

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



**“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA
EXTRUSIÓN DE UNA MEZCLA DE HARINAS DE TARWI
(*Lupinus Mutabilis*) y ARROZ (*Oryza Sativa*) PARA LA
PRODUCCIÓN DE UN SNACK”**

PRESENTADO POR:

BACH. JAIR JOL ARANDA TARAZONA

BACH. GLIMER IDAN BOCANEGRA REYES

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Nuevo Chimbote – Perú
2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL

DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado **“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA EXTRUSIÓN DE UNA MEZCLA DE HARINAS DE TARWI (*Lupinus Mutabilis*) y ARROZ (*Oryza Sativa*) PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SNACK”**. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de aprobación. Por tal motivo, firmo el trabajo en calidad de asesor.

.....
Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
ASESOR

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



HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA EXTRUSIÓN DE UNA MEZCLA DE HARINAS DE TARWI (*Lupinus mutabilis*) Y ARROZ (*Oryza sativa*) PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SNACK” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. ARANDA TARAZONA JAIR JOL y Bach. BOCANEGRA REYES GLIMER IDAN, que tienen como asesor a la docente Dra. Elza Berta Aguirre Vargas designado por resolución decanal N° 277-2016-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 3 de enero del 2018 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución decanal N° N° 354-2017-UNS-CFI;

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Presidente

Dra. Elza Aguirre Vargas
Secretaria(Asesor)

Dr. Daniel Sánchez Vaca
Integrante

DEDICATORIA

A mi madre Silvia Reyes Acosta por escucharme, cuidarme, entenderme y apoyarme desde el día que me presente en su vida.

A mi padre Nasario Bocanegra Tapia por ser la persona que me inculco el coraje para nunca rendirme, por ser mi ejemplo a cada paso que doy, gracias por todo viejito lindo.

A mis hermanos, Guisela, Ever y Jareli por ser mis amigos, confidentes y los que nunca dejaron de creer en mí.

A Marileyla López Zamora por ser compañera en los momentos buenos y malos, gracias por comprenderme y apoyarme en cada decisión que tomo mí Amor.

Glimer Idan Bocanegra Reyes

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, por ello, con toda humildad que mi corazón puede emanar, dedico mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico este trabajo a mi Madre, quien ha sabido formarme con valores, respeto y humildad, lo cual me ha ayudado a salir adelante en mis momentos más difíciles.

A mi familia en general, que me brindaron apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a dos ángeles, Hassel y Francisca Pancha quienes en vida me enseñaron que por más fuerte que fuesen los vientos, mantener el espíritu fuerte, firme y sonriente.

Jair Jol Aranda Tarazona

AGRADECIMIENTO

“A Dios, por toda su bendición y misericordia, el que siempre está presente en los buenos y malos momentos”

“A mis padres Silvia Reyes Acosta y Juanito Bocanegra Tapia, que me apoyaron desde siempre, nunca dejaron de creer en mí, siempre estuvieron a mi lado apoyándome, brindándome esas ganas de seguir siempre adelante”

“A mis hermanos por estar motivándome y apoyándome en todo lo que me propongo”

“A mis profesores, por compartir sus conocimientos para mi formación profesional”

“A la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas, quien me ha brindado su apoyo en mi formación académica, por su paciencia, consejos y su asesoramiento para llevar a cabo este informe”

Glimer Idan Bocanegra Reyes

*Agradezco a la Universidad Nacional del Santa,
por haberme abierto las puertas de su seno
científico para poder formarme como Ingeniero
Agroindustrial.*

*A nuestros docentes, que son los primares de
la formación académica de nosotros los estudiantes.*

*Agradezco a mi asesora, Dra. Elsa Berta
Aguirre Vargas, por haberme brindado la
oportunidad de recurrir a su capacidad y
conocimiento científico, así como también haber
tenido toda la paciencia necesaria para guiarme
durante todo el desarrollo de mi informe.*

*Por último, a mi Madre, por estar en mis
buenos y malos momentos, apoyándome en
cada instante de mi formación.*

Jair Jol Aranda Tarazona

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Tarwi	2
2.1.1. Descripción botánica	3
2.1.2. Clasificación Taxonómica de la planta de Tarwi	4
2.1.3. Ventajas de su cultivo	4
2.1.4. Composición Química	5
2.1.5. Alcaloides del Tarwi	9
2.1.6. Procesos de obtención del grano de chocho desamargado	10
2.1.6.1. Ventajas	10
2.1.6.2. Desventajas	11
2.1.6.3. Desamargado tradicional	11
2.1.6.4. Desamargado industrial	11
2.1.6.4.1. Fases del desamargado.	12
2.1.7. Propiedades Nutritivas	15
2.1.8. Usos	17
2.1.9. Cultivos	18
2.1.9.1. Variedades	18
2.1.9.2. Clima	19
2.1.9.3. Suelos	20
2.2. Arroz	23
2.2.1. En el Perú	23
2.2.2. Calidad Nutricional	24

2.2.3. Clasificación Taxonómica del Arroz	26
2.3. Principales enfermedades que atacan al cultivo.	27
2.3.1. Estructura del grano de arroz	28
2.3.1.1. Corteza, pericarpio o salvado	28
2.3.1.2. Germen	28
2.3.1.3. Endospermo	28
2.4. Almidón	29
2.4.1. Estructura del almidón	31
2.4.1.1. Amilosa	31
2.4.1.2. Amilopectina	32
2.4.2. Cambios en el Almidón por Tratamientos Hidrotérmicos	33
2.4.2.1. Gelatinización	33
2.4.2.2. Retrogradación	34
2.5. Extrusión	35
2.5.1. Clasificación de extrusores.	37
2.5.1.1. Por el número de tornillos	37
2.5.1.2. Por la intensidad de cizalla	39
2.5.1.3. Por la generación de energía térmica.	39
2.5.2. Proceso fundamental de la extrusión	40
2.5.3. Almidón Resistente (AR).	41
2.5.4. Aplicaciones de almidones pregelatinizados	43
2.6. Análisis Sensorial	44
2.6.1. Método de Aceptabilidad Sensorial	44
2.6.2. Prueba Hedónica	44

III. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1. Lugar de ejecución	45
3.2. Materiales	45
3.2.1. Materia Prima	45
3.2.2. Insumos	45
3.2.3. Materiales de laboratorio	45
3.2.4. Equipos	46
3.2.5. Materiales de empaque	47
3.2.6. Reactivos	47
3.2.7. Otros Materiales	48
3.3. Métodos	48
3.3.1. Caracterización de la Materia Prima	48
3.3.1.1. Humedad	48
3.3.1.2. Proteína	48
3.3.1.3. Grasa	48
3.3.1.4. Ceniza	49
3.3.1.5. Carbohidratos	49
3.3.2. Otros Analisis	49
3.3.2.1. Color	49
3.3.2.2. Fibra Dietética Total	49
3.3.3. Selección de las formulaciones	50
3.3.4. Preparación de las materias primas	50
3.3.5. Preparación de las mezclas:	52
3.3.6. Extrusión de las mezclas	52
3.3.7. Evaluación sensorial	54

3.3.8. Vida Útil	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	55
4.1. Caracterización Químico Proximal de las Materias Primas	55
4.1.1. Caracterización Químico Proximal del Arroz	55
4.1.2. Caracterización Químico Proximal del Tarwi	56
4.2. Análisis Químico Proximal de los Snacks	57
4.3. Análisis de Proteínas	58
4.4. Fibra Dietética Total (%FDT)	62
4.5. Otros Análisis	63
4.5.1. Análisis de grasas	63
4.5.2. Humedad	66
4.5.1. Actividad de Agua	68
4.5.1. Colorimetría de los Snack	68
4.6. Análisis Sensorial	69
4.6.1. Análisis de Varianza para el Atributo Color	69
4.6.2. Análisis de Varianza para el Atributo Olor	70
4.6.3. Análisis de Varianza para el Atributo Sabor	71
4.6.4. Análisis de Varianza para el Atributo Textura.	72
4.7. Vida Útil	74
V. CONCLUSIONES	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
VIII. ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 :Clasificación taxonómica del Lupinus Mutabilis Sweet</i>	4
<i>Tabla 2: Composición Química del Tarwi Desamargado</i>	6
<i>Tabla 3 : Composición de aminoácidos presentes en las semillas de tarwi</i>	7
<i>Tabla 4: Tabla nutricional por cada 100 g de Arroz Blanco</i>	25
<i>Tabla 5: Clasificación Taxonómica del Arroz</i>	26
<i>Tabla 6: Características de los gránulos de almidón</i>	30
<i>Tabla 7: Composición química de los gránulos de almidón</i>	31
<i>Tabla 8: Tratamientos de los snacks extruidos</i>	52
<i>Tabla 9: Programa de Temperatura de Extrusión</i>	52
<i>Tabla 10: Caracterización Químico Proximal del Arroz en 100 g de Porción Comestible</i>	55
<i>Tabla 11: Caracterización Químico Proximal del Tarwi en 100 g de Porción Comestible</i>	56
<i>Tabla 12: Análisis Químico Proximal de los Snacks</i>	57
<i>Tabla 13: Análisis de proteínas</i>	58
<i>Tabla 14 : ANOVA para Proteínas por Temperatura</i>	59
<i>Tabla 15: Análisis de Fibra Dietética Total</i>	62
<i>Tabla 16: ANOVA para FDT por Temperatura</i>	62
<i>Tabla 17: Análisis de Grasas</i>	64
<i>Tabla 18: Análisis de Humedad</i>	66
<i>Tabla 19: Actividad de Agua</i>	68
<i>Tabla 20: Colorimetría de los Snack</i>	68
<i>Tabla 21: ANOVA para la Evaluación de la Aceptabilidad del Color</i>	69
<i>Tabla 22: ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad del Olor</i>	70

