNACKS EXTRUIDOS	81
3.3.1.	Evaluación de la calidad tecnológica del snack.....	81
3.3.2.	Evaluación de la calidad sensorial de los mejores tratamientos.....	97
3.3.3.	Evaluación de la calidad nutricional de los mejores tratamientos	99
3.3.4.	Caracterización fisicoquímica de los mejores tratamientos	105
3.3.5.	Evaluación de la calidad sanitaria de los mejores tratamientos.....	106
3.4.	ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS	106
IV.	CONCLUSIONES	108
V.	RECOMENDACIONES.....	110
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación Taxonómica de la Quinua	3
Tabla 2: Superficie, Producción y Rendimiento de Quinua en el Perú	5
Tabla 3: Composición del grano de quinua (g/100g)	6
Tabla 4: Contenido de Aminoácidos presentes en el grano de Quinua dulce	7
Tabla 5: Contenido de minerales en el grano de quinua	8
Tabla 6: Contenido de Vitaminas del Grano de Quinua (ppm en b.s.)	8
Tabla 7: Clasificación Taxonómica de la Chía	11
Tabla 8: Regiones Productoras de Chía en el Perú	12
Tabla 9: Energía y composición centesimal correspondiente a diversos granos.....	12
Tabla 10: Contenido de aminoácidos correspondientes a hidrolizados de proteínas de semillas de chía	14
Tabla 11 : Contenido de vitaminas y minerales de semillas de chía y de harina desgrasada de chía... 15	15
Tabla 12: Composición de harina de chía desgrasada	16
Tabla 13: Clasificación Taxonómica del Arroz	17
Tabla 14: Clase de Granos de Arroz (tolerancias).....	18
Tabla 15: Grado del Arroz (Tolerancias).....	18
Tabla 16: Superficie, Producción y Rendimiento de Arroz en el Perú	19
Tabla 17: Contenido Aminoácidos presentes en el grano de Arroz	20
Tabla 18: Formulaciones de los snacks extruidos a base Arroz, Quinua y Torta Desgrasada de Chía 58	58
Tabla 19: Granulometrías de la harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía	58
Tabla 20: Diseño estadístico para la evaluación de los snacks extruidos (DCA con arreglo factorial 3x3).....	59
Tabla 21: Tratamientos de los snacks extruidos evaluados con el DCA con arreglo factorial 3x3.....	60
Tabla 22: Parámetros de extrusión del snack a base de arroz, quinua y torta desgrasada de chía	62
Tabla 23: Composición química proximal de la harina de torta desgrasada de chía en 100g.	77
Tabla 24: Composición químico proximal de la Quinua Blanca de Juli	78
Tabla 25: Composición química proximal de la harina de arroz.....	79
Tabla 26: Colorimetría de las materias primas.....	79
Tabla 27: Cantidad de agua en las harinas	79
Tabla 28: Índice de Absorción en Agua	83
Tabla 29: Índice de solubilidad en agua del snack extruido	85
Tabla 30: Grado de gelatinización del snack extruido.....	88
Tabla 31: Volumen específico del snack extruido	92
Tabla 32: Grado de expansión del snack extruido.....	93
Tabla 33: Fuerza de compresión requerida en el snack extruido	95
Tabla 34: Ponderación de los tratamientos según la importancia de las variables	97
Tabla 35: Calificación promedio en la evaluación de aceptabilidad, para los snacks	98
Tabla 36: Tratamientos seleccionados a través del análisis sensorial	98
Tabla 37: Composición Química Proximal de los mejores tratamientos	99
Tabla 38: Contenido de fibra de los mejores tratamientos.....	99
Tabla 39: Perfil de AA de la harina de arroz, harina de quinua, harina de chía y formulaciones	101
Tabla 40: Score químico de la harina de arroz, harina de quinua, harina de chía y formulaciones ...	101
Tabla 41: Determinación de colorimetría de los mejores tratamientos	105
Tabla 42: Recuento microbiológico de los mejores tratamientos.....	106
Tabla 43: Actividad de agua de los mejores tratamientos	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: a) Esquema del Grano de Quinoa: PE: Pericarpio, SC: Cubierta de la Semilla, EN: Endosperma, C: Cotiledones, H: Hipocotilo, SA: Ápice del meristemo, R: Radícula, P: Perisperma, F: Funiculo. b) Sección Longitudinal Media del Grano de Quinoa.....	4
Figura 2: Semillas de chía (Salvia hispanica L.)	11
Figura 3: Principales partes del extrusor.....	24
Figura 4: Estructura Química de la Amilosa.....	26
Figura 5: Estructura Química de la Amilopectina	27
Figura 6: Mecanismo de la Gelatinización del Almidón.	29
Figura 7: Perfil viscoamilográfico del almidón nativo durante el proceso de gelatinización	30
Figura 8: Arroz Pulido NIR Figura 9: Quinoa Blanca de Juli	45
Figura 10: Chía Negra Figura 11: Stevia (edulcorante natural)	45
Figura 12: Materia extraña extraída entre las semillas de Chía.....	49
Figura 13: Extracción de aceite: a) Expeller b) Aceite y Torta desgrasada de chía	49
Figura 14: Tamizado de la Harina de Chía	50
Figura 15: Molienda de la Quinoa Perlada	51
Figura 16: Empacado de la harina de arroz.....	52
Figura 17: Flujo de operaciones del proceso de obtención de harinas de quinoa, arroz y torta desgrasada de chía.....	53
Figura 18: Análisis de Humedad por método de la estufa	54
Figura 19: Extracción de grasa en el equipo Soxtec Foss.....	55
Figura 20: Incineración para determinación de Ceniza	55
Figura 21: Determinación de Fibra mediante método enzimático – químico	56
Figura 22: Análisis de Colorimetría	57
Figura 23: Medición de AW	57
Figura 24: Harina de Arroz en granulometrías de 1 mm, 0.25 mm y 0.125 mm	58
Figura 25: Harina de Quinoa en granulometrías de 1 mm, 0.25 mm y 0.125 mm	59
Figura 26: Harina de Torta Desgrasada de Chía en granulometrías de 1mm, 0.25mm y 0.125mm.....	59
Figura 27: Pesado de los Insumos para la Extrusión	61
Figura 28: Tratamiento 1(F1, granulometría 1mm).....	61
Figura 29: Tratamiento 5 (F2, granulometría 0.25mm).....	61
Figura 30: Tratamiento 7 (F3, granulometría 0.125mm).....	62
Figura 31: Esquema del extrusor de doble tornillo modelo DRX-50	63
Figura 32: Extrusor de doble tornillo modelo DRX-50 y boquilla de 0.6 mm	63
Figura 33: Bolsas de PPO Aluminizadas conteniendo los Snacks Extruidos a base de Arroz, Quinoa y Torta Desgrasada de Chía	64
Figura 34: Flujo de operaciones de la elaboración de los snacks extruidos a base de arroz, quinoa y torta desgrasada de chía	64
Figura 35: Medición del índice de Gelatinización: a) Líquido centrifugado gelatinizado b) Medición de absorbancias en el Espectrofotómetro.....	66
Figura 36: a) Gel obtenido en la Medición del IAA b) Soluble obtenido en la medición del ISA.....	67
Figura 37: Medición de la Densidad del Snack extruido.....	68
Figura 38: Medición de Textura Instrumental mediante el Texturómetro Brookfield CT3.....	68
Figura 39: Muestras para Análisis Sensorial de los Snacks Extruidos	69
Figura 40: Panelista semi-entrenada realizando la Evaluación Sensorial	70

Figura 41: a) Ratas de laboratorio variedad Holtzmann	72
Figura 42: Determinación de los Índices Biológicos: a) Pesado de las ratas b) Pesado de los Snacks molidos c) Pesado de las heces de las ratas	74
Figura 43: Estimación de Vida Útil mediante control de Aw	75
Figura 44: Esquema de la Metodología empleada para la Evaluación de la Calidad del Snack Extruido a base de Arroz, Quinoa y Torta Desgrasada de Chía	76
Figura 45: Tratamientos del Snack extruido a base de Arroz, Quinoa y Torta desgrasada de Chía.....	80
Figura 46: Índice de Absorción en Agua del snack extruido (g gel/g muestra seca).....	83
Figura 47: Índice de solubilidad en agua del snack extruido (%)	85
Figura 48: Índice de Absorción vs. Índice de Solubilidad del Snack	86
Figura 49: Grado de Gelatinización del snack extruido (%).....	88
Figura 50: %GG vs IAA vs ISA según Formulación del Snack Extruido	89
Figura 51: GG vs IAA vs ISA según granulometría del snack extruido	90
Figura 52: Volumen específico del snack extruido (ml.g ⁻¹).....	92
Figura 53: Grado de expansión del snack extruido	94
Figura 54: Fuerza de compresión requerida en el snack extruido (Kgf).....	95
Figura 55: Fuerza de Compresión vs Grado de Expansión vs Volumen Específico	96
Figura 56: Razón de eficiencia proteica de los mejores tratamientos (PER)	102
Figura 57: Coeficiente de digestibilidad aparente de los mejores tratamientos (CDA).....	103
Figura 58: Valor Biológico de los mejores tratamientos (VB)	104
Figura 59: Coloración de los mejores tratamientos	105
Figura 60: Variación de la Aw de los mejores tratamientos	107

INTRODUCCIÓN

Los problemas de malnutrición y hambre en los países en desarrollo, se sustentan en la falta de inclusión de micronutrientes en la dieta y en el bajo consumo de alimentos que contengan buena disponibilidad de proteína, energía y micronutrientes. Los snacks extruidos son alimento de consumo masivo y de alta aceptabilidad a nivel mundial, debido a su bajo costo y almacenamiento. Es por ello que en la investigación se planteó desarrollar un nuevo tipo de producto extruido, sustituyendo nuevas fuentes de proteína, utilizando la harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía.

La harina de quinua contiene un 14 -20 % de proteína (Peralta, 1985) y la torta desgrasada de chía tiene un alto valor nutritivo, que se distingue por su contenido de proteína de 20% (Reglamento Bromatológico Uruguayo, 2015) y es particularmente rico en lisina, el incremento consumo de snacks extruidos a base de torta desgrasada de chía sería una alternativa sana de alimentación.

Al extruir las harinas de quinua, de torta desgrasada de chía y arroz, 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.

En el presente Proyecto de Investigación, se propone evaluar el efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack a base de arroz (*Oryza sativa L.*), quinua

(*Chenopodium quinoa Willd.*) y torta desgrasada de chía (*Salvia hispanica L.*). Teniendo como objetivos específicos lo siguiente:

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía.
- Determinar la calidad tecnológica mediante las características funcionales del snack extruido: índice de absorción en agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), grado de gelatinización (GG), volumen específico, grado de expansión y textura instrumental.
- Evaluar la calidad sensorial: color, olor, sabor, textura de los snacks extruidos.
- Evaluar la calidad nutricional mediante análisis proximal y evaluación biológica de los mejores tratamientos.
- Determinar la calidad sanitaria mediante análisis microbiológico a los mejores tratamientos
- Determinar la vida útil de los mejores tratamientos.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. MATERIAS PRIMAS

1.1.1. La Quinua

1.1.1.1. Generalidades de la Quinua

La región de los Andes, cuna de grandes civilizaciones como la Incaica y Tiahuanacota, es considerada centro de origen de numerosas especies nativas como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida (Rojas, Alandia, Irigoyen y Blajos, 2011).

1.1.1.2. Taxonomía y Morfología de la Quinua

1.1.1.2.1. Taxonomía de la Quinua

Tabla 1: Clasificación Taxonómica de la Quinua

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Angiospermas
Orden	Centropermales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

Fuente: Mújica, Jacobsen, Izquierdo y Marathee, 2001

1.1.1.2.2. Morfología del Grano de Quinua

La semilla es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes: Episperma, embrión y perisperma (Mújica *et al.*, 2006).

La episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina, la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo

cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida (Álvarez *et al.*, 2002).

El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho. La radícula es de color castaño oscuro y en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40%, mientras que en el perisperma solo del 6.3 al 8.3 % de la proteína total del grano (Álvarez *et al.*, 2002).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Mújica *et al.*, 2006).

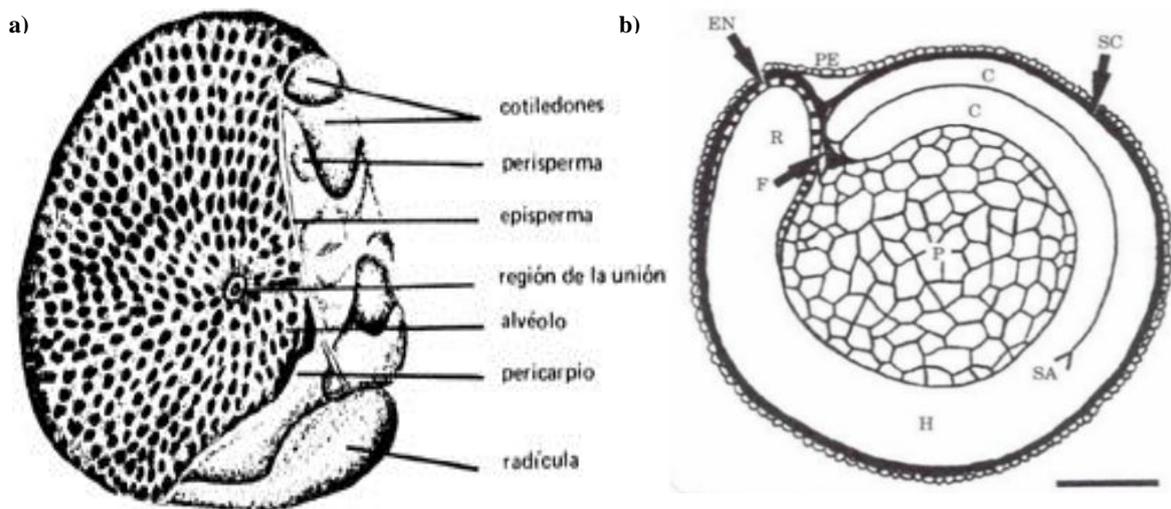


Figura 1: a) Esquema del Grano de Quinoa: PE: Pericarpio, SC: Cubierta de la Semilla, EN: Endosperma, C: Cotiledones, H: Hipocotilo, SA: Ápice del meristemo, R: Radícula, P: Perisperma, F: Funiculo. b) Sección Longitudinal Media del Grano de Quinoa

Fuente: Mújica *et al.* (2006) y Gallardo, Gonzales y Ponessa (1997)

1.1.1.3. Producción Nacional de la Quinua

Tabla 2: Superficie, Producción y Rendimiento de Quinua en el Perú

AÑOS	ÁREA COSECHADA (Hectáreas)	RENDIMIENTO (qq/ha)	PRODUCCIÓN (Toneladas)
2014	68.037	16.806	114.343
2013	44.868	11.619	52.13
2012	38.495	11.485	44.213
2011	35.475	11.609	41.182
2010	35.313	11.633	41.079
2009	34.026	11.578	39.397
2008	31.163	9.584	29.867
2007	30.381	10.475	31.824
2006	29.947	10.161	30.429
2005	28.632	11.382	32.59
2004	27.676	9.755	26.997
2003	28.326	10.621	30.085
2002	27.851	10.906	30.373
2001	25.601	8.698	22.267
2000	28.889	9.758	28.191

Fuente: FAOSTAT (acceso el 19 de Julio del 2015)

1.1.1.4. Composición Química del Grano de Quinua

La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. Sin embargo, los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias (saponinas) que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes (Mújica *et al.*, 2006).

La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Además, produce sensación de saciedad (Rojas *et al.*, 2011).

Tabla 3: Composición del grano de quinua (g/100g)

	Quinua dulce, Blanca (Junín)	Quinua dulce, Blanca (Puno)	Quinua dulce, Rosada (Junín)
Energía (Kcal)	352	340	352
Energía (kJ)	1474	1423	1471
Agua (g)	11.1	11.2	11.0
Proteínas (g)	11.10	11.60	12.3
Grasa Toral (g)	7.7	5.3	7.2
Carbohidratos totales (g)	67.4	68.9	67.1
Carbohidratos disponibles (g)	61.5	63.0	61.2
Fibra cruda (g)	6.0	6.8	7.0
Fibra dietaria (g)	5.9	5.9	5.9
Cenizas (g)	2.7	3.0	2.4

Fuente: Reyes, Gómez-Sánchez, Espinoza, Bravo & Ganoza (2009)

1.1.1.4.1. Contenido de Proteína en el Grano de Quinua

Lo que destaca a este pseudo cereal de los demás alimentos de origen vegetal es su alto contenido de proteína, casi el doble del contenido de proteína de cereales como el arroz y el trigo, es comparable al de algunos alimentos de origen animal como: carne, leche, huevo y pescado (Peralta, 1985).

El valor proteico de un alimento se mide con base en dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los llamados aminoácidos esenciales. La quinua sobresale en estos dos factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes. Este grano se caracteriza por su contenido superior de aminoácidos esenciales como: lisina, metionina y triptófano especialmente (Peralta, 1985).

Tabla 4: Contenido de Aminoácidos presentes en el grano de Quinoa dulce

AA	Quinoa
Histidina	46
Isoleucina	70
Leucina	73
Lisina	84
Met+Cis	125
Fenil+Tiro	120
Treonina	57
Triptófano	12
Valina	76

Fuente: Cerezal, Urtuvia, Ramírez, Romero & Arcos (2011)

1.1.1.4.2. Contenido de Carbohidratos en el Grano de Quinoa

La fracción de carbohidratos está constituida principalmente por almidón (50 – 60%). El almidón se encuentra en el perisperma en forma de gránulos y está conformado de dos glucanos: amilosa (20 %) y amilopectina (80%). Los gránulos de almidón de la quinoa tienen un diámetro de 2 μm , es más pequeño que los de otros cereales. Los azúcares libres llegan a 6,2%, la fibra insoluble 5,31%, la soluble en 2,49% y la fibra total en 7,80% (Carrasco, Espinoza y Jacobsen, 2001).

1.1.1.4.3. Contenido de Lípidos en el Grano de Quinoa

El contenido de lípidos en el grano de quinoa es de 6,1% (Peralta, 1985) y la mayor parte se hallan en el embrión. La composición del aceite de la quinoa es parecida a la del aceite de soya, los principales ácidos grasos que conforma la grasa de la quinoa son el linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3), que constituyen entre el 55-63% de la grasa de la quinoa (Koziot, 2002).

1.1.1.4.4. Contenido de Minerales en el Grano de Quinua

El grano de quinua tiene excelentes cantidades de: calcio y fósforo. El hierro posee una alta disponibilidad biológica para los seres humanos (Carrasco et al., 2001).

Tabla 5: Contenido de minerales en el grano de quinua

Elemento	Rango
Calcio	46 a 340
Fósforo	145 a 540
Potasio	840 a 1145
Magnesio	170 a 230
Cobre	0.6 a 1.2
Manganeso	1.2 a 5.1
Zinc	2.1 a 6.1

Fuente: Ayala, Ortega y Morón (2001)

1.1.1.4.5. Contenido de Vitaminas en el Grano de Quinua

La quinua supera a los cereales en el contenido de vitaminas B2, E y A, mientras que el contenido de B3 es menor. Falta un estudio completo sobre el contenido de las vitaminas en la quinua y no solo de los granos sino también de las hojas, las cuales son comestibles y tienen sabor a espinaca y podrían ser fuente de vitamina A (Koziot, 2002).

Tabla 6: Contenido de Vitaminas del Grano de Quinua (ppm en b.s.)

Vitamina	Quinua
Niacina	10.7
Tiamina (B1)	3.1
Riboflavina (B2)	3.9
Ácido Ascórbico (C)	49
Alfa – Tocoferol (E)	52.3
Carotenos	5.3

Fuente: Koziot, 2002

1.1.1.5. Saponina de la Quinua

Las saponinas son compuestos del tipo esterol o triterpenoide se encuentran en el pericarpio del grano y representan el principal factor anti nutricional de la quinua, que le confiere un sabor amargo característico (Koziot, 2002).

Los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas (FAO, 2011).

De acuerdo al contenido de saponina, la quinua se puede considerar amarga cuando sobrepasa el 0,11% y dulce cuando su contenido es inferior a 0,11% con base al peso en fresco (Fontúrbel, 2004).

1.1.1.6. Usos del Grano de Quinua

- **Harina de Quinua**

Es el producto resultante de la molienda de la quinua perlada, su finura dependerá del número de zaranda o malla que se usa en la molienda (Marca, 2001).

- **Quinua Perlada**

Es el grano entero, obtenido del escarificado o desaponificado del grano de quinua (Meyhuay, 1996).

- **Harina instantánea de quinua**

Es la harina de quinua pre cocida (gelatinizada), reducida a polvo y que se dispersan rápidamente en líquidos. Uso en postres, cremas como suplemento nutritivo en cocoa y leches malteadas (Meyhuay, 1996).

- **Hojuelas de quinua**

Los granos de quinua perlada son sometidos a un proceso de laminado a presión, ejercido por dos rodillos lisos sobre los granos, lo que permite darles una forma laminada o aplanada. Este producto es consumido mezclado con leche en el desayuno (Mújica *et al.*, 2006).

- **Expandido de quinua**

Resulta de la expansión brusca de los granos al someterlos a una temperatura alta y descompresión violenta (Meyhuay, 1996).

1.1.2. La Chía

1.1.2.1.Generalidades de la Chía

El uso de la semilla y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas (3500 A.C), quienes empleaban la semilla como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos (Ayerza y Coates, 2006).

1.1.2.2.Taxonomía y Morfología de la Chía

1.1.2.2.1. Taxonomía de la Chía

La chía es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano (Ixtaina, 2010).

Tabla 7: Clasificación Taxonómica de la Chía

Reino	Vegetal o Plantae
División	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase	Magnoliopsida o Dicotyledoneae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Nepetoideae
Tribu	Mentheae
Género	Salvia
Especie	Hispanica

Fuente: Ixtaina (2010)

1.1.2.2.2. Morfología de la Semilla de Chía

Las semillas son monospermas, ovales, suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares marrones en su mayoría y algunos blancos (Ayerza y Coates, 2005).



Figura 2: Semillas de chía (*Salvia hispanica* L.)

Fuente: Di Sapio, et al., 2008

1.1.2.3. Producción Nacional de la Chía

Actualmente, a nivel comercial la chía se cultiva en Argentina, México, Bolivia, Guatemala, Ecuador y Australia. En el año 2008, “The Ord Valley”, en el extremo noroccidental de Australia, fue el principal productor, con un área sembrada de 750 ha y una perspectiva de cultivo para 2009 de 1700 ha, lo que representa dos tercios de su producción mundial (Matt, 2008).

En nuestro país la popularidad de las semillas de chía ha aumentado gracias al conocimiento de sus propiedades nutritivas. Hace sólo cinco años su producción era incipiente y local. Sin embargo, este creciente interés ha empujado a algunas regiones a aumentar la producción de semillas de este tipo. Arequipa y Cusco concentran el 98.5 % de la producción nacional convirtiéndose en las principales regiones productoras de semillas de chía (Ayala, Ortega y Morón, 2001).

Tabla 8: Regiones Productoras de Chía en el Perú

Región	Ha
Arequipa	172
Cusco	101
Otros	4
Total	277

Fuente: INEI (2012)

1.1.2.4. Composición Química de la Semilla de Chía

El *Tabla 9* muestra la composición de las semillas de chía y la correspondiente a los cinco cereales de mayor importancia a nivel mundial (arroz, cebada, avena, trigo, maíz). Puede verse que el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de chía es mayor que los presentes en los demás cultivos (Ayerza y Coates, 2004).

Tabla 9: Energía y composición centesimal correspondiente a diversos granos

Grano	Energía kcal/100g	Proteínas %	Lípidos %	Carbohidratos %	Fibra %	Cenizas %
Arroz ¹	358	6.5	0.5	79.1	2.8	0.5
Cebada ¹	354	12.5	2.3	73.5	17.3	2.3
Avena ¹	389	16.9	6.9	66.3	10.6	1.7
Trigo ¹	339	13.7	2.5	71.1	12.2	1.8
Maíz ¹	385	9.4	4.7	74.3	3.3	1.2
Chía ^{2,3}	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6

Fuente: ¹USDA (2002), ²Ayerza y Coates (2004), ³Diario Oficial de la Unión Europea (2009)

1.1.2.4.1. Contenido de Aceite y composición de ácidos grasos de la Semilla de Chía

El contenido de aceite presente en la semilla de chía es de alrededor de 33%, el cual presenta el mayor porcentaje de ácido α -linolénico conocido hasta el momento (62 - 64%) así como el tenor más elevado (82,3%) de ácidos grasos esenciales (ácidos α -linolénico y linoléico), seguido por el cártamo, el lino y el girasol con 75, 72 y 67%, respectivamente. Los aceites de colza y de oliva son altamente insaturados (67 y 82%, respectivamente) debido al gran contenido de ácido oleico pero con un bajo tenor de ácidos grasos poliinsaturados (27 y 11%, respectivamente) (Ayerza, 1995).

1.1.2.4.2. Contenido de Proteínas y composición de aminoácidos de la Semilla de Chía

La chía posee un contenido de proteínas que oscila entre 19 y 23%, el cual es mayor que el asociado a los cereales tradicionales, presentando como ventaja adicional el no contener gluten, motivo por el cual es recomendable su consumo en pacientes celíacos (Ting *et al.*, 1990).

Como puede observarse, las proteínas de chía presentan un buen balance de aminoácidos esenciales. Entre ellos, puede destacarse el contenido de lisina, así como porcentajes de metionina y cistina mayores que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas (Ting *et al.*, 1990).

Tabla 10: Contenido de aminoácidos correspondientes a hidrolizados de proteínas de semillas de chía

Aminoácido	Extracto por solvente g aminoácido/16gN	Extracto por prensado g aminoácido/16gN
Ácido aspártico	7.64	7.36
Treonina	3.43	3.23
Serina	4.86	4.43
Ácido glutámico	12.4	13.65
Glicina	4.22	4.03
Alanina	4.31	4.41
Valina	5.1	5.32
Cisteína	1.47	1.04
Metionina	0.36	0.36
Isoleucina	3.21	3.35
Leucina	5.89	5.99
Triptófano	--	1.29
Tirosina	2.75	2.75
Fenilalanina	4.73	4.77
Lisina	4.44	3.6
Histidina	2.57	2.45
Arginina	8.9	8.63
Prolina	4.4	3.92
Total	80.64	80.81

Fuente: Brown (2003)

1.1.2.4.3. Vitaminas y Minerales de la Semilla de Chía

La semilla de chía es una buena fuente de vitaminas B que disminuyen el riesgo de sufrir una enfermedad cardiocoronaria fatal y apoplejía (American Heart Association, 1999). La comparación del contenido de vitaminas de la chía con respecto a la de otros cultivos tradicionales muestra que el nivel de niacina es mayor que el presente en maíz, soja, arroz y cártamo, mientras que su tenor de vitamina A es inferior al de maíz. Las concentraciones de tiamina y riboflavina son similares a las del arroz y el maíz, aunque menores que las de soja y de cártamo (Ayerza y Coates, 2006).

Tabla 11 : Contenido de vitaminas y minerales de semillas de chía y de harina desgrasada de chía

Nutriente	Semilla de Chía	
	Entera ¹	Harina desgrasada ²
Macroelementos (mg/100 g)		
Calcio	714	1180
Potasio	100	1100
Magnesio	390	500
Fosforo	1067	1170
Microelementos (mg/100 g)		
Aluminio	2	4.3
Boro	-	1.4
Cobre	0.2	2.6
Hierro	16.4	20.4
Manganeso	2.3	6.8
Molibdeno	0.2	-
Sodio	-	2.9
Zinc	3.7	8.5
Vitamina (mg/100 g)		
Niacina	6.13	11.3
Tiamina	0.18	0.79
Riboflavina	0.04	0.46
Vitamina A	44IU	-

Fuente: ¹Instituto Nacional de Alimentos, Argentina (2003), ²Brown (2003)

Con respecto al contenido de minerales, las semillas de chía son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio hierro, zinc y cobre. Además, contienen entre 13-354, 2-12 y 1,6-9 veces más calcio, fósforo y potasio, respectivamente que el trigo, arroz, cebada, avena y maíz. Asimismo, en comparación con la leche, las semillas de chía presentan un contenido 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4,6 veces más de potasio (USDA, 2002; Instituto Nacional de Alimentos, 2003).

Los niveles de hierro en las semillas de chía y en la harina desgrasada son muy elevados, representado valores poco frecuentes en semillas (USDA, 2002).

1.1.2.4.4. Fibra dietaria de la Semilla de Chía

El análisis comparativo del contenido de fibra de las semillas de chía (18-30%) respecto al de otros cereales, permite apreciar que la chía tiene 1,6; 2,3; 2,6; 8,3 y 9,8 veces más contenido de fibra dietaria que la cebada, trigo, avena, maíz y arroz, respectivamente (ver *Tabla 9*). El contenido de fibra en la harina residual (luego de la extracción de aceite) de chía representa alrededor de un 40%, de la cual un 5% corresponde a fibra soluble, denominada mucílago. Las semillas de chía al ser sumergidas en agua, quedan envueltas por un material de aspecto gelatinoso conocido como mucílago, el cual es de interés no sólo desde el punto de vista nutricional sino de importancia como agente espesante en la industria alimentaria (Lin, Daniel y Whistler, 1994).

1.1.2.5. Harina de Chía

La harina de chía es el producto proveniente de la molienda de las semillas de chía sanas, limpias y bien conservadas, que han sido sometidas a prensado para la remoción parcial o prácticamente total del aceite (Reglamento Bromatológico Uruguayo, 2015).

Tabla 12: Composición de harina de chía desgrasada

Humedad (100-105°C) máx. (%)	9
Proteína (N x 6.25) mín. (%)	20
Grasa (Extracto etéreo) máx. (%)	18
Fibra total mín. (%)	35
Cenizas (500-550°C) máx.	6

Fuente: Reglamento Bromatológico Uruguayo (2015)

1.1.3. El arroz

1.1.3.1.Generalidades del Arroz

Los últimos hallazgos arqueológicos en yacimientos chinos han puesto al descubierto glumas de arroz que podrían datarse entre los años 2750 y 3280 a.c y hasta 3.500 años antes de Cristo en Tailandia. De este modo, la extendida creencia de que el *Oryza sativa* era de origen Indú, 2500 a.c ha quedado desplazada (Ospina y Aldana, 2001).

1.1.3.2.Taxonomía y Morfología del Arroz

1.1.3.2.1. Taxonomía del Arroz

El arroz es una gramínea autógama, de gran talla, que crece con mayor facilidad en los climas tropicales. Originariamente, el arroz era una planta cultivada en seco, pero con las mutaciones se convirtió en semi-acuática. Aunque puede crecer en medios bastante diversos, crece más rápidamente y con mayor vigor en un medio caliente y húmedo (González, 1985).

Tabla 13: Clasificación Taxonómica del Arroz

Reino	Plantae – Plantas
Subreino	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión	Spermatophyta – Plantas con semillas
División	Magnoliophyta – Plantas de floración
Clase	Liliopsida o Monocotiledóneas
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales o glumiflora
Familia	Poaceae o Gramineae
Subfamilia	Ehrhartoideae o Panicoides
Tribu	Oryzae
Subtribu	Oryzineas
Género	<i>Oryza</i> L.
Especie	<i>O. sativa</i>

Fuente: Gramene (2007) y González (1985)

1.1.3.2.2. Morfología del grano de Arroz

El grano consta de la semilla y la cáscara. En la semilla se distingue el pericarpio tiene una consistencia fibrosa, varía en espesor y está formado por la cutícula, el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas. La testa constituye la cubierta de la semilla y el endospermo la mayor parte del grano, formado por sustancias almidonadas (González, 1985).

1.1.3.3. Clasificación de Grano de Arroz

Tabla 14: Clase de Granos de Arroz (tolerancias)

Clase	Longitud del grano de arroz elaborado entero	Método de Ensayo
Largo	Más de 7 mm	ISO 11746
Mediano	De 6 mm a 7 mm	
Corto	Menos de 6 mm	
Mezclado	Más del 20% de mezclas	

Fuente: NTP 205.011, 2014

Tabla 15: Grado del Arroz (Tolerancias)

Nombre Comercial	Extra	Superior	Corriente	Popular	Método de ensayo	
Grados	1	2	3	4		
Granos rojos (%)	0.0	0.5	2.0	4.0	Físico sensorial	
Granos tizosos (%)	Tizosos Totales	2	4	8	16	Físico sensorial
	Tizosos Parciales	5	10	20	40	Físico sensorial
Granos dañados (%)	0.0	0.5	2.0	4.0	NTP 205.029	
Mezcla varietal contrastante (%)	2.5	5.0	10.0	20.0	NTP 205.029	
Materia extraña¹ (%)	0.15	0.25	0.35	0.45	NTP 205.029	
Granos quebrados (%)	5	15	25	35	NTP 205.029	
Granos inmaduros (%)	0.00	0.05	0.10	0.15	Físico sensorial	

¹Se considera sólo materia extraña orgánica. No se permitirá la presencia de materias extrañas inorgánicas

Fuente: NTP 205.011, 2014

1.1.3.4. Producción Nacional de Arroz

En el Perú, el arroz es el primer producto en área sembrada y cosechada, muy por encima del café, papa y maíz amarillo; con 380,000 hectáreas en promedio. Se ha constituido en uno de los componentes esenciales de la canasta básica familiar de los peruanos (INEI, 2012).