<i>Tabla 23: ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad del Sabor</i>	71
<i>Tabla 24: ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad de la Textura</i>	72
<i>Tabla 25: Rendimiento de Harina de Arroz</i>	90
<i>Tabla 26: Rendimiento en el Secado del Tarwi</i>	91
<i>Tabla 27: Rendimiento en el Proceso de Extracción de Aceite</i>	91
<i>Tabla 28: Rendimiento en el Proceso de Molienda y Tamizado</i>	91
<i>Tabla 29: Características Organolépticas para los tratamientos 1, 2, 3.</i>	93
<i>Tabla 30: Características Organolépticas para los tratamientos 4, 5, 6.</i>	94
<i>Tabla 31: Características Organolépticas para los tratamientos 7, 8, 9.</i>	95
<i>Tabla 32: Vida Útil Semana 1.</i>	96
<i>Tabla 33: Vida Útil Semana 2.</i>	96
<i>Tabla 34: Vida Útil Semana 3</i>	96
<i>Tabla 35: Vida Útil Semana 4.</i>	97
<i>Tabla 36 : Análisis detallado de Proteínas</i>	98
<i>Tabla 37: Análisis detallado de Grasas</i>	99
<i>Tabla 38: Análisis detallado de Actividad de Agua</i>	100
<i>Tabla 39: Análisis detallado de Humedad.</i>	101
<i>Tabla 40: Análisis de Fibra Dietética Total</i>	102

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Tarwi (Lupinus Mutabilis)</i>	2
<i>Figura 2: Piscina de hidratación</i>	12
<i>Figura 3 : Grano de chocho en hidratación</i>	13
<i>Figura 4: Grano de chocho en proceso de cocción</i>	13
<i>Figura 5: Piscina de lavado</i>	14
<i>Figura 6: Grano desamargado en 72 horas</i>	15
<i>Figura 7: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Arroz</i>	50
<i>Figura 8: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Tarwi</i>	51
<i>Figura 9: Flujo del Procesamiento para elaboración del Snack</i>	53
<i>Figura 10: Formulaciones para el Análisis Sensorial</i>	97
<i>Figura 11: Rebeca Salvador Reyes</i>	97
<i>Figura 12: Muestras en Tubos de Ensayo</i>	98
<i>Figura 13: Equipo Kjeldah</i>	98
<i>Figura 14: Peso de Muestras</i>	99
<i>Figura 15: Equipo Extractor de Grasa</i>	99
<i>Figura 16: Equipo de Actividad de Agua</i>	100
<i>Figura 17: Análisis de muestra</i>	100
<i>Figura 18: Secado de muestras</i>	101
<i>Figura 19: Adición del Tampón Fosfato</i>	102
<i>Figura 20: Baño María</i>	102
<i>Figura 21: Tolva del Expeler</i>	103
<i>Figura 22: Extracción de Aceite</i>	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Análisis de Medias (ANOM) para Proteínas</i>	59
<i>Gráfico 2: Proteínas vs Tratamientos</i>	60
<i>Gráfico 3: Análisis de Medianas (ANOM) para FDT</i>	63
<i>Gráfico 4: Fibra vs Tratamientos</i>	63
<i>Gráfico 5: Análisis de Medias (ANOM) para Color</i>	70
<i>Gráfico 6: Análisis de Medias (ANOM) para Olor</i>	71
<i>Gráfico 7: Análisis de Medias (ANOM) para Sabor</i>	72
<i>Gráfico 8: Análisis de Medias (ANOM) para Textura</i>	73
<i>Gráfico 9: ANOM para Semana 1.</i>	74
<i>Gráfico 10: ANOM para Semana 2.</i>	74
<i>Gráfico 11: ANOM para Semana 3</i>	75
<i>Gráfico 12: ANOM para Semana 4</i>	75

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Rendimiento de Harina de Arroz.....</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 2: Rendimiento de Harina de Tarwi.....</i>	<i>91</i>
<i>Anexo 3: Ficha de Evaluación Sensorial.....</i>	<i>92</i>
<i>Anexo 4: Características Organolépticas para los tratamientos 1, 2, 3.</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 5: Características Organolépticas para los tratamientos 4, 5, 6.</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 6: Características Organolépticas para los tratamientos 7, 8, 9.</i>	<i>95</i>
<i>Anexo 7: Vida útil.....</i>	<i>96</i>
<i>Anexo 8: Análisis de Proteínas</i>	<i>98</i>
<i>Anexo 9: Análisis de Grasas</i>	<i>99</i>
<i>Anexo 10: Análisis de Actividad de Agua</i>	<i>100</i>
<i>Anexo 11: Análisis de Humedad</i>	<i>101</i>
<i>Anexo 12: Análisis de Fibra Dietética total.....</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 13: Proceso de Extracción de Aceite</i>	<i>103</i>

RESUMEN

El presente trabajo se elaboró en las instalaciones del Instituto de Investigación Agroindustrial, y en el laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. En las pruebas experimentales se utilizó harinas de tarwi y arroz. Se estableció trabajar la harina de tarwi en porcentajes (8, 10, 12) % y harina de arroz en porcentajes (88, 90, 92) %. Los parámetros de extrusión fueron; temperatura de extrusión (100, 110, 115) °C, velocidad de alimentación 1 kg/min, velocidad de rotación del tornillo 1560 rpm, velocidad de cuchilla 630 rpm, diámetro de la boquilla de salida 0,6 mm y caudal de agua 19.5 ml/min.

Los experimentos se desarrollaron utilizando un arreglo factorial multinivel, obteniendo 9 corridas experimentales. Luego de la ejecución del estudio se determinó la mejor formulación mediante análisis sensorial y análisis químico proximal, el contenido fue de arroz (90%) y tarwi (10%), extruido a una temperatura de 110°C, obteniendo un contenido de proteínas de 13.11% y fibra de 4.03%. Su vida útil fue de 25 días, siendo un producto de alto contenido proteico y apto para su consumo.

ABSTRACT

The present work was elaborated in the facilities of the Agroindustrial Research Institute, and in the Agroindustrial Products Analysis and Composition laboratory of the Agroindustrial Engineering professional school of the National University of Santa. In the experimental tests, tarwi and rice flours were used. It was established to work tarwi flour in percentages (8, 10, 12) % and rice flour in percentages (88, 90, 92)%. The extrusion parameters were; extrusion temperature (100, 110, 115) ° C, feeding speed 1 kg / min, screw rotation speed 1560 rpm, blade speed 630 rpm, outlet nozzle diameter 0.6 mm and water flow rate 19.5 ml / min.

The experiments were developed using a multilevel factorial arrangement, obtaining 9 experimental runs. After the execution of the study the best formulation was determined by sensory analysis and proximal chemical analysis, the content was rice (90%) and tarwi (10%), extruded at a temperature of 110 ° C, obtaining a protein content of 13.11% and fiber of 4.03%. Its useful life was 25 days, being a product of high protein content and suitable for consumption.

I. INTRODUCCIÓN

Los consumidores modernos están cada vez más interesados en su salud personal, y esperan que la cola de alimentos que comen sean sanos o incluso capaz de prevenir la enfermedad, así como también en la actualidad grandes masas de personas viven ajetreadas con el trabajo no cediendo tiempo para preparar sus propios alimentos de modo que terminan comiendo fuera de casa ya sea en supermercados, restaurantes, snack u otros. (Sandoval y Camarena, 2011).

El Perú es uno de los países en vías de desarrollo donde los indicadores de desnutrición muestran una situación muy problemática, los snacks que se encuentran en el mercado, están constituidas principalmente por trigo y maíz, razón por la cual su valor nutritivo es bajo, limitándose al aporte energético proveniente de carbohidratos y grasas, existiendo déficit de proteínas. Por esta razón el estudio de los granos de tarwi son importantes por su contenido proteico; su proteína es rica en lisina, un aminoácido esencial presente en cantidades limitadas en muchas otras fuentes vegetales. Con todo ello, el tarwi es una planta cuyas propiedades nutricionales, en algunos casos, supera a la soya, considerada esta última como la fuente proteínica y oleaginosa más importante a nivel mundial. (Rosell, Cortez, Carrasco, 2009).

Por tales motivos los objetivos de esta investigación fueron obtener un snack a partir de harinas de tarwi y arroz, realizar el análisis químico proximal de las materias primas y los snacks, determinar la mejor temperatura de extrusión y cantidad porcentual, analizar estadísticamente el porcentaje de proteínas y fibra, realizar el análisis sensorial y por último determinar la vida útil del snack.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Tarwi

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas. Se desarrolla en valles templados y áreas alto andinas (Jacobsen y Mujica, 2006).



Figura 1: Tarwi (*Lupinus Mutabilis*)
Fuente: [Fotografía de Eduardo Peralta]. (Quito.2012).

Su cultivo se mantiene desde Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción. Los pobladores pre-incas domesticaron a esta planta, lo cual fue plasmado en cerámicas y tejidos. Sin embargo, fue desplazada por la introducción de cultivos europeos y a causa de esta marginación, el tarwi ha sido una de las especies más afectadas debido a su fuerte sabor amargo por su contenido de alcaloides en el grano. Por lo que requiere de un proceso de lavado que elimine esos alcaloides. Este requisito constituyó una desventaja frente a otras leguminosas introducidas y determinó la disminución de su área cultivada. Pudo haber influido en su marginación el hecho de ser consumida mayormente por la población indígena y la variabilidad de su rendimiento, a pesar de tener una gran variabilidad de

formas cultivadas, encontrándose actualmente sus parientes silvestres ampliamente distribuidos en los valles interandinos y en el Altiplano peruano-boliviano (Mujica, 1992).

2.1.1. Descripción botánica

El chocho posee una raíz pivotante y robusta, que alcanza una profundidad de hasta 2 metros. La raíz posee nódulos simbióticos con bacterias del género *Rhizobium* que fijan el nitrógeno atmosférico a la planta. La altura del tallo fluctúa de 0,50 a 2,80 metros y un promedio de 1,80 metros. El tallo es cilíndrico y leñoso, tiene ramificación en forma de V y un color que varía de verde a gris-castaño, según el grado de tejido leñoso. Las hojas son palmeadas y digitadas, contienen entre 5 a 12 folíolos oblongo lanceolados y delgados. Se presentan pequeñas hojas estipulares en la base del pecíolo, cuyo color varía entre verde y morado según el contenido de antocianina de la planta (Villacres, 2011).

La inflorescencia es racimosa terminal con varios verticilos florales, mayor en longitud en el eje principal que disminuye en las laterales, cada una de 5 flores, las cuales tienen colores que varían por las antocianinas y flavonas que contenga la planta, desde el azul, morado, púrpura, celeste y rosado, hasta el amarillo, crema y blanco. La corola está formada por cinco pétalos, un grande denominado estandarte, dos laterales medianos denominados alas y dos inferiores pequeños fusionados denominados quilla. El fruto es en legumbre pubescente, indehiscente en las cultivadas y con cierta dehiscencia en las semi cultivadas y silvestres (Villacres, 2011).