Tabla 16: Superficie, Producción y Rendimiento de Arroz en el Perú

AÑOS	ÁREA COSECHADA (Hectáreas)	RENDIMIENTO (qq/ha)	PRODUCCIÓN (Toneladas)
2014	380.707	75.508	2874.654
2013	395.030	77.128	3046.773
2012	390.919	77.851	3043.330
2011	359.612	72.980	2624.458
2010	388.659	72.850	2831.374
2009	404.614	73.926	2991.157
2008	379.783	73.089	2775.800
2007	337.639	66.817	2256.000
2006	343.691	68.732	2362.260
2005	357.883	68.971	2468.357
2004	286.468	64.401	1844.896
2003	313.856	67.942	2132.405
2002	316.807	66.876	2118.679
2001	302.800	66.941	2026.970
2000	287.113	65.901	1892.100

Fuente: FAOSTAT (Acceso el 19 de Julio del 2015)

1.1.3.5. Composición Química del Grano de Arroz

El arroz contiene una relativa pequeña cantidad de proteínas (en comparación con otros cereales). No obstante, el arroz posee más lisina que el trigo, el maíz y el sorgo. Este grano contiene grandes cantidades de almidón por es

una buena fuente de aporte calórico. El arroz limpio, ya desprovisto de su salvado, suele tener menos fibra dietética que otros cereales y por lo tanto es más digestivo. El arroz puede ser un alimento de sustento a pesar de su bajo contenido en riboflavina y tiamina (Rodríguez, 2007).

Tabla 17: Contenido Aminoácidos presentes en el grano de Arroz

AA	Arroz
Histidina	21
Isoleucina	41
Leucina	82
Lisina	38
Met+Cis	22
Fenil+Tiro	50
Treonina	38
Triptófano	11
Valina	61

Fuente: Cerezal, Urtuvia, Ramírez, Romero & Arcos (2011)

1.1.3.6. Harina de Arroz

Producto obtenido de la molienda y tamizado de arroz blanco partido, sano, limpio, sin cáscara, libre de impurezas y materia extraña, caracterizado por ser un polvo blanco fino. Empleado como materia prima por la industria, el sector gastronómico y el consumidor final en la elaboración de alimentos y preparación de comidas (Reque, 2007).

1.2. TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN PARA OBTENCIÓN DEL SNACK

La extrusión proporciona varias ventajas sobre los métodos tradicionales de procesado de alimentos ya que proporciona diferentes formas, texturas, colores y apariencias, mediante pequeños cambios en el equipo mismo y en las condiciones de procesado.

Además, hay un mejoramiento en la calidad del producto sobre otros procesos debido a que la cocción se realiza en un tiempo muy corto y tiene lugar una menor destrucción de los ingredientes sensibles al calor (Guy, 2002).

1.2.1. Definición del snack

Los “snacks” son alimentos ingeridos como entremés, ideados para ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo, pero no constituye por sí mismos ninguna de las principales comidas del día (García M., 2008)

Son extruidos obtenidos a partir de harinas o materias primas granulares previamente tratadas y sometidas a un proceso. (Guy, 2002)

Se clasifican de acuerdo al tipo de técnicas que han sido usadas, así se encuentran los snacks obtenidos mediante un proceso de fritura (chips de frutas y tubérculos) y los que pasan por un proceso de extrusión o expansión (hojuelas de maíz, cebada, chitos, etc.). Además, existen las confituras obtenidas mediante deshidratación osmótica (Roberson, 1993).

1.2.2. Proceso de Extrusión

La tecnología en la extrusión de alimentos se desarrolla desde hace varias décadas en diferentes países del mundo, tiene muchas ventajas por su alta productividad al procesar gran cantidad de alimentos de manera continua en un corto tiempo utilizando un equipo sofisticado, por su ahorro de energía y mano de obra en su sistema de cocción a un bajo costo, por su calidad y capacidad de producir nuevos alimentos a partir de diferentes formas, colores y texturas, lo que le permite una amplia aceptabilidad, además por presentar una prolongada vida útil (Kameco, 2005).

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, 2005).

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias: mezcla, cocción, compresión, amasado y moldeo. 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 un caudal masivo pre-establecido, durante este transporte se produce la cocción parcial o total de los componentes de la mezcla (González, Torres y De Greef, 2002).

La cocción por extrusión es una forma especializada, y única en el procesado de materiales amiláceos debido a que se trata de una cocción a relativamente bajos niveles de humedad, comparado con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Los niveles normales de humedad utilizados están en el intervalo de 10-40% y a pesar de estos bajos valores de humedad el material se transforma

en un fluido dentro del extrusor. Bajo estas condiciones las características físicas de las materias primas, tales como el tamaño de partícula, la dureza y el grado de plastificación alcanzado durante el proceso de extrusión llegan a ser determinantes para la transformación final del material (Harper, 1992).

Otra característica de la cocción por extrusión, como ya se dijo, es que resulta ser un proceso HTST pero que, además, debido a los esfuerzos de corte que se desarrollan durante el transporte del material en el extrusor, la temperatura se eleva rápidamente (conversión de energía mecánica en calor por flujo viscoso) y así la estructura del material sufre transformaciones profundas en pocos segundos. La masa de partículas (harina de cereales y/o legumbres) más o menos hidratada, es convertida en un fluido de muy alta viscosidad. A medida que ese fluido es transportado, los elevados esfuerzos de corte en combinación con la alta temperatura, transforman a los elementos estructurales del material, es decir a los gránulos de almidón y a las estructuras proteicas. Por ejemplo: en la elaboración de productos expandidos tipo “snack” el almidón no solo pierde la estructura cristalina sino también la mayor parte de la estructura granular desaparece y los componentes del gránulo (moléculas de amilosa y amilopectina), son dispersados en la matriz; en la elaboración de proteína vegetal texturizada (PVT) las partículas proteicas (o cuerpos proteínicos) son dispersadas y las reacciones proteicas desnaturalizadas, alineándose en las corrientes de flujo, de esta manera se facilita la formación de nuevos enlaces entre cadenas (“cross links”), los cuales otorgan al producto la resistencia a la disgregación por hidratación durante la preparación del alimento del que forma parte la PVT. En la cocción por extrusión de materiales amiláceos, el término “grado de cocción” (GC) implica, no solo la pérdida de la estructura

cristalina (mayor digestibilidad) sino también el grado de destrucción de la estructura granular del almidón (Brennan, 2008).

1.2.3. El extrusor

El extrusor es una máquina para moldear materiales por el proceso de cambio de presión y calor, un extrusor consta principalmente de un tornillo de Arquímedes con las aletas helicoidales adheridas a su alrededor, con rotación corta, en una estrecha armadura cilíndrica (Mujica *et al.* , 2006).

El extrusor es el equipo encargado del proceso de la extrusión se basa en la introducción de la materia prima e insumos a través de un cilindro donde son arrastrados y comprimidos por el (los) tornillo(s) y trabaja desgarrando o amasando con el objeto de transformar su estructura granular en una masa semisólida que posteriormente será extruida y a gran presión es impulsada a través de los orificios de una boquilla y cortada a su salida por una cuchilla rotatoria o una guillotina, pudiéndose obtener el alimento en una gran variedad de formas como: barritas, esferas, cintas, entre otros; si durante la operación el alimento es sometido a tratamiento térmico, al proceso se denomina extrusión por cocción (Kameco, 2005).

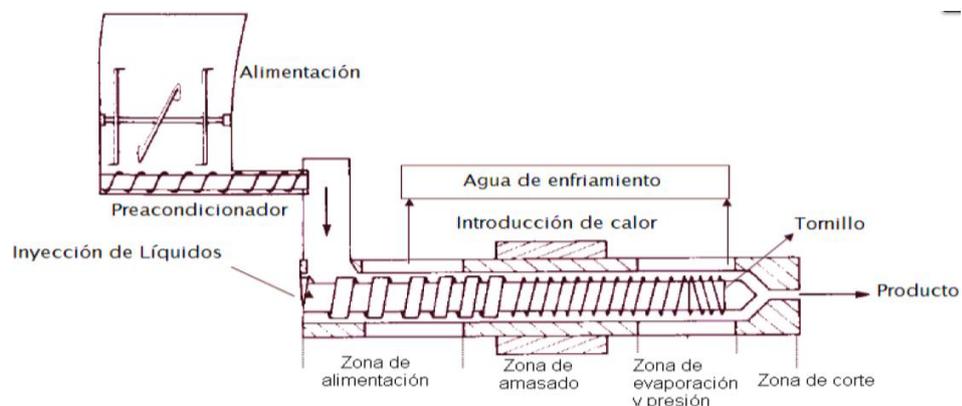


Figura 3: Principales partes del extrusor

Fuente: Gómez, 2013

1.2.4. Tipos de Extrusores

Existe una amplia variedad de extrusores los cuales se caracterizan no solo por la complejidad de los diseños, sino también por el grado de sofisticación en los sistemas de control de la operación. Como extremos pueden destacarse, por un lado, los de doble tornillo y por otro los monotornillos particularmente llamados de bajo costo tal como el diseño “Brady” (Harper , 1981).

Los extrusores monotornillos funcionan como una “bomba de fricción”, es decir el material es transportado por el efecto de “arrastre”. El material alojado dentro del canal del tornillo es “empujado” hacia la salida por el frente de los filetes. Ese transporte se produce solamente si la fricción del material/harina o sémola sobre la superficie interna del cañón o cilindro, es suficientemente mayor que la fricción del material sobre la superficie del tornillo .Es decir que el material debe “agarrarse” a la superficie del cilindro para que la superficie del tornillo “resbale” sobre el material y así producir el transporte. Si por alguna razón el material se adhiere a la superficie del tornillo lo suficiente como para hacer “resbalar” el material sobre la superficie del cilindro el transporte se detiene y el material alojado en el canal del tornillo gira solidariamente con el. Este mecanismo se visualiza con el ejemplo de la mano” tomando “a una tuerca que esta en un bulón que gira .Si la mano no “toca” la tuerca esta gira junto al bulón y no se desplaza, pero cuando la mano “toca” la tuerca (lo “agarra”), la tuerca se desplaza hacia delante o hacia atrás según sea el sentido de la rosca. Para asegurar que este mecanismo se verifique la superficie del cilindro de los extrusores cocedores llevan estrías (longitudinales o también helicoidales), mientras que la superficie del tornillo esta pulida (González *et al.*, 2002).

El mecanismo de transporte de los extrusores de doble tornillo es muy diferente. Estos son verdaderas “bombas positivas”. Los filetes de ambos tornillos “solapan” o penetran cada uno dentro del canal del otro. De esta manera el “paso” de cada tornillo es interrumpido por el filete del otro formándose en cada tornillo una sucesión de “cámaras” con forma de “C” con los extremos desplazados, el caudal resultante es el producto del volumen total de cámaras “C” por la velocidad de rotación. Los extrusores de doble tornillo ofrecen ventajas, tales como un mejor control de la operación y una mayor diversidad de productos. Pero los extrusores monotornillo ofrecen todavía buenas alternativas para la cocción de cereales, debido a los menores costos operativos, de inversión y de mantenimiento (González *et al.*, 2002).

1.2.5. Rol del Almidón y proteína en la extrusión

El almidón es un polímero que sirve como almacén de nutrientes proporcionando gran parte de la energía, químicamente se encuentra constituido por dos polímeros: amilosa- polímero esencialmente lineal formado por moléculas de glucosa unidas por enlaces α - D (1,4)- y amilopectina- unidades D-glucosa unidas por enlaces α -(1,4) presentando un grado de ramificación localizadas cada 15 a 25 unidades lineales de glucosa y estas cadenas laterales están unidas a la cadena central por enlaces α -(1,6). Ambos polímeros presentan diferencias entre sus propiedades estructurales y funcionales (Fennema, 1993).

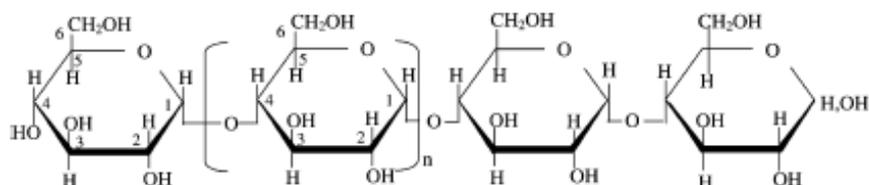


Figura 4: Estructura Química de la Amilosa

Fuente: Gómez, 2013

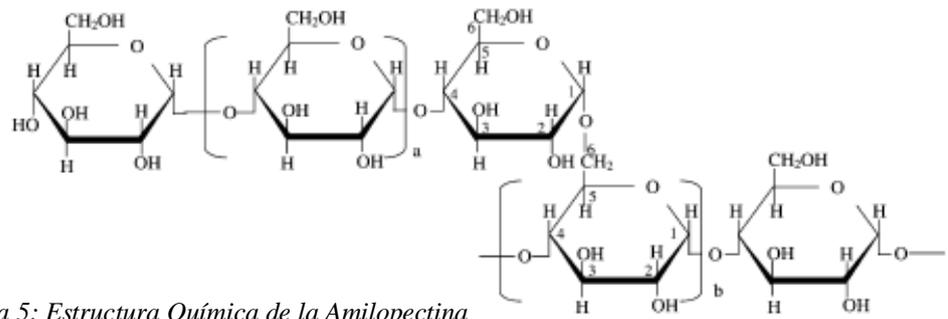


Figura 5: Estructura Química de la Amilopeptina
Fuente: Gómez, 2013

La mayoría de los almidones están compuestos de 25% de amilosa y 75% de amilopeptina. Se estima que el límite más bajo de contenido de almidón para obtener una buena expansión es del 60-70%. Se ha sugerido que un alto contenido de amilopeptina conduce a la obtención de texturas expandidas homogéneas y elásticas, mientras que altos contenidos de amilosa conducen a extrudidos duros y menos expandidos. A un mismo contenido de humedad, los almidones ricos en amilopeptina son más blandos que los almidones ricos en amilosa, lo que favorece la expansión (Conde, 2003).

Otro componente de este grupo son las proteínas, aunque no todas favorecen la expansión. El efecto de las proteínas sobre la expansión depende del tipo y concentración de la misma. Estas ejercen su efecto sobre la expansión a través de su capacidad de afectar la distribución del agua en la matriz y a través de su estructura y conformación macromolecular, lo que a su vez afecta a las propiedades del “melt” (masa en estado fluido) (Gómez, 2013).

1.2.6. Efecto de la Extrusión en la composición del alimento

1.2.6.1. Efecto de la extrusión sobre los Almidones

- **Gelatinización.** La gelatinización es un proceso hidrotérmico que se presenta cuando el granulo de almidón es sometido a altas temperaturas en presencia de exceso de agua, este fenómeno se desarrolla debido a la introducción y

atrapamiento de moléculas de agua en el interior del granulo, mediante enlaces de puentes de hidrógeno, lo que produce un hinchamiento del mismo originando un aumento en la viscosidad de la solución. Una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, aunque se requiere más energía (Fennema, 1993 y Badui, 2006).

El calentamiento de los gránulos de almidón en presencia de agua conduce a una serie de transformaciones irreversibles una vez que se alcanza la temperatura de gelatinización, como son hinchamiento granular (de 3 a 10 veces su propio peso), fusión de cristales, pérdida de birrefringencia (propiedad de los gránulos de almidón de poseer dos índices de refracción, por lo cual cuando se irradia con luz polarizada desarrollan la típica “cruz de Malta”), solubilización del mismo debido al colapso del orden molecular dentro del gránulo de almidón y un fuerte incremento en la viscosidad; este fenómeno es conocido como gelatinización (Lai y Kokini, 1991; Akalu, Tufvesson, Johnsson y Nair, 1998).

Cada tipo de almidón se gelatiniza a diferente temperatura, el almidón de maíz gelatiniza y aumenta su tamaño considerablemente entre 27 y 62°C (Kokini *et al.*, 1992). Se ha reportado que el hinchamiento inicial toma lugar en las regiones amorfas del gránulo donde los enlaces de hidrógeno son menos numerosos y el polímero es más susceptible a ser disuelto. A medida que la estructura comienza a disolverse, el gránulo absorbe agua y se hincha. La amilosa se difunde hacia el agua y la amilopectina permanece dentro del gránulo. Las estructuras moleculares de los constituyentes del almidón contribuyen al incremento de la viscosidad en el medio (Biliaderis, 1991; Akalu *et al.*, 1998).

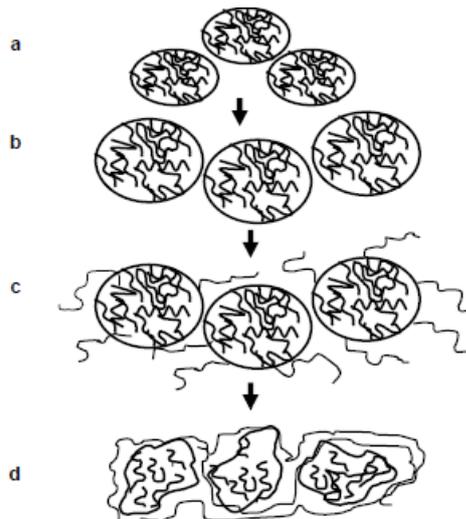


Figura 6: Mecanismo de la Gelatinización del Almidón. a) Gránulos del almidón nativo con sus dos componentes del almidón la amilosa y amilopectina, b) El agua adicionada penetra en la zona amorfa lo cual con lleva al hinchamiento de los gránulos de almidón, c) el suministro de calor y humedad causan más hinchamiento; la amilosa se difunde fuera del gránulo, d) la amilopectina queda dentro del gránulo; la amilosa lixiviada forma una matriz lo cual con lleva la formación de un gel.

Fuente: Lai y Kokini (1991)

El incremento de la viscosidad en las primeras etapas del calentamiento se debe principalmente a la liberación de la amilosa. En las últimas etapas, el incremento continuo de la viscosidad se debe a interacciones del material extra granular y al hinchamiento de los gránulos, haciendo al almidón funcional como ingrediente alimentario. La viscosidad de la pasta alcanza un nivel máximo cuando el mayor porcentaje de gránulos hinchados está presente, lo cual se refiere como pico de viscosidad o viscosidad máxima, además de encontrarse algunos gránulos altamente hinchados, dañados y fragmentados debido a la agitación continua (Thomas y Atwell, 1999).

Al someter una suspensión de almidón a un ciclo de temperatura (mayor de 90 °C) y a esfuerzo mecánico constante, los gránulos se desintegran. Las moléculas de amilosa generalmente se lixiviarán dentro de la solución y sufrirán un alineamiento, ocasionando un gran decremento en la viscosidad. Este fenómeno a menudo es conocido como viscosidad mínima, el cual está gobernado principalmente por la ruptura de los gránulos y el alineamiento de la amilosa (Beta, Corke, Rooney y Taylo, 2001).

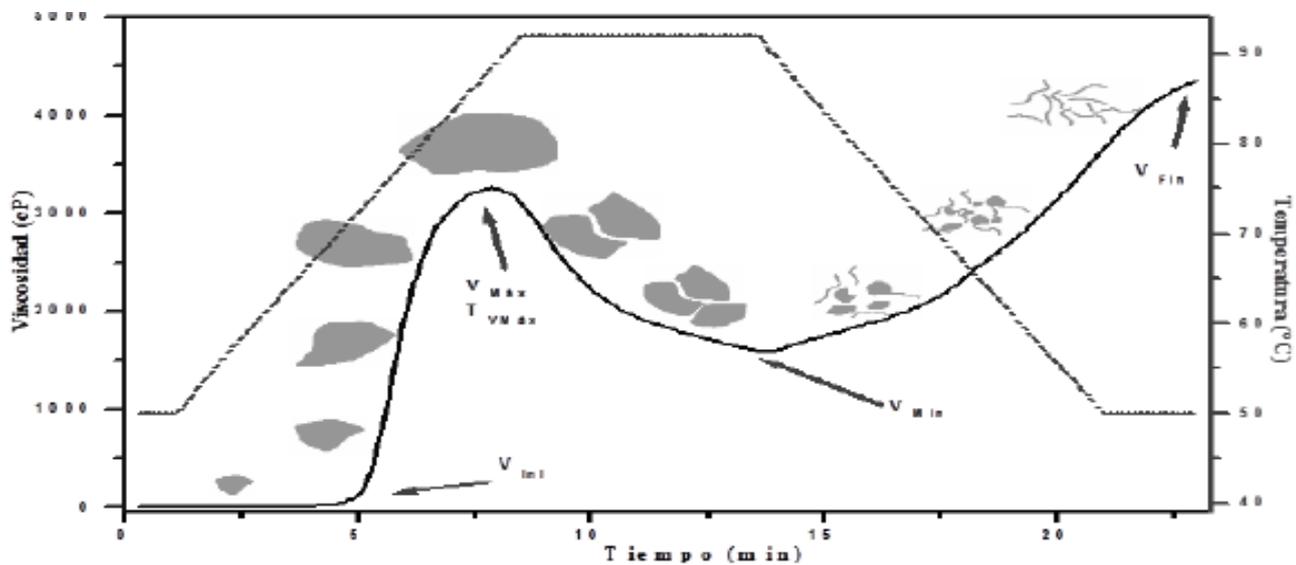


Figura 7: Perfil viscoamilográfico del almidón nativo durante el proceso de gelatinización; V_{ini} =Viscosidad inicial, el gránulo comienza a absorber agua, $V_{máx}$ =Nivel máximo de viscosidad, gránulo completamente gelatinizado, $T_{máx}$ =Temperatura que representa la máxima viscosidad, $V_{mín}$ =Viscosidad mínima por la ruptura de gránulos, V_{fin} =Viscosidad final dada por el reordenamiento molecular.

Fuente: Gómez, 2013

La retrogradación. Consiste de dos procesos: a) La gelificación de las moléculas de amilosa que son exudadas del gránulo durante la gelatinización y b) La recristalización de la amilopectina (Biliaderis, 1991).

Este fenómeno se define como la insolubilización y la precipitación espontánea de las moléculas de amilosa principalmente, y más lentamente la amilopectina que aumenta la rigidez de la masa. Este fenómeno ocurre cuando

la pasta de almidón gelatinizado se enfría lentamente y las moléculas de amilosa tienen tiempo suficiente para alinearse, de tal manera que forman varios enlaces de puentes de hidrógeno entre cadenas paralelas adyacentes. Una vez que ocurre el enfriamiento, la amilosa se recristaliza rápidamente y casi la mitad se insolubiliza una vez que se alcanza la temperatura ambiente. Por otro lado, la amilopectina se retrograda de una forma más lenta. A temperatura ambiente, la vida promedio para el proceso de recristalización es de 2 a 10 días (Lineback y Rasper, 1998).

Esto quiere decir que se completa en un 50% en dos días y medio, un 75% en 5 días y un 100% en 10 días; apoyando de esta manera, la hipótesis de que el endurecimiento de los productos que contienen almidón (por ejemplo, pan) se debe en la mayoría de los casos a la retrogradación de la amilopectina (Rojas y Treguear, 2003).

La retrogradación del almidón o el endurecimiento de los productos, es más lento cuando el contenido de humedad es mayor. Durante el proceso de retrogradación, también se manifiesta por la formación de precipitados o geles que afectan la textura, aceptabilidad y digestibilidad de los alimentos que contienen almidón (Biliaderis, 1991). El almidón retrogradado, así como el almidón nativo son poco digeribles (García, Jiménez, Martín, Bravo y Saura, 1999).

1.2.6.2. Efecto de la extrusión sobre las Proteínas

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. Se intenta conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. 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 permitiendo una mayor digestibilidad. Sin embargo, en ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta (Valls, 1993).

1.2.6.3. Efecto de la extrusión sobre las Grasas

Las grasas añadidas a los piensos que posteriormente serán extrusionados, así como los aceites de leguminosas al ser el producto extrusionado sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa y son recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada. La grasa al ser emulsionada es más atacable por los jugos digestivos de los animales, aumentando por tanto la energía del producto. Generalmente las lipasas y peroxidasas son inactivadas durante el proceso de extrusión en condiciones normales, mejorando la estabilidad posterior del producto (Valls, 1993).

1.2.6.4. Efecto de la extrusión sobre la Fibra

Existen pocos datos publicados del efecto de la extrusión sobre la fibra, aunque se haya estudiado. Así por ejemplo para el caso del trigo se puede decir que la fibra del producto se solubiliza, incrementando la disponibilidad para su

fermentación. Así por ejemplo cuando se extrusiona salvado el contenido en fibra soluble se incrementa significativamente. Varias observaciones indican que las paredes de las celulosas del producto extrusionado se adelgazaron y la superficie era más rugosa que la inicialmente de partida (Valls, 1993).

Para conseguir efectos significativos sobre la fibra hay que procesar los productos bajo condiciones muy severas, cosa que no ocurre en condiciones de trabajo normales (Valls, 1993).

1.2.6.5. Efecto de la extrusión sobre las Vitaminas

Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina (Valls, 1993).

1.2.7. Aplicación de la Extrusión en el ámbito de alimentos

La extrusión ha venido revolucionando la industria de los snacks y actualmente se cuenta con muchos estudios publicados que buscan incentivar su consumo de manera saludable incluyendo en la formulación harinas con alto valor nutricional, como por ejemplo en la Escuela Politécnica Nacional De Ecuador se elaboró un snack extruido a base de quinua y maíz, cuya sustitución al 50% obtuvo gran aceptación por el consumidor (Revelo, 2006).

Otro estudio con la misma materia prima realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) muestra que un extruido expandido a base de 70% de Quinoa y 30% de Maíz es la mezcla óptima que ofrece una gran alternativa nutritiva (Ritva y Carrasco, 1998).

El estudio sobre botana de segunda generación (extruido-expadido) de un snack de harina de chía y maíz realizado en México muestra el efecto de la temperatura de extrusión (101-158 °C), concentración de harina de chía (0-17%) y velocidad de tornillo (23-60Hz) sobre diversas características funcionales (Gómez, 2013).

Pérez (2010) desarrolló un producto expandido a base de maíz enriquecido con soya; hasta la sustitución al 15 % y humedad de la mezcla 14%, evidenciando la calidad nutricional del snack.

La elaboración de un extruido expandido a base de maíz y chocho trata del desarrollo de un snack de sal expandido y de textura crujiente, listo para el consumo, la formulación escogida: 20 % gritz de maíz y 80 % chocho muestra que la combinación de un cereal (gritz de maíz) con una leguminosa (chocho) le da al producto un balance de aminoácidos que mejora su valor nutritivo (Felicitas Hevia, Rosemarie Wilckens, Marisol Berti y Ricardo Badilla, 2001).

1.3. CONTROL DE CALIDAD DE LOS SNACKS EXTRUIDOS

1.3.1. Definición de Calidad

La Organización Internacional de Normalización -ISO- define calidad en función de la medida en que el conjunto de propiedades y características que ofrece un producto o servicio satisfacen las necesidades declaradas o implícitas del consumidor (Ablan, 2000).

En el caso de los productos alimenticios, para analizar su calidad, se pueden distinguir las siguientes categorías (Ablan, 2000; Niño de Zepeda, Godoy, & Echevarr, 1999):

a) La calidad definida por los atributos de valor. Estos atributos son factores que estn por sobre la calidad básica de inocuidad de un alimento y diferencian los productos de acuerdo a sus características organolépticas, de composición y a la satisfacción del acto de alimentarse ligada a tradiciones socio-culturales, educación y necesidad de convivencia (Ablan, 2000; Niño de Zepeda, Godoy, & Echevarr, 1999).

b) La calidad nutricional, que se refiere a la aptitud de los alimentos para satisfacer las necesidades del organismo en términos de energía y nutrientes (Ablan, 2000; Niño de Zepeda, Godoy, & Echevarr, 1999).

c) La calidad como resguardo de inocuidad; esto es, que el alimento no cause daño a la salud de las personas que lo consumen (Ablan, 2000; Niño de Zepeda, Godoy, & Echevarr, 1999).

1.3.2. Calidad de un Producto Extruido

1.3.2.1. Calidad por atributos de valor del snack extruido

1.3.2.1.1. Calidad tecnológica del snack extruido

Los productos extruidos presentan características funcionales o físico - químicas que son medidas a través del índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua e índice de expansión (Luna, 2005).

- **Índice de absorción en agua**

Originado como una medida de la energía de esponjamiento o hinchamiento del almidón. Durante la extrusión en caliente de los alimentos almidonados, su humedad se incrementa por la adición de agua y el almidón es sometido a elevadas temperaturas y a intensas fuerzas de cizalla como consecuencia de ello los gránulos de almidón, se hinchan, absorben agua y se gelatinizan, dando como consecuencia una masa viscosa y plástica. Este cambio en la estructura macromolecular hace que el almidón, sin apenas degradarse, se torne más soluble. Los cambios que se producen en su solubilidad a diferentes condiciones de temperatura e intensidad de fuerza de cizalla se miden mediante el índice de absorción de agua, expresado como el porcentaje del peso del gel obtenido por gramo de muestra seca (Luna, 2005).

- **Índice de solubilidad en agua**

El índice de solubilidad en agua es expresado como un porcentaje de los sólidos secos originales, que es la cantidad de materia seca recuperada después evaporar el sobrenadante de la determinación de la absorción de agua. Está relacionado con la cantidad de sólidos solubles, la exposición de grupos hidrofílicos y la dextrinización.

El almidón es un polisacárido (polímero de glucosa) de reserva en vegetales. La glucosa, contienen varios grupos "hidroxilo" u "OH" los cuales forman puentes hidrógeno con las moléculas de agua, lo que facilita su solubilidad. El almidón es un polímero de glucosa, pero es una "molécula" muy grande (miles de unidades de glucosa) como para

disolverse completamente y formar una solución, pero igual contiene los OH y puede formar puentes hidrógeno, quedando en suspensión (Calvo, 2014).

Los gránulos de almidón intactos no son solubles en agua fría, pero pueden embeber pequeñas cantidades de agua de forma reversible, sí el almidón se calienta por encima de la temperatura de gelatinización se continúa rompiendo puentes de hidrógeno, aumentando la penetración de moléculas de agua en el gránulo, ello origina un aumento progresivo del volumen del grano, luego este desciende; debido a la elevada temperatura de extrusión, y da paso a la dextrinización, la parcial de la amilosa y al incremento de la solubilidad del almidón (Luna, 2005).

- **Grado de gelatinización**

Es un indicativo del grado de digestión que tendrá el alimento una vez consumido (Linko, Colonna, & Mercier, 1981).

El grado de gelatinización es la propiedad funcional que está directamente relacionada con las propiedades físicas de los productos extrudidos. El GG del almidón es muy importante, ya que realza la apariencia, el sabor, la textura y la digestibilidad de los alimentos (Manrique, 2007). Los almidones crudos son poco digeribles; aunque la amilasa pancreática los puede hidrolizar, su digestibilidad resulta aumentada por la cocción, que origina una gelatinización, lo que facilita la posterior degradación enzimática en el intestino (Revelo, 2006).

Debido a la naturaleza cristalina de los gránulos de almidón, a temperaturas frías y tibias, éstos pueden ser difícilmente hidratados. A

partir de temperaturas de 55-60°C, los enlaces fuertes entre las cadenas de almidón implicadas en la forma cristalina son disociados y las cadenas se relajan, permitiendo que el agua penetre, y por tanto, que el gránulo de almidón se hinche y se abra (Jeantet *et al.*, 2010). Los gránulos de almidón alterados térmicamente absorben aproximadamente cuatro veces más agua que los gránulos intactos y aumentan la absorción de agua de la masa (Cauvain & Young, 2002). Al calentarse los gránulos de almidón en agua, sufren una perturbación de su organización molecular interna donde los gránulos pierden la estructura cristalina y se hinchan de forma irreversible. La gelatinización comienza con un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas al iniciarse el calentamiento, puesto que los puentes de hidrógeno de estas áreas son menos rígidos que en las áreas cristalinas. Con la completa hidratación de la parte amorfa y el incremento de la temperatura, la zona cristalina se hidrata igualmente. Cuando el gránulo alcanza su volumen máximo, se rompe parcialmente por el calor y la amilosa y amilopectinas hidratadas, se disuelven, finalmente provocando la formación de una pasta de almidón (Badui, 2013). La rotura total de los gránulos se facilita con la aplicación de fuerzas de cizalla (Fennema *et al.*, 2010).

- **Grado de expansión**

El índice de expansión del producto extruido es conocido por ser básicamente dependiente de las propiedades de viscosidad y elasticidad de la masa ablandada, el cual es expresada como el diámetro promedio del extruido y el diámetro del dado o troquel (Luna, 2005).

- **Volumen Específico**

Definido como el volumen ocupado por unidad de masa de un material, incluyendo el aire que hay entre sus partículas. (Beltrán y Marcilla, 2000).

El parámetro volumen específico refleja la calidad del producto en cuanto a textura, apariencia y homogeneidad; mientras más alto es el valor, el producto poseerá mejores características (Revelo, 2006).

- **Textura**

La medición de la textura de los extruidos determina la consistencia al rompimiento de los extruidos para detectar la diferencia en la fragilidad y rigidez de dichos productos (Mercier & Feillet, 1975). Durante la expansión de un producto extruido se genera una estructura alveolar. La distribución y tamaño de los alvéolos, el espesor de sus paredes y las propiedades mecánicas de dicho extruido (que a su vez están condicionadas a los parámetros de proceso y a la composición) definirán su textura; de esta manera, los ensayos de compresión son muy utilizados en diversas áreas. En el área de alimentos son utilizados para el estudio de textura en productos extruidos; tales como cereales y snacks, la cual es una propiedad muy importante cuando se refiere a la calidad del producto (Smith, 2003).

1.3.2.1.2. Calidad sensorial del snack extruido

La evaluación sensorial de análisis de alimentos es por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos. (Dandy y Dobraszcyk, 2001).

- **Método de escala hedónica**

Se tiene como objetivo localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica, se evalúa de acuerdo a una escala no estructurada (llamada también escala hedónica); sin mayores descripciones que los extremos de la escala, en la cual se puntualiza las características de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia de las muestras (Espinoza, 2003).

1.3.2.2. Calidad nutricional del Snack extruido

La calidad nutricional se evalúa con el análisis proximal, para determinar así la cantidad de proteínas, grasa, carbohidratos, ceniza y agua que contiene el producto (Ablan, 2000).

1.3.2.2.1. Calidad Proteica del Snack Extruido

Para juzgar la utilidad de las proteínas de los alimentos para mantener y reparar los tejidos y para llevar a cabo los procesos de crecimiento y formación de estructuras corporales se utiliza el término de "calidad de la proteína", calidad que se estima utilizando diversas medidas experimentales (Ablan, 2000).

- **Score Químico de AA**

La composición de aminoácidos de una proteína, determinada por análisis químico, se compara con un estándar de referencia amino obtención de puntuación química de aminoácidos. La puntuación química es una

técnica química considerado rápida, consistente y de bajo costo. Se mide el contenido de aminoácidos presentes en una fuente de proteína y compara los valores con una proteína tomada como referencia para niños mayores de 1 año y adultos (Vieira, De Almeida, Rosa y Costa, 2006).

- **Razón de Eficiencia Proteica (PER)**

Es una medición que determina la capacidad de la proteína dietario para promover crecimiento bajo ciertas condiciones estándares (Cerezal, Urtuvia, Ramírez, Romero & Arcos, 2011).

- **Coefficiente de Digestibilidad Aparente (CDA)**

Es la fracción de N que es absorbido por el organismo para la realización de sus funciones. El CDA no toma en cuenta los valores de N endógenos excretados (Altamirano, 2014).

- **Valor Biológico Aparente (VBA)**

Se define como la proporción de la proteína absorbida que es retenida y, por tanto, utilizada por el organismo. El valor biológico aparente no considera el nitrógeno endógeno a diferencia del valor biológico real (Cerezal & *et al.*, 2011).

1.3.2.3. Calidad sanitaria del Snack Extruido

Determinada por el análisis microbiológico que en la industria agroalimentaria se constituye básica para el control de materias primas, procesos, productos y manipuladores, ya que permite establecer el valor grado de contaminación bilógica de estos, por esta razón el control microbiológico es parte fundamental en todo proceso (Hough, Langohr, Gomez y Curia, 2003).

- **Recuento de Aerobios Mesófilos**

En este grupo se incluyen todos los microorganismos, capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C. El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración (Hough, Langohr, Gomez y Curia, 2003).

La Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano R.M. N°591-2008-MINSA, menciona que el contenido de aerobios Mesófilos debe ser menor a 10^5 g/ml de muestra evaluada (Zea, 2011).

1.4. VIDA ÚTIL DE LOS SNACK EXTRUIDOS

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables y depende de 4 factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento (Hough, Langohr, Gomez y Curia, 2003).

En el caso de un snack extruido se considera a la A_w como un parámetro crítico que debe ser controlado. El contenido de humedad por sí solo, no es un factor indicativo de la estabilidad de un alimento, ya que no considera las interacciones del agua con

otros componentes del mismo; por esta razón distintos alimentos con el mismo contenido de humedad presentan diferencias en cuanto a su estabilidad (Wolti y Vergara, 2002).

Cuando los cereales expandidos sobrepasan un valor de actividad de agua de 0.5, la crocancia experimenta un rápido descenso (Konopacka, 2002).

- **Modelos matemáticos para la cinética química: Reacción de orden cero**

El modelo cinético se utiliza para determinar el tiempo de durabilidad considerando un valor crítico. La ecuación general de cinética de reacción se expresa:

$$\frac{dA}{dt} = -kA^n \dots \dots \dots (1)$$

Donde A es un factor físico, químico, microbiológico o sensorial de calidad; k es una constante que representa la rata de variación del factor A , la cual puede ser positiva o negativa, dependiendo de si se trata de ganancia o de pérdida, donde n es el orden de la reacción, y t es el tiempo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

- Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Investigación de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del área de evaluación sensorial de la Planta piloto agroindustrial - Universidad Nacional del Santa.

2.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

2.2.1. Materia prima

Para la producción de snack, se utilizó como materia prima:

- Arroz: Arroz pulido, cultivar IR 43 (comercialmente NIR), Clase mediano, Grado 2 superior. Procedencia: Valle del Santa - Ancash
- Quinoa: Quinoa perlada desaponificada, variedad Blanca de Juli. Procedencia: Provincia Pallasca – Ancash.
- Chía: Semilla de Chía Negra. Procedencia: Centro Poblado La Carbonera – Distrito de Nepeña - Ancash

2.2.2. Insumos

Edulcorante (stevia)



Figura 8: Arroz Pulido NIR



Figura 9: Quinoa Blanca de Juli



Figura 10: Chía Negra



Figura 11: Stevia (edulcorante natural)

2.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

2.3.1. Para la evaluación tecnológica de los snacks

2.3.1.1. Equipos

- Extrusora doble tornillo Modelo: LABOR PQ DRX- 50 Serie: 1101150408 País: Brasil
- Expeller: Prensa SEW-EURODRIVE, Marca: movimot SEW, Modelo: FA57/G, Velocidad de Giro: 280 - 1400 rpm, Motor: 2.2 Kw

- Secador de bandejas. Marca: torr. Modelo: SBT-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú
- Módulo de molienda y tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP0011112. País: Perú.
- Tamices: Malla N° 18, 60 y 120 ASTM
- Determinador de humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001 g. País: Suiza
- Sistema Extractor de Grasa, Marca: FOSS, Modelo: SOXTEC, Serie: O/C 045-2015 N°161, País: China.
- Determinador de Fibra, Marca: FOSS. Modelo: Fibertec e System AB 2003, País: Suecia
- Mufla marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.
- Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HygroLab2. País: Perú. Precisión: a 23 °C, +/- 0.015 aw
- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- Cámara de bioseguridad, BIOHAZARD SAFETY CABINET. Marca: CHC. Modelo: CHC-777^a2-04. Tipo: Clase II. Serie: 777A2-04-BF19-026. País: Corea
- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.

- Balanza analítica Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza
- Agitador magnético. Marca: THERMOLYNE. Modelo: S-130815. Serie: 120110. País: E.E.U.U
- Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870-26. Serie: 46804273. País: China
- Incubadora. Marca: MRC. Modelo: DP-600WT/RS232. Serie: 931014006C. País: Israel
- Vernier Calipers. Marca: SOMET. País: China
- Selladora. Marca: tew. Modelo: 207-MCSX. Serie: 20460047. Marca: china
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: E.E.U.U

2.3.1.2.Utensilios

- Recipientes de aluminio
- Mesa de Acero Inoxidable

2.3.1.3. Materiales de empaque

- Bolsas de prolipileno aluminizado

2.3.1.4.Materiales de laboratorio

- Bureta
- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Embudo de vidrio
- Espátula
- Matraces de Erlenmeyer (250 y 500 ml).

- Mortero
- Papel filtro
- Pera succionadora
- Pinzas de metal y de madera
- Pipetas (1, 5 y 10 ml)
- Placas Petri
- Probetas (50 y 100 ml)
- Termómetro
- Tubo centrifuga
- Vasos precipitados (50 y 100 ml)

2.3.1.5. Otros Materiales

- Cubetas
- Marcadores
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapicero, platos descartables y marcador
- Jaulas metabólicas para análisis con ratas de laboratorio

2.3.1.6. Reactivos

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico (0.05 N)
- Éter de petróleo (P.E. 40-60 °C)
- Hexano puro 98%
- Solución de hidróxido de sodio (0.1 N)
- Alcohol etílico 98%

2.4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

2.4.1. Procedimiento para la obtención de la harina de arroz, harina de quinua y harina de Torta desgrasada de Chía

2.4.1.1. Obtención de la harina de torta desgrasada de chía

A. Limpieza del grano de chía

Se distribuyó las semillas de chía sobre una meza de acero inoxidable debidamente desinfectada, y se procedió a extraer las impurezas presentes, como piedrecillas, pajillas y semillas de otra especie.



Figura 12: Materia extraña extraída entre las semillas de Chía

B. Extracción de aceite del grano de chía

Se realizó mediante el prensado en el Expeller: Prensa SEW-EURODRIVE obteniendo un rendimiento de torta desgrasada de 61.81 %.

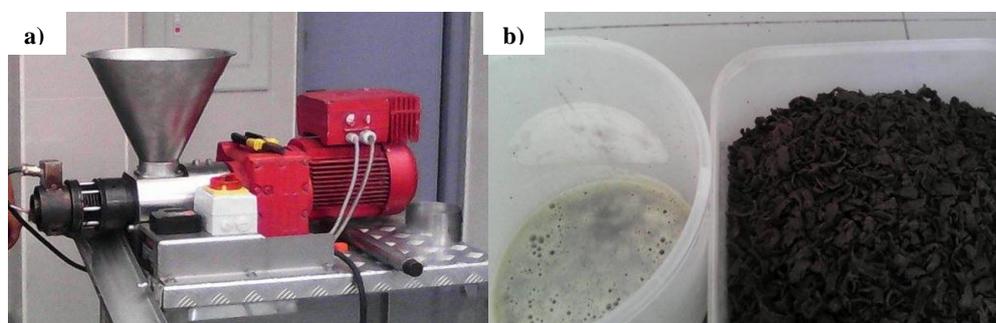


Figura 13: Extracción de aceite: a) Expeller b) Aceite y Torta desgrasada de chía

C. Molienda de la torta desgrasada de chía

Esta operación se realizó en el molino de martillos del IITA obteniendo un rendimiento de 95.76%.

D. Tamizado de la harina de chía

Para esta operación se usó los tamices ASTM con mallas N°18 (abertura de 1mm), N°60 (abertura de 0.25mm) y N°120 (abertura de 0.125 mm) buscando obtener dichas granulometrías.

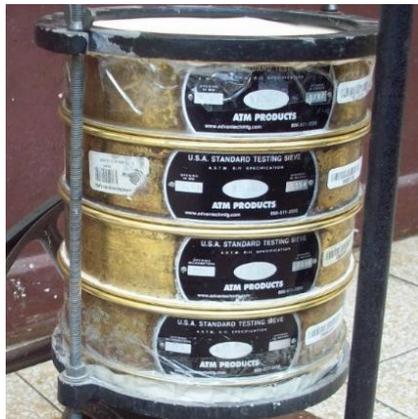


Figura 14: Tamizado de la Harina de Chía

E. Embolsado de la harina de chía

La harina de torta desgrasada de chía fue embolsada en bolsa de polietileno de alta densidad.

F. Sellado de la bolsa con harina de chía

El sellado se realizó empleando una termo-selladora de pie.

2.4.1.2. Obtención de la harina de quinua

Para dicha obtención se usó la variedad Blanca de Juli (Altiplánica) proveniente de Pallasca.

A. Limpieza del grano de quinua

Se distribuyó las semillas de quinua sobre una meza de acero inoxidable debidamente desinfectada, y se procedió a extraer las

impurezas presentes, como piedrecillas, pajillas y semillas de otra especie.

B. Molienda del grano de quinua

Esta operación se realizó en el molino de martillos del IITA obteniendo un rendimiento de 99.67%.



Figura 15: Molienda de la Quinua Perlada

C. Tamizado de la harina de quinua

Para esta operación se usó los tamices ASTM con mallas N°18 (abertura de 1mm), N°60 (abertura de 0.25mm) y N°120 (abertura de 0.125 mm) buscando obtener dichas granulometrías.

D. Embolsado de la harina de quinua

La harina de quinua fue embolsada en bolsa de polietileno de alta densidad.

E. Sellado de la bolsa con harina de quinua

El sellado se realizó empleando una termo-selladora de pie.

2.4.1.3. Obtención de la harina de arroz

A. Limpieza del grano de arroz

Se distribuyó las semillas de chíá sobre una meza de acero inoxidable debidamente desinfectada, y se procedió a extraer las impurezas presentes, como piedrecillas, pajillas y semillas de otra especie.

B. Secado del grano de arroz

Se realizó en el secador de bandejas del IITA; esta etapa dura 1 hora a 60°C. La humedad final del grano es de 13% porcentaje a la cual se evita la proliferación de microorganismos e insectos, que normalmente son causas del deterioro de microorganismos e insectos.

C. Molienda del grano de arroz

Esta operación se realizó en el molino de martillos del IITA el rendimiento de esta operación fue de 96.33%.

D. Tamizado de la harina de arroz

Para esta operación se usó los tamices ASTM con mallas N°18, N°60 y N°120.

E. Embolsado de la harina de arroz

La harina de torta desgrasada de chíá fue embolsada en bolsa de polietileno de alta densidad.

F. Sellado de la bolsa con harina de arroz

El sellado se realizó empleando una termo-selladora de pie.



Figura 16: Empacado de la harina de arroz

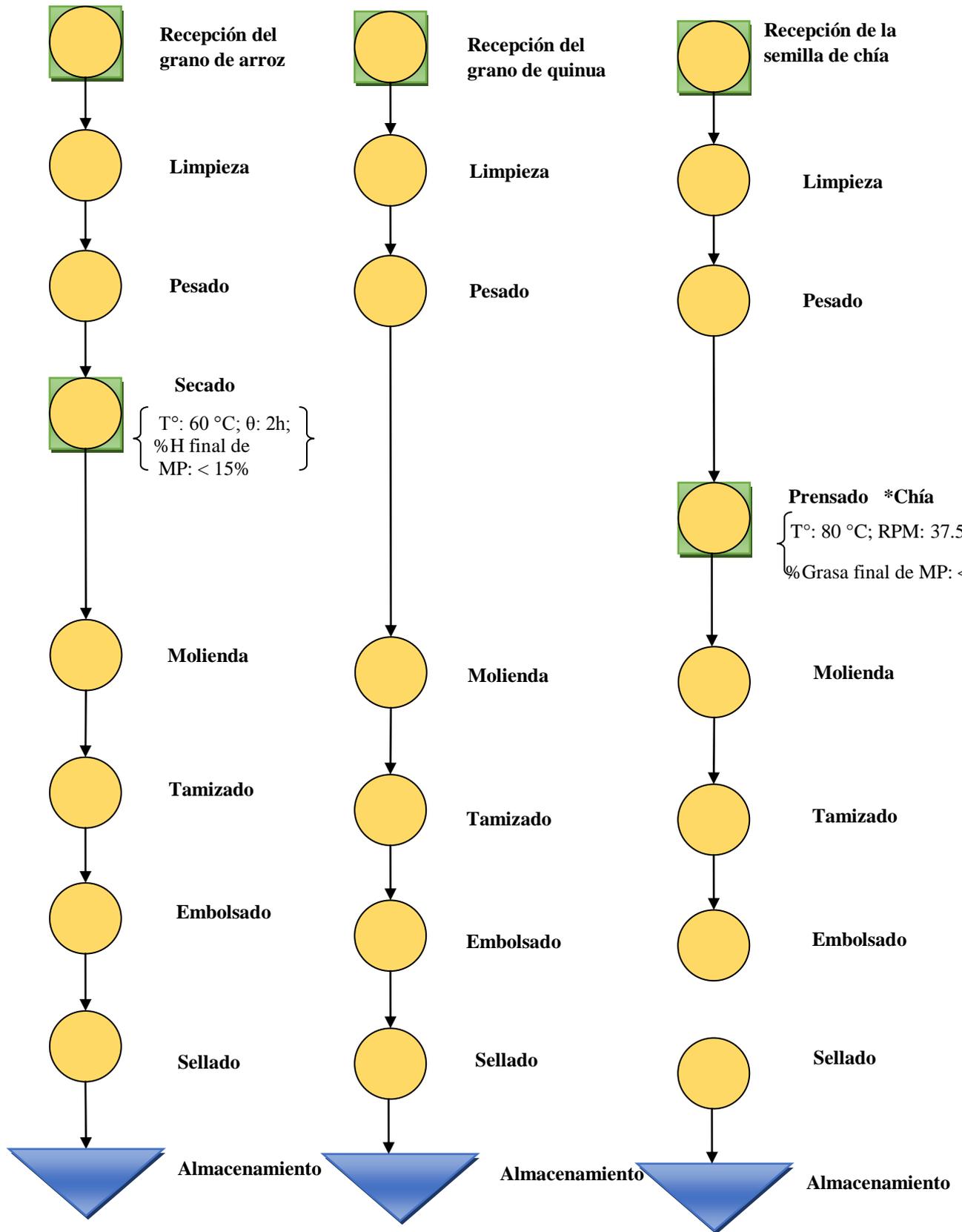


Figura 17: Flujo de operaciones del proceso de obtención de harinas de quinua, arroz y torta desgrasada de chía

2.4.2. Métodos de análisis para la caracterización de la harina de quinua, harina de arroz y harina de torta desgrasada de chía

La caracterización se realizó individualmente a las harinas. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la EAPIA

➤ **Humedad:**

Se determinó mediante el método gravimétrico de la AOAC 931.04 18th. Se llevó 5 g de muestra homogenizada a la estufa a 105 °C por 4 horas, se llevó a campana de desecación por 30 min y se pesó hasta tener peso, luego regresó al secador por 30 min más y se repitió el procedimiento hasta obtener peso constante.



Figura 18: Análisis de Humedad por método de la estufa

➤ **Proteína:**

La determinación de la proteína total se realizó según el método Kjeldahl AOAC 2001.11.

➤ **Grasa:**

Se utilizó el equipo extractor de grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando hexano como solvente. Metodología de la asociación Oficial de químicos Analistas (AOAC) 963.15 2005.



Figura 19: Extracción de grasa en el equipo Soxtec Foss

➤ **Ceniza:**

Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038: 1975 (Revisada el 2011): harinas. Basada en el método AOAC 972.15 18th.



Figura 20: Incineración para determinación de Ceniza

➤ **Fibra Total (FT), Fibra Soluble (FS) y Fibra Insoluble (FI):**

Se determinó siguiendo los métodos enzimático-gravimétricos A.O.A.C. 985.29 y 991.43G desarrollados por Lee, Prosky y Tanner

(1993) para determinar FDT, FDS y FDI. Se usan muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados que son gelatinizados con α -amilasa térmicamente estable y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas.

$$FDT\% = \frac{\text{Peso residuo} - \text{Peso}(\text{prot.} + \text{cenizas})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$FDS\% = \frac{\text{Peso res. solub.} - \text{Peso}(\text{prot.} + \text{cenizas})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$FDI\% = \frac{\text{Peso res. insolub.} - \text{Peso}(\text{prot.} + \text{cenizas})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$



Figura 21: Determinación de Fibra mediante método enzimático – químico

➤ Carbohidratos:

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y Proteínas (P).

Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INM) señalada por Collazos et al. (1993).

Usando la fórmula:

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

➤ **Color Instrumental:**

Para determinar el color de las harinas se utilizó el colorímetro (marca KONICA MINOLTA) siguiendo el método CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La Cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).



Figura 22: Análisis de Colorimetría

➤ **Actividad de Agua:**

La actividad de agua (aw) fue realizada por el método AOAC 978.18, usando un higrómetro de punto de rocío marca ROTRONIC Modelo: HygroLab2 con precisión: a 23 °C, +/- 0.015 aw.



Figura 23: Medición de AW

2.4.3. Método de selección de los tratamientos de los snacks extruidos

Para seleccionar las formulaciones se evaluaron tres mezclas de harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía mediante la predicción de la calidad proteica a través del método del score químico o cómputo químico con la finalidad de seleccionar formulaciones con alto valor nutritivo.

El cómputo químico se evaluó basado en el patrón de AA para niños menores de 1 año y adultos (Institute of Medicine, 2002). Los valores de AA y porcentaje de proteína de cada harina fueron teóricos, en esta etapa.

Con respecto a la granulometría, se tomaron tres variables con marcada diferencia para determinar el efecto de estas en la calidad del snack extruido.

Tabla 18: Formulaciones de los snacks extruidos a base Arroz, Quinua y Torta Desgrasada de Chía

HARINAS	FORMULACIÓN 1	FORMULACIÓN 2	FORMULACIÓN 3
Arroz	50%	45%	40%
Quinua	40%	42%	45%
Torta desgrasada de chía	10%	13%	15%
TOTAL	100%	100%	100%

Tabla 19: Granulometrías de la harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía

Nº DE TAMIZ ASTM	ABERTURA DE MALLA (mm)
18	1.00
60	0.25
120	0.125



Figura 24: Harina de Arroz en granulometrías de 1 mm, 0.25 mm y 0.125 mm



Figura 25: Harina de Quinua en granulometrías de 1 mm, 0.25 mm y 0.125 mm



Figura 26: Harina de Torta Desgrasada de Chía en granulometrías de 1mm, 0.25mm y 0.125mm

2.4.4. Diseño estadístico de experimentos para la evaluación de snacks extruidos

En la presente tesis se tiene dos factores: granulometría y formulación y cada uno con tres niveles, por lo que el DCA con arreglo factorial 3x3 se adecua para su estudio.

Tabla 20: Diseño estadístico para la evaluación de los snacks extruidos (DCA con arreglo factorial 3x3)

Variables Independientes	Niveles		
	-1	0	+1
Granulometría (N° Tamiz ASTM)	18	60	120
Formulaciones (%)	F1 ^a	F2 ^b	F3 ^c

^aF1: 50% Arroz, 40% Quinua y 10% Torta desgrasada de Chía

^bF2: 45% Arroz, 42% Quinua y 13% Torta desgrasada de Chía

^cF3: 40% Arroz, 45% Quinua y 15% Torta desgrasada de Chía

Tabla 21: Tratamientos de los snacks extruidos evaluados con el DCA con arreglo factorial 3x3

Tratamientos	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X ₁	X ₂	Granulometría	Formulación
1	-1.0	-1.0	18	F1
2	0.0	-1.0	60	F1
3	+1.0	-1.0	120	F1
4	-1.0	0.0	18	F2
5	0.0	0.0	60	F2
6	+1.0	0.0	120	F2
7	-1.0	+1.0	18	F3
8	0.0	+1.0	60	F3
9	+1.0	+1.0	120	F3

2.4.5. Procedimiento para la elaboración de Snacks Extruidos

2.4.5.1. Recepción de la harina de torta desgrasada de chía, harina de quinua y harina de arroz

Se recibieron las harinas de torta desgrasada de chía, harina de arroz y harina de quinua para ser empleadas en la extrusión y expansión del snack.

2.4.5.2. Pesado de la harina de torta desgrasada de chía, harina de quinua y harina de arroz

De acuerdo al porcentaje requerido en cada formulación se pesa la harina de torta desgrasada de chía, harina de quinua y harina de arroz de diferentes granulometrías. Además, se pesa el edulcorante (Stevia) 1.5 g por cada 100 g de harina.



Figura 27: Pesado de los Insumos para la Extrusión

2.4.5.3. Mezclado de la harina de torta desgrasada de chía, harina de quinua y harina de arroz

Una vez pesadas las harinas se procede a su mezclado según las formulaciones establecidas.

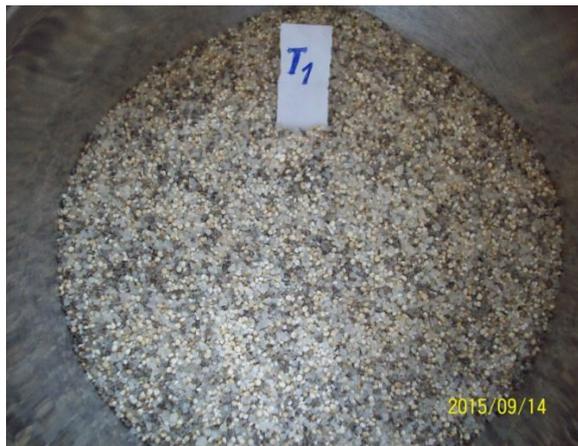


Figura 28: Tratamiento 1 (F1, granulometría 1mm)



Figura 29: Tratamiento 5 (F2, granulometría 0.25mm)



Figura 30: Tratamiento 7 (F3, granulometría 0.125mm)

2.4.5.4. Extrusión de las mezclas de harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía

La extrusión se realizó en un extrusor de doble tornillo (modelo LABOR PQ DRX-50). Inicialmente el equipo se encendió y una vez programada las temperaturas se dejó calentar. Posteriormente, se limpió de impurezas que pudiera haber en los tornillos con granos de soya deshidratadas. Finalmente, se extruyó cada tratamiento para la obtención de los snacks.

Tabla 22: Parámetros de extrusión del snack a base de arroz, quinua y torta desgrasada de chía

Perfil de T°	20°C-25°C-50°C-80°C-100°C-120°C-130 °C
Velocidad de Alimentación	1 Kg/min
Velocidad de Tornillos	385 rpm
Velocidad de cuchilla	1212 rpm
Diámetro de Boquilla	0.6 mm
Caudal de Agua de Alimentación	30 ml/min

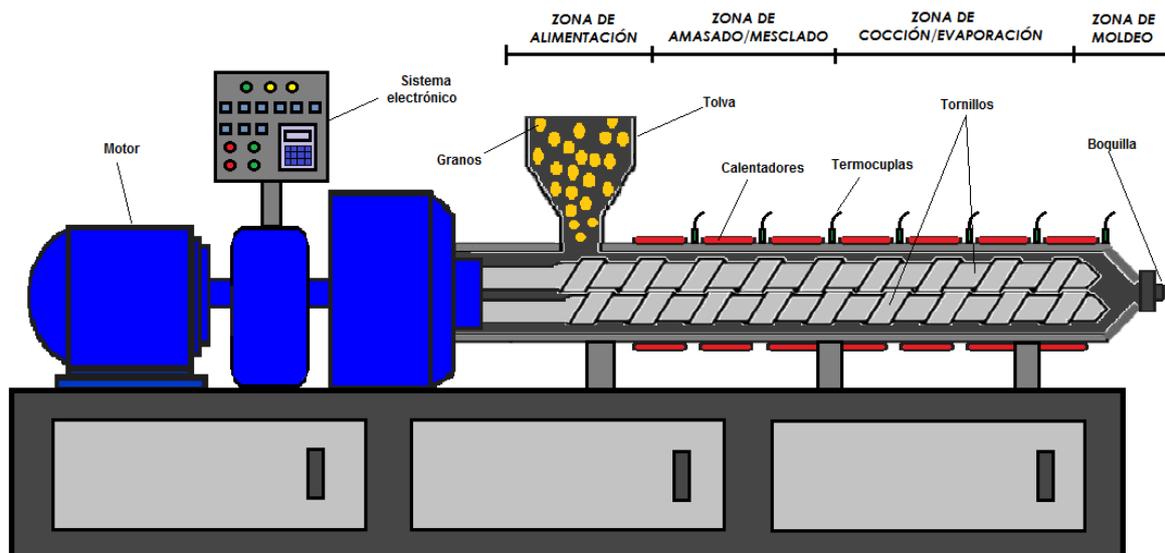


Figura 31: Esquema del extrusor de doble tornillo modelo DRX-50



Figura 32: Extrusor de doble tornillo modelo DRX-50 y boquilla de 0.6 mm

2.4.5.5. Embolsado de los Snacks a base de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de Chía

Para el embolsado de los Snacks a base de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de Chía inicialmente se emplearon bolsas de polietileno de alta densidad, y para estudios de vida útil se usaron bolsas de polipropileno aluminizadas de 15 cm de largo x 10.5 cm de ancho.

2.4.5.6. Sellado de los Snacks a base de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de Chía

El sellado se realizó empleando una termo-selladora de pie.



Figura 33: Bolsas de PPO Aluminizadas conteniendo los Snacks Extruidos a base de Arroz, Quinoa y Torta Desgrasada de Chía

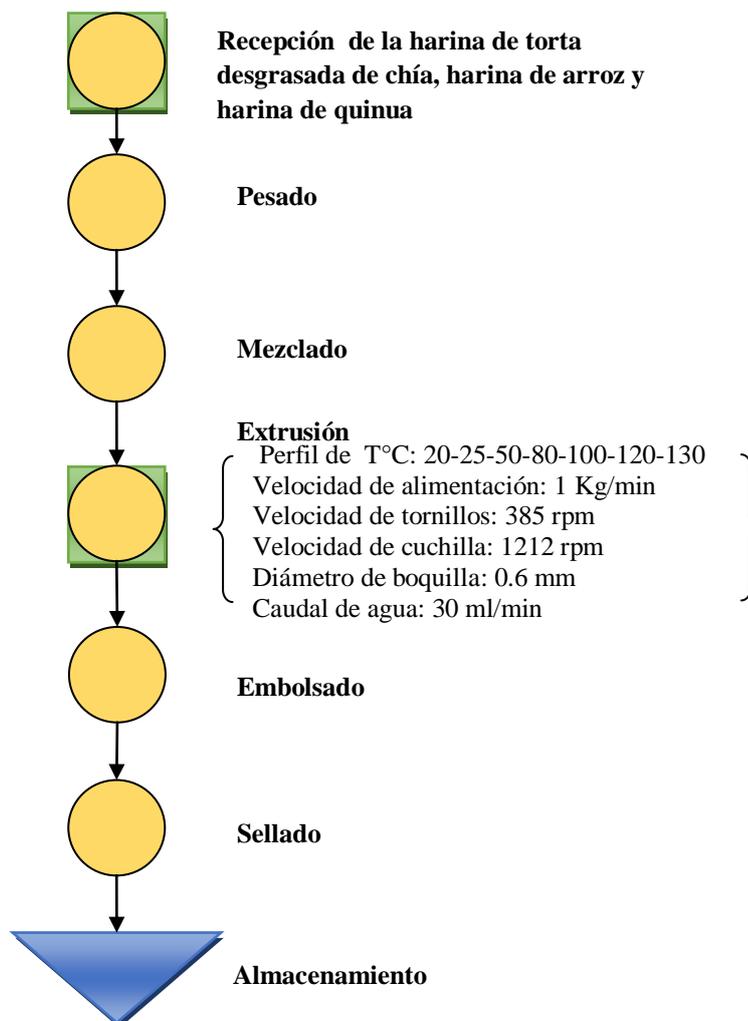


Figura 34: Flujo de operaciones de la elaboración de los snacks extruidos a base de arroz, quinua y torta desgrasada de chía

2.4.6. Métodos de Evaluación de la Calidad de los Snacks Extruidos

2.4.6.1. Evaluación de la calidad tecnológica de los tratamientos mediante las características funcionales de los snacks

Los nueve tratamientos fueron evaluados según las características funcionales de los snacks con el fin de obtener los mejores tratamientos que cumplan con los requisitos establecidos y puedan pasar a la siguiente etapa. Para el análisis de los resultados se usó el paquete de Stagrafic Centurión 16.

➤ Grado de Gelatinización

La determinación del grado de gelatinización, se realizó por la metodología descrita por Birch & Priestley (1973), esta se basa en la formación de un complejo azul por la adición de yodo, el cual reacciona con la amilosa liberada durante la gelatinización. Se pesaron 0.04 g de almidón (base seca), los cuales fueron dispersados en 50 mL de KOH 0.060 M, posteriormente en una plancha magnética se agitaron durante 15 min. La mezcla se centrifugó por 5 min a 3000 x g, se tomó una alícuota de 1 mL, se mezcló con 9 mL de HCl 6.7 mM se agregaron 100 µL de reactivo de yodo (1 g de yodo y 4 g de yoduro de potasio/100 mL de agua) se mezcló y se leyeron las densidades ópticas a 600 nm (a1). La determinación se repitió usando 50 mL de KOH a 0.4 M y 9 mL de HCl 0.0445 M para obtener la segunda densidad óptica (a2). El grado de gelatinización se calculó como la relación de las densidades ópticas a1 y a2.

$$GG(\%) = \left(\frac{abs_1}{abs_2} \right) * 100$$

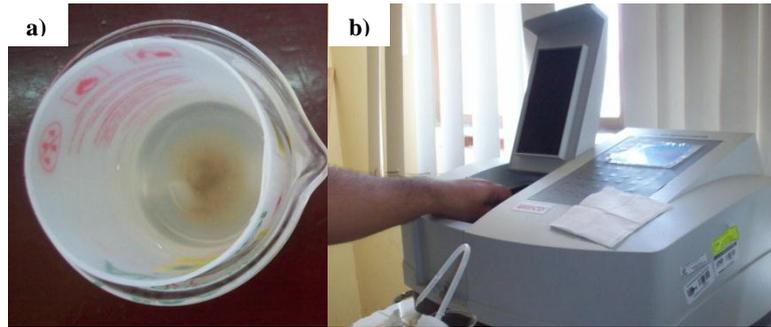


Figura 35: Medición del índice de Gelatinización: a) Líquido centrifugado gelatinizado b) Medición de absorbancias en el Espectrofotómetro

➤ **Grado de Expansión**

Se siguió el método de Jin, Hsieh y Huff (1995) dividiendo el diámetro promedio del producto entre el diámetro interior del dado de salida del extrusor. Las mediciones de los diámetros se realizaron con un vernier. Se realizaron 15 mediciones por tratamiento. Se determinará con base a la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de expansión (extruído)} = \frac{\text{espesor del producto (mm)}}{\text{abertura de la boquilla (mm)}}$$

➤ **Índice de Absorción en agua e Índice de solubilidad en agua**

Para determinar el índice de absorción en agua e índice de solubilidad en agua de los snacks extruidos, se siguió la metodología de Anderson, et., al., 1969. Se pesaron 2.5 g de muestra en un tubo de centrifuga, se agregaron 30 mL de agua destilada y se agitaron durante 30 min a 30°C; Los tubos se centrifugaron a 5000 rpm por 20 minutos. Después de la centrifugación se decantó el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y se midió el volumen, se filtró el sobrenadante, de

ahí se tomaron 10 mL del filtrado y se puso a secar por 4 horas a 90°C en cajas petri previamente taradas, y por último se pesó el residuo.