De forma elíptica u oblonga. La vaina es alargada de 5 a 12 centímetros, según el número de semilla y pueden contener hasta 9 semillas. La semilla es lenticular, de 8-10 milímetros de largo y 6-8 milímetros de ancho, con tegumento endurecido que representa el 10 por ciento de la semilla y contiene alcaloides. Los colores del grano

incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado (Villacres, 2011).

2.1.2. Clasificación Taxonómica de la planta de Tarwi

La clasificación taxonómica de *Lupinus mutabilis Sweet*:

Tabla 1

Clasificación taxonómica del Lupinus Mutabilis Sweet

<i>División</i>	<i>Espermatofita</i>
Sub-División	Angiosperma
Clase	Dicotiledóneas
Sub-Clase	Arquiclámideas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosa
Sub-Familia	Papilionoideas
Tribu	Genisteas
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Mutabilis</i>
Nombres Comunes	Chocho, tahuri, Tarwi

Fuente: Rivadeneira, (2008).

2.1.3. Ventajas de su cultivo

Para las zonas altas, la especie más adecuada es el tarwi o chocho, que fija nitrógeno y extrae fósforo y otros nutrientes del suelo. El tarwi es utilizado por los agricultores para consumo humano, pero en pequeñas cantidades. Su uso como abono verde era desconocido. Desde el punto de vista agro ecológico, el chocho acumula grandes cantidades de nitrógeno, entre 400 y 900 kilogramos por hectárea (Kg. /ha), provenientes de su mayor parte de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico. Además, el requerimiento de fósforo en el cultivo está entre 30 y 60 Kg. /ha, lo que

refleja una alta eficiencia para tomar nutrientes en suelos que tienen baja capacidad de abastecimiento de estos minerales” (Jacobsen y Mujica, 2006).

En relación a una productividad ideal, Cremer, (1983) menciona que bajo condiciones óptimas se puede obtener hasta 7 500 kg/ha. Este valor es incluso superior a lo mencionado por Jacobsen y Mujica, (2006) quienes indican que puede llegar a producirse de 3 500 a 5 000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna. Existen reportes de productividad de hasta 4 000 kg/ha de tarwi (Schoeneberger, Morón y Gross, 1987).

2.1.4. Composición Química

El chocho es una leguminosa andina excepcionalmente nutritiva. Su contenido proteico y de grasa es superior al de la soya y otras leguminosas.

Es conocido que el tarwi es rico en proteínas y grasas, motivo por el cual se debería promover un mayor consumo de esta leguminosa. Estudios realizados en más de 300 genotipos diferentes muestran que la proteína varía de 41% a 51% y el aceite de 14% a 24% (Gross, et al., 1988).

Hatzold, Elmadfa y Gross, (1983) reportan valores muy similares para proteínas (37,7% a 49,7%) y grasas (12,8% a 22,2%). Por su parte, Cremer, (1983) y Schoeneberger, et al., (1987) mencionan que la composición del tarwi es casi similar al de la soya, con 32 a 40% de proteína y 17 a 23% de contenido graso [44]; 47% de proteínas y 20% de grasas, en base seca.

A continuación, se muestra la composición química del chocho desamargado:

Tabla 2

Composición Química del Tarwi Desamargado

<i>Tarwi</i>	<i>%</i>
Proteína	44.3
Carbohidrato	28.2
Grasa	16.5
Ceniza	3.3
Fibra	7.1
Humedad	7.7

Fuente: (Tapia, 2000)

La composición de aminoácidos presentes en las semillas de tarwi, así como el patrón dado por la FAO, se muestra en la *Tabla 3*. Los aminoácidos limitantes del tarwi son los aminoácidos azufrados (Met y Cys). Hove, King & Hill, (1978) llegaron a la misma conclusión; es más, su estudio abarcó una decena de leguminosas (soya, tarwi, arvejas, frijol y haba) en las que determinó entre otros aspectos, el perfil aminoacídico de estas especies, llegando a la conclusión de que todas tienen como aminoácidos limitantes a la metionina. En general, las leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados. En contraste, las semillas de tarwi son ricas en lisina y cisteína en comparación con sus similares especies de *Lupinus* del mediterráneo (Salmanowicz, 1999).

Tabla 3*Composición de aminoácidos presentes en las semillas de tarwi*

Aminoácido	Semillas de tarwi cocidas y desamargadas(g/16 g N)	Semillas crudas de tarwi(g/16 g N)	Proteína de Referencia FAO
Isoleucina	5.3	4.8	4
Leucina	7.9	7	7
Lisina	5.6	5.9	5.5
Metionina	0.5	0.4	2
Cisteína	1.4	1.2	-
Met+Cys	1.9	1.6	3.5
Fenilalanina	4.2	4.3	-
Tirosina	3.9	3.6	-
Phe+Tyr	8.1	7.9	6
Treonina	3.6	3.8	4
Triptófano	0.7	0.7	1
Valina	4.5	4.2	5

Fuente: (Schoeneberger, Gross, Cremer & Elmadfa, 1982).

El *Lupinus Mutabilis Sweet* es importante por su alto contenido de proteína y aceite, nutrientes que lo colocan en un plano comparable al de la soya. El grano amargo debido a la presencia de alcaloides quinolizidinicos contiene en promedio 42% de proteína, en base seca; sin embargo, el proceso de desamargado (eliminación de alcaloides), permite concentrar aún más el contenido de este nutriente, registrando valores de hasta 51 %, en base seca (Sanchez y Madrid, 2004).

El grano también tiene un elevado contenido de aceite (18 a 22%), en el que predominan los siguientes ácidos grasos el oleico (40.40%), el linoleico (37.10%) y el linolenico (2.9%).

Debido al reconocimiento de la importancia que tienen las grasas en la salud humana junto con un mejor conocimiento de la importancia metabólica de determinados ácidos grasos, actualmente existe un enorme interés por la identificación

de grasas alimentarias con propiedades funcionales y nutritivas específicas. En virtud de su riqueza en ácido oleico, la grasa del chocho, puede ejercer efectos digestivos de clara repercusión positiva dado su papel estimulador de determinadas hormonas gastrointestinales. El chocho también es rico en ácido linoléico, un ácido graso esencial, que más allá de constituir un aporte energético, posee propiedades que lo hacen único e irremplazable en las etapas más críticas del desarrollo humano, esto es, durante la gestación a nivel intrauterino y en los primeros meses de la vida pos parto (Sanchez y Madrid, 2004).

En cuanto a los contenidos de ácidos grasos del tarwi, la composición de ácidos grasos en el aceite de los *Lupinus*, se destaca la presencia de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido alfa linolénico (18:3, Omega 3), ácido linoléico (18:2, Omega 6) y el oleico (18:1, Omega 9) en cantidades significativas (Valenzuela y Nieto, 2003).

La interpretación del término (18:3, Omega 3) se basa en su química, en este caso se presenta el ácido alfa linolénico de 18 carbonos y 3 dobles enlaces, en la que el primer doble enlace está en el carbono 3, por ello el nombre de omega 3. Los omegas 3 y 6 no son producidos en el organismo, por lo que se consideran esenciales que se debe ingerir en los alimentos (Valenzuela y Nieto, 2003).

El mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en el lupino corresponde a los monoinsaturados, siendo el ácido oleico el más importante. Los valores de este ácido graso varían de acuerdo a la especie, encontrándose en *L. albus* un 49%, en *L. angustifolius* un 33,5% y en *L. Juteus* un 20,3%. En relación a la composición de ácidos grasos poliinsaturados, la semilla de lupino contiene cantidades apreciables de ácido linoléico, entre un 17,2% en *L. albus* y un 47,3% en *L. Juteus*. Además, existen niveles importantes del ácido linolénico, siendo más abundantes en *L. albus* (9,5%),

las otras especies presentan porcentajes menores, aunque bastante superiores a otras leguminosas (Borquez, 2008).

Los aminoácidos son sustancias orgánicas que poseen al menos una función amínica -NH₂ (básico) y una función ácida. La función ácida en los aminoácidos naturales está siempre constituida por una función carboxílica- COOH. En caso del tarwi la presencia de aminoácidos es de suma importancia, puesto que afecta sus propiedades funcionales e influye en la calidad proteica (Urrutia, 2010).

Todas las proteínas están básicamente constituidas por aminoácidos, comprendiendo entre los 20 aminoácidos, sin embargo, algunas proteínas pueden carecer de uno o varios aminoácidos. Las diferencias estructurales y funcionales de los miles de proteínas se deben a su composición aminoacídica de las mismas. Uno de los principales factores que afectan a las propiedades físico-químicas, como la estructura, la solubilidad, fijación de grasa, etc., de proteínas y péptidos es la hidrofobia de sus aminoácidos constitutivos (Fennema, 2000).

2.1.5. Alcaloides del Tarwi

El contenido de alcaloide del tarwi (*Lupinus mutabilis*), representa uno de los problemas para la obtención y rendimiento de concentrados y aislados proteicos, por ello es necesario realizar una buena elección del método de desamargado para minimizar las pérdidas de proteínas y demás componentes. El grano de tarwi crudo es amargo (alto contenido de lupanina, lupanidina, esparteína y otros), por lo tanto, es inconsumible, no es apetecido por aves, rumiantes ni insectos; por ello para consumir los granos de tarwi, el primer paso es el desamargado (Mujica, 2006).

Es natural la presencia de alcaloides en el tarwi, son tóxicos y dan un sabor amargo a la semilla, es la razón por la que se ha priorizado el desarrollo de un proceso de desamargado en muchas investigaciones, en las cuales muestra gran variedad de

alcaloides presentes según la variedad estudiado de lupino, destacándose la presencia de lupanina como el alcaloide más común (Urrutia, 2010).

El contenido de alcaloides en el tarwi varía de 0,02 a 4,45% y en el follaje de 0,1 a 0,4%; los alcaloides reportados son los quinolizidinicos tales como: lupanina, esparteína, 13- hidroxilupanina, 4-hidroxilupanina, isolupanina entre otros. Entre todos los indicados, los que se representan en mayor proporción son las lupininas (27-74%), estos alcaloides quinolizidinicos amargos en la semilla del tarwi son sustancias anti nutritivas, que hasta el momento han sido mayor obstáculo para su utilización en la alimentación humana y animal, se reporta que las variedades mejoradas denominadas dulces tienen un contenido de alcaloides menor al 1,16% (Mori y Paz, 2008).

2.1.6. Procesos de obtención del grano de chocho desamargado

El grano de chocho crudo debido a su alto contenido de lupanina, esparteína y otros alcaloides anteriormente mencionados limitan su consumo directo, por lo que es necesario que el grano sea sometido al proceso de desamargado o deslupinación. El proceso es muy simple y no necesita de maquinaria ni de tecnología cara (Jacobsen y Mujica, 2006).

El proceso de desamargado del grano de chocho presenta las siguientes ventajas y desventajas:

2.1.6.1. Ventajas

- Destrucción de la viabilidad de las semillas y de las enzimas indeseables como las lipasas, responsables de la auto oxidación de las grasas, a través de la cocción.
- Destrucción de sustancias organolépticas indeseables y principios anti-nutritivos, como los inhibidores de proteasas, las hemaglutininas y el ácido cianhídrico (HCN).

- Eliminación de los oligosacáridos que se encuentran en diversas leguminosas y que producen flatulencia, a través del proceso de lavado (Jacobsen y Mujica, 2006).

2.1.6.2.Desventajas

- Prolongado tiempo de proceso para eliminar los alcaloides.
- Pérdida de nutrientes como los carbohidratos y algunos minerales.
- Falta de control de calidad en el proceso total y cuestionable sanidad del grano obtenido, debido principalmente a la calidad de agua empleada en el lavado de grano (Jacobsen y Mujica, 2006).

El desamargado puede ser realizado de dos formas: desamargado tradicional o desamargado industrial.

2.1.6.3.Desamargado tradicional

Por siglos, los campesinos de los Andes han eliminado el sabor amargo del grano. En los países andinos el desamargado tradicional comprende la selección, limpieza manual del grano, hidratación, cocción y lavado del grano (Caicedo, Peralta, Villacrés y Rivera, 2001).

La hidratación se realiza en 24 horas y generalmente se realiza en agua de acequias, vertientes y en muy pocos casos se utiliza agua potable. La cocción se realiza en cocinas de leña o a gas y dura una hora. El lavado se realiza en agua corriente de acequias o vertientes durante cuatro o cinco días. El tiempo total para el desamargado artesanal incluye un periodo entre cinco a siete días (Caicedo, et al., 2001).

2.1.6.4.Desamargado industrial

El desamargado industrial del grano de chocho se basa fundamentalmente en la extracción de alcaloides por medio de agua potable.

2.1.6.4.1. Fases del desamargado.

Las fases que deben considerarse para la obtención del alimento en condiciones óptimas para el consumo humano.

2.1.6.4.1.1. Hidratación

La hidratación es la etapa en el cual el grano de chocho absorbe agua y duplica su peso, esta etapa es fundamental antes de la cocción. Se realiza en tanques de hidratación una vez que el agua potable alcanza los 40°C, se disponen las fundas conteniendo 4,5 kg de grano por un tiempo de 14 horas. El contenido de granos hidratados al cabo de 16 horas de remojo en agua a 40°C debe ser al menos del 95% (Caicedo, et al., 2001).



Figura 2: Piscina de hidratación
Fuente: Caicedo et al. (2001).



Figura 3 : Grano de chocho en hidratación
Fuente: Caicedo et al. (2001).

2.1.6.4.1.2. Cocción

Para el chocho hidratado se dispone de ollas con capacidad de 300 kg. Cada una, en la cual se procede a cocinar por un lapso de 45 minutos, al cabo de este tiempo el grano debe estar blando listo para la siguiente etapa (Caicedo, et al., 2001).



Figura 4: Grano de chocho en proceso de cocción
Fuente: Caicedo et al. (2001).

2.1.6.4.1.3. Lavado

Este proceso consiste en mantener el agua en contacto con el grano. En esta etapa se controla el calentamiento, cloración y agitación del agua. Se realizan tres lavados hasta obtener el grano de chocho desamargado listo para el consumo. Se debe controlar la temperatura (40°C) del agua de lavado por 1 hora después de realizado el cambio, este se realiza cada ocho horas en el día y a las 16 horas del día siguiente (Caicedo, et al., 2001).

La cloración del agua en esta etapa es de vital importancia para la obtención de un producto aceptable para el consumo humano, con un bajo contenido de microorganismos. La dosificación recomendada es de 7,5 g de hipoclorito de calcio (CaClO_2) por 2500 litros de agua. La cloración del agua se realiza en el primero y segundo lavado (Caicedo, et al., 2001).



Figura 5: Piscina de lavado
Fuente: Caicedo et al. (2001).

2.1.6.4.1.4. Agitación

Este sistema ayuda a la eliminación de alcaloides y debe darse durante 72 horas mientras se lava el grano (Caicedo, et al., 2001).



Figura 6: Grano desamargado en 72 horas
Fuente: Caicedo et al. (2001).

2.1.6.4.1.5. Ecurrido

El chocho antes de salir al mercado es escurrido en una mesa, eliminándose el agua en exceso, para que el chocho pueda ser envasado en bidones (Caicedo, et al., 2001).

2.1.7. Propiedades Nutritivas

La fibra alimentaria ubicada en la cáscara del grano, incluye aquellos componentes del chocho que no pueden ser degradados por las enzimas digestivas del hombre. Su contenido en el grano desamargado, en promedio asciende a 10,37% y reviste importancia debido a su capacidad para saciar (es decir, hacen que la persona se sienta 'llena'), lo que es beneficioso para prevenir la obesidad, combatir el estreñimiento y compresión en el tracto intestinal (Sanchez y Madrid, 2004).

El mineral predominante en el chocho es el calcio, el cual en el grano se encuentra en una concentración promedio de 0.48%. Este elemento es una sustancia

blanquecina que los dientes y huesos acaparan y conservan para asegurar el crecimiento y mantener la solidez. El calcio se localiza principalmente en la cáscara del grano, siendo recomendable su consumo en forma integral (sin pelar) (Sanchez y Madrid, 2004).

Al calcio le sigue en importancia el fósforo cuya concentración promedio en el grano es de 0.43%; este elemento actúa como un controlador del calcio, en el mantenimiento del sistema óseo, actividad del músculo cardiaco y producción de energía. El equilibrio calcio- fósforo es muy importante un exceso de fósforo provoca la formación de fosfatos de calcio insolubles y no reabsorbibles, que acaba por ser eliminados (Sanchez y Madrid, 2004).

Entre los micro elementos, en el chocho sobresale el hierro (78.45 ppm), este es un mineral básico para la producción de hemoglobina, transporte de oxígeno e incremento de la resistencia a las enfermedades (Sanchez y Madrid, 2004).

Asimismo, el saber popular, presenta variedad de dietas con Lupinus, como el cebiche de chocho, picante de chocho, pepián de chocho, jugo de chocho combinado con papaya, mazamorra de chocho combinado con naranja, analizando estas dietas, se combina tubérculos con Lupinus (como lo hacía el Inca, papa y Lupinus), y el caso de la combinación con frutas, es ideal para aprovechar al máximo los minerales que presenta el Lupinus (Hierro con Limón o naranja, ayuda a la formación de hemoglobina) (Sanchez y Madrid, 2004).

Si bien es cierto que Lupinus Mutabilis Sweet (Tarwi) ha sido muy estudiado desde el punto de vista nutricional, bromatológico, e incluso los alcaloides han sido identificados por cromatografía gaseosa por diferentes investigadores. El Lupinus ha sido tradicionalmente considerado de gran valor nutritivo por su alto contenido de proteínas (38.9%), grasa (17.1 %), calorías (411 cal/100g), y alcaloides (3.5%-4.2%)

que no permiten su consumo directo, debiendo previamente eliminarse estos (Sanchez y Madrid, 2004).

2.1.8. Usos

Se utiliza el tarwi en la alimentación humana previa eliminación del sabor amargo, para lo cual existen diversos métodos eficientes que garantizan su completa eliminación. Especialmente los ecuatorianos han trabajado con ese aspecto (INIAP, 1997).

Las formas de preparación varían según las regiones y ocasiones de consumo: Mote de tarwi, ensaladas, sopas (crema de tarwi), guisos (pepián), postres (mazamoras con naranja) y cebiche serrano. Industrialmente se obtiene harina, usando un 15% en la panificación con excelentes resultados por el contenido en grasas. Tiene la ventaja de mejorar considerablemente el valor proteico y calórico del producto (Mujica, 1990).

Asimismo, permite una conservación más prolongada del pan, debido a la retrogradación del almidón, obteniéndose un mayor volumen por las propiedades emulgentes que tiene la lecitina del tarwi. Los alcaloides (esparteína, lupinina, lupinidina, entre otros) son empleados para controlar ectoparásitos y parásitos intestinales de animales domésticos. Ocasionalmente los agricultores utilizan el agua de cocción del tarwi como laxante y como biosida en el control de plagas de las plantas. En el estado de floración, la planta se incorpora al suelo como abono verde con buenos resultados, mejorando considerablemente la cantidad de materia orgánica, estructura y retención de humedad del suelo. Por su contenido en alcaloides, se siembra a menudo como cerco vivo o para separar parcelas de diferentes cultivos, aspecto que actúa como repelente o evita el daño que pudieran causar los animales. Los residuos de cosecha

(tallos secos) se usan como combustible por su gran cantidad en celulosa y que proporciona un buen poder calórico (Mujica, 1990).

2.1.9. Cultivos

2.1.9.1. Variedades

Este lupino está representado por más de 300 especies, aunque solo cuatro de ellas son cultivadas: *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L., *Lupinus luteus* L. y *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi o chocho). El tarwi muestra una amplia diversidad genética con gran variabilidad en la arquitectura de la planta, adaptación a suelos, precipitación, temperatura, altitud y período vegetativo. Así mismo varía en precocidad, contenido en proteínas, aceites, alcaloides, rendimiento y tolerancia a plagas y enfermedades. El color del grano, planta y flor es variable. Actualmente sus cultivos se encuentran ubicados en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú, ya que en estos sectores existe la mayor variabilidad genética, y por esta razón se han identificado 83 especies del género *Lupinus* (Sanchez y Madrid, 2004).

Los parientes silvestres proporcionan actualmente al agricultor disponibilidad sostenida y seguridad alimentaria. Los parientes más conocidos del *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi o chocho), están representados por las siguientes especies como el *Lupinus cuzcensis*, *Lupinus tomentosus*, *Lupinus microphyllus*, *Lupinus paniculatus*, *Lupinus aridulus*, *Lupinus ananeanus*, *Lupinus condensiflorus*, *Lupinus chlorolepis*, *Lupinus tarapacensis*, *Lupinus subferuquinous*, *Lupinus doraе* y *Lupinus macbrideanus*.