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso de muestra (g)}}$$

$$ISA = \frac{\text{Peso del soluble (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} * 100$$

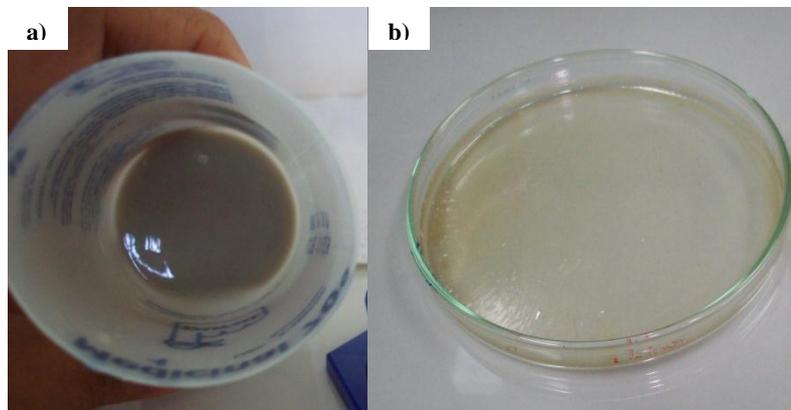


Figura 36: a) Gel obtenido en la Medición del IAA b) Soluble obtenido en la medición del ISA

➤ Volumen Específico

El volumen específico se obtuvo modificando el método 10-05 AACC (2000), propuesta por Laínez (2006) determinándose por desplazamiento de semillas de alpiste, colocadas en un recipiente cilíndrico de PVC de 12 cm de diámetro y 8 cm de altura. El método es el siguiente: en el cilindro vacío se vierten las semillas hasta repletarlo (extrayendo excesos al pasar la tapa sobre el ras), luego se vacía el cilindro colocando las semillas en otro recipiente. Posteriormente se introduce el snack, se colocan nuevamente todas las semillas y las

semillas sobrantes o desplazadas son medidas en una bureta siendo este el volumen del snack.



Figura 37: Medición de la Densidad del Snack extruido

➤ **Textura Instrumental**

Se determinó por medio de una adaptación de la técnica de la celda de cizallamiento de Kramer. Para eso se hizo las mediciones con el Texturómetro Brookfield Modelo CT3 con la punta cilíndrica de acero inoxidable TA-44 de 4mm de diámetro y peso 10 gr, a una velocidad de 2 mm/s y una distancia recorrida por la punta cilíndrica de 7 mm, disponiendo la muestra en la base del aparato dentro de un contenedor para evitar que se mueva durante la medición. Las propiedades de textura se determinaron en un experimento de compresión



Figura 38: Medición de textura instrumental mediante el texturómetro Brookfield CT3

2.4.6.2. Evaluación de la calidad sensorial mediante análisis sensorial

Se trabajó con los mejores tratamientos elegidos gracias a la prueba anterior, luego se analizarán los resultados pasando los que presenten mejores valores a evaluación de calidad nutricional.

Para este análisis se convocaron 30 jueces semi-entrenados. **Se aplicará pruebas afectivas de medición de grado de satisfacción y aceptabilidad**, para ello se utilizará la escala hedónica verbal de 5 puntos. Los atributos evaluados serán: olor, sabor, color y textura. Cada consumidor recibirá los mejores tratamientos escogidos según análisis de sus características funcionales (no mayor a 5, porque el hastío puede hacer que a los jueces deje de gustarle el producto), estas se presentarán en vasos plásticos codificados con números aleatorios de tres cifras, entre las muestras cada consumidor deberá tomar un sorbo de agua de marca comercial para limpiar su paladar.

El horario para la evaluación sensorial será de 10 a.m. a 11 a.m. (no muy cercano al horario de almuerzo para que no altere sus apreciaciones de los atributos sensoriales).

Ejecutada la evaluación sensorial a los panelistas se obtuvieron sus respuestas, los cuales sirvieron para la elección de los tratamientos que cumplan con la mayor aceptabilidad y en atributos (color, olor, sabor, textura), para ello se usó el paquete de Stagrafic Centurión 16.



Figura 39: Muestras para Análisis Sensorial de los Snacks Extruidos



Figura 40: Panelista semi-entrenada realizando la Evaluación Sensorial

2.4.6.3. Evaluación de la calidad nutricional mediante score químico, caracterización químico-proximal y calidad proteica

Tras el análisis sensorial los tratamientos con mejores puntuaciones estadísticamente significativas fueron evaluados nutricionalmente.

2.4.6.3.1. Score Químico

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

$$\text{Score Químico} = \text{mg de AA limitante en 1 g de proteína ensayada} / \text{mg del mismo AA en 1 g de proteína patrón}$$

2.4.6.3.2. Caracterización químico-proximal

➤ Humedad:

Se realizará utilizando el procedimiento descrito en la N.T.P 206.011:1981 (Revisada el 2011).

➤ Proteína:

Método Kjeldalh AOAC 2001.11, se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a

amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación.

➤ **Grasa:**

Se utilizó el equipo extractor de grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando hexano como solvente. Metodología de la asociación Oficial de químicos Analistas (AOAC) 963.15 2005.

➤ **Ceniza:**

Se realizará utilizando el procedimiento descrito en la N.T.P 206.007:1976 (Revisada el 2011).

➤ **Fibra:**

Se determinó siguiendo los métodos enzimático–gravimétricos A.O.A.C. 985.29 y 991.43G desarrollados por Lee, Prosky y Tanner (1993) para determinar FDT, FDS y FDI.

➤ **Carbohidratos:**

Se obtiene por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P). Siguiendo la metodología para carbohidratos, por la diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos et al; (1993).

Usando la fórmula:

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

2.4.6.3.3. Evaluación de la Calidad Proteica de los Snacks Extruidos

En cada tratamiento se empleó 4 ratas (2 machos y 2 hembras) de la raza Holtzmann, recién destetadas de 21 días de vida. Los animales fueron suministrados por Departamento de Nutrición (Laboratorio de Análisis Biológico Bioterio) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Las ratas se colocaron en jaulas metabólicas individuales en una habitación a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y con un fotoperíodo luz-oscuridad de 12 horas. La dieta y el agua fueron suministrados *ad libitum* diariamente. Cada experimento duró 10 días, 3 de adaptación de los animales a la dieta y condiciones ambientales y 7 de cuantificación de la ingesta sólida, cambios en el peso y recolección de heces y orina. Tanto las heces como la orina se recolectan diariamente y se almacenan en refrigeración hasta completar la toma de muestras.

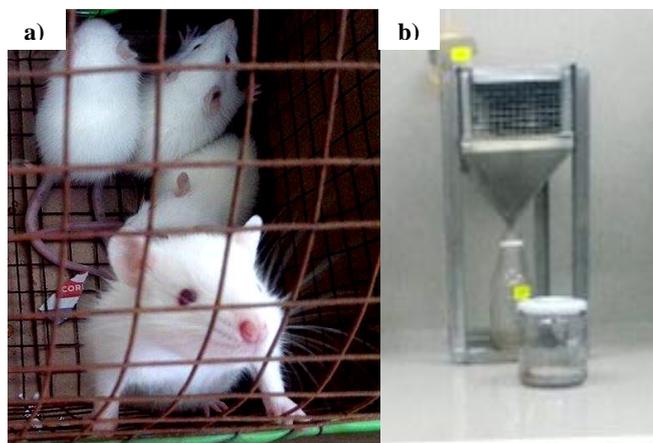


Figura 41: a) Ratas de laboratorio variedad Holtzmann
b) Acondicionamiento de las ratas en las jaulas metabólicas

➤ Índices Biológicos

Se calcularon los siguientes índices biológicos para cada tratamiento:

- **Razón 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. Dicho método fue desarrollado inicialmente por Osborne *et al* (1919).

$$\text{PER} = \frac{\text{Peso Ganado (g)}}{\text{Proteína Consumida (g)}}$$

- **Coefficiente de Digestibilidad Aparente (CDA):** Estima la cantidad de nutriente que es absorbido. Implica cuantificar los nutrientes consumidos y nutrientes excretados vía fecal. Se empleó el método AAFCO (1992) descrito para cálculo de digestibilidad.

$$\% \text{DIGESTIVIDAD APARENTE} = \frac{\text{N ingerido} - \text{N excretado}}{\text{N ingerido}} \times 100$$

- **Valor Biológico (VB):** Mide la utilidad de la proteína tanto para el crecimiento como para el mantenimiento corporal. Se sigue el método dado por la FAO-OMS (1989). Valora la cantidad de nitrógeno retenido frente al absorbido.

%VALOR BIOLÓGICO APARENTE

$$= \frac{\text{N ingerido} - (\text{N excretado} + \text{N urinario})}{\text{N ingerido} - \text{N excretado}} \times 100$$

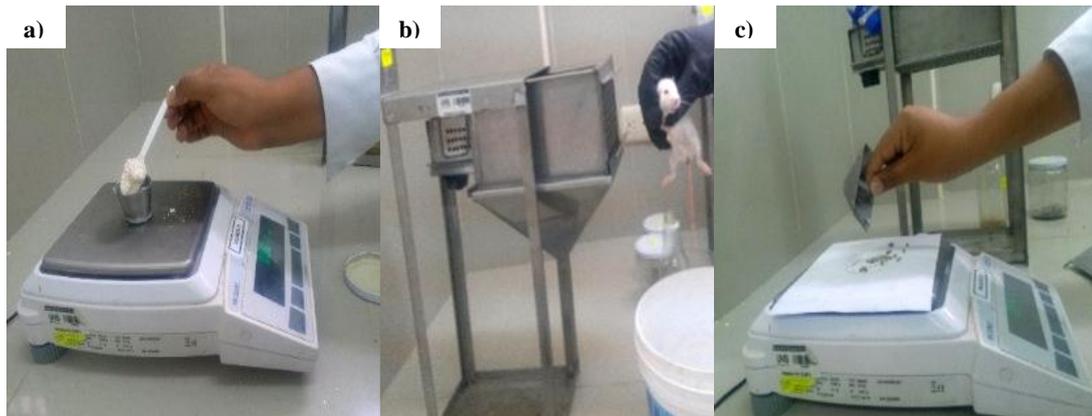


Figura 42: Determinación de los Índices Biológicos: a) Pesado de las ratas b) Pesado de los Snacks molidos c) Pesado de las heces de las ratas

2.4.6.4. Evaluación de la calidad sanitaria mediante prueba microbiológica

De la misma manera, los tratamientos con mejores puntuaciones en el análisis sensorial también fueron sometidos a este ensayo.

➤ Recuento de Aerobios Mesófilos:

Se realizó empleando el método de Recuento en Placa. Método 1 (Recuento estándar en Placa) AOAC 990.12.

Placas Petrifilm™ para Recuento de Aerobios totales. Son un medio de cultivo listo para ser empleado, que contiene nutrientes del Agar Standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador que es el TTC (Cloruro de trifetil tetrazolio) que se asocia a la enzima deshidrogenasa de la membrana de las bacterias y los iones H se liberan reduciendo el TTC a formazan coloreando las colonias de rojo, facilitando así el recuento de las mismas. Las placas Petrifilm se

utilizan para el recuento de la población total existente de bacterias aerobias en productos, superficies, etc. (3M, s.f.)

2.4.7. Método para la Estimación de la Vida Útil del Snack Extruido a base de Arroz, Quinoa y Torta Desgrasada de Chía

Se estimó la vida útil del snack extruido midiendo la A_w pues es un factor determinante del deterioro del producto. Se midió 9 puntos durante un período de 26 días y cada medición se hizo por triplicado. Se empleó el método AOAC 978.18, usando un higrómetro de punto de rocío marca ROTRONIC Modelo: HygroLab2 con precisión: a 23 °C, +/- 0.015 A_w . Luego, se empleó el modelo matemático para la cinética química de orden cero para la estimación de vida útil.



Figura 43: Estimación de Vida Útil mediante control de A_w

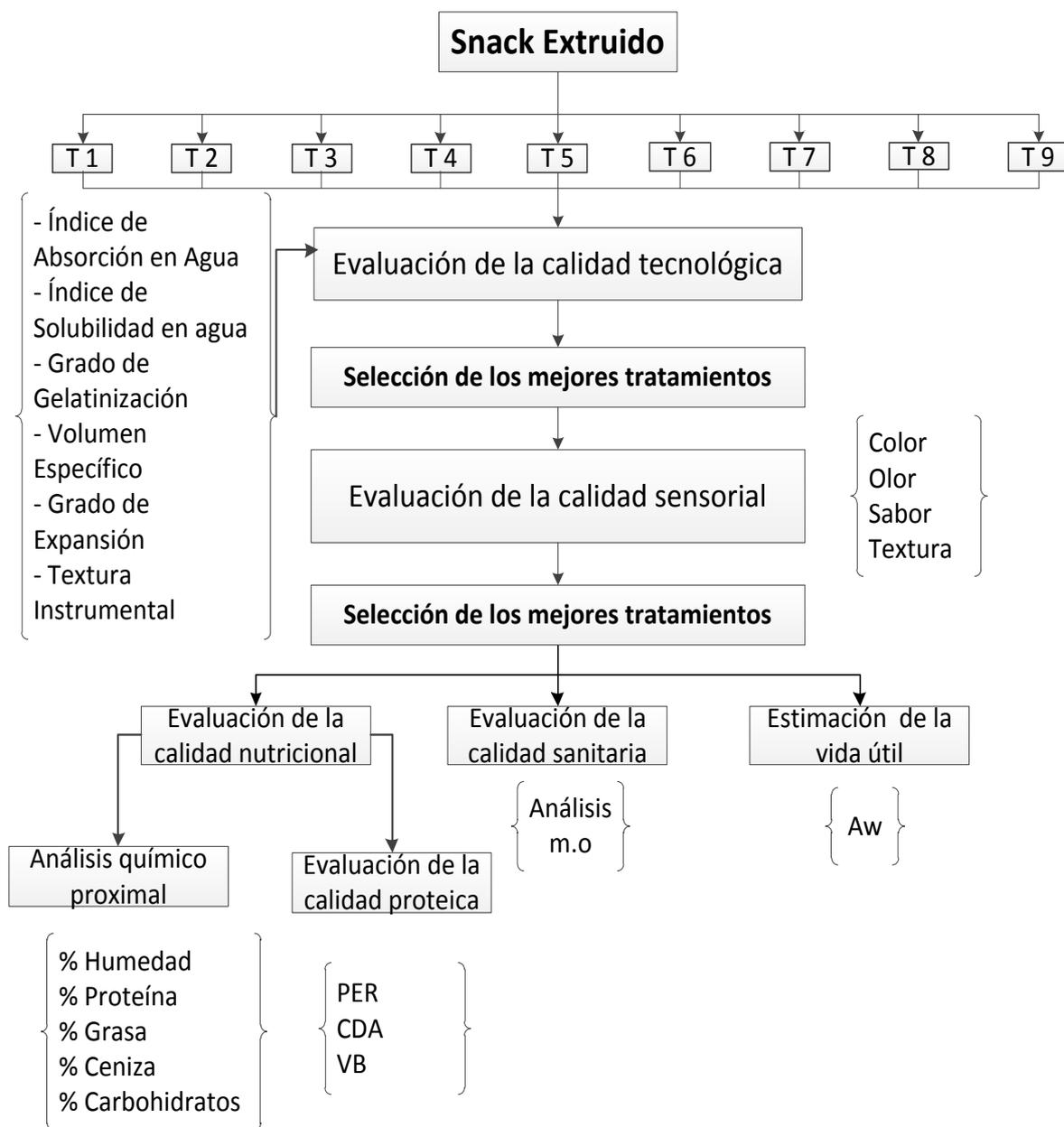


Figura 44: Esquema de la Metodología empleada para la Evaluación de la Calidad del Snack Extruido a base de Arroz, Quinua y Torta Desgrasada de Chía

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DE LA HARINA DE QUINUA, HARINA DE ARROZ Y HARINA DE TORTA DESGASADA DE CHÍA

3.1.1. Caracterización químico proximal de la Harina de Torta desgrasada de Chía, Harina de Quinua y Harina de Arroz

3.1.1.1. Harina de Torta desgrasada de Chía

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de torta desgrasada de chía muestran en la siguiente *Tabla 23*:

Tabla 23: Composición química proximal de la harina de torta desgrasada de chía en 100g.

Componentes	%	
Humedad	4.0200	± 0.0071
Proteína	22.3900	± 0.0568
Ceniza	5.9358	± 0.0013
Grasa	7.8366	± 0.0008
Carbohidratos	21.1073	± 0.0471
Fibra	38.7103	± 0.0292

Los resultados mostraron que el contenido de la harina de torta desgrasada de Chía empleada en el presente estudio van conforme a lo establecido en el Reglamento Bromatológico Uruguayo (2015) como características de la harina de chía desgrasada: máx. 9% de humedad, mín. 20% proteína, máx. 6% ceniza, máx. 18% grasa y mín. fibra total 35%.

3.1.1.2. Harina de Quinua

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de quinua se muestran en la siguiente *tabla 24*.

Tabla 24: Composición químico proximal de la Quinua Blanca de Juli

Componentes	%		
Humedad	11.6667	±	0.0416
Proteína	11.8900	±	0.0713
Ceniza	1.7168	±	0.0007
Grasa	0.3003	±	0.0001
Carbohidratos	70.0995	±	0.0356
Fibra	4.3268	±	0.0437

Los resultados muestran que la humedad de la harina de quinua asciende $11.67 \pm 0.03\%$, valor que es inferior al 13.5% de humedad que es el máximo permitido por la N.T.P. 011.451.2013 (Granos andinos. Harina de quinua Requisitos).

El contenido de proteína fue de 11.89 %, el cual fue mayor que en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009), que reportan un valor 9.1% de proteínas para la harina de quinua, además de ser mayor a 10 %, establecido en la N.T.P. 011.451.2013. En general este parámetro variará según la variedad y el tratamiento de limpieza que haya tenido el grano.

Respecto al contenido de cenizas se obtuvo $1.72 \pm 0.0007\%$ el cual es menor que 3.5%, límite máximo permisible por la N.T.P.011.451:2013.

Hubo ausencia de saponinas, así como lo establece la N.T.P.011.451:2013, puesto que se empleó un grano el cual presentó ausencia de esta sustancia (Ver anexo V) siendo corroborado por el método de la espuma.

3.1.1.3. Harina de arroz

En la *tabla 25* se muestra los resultados del análisis de la composición porcentual de arroz.

Teniendo un 11.98 % de humedad estando dentro de lo permitido por la NTP.205.011.2014, que establece como máximo 14% de humedad.

Tabla 25: Composición química proximal de la harina de arroz.

Componentes	%
Humedad	11.9800 ± 0.0586
Proteína	7.3200 ± 0.0081
Ceniza	0.3710 ± 0.0001
Grasa	0.3420 ± 0.0003
Carbohidratos	79.0326 ± 0.0632
Fibra	0.9544 ± 0.0035

3.1.2. Análisis fisicoquímicos

3.1.2.1. Colorimetría de las materias primas de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de chía

Tabla 26: Colorimetría de las materias primas

HARINAS	a*	b*	L* Luminosidad	C* Cromacidad	h* Ángulo de tonalidad
Harina de torta desgrasada de chía	2.38±0.18	13.53±0.66	38.29±1.45	13.73± 0.78	80.01±0.54
Harina de quinua	1.95±0.17	20.40±1.16	73.60±1.45	20.50±1.36	84.18±0.56
Harina de arroz	-0.28±0.02	10.97±0.01	68.25±1.36	11.05±0.14	88.55±0.13

3.1.2.2. Actividad de agua (Aw) de las materias primas de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de chía

Tabla 27: Cantidad de agua en las harinas

Harinas	Aw
Arroz	0.5880 ± 0.0017
Quinua	0.5440 ± 0.0017
Torta desgrasada de chía	0.2350 ± 0.0020

3.2. SNACKS EXTRUIDOS EN LOS NUEVE TRATAMIENTOS DE ESTUDIO



Figura 45: Tratamientos del Snack extruido a base de Arroz, Quinua y Torta desgrasada de Chía

3.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SNACKS EXTRUIDOS

3.3.1. Evaluación de la calidad tecnológica del snack

Existen muchos parámetros de calidad en un producto extruido tales como índices de absorción de agua y solubilidad, grado de gelatinización, razón de expansión y textura los cuales son usados para la optimización del proceso (Kokini *et al.*, 1992).

3.3.1.1. Índice de absorción en agua del snack extruido (IAA)

Según el Análisis de Varianza se establece que el índice de absorción en agua es influenciado por el nivel de la granulometría y formulación. El análisis de varianza de los IAA por granulometría arroja que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$, $n = 3$) en las granulometrías de 1 mm – con los tratamientos T1: 4.4174, T4: 4.6041 y T7: 5.2323 - y 0.25 mm - con los tratamientos T2: 3.8819, T5: 4.4506 y T8: 5.1628. Por otra parte, los IAA pertenecientes a la granulometría de 0.125 mm sí son diferentes; con significación de 5%, con las demás y le corresponde los tratamientos T3: 4.0062, T6: 4.5256 y T9: 5.1758. Así determinamos que la harina más fina es la que nos da valores más altos de índice de absorción en agua.

La importancia de la caracterización granulométrica está relacionada con la difusividad del agua en las partículas, es decir, con la capacidad de la harina para absorber agua, que dependiendo del tamaño pueden absorber mayor o menor cantidad de agua durante el acondicionamiento de la materia prima (Carvalho *et al.*, 2010). En la investigación de Schmiele *et al.* (2011), se evidencia que conforme la granulometría de harina de avena disminuía, el IAA era mayor debido a que las partículas con tamaños más pequeños absorben proporcionalmente más agua y más rápidamente, que las partículas con mayor

tamaño, lo que se debe a que hay una mayor área superficial para interactuar con las moléculas de agua. Sin embargo, la uniformidad de la granulometría es más importante que el tamaño de las partículas, debido a que favorece la distribución uniforme del agua en la masa.

Así mismo se establece que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$, $n = 3$) para los valores de índice de absorción en agua por formulación, siendo los valores más altos F3 (T7: 5.1628, T8: 5.1758 y T9: 5.2323) seguido por F2 (T4: 4.4506, T5: 4.5256 y T6: 4.6041) y F1 (T1: 3.8819, T2: 4.0062 y T3: 4.4174). De este modo observamos que a mayor sustitución de la harina de arroz por harina de chíá y torta desgrasada de chíá, el índice de absorción en agua tiende a aumentar.

Si bien la absorción de agua se ve influenciada por las características granulométricas de la harina (Schmiele et al., 2011), no es este el único factor con el que se encuentra relacionado. El índice de absorción de agua depende igualmente de la conformación molecular y del número de enlaces de las moléculas, lo que implica una fuerte influencia de la composición química de la harina (Rodrigues et al., 2011). Se ha establecido en el estudio de un producto de panificación a base de trigo y quinua (Da Silva et al., 2013) que las harinas ricas en fibra y en proteína no formadora de gluten, pueden favorecer el aumento de la absorción de agua, ya que estos componentes compiten bien por las moléculas de agua

Adicionalmente, los valores obtenidos de IAA en la elaboración del presente snack son similares según datos bibliográficos para productos extruidos de quinua y maíz, el valor de IAA fluctúa entre 4.16 y 6.86 g gel/g (Revelo, 2006)

teniendo influencia sobre este parámetro, la interacción del nivel de sustitución con la humedad de los gritz, el perfil de temperatura y la interacción de este con los demás factores de estudio (nivel de sustitución y humedad de los gritz).

Tabla 28: Índice de Absorción en Agua

TRATAMIENTO	ÍNDICE DE ABSORCIÓN EN AGUA (g gel/ g muestra seca)
T1	3.8819 ± 0.0615^a
T2	4.0062 ± 0.1116^a
T3	4.4174 ± 0.1245^b
T4	4.4506 ± 0.2229^b
T5	4.5256 ± 0.0754^b
T6	4.6041 ± 0.1505^b
T7	5.1628 ± 0.1515^c
T8	5.1758 ± 0.2619^c
T9	5.2323 ± 0.1618^c

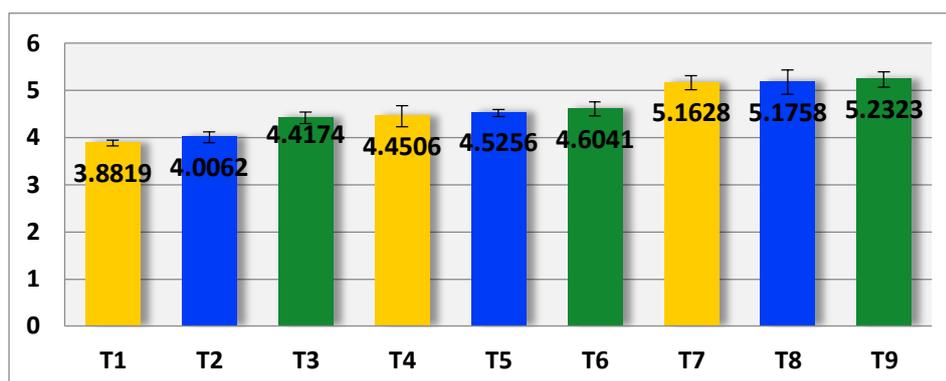


Figura 46: Índice de Absorción en Agua del snack extruido (g gel/g muestra seca)

3.3.1.2. Índice de solubilidad en agua del snack extruido (ISA)

El ANVA reportó que en este parámetro influye el nivel de sustitución de la harina de arroz y la granulometría. Los valores obtenidos del ISA para las mezclas extruidas con distintas formulaciones y granulometrías se presentan en la siguiente *Figura 47*, donde se determinó que para la granulometría de 1mm, los valores de índice de solubilidad en agua (T1: 30.1093, T4: 26.4190, T7: 22.3131) son diferentes significativamente al 5% (n=3) de las otras dos

granulometrías más finas. Entonces, los resultados nos permiten ver que la solubilidad del almidón es más alta en la harina más gruesa.

De esta manera Pérez (2010) en su trabajo de investigación evidencia que la mayor pérdida de sólidos solubles se debe posiblemente a la granulometría de la harina de maíz usada, la cual correspondió a 180 μm . Esto probablemente, permitió una mayor hidratación en la harina de maíz, en comparación con la sémola de trigo, ya que, a menor tamaño de partícula, se produce una hidratación más rápida de la harina.

Por otro lado, el ANVA nos muestra que los ISA de las tres formulaciones son diferentes significativamente entre sí ($p < 5\%$, $n=3$). Notándose que el índice de solubilidad disminuye a medida que el arroz es sustituido por las harinas con mayor contenido de grasa. Desrumaux et al., (1998) menciona que el índice de solubilidad en agua, ISA, debería disminuir al aumentar el contenido de lípidos porque aumenta la cantidad del complejo amilosa-lípidos formado, lo que provoca una disminución en el ISA al ser insoluble. De la misma manera Gómez (2013) menciona en su informe de investigación que los valores más altos de ISA (24.76%) se encontraron en la botanas extruida expandida de menor concentración de chía.

Tabla 29: Índice de solubilidad en agua del snack extruido

TRATAMIENTO	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA %
T1	30.1093 ± 0.8935 ^a
T2	26.8708 ± 1.3318 ^b
T3	26.6807 ± 2.1496 ^b
T4	26.4190 ± 0.5874 ^b
T5	24.7574 ± 1.4131 ^{bc}
T6	24.5617 ± 1.2916 ^{bc}
T7	22.3131 ± 0.8063 ^{cd}
T8	20.8295 ± 1.4758 ^{de}
T9	18.1728 ± 1.0175 ^e

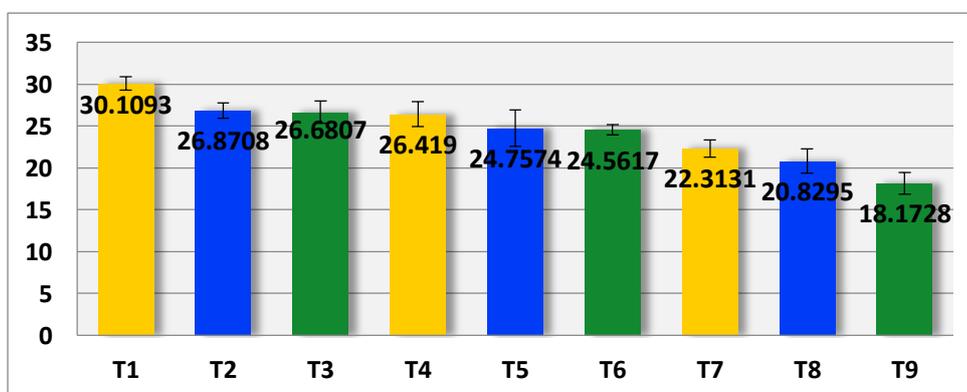


Figura 47: Índice de solubilidad en agua del snack extruido (%)

En la evaluación de las harinas precocidas se tiene en cuenta la absorción de agua y por otro lado la solubilidad o dispersibilidad en agua, las cuales están inversamente relacionadas (González *et al.*, 1996).

La absorción de agua y el hinchamiento de los gránulos de almidón alterados por el tratamiento térmico y mecánico, tienen un punto máximo dependiente de la naturaleza genética del almidón, en el cual se alcanza la máxima viscosidad de la pasta y se da comienzo a la dextrinización, por el incremento continuo de la temperatura. Por lo cual, se produce una disminución del IAA, debido a que el tratamiento térmico es más severo. Esto ocasiona un daño total

del almidón, y por tanto, un aumento de los componentes solubles en la dispersión (Carvalho *et al.*, 2010).

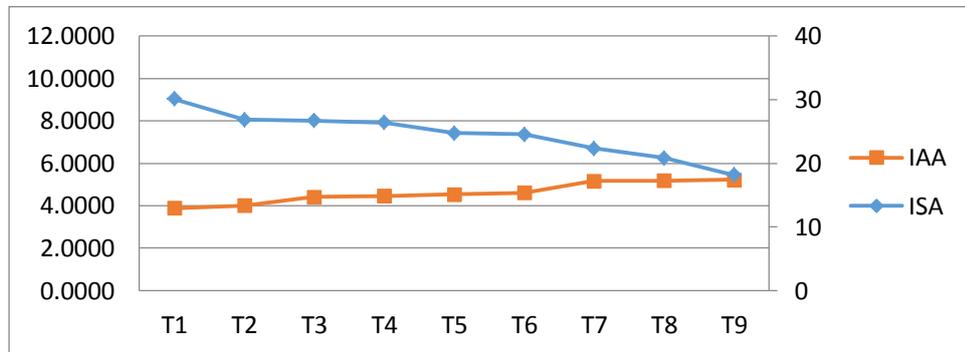


Figura 48: Índice de Absorción vs. Índice de Solubilidad del Snack

3.3.1.3. Grado de gelatinización del snack extruido (GG)

El análisis de varianza determina que el grado de gelatinización está influenciado por el nivel de sustitución de la harina de arroz y la granulometría.

En los diferentes tratamientos de los extruidos se obtuvo que la gelatinización del almidón dentro del extrusor fue considerable (Tabla 30), encontrándose que existe diferencias significativas entre las tres granulometrías ($p < 5\%$, $n=3$), siendo la granulometría de menor tamaño de 0.125 mm la que cuenta con los valores más altos de grado de gelatinización, al cual le pertenecen los tratamientos T3: 98.3683%, T6: 95.1923% y T9: 88.0357%. Luego, le siguen las granulometrías de 0.25 mm y 1 mm, con los tratamientos T2: 98.1746%, T5: 83.3022% y T8: 86,1896% - T1: 92.0797, T4: 80.6489, y T7: 72.6549, respectivamente.

Salas (2003), ha demostrado que en la elaboración de un snack de desayuno a base de arroz y cebada, el tamaño de partícula del material que se alimenta al extrusor es un factor que afecta durante la extrusión, ya que las partículas de gran tamaño retardan la gelatinización hasta antes de la descarga del dado de

salida, mientras las partículas finas dan una pronta gelatinización y una baja viscosidad en el fluido.

Además, el tamaño de partícula también afecta la cocción del producto, pues resulta insuficiente la penetración de calor en las partículas grandes durante el corto tiempo de permanencia en el extrusor (Linko et al., 1981).

Entonces vemos que el grado de gelatinización depende de la granulometría, mientras más fina sea esta nos resulta un mejor valor del grado de gelatinización.

En cuanto a las formulaciones, se encontraron diferencias significativas ($p < 5\%$, $n=3$) entre sus tres niveles. Los grados de gelatinización más altos lo tiene F1, seguido por F2 y F3.