Estas son algunas de las especies de parientes silvestres que se encuentran en el mismo cultivo o rodeando las chacras de tarwi o chocho. Las cuales desafortunadamente pasan desapercibidas, ya que, existe poco interés en éstas y no son

aprovechadas para el desarrollo de la zona andina y la creación o mejoramiento genético de la especie (Sanchez y Madrid, 2004).

2.1.9.2.Clima

El *Lupinus Mutabilis* Sweet, Tarwi o chocho se cultiva en las zonas templadas y frías del Altiplano de Ecuador, Bolivia y Perú también en valles interandinos de 2.000 a 3.850m, aunque experimentalmente se han obtenido buenos rendimientos a nivel del mar. El crecimiento y desarrollo de la planta está condicionado por la acción de la temperatura (termo período), la humedad del suelo y la duración del día (foto período). Los cultivos invernales necesitan durante las primeras etapas de crecimiento una acumulación de horas de frío, con temperaturas inferiores a 10°C, para satisfacer los requerimientos de vernalización, ya que se ha demostrado que la vernalización es un proceso continuo de acumulación térmica en función de la intensidad, duración de las bajas temperaturas y fase fenológica de la planta (fase termosensible) (Sanchez y Madrid, 2004).

No tolera las heladas en las fases iniciales y en la formación de vainas, aunque algunos ecotipos cultivados en el Altiplano y a orillas de los lagos especialmente del Lago Titicaca presentan una mayor resistencia al frío. Una vez satisfechos los requerimientos de vernalización, la planta responde a la acción de temperaturas más elevadas (por encima de los 10°C) con un desarrollo adecuado de los procesos reproductivos. El *Lupinus Mutabilis* Sweet, Tarwi o Chocho es una planta sensible a la duración del día, la que posee un efecto de control sobre la fase de floración en los cultivares fotosensibles (Sanchez y Madrid, 2004).

Los requerimientos de lluvia para obtener buenos rendimientos en el *Lupinus Mutabilis*, comparados con los de cereales invernales, son mayores en suelos pesados y poco profundos, pero inferiores en suelos arenosos y profundos.

El *Lupinus Mutabilis* Sweet, Tarwi o Chocho requiere de más energía para poder producir productos que contengan mayor contenido proteico y es por esta razón que necesita mucha energía solar (Sanchez y Madrid, 2004).

2.1.9.3.Suelos

Los suelos que requiere deben ser francos y franco-arenosos con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje, así como un pH que oscile entre 5 y 7. En cuanto a la precipitación pluvial, sus requerimientos se sitúan en 350-850mm, siendo cultivado exclusivamente en condiciones de secano. Es susceptible al exceso de humedad y moderadamente susceptible a la sequía durante la floración y envainado. En suelos ácidos, la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium lupini* es muy escasa, debiendo utilizarse en lo posible cepas nativas de cada zona de cultivo. El cultivo se mantiene en forma tradicional en Ecuador en los valles interandinos, Bolivia, tanto a orillas del Titicaca como en los Yungas, Perú (orillas del Titicaca y valles interandinos) y, aunque en la actualidad se han efectuado introducciones en Venezuela, Colombia, Chile, Argentina, México y países de Europa con buenos resultados. La mejor época de siembra para la zona alto andina es el mes de septiembre (Sanchez y Madrid, 2004).

Se ha determinado que la inoculación es de mucha importancia en la producción del tarwi, cuando se siembra en suelos que no tienen cepas nativas de *Rhizobium lupini*, aumentando la inoculación considerablemente el rendimiento de grano y materia seca. La práctica tradicional de cultivo consiste en sembrar con laboreo mínimo, sobre todo en suelos delgados y zonas altas, en razón del escaso desarrollo de malezas y para dar prioridad a la conservación de la humedad, generalmente en rotación de papa, cereales o quinua, sin uso de fertilizantes ni abonos orgánicos. En lo relacionado a la rotación de cultivos, se encontró que la mejor es: quinua-tarwi-papa ò quinua-tarwi-cebada ò quinua-tarwi-quinua ya que de esta forma

podemos ayudar al suelo e incluso mejorarlo. La densidad de siembra óptima es de 0.70m entre surcos, 0.30m entre golpes y tres semillas por golpe, usando 80kg/ha de semilla, seleccionada y desinfectada contra *Colletotrichum gloeosporoides* (que produce antracosis en la planta). Se ha determinado que el tarwi fija simbióticamente de 163-220kg/ha de nitrógeno atmosférico. La técnica de cultivo mejorada consiste en sembrar en suelo previamente preparado y fertilizado con una fórmula especial llamada NPK 0-60-0 ó 0-80-60 y esta fórmula se la escoge de acuerdo a la fertilidad del suelo (Sanchez y Madrid, 2004).

Se ha determinado a las principales plagas que afectan al cultivo, siendo las más importantes: masticadores de follaje, barrenadores de tallo y picadores chupadores. La escarda o limpia se realiza en la fase de ramificación, controlando al gorgojo o parásito que puede afectar la cosecha. La cosecha se realiza cuando las plantas han alcanzado la madurez plena. Se separan los granos de la vaina mediante golpes con palos curvos o pisoteo del ganado. La forma común de realizar la cosecha es cortar, emparvar, trillar, aventar y almacenar. Estas actividades son laboriosas y demandan bastante mano de obra, es por esta razón que se han utilizado trilladoras de soja y fréjol obteniendo muy buenos resultados. El uso consuntivo de agua por el tarwi varía con los métodos de cálculo, así con Hargreaves (803.3mm), por radiación (755.8mm), con Penman (655.7mm) y Blaney-Criddle (569.6mm). Los rendimientos del *Lupinus Mutabilis Sweet*, tarwi o chocho alcanzan 3500 a 5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna (Sanchez y Madrid, 2004).

También tiene potencial la producción de alcaloides para uso como biosidas o repelentes de las principales plagas que afectan los cultivos de la zona andina. Las investigaciones agronómicas del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en los Andes altos de

Ecuador, Perú y Bolivia han sido realizados desde 1962, teniendo como objetivos resolver los principales problemas agronómicos de producción, colección, conservación y caracterización del germoplasma, así como conocer el contenido nutricional mediante análisis bromatológico, rotación de cultivos, inoculación y fertilización, control de plagas y enfermedades, agroindustria y transformación (Sanchez y Madrid, 2004).

2.2.Arroz

2.2.1. En el Perú

A lo largo de este siglo, el arroz se ha convertido gradualmente en un alimento de primera necesidad en los regímenes alimentarios de consumidores de América Latina tropical. El consumo per cápita de arroz en LAC fue de 10 kilogramos en los años 1920 y cerca de 30 kilogramos en los años noventa. En el año 2006, el arroz fue uno los cereales más importantes para consumo humano en la mayoría de los países latinoamericanos tropicales y del Caribe (LAC) ya que suministra 15% de calorías y el 13% de proteínas. Debido a la importancia del arroz en los regímenes alimentarios de consumidores urbanos y rurales en los países de LAC, se encuentra entre los alimentos de primera necesidad que reciben una atención principal en políticas alimentarias, investigación y trabajo de extensión de cultivos (Lentini, 2006).

Por otro lado, el cultivo de arroz bajo condiciones inundadas es utilizado por muchas especies de aves acuáticas funcionando como un humedal artificial y brindando hábitat para alimento, refugio, descanso y/o reproducción en algunos casos (Blanco, López, Dias, Azpiroz & Rilla , 2006).

En el Perú, la influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente de Humboldt y el anticiclón Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas. La región Costa es extremadamente seca, con precipitaciones anuales inferiores a 40 mm desde Chimbote hasta Tacna y de 400 mm en el extremo norte. En la Sierra, la latitud, la altitud, la presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas. En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de norte a sur y de este a oeste. Durante la estación húmeda (diciembre-marzo), las precipitaciones más altas se dan en el norte y en el flanco este de la cordillera. Las

temperaturas varían poco estacionalmente, siendo la oscilación térmica diaria (hasta 22°C en un mismo día, mucho mayor que la estacional. La Selva o Montaña presenta un clima tropical cálido y húmedo, con precipitaciones durante todo el año, aunque con mayor intensidad entre diciembre y enero, y con una oscilación térmica estacional muy pequeña (FAO, 2007).

El cultivo de arroz fue introducido en Perú por los españoles en la segunda mitad del siglo XVI, localizándose en los valles costeros del sur del país (FAO, 2007).

En Perú se han desarrollado en los últimos 30 años importantes proyectos hidráulicos de múltiples propósitos, especialmente en la costa, orientados al mejoramiento del riego y la ampliación de la frontera agrícola. El área bajo riego en los Distritos de Riego (DR) era de 1.025.228 ha, de la cual la mayor parte se ubicaba en la Costa, donde dadas las condiciones climáticas, no se puede desarrollar una agricultura sin riego. Adicionalmente, existe una superficie de riego a pequeña escala, fundamentalmente en la vertiente occidental de la Sierra (cuenca media-alta), proveniente de corrientes superficiales, manantiales y lagunas, estimada en 170.000 ha. Actualmente, la superficie potencial de riego, considerando la aptitud de los suelos y los recursos climáticos, se estima en 1.200.000 ha (FAO, 2007).

2.2.2. Calidad Nutricional

El arroz es el cereal de mayor consumo humano y de gran importancia económica mundial. Sus granos están constituidos por 90% de almidón y solo 10% de proteínas. A pesar del bajo contenido, su importancia nutricional se debe a la calidad proteica, ya que posee un elevado índice de aminoácidos esenciales (del 60%), superior al de otros granos de amplio consumo como el maíz y el trigo (con valores de 40 y 43%, respectivamente). Las proteínas de reserva en las semillas de arroz están

constituidas por albúminas (5%), globulinas (10%), prolaminas (5%) y glutelinas (80%) (FAO, 2007).

Tabla 4

Tabla nutricional por cada 100 g de Arroz Blanco

<i>Parámetro</i>	<i>Arroz Blanco</i>
Energía(Kcal)	358
Energía(KJ)	1500
Agua(g)	13.4
Proteínas(g)	7.8
Grasas Total(g)	0.7
Carbohidratos Totales(g)	77.6
Carbohidratos disponibles(g)	77.6
Fibra Cruda(g)	0.4
Fibra Dietaria(g)	-
Cenizas(g)	0.5
Calcio(mg)	6
Fosforo(mg)	134
Zinc(mg)	1.51
Hierro(mg)	1.04
β caroteno (ug)	-
Retinol(ug)	-
Vitamina A(ug)	-
Tiamina(mg)	0.11
Riboflavina(mg)	0.04
Niacina(mg)	2.19
Vitamina C(mg)	0.9

Fuente: (Reyes, Sánchez, Espinoza, Bravo, y Ganoza, 2009).

La caracterización bioquímica de estas proteínas permite identificar genotipos con propiedades nutricionales importantes, por ejemplo: el índice de aminoácidos esenciales (IAE), el cual está determinado por la cantidad de aminoácidos que necesita el cuerpo humano, pero que no es capaz de metabolizar por sí mismo, y por tanto,

requiere, su ingestión. Este índice es directamente proporcional al contenido de la fracción de globulinas, que en las leguminosas representa entre el 75 y el 95% de la proteína total (Freitas, Ferreira & Teixeira, 2000).

Tradicionalmente, el mejoramiento genético del arroz se ha enfocado hacia las características agronómicas del cultivo, incrementar la producción por unidad de superficie, inducir su resistencia a problemas fitosanitarios y a mejorar las características de industrialización, con el fin de aumentar el rendimiento del grano entero. En la actualidad existen nuevos retos; la demanda de productos nutraceuticos, es cada vez mayor, lo que conduce a la necesidad de investigar aún más, con el propósito de que las propiedades nutricionales sean superiores y de reducir los problemas alérgicos específicos de los cereales (Sinagawa, et al.,2004).

2.2.3. Clasificación Taxonómica del Arroz

Tabla 5

Clasificación Taxonómica del Arroz

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Oryza</i>
Especie	<i>Sativa</i>

Fuente: (Producción agrícola, 1995)

El arroz es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas. Existen 19 especies, siendo el arroz común (*Oryza sativa* L.) la especie más importante para la alimentación humana. Su cultivo comenzó hace alrededor de 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Se piensa que

existieron varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Rives, 2006).

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando su textura desde arenosa a arcillosa. Se acostumbra a cultivar en suelos de textura fina y media, que son propios del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. La textura del suelo desempeña un papel importante en el manejo del riego y los fertilizantes (Zhu et al., 2000).

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial; se considera el más importante del mundo por la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Constituye uno de los cereales más ampliamente cultivados en el mundo, con una producción promedio anual de aproximadamente 476 millones de toneladas métricas (FAO, 2004).

2.3.Principales enfermedades que atacan al cultivo.

En este cultivo, las enfermedades constituyen uno de los factores que inciden en la obtención de los rendimientos bajos, la calidad y el manchado de los granos. Estas son provocadas por diversos microorganismos, como los hongos, las bacterias y los virus. Existen numerosas enfermedades que afectan al cultivo del arroz en el mundo y que están extendidas, por lo general, en todos los países productores del cereal. Las enfermedades de origen fúngico son las más frecuentemente encontradas en este cultivo. Dentro de las principales enfermedades que causan los daños más severos en el arroz se encuentra la piriculariosis, añublo o quemazón, causada por el hongo *Pyricularia grisea* (Sacc.) y el añublo de la vaina, causada por el hongo *Rhizoctonia solani* (Khun) (Zhu et al., 2000).

El manchado del grano también constituye un factor limitante de gran importancia, debido a la reducción que ocasiona tanto en el rendimiento como en la

calidad del grano o semilla. En algunas áreas arroceras, las pérdidas económicas se han venido incrementando en los últimos años, siendo causantes de estas severas afectaciones los hongos (Mazzanti de Castañón y Gutiérrez de Arbola, 2003); aunque también las especies bacterianas de los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Acidovorax* y *Burkholderia* han sido identificadas como patógenos de importancia económica en el cultivo (Hatel & Guimaraes, 2002).

Se conocen numerosos virus que afectan al arroz, como el de la hoja blanca y los virus RTSV y RTBV, que forman un complejo vírico, transmitido por varias especies de homópteros. El incremento de estas enfermedades se asocia al aumento de la población del vector. Entre los nematodos e insectos más abundantes en los arrozales están *Hirschmaniella oryzae*, *Meloidogne graminicola*, la rosquilla, los pulgones, las tijeretas del arrozal, el taladrador del arroz y los gusanos rojos y blancos del arrozal (Hatel & Guimaraes, 2002).

2.3.1. Estructura del grano de arroz

2.3.1.1. Corteza, pericarpio o salvado

Es una vaina de color castaño. Contiene minerales, proteínas y fibras (Bolet, 2010).

2.3.1.2. Germen

Abundan las proteínas de alto valor biológico, contiene las grasas y vitaminas que se pierden en parte durante los procesos de refinación (Bolet, 2010).

2.3.1.3. Endospermo

Está compuesto por almidón y es el grano propiamente dicho. Los valores nutricionales del arroz integral son muy superiores al arroz pulido o blanco (Bolet, 2010).

La diferencia entre los dos tipos de arroz (el arroz integral y el arroz blanco) es el contenido nutricional, ya que varias vitaminas y minerales se pierden en el proceso de pulido o blanqueado como las vitaminas B₁, B₃, el hierro y el magnesio. Una taza de arroz integral contiene 84 mg de magnesio, mientras que la de arroz blanco solamente 19 mg, lo que se ha tenido en cuenta para el tratamiento de la osteoporosis (Bolet, 2010).

Es muy importante además destacar que este arroz ayuda a disminuir las cifras de colesterol de baja densidad (LDL colesterol). Además de tener un valor nutricional mayor que el arroz blanco, el arroz integral es mejor digerido y evita la constipación por su contenido en fibra dietética (Bolet, 2010).

2.4. Almidón

El almidón es la principal fuente de carbohidratos en la dieta humana. Además, el almidón es un ingrediente versátil en los alimentos y es ampliamente usado en la elaboración de ellos y en otras aplicaciones industriales (Karam, Eiras, Silva, Ferrero, & Zaritzky, 2005).

El almidón representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas como son: cereales (maíz, trigo, arroz), en los cuales se ha reportado un contenido de almidón del 30 al 80%; las leguminosas (fríjol, chícharo, haba), con un contenido entre 25 a 50%; los tubérculos (papa y yuca) con un 60 a 90%; algunas frutas (mango y plátano) que en su estado verde o inmaduro alcanzan contenidos de almidón de hasta del 70% en base seca (Bello y Paredes, 1999).

El almidón está constituido por gránulos, cuya morfología (*Tabla 6*), composición química y estructura supermolecular (arreglo relativo de las moléculas en estado sólido) son características de cada especie. Se sabe que la variación morfológica y la composición química en los gránulos de almidón (*Tabla 7*), son

características importantes que llegan afectar tanto las propiedades funcionales, así como también su susceptibilidad al ataque enzimático (Guzmán & Paredes, 1995).

Biliaderis, (1991) reportó que la estructura del almidón necesita ser considerada a dos niveles distintos:

1) A nivel molecular, el cual se refiere a la cantidad, estructura fina, formas de las moléculas y tamaño y

2) A nivel de la estructura supermolecular del gránulo, que se refiere al arreglo molecular de los componentes del almidón en estado sólido.

Tabla 6

Características de los gránulos de almidón

<i>Fuente de Almidón</i>	<i>Tamaño (µm)</i>	<i>Forma</i>	<i>Amilosa (%)</i>
Maíz	20	Poligonal	25
Maíz ceroso	30	Poligonal	42-95
Papa	35	Ovalada	20
Tapioca	18	Truncada, redonda	11
Trigo	25	Ovalada, truncada	27
Arroz	7	Redonda, poligonal	17
Cebada	23	Redonda, elíptica	22
Plátano	14-885	Elíptica	25 - 30
Sorgo	35	Esférica	25
Centeno	28	Redonda o lenticular	27
Avena	7	Poliédrica	23
Mango	43-013	Esférica	25-30

Fuente: Lineback, (1984); Guilbot & Mercier, (1985); Millán, (2004); Agustiano, et al. (2005)

Tabla 7
Composición química de los gránulos de almidón

<i>Almidón</i>	<i>Humedad(%)</i>	<i>Lípidos(%)</i>	<i>Proteína(%)</i>	<i>Ceniza(%)</i>	<i>Fósforo(%)</i>
Maíz	13	0.6	0.35	0.1	0.015
Papa	19	0.05	0.06	0.4	0.08
Trigo	14	0.8	0.4	0.15	0.06
Tapioca	13	0.1	0.1	0.2	0.01
Maíz ceroso	13	0.2	0.25	0.07	0.007
Sorgo	13	0.7	0.3	0.08	-
Arroz	-	0.8	0.45	0.5	0.1
Amilomaíz	13	0.4	-	0.2	0.07
Amaranto	6	0.4	0.1	1.4	-
Plátano	12.9	2.2	2.03	1.3	-
Macho					
Mango	7.71	3.34	0.35	0.61	-
Yuca	9.1	1.2	0.1	0.08	-

Fuente: Guilbot & Mercier, (1985); Yañez, Messinger, Walker, & Rupnow, (1986); Paredes et al. (1989); Paredes, Barba de la rosa, Hernández & Cárabez, (1990); Pérez, (1997); Vasanthan & Bhatta, (1998); Bello y Paredes, (1999); Agustiano, et al. (2005).

2.4.1. Estructura del almidón

Las propiedades funcionales del almidón son determinadas por sus dos componentes que son dos polisacáridos de alto peso molecular: amilosa y amilopectina.

2.4.1.1. Amilosa

La amilosa es generalmente el menor componente presente en el almidón nativo. En variedades de almidones cerosos, la amilosa se encuentra presente aproximadamente en un 2%, en el almidón de maíz normal se ha reportado un 27% y los almidones ricos en amilosa contienen de un 50-70% de este polisacárido (Zobel, 1988). La amilosa es una molécula predominantemente lineal formada de unidades de

glucosa unidas por enlaces α (1 \rightarrow 4). Sin embargo, se ha reportado en ella la presencia de algunos enlaces ramificados α (1 \rightarrow 6) en algunos almidones (Biliaderis, 1989); Buleon, Colonna, Planchot & Ball, (1998); Hoover, (2001); Parker y Ring, (2001). La molécula de amilosa toma forma de hélice con 6 moléculas de glucosa por giro. La hélice tiene en su interior hidrógenos, los cuales le dan una característica hidrofóbica; en su exterior tiene grupos OH, los cuales le confieren susceptibilidad para formar complejo con el yodo. La interacción entre los grupos OH el yodo, es responsable de la coloración azul (Stick, 2001).