Gómez (2013) menciona en su informe de investigación que grados de gelatinización más altos se encontraron en botanas extruidas expandidas de menor concentración de chíá.

Kokini et al. (2003), menciona que la presencia de grasa afecta la transformación del material, ya que se han realizado estudios que demuestran que en el proceso de extrusión la presencia de grasa disminuye el porcentaje de material gelatinizado; lo cual puede deberse al efecto lubricante que tiene la grasa durante la extrusión, reduciendo el torque y como consecuencia la SME (energía mecánica específica).

Según Fennema et al., (2010) la gelatinización y las características de los geles formados dependen no sólo de la temperatura, sino que más bien de los tipos y cantidades de otros compuestos que acompañan al almidón en el perisperma, como son los azúcares, proteínas, lípidos, ácidos y agua. Estos pueden retardar o incluso llegar a inhibir la gelatinización.

Con este informe vemos también como el proceso de extrusión mejora el % GG de los almidones ya que el arroz cocido presenta porcentajes de gelatinización entre 13 – 42% según lo reportado por Patindo et al. (2008).

Adicionalmente, los valores más altos no significativos estadísticamente ($p > 5\%$, $n=3$) reportados en la presente investigación son de 98.3683 % (T3), 98.1742 % (T2), 95.1923% (T6) y 92.0797% (T1) lo que indica que la gelatinización del almidón fue casi completa, este valor es similar a lo obtenido por Revelo (2006), su mayor GG fue de 98.524% que correspondió a T15 (100% Quinua, 20% Humedad, 130 – 130 - 180 °C) con una granulometría de 0.841 mm.

Tabla 30: Grado de gelatinización del snack extruido

TRATAMIENTO	GRADO DE GELATINIZACIÓN
T1	92.0797 ± 5.5850 ^{ab}
T2	98.1746 ± 1.9081 ^a
T3	98.3683 ± 0.4251 ^a
T4	80.6489 ± 4.5372 ^{cd}
T5	83.3022 ± 3.9893 ^c
T6	95.1923 ± 2.4058 ^{ab}
T7	72.6549 ± 3.6449 ^d
T8	86.1896 ± 7.5147 ^c
T9	88.0357 ± 4.2931 ^{bc}

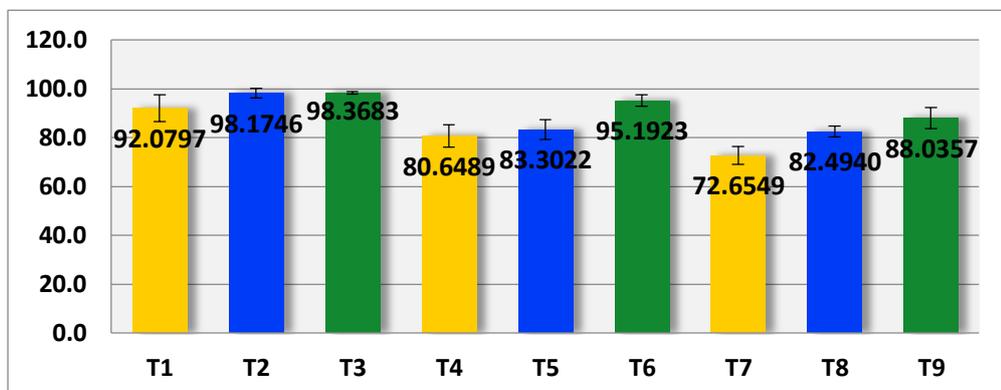


Figura 49: Grado de Gelatinización del snack extruido (%)

El Grado de gelatinización tiene relación con el ISA e IAA, diversos autores han estudiado la dependencia que hay entre ellos. Por ejemplo, Aguirre (2003) propone al índice de absorción de agua indicador directo para medir la gelatinización del almidón, afirmando que la gelatinización se logra cuando se tiene un hinchamiento irreversible del almidón.

Por otro lado, Allen *et al.* (2007) menciona que el índice de solubilidad (ISA) afecta directamente al grado de gelatinización del almidón y que el aumento en el índice de absorción (IAA) hace que disminuya su habilidad para gelatinizarse.

En la presente tesis lo cierto es que, a mayor sustitución de harina de arroz por harina de quinua y torta desgrasada de chía, el grado de gelatinización (GG) guarda relación directa con el índice de solubilidad en agua (ISA) e inversa con el índice de absorción en agua (IAA). Mientras que, a granulometrías de harina más finas, el grado de gelatinización (GG) guarda relación directa con el índice de absorción en agua (IAA) e inversa con el índice de solubilidad en agua (ISA).

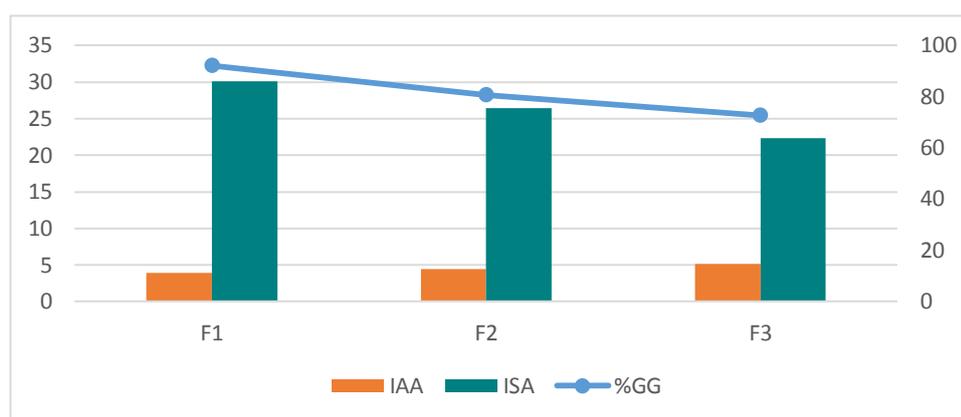


Figura 50: %GG vs IAA vs ISA según Formulación del Snack Extruido

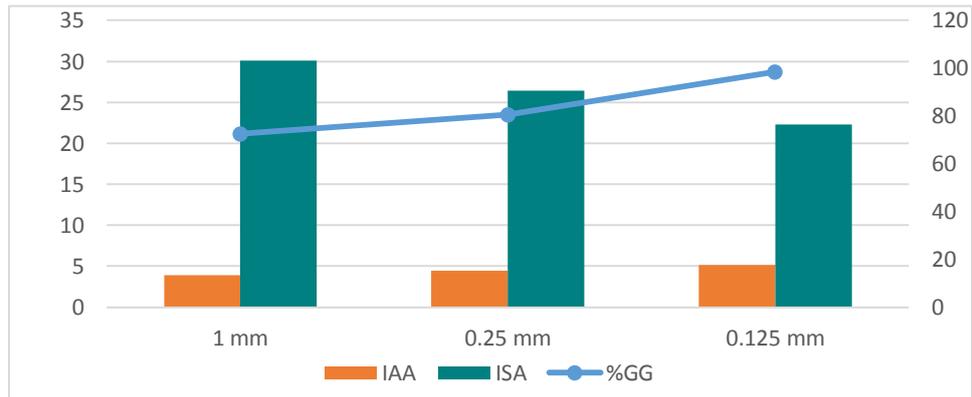


Figura 51: GG vs IAA vs ISA según granulometría del snack extruido

3.3.1.4. Volumen Específico del snack extruido

El ANVA permite ver que existe influencia significativa de los factores de estudio sobre el volumen específico.

A la misma vez, el análisis de varianza muestra un efecto significativo entre los diferentes niveles de los factores granulometría y formulación. Los valores más altos; con significación de 5%, están presentes en la última granulometría mencionada, es decir la más fina de 0.125 mm con tratamientos de T3: 12.8205 ml.g⁻¹, T6: 9.3965 ml.g⁻¹ y T9: 9.3476 ml.g⁻¹.

El estudio de investigación de Onwulata & Konstance (2006), reveló que los mayores valores de volumen específico de su snack se encontraban en las mezclas de harina de maíz y suero proteico de menor granulometría esto se explica porque las partículas grandes tienen menor área de contacto que las partículas más finas durante la extrusión, por lo tanto, les afecta menos la temperatura a la que ocurre la extrusión. Las partículas finas pasan de material alimentado a fundido con mayor facilidad y rapidez que las partículas más grandes, facilitando transformación.

De la misma forma, hay efecto significativo ($p < 5\%$, $n=3$) en los niveles del factor formulación. Los valores más altos le pertenecen a la primera formulación mencionada. Los volúmenes específicos son T1: 8.4526 ml.g^{-1} , T2: $11.1032 \text{ ml.g}^{-1}$, T3: $12.8205 \text{ ml.g}^{-1}$.

Gómez (2013) obtuvo botanas expandidas por extrusión a base de chía y almidón de maíz, a una temperatura entre $101^\circ\text{C} - 158^\circ\text{C}$ con velocidad de tornillo 1200 - 3600 rpm y concentraciones de chía de 0 - 17%, resultando que los pellets con una menor volumen específico fueron aquellos que en su formulación presentaron mayor contenido de chía y procesadas a bajas temperaturas, lo cual posee un alto contenido de proteína, lo que podría influenciar en el volumen específico, debido a que la fricción y el corte durante la extrusión causan un entrecruzamiento entre las proteínas que permite la texturización, provocando que los extrudidos con alto contenido de proteína sean más rígidos y densos.

Además, los resultados obtenidos más altos de volumen específico sin diferencias significativas son de $12.8205 \text{ ml.g}^{-1}$ (T3), $11.1032 \text{ ml.g}^{-1}$ (T2) y 9.3476 ml.g^{-1} (T9), valores semejantes a lo que menciona Ritva y Carrasco (1998) de 14.29 ml.g^{-1} de su snack extruido a 70 % sustitución con quinua. E inclusive nuestros valores de volumen específico son más altos a 6.29 ml.g^{-1} reportado por Gómez (2013) de su snack óptimo sustituido con 15% de harina de chía.

Tabla 31: Volumen específico del snack extruido

TRATAMIENTO	VOLUMEN ESPECÍFICO (ml.g ⁻¹)
T1	8.4526 ± 0.3474 ^a
T2	11.1032 ± 0.3137 ^b
T3	12.8205 ± 0.5711 ^c
T4	8.1670 ± 0.0091 ^a
T5	9.1997 ± 0.0359 ^d
T6	9.3965 ± 0.2765 ^d
T7	6.4815 ± 0.1558 ^e
T8	8.0008 ± 0.0086 ^a
T9	9.3476 ± 0.4444 ^d

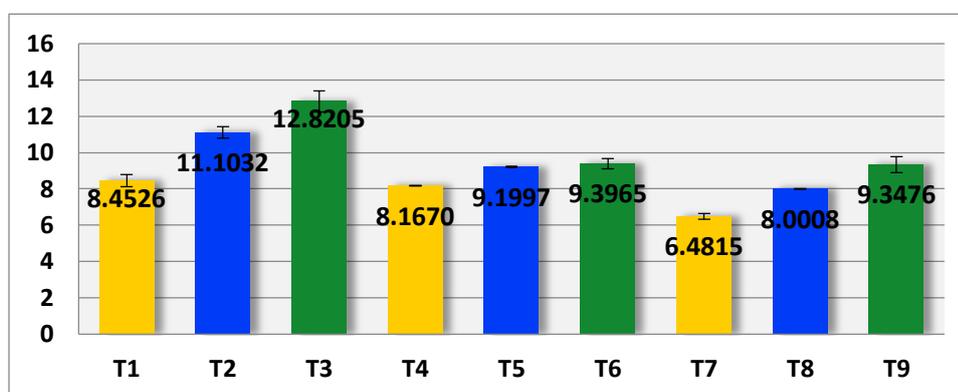


Figura 52: Volumen específico del snack extruido (ml.g⁻¹)

3.3.1.5. Grado de expansión del snack extruido

El análisis de varianza nos muestra que los valores del grado de expansión del factor F1 son diferentes significativamente ($p < 5\%$, $n=3$) de las demás formulaciones. Es decir que las formulaciones con mayor sustitución son las que dan un producto final de menor expansión. Pastor *et al.* (2011) estudiaron la adición de leguminosas silvestres (*Lathyrus*) a productos extrudidos basados en maíz entero y arroz integral. Se obtuvieron utilizando un extrusor a una velocidad 150 rpm y temperatura de 175 °C, las mezclas con 85% de cereales (maíz o arroz) y 15% de leguminosas se mezclaron a 14% de humedad. Los

resultados mostraron las leguminosas disminuyeron la expansión en ambas muestras que contenían arroz y maíz. La expansión se ve modificada por la proporción de proteína, a mayor contenido de proteína menor expansión (Fernández & *et al.*, 2004).

Y de acuerdo a la granulometría, existen diferencias estadísticamente significativas en sus tres niveles ($p < 5\%$, $n=3$). Resultando así, que el grado de expansión es mayor en la granulometría más fina y en la formulación de mayor sustitución.

Garber, Hsieh y Huff (1997) demostró que cuando aumenta el tamaño de partícula de gritz de maíz, generalmente la expansión del snack se ve drásticamente disminuida, posiblemente porque ocurre una transformación incompleta del material alimentado.

Los mayores valores obtenidos de expansión sin diferencia significativa fueron de 2.067 del T3 y 2.016 del T2. , mientras que Gómez (2013) reporta como valor más alto 3.33 para su snack extruido a 15% de sustitución con chía; así mismo, Ritva y Carrasco (1998) menciona en su trabajo de elaboración de un cereal expandido con maíz y quinua como valor máximo de expansión 2.49 a 70% sustitución con quinua.

Tabla 32: Grado de expansión del snack extruido

TRATAMIENTO	GRADO DE EXPANSIÓN
T1	1.733 ± 0.161^{ab}
T2	2.017 ± 0.166^{cd}
T3	2.067 ± 0.117^d
T4	1.667 ± 0.136^b
T5	1.767 ± 0.117^{ab}
T6	1.883 ± 0.158^{ac}
T7	1.667 ± 0.157^b
T8	1.750 ± 0.162^{ab}
T9	1.850 ± 0.166^a

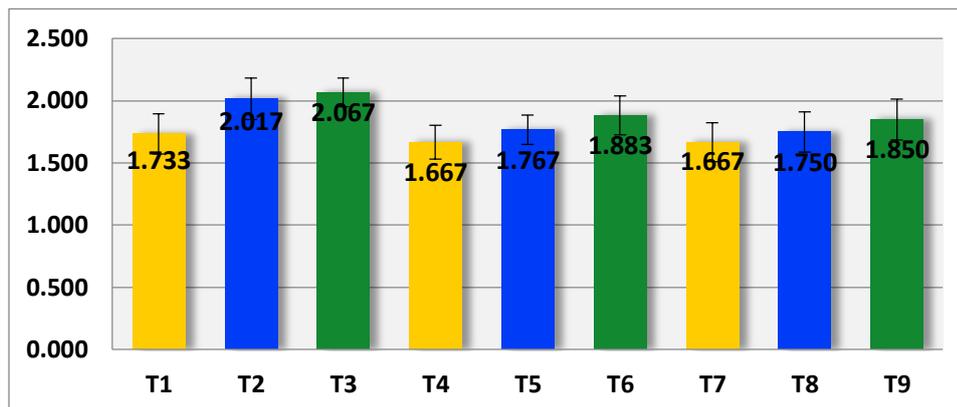


Figura 53: Grado de expansión del snack extruido

3.3.1.6. Textura Instrumental del snack extruido

La formulación de mayor sustitución F3 (con los tratamientos T7, T8 y T9) requiere una mayor fuerza de compresión-punción la cual es diferente estadísticamente significativa ($p < 5\%$, $n=3$) de la F1 (T1, T2 y T3) y F2 (T3, T4 y T5), mientras que las otras dos formulaciones restantes presentan los snacks con menor dureza.

Jin, Hsieh y Huff (1995) señalan que la dureza de su snack extruido aumenta conforme el contenido de soja es mayor en las formulaciones. La textura de los productos alimenticios extrudidos es influenciada por la composición del producto generalmente porque la adición de fibra y proteína a los snacks extrudidos da como resultado productos con mayor densidad y dureza por su efecto en la resistencia y el espesor de la pared de la burbuja de aire.

Según los análisis de textura por granulometría, nos indica que los tres niveles son estadísticamente diferentes entre sí ($p < 5\%$, $n=3$). La granulometría de 0.125 mm; es decir la de menor tamaño, es la de menor dureza.

Onwulata y Konstance (2006), obtienen que sus snacks extrudidos de maíz y suero proteico tienen menor dureza a menor granulometría porque las partículas

finas pasan de material alimentado a fundido con mayor facilidad y rapidez que las partículas más grandes mejorando sus cualidades sensoriales.

Los menores valores de fuerza de compresión sin diferencia significativa le corresponden al T3 con 1.24 Kgf y T2 con 1.43 Kgf, valores que resultan ser mayores a lo reportado por Gómez (2013) , siendo este de 0.86 Kgf, para su snack extruido a 15 % de sustitución con harina de chía; sin embargo, al medir la FP en snacks comerciales se obtuvieron valores próximos al T3. Así que se realizó un contraste con el cereal marca “Ángel” presentación “Chock” presentando una fuerza de compresión de 1.34 Kgf.

Tabla 33: Fuerza de compresión requerida en el snack extruido

TRATAMIENTO	FUERZA DE COMPRESIÓN (Kgf)
T1	1.93 ± 0.0766 ^{abc}
T2	1.80 ± 0.0948 ^c
T3	1.24 ± 0.0549 ^d
T4	2.06 ± 0.0344 ^e
T5	1.76 ± 0.1648 ^f
T6	1.43 ± 0.1095 ^a
T7	3.02 ± 0.0818 ^{ab}
T8	2.72 ± 0.1986 ^{bc}
T9	2.10 ± 0.0084 ^d

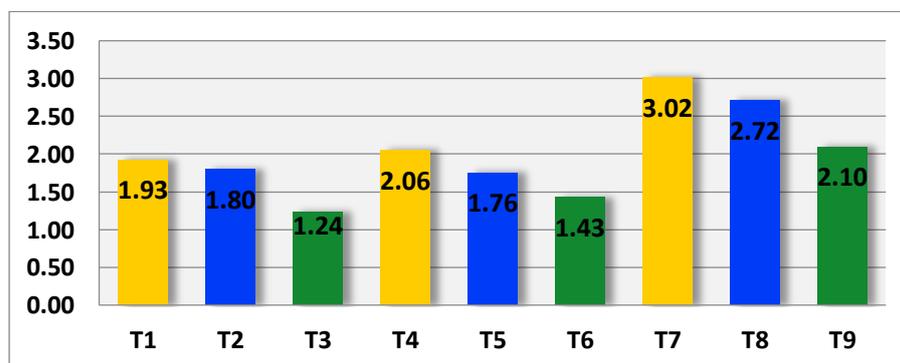


Figura 54: Fuerza de compresión requerida en el snack extruido (Kgf)

También se aprecia que el grado de expansión y volumen específico son directamente proporcionales entre sí e inversamente con la textura.

El volumen específico del producto extruido es un parámetro que permite el estudio de la expansión, y por ende la textura del producto, debido a que está directamente relacionada con la expansión en volumen (Norajit, Jae Gu y Hyung, 2011).

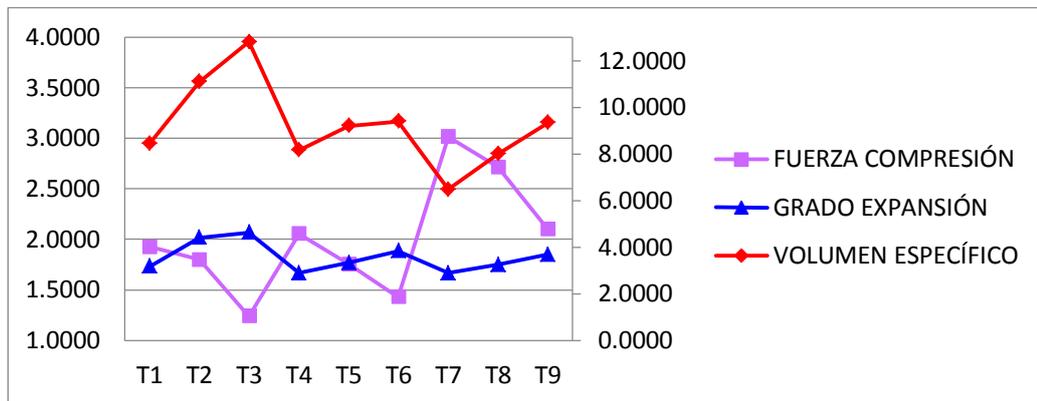


Figura 55: Fuerza de Compresión vs Grado de Expansión vs Volumen Específico

➤ Elección de los mejores tratamientos

Para escoger los mejores tratamientos se realizó una ponderación priorizando el grado de expansión y grado de gelatinización, siguiendo la metodología empleada por (Cadena y Yáñez, 2010) con los siguientes valores según su importancia:

- Grado de Expansión: 4
- Grado de Gelatinización: 3

Estas dos características son muy relevantes desde el punto de vista sensorial y comercial. El grado de expansión controla la relación existente entre volumen específico y textura del producto extruido (Guy, 2002).

Asimismo, el grado de gelatinización del almidón es muy importante, ya que realiza la apariencia, el sabor, la textura y la digestibilidad de los alimentos (Manrique *et al.*, 2007).

En la *Tabla 34* siguiente se muestra la calificación obtenida por cada tratamiento de acuerdo a la ponderación realizada de acuerdo a la importancia de cada variable.

Tabla 34: Ponderación de los tratamientos según la importancia de las variables

TRATAMIENTOS	VARIABLES		PONDERACIÓN
	Grado de Expansión	Grado de Gelatinización	
T1	2	3	5
T2	4	3	7
T3	4	3	7
T4	1	1	2
T5	2	1	3
T6	3	3	6
T7	1	0	1
T8	2	1	3
T9	2	2	4

Se eligieron cinco tratamientos para la etapa de evaluación sensorial. Estos son T1, T2, T3, T6 y T9, los cuales presentan los mayores puntajes luego de la ponderación.

3.3.2. Evaluación de la calidad sensorial de los mejores tratamientos

En el *Tabla 35* se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad para cada tratamiento (T1, T2, T3, T6 y T9).

Tabla 35: Calificación promedio en la evaluación de aceptabilidad, para los snacks

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
T1	3.53 ^b	3.37 ^{ab}	3.83 ^{n.s}	3.87 ^{n.s}	3.73 ^{n.s}
T2	3.03 ^{ab}	3.17 ^a	3.27 ^{n.s}	3.33 ^{n.s}	3.20 ^{n.s}
T3	3.50 ^b	3.67 ^b	3.63 ^{n.s}	3.77 ^{n.s}	3.47 ^{n.s}
T6	2.97 ^a	3.23 ^{ab}	3.33 ^{n.s}	3.40 ^{n.s}	3.40 ^{n.s}
T9	3.27 ^{ab}	3.20 ^a	3.43 ^{n.s}	3.83 ^{n.s}	3.50 ^{n.s}

n.s = no existe diferencia significativa

El análisis de varianza muestra que los panelistas no establecen diferencias en el sabor, textura, aceptabilidad de los diferentes tratamientos a diferentes granulometrías y formulación. En cambio, en los atributos de color y olor sí se aprecia diferencias significativas ($p < 5\%$).

➤ Elección de los mejores tratamientos

En base a las calificaciones otorgadas por los panelistas, se escogieron los tratamientos con **T1** y **T3** quienes obtuvieron mayor aceptabilidad respecto al color y olor. Estos tratamientos (36) son aquellos que se sometieron a caracterización fisicoquímica, evaluación de la calidad nutricional y calidad sanitaria, y por último estimación de vida útil mediante actividad de agua.

Tabla 36: Tratamientos seleccionados a través del análisis sensorial

Tratamiento	Granulometría	Formulación
T1	1mm – 18 ASTM	F1: 50% Arroz, 40% Quinoa y 10% Torta desgrasada de Chía
T3	0.125 mm – 120 ASTM	F1: 50% Arroz, 40% Quinoa y 10% Torta desgrasada de Chía

3.3.3. Evaluación de la calidad nutricional de los mejores tratamientos

3.3.3.1. Caracterización químico proximal de los mejores tratamientos

En el *Tabla 37* muestra la composición química proximal determinada en los productos directamente expandidos a base de harina de arroz, harina de quinua y harina de chía, la caracterización se realizó a las muestras T1 y T3, las cuáles fueron las que de mejor aceptación según el análisis sensorial.

Tabla 37: Composición Química Proximal de los mejores tratamientos

	%Ceniza	% Proteína	%Grasa	%Humedad	%Carbohidratos	Kcal
T1	0.7229±0.0195 ^a	9.6600±0.7300 ^a	0.4418±0.0045 ^a	6.8350±0.5162 ^a	77.1037±2.6118 ^{n.s}	351.0310±1.8491 ^{n.s}
T3	1.8980±0.0063 ^b	11.2900±0.6100 ^b	1.4366±0.0135 ^b	7.7400±0.4536 ^a	70.6977±2.1081 ^{n.s}	340.8804±1.6537 ^{n.s}

Tabla 38: Contenido de fibra de los mejores tratamientos

	% Fibra total	%Fibra Insoluble	%Fibra Soluble
T1	5.2366±0.2519 ^a	4.8084±0.2742 ^a	0.4282±0.0325 ^a
T3	6.9377±0.3452 ^b	6.3670±0.4633 ^b	0.5707±0.0361 ^b

El contenido de cenizas, proteínas, grasa y fibra entre T1 y T3 son significativamente diferentes al 5% (n=3). El tratamiento T3 presenta los valores más altos debido a que las capas externas y embrión del grano se desprenden al inicio de la molienda y siguen siendo continuamente fraccionadas reduciéndose cada vez de tamaño pasando así a las mallas más finas. Mientras que las estructuras internas almidonadas son trituradas luego habiendo mayor retención en las mallas de mayor granulometría.

Tóth *et al.* (2005), argumentan que en trigo, el mayor porcentaje de proteína obtenido en la última fracción (>63 µm), se debe a que el salvado y la capa de

aleurona rica en proteína quedaron distribuidas en las últimas fracciones. Bolade, Adeyemi y Ogunsua (2009), expresan que el incremento de proteína en las partículas más pequeñas, se debe a que la unión de la matriz proteica con los gránulos de almidón de mayor tamaño, es más débil que con los gránulos de tamaño inferior, distribuyéndose la mayor parte de proteína en las últimas fracciones.

Además, Revelo (2006), reporta 12.51% de proteína y 6.33 % de humedad como características de su snack óptimo a base de maíz y quinua (50:50), porcentajes que se asemejan a lo determinado en la presente investigación.

En cuenta al aporte calórico ambos tratamientos mostraron valores no significativos ($p > 5\%$, $n=3$), T1: 351.0310 Kcal y T3: 340.8804 Kcal, siendo además cantidades próximas a lo reporta Collazos & et al. (2009) para hojuelas de quinua 374 Kcal.

Gómez (2013), en su trabajo de obtención de un producto extruido a base de chía y maíz, determina 4.97% para el contenido de fibra para su snack óptimo con 15% de harina de chía.

3.3.3.2. Evaluación de la calidad de proteínas de los mejores tratamientos

3.3.3.2.1. Score químico de los snacks extruidos

Se determinó el score químico y el contenido de aminoácidos presentes en las materias primas y en las formulaciones, enfocándonos en formulación F1 (50 % Arroz, 40% Quinua y 10% Torta desgrasada de Chía) a la cual pertenecen los tratamientos T1 y T3, los resultados se muestran en la *Tabla 39*.

Los valores de AA son teóricos mientras que el contenido de proteína de las harinas de quinua, arroz y torta desgrasada de chía empleado para estos resultados es el real obtenido en la evaluación químico-proximal de las harinas.

Tabla 39: Perfil de AA de la harina de arroz, harina de quinua, harina de chía y formulaciones

CONTENIDO DE AA (mg AA/g proteína)							
AA	PATRÓN FAO ^a	QUINUA ^b	ARROZ ^b	TORTA CHÍA ^c	F 1	F 2	F 3
HISTIDINA	18	46	21	37.39	35.61	36.43	37.20
ISOLEUCINA	25	70	41	51.13	56.17	56.59	57.24
LEUCINA	55	73	82	91.43	79.81	80.43	80.56
LISCINA	51	84	38	54.95	62.24	62.95	64.02
MET+CIS	25	125	22	21.37	68.57	67.84	69.20
FENIL+TIRO	47	120	50	114.78	94.69	98.11	100.77
TREONINA	27	57	38	49.30	48.87	49.42	49.98
TRIPTÓFANO	7	12	11	19.69	13.19	13.71	13.95
VALINA	32	76	61	81.20	71.84	72.95	73.69

Fuente: ^aInstitute of Medicine USA (2002), ^bCerezal, Urtuvia, Ramírez, Romero & Arcos (2011), ^cBrown (2003)

Tabla 40: Score químico de la harina de arroz, harina de quinua, harina de chía y formulaciones

SCORE QUÍMICO %						
AA	QUINUA	ARROZ	TORTA CHÍA	F 1	F 2	F 3
HISTIDINA	255.56	116.67	207.75	197.85	202.38	206.67
ISOLEUCINA	280.00	164.00	204.53	224.69	226.35	228.98
LEUCINA	132.73	149.09	166.23	145.10	146.24	146.48
LISCINA	164.71	74.51	107.74	122.04	123.44	125.53
MET+CIS	500.00	88.00	85.47	274.27	271.37	276.80
FENIL+TIRO	255.32	106.38	244.21	201.47	208.74	214.40
TREONINA	211.11	140.74	182.59	181.01	183.05	185.11
TRIPTÓFANO	171.43	157.14	281.28	188.45	195.80	199.30
VALINA	237.50	190.63	253.75	224.50	227.98	230.28

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 (Whitney & Rolfes, 2008).

Del score químico obtenido se observó que la quinua es rica en proteínas puesto que posee todos los aminoácidos en las cantidades adecuadas, el arroz además de ser pobre en proteínas es deficiente en lisina y met+cis, y la torta desgrasada de chía a pesar de ser altamente rico en proteína presenta deficiencias en met+cis. En el caso de nuestro extruido la F1 elaborado con 50 % arroz, 40% quinua y 10% torta desgrasada de chía (que le corresponde a los T1 y T3) no presenta aminoácidos limitantes. 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.

3.3.3.2.2. Razón de Eficiencia Proteica de los mejores tratamientos

(PER)

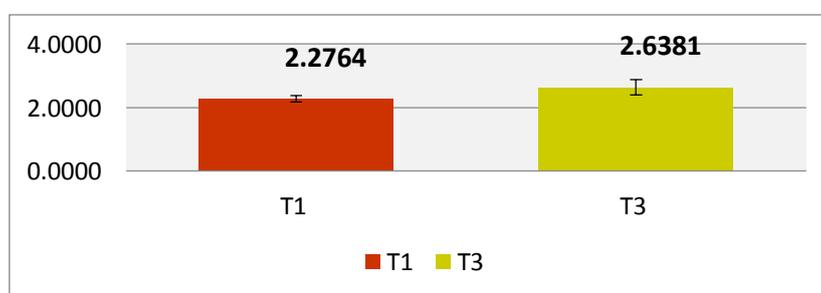


Figura 56: Razón de eficiencia proteica de los mejores tratamientos (PER)

De acuerdo con los análisis realizados la mayor ganancia de peso respecto a las proteínas ingeridas se encuentra en el tratamiento T3 (2.6381 ± 0.2348) comparada con T1 (2.2764 ± 0.1098), con significación de 5%.

La explicación al mayor aumento de peso en las ratas que consumieron el tratamiento T3 es debido a su fina granulometría, como ya habíamos mencionado anteriormente, las granulometrías más pequeñas tienen mayor área de contacto desnaturalizando las proteínas más rápidamente exponiendo sus cadenas de aminoácidos a la acción de las proteasas digestivas y de esta forma son más digeribles (Belitz & Grosch, 1997).

Adicionalmente, los valores obtenidos tanto para T1 como para T3 son mayores a lo determinado por Zea (2011), 2.12 PER para la harina de quinua extruida, este bajo índice obtenido por el autor citado fue explicado en su investigación como una pérdida de proteína por la elevada temperatura (mín. 140 °C) a que fue sometida la harina durante el proceso de extrusión.

Como referencia indicaremos que un valor de 2,5 para el PER es el mínimo necesario considerado para las fórmulas lácteas para nutrición infantil por la Sociedad Europea de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (ESPGAN, 1977). Esto nos permite indicar que T3 presenta mayor calidad proteica.

3.3.3.2.3. Coeficiente de digestibilidad aparente de los mejores tratamientos (CDA)

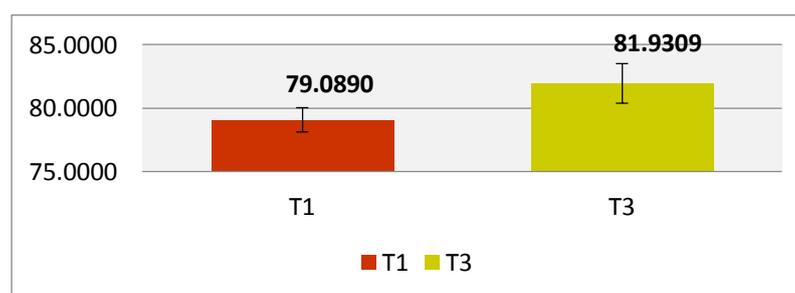


Figura 57: Coeficiente de digestibilidad aparente de los mejores tratamientos (CDA)

El coeficiente de digestibilidad proteica fue mayor en el tratamiento T3; con significación de 5%, siendo de $81.9309 \pm 1.5513\%$ frente a $79.0890 \pm 0.9462\%$ de T1. Si bien es cierto que la digestibilidad por sí sola no es un indicador determinante de calidad, si es un factor condicionante.