También, se ha reportado que el peso molecular de la amilosa presente en diferentes fuentes de almidón es aproximadamente de 1×10^5 – 1×10^6 Da, con un promedio de 500 a 6000 unidades de D-glucosa, repartidas en un número de cadenas que va de 1 a 20. Cada cadena presenta un grado de polimerización (GP) promedio de 500; siendo el GP, es el número de unidades de glucosa que se encuentran unidas en una cadena (Stick, 2001).

2.4.1.2. Amilopectina

La amilopectina es generalmente el mayor componente presente en el almidón nativo. La amilopectina es un polisacárido altamente ramificado y cuya molécula está constituida por unidades de D-glucosa unidas por enlaces α (1 \rightarrow 4) y en sus puntos de ramificación por enlaces α (1 \rightarrow 6). Zobel, (1998) reportó que este polisacárido se encuentra en una proporción de 70-80% en el gránulo de almidón y en almidones tipo ceroso o waxy alcanza niveles de hasta un 98-99% dependiendo de la fuente botánica de almidón.

La molécula de amilopectina ha sido ampliamente estudiada en términos de su tamaño molecular, ramificación y longitud de las cadenas internas y externas (Bello, et al, 2002).

El peso molecular de la amilopectina varía entre 1×10^6 y 1×10^8 Da, estas variaciones dependen del origen botánico del almidón, de las condiciones de separación de la amilosa y la amilopectina y del método usado para determinar la masa molar (Bello, Solorza, y Paredes, 2001).

2.4.2. Cambios en el Almidón por Tratamientos Hidrotérmicos

2.4.2.1. Gelatinización

Los gránulos del almidón son insolubles en agua fría, pero se hinchan cuando se calientan en un medio acuoso. Este hinchamiento inicialmente es reversible, y su birrefringencia no se pierde; sin embargo, si se sigue calentando la estructura del gránulo se altera significativamente y el hinchamiento llega a ser irreversible (Lai & Kokini, 1991).

Este proceso se conoce con el nombre de gelatinización y la temperatura a la cual ocurre este fenómeno es la temperatura de gelatinización pierde su birrefringencia (orientación regular de las regiones amorfas y cristalinas, conocida comúnmente como la cruz de "malta"), la amilosa se difunde hacia el agua y la amilopectina queda dentro del gránulo. A este punto del proceso, el gránulo de almidón pierde su estructura y la amilosa fuera del gránulo forma una malla y produce un gel (Lai & Kokini, 1991).

La gelatinización empieza en las regiones amorfas del gránulo que son las zonas en donde los enlaces son más susceptibles al rompimiento (Bhattacharya & Hanna, 1987). Cuando la cantidad de agua es limitada, no ocurre una gelatinización completa en el intervalo usual de temperatura; sin embargo, conforme la temperatura se incrementa, los gránulos de almidón se vuelven progresivamente más móviles y eventualmente las regiones cristalinas se funden (Slade & Levine, 1991). La gelatinización del almidón es un proceso obligado para que este pueda ser consumido,

pues la mayoría de los alimentos mejoran con la cocción, la cual realza la apariencia, sabor, textura, y digestibilidad de los alimentos (Bhattacharya & Hanna, 1987).

El grado de gelatinización de los almidones puede ser evaluado por diversos métodos (Birch & Priestley, 1973) propusieron una técnica cuyo fundamento se basa en la formación del complejo azul con la adición de yodo, que reacciona con la amilosa liberada durante la gelatinización. El almidón gelatinizado se solubiliza en agua más fácilmente y capta más yodo que los almidones sin gelatinizar.

2.4.2.2. Retrogradación

La retrogradación es el fenómeno que 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. 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 (Lineback & Rasper, 1988).

La retrogradación del almidón o el endurecimiento de los productos, es más lento cuando el contenido de humedad es mayor. La retrogradación es un proceso complejo y depende de muchos factores, como el tipo y concentración de almidón, regímenes de cocimiento y enfriamiento, pH y la presencia de solutos como lípidos, sales y azúcares. 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).

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).

2.5.Extrusión

Tiempos cortos de extrusión a altas temperaturas han sido utilizados durante muchos años para procesar varios tipos de alimentos. Durante la extrusión, el pienso y sus constituyentes moleculares están sujetos a una sucesión de tratamientos casi instantáneos. Las principales variaciones del proceso incluyen humedad, perfil de temperaturas, configuración de la extrusionadora, velocidad de rotación de la hélice y acondicionamiento del material antes de la extrusión. La extrusión se ha convertido en una importante herramienta para procesar alimentos y mejorar su digestibilidad y otros aspectos nutricionales (Rokey, 1995).

La extrusión es un proceso térmico mecánico por medio del cual, materiales que contienen biopolímeros (almidones) son plastificados y cocidos por la acción combinada de presión, calor y esfuerzo de corte, forzándolos a pasar por una boquilla. La palabra extrudir proviene del latín extrudere y significa emular o presionar hacia fuera, expeler o expulsar (Pólit, 1996).

El proceso de extrusión ha sido empleado industrialmente durante los últimos 50 años. Inicialmente el uso de la extrusión se limitaba a mezclar y dar forma a macarrones y pellets de cereales o mejor conocidos como “ready to eat”. En la actualidad, al extrusor se le considera un biorreactor de alta temperatura y corto tiempo

de residencia (HTST por sus siglas en inglés), que transforma una amplia variedad de materias primas en productos intermedios y/o productos finales (Pólit, 1996).

Esta nueva percepción de utilización y la evolución creciente de la tecnología de extrusión se debe a Alta capacidad de procesado en continuo y eficiencia energética, Procesado de materiales relativamente deshidratados y viscosos, Mejora de las características de textura y sabor de los alimentos.

Los procesos y equipos han sido desarrollados simultáneamente en varias industrias y países durante los dos últimos siglos. En 1779 ya se empleaba un sistema manual para el procesado de pastas, en 1860-1865 aparecen las primeras producciones industriales de cereales para desayuno en Michigan y Nueva York. En 1869 en Inglaterra Fellows y Baste, desarrollaron el primer extrusor continuo de doble tornillo. Este equipo se usó inicialmente para la elaboración de productos del tipo salchicha. Hill Keith Kellog en el año de 1894 inventó los primeros “corn flakes” que empezaron a comercializarse de forma generalizada a partir de 1906. La primera prensa-extrusora se construyó en el año de 1900 con la finalidad de obtener aceite de linaza. Posteriormente, en el año de 1930 se desarrolló el primer extrusor de un tornillo para la producción continua de pasta. En los años 40’s se desarrollaron diferentes extrusores de un tornillo para la obtención de aceite a partir de semillas oleaginosas, sustituyendo muchas de las menos eficientes prensas hidráulicas obtenidas para este propósito (Pólit, 1996).

Entre los años de 1950 y 1960 se desarrollaron las primeras instalaciones de comida extrusionada para animales, basada en producto a base de almidón gelatinizado. En el año de 1970 se desarrollaron nuevas generaciones de extrusores de uno y doble tornillo. Los extrusores de doble tornillo se fabricaron en Europa desde hace más de 35 años, pero sólo a partir de los 80’s se interesaron las empresas de U.S.A

se interesaron en ellas. Cabe destacar que a partir de la década de los ochenta, se llevó a cabo la proliferación del uso de los extrusores sobre estudios relacionados con los biopolímeros y alimentos nutracéuticos (Pólit, 1996).

La extrusión se ha vuelto un proceso importante en la fabricación de alimentos. Es capaz de efectuar un número de operaciones, incluyendo formación, deshidratación de materiales alimenticios, particularmente harinas elaboradas a partir de granos, leguminosas y semillas (Miller, 2000).

En el proceso de extrusión se emplean equipos que tienen los siguientes elementos básicos:

1. Un barril liso o acanalado que puede ir provisto de chaquetas de calentamiento o enfriamiento.
2. Uno o dos tornillos que giran ajustadamente dentro del barril, los cuales pueden ser de una sola pieza o compuestos de secciones intercambiables.
3. Una boquilla de descarga.
4. Un motor que hace girar los tornillos.
5. Generalmente, frente a la boquilla, se coloca cuchillas que cortan el material extrudido (Miller, 2000).

2.5.1. Clasificación de extrusores.

Los extrusores pueden clasificarse según Mercier & Feillet, (1975), por diferentes criterios:

2.5.1.1. Por el número de tornillos

a) Extrusores de un tornillo. En este tipo de extrusores de un solo tornillo girando dentro de un barril se pueden distinguir las tres secciones: zona de alimentación, zona de compresión, zona de descarga. El tornillo puede ser diseñado como una sola pieza o piezas intercambiables, lo que le permite cambiar su

configuración e incrementar su versatilidad, además reducir el costo al cambiar sólo las piezas desgastadas.

Los alabes del tornillo transportan al material a través del cilindro a una velocidad que es directamente proporcional a la velocidad del tornillo; las estrías de la pared interna del barril previenen que el material resbale y gire junto con el tornillo. A este tipo de flujo se le llama “arrastre”. El flujo al interior de un extrusor de un solo tornillo es del tipo laminar. Además del arrastre se da un flujo inducido por la diferencia de presión existente entre la zona de descarga (alta presión) y la zona de alimentación. La dirección de este flujo inducido, es consecuentemente contraria a la laminar y puede reducir en pequeño grado el rendimiento neto del proceso (Mercier & Feillet ,1975).

b) Extrusores de doble tornillo. Consiste en dos tornillos paralelos rotando dentro de un barril. Según giren éstos en el mismo sentido o en sentido opuesto se subdividen en:

- Corrotacionales: Estos extrusores permiten la alimentación de ingredientes sólidos o fluidos por separado. La razón de compresión es 1:1 es decir que la profundidad de los alabes es constante. Estos son los más populares puesto que trabajan a mayor capacidad. La aplicación de esta geometría se utiliza para la elaboración de cereales, snacks, para la texturización de proteínas, alimentos para mascota por mencionar a algunos (Mercier & Feillet, 1975).

- Contrarrotacionales: Estos operan a bajas velocidades de giro opuesto ya que se genera gran fricción entre los tornillos. Este tipo de geometría se utiliza en la producción de dulces, de pastas, de botanas (Mercier & Feillet, 1975).