Ambos tratamientos mencionados superan el 75 %, valor reportado por Zea (2011) reportó la harina de quinua extruida.

La digestibilidad del huevo, leche, carne y proteína aislada de soja es mayor de 95% y la de los cereales, guisantes y arroz se encuentra entre 80% y 90% (Millward y Jackson, 2003), valores congruentes con los registrados.

3.3.3.2.4. Valor biológico de los mejores tratamientos (VB)

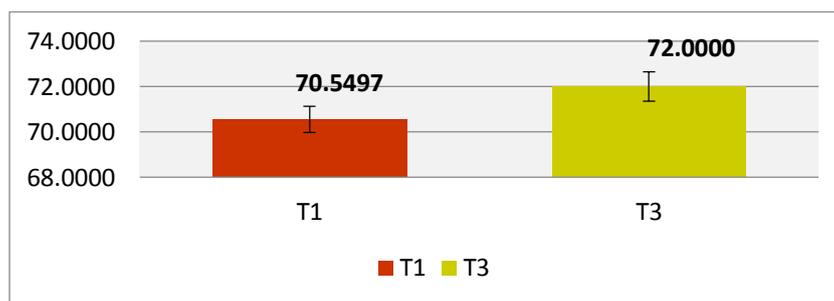


Figura 58: Valor Biológico de los mejores tratamientos (VB)

Los tratamientos T1 y T3 tuvieron resultados diferentes con significación de 5%. Los valores de ambos tratamientos con mayores a 65.28 % VB reportado por Zea, (2011) para la harina de quinua extruida lo que nos indica que en el presente estudio hubo una mejor absorción de las proteínas. De la misma manera se mejoró el VB del arroz pulido, el cual era de 64 % (Cardellá, 2007).

3.3.4. Caracterización fisicoquímica de los mejores tratamientos

➤ Colorimetría de los mejores tratamientos

Se realizó la prueba colorimétrica a los dos tratamientos seleccionados anteriormente mediante análisis sensorial. Los resultados se muestran en la *Tabla 41*.

Tabla 41: Determinación de colorimetría de los mejores tratamientos

TRATAMIENTO	a*	b*	L* luminosidad	C* cromacidad	h* ángulo de tonalidad	ΔE* Diferencia de color
T1	2.92±0.22 ^{n.s}	19.82±1.25 ^a	68.70±0.60 ^a	20.04±0.12 ^a	1.42±0.09 ^{n.s}	4.20±0.83
T3	3.38±0.29 ^{n.s}	22.61±1.18 ^b	64.96±0.14 ^b	22.86±0.27 ^b	1.42±0.05 ^{n.s}	

Observamos que el tratamiento T3 presenta menor luminosidad comparado con el T1, esto se debe al mayor contenido de cenizas en su composición lo que hace que sea una harina más oscura. Iturbe (2008) indica que a más blanca sea la harina menor contenido de fibra y cenizas en ella.

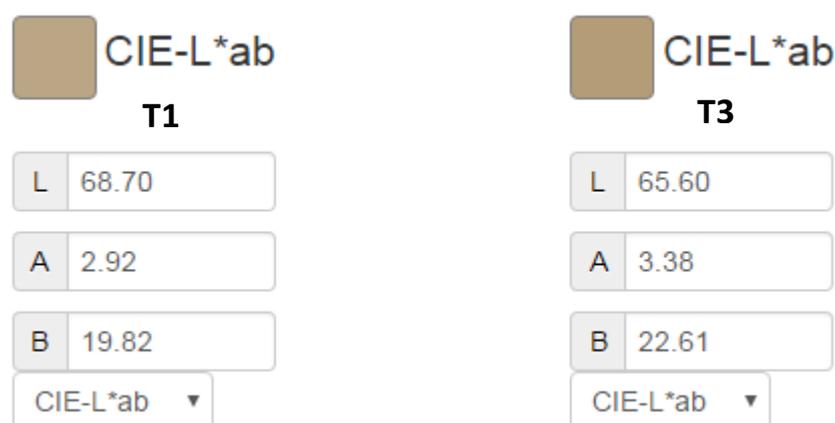


Figura 59: Coloración de los mejores tratamientos

3.3.5. Evaluación de la calidad sanitaria de los mejores tratamientos

El conteo de aerobios mesófilos, bajo las condiciones de almacenamiento ambientales se muestra en el *Tabla 42*. Para determinar la calidad microbiológica de los productos experimentales se tomó como referencia la Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebida de consumo humano R.M. N°591-2008-MINSA que establece como máximo un recuento de aerobios mesófilos de 10^4 .

Tabla 42: Recuento microbiológico de los mejores tratamientos

Almacenamiento (días)	Contaje total de Aerobios Mesófilos (ufc/g)	
	T1	T3
1	$5 \times 10^{\pm 2.0}$	$2 \times 10^{\pm 1.0}$
15	$5 \times 10^{\pm 3.0}$	$4 \times 10^{\pm 3.0}$
35	$9 \times 10^{\pm 3.0}$	$14 \times 10^{\pm 6.0}$

Los resultados obtenidos revelan un recuento de aerobios no superiores al límite máximo permitido.

3.4. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Se calculó la vida útil del snack por medio de la A_w de agua por ser considerado un parámetro crítico en estos alimentos, estableciendo como límite $0.5 A_w$ lo que su asegura bajo contenido de humedad y una textura crocante. (Revelo, 2006; Roberson, 1993).

La *Tabla 43* reporta los resultados de A_w de los snacks para dichos tratamientos los cuales se utilizaron para hallar el tiempo de vida útil gráficamente. Estas fueron empacadas con prolipropileno biorentado (BOPP) aluminizado y almacenadas bajo condiciones ambientales.

Tabla 43: Actividad de agua de los mejores tratamientos

Días	T1	T3
1	0.4020±0.014	0.478±0.003
3	0.420±0.001	0.478±0.004
5	0.440±0.001	0.478±0.005
10	0.440±0.011	0.479±0.013
15	0.440±0.001	0.481±0.002
17	0.442±0.004	0.484±0.002
19	0.439±0.001	0.485±0.012
24	0.484±0.002	0.515±0.001
26	0.486±0.001	0.523±0.001

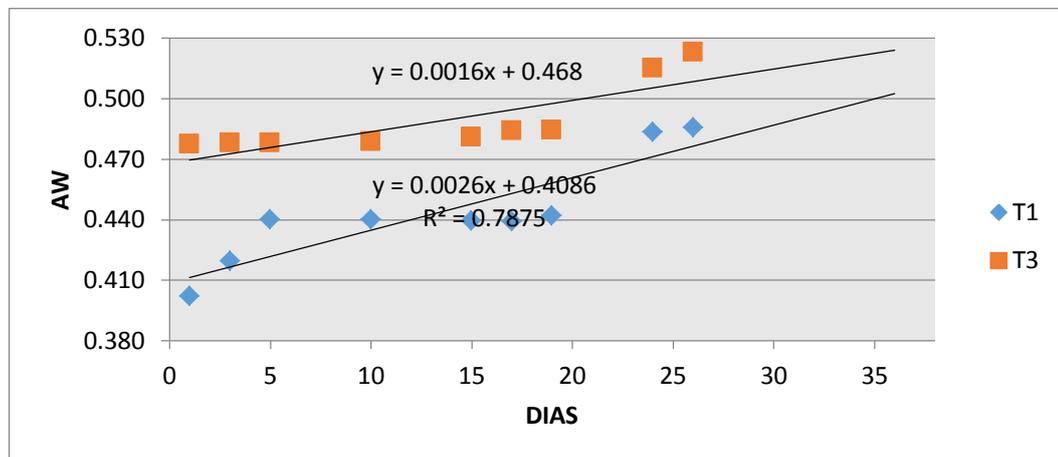


Figura 60: Variación de la Aw de los mejores tratamientos

Para el T1 la actividad de agua fue de 0.486 al vigésimo sexto día de almacenamiento; en cuanto al T3 este al vigésimo sexto día llegó a 0.523. Así luego de emplear la fórmula de regresión cinética determinamos que la vida útil mediante la Aw para el T1 fue de 35 días y 20 días en cuanto para T3.

Se espera que los valores de vida útil de un alimento extruido sean de larga duración. No obstante, en el presente estudio notamos una corta durabilidad del snack, esto es porque en la industria alimentaria este producto es pasa a una etapa adicional de secado con el fin de prolongar su vida útil. De esta manera Revelo (2006) señaló para su snack de quinua extruido (con 4%H), una vida útil de 5 meses.

IV. CONCLUSIONES

- ✓ La harina de torta desgrasada de chía está compuesta por $4.0200 \pm 0.0071\%$ de humedad, $22.3900 \pm 0.0568\%$ de proteínas, $5.9358 \pm 0.0013\%$ de cenizas, $7.8366 \pm 0.0008\%$ de grasa, $21.1073 \pm 0.0471\%$ de carbohidratos y $38.7103 \pm 0.0292\%$ fibra. La harina de quinua está compuesta por $11.6667 \pm 0.0416\%$ de humedad, 11.8900 ± 0.0713 de proteínas, $1.7168 \pm 0.0007\%$ de cenizas, $0.3003 \pm 0.0001\%$ de grasas, $70.0995 \pm 0.0356\%$ de carbohidratos y $4.3268 \pm 0.0437\%$ de fibra. La harina de arroz está compuesto por $11.9800 \pm 0.0586\%$ de humedad, $7.3200 \pm 0.0081\%$ de proteínas, $0.3710 \pm 0.0001\%$ de cenizas, $0.3420 \pm 0.0003\%$ de grasa, $79.0326 \pm 0.0632\%$ de carbohidratos y $0.9544 \pm 0.0035\%$ de Fibra. Los valores de la harina de quinua y harina de arroz están de acuerdo a los requisitos establecidos en las normas técnicas peruanas de cada harina mencionada; además, la harina de torta desgrasada de chía cumple con los requisitos dados en el reglamento bromatológico uruguayo.
- ✓ La calidad tecnológica se ve influenciada por la granulometría y formulación. La menor granulometría así como la formulación con mayor cantidad de harina de arroz mejoran las características tecnológicas del snack. Se ha demostrado que el índice de absorción, índice de solubilidad, grado de gelatinización, volumen específico, grado de expansión y textura instrumental muestran los mejores valores; con significación de 5%, en la granulometría más fina de 0.125 mm así mismo como en la formulación con mayor contenido de arroz F1.
- ✓ La calidad sensorial es influenciada por la granulometría y formulación puesto que existe diferencia estadística significativa a nivel de 5% en los atributos color y olor; determinando que los mejores tratamientos son T1 y T3; de 1mm - F1 y 0.125mm - F1 respectivamente, presentan las puntuaciones más altas de entre los demás tratamientos.

- ✓ De la evaluación de la calidad nutricional se señaló que el tratamiento T3 tiene contenido proteínico, lipídico y de cenizas más altos con significación de 5% comparado con el tratamiento T1. El tratamiento T3 presenta $1.898 \pm 0.0063\%$ de cenizas, $11.2900 \pm 0.6100\%$ de proteína, $1.4366 \pm 0.0135\%$ de grasa, $7.7400 \pm 0.4536\%$ de humedad, $70.6977 \pm 2.1081\%$ de carbohidratos, $6.9377 \pm 0.3452\%$ de fibra total y 340.8804 ± 1.6537 Kcal. Además, T3 tiene los índices biológicos más altos al 5% de significancia con 2.6382 ± 0.2348 de PER, $81.9309 \pm 1.5513\%$ de CDA, $72.0000 \pm 0.6425\%$ de VB.
- ✓ La calidad sanitaria indicó un recuento de aerobios mesófilos inferior 10^4 a 35 días de almacenamiento en los mejores tratamientos seleccionados T1 y T3, estando dentro del límite máximo permitido en la Norma Sanitaria N°591-2008-MINSA.
- ✓ De la estimación de vida útil se determinó que T1 tiene una mayor durabilidad comparado con T3, 35 y 20 días respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Determinar la temperatura de gelatinización de las mezclas a extruir, de esta manera se obtendrá el perfil de °T más adecuado para llevar a cabo la extrusión.
- ✓ Adecuar bien las jaulas en las determinaciones biológicas puesto que es importante realizando ajustes o mejoras en la infraestructura para evitar contratiempos.
- ✓ Realizar una optimización de los factores para determinar el tratamiento óptimo, teniendo en consideración los resultados del presente estudio, que el snack de mejor calidad se encuentra a granulometrías finas y con mayor contenido de arroz.
- ✓ Ejecutar un estudio de factibilidad para la elaboración del snack con tratamiento óptimo.
- ✓ Considerar la evaluación de una mezcla apteica en las ratas para poder calcular el coeficiente de Digestibilidad Real.
- ✓ Secar el producto luego de extruirlo para poder bajar la actividad de agua en este y así aumentar su vida útil.
- ✓ Realizar estudios de optimización de vida útil del snack extruido considerando como parámetros de medición a la textura sensorial y/o instrumental.
- ✓ Obtener el perfil de AA propio de cada materia prima y formulaciones mediante su determinación por HPLC.
- ✓ Realizar la medición de índice de absorción en agua e índice de solubilidad en agua, no sólo en este líquido sino también en leche, puesto que son alimentos no sólo de consumo directo sino que también se suelen consumir con compañía de productos lácteos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ablan, E. (2000). *Políticas de Calidad en el Sistema Agroalimentario Español*. Venezuela: Agroalimentaria.
- Akalu, G., Tufvesson, F., Johnsson, G., & Nair, M. (1998). *Physico-chemical characteristics and functional properties of starch and dietary fiber in grass pea seeds*. *Starch/Stärke* 50.
- Allen, K., Carpenter, C., & Walsh, M. (2007). *Influence of protein level and starch type on extrusion - expanded whey product*. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Altamirano, D. (2014). *Determinación de la Calidad de Proteínas Alimentarias*. Trujillo.
- Álvarez, M., Pavón, J., & Von Rüte, S. (2002). *La Quinoa hacia su cultivo comercial*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- American Heart Association. (1999). *Functional Foods: positions of ADA*.
- Ayala, G., Ortega, L., & Morón, C. (2001). *Valor Nutritivo y Usos de la Quinoa*.
- Ayerza, R. (. (1995). *Oil Content and Fatty Acid Composition of Chia (Salvia hispanica L.) from Live Borthwestern Locations in Argentina*.
- Ayerza, R. (. & Coates, W. (2004). *Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (Salvia hispanica L.) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America*.
- Ayerza, R. (. & Coates, W. (2006). *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas* (Primera edición ed.). Buenos Aires.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Barbosa, J. R., Beltrame, S. C., Bragatto, M. M., Débia, J. G., Bolanho, B. C., Dalva, E., & Danesi, G. (2011). *Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais*. *Revista Tecnológica*, 21-28.
- Belitz, A., & Grosch, W. (1997). *Química de los Alimentos* (Tercera Edición ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2000). *Tecnología de Polímeros*.
- Beta, T., Corke, H., Rooney, W., & Taylo, R. (2001). *Starch properties as affected by sorghum grain chemistry*. *Journal of Science Food and Agriculture*.
- Biliaderis, C. (1991). *The structure and interactions of starch with food*. *Canadian Journal of Physiological Pharmacology*.
- Biliaderis, C. G. (1991). *The structure and interactions of starch with food constituents*. *Journal of Physiology and Pharmacology*.
- Brennan, J. G. (2008). *Manual del proceso de alimentos*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Brown, J. (2003). *Chía, seed and meal data*. *International Flora Technologies*.

- Bukart, A. (1979). Flora Ilustrada de entre Ríos (Argentina). *Colección Científica INTA*, 5, 606.
- Cadena, C., & Yáñez, S. (2010). *Elaboración de un snack extruido expandido: a base de chocho y gritz de maíz*. Quito.
- Cahill, J. (2005). *Human selection and domestication of chía (Salvia hispanica L.)* (Vol. Gen Res Crop 51).
- Calvo, M. (2014). Obtenido de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>
- Cardellá, L. (2007). *Bioquímica Humana*.
- Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, E. (2001). *Valor Nutricional y Usos de la Quinoa (Chenopodium quinoa) y de la Kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*.
- Carvalho, A., Marçal de Vasconcelos, A., Silva, P., Assis, G. T., & Ramirez, J. L. (2010). *Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha*. Lavras: Ciênc. agrotec.
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). *Fabricación de Pan*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). *Fabricación de Pan*. (A. S.A., Ed.)
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., Romero, N., & Arcos, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad. *SciELO*.
- Cheftel, J. (1977). *Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos*. España: Acribia.
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de Extracción de Almidón de Yuca por Vía Seca. *Revista Boliviana de Química*, 1(24).
- Código Alimentario Argentino*. (2008). Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.
- Collazos, C., White, P., White, H., & Viñas, E. (1993). *Tablas Peruanas de composición de Alimentos*. Lima: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.
- Conde, P. (2003). *The structure and texture of starch-based foods*. In: *Texture in food* (Vol. I). McKenna.
- Da Silva, J., Gonçalves, J., De Sousa e Silva, N., Ribeiro, M., & De Paula, C. (2013). Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 305-319.
- Da Silva, J., Ribeiro, M., De Paula, C., Leite, D., & Paes, J. B. (2011). Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. 83-96.
- Dandy, D., & Dobraszczyk, B. (2001). *Cereales y Productos derivados*. Acribia SA.
- Desrumaux, A., Bouvier, J., & Burri, J. (1998). Corn grits particle size and distribution effects on the characteristics of expanded extrudates. *Journal of Food Science*, 63(5), 857-863.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C. (2008). Recuperado el 03 de 03 de 2016, de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/3AM24.htm>

- Diario Oficial de la Unión Europea. (2009). *Autorización de la comercialización de semillas de chía (Salvia hispanica) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo.*
- ESPGAN. (1977). *Guidelines on infant nutrition*. I. Recommendations for the composition of an adapted formula, Committee on Nutrition.
- Espinoza, E. (2003). *Evaluación sensorial de los alimetros* (primera ed.). Tacna, Perú.
- Falcón, R., & Riveros, E. (2011). *Análisis Comparativo de las Exportaciones de la Quinoa de Perú y Bolivia, 2005 - 2010*. Universidad San Martín de Porres, Lima.
- FAO. (1973). *Energy and Protein Requirements*. Rome.
- FAO. (2000). *Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación*. Santiago de Chile.
- FAO. (2010). Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s02.pdf>
- FAO. (2011). Recuperado el 2 de Marzo de 2015, de fao: <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- FAOSTAT. (2015). Recuperado el 19 de Julio de 2016, de <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Felícitas Hevia, H., Rosemarie Wilckens, E., Marisol Berti, D., & Ricardo Badilla, B. (2001). Obtenido de http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022001000100006&script=sci_arttext
- Fennema, O. R. (1993). *Química de los alimentos* (Segunda Edición ed.). Saragoza, España: Acribia S.A.
- Fennema, O. R., Damodaran, S., Parkin, K., & Sanz, B. (2010). *Fennema química de los Alimentos*.
- Fernández, G., Martínez, E., Bustos, F., & Orea, A. (2004). *Physicochemical properties of casein–starch interaction obtained by extrusion process*. *Starch/Starke*.
- Fontúrbel, F. (2004). *Problemática de la Producción y comercialización de Chenopodium quinoa W., debido a la presencia de las saponinas*.
- Gallardo, M., Gonzales, A., & Ponessa, G. (1997). *Morfología del fruto y semilla de Chenopodium quinoa Willd. (Quinoa)* (Primera Edición ed.). Lilloa.
- Garber, B., Hsieh, F., & Huff, H. (1997). *Influence of Particle Size on the Twin-Screw Extrusion of Corn Meal*. American Association of Cereal.
- García, A., Jiménez, E., Martín, N., Bravo, L., & Saura, F. (1999). *Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch*. *Food Chemistry*.
- García, M. (2008). Recuperado el 13 de Febrero de 2016, de <http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- Giraldo, I. (1999). *MÉTODOS DE ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL DE LOS*.
- Gómez, P. (2013). *Obtención de Productos directamente expandidos por Extrusión y Botanas de 3° generación a base de Chía y Almidón de Maíz Resistente AR4*.
- González, F. J. (1985). *El Arroz: Origen, Taxonomía y Anatomía de la Planta de Arroz (Oryza sativa L.)*. *Investigación y Producción*. (J. Tascón, & D. García, Edits.)

- González, R., Osella, C., & Gordo, N. (1996). Parámetros indicadores del tratamiento térmico en porotos de soja desactivados. (L. Serena, Ed.) *Información Tecnológica*, 119-124.
- González, R., Torres, R. L., & De Greef, D. (2002). Extrusión-Cocción de Cereales. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2(36), 104-105.
- Gramene. (2007). Recuperado el 2016, de http://www.gramene.org/species/oryza/rice_taxonomy.html
- Guy, R. (2002). *Extrusión de Alimentos: Tecnología y Aplicaciones*. España: Acribia S.A.
- Harper, J. (1981). *Extrusion Food*. Florida.
- Harper, J. (1992). Desarrollo Histórico de la Extrusión. *Memorias del Seminario Taller sobre Extrusión de Alimentos*, 4. Quito, Ecuador.
- Hough, G., Langohr, K., Gomez, G., & Curia, A. (2003). ANALLISIS DE SUPERVIVENCIA APLICADO A LA VIDA UTIL SENSORIAL DE ALIMENTOS. *FOOD SCIENCE*, 63.
- INEI. (2012). Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
- Institute of Medicine. (2002). *Dietary Referente Intakes for Energy, Carbohydrat, Fiber, Fat, Fatty Acids Choisterol, Proteín and amino Acids*. Prepublication Copy, Food and Nutrition Borrard, Washington, D. C.
- Instituto Nacional de Alimentos, Argentina. (2003). *Análisis fisicoquímicos de semillas de chíá*. Buenos Aires.
- ITINTEC. (1998). Leguminosas de Granos Alimenticios. En *ITINTEC 205.015* (pág. 7). Lima.
- Iturbe, A. (2008). Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Cereales_23038.pdf
- Ixtaina, V. (2010). *Caracterización de la Semilla y el Aceite de Chíá (Salvia hispanica L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en Tecnología de Alimentos*. Tesis Doctoral, Buenos Aires.
- Jeanet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2010). *Ciencia de los Alimentos*.
- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, E. (1995). Effects of soy fiber, salt, sugar, and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. *Journal of Cereal Science* 22, 185-194.
- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, H. (1995). *Effects of soy fiber, salt, sugar, and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate* (Vol. 22). (J. o. Science, Ed.)
- Kameco, J. (2005). *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 para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Kin, Y. (2000). Impacto of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Aga technical review*.
- Kokini, J., Chang, C., & Lai, L. (1992). The role of rheological properties on extrudate expansion. (J. Kokini, & C.-T. K. Ho, Edits.) *Food extrusion science and technology*.
- Konopacka, S. (2002). *"Journal of Food Science"*.

- Koziot, M. (2002). *Composición Química, La Quinoa su cultivo comercial*. INIA.
- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y Bromatología*. España: Omega.
- Labuza. (2000).
- Lai, L. S., & Kokini, J. L. (1991). *Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion*. *Biotechnology Progress* 7.
- Larmond, E. (1977). *Metodos de laboratorio para la evaluacion sensorial de alimentos*. Canada: Ottawa.
- Layango, H., Valverde, K., & Mayaute, Y. (2015). *Evaluación de la Goma de Tara como retenedor de Humedad en una Premezcla de Pan de Molde*. Callao: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Lee, S., Prosky, L., & Tanner, J. (1993). *Quality assurance for analytical laboratories*. London: Royal Society of Chemistry.
- Lin, K., Daniel, J., & Whistler, R. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydr Polym* 23, 13-18.
- Lineback, D., & Rasper, V. (1998). *Wheat Carbohydrates*. In: *Chemistry and Technology* (Vol. I). (Y. Pomeranz, Ed., & I. American Association of Cereal, Trad.) St. Paul Minnesota.
- Linko, P., Colonna, P., & Mercier, C. (1981). *High Temperature short time Extrusion Ccooking Advance in Cereal Sciencie and tecnology*.
- López, M. (1994). *Estudio del Tratamiento Térmico Extrusión sobre las propiedades funcionales y reológicas del almidón de yuca* (Primera Edición ed.). Armenia, Colombia.
- Luna, G. (2005). *Efectos del proceso de cocción extrusión en la fracción indigestable, capacidad antioxidante y algunas propiedades funcionales en tres variedades de cañihua(chenopodium pallidicaule aellen)*. Lima.
- Mackey, A., Flores, Y., & Sosa, G. (1984). *Evaluacion sensorial de los alimentos*. Caracas: CIEPE.
- Manrique, N. (2007). *Caracterización de mezclas de almidones de mango y plátano pregelatinizados mediante diferentes condiciones de extrusión* (Vol. 41). México: Agrociencia.
- Marca, M. (2001). *Informe Final sobre Procesos e Investigaciones Agroindustriales en Quinoa*.
- Martínez, M. (1959). *Plantas Útiles de la Flora Mexicana* (Ediciones de Botas ed.). DF, México.
- Martínez, O., & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*.
- Matt, B. (2008). *ABC Rural*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://www.abc.net.au/rural/content/2008/s2367335.htm>
- Mercier, C., & Feillet. (1975). *Modification of cabohydrate components by extrusion cooking of cereal products*.
- Meyhuay, M. (1996). *QUINUA: Operaciones de Poscosecha*. FAO.
- Meyhuay, M. (1997). Operaciones de Post - Cosecha.
- MICENTUR. (2009). Guía de envases y embalajes. 56.

- Millward, D., & Jackson, A. (2003). *Protein/energy ratios of current diets in developed and developing countries compared with a safe protein/energy ratio: implication for recommended protein and amino acid intake*. Health Nutr.
- MINSA. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima.
- Moreiras. (2007). *Cereales y Derivados*. Obtenido de Tabla de Composición de Alimentos: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/harina.pdf>
- Mújica, A., Jacobsen, S. -E., Izquierdo, J., & Marathe, J. P. (2001). Recuperado el 6 de Febrero de 2016, de <http://www.condesan.org/publicacion/Libro03/home03.htm>
- Mújica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., R., S., Corredor, G., Romero, A., & Jacobsen, S. (2006). *Agroindustria de la Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Puno, Perú: Altiplano.
- Muñoz, L. (1990). *Alimentación y Nutrición*. Perú.
- Nielsen, S. (1998). *Food Analysis*. Maryland: Aspen Publication.
- Nielsen, S. (2003). *Food Analysis Laboratory Manual*. (K. Academic, Ed.) New York.
- Niño de Zepeda, A., Godoy, P., & Echevarría, V. (1999). *Calidad como Opción Estratégica de Desarrollo Pecuario, en Recursos Productivos a Alimentos: Estrategias de Calidad*.
- NTP205.011. (2014). *Arroz. Arroz Elaborado. Requisitos*.
- O'Connor, C. (1987). *Extrusion Technology for the Food Industry* (Vol. 89(78)). ELSEVIER APPLIED SCIENCE.
- Onwulata, C., & Konstance, R. (2006). Extruded corn meal and whey protein concentrate: effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30: 475-487.
- Ospina, J., & Aldana, H. (2001). *Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola* (Vol. I). Terranova.
- Pak, N. (1999). *Food and Agriculture Organization of the United States*. Recuperado el 28 de Abril de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s18.htm>
- Pastor, C., Drago, R., Gonzáles, R., Pastor, J., Alaiz, M., & Vioque, J. (2011). *Effects of the addition of wild legumes (Lathyrus annuus and Lathyrus clymenum) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice*. Food Chemistry.
- Patindo, J., Newton, J., & Wang, Y. (2008). *Functional properties as affected by Laboratory-Scale Parboiling of rough rice and Brown rice*. Journal of Science.
- Peralta, E. (1985). *La Quinoa. Un gran Alimento y su utilización*. INIAP.
- Pérez, L. (2010). *EVALUACIÓN DE LAS FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS DE LA HARINA DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench) PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PASTA ALIMENTICIA*. Bogotá.
- Pólit, P. (1996). *Efecto del Procesamiento por extrusión sobre los almidones efecto por extrusión de los almidones*. Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.
- Ramamoorthy, T. (1985). *Salvia L. en la Flora Fanerógama del Valle de México*. En I. P. México, J. Rzedowski, & G. De Rzedowski (Edits.). DF, México.

- Reglamento Bromatológico Uruguayo, (2015). *Modificatoria del Artículo 18.2.40*. Recuperado el 13 de Enero de 2017, de <http://www.impo.com.uy/copetes/pdf/20150818/documentos.pdf>
- Reque, J. (2007). *Estudio de Pre-Factibilidad para la Fabricación de Harina de Arroz y su Utilización en la Panificación*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- Revelo, A. (2006). *Desarrollo y Evaluación de las Tecnologías de un Snack Laminado a partir de la Quinoa*. Tesis Pregrado Ingeniería Agroindustrial, Quito.
- Reyes, H. (1996). *Metodos afectivos- prueba con con consumidores*. RIEPSA.
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos* (Octava Edición ed.). (C. N.-I. Salud, Ed.) Lima, Perú. Recuperado el 19 de Marzo de 2016, de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Ritva, R., & Carrasco. (1998). *Introducción a la Ciencia y Tecnología de cereales y granos andinos*. Lima: Agraria.
- Roberson, L. (1993). *“Food Packaging. Principles and Practice”*. Marcel Dekker.
- Roberson, L. (1993). *Food Packaging.Principles and Practice*.
- Rodrigues, J., Beltrame, S., Maciero, M., Grotto, P., Cervejeira, B., & Godoy, E. (2011). Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. *Revista Tecnológica*, 21-28.
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influence of the Partial Substitution of Wheat Flour for Quinoa and Potato Flour on the Thermomechanical and Breadmaking Properties. *U.D.C.A Act & Div. Cient.*, 199-207.
- Rodríguez, M. (2007). *Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz*. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Rojas, P., & Treguear, W. (2003). *Congelación del pan*.
- Rojas, W., Alandia, G., Irigoyen, J., & Blajos, J. (Julio de 2011). Recuperado el 06 de Febrero de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. (2011). *nfluência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês*. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos.
- Smith, A. (2001). *Alimentos basados en almidón, en Textura de los Alimentos, Medida y Percepción*. España: Acribia.
- Smith, A. (2003). *Characterization of Cereals and Flours. Properties, Analysis and Applications*. (G. Kaletunç, & K. Breslauer, Edits.) New York.
- Suárez, M., Kizlansky, A., & López, L. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*.

- Thomas, D., & Atwell, A. (1999). *Starch structure in: Practical guide for the food industry*. St. Paul Mn, USA.
- Ting, I., Brown, J., Naqvi, J., Kumamoto, J., & Matsumura, M. (1990). Chia: a potencial oil crop for arid zones. *Proceedings of the First International Conference on New Industrial Crops and Products*, (págs. 197-202). Riverside, USA.
- USDA. (2002). *Nutrient Database for Standard Reference*. Data Laboratory, Beltsville Research, US Departament of Agriculture, Pennsylvania.
- Valls, A. (1993). *El Proceso de Extrusión en Cereales y Haba de Soja*. Barcelona.
- Vieira, C., De Almeida, M., Rosa, J., & Costa, N. (Marzo de 2006). *La calidad nutricional y la puntuación química de aminoácidos a partir de diferentes fuentes de proteínas*. Recuperado el Abril de 2017, de Scielo: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100029
- Whitney, E., & Rolfes, S. (2008). *Understanding Nutrition*. California: Thomson Higher Education.
- Zea, C. (2011). *Deteriminación Biológica de la Calidad Proteica en Harina de Quinoa Extruida de la Variedad Negra Collana*. Puno.

ANEXOS

ANEXO I: INFORMES DE ENSAYO REALIZADOS EN EL LABORATORIO "COLECBI" S.A.C



Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2024 -16

SOLICITADO POR: ESTHER NOEMI BRAVO RODRIGUEZ,
JESICA FIORELLA ORTEGA ROJAS,
San Luis II Etapa Mz B Lote 3 Nuevo Chimbote

DIRECCION: MATERIA PRIMA

PRODUCTO DECLARADO: 03 muestra x 10 gr. c/u
En bolsa de polietileno cerrada.

CANTIDAD DE MUESTRA: 2016-07-06

PRESENTACION DE LA MUESTRA: 2016-07-06

FECHA DE RECEPCION: 2016-07-06

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2016-07-06

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: En buen estado.

CONDICION DE LA MUESTRA: Laboratorio Físico Químico.

ENSAYOS REALIZADOS EN: SS 001123-16

CODIGO COLECBI: RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor 6,25
Grano de Arroz	7,32
Grano de Quinua	11,89
Torta Desgrasada de Chia	22,39

METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

NOTA

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 06 del 2016.

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE

Rev. 04

Fecha 2016-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos Aires Mz. A- Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote. Teléfax: 043-310752

Nextel: 839-2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.medioambiente_colecbi.com.pe



CORPORACION DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCTOS

INFORME DE ENSAYO N° 2025-16

SOLICITADO POR: ESTHER NOEMI BRAVO RODRIGUEZ,
JESICA FIORELLA ORTEGA ROJAS,
San Luis II Etapa Mz B Lote 3 Nuevo Chimbote

DIRECCION: SNACK.

PRODUCTO DECLARADO: 02 muestra x 10 gr. c/u.

CANTIDAD DE MUESTRA: En bolsa de polipropileno biorentado.

PRESENTACION DE LA MUESTRA: 2016-07-06

FECHA DE RECEPCION: 2016-07-06

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2016-07-06

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: 2016-07-06

CONDICION DE LA MUESTRA: En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio Físico Químico.

CODIGO COLECBI: SS 001123-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor 6,25
Tratamiento 1	9,66
Tratamiento 3	11,29

METODOLOGIA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 06 del 2016.
D.V.Y/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



CORPORACION DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLINICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCION GENERAL DE POLITICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 2026-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR

ESTHER NOEMI BRAVO RODRIGUEZ,
JESICA FIORELLA ORTEGA ROJAS.

DIRECCION

San Luis II Etapa Mz B Lote 3 Nuevo Chimbote

PRODUCTO DECLARADO

ORINA.

CANTIDAD DE MUESTRA

02 muestras x 20 ml. c/u.

PRESENTACION DE LA MUESTRA

En vidrio transparente.

FECHA DE RECEPCION

2016-07-06

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO

2016-07-06

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO

2016-07-06

CONDICION DE LA MUESTRA

En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN

Laboratorio Físico Químico

CODIGO COLECBI

SS 001123-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor 6,25
Tratamiento 1	2,25
Tratamiento 3	2,59

METODOLOGIA EMPLEADA

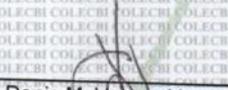
Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 06 del 2016.

DVY/jms


 Denis M. Vargas Yepéz
 Jefe de Laboratorio
 Físico Químico
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE

Rev. 04

Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES “COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 2027-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR: ESTHER NOEMI BRAVO RODRIGUEZ,
JESICA FIORELLA ORTEGA ROJAS.
DIRECCION: San Luis II Etapa Mz B Lote 3 Nuevo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO: HECES.
CANTIDAD DE MUESTRA: 02 muestras x 20 ml. c/u.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: En placas petri.
FECHA DE RECEPCIÓN: 2016-07-06
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2016-07-06
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: 2016-07-06
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI: SS 001123-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor 6,25
Tratamiento 1	2,02
Tratamiento 3	2,04

METODOLOGIA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 06 del 2016.

DVY/jms


Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE

Rev. 04

Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

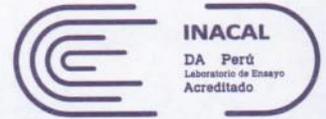
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N°LE- 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 2023-16

SOLICITADO POR : ESTHER NOEMI BRAVO RODRIGUEZ,
JESICA FIORELLA ORTEGA ROJAS.
DIRECCIÓN : San Luis II Etapa Mz B Lote 3 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : SNACK.
CANTIDAD DE MUESTRA : 06 muestras x 10,0 gr. c/u
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polipropileno biorientado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-07-06
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-07-06
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2016-07-09
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Microbiología.
CÓDIGO COLECBI : SS 001123-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Aerobios Mesófilos (UFC/g)
Tratamiento 1 (Fecha 1)	50re
Tratamiento 1 (Fecha 2)	50re
Tratamiento 1 (Fecha 3)	90re
Tratamiento 3 (Fecha 1)	20re
Tratamiento 3 (Fecha 2)	40re
Tratamiento 3 (Fecha 3)	14x10re

re : Recuento estimado.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Aerobios Mesófilos: ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. Editorial Acribia - España pág.:120 a 124. Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos: Métodos de Recuento en Placa. Método 1 (Recuento estándar en Placa).

OBSERVACIÓN : Referencia Normativa NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 Item V1.1

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados y toma de muestra realizados por COLECBI S.A.C.
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 09 del 2016.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 328
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO II: ANÁLISIS DE LAS HARINAS

Anexo 2.1: Caracterización químico proximal de las harinas

Anexo 2.1.1: Determinación de cenizas (residuo inorgánico por el método de incineración directa) AOAC, 7009, 14 th Edition 1984

Procedimiento

- ✓ Pesar el crisol, previamente en la mufla y enfriado en el desecador.
- ✓ Pesar en el crisol 1 g de muestra e incinerar en la cocinilla eléctrica hasta total carbonización.
- ✓ Colocar la muestra en la mufla y calcinar a 550 – 600 °C por 3 a 5 horas, hasta cenizas blancas o blanco grisáceo.
- ✓ Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en el desecador, enfriar 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el residuo.

Cálculo

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{P_2 - P_1}{m} \times 100$$

Donde:

P_1 : Masa de crisol vacío, en g.

P_2 : Masa del crisol más cenizas, en g.

m: Masa de la muestra, en g.

Anexo 2.1.2: Método de determinación de Grasa

- ✓ Se pesan de 3 a 5 g de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Agregar hexano hasta una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón (125 mil).
- ✓ Seguidamente se conecta a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifoneado arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo en cerrado, la velocidad de goteo de hexano debe ser 45 a 60 gotas por minuto. El proceso dura de 2 a 4 horas dependiendo del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí.
- ✓ El hexano se recibe en el balón previamente secado y tarado.
- ✓ Retirar el balón con el extracto etéreo cuando ya no contenga hexano. Evaporar el solvente permanente en el balón, con una estufa (30 minutos por 105°C), enfriar en una campana de desecación por un espacio de 30 minutos y pesar:

Cálculos

$$\mathbf{Grasa = \frac{(A_2 - A_1)}{m} \times 100}$$

Donde:

A_2 : Peso del balón con el hexano etéreo (g)

A_1 : Peso del balón vacío (g)

m: Peso de la muestra (g)

Anexo 2.3: Características fisicoquímicas

Anexo 2.3.1: Medición de Color

Procedimiento:

- ✓ Calibrar el colorímetro con el blanco.
- ✓ Determinar la luminosidad descrita por *L. El color negro representa una luminosidad de 0 mientras que el blanco representa una luminosidad de 100. Los parámetros de a* y b* se utilizan para evaluar la Cromacidad y el ángulo de tonalidad. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\text{Cromacidad} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg (b^*/a^*)$$

- ✓ Seleccionar el espacio de color en el cual se va realizar la lectura.
- ✓ Tomar una muestra y colocarlo al colorímetro.
- ✓ Realizar 3 lecturas de la muestra.
- ✓ Limpiar el objetivo del colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- ✓ Anotar los valores de los parámetros L*, a*, b*.

Anexo 2.3.2: Determinación de actividad de Agua

Procedimiento:

- ✓ Agregar aproximadamente 2-3 g de las muestras (molidas) sobre la cubeta del equipo, en este caso muestras de las cinco formulaciones diferentes.
- ✓ Colocar la cubeta dentro del equipo analizador de actividad de agua.
- ✓ Esperar unos minutos hasta que se han alcanzado las condiciones de estabilidad térmica requerida. El tiempo necesario para que esto ocurra es muy variable, dependiendo del alimento a medir, el tiempo puede oscilar entre pocos minutos hasta más de 1 hora.
- ✓ Luego anotar los resultados arrojados por el equipo.

ANEXO III: CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LOS SNACK

Anexo 3.1: Determinación del índice de absorción en agua y solubilidad

Método de Anderson y col., 1969

Procedimiento

- ✓ Tarar las cajas petri a 90°C por 4 horas ó a 75°C por una noche.
- ✓ Pesar 2.5 g de muestra en un tubo de centrífuga que contiene un agitador Magnético. Realizar el análisis por duplicado.
- ✓ Mientras se pesa las muestras, calentar 30 ml de agua destilada, a 30°C, y también tener el baño a temperatura controlada de 30°C.
- ✓ Agregar 30 ml de agua a cada tubo, y agitar bien en el equipo de agitación. En lo posible debe evitarse utilizar una varilla de vidrio.
- ✓ Incubar en el baño con agitación durante 30 minutos.
- ✓ Secar bien los tubos y ponerlos en la centrífuga.
- ✓ Centrifugar a 5000 rpm. durante 20 minutos.
- ✓ Después de centrifugar se deben tener separados el gel y el sobrenadante.
- ✓ Si no es así centrifugar por 10 minutos más a 6000 rpm.
- ✓ Decantar el sobrenadante en un tubo de centrífuga graduado y medir el volumen. No descartar el gel del tubo.
- ✓ Filtrar el sobrenadante.
- ✓ Descartar lo que queda en el papel filtro.
- ✓ Tomar 10 ml del filtrado y secar por 4 horas a 90°C en las cajas petri.
- ✓ Pesar el gel que quedó en el tubo.
- ✓ En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesar todo lo que queda en el tubo.

Realizar una Tabla donde se registran los siguientes valores:

- ✓ Nombre de la muestra
- ✓ Peso del tubo con agitador
- ✓ Peso de la muestra
- ✓ Volumen del sobrenadante
- ✓ Peso del tubo con el gel y agitador
- ✓ Peso de la caja petri tarada
- ✓ Peso de la caja petri con la muestra seca

Cálculos

Índice de absorción de agua (IAA)

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso de muestra (g)}}$$

Índice de solubilidad en agua (ISA)

$$ISA = \frac{\text{Peso del soluble (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} * 100$$

Anexo 3.2: Grado de gelatinización

Metodología descrita por Birch y Priestley (1973).

Procedimiento:

- ✓ Se pesa 0.04 g de almidón (base seca),
- ✓ Dispersarlos en 50ml de KOH 0.060 M
- ✓ Agitar durante 15 min la mezcla en una plancha magnética
- ✓ Centrifugar por 5 minutos a 3000xg
- ✓ Tomar una alícuota de 1ml mezclarla con 9ml de HCL 6.7 mM
- ✓ Agregar 100 uL de reactivo de yodo (1 g de yodo y 4 g de yoduro de potasio/100 ml de agua) mezclarlas.
- ✓ Leer las densidades ópticas a 600 nm (**a₁**).
- ✓ Repetir la determinación usando 50 ml de KOH a 0.4 M y 9 ml de HCL 0.0445 M para obtener la segunda densidad óptica (**a₂**).

Cálculo:

$$GG(\%) = \left(\frac{a_1}{a_2}\right) * 100$$

Anexo 3.2: Medición de la textura de los snacks

Procedimiento:

- Colocar una muestra de snack en el Texturómetro BrookField CT3 4500.
- Colocamos la punta probeta y presionar el botón de medición.
- Tomar la lectura de la fuerza necesaria para deformar el alimento en mJ.

ANEXO IV: FORMATO DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA DETERMINAR LA ACEPTABILIDAD

**ESCALA HEDONICA PARA MEDIR EL GRADO DE
ACEPTACION DE SNACKS**

Nombre..... Fecha: .../.../....

Indicaciones:

Evalúe los siguientes snacks en sus atributos de color, olor y sabor y su aceptabilidad general. Empiece evaluando primero el color, luego el olor, después el sabor y por último la textura.

Marque con un aspa donde corresponda.

1.- Evaluación de atributos

Muestra.....

ATRIBUTO	ESCALA HEDÓNICA				
	Muy desagradable	Desagradable	Regular	Muy agradable	Agradable
COLOR					
OLOR					
SABOR					
TEXTURA					

Muestra.....

ATRIBUTO	ESCALA HEDÓNICA				
	Muy desagradable	Desagradable	Regular	Muy agradable	Agradable
COLOR					
OLOR					
SABOR					
TEXTURA					

2.- Aceptabilidad general

MUESTRA	ESCALA HEDÓNICA				
	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta/ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
.....					
.....					

ANEXO V: CERTIFICADOS DE CALIDAD DEL GRANO DE QUINUA Y ARROZ



CERTIFICADO DE CALIDAD

Código: AC1867-16
Rev. 3

- I. DATOS DEL PRODUCTO
- PRODUCTO : QUINUA ENTERA
 MARCA : KOMILON
 LOTE : L01130716
 FECHA DE PRODUCCIÓN : 18/08/2016
 FECHA DE VENCIMIENTO : 18/02/2017

II. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Color	Característico
Olor	Característico, exento de olores extraños.
Sabor	Característico, exento de sabores extraños.
Impurezas	Exento de impurezas de origen animal, incluidos insectos vivos y/o muertos o en cualquiera de sus estados biológicos, o cualquier otro material extraño.

(*)Método de Ensayo: SAT-DT-02(2008).Evaluación Sensorial. Ensayo Físico Organoléptico

III. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PARÁMETROS	Unidad	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES(*)
Granos enteros	%	98.10%	Mínimo 90.00 %
Granos quebrados	%	0.70	Máximo 2.00 %
Granos dañados	%	0.01	Máximo 2.50 %
Granos germinados	%	0.10	Máximo 0.25 %
Granos recubiertos	%	0.05	Máximo 0.30 %
Granos inmaduros	%	0.08	Máximo 0.70 %
Impurezas totales	%	0.15	Máximo 0.3 %
Piedrecilla en 100g de muestra	U/100g	Ausencia	Ausencia
Granos contrastantes	%	0.05	Máximo 2.00 %
Insectos (enteros, partes o larvas)	%	Ausencia	Ausencia

(*)NTP205.062:2009 Quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Requisitos

IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

REQUISITO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN(*)
Humedad	11.5 %	Máximo 15 %
Saponina	Ausente	Ausente

(*)NTP205.062:2009 Quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Requisitos

V. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

ENSAYO	CÓDIGO: AC2023-15				
	1	2	3	4	5
Recuento de Mohos (UFC/g)*	6x10	8x10	7x10	6x10	8x10
Numeración de Aerobios Mesófilos Variables (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

(*)Método de Ensayo: ICMSF (1983) Vol.1, 2da. Ed, Pag.166-167, (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acribia) Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.

VI. PRESENTACIÓN

ENVASE PRIMARIO: Laminado BOPP-PEBD con impresión flexográfica de 500 g.
 ENVASE SECUNDARIO: Bolsa de polietileno de baja densidad.



Av. Los Sauces 227 Urb. Los Sauces - Ate Vitarte
 Teléfono: 326-4570 / Entel: 994223345
 Movistar: 990466906 / RPM: #566866 / Claro: 982509568

IMPORTACION EXPORTACION COMERCIALIZACION



CERTIPEZ

CERTIFICADO DE CALIDAD FÍSICO ORGANOLÉPTICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO N° 891-2016/N

I. DATOS DEL SERVICIO

N° DE SOLICITUD DE SERVICIO : 295-2016
 CLIENTE : RUFA E.I.R.L.
 RUC : 20524701881
 DIRECCIÓN : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PRODUCTO DECLARADO : ARROZ PILADO SUPERIOR
 REGISTRO SANITARIO DEL PRODUCTOR : E1510216N BRRFEI
 MARCA : MATHY
 LOTE : 120000 Kg (3000 sacos de polipropileno litografiado conteniendo 40 bolsas de polipropileno x 01 Kg c/u)

FECHA DE PRODUCCION : 10.10.2016
 FECHA DE VENCIMIENTO : 10.06.2017
 PRODUCTOR : Corporación Lon S.A.C.
 DIRECCION : Av. Los Sauces N° 227, Urb. Los Sauces, Ate, Lima, Lima
 ENVASADOR : RUFA E.I.R.L.
 DIRECCION : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PRESENTACIÓN DEL CONTENIDO : ARROZ PILADO SUPERIOR
 PRESENTACION DE LA MUESTRA : Bolsa de polipropileno
 FECHA DE MUESTREO : 20.10.2016
 LUGAR DE MUESTREO : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PLAN DE MUESTREO : NTP-ISO 24333:2013. Cereales y productos derivados. Muestreo. Fórmula de muestreo por incrementos.

CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras (8,000 Kg)
 N° DE MUESTRAS PARA ENSAYO : 02 muestras (4,000 Kg)
 N° DE MUESTRAS DIRIMENTES : 02 muestras (4,000 Kg)
 PRECINTO N° : 0009777, 0009781
 PERIODO DE CUSTODIA : 90 días
 TEMPERATURA DE MUESTREO : 24,6°C

II. INFORMACION DEL ENSAYO

FECHA DE RECEPCIÓN : 20.10.2016
 FECHA DE ENSAYO : Inicio: 20.10.2016 Término: 26.10.2016
 ENSAYO REALIZADO EN : Programa de vivienda Buenos Aires 2da. Etapa, Parcelación Semi-Rústica Mz F Lote 10A-1, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash.

III. RESULTADOS

N°	LOTE N°	FECHA DE PRODUCCION	FECHA DE VENCIMIENTO	CANTIDAD
01	101016	10.10.2016	10.06.2017	120000 Kg (120000 bolsas x 01 Kg c/u)

ENSAYOS	ANÁLISIS: FÍSICO ORGANOLÉPTICO		
	REQUERIDO	RESULTADOS	EVALUACION
Granos rojos (%)	0,5	0,20	Conforme
Granos tizosos totales (%)	4	1,70	Conforme
Granos tizosos parciales (%)	10	2,60	Conforme
Granos dañados (%)	0,5	0,20	Conforme
Mezcla varietal contrastante (%)	5,0	1,60	Conforme
Materias extrañas (%)	0,25	0,00	Conforme
Granos quebrados (%)	15	8,40	Conforme
Granos inmaduros (%)	0,05	0,00	Conforme
Color	Blanco	Blanco	Conforme
Grado de Lustre	Bien pulido o Moderadamente pulido	Bien pulido	Conforme
Olores y sabores	Exento de olores y sabores extraños	Exento de olores y sabores extraños	Conforme
Longitud	Mediano (De 6 a 7 mm)	Mediano (De 6 a 7 mm)	Conforme
Grado	2 (Superior)	2 (Superior)	Conforme
Observaciones: ---			



F-ENS-05 Rev. 09

Pág. 1/2

LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.

Programa de Vivienda Buenos Aires 2da. Etapa, Parcelación Semi-Rústica Mz. F Lote 10A-1, Nuevo Chimbote - Santa - Ancash
Teléfono: (51) 043-313923 - Fax: (51) 043-313923 - Celular: 978061789 - RPM #978061789 Web : www.certipez.com.pe



CERTIPEZ

CERTIFICADO DE CALIDAD FÍSICO ORGANOLÉPTICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO N° 891-2016/N

ENSAYOS	ANÁLISIS: QUÍMICOS		
	REQUERIDO	LOTE N° 101016 RESULTADOS	EVALUACION
Humedad (%)	Máximo 14%	13,32	Conforme
Observaciones: --			

ENSAYOS	ANÁLISIS: MICROBIOLÓGICO											EVALUACION
	LOTE N° 101016											
	REQUERIDO					RESULTADOS						
	Cate- goría	Clase	n	c	m	M	n1	n2	n3	n4	n5	
Recuento de Mohos (UFC/g) (*)	2	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	Conforme
Observaciones: Muestras evaluadas n = 5												
(*) Recuento estimado.												

MÉTODOS DE ENSAYO:

Evaluación Sensorial: NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). Análisis Sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. Numeral 6.3.2. Escala Discreta.

Análisis Físicos: NTP 205.011:2014. Arroz. Arroz elaborado. Requisitos.

Humedad: NTP 205.002:1979 (Revisada el 2011) Cereales y menestras. Determinación del contenido de humedad. Método usual.

Recuento de Mohos: ICMSF (Traducción 2000). Volumen I. 2da Edición. Editorial Acribia. España. Pág.: 166-167. Método de Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

IV. CONCLUSIONES

El producto analizado "ARROZ PILADO SUPERIOR" CUMPLE con los requisitos de las Fichas Técnicas de Alimentos del Servicio Alimentario del Programa Nacional de Alimentación escolar Qali Warma - 2016, Revisión N° 04, para el ARROZ PILADO SUPERIOR, con la NTP 205.011:2014 Arroz. Arroz elaborado. Requisitos y con la R.M. N° 591-2008/MINSA "Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano" (Criterio V.1).

Certificado emitido en base a los resultados de los Informes de Ensayo N° 555-2016, 256-2016/N.

Nuevo Chimbote, 26 de Octubre de 2016.

LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.


 BLANCA SALINAS ALAVEDRA
 CIP 17623
 RESPONSABLE AREA TECNICA

ESTE CERTIFICADO SOLO ES VALIDO, PARA LOS REQUISITOS SEÑALADOS EN ÉL, NO PUDIENDO VINCULARSE IMPLÍCITAMENTE O EXPLÍCITAMENTE A OTRAS CARACTERÍSTICAS QUE NO SE SEÑALEN, NO PUDIENDO EXTENDERSE LAS CONCLUSIONES A OTRO LOTE. EL PRESENTE DOCUMENTO ES NULO CUANDO SE REALIZA CORRECCIONES O ENMENDADURAS. EL TIEMPO DE VIGENCIA DEL PRESENTE CERTIFICADO ES DE 90 DÍAS CALENDARIOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN. QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE CERTIFICADO SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA CON LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.Y EL CLIENTE. SE PERMITE EL USO DE ESTE DOCUMENTO, EL LOGOTIPO, LOS NOMBRES DE LA INSTITUCIÓN CON FINES PUBLICITARIOS, SÓLO CON AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE.058



Registro N° LE-058

INFORME DE ENSAYO N° 555-2016

I. DATOS DEL SERVICIO

N° DE SOLICITUD DE SERVICIO: 295-2016
 CLIENTE: RUFA E.I.R.L.
 RUC: 20524701881
 DIRECCIÓN: Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PRODUCTO DECLARADO: ARROZ PILADO SUPERIOR
 REGISTRO SANITARIO DEL PRODUCTOR: E1510216N_BRRFEI
 MARCA: MATHY
 LOTE: 120000 Kg (3000 sacos de polipropileno litografiado conteniendo 40 bolsas de polipropileno x 01 Kg c/u)
 FECHA DE PRODUCCION: 10.10.2016
 FECHA DE VENCIMIENTO: 10.06.2017
 PRODUCTOR: Corporación Lon S.A.C.
 DIRECCION: Av. Los Sauces N° 227, Urb. Los Sauces, Ate Lima, Lima
 ENVASADOR: RUFA E.I.R.L.
 DIRECCION: Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PRESENTACION DEL CONTENIDO: ARROZ PILADO SUPERIOR
 PRESENTACION DE LA MUESTRA: Bolsa de polipropileno
 FECHA DE MUESTREO: 20.10.2016
 LUGAR DE MUESTREO: Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
 PLAN DE MUESTREO: NTP-ISO 24333:2013. Cereales y productos derivados. Muestreo. Fórmula de muestreo por incrementos.
 CANTIDAD DE MUESTRA: 04 muestras (8,000 Kg)
 N° DE MUESTRAS PARA ENSAYO: 02 muestras (4,000 Kg)
 N° DE MUESTRAS DIRIMENTES: 02 muestras (4,000 Kg)
 PRECINTO N°: 0009777 - 0009781
 PERIODO DE CUSTODIA: 90 días
 TEMPERATURA DE MUESTREO: 24,6°C

II. INFORMACION DEL ENSAYO

FECHA DE RECEPCION: 20.10.2016
 FECHA DE ENSAYO: Inicio: 20.10.2016 Término: 26.10.2016
 ENSAYO REALIZADO EN: Programa de vivienda Buenos Aires 2da. Etapa, Parcelación Semi-Rústica Mz F Lote 10A-1, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash.

III. RESULTADOS

N°	LOTE N°	FECHA DE PRODUCCION	FECHA DE VENCIMIENTO	CANTIDAD
01	101016	10.10.2016	10.06.2017	120000 Kg (120000 bolsas x 01 Kg c/u)

ANÁLISIS: FISICO ORGANOLEPTICO

ENSAYOS	LOTE N° 101016
Granos rojos (%)	0,20
Granos tizosos totales (%)	1,70
Granos tizosos parciales (%)	2,60
Granos dañados (%)	0,20
Mezcla varietal contrastante (%)	1,60
Materias extrañas (%)	0,00
Granos quebrados (%)	8,40
Granos inmaduros (%)	0,00
Color	Blanco
Grado de Lustre	Bien pulido
Olores y sabores	Exento de olores y sabores extraños
Longitud	Mediano (De 6 a 7 mm)
Grado	2 (Superior)
Observaciones: ---	

ANÁLISIS: QUIMICOS

ENSAYOS	LOTE N° 101016
Humedad (%)	13,32
Observaciones: ---	



F-ENS-05 Rev. 09

Pág. 1/2

LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.

Mz. F Lote 10A-1 Urb. Semi Rústica, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash - www.certipez.com.pe
 Teléfono: (51) 043-313923 - Fax: (51) 043-313923 - Celular: 950994008 - RPM: #950994008

INFORME DE ENSAYO N° 555-2016

MÉTODOS DE ENSAYO:

Evaluación Sensorial: NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). Análisis Sensorial: Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. Numeral 6.3.2. Escala Discreta.
Análisis Físicos: NTP 205.011:2014. Arroz. Arroz elaborado. Requisitos.
Humedad: NTP 205.002:1979 (Revisada el 2011) Cereales y menestras. Determinación del contenido de humedad. Método usual.

Nuevo Chimbote, 26 de Octubre de 2016.

LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.

Blanca Salinas Alavedra

BLANCA SALINAS ALAVEDRA
CIP 17623

RESPONSABLE AREA TECNICA

ESTE DOCUMENTO SÓLO TIENE VALIDEZ PARA LA MUESTRA DESCRITA, POR UN PERIODO DE 90 DÍAS CALENDARIOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN DEL DOCUMENTO, NO PUDIENDO EXTENDERSE LOS RESULTADOS INDICADOS A NINGUNA OTRA UNIDAD O LOTE.
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE.
DENOMINACIÓN QUE ES DECLARADA POR EL SOLICITANTE.
QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DE LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.



CERTIPEZ

INFORME DE ENSAYO N° 256-2016/N

I. DATOS DEL SERVICIO

N° DE SOLICITUD DE SERVICIO : 295-2016
CLIENTE : RUFA E.I.R.L.
RUC : 20524701881
DIRECCIÓN : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
PRODUCTO DECLARADO : ARROZ PILADO SUPERIOR
REGISTRO SANITARIO DEL PRODUCTOR : E1510216N BRRFEI
MARCA : MATHY
LOTE : 120000 Kg (3000 sacos de polipropileno litografiado conteniendo 40 bolsas de polipropileno x 01 Kg cu)
FECHA DE PRODUCCION : 10.10.2016
FECHA DE VENCIMIENTO : 10.06.2017
PRODUCTOR : Corporación Lon S.A.C.
DIRECCION : Av. Los Sauces N° 227, Urb. Los Sauces, Ate, Lima, Lima
ENVASADOR : RUFA E.I.R.L.
DIRECCION : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
PRESENTACION DEL CONTENIDO : ARROZ PILADO SUPERIOR
PRESENTACION DE LA MUESTRA : Bolsa de polipropileno
FECHA DE MUESTREO : 20.10.2016
LUGAR DE MUESTREO : Av. Universitaria N° S/N, Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash
PLAN DE MUESTREO : NTP-ISO 24333:2013. Cereales y productos derivados. Muestreo. Fórmula de muestreo por incrementos.
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras (8,000 Kg)
N° DE MUESTRAS PARA ENSAYO : 02 muestras (4,000 Kg)
N° DE MUESTRAS DIRIMENTES : 02 muestras (4,000 Kg)
PRECINTO N° : 0009777, 0009781
PERIODO DE CUSTODIA : 90 días
TEMPERATURA DE MUESTREO : 24,6°C

II. INFORMACION DEL ENSAYO

FECHA DE RECEPCIÓN : 20.10.2016
FECHA DE ENSAYO : Inicio: 20.10.2016 Término: 26.10.2016
ENSAYO REALIZADO EN : Programa de vivienda Buenos Aires 2da. Etapa, Parcelación Semi-Rústica Mz F Lote 10A-1, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash.

III. RESULTADOS

N°	LOTE N°	FECHA DE PRODUCCION	FECHA DE VENCIMIENTO	CANTIDAD
01	101016	10.10.2016	10.06.2017	120000 Kg (120000 bolsas x 01 Kg cu)

ENSAYOS	ANÁLISIS: MICROBIOLÓGICO				
	LOTE N° 101016				
	n1	n2	n3	n4	n5
Recuento de Mohos (UFC/g) (*)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Observaciones: Muestras evaluadas n = 5					

(*) Recuento estimado.

MÉTODO DE ENSAYO:

Recuento de Mohos: ICMSF (Traducción 2000). Volumen I. 2da Edición. Editorial Acribia. España. Pág.: 166-167. Método de Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

Nuevo Chimbote, 26 de Octubre de 2016.

LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.

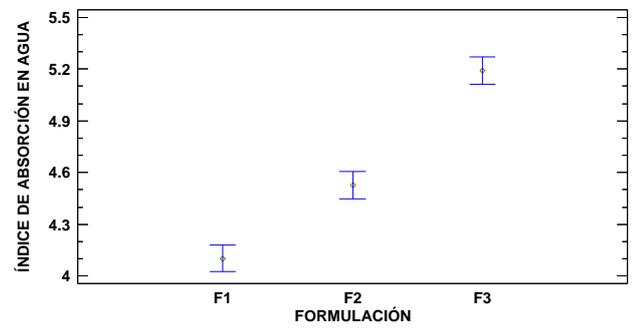
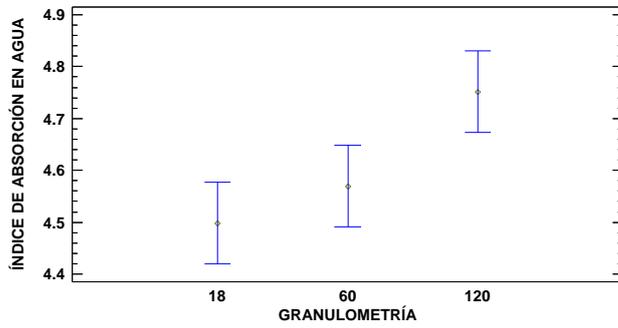
[Firma]
BLANCA SALINAS ALAVEDRA
CIP 17623

RESPONSABLE AREA
TECNICA

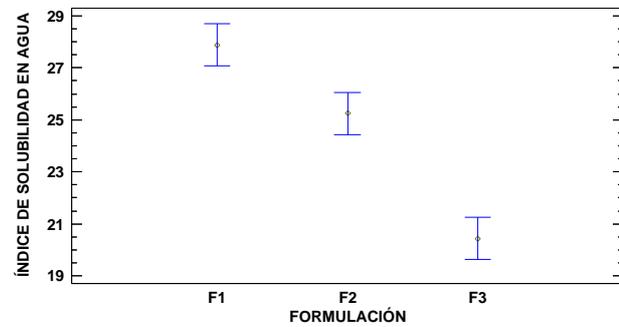
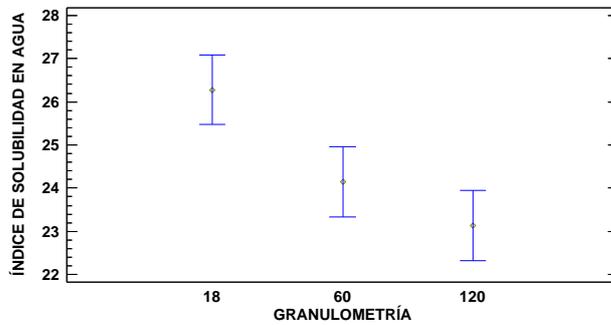
ESTE DOCUMENTO SÓLO TIENE VALIDEZ PARA LA MUESTRA DESCRITA, POR UN PERIODO DE 90 DÍAS CALENDARIOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN DEL DOCUMENTO, NO PUDIENDO EXTENDERSE LOS RESULTADOS INDICADOS A NINGUNA OTRA UNIDAD O LOTE.
LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE.
 DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO ES DECLARADA POR EL SOLICITANTE.
 QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DE LABORATORIO CERTIPEZ E.I.R.L.

ANEXO VI. GRÁFICAS DE MEDIAS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS A LOS SNACKS

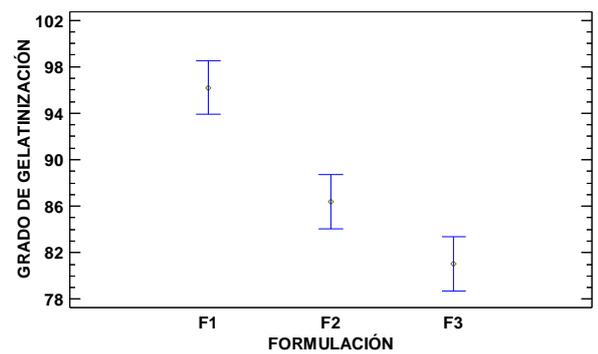
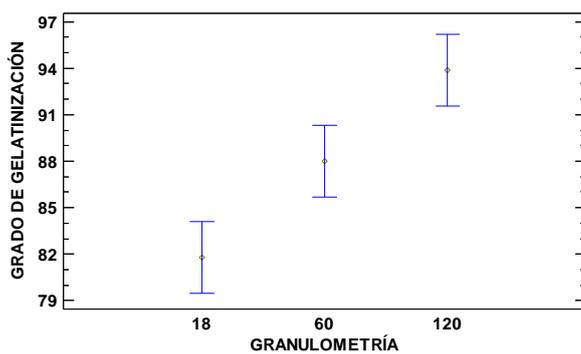
➤ Índice de absorción en agua de los snacks extruidos (IAA)



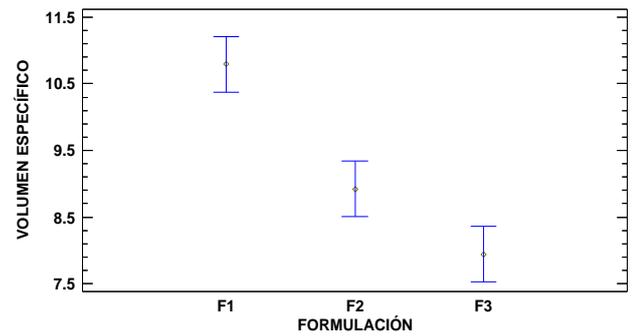
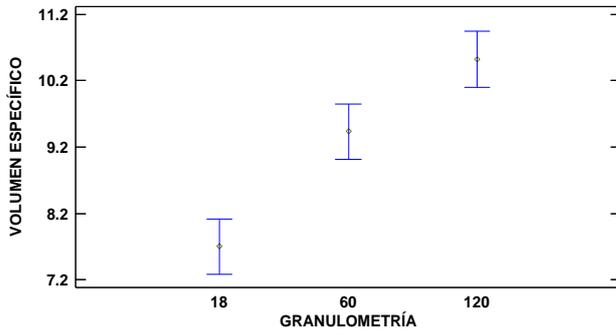
➤ Índice de solubilidad en agua de los snacks extruidos (ISA)



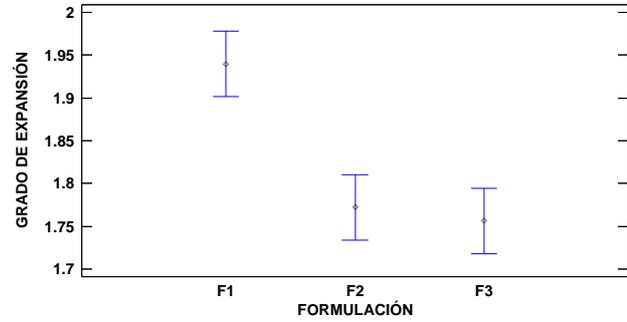
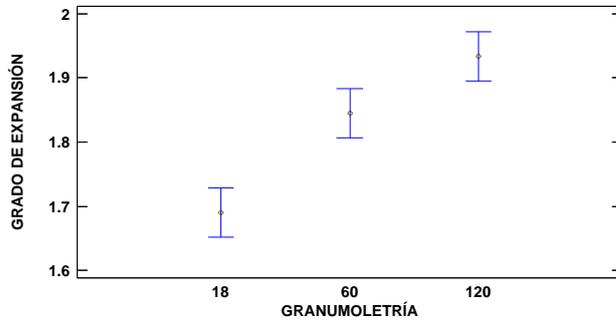
➤ Grado de gelatinización de los snacks extruidos (GG)



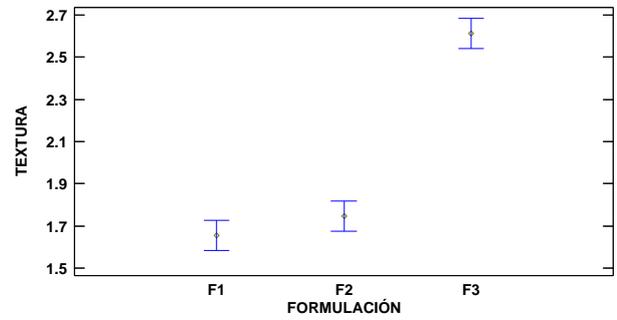
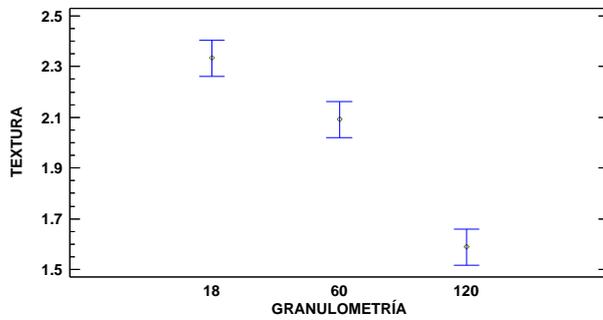
➤ **Volumen específico de los snacks extruidos**



➤ **Grado de expansión de los snacks extruidos**



➤ **Grado de expansión de los snacks extruidos**





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



I. DATOS GENERALES (PRE GRADO):

1.1. UNIVERSIDAD:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

1.2. ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

1.3. TITULO DE TRABAJO:

“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.*)”

1.4. AREA DE INVESTIGACION:

EXPERIMENTAL Y APLICADO

1.5. AUTORES:

DNI: 45737434, BRAVO RODRIGUEZ ESTHER NOEMÍ

DNI: 73908987, ORTEGA ROJAS JESICA FIORELLA

1.6. TITULO PROFESIONAL AL QUE CONDUCE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

1.7. AÑO DE APROBACION DE LA SUSTENTACION:

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



II. CONTENIDO DEL RESUMEN:

2.1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO:

2.1.1. Objetivo de la Investigación:

El objetivo de esta investigación es estudiar el efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (*Oryza sativa L.*), quinua (*Chenopodium Quinoa*) y torta desgrasada de chía (*Salvia hispánica L.*). Previamente las materias primas serán molidas y tamizadas, trabajando a tres granulometrías (N° malla 18, 60 y 120) y tres formulaciones (50% A, 40% Q, 10% TDC / 45% A, 42% Q, 13% TDC / 40% A, 45% Q, 15% TDC).

El snack se obtendrá mediante el proceso de extrusión y se seleccionarán los mejores tratamientos mediante las características funcionales y análisis sensorial, para luego ser caracterizados fisicoquímicamente, determinar su vida útil y valor biológico.

2.1.2. Formulación del Problema:

¿Cuál es el efecto de la granulometría y formulación en la calidad integral de un snack extruido a base de arroz (*Oryza sativa L.*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y torta desgrasada de chía (*Salvia hispanica L.*)?



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



2.2. OBJETIVOS:

2.2.1. Objetivo General:

Evaluar el efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack a base de arroz (*Oryza sativa L.*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y torta desgrasada de chía (*Salvia hispanica L.*).

2.2.2. Objetivos Específicos:

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de arroz, harina de quinua y harina de torta desgrasada de chía.
- Determinar la calidad tecnológica mediante las características funcionales del snack extruido: índice de absorción en agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), grado de gelatinización (GG), volumen específico, grado de expansión y textura instrumental.
- Evaluar la calidad sensorial: color, olor, sabor, textura de los snacks extruidos.
- Evaluar la calidad nutricional mediante análisis proximal y evaluación biológica de los mejores tratamientos.
- Determinar la calidad sanitaria mediante análisis microbiológico a los mejores tratamientos
- Determinar la vida útil de los mejores tratamientos.

2.3. HIPOTESIS:

Mediante pruebas exploratorias planteamos que el snack extruido obtenido con granulometría intermedia (N° de malla 60) y con la



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



formulación de mayor contenido en torta desgrasada de chía (15%) y quinua (45%), y menor en arroz (40%) será de mejor calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional.

2.4. MARCO TEORICO:

Los snacks son alimentos que pueden ser consumidos en lugar de, o entre comidas. Son convenientes porque están listos para su consumo. Los snacks dan variedad a la dieta lo que explica parcialmente su popularidad. Estos frecuentemente reciben críticas por sus altos niveles de sal, azúcar y grasa por lo que parecen ser perjudiciales nutricionalmente cuando son consumidos regularmente como reemplazo de la comida tradicional. Sin embargo, algunos snacks pueden ser muy nutritivos cuando están hechos de frutas, leguminosas o cereales. También debería mencionarse que el consumo de snacks no necesariamente con lleva problemas de salud como obesidad, pues la causa es una dieta no balanceada con exceso de grasa, azúcar y sal. Por lo tanto, si los snacks son parte de una dieta variada, pueden ser una importante fuente de grasas y energía, particularmente para los sectores pobres de la sociedad cuya dieta puede ser deficiente en estos nutrientes (FAO, 2010).

Algunos de los snacks que se encuentran en el mercado, son elaborados mediante el proceso de extrusión, el cual consiste en el moldeado o conformación de una sustancia blanda o plástica mediante tratamiento por calor y fuerzas de corte y fricción mecánicas, hasta hacerla pasar por un orificio con forma especial para conseguir una estructura y características del producto terminado. Este proceso combina operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, y el moldeo. Su empleo más extendido es en el tratamiento de materias primas agrícolas, principalmente cereales, o sus transformados (Callejo, 2002).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



La tecnología de la extrusión proporciona varias ventajas sobre los métodos tradicionales de procesamiento de alimentos ya que proporciona diferentes formas, texturas, colores y apariencias, todas ellas obtenidas mediante pequeños cambios en el equipo mismo y en las condiciones de procesamiento. Además, hay un mejoramiento en la calidad del producto sobre otros procesos debido a que la cocción se realiza en un tiempo muy corto y tiene lugar una menor destrucción de los ingredientes sensibles al calor (Guy, 2002).

Mediante el proceso de extrusión se pueden realizar distintos tipos de productos, uno de ellos son los productos extruidos expandidos los cuales pueden combinar una amplia gama de ingredientes que dan como resultado diferentes tipos de snacks. Para extruidos expandidos, generalmente, la combinación de ingredientes contiene altos niveles de almidón lo que maximiza la expansión del producto final. Niveles totales de almidón de 60% o menos, podría resultar en una menor expansión del producto final. De manera general, en el proceso de extrusión los ingredientes son previamente mezclados y acondicionados para luego pasar al extrusor donde son cocidos. Es importante que los materiales tengan un adecuado grado de hidrólisis para maximizar la expansión del producto final. Una buena cocción durante la extrusión está definida por la combinación de temperatura, tiempo de residencia y contenido de humedad, entre otros, para gelatinizar por completo el almidón. El producto viscoelástico que se forma durante el proceso es moldeado al pasar por dados que le dan una forma específica y finalmente son expandidos debido a un diferencial de presión al salir del extrusor. Los productos, una vez expandidos, son sazonados con sal y/o varias especies, empacados y vendidos como productos listos para el consumo (Huber, 2001).

La quinua perlada es el grano entero obtenido del escarificado o desaponificado del grano de quinua. Se utiliza directamente en la



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



elaboración de guisos tradicionales o indirectamente para la elaboración de harinas, hojuelas y expandidos (Falcón & Riveros, 2011).

La industria alimentaria de diversos países, incluyendo Reino Unido, Canadá, Chile, Australia, Nueva Zelanda y México, utilizan la semilla de chía o su aceite en la elaboración de productos tales como cereales para el desayuno, jugos de frutas, tortas, yogur, entre otros. (BORNEO et. al., 2010).

2.5. CONCLUSIONES:

- La harina de torta desgrasada de chía está compuesta por $4.0200 \pm 0.0071\%$ de humedad, $22.3900 \pm 0.0568\%$ de proteínas, $5.9358 \pm 0.0013\%$ de cenizas, $7.8366 \pm 0.0008\%$ de grasa, $21.1073 \pm 0.0471\%$ de carbohidratos y $38.7103 \pm 0.0292\%$ fibra. La harina de quinua está compuesta por $11.6667 \pm 0.0416\%$ de humedad, 11.8900 ± 0.0713 de proteínas, $1.7168 \pm 0.0007\%$ de cenizas, $0.3003 \pm 0.0001\%$ de grasas, $70.0995 \pm 0.0356\%$ de carbohidratos y $4.3268 \pm 0.0437\%$ de fibra. La harina de arroz está compuesto por $11.9800 \pm 0.0586\%$ de humedad, $7.3200 \pm 0.0081\%$ de proteínas, $0.3710 \pm 0.0001\%$ de cenizas, $0.3420 \pm 0.0003\%$ de grasa, $79.0326 \pm 0.0632\%$ de carbohidratos y $0.9544 \pm 0.0035\%$ de Fibra. Los valores de la harina de quinua y harina de arroz están de acuerdo a los requisitos establecidos en las normas técnicas peruanas de cada harina mencionada; además, la harina de torta desgrasada de chía cumple con los requisitos dados en el reglamento bromatológico uruguayo.
- La calidad tecnológica se ve influenciada por la granulometría y formulación. La menor granulometría así como la formulación con mayor cantidad de harina de arroz mejoran las características tecnológicas del snack. Se ha demostrado que el índice de absorción, índice de solubilidad, grado de gelatinización, volumen específico,



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



grado de expansión y textura instrumental muestran los mejores valores; con significación de 5%, en la granulometría más fina de 0.125 mm así mismo como en la formulación con mayor contenido de arroz F1.

- La calidad sensorial es influenciada por la granulometría y formulación puesto que existe diferencia estadística significativa a nivel de 5% en los atributos color y olor; determinando que los mejores tratamientos son T1 y T3; de 1mm - F1 y 0.125mm - F1 respectivamente, presentan las puntuaciones más altas de entre los demás tratamientos.
- De la evaluación de la calidad nutricional se señaló que el tratamiento T3 tiene contenido proteínico, lipídico y de cenizas más altos con significación de 5% comparado con el tratamiento T1. El tratamiento T3 presenta $1.898 \pm 0.0063\%$ de cenizas, $11.2900 \pm 0.6100\%$ de proteína, $1.4366 \pm 0.0135\%$ de grasa, $7.7400 \pm 0.4536\%$ de humedad, $70.6977 \pm 2.1081\%$ de carbohidratos, $6.9377 \pm 0.3452\%$ de fibra total y 340.8804 ± 1.6537 Kcal. Además, T3 tiene los índices biológicos más altos al 5% de significancia con 2.6382 ± 0.2348 de PER, $81.9309 \pm 1.5513\%$ de CDA, $72.0000 \pm 0.6425\%$ de VB.
- La calidad sanitaria indicó un recuento de aerobios mesófilos inferior 10^4 a 35 días de almacenamiento en los mejores tratamientos seleccionados T1 y T3, estando dentro del límite máximo permitido en la Norma Sanitaria N°591-2008-MINSA.
- De la estimación de vida útil se determinó que T1 tiene una mayor durabilidad comparado con T3, 35 y 20 días respectivamente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



2.6. RECOMENDACIONES:

- Determinar la temperatura de gelatinización de las mezclas a extruir, de esta manera se obtendrá el perfil de °T más adecuado para llevar a cabo la extrusión.
- Adecuar bien las jaulas en las determinaciones biológicas puesto que es importante realizando ajustes o mejoras en la infraestructura para evitar contratiempos.
- Realizar una optimización de los factores para determinar el tratamiento óptimo, teniendo en consideración los resultados del presente estudio, que el snack de mejor calidad se encuentra a granulometrías finas y con mayor contenido de arroz.
- Ejecutar un estudio de factibilidad para la elaboración del snack con tratamiento óptimo.
- Considerar la evaluación de una mezcla apteica en las ratas para poder calcular el coeficiente de Digestibilidad Real.
- Secar el producto luego de extruirlo para poder bajar la actividad de agua en este y así aumentar su vida útil.
- Realizar estudios de optimización de vida útil del snack extruido considerando como parámetros de medición a la textura sensorial y/o instrumental.
- Obtener el perfil de AA propio de cada materia prima y formulaciones mediante su determinación por HPLC.
- Realizar la medición de índice de absorción en agua e índice de solubilidad en agua, no sólo en este líquido sino también en leche, puesto que son alimentos no sólo de consumo directo sino que también se suelen consumir con compañía de productos lácteos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Ablan, E. (2000). *Políticas de Calidad en el Sistema Agroalimentario Español*. Venezuela: Agroalimentaria.
- Akalu, G., Tufvesson, F., Johnsson, G., & Nair, M. (1998). *Physico-chemical characteristics and functional properties of starch and dietary fiber in grass pea seeds*. Starch/Stärke 50.
- Allen, K., Carpenter, C., & Walsh, M. (2007). *Influence of protein level and starch type on extrusion - expanded whey product*. International Journal of Food Science and Technology.
- Altamirano, D. (2014). *Determinación de la Calidad de Proteínas Alimentarias*. Trujillo.
- Álvarez, M., Pavón, J., & Von Rüte, S. (2002). *La Quinua hacia su cultivo comercial*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- American Heart Association. (1999). *Functional Foods: positions of ADA*.
- Ayala, G., Ortega, L., & Morón, C. (2001). *Valor Nutritivo y Usos de la Quinua*.
- Ayerza, R. (. (1995). *Oil Content and Fatty Acid Composition of Chia (Salvia hispanica L.) from Live Borthwestern Locations in Argentina*.
- Ayerza, R. (., & Coates, W. (2004). *Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (Salvia hispanica L.) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America*.
- Ayerza, R. (., & Coates, W. (2006). *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas* (Primera edición ed.). Buenos Aires.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Barbosa, J. R., Beltrame, S. C., Bragatto, M. M., Débia, J. G., Bolanho, B. C., Dalva, E., & Danesi, G. (2011). *Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subproductos agroindustriais*. *Revista Tecnológica*, 21-28.
- Belitz, A., & Grosch, W. (1997). *Química de los Alimentos* (Tercera Edición ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2000). *Tecnología de Polímeros*.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Beta, T., Corke, H., Rooney, W., & Taylo, R. (2001). *Starch properties as affected by sorghum grain chemistry*. Journal of Science Food and Agriculture.
- Biliaderis, C. (1991). *The structure and interactions of starch with food*. Canadian Journal of Physiological Pharmacology.
- Biliaderis, C. G. (1991). *The structure and interactions of starch with food constituents*. Journal of Physiology and Pharmacology.
- Brennan, J. G. (2008). *Manual del proceso de alimentos*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Brown, J. (2003). Chía, seed and meal data. *International Flora Technologies*.
- Bukart, A. (1979). Flora Ilustrada de entre Ríos (Argentina). *Colección Científica INTA*, 5, 606.
- Cadena, C., & Yáñez, S. (2010). *Elaboración de un snack extruido expandido: a base de chocho y gritz de maíz*. Quito.
- Cahill, J. (2005). *Human selection and domestication of chía (Salvia hispanica L.)* (Vol. Gen Res Crop 51).
- Calvo, M. (2014). Obtenido de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>
- Cardellá, L. (2007). *Bioquímica Humana*.
- Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, E. (2001). *Valor Nutricional y Usos de la Quinoa (Chenopodium quinoa) y de la Kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*.
- Carvalho, A., Marçal de Vasconcelos, A., Silva, P., Assis, G. T., & Ramirez, J. L. (2010). *Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha*. Lavras: Ciênc. agrotec.
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). *Fabricación de Pan*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). *Fabricación de Pan*. (A. S.A., Ed.)
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., Romero, N., & Arcos, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulación y aceptabilidad. *Scielo*.
- Cheftel, J. (1977). *Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos*. España: Acribia.
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de Extracción de Almidón de Yuca por Vía Seca. *Revista Boliviana de Química*, 1(24).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Código Alimentario Argentino*. (2008). Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.
- Collazos, C., White, P., White, H., & Viñas, E. (1993). *Tablas Peruanas de composición de Alimentos*. Lima: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.
- Conde, P. (2003). *he structure and texture of starch-based foods*. In: *Texture in food* (Vol. I). McKenna.
- Da Silva, J., Gonçalves, J., De Sousa e Silva, N., Ribeiro, M., & De Paula, C. (2013). Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 305-319.
- Da Silva, J., Ribeiro, M., De Paula, C., Leite, D., & Paes, J. B. (2011). Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. 83-96.
- Dandy, D., & Dobraszcyk, B. (2001). *Cereales y Productos derivados*. Acribia SA.
- Desrumaux, A., Bouvier, J., & Burri, J. (1998). Corn grits particle size and distribution effects on the characteristics of expanded extrudates. *Journal of Food Science*, 63(5), 857-863.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C. (2008). Recuperado el 03 de 03 de 2016, de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/3AM24.htm>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2009). *Autorización de la comercialización de semillas de chía (Salvia hispanica) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo*.
- ESPGAN. (1977). *Guidelines on infant nutrition*. I. Recommendations for the composition of an adapted formula, Committee on Nutrition.
- Espinoza, E. (2003). *Evaluacion sensorial de los alimetos* (primera ed.). Tacna, Perú.
- Falcón, R., & Riveros, E. (2011). *Análisis Comparativo de las Exportacions de la Quinoa de Perú y Bolivia, 2005 - 2010*. Universidad San Martín de Porres, Lima.
- FAO. (1973). *Energy and Protein Requirements*. Rome.
- FAO. (2000). *Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación*. Santiago de Chile.
- FAO. (2010). Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s02.pdf>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- FAO. (2011). Recuperado el 2 de Marzo de 2015, de fao:
<http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- FAOSTAT. (2015). Recuperado el 19 de Julio de 2016, de
<http://faostat3.fao.org/home/E>
- Felicitas Hevia, H., Rosemarie Wilckens, E., Marisol Berti, D., & Ricardo Badilla, B. (2011). Obtenido de http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-880220010001000006&script=sci_arttext
- Fennema, O. R. (1993). *Química de los alimentos* (Segunda Edición ed.). Saragoza, España: Acribia S.A.
- Fennema, O. R., Damodaran, S., Parkin, K., & Sanz, B. (2010). *Fennema química de los Alimentos*.
- Fernández, G., Martínez, E., Bustos, F., & Orea, A. (2004). *Physicochemical properties of casein–starch interaction obtained by extrusion process*. Starch/Starke.
- Fontúrbel, F. (2004). *Problemática de la Producción y comercialización de Chenopodium quinoa W., debido a la presencia de las saponinas*.
- Gallardo, M., Gonzales, A., & Ponessa, G. (1997). *Morfología del fruto y semilla de Chenopodium quinoa Willd.(Quinoa)* (Primera Edición ed.). Lilloa.
- Garber, B., Hsieh, F., & Huff, H. (1997). *Influence of Particle Size on the Twin-Screw Extrusion of Corn Meal*. American Association of Cereal.
- García, A., Jiménez, E., Martín, N., Bravo, L., & Saura, F. (1999). *Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch*. Food Chemistry.
- García, M. (2008). Recuperado el 13 de Febrero de 2016, de
<http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- Giraldo, I. (1999). *MÉTODOS DE ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL DE LOS*.
- Gómez, P. (2013). *Obtención de Productos directamente expandidos por Extrusión y Botanas de 3° generación a base de Chía y Almidón de Maíz Resistente AR4*.
- González, F. J. (1985). *El Arroz: Origen, Taxonomía y Anatomía de la Planta de Arroz (Oryza sativa L.)*. Investigación y Producción. (J. Tascón, & D. García, Edits.)
- González, R., Osella, C., & Gordo, N. (1996). Parámetros indicadores del tratamiento térmico en porotos de soja desactivados. (L. Serena, Ed.) *Información Tecnológica*, 119-124.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- González, R., Torres, R. L., & De Greef, D. (2002). Extrusión-Cocción de Cereales. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2(36), 104-105.
- Gramene. (2007). Recuperado el 2016, de http://www.gramene.org/species/oryza/rice_taxonomy.html
- Guy, R. (2002). *Extrusión de Alimentos: Tecnología y Aplicaciones*. España: Acribia S.A.
- Harper, J. (1981). *Extrusion Food*. Florida.
- Harper, J. (1992). Desarrollo Histórico de la Extrusión. *Memorias del Seminario Taller sobre Extrusión de Alimentos*, 4. Quito, Ecuador.
- Hough, G., Langohr, K., Gomez, G., & Curia, A. (2003). ANALLISIS DE SUPERVIVENCIA APLICADO A LA VIDA UTIL SENSORIAL DE ALIMENTOS. *FOOD SCIENCE*, 63.
- INEI. (2012). Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
- Institute of Medicine. (2002). *Dietary Referente Intakes for Energy, Carbohydrat, Fiber, Fat, Fatty Acids Choisterol, Proteín and amino Acids*. Prepublication Copy, Food and Nutrition Borrada, Washington, D. C.
- Instituto Nacional de Alimentos, Argentina. (2003). *Análisis fisicoquímicos de semillas de chíá*. Buenos Aires.
- ITINTEC. (1998). Leguminosas de Granos Alimenticios. En *ITINTEC 205.015* (pág. 7). Lima.
- Iturbe, A. (2008). Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Cereales_23038.pdf
- Ixtaina, V. (2010). *Caracterización de la Semilla y el Aceite de Chíá (Salvia hispanica L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en Tecnología de Alimentos*. Tesis Doctoral, Buenos Aires.
- Jeanet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2010). Ciencia de los Alimentos.
- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, E. (1995). Effects of soy fiber, salt, sugar, and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. *Journal of Cereal Science* 22, 185-194.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, H. (1995). *Effects of soy fiber, salt, sugar, and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate* (Vol. 22). (J. o. Science, Ed.)
- Kameco, J. (2005). *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 para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Kin, Y. (2000). Impacto of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Aga technical review*.
- Kokini, J., Chang, C., & Lai, L. (1992). The role of rheological properties on extrudate expansion. (J. Kokini, & C.-T. K. Ho, Edits.) *Food extrusion science and technology*.
- Konopacka, S. (2002). “*Journal of Food Science*”.
- Koziot, M. (2002). *Composición Química, La Quinua su cultivo comercial*. INIA.
- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y Bromatología*. España: Omega.
- Labuza. (2000).
- Lai, L. S., & Kokini, J. L. (1991). *Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion*. *Biotechnology Progress* 7.
- Larmond, E. (1977). *Metodos de laboratorio para la evaluacion sensorial de alimentos*. Canada: Ottawa.
- Layango, H., Valverde, K., & Mayaute, Y. (2015). *Evaluación de la Goma de Tara como retenedor de Humedad en una Premezcla de Pan de Molde*. Callao: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Lee, S., Prosky, L., & Tanner, J. (1993). *Quality assurance for analytical laboratories*. London: Royal Society of Chemistry.
- Lin, K., Daniel, J., & Whistler, R. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydr Polym* 23, 13-18.
- Lineback, D., & Rasper, V. (1998). *Wheat Carbohydrates*. In: *Chemistry and Technology* (Vol. I). (Y. Pomeranz, Ed., & I. American Association of Cereal, Trad.) St. Paul Minnesota.
- Linko, P., Colonna, P., & Mercier, C. (1981). *High Temperature short time Extrusion Ccooking Advance in Cereal Sciencie and tecnology*.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- López, M. (1994). *Estudio del Tratamiento Térmico Extrusión sobre las propiedades funcionales y reológicas del almidón de yuca* (Primera Edición ed.). Armenia, Colombia.
- Luna, G. (2005). *Efectos del proceso de cocción extrusión en la fracción indigestible, capacidad antioxidante y algunas propiedades funcionales en tres variedades de cañihua (chenopodium pallidicaule aellen)*. Lima.
- Mackey, A., Flores, Y., & Sosa, G. (1984). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Caracas: CIEPE.
- Manrique, N. (2007). *Caracterización de mezclas de almidones de mango y plátano pregelatinizados mediante diferentes condiciones de extrusión* (Vol. 41). México: Agrociencia.
- Marca, M. (2001). *Informe Final sobre Procesos e Investigaciones Agroindustriales en Quinoa*.
- Martínez, M. (1959). *Plantas Útiles de la Flora Mexicana* (Ediciones de Botas ed.). DF, México.
- Martínez, O., & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*.
- Matt, B. (2008). *ABC Rural*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://www.abc.net.au/rural/content/2008/s2367335.htm>
- Mercier, C., & Feillet. (1975). *Modification of carbohydrate components by extrusion cooking of cereal products*.
- Meyhuay, M. (1996). *QUINUA: Operaciones de Poscosecha*. FAO.
- Meyhuay, M. (1997). Operaciones de Post - Cosecha.
- MICENTUR. (2009). Guía de envases y embalajes. 56.
- Millward, D., & Jackson, A. (2003). *Protein/energy ratios of current diets in developed and developing countries compared with a safe protein/energy ratio: implication for recommended protein and amino acid intake*. Health Nutr.
- MINSA. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima.
- Moreiras. (2007). *Cereales y Derivados*. Obtenido de Tabla de Composición de Alimentos: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/harina.pdf>
- Mújica, A., Jacobsen, S. -E., Izquierdo, J., & Marathe, J. P. (2001). Recuperado el 6 de Febrero de 2016, de <http://www.condesan.org/publicacion/Libro03/home03.htm>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Mújica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., R., S., Corredor, G., Romero, A., & Jacobsen, S. (2006). *Agroindustria de la Quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Puno, Perú: Altiplano.
- Muñoz, L. (1990). *Alimentación y Nutrición*. Perú.
- Nielsen, S. (1998). *Food Analysis*. Maryland: Aspen Publication.
- Nielsen, S. (2003). *Food Analysis Laboratory Manual*. (K. Academic, Ed.) New York.
- Niño de Zepeda, A., Godoy, P., & Echevarría, V. (1999). *Calidad como Opción Estratégica de Desarrollo Pecuario, en Recursos Productivos a Alimentos: Estrategias de Calidad*.
- NTP205.011. (2014). *Arroz. Arroz Elaborado. Requisitos*.
- O'Connor, C. (1987). *Extrusion Technology for the Food Industry* (Vol. 89(78)). ELSEVIER APPLIED SCIENCE.
- Onwulata, C., & Konstance, R. (2006). Extruded corn meal and whey protein concentrate: effect of particle size. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30: 475-487.
- Ospina, J., & Aldana, H. (2001). *Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola* (Vol. I). Terranova.
- Pak, N. (1999). *Food and Agriculture Organization of the United States*. Recuperado el 28 de Abril de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s18.htm>
- Pastor, C., Drago, R., Gonzáles, R., Pastor, J., Alaiz, M., & Vioque, J. (2011). *Effects of the addition of wild legumes (Lathyrus annuus and Lathyrus clymenum) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice*. Food Chemistry.
- Patindo, J., Newton, J., & Wang, Y. (2008). *Functional properties as affected by Laboratory-Scale Parboiling of rough rice and Brown rice*. Journal of Science.
- Peralta, E. (1985). *La Quinua. Un gran Alimento y su utilización*. INIAP.
- Pérez, L. (2010). *EVALUACIÓN DE LAS FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS DE LA HARINA DE SORGO(Sorghum bicolor (L.) Moench) PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PASTA ALIMENTICIA*. Bogotá.
- Pólit, P. (1996). *Efecto del Procesamiento por extrusión sobre los almidones efecto por extrusión de los almidones*. Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Ramamoorthy, T. (1985). Salvia L. en la Flora Fanerógama del Valle de México. En I. P. México, J. Rzedowski, & G. De Rzedowski (Edits.). DF, México.
- Reglamento Bromatológico Uruguayo, (2015). *Modificatoria del Artículo 18.2.40*. Recuperado el 13 de Enero de 2017, de <http://www.impo.com.uy/copetes/pdf/20150818/documentos.pdf>
- Reque, J. (2007). *Estudio de Pre-Factibilidad para la Fabricación de Harina de Arroz y su Utilización en la Panificación*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- Revelo, A. (2006). *Desarrollo y Evaluación de las Tecnologías de un Snack Laminado a partir de la Quinoa*. Tesis Pregrado Ingeniería Agroindustrial, Quito.
- Reyes, H. (1996). Metodos afectivos- prueba con con consumidores. *RIEPSA*.
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos* (Octava Edición ed.). (C. N.-I. Salud, Ed.) Lima, Perú. Recuperado el 19 de Marzo de 2016, de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Ritva, R., & Carrasco. (1998). *Introduccion a la Ciencia y Tecnología de cereales y granos andinos*. Lima: Agraria.
- Roberson, L. (1993). *“Food Packaging. Principles and Practice”*. Marcel Dekker.
- Roberson, L. (1993). *Food Packaging.Principles and Practice*.
- Rodrigues, J., Beltrame, S., Maciero, M., Grotto, P., Cervejeira, B., & Godoy, E. (2011). Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. *Revista Tecnológica*, 21-28.
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influence of the Partial Substitution of Wheat Flour for Quinoa and Potato Flour on the Thermomechanical and Breadmaking Properties. *U.D.C.A Act & Div. Cient.*, 199-207.
- Rodríguez, M. (2007). *Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz*. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Rojas, P., & Treguear, W. (2003). *Congelación del pan*.
- Rojas, W., Alandia, G., Irigoyen, J., & Blajos, J. (Julio de 2011). Recuperado el 06 de Febrero de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. (2011). *influência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês*. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos.
- Smith, A. (2001). *Alimentos basados en almidón, en Textura de los Alimentos, Medida y Percepción*. España: Acribia.
- Smith, A. (2003). *Characterization of Cereals and Flours. Properties, Analysis and Applications*. (G. Kaletunç, & K. Breslauer, Edits.) New York.
- Suárez, M., Kizlansky, A., & López, L. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*.
- Thomas, D., & Atwell, A. (1999). *Starch structure in: Practical guide for the food industry*. St. Paul Mn, USA.
- Ting, I., Brown, J., Naqvi, J., Kumamoto, J., & Matsumura, M. (1990). Chia: a potencial oil crop for arid zones. *Proceedings of the First International Conference on New Industrial Crops and Products*, (págs. 197-202). Riverside, USA.
- USDA. (2002). *Nutrient Database for Standard Reference*. Data Laboratory, Beltsville Research, US Department of Agriculture, Pennsylvania.
- Valls, A. (1993). *El Proceso de Extrusión en Cereales y Haba de Soja*. Barcelona.
- Vieira, C., De Almeida, M., Rosa, J., & Costa, N. (Marzo de 2006). *La calidad nutricional y la puntuación química de aminoácidos a partir de diferentes fuentes de proteínas*. Recuperado el Abril de 2017, de Scielo: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100029
- Whitney, E., & Rolfes, S. (2008). *Understanding Nutrition*. California: Thomson Higher Education.
- Zea, C. (2011). *Determinación Biológica de la Calidad Proteica en Harina de Quinua Extruida de la Variedad Negra Collana*. Puno.