En general los extrusores de doble tornillo por su configuración logran una mayor eficiencia en el transporte y mezclado del material. Además, el engranaje de los tornillos genera una auto limpieza de los mismos (Mercier & Feillet, 1975).

2.5.1.2. Por la intensidad de cizalla

a) Extrusores de baja cizalla. Este tipo de extrusores trabaja con materiales de alta humedad, a bajas velocidades de giro de tornillo. Otra característica es que los alabes del tornillo son profundos. Las operaciones básicas que se realizan con estos equipos son el mezclado y moldeado del material. Un ejemplo de éstos son los extrusores de pasta (Mercier & Feillet, 1975).

b) Extrusores de alta cizalla. Estos extrusores por el contrario trabajan con masas de baja humedad y altas velocidades de giro de tornillo. En este caso los alabes del tornillo son cortos, generando una mayor fricción lo que origina una mayor temperatura por disipación viscosa de la energía mecánica, trayendo como consecuencia la cocción del material. También se genera una mayor presión al interior del barril lo que se traduce en una mayor expansión del material a la salida del dado. Unos ejemplos de estos extrusores son aquellos para producir bocadillos o cereales instantáneos (Mercier & Feillet, 1975).

2.5.1.3. Por la generación de energía térmica.

a) Extrusores autógenos. La energía térmica es generada únicamente por conversión de energía mecánica. La energía mecánica es generada por la fuerza de fricción entre las capas en movimiento del producto. La energía resultante en el producto es mayor cuanto mayor es la viscosidad del producto, mayor es el diámetro del tornillo, mayor es la velocidad del tornillo y cuanto menor sea la profundidad de los alabes (Mercier & Feillet, 1975).

b) Extrusores isotérmicos. En estos la energía calorífica es proporcionada por una fuente externa, la cual puede transmitirse por:

(1) Conducción a través del barril, es decir mediante calentadores eléctricos o chaquetas de vapor,

(2) Convección, mediante la aplicación directa de vapor en el producto sea directamente en el barril o en un pre-acondicionador antes que entre al extrusor.

2.5.2. Proceso fundamental de la extrusión

El proceso fundamental de la extrusión se basa en los siguientes tres pasos:

1) Sección de alimentación. Generalmente tiene alabes profundos, los cuales, reciben los materiales que van a ser procesados. En esta sección se mezclan los ingredientes y se comprimen un poco. En esta parte se puede inyectar agua para ayudar a desarrollar una masa uniforme y mejorar la transferencia de calor en el barril del extrusor (Mercier & Feillet, 1975).

2) Sección de compresión. La profundidad de los alabes disminuye, en esta sección se aplica compresión, esfuerzo de corte y energía térmica al material alimentado. Al final de esta zona, el material alimentado se convierte en una masa viscoamorfa lo cual en el caso de almidón este se gelatiniza en esta sección (Mercier & Feillet, 1975).

3) Sección de formación. Esta sección se caracteriza por una menor profundidad de los alabes, comparada con aquella de la zona de compresión. La masa viscoamorfa se transforma en una masa plástica como resultado de la transformación de la energía mecánica en energía térmica. Esta zona, es quizá, la más importante del extrusor. Su función es recibir el material comprimido, homogeneizarlo y hacerlo pasar a través de la boquilla a presión constante (Mercier & Feillet, 1975).

Uno de los factores principales dentro del proceso de extrusión es la fuerza de cizalla. La razón de la fuerza de cizalla es proporcional a la velocidad y diámetro del tornillo e inversamente proporcional a la profundidad del canal. La fuerza de cizalla hace en el caso de almidones que el producto se estire, acelere la gelatinización y otras reacciones, alinea moléculas de cadena larga, e incluso puede depolimerizarlas (causando dextrinización) (Mercier & Feillet, 1975).

2.5.3. Almidón Resistente (AR).

El AR se define como la suma del almidón y productos de degradación del almidón no absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos (Bello, Solorza y Paredes, 2001).

En la última década, tecnólogos y científicos han demostrado su interés en el estudio del AR, abordándolo desde varias perspectivas

- a) formación y factores;
- b) métodos de análisis;
- c) propiedades fisiológicas, y
- d) consumo actual.

El almidón es ingerido en los alimentos, éste pasa a través del esófago hasta llegar al intestino delgado (ID), en donde las enzimas no pueden desdoblarlo, por lo que sigue su tránsito hacia el intestino grueso (IG) donde es fermentado por las bacterias presentes en el colon, produciendo ácidos grasos de cadena corta tales como ácido butírico primordialmente, propiónico y acético. Estos ácidos grasos, constituyen una fuente de energía para las células del colon, llamadas colonocitos, y que por esta energía se encuentran en un estado más eficiente y evitan con ello el cáncer de colon. Bello, et al. (2001), hemorroides, y el estreñimiento. Los colonocitos también

participan en el control de la diabetes, así como en el control del nivel de colesterol en sangre.

La clasificación de AR, ha sido propuesta por Englyst, Kingman & Cummings,(1992)., ésta se encuentra basada en la naturaleza del almidón y las condiciones ambientales del alimento.

AR1: Almidón físicamente inaccesible, este se encuentra encapsulado en las paredes celulares de las plantas, por lo que no puede ser desdoblado por las enzimas. Este tipo de almidón, puede ser encontrado en granos parcialmente molidos, semillas y legumbres.

AR2: Gránulos de almidón nativo, debido a su gran densidad y a su cristalinidad parcial se reduce la susceptibilidad enzimática.

AR3: Es una fracción de almidón, que se forma después de ciertos tratamientos de calor – humedad. Este tipo de almidón puede ser encontrado en pan, papas cocidas y enfriadas, así como en frijoles o chícharos enlatados. La elaboración y almacenamiento de estos productos, originan el fenómeno de retrogradación que a su vez crea una estructura que no puede ser desdoblada por las enzimas.

AR4: La resistencia enzimática de éste tipo de almidón es debido a una modificación química, física o térmica. La formación de enlaces glucosídicos diferentes en los enlaces α (1→ 4) o α (1→ 6) por tratamiento térmico, reducen la disponibilidad para las enzimas amilolíticas. También los enlaces cruzados o la presencia de algunos sustituyentes (por ejemplo, hidroxipropilo) pueden reducir la digestibilidad del almidón.

En los últimos años se ha propuesto la producción del AR por medio de la extrusión. Algunos de los trabajos realizados en esta área se encuentra el de Rabe & Sievert, (1992)., los que investigaron el efecto de la extrusión en la formación de AR

usando harina de trigo y a través de la CDB, ellos observaron la presencia de complejos amilosa-lípidos y amilosa cristalizada, con lo cual concluyeron que la formación de amilosa cristalizada contribuye en la formación de AR y que la presencia de complejos amilosa-lípido, no afecta la formación de AR. Unlu & Faller, (1998) encontraron que el almidón de maíz con alto contenido de amilosa, aumenta la producción de AR en productos extrudidos. Tosi, Ré, Torres, De Greel y Ciappini, (2001)., estudiaron la formación de AR por extrusión en función del contenido de humedad y temperatura de tratamiento. En este estudio ellos extrudieron sémola de maíz sin desgerminar, a tres temperaturas (150, 175 y 200 °C) y humedades comprendidos entre 12 y 20%. Ellos encontraron que el contenido de AR no depende de la humedad después de contenidos de 16%, pues este comportamiento depende fundamentalmente de la temperatura a la que se efectuó el tratamiento. A temperaturas de 150 y 175 °C, se produce una disminución en el contenido de AR, en tanto que a 200 °C se produce un aumento.

2.5.4. Aplicaciones de almidones pregelatinizados

Los almidones pregelatinizados tienen la propiedad de que pueden dispersarse en agua fría sin necesidad de someterlo a cocción. Pueden usarse como aditivos estabilizantes, retenedores de humedad y espesantes. Martínez, López, Zazueta, y Morales, (2005). En la industria farmacéutica se usan para diluir, para aglutinar, lubricar o desintegrar diversos productos sólidos, por otro lado, pueden utilizarse como un polímero de alta viscosidad, como vehículo de sustancias pastosas, en la elaboración de cremas y lociones de uso dermatológico. En la industria de alimentos los almidones pregelatinizados son utilizados en la elaboración de alimentos infantiles, en la producción de sopas y atoles instantáneos, en productos de relleno como en

productos de repostería, en la elaboración de polvos finos, compactos, nutritivos y en la elaboración de obleas (Balagopalan, Padmaja, Nanda y Moorthy, 1988).

2.6. Analisis Sensorial

Catar, degustar un alimento es un acto que en ocasiones pareciera solamente un proceso mecánico y con poca conciencia, como si sólo se tratara de satisfacer una necesidad fisiológica; es un hecho en el cual no sólo nuestros órganos sensoriales interactúan sino en el que también emitimos juicios: sabe rico, huele mal, está muy salado, etc. El sabor dulce de la miel, el color rubí intenso y sólido de un tinto joven, la textura viscosa del aceite, el olor de un queso curado y envejecido, o el de un embutido; son algunas características de los alimentos que se pueden percibir, mejorar mediante una prueba de análisis sensorial (Anzaldúa, 1994).

2.6.1. Método de Aceptabilidad Sensorial

La prueba de aceptabilidad se emplea para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (Watts, Ylimaki, Jeffery & Elías, 1992).

2.6.2. Prueba Hedónica

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferentes números de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasado por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts, et al., 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Lugar de ejecución

- Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (IITA).
- 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.

3.2.Materiales

3.2.1. Materia Prima

Se utilizó como materias primas:

- Arroz (*Oryza sativa*), Arroz pulido, cultivar IR 43 (comercialmente NIR), Clase mediano, Grado 2 superior. Procedencia: Valle del Santa - Ancash
- Tarwi (*Lupinus Mutabilis*)", Procedencia, Huacachuque-Pallasca- Ancash. Variedad Andenes.

3.2.2. Insumos

- Sal comercial

3.2.3. Materiales de laboratorio

- Bureta
- Crisoles de porcelana

- Desecador
- Embudo de vidrio
- Espátula
- Matraces Erlenmeyer (250-500 ml)
- Mortero
- Papel filtro
- Pera succionadora
- Pinzas de metal y de madera
- Pipetas (1,5 y 10 ml)
- Probetas (50 y 100 ml)
- Vasos de precipitado (50-100ml)

3.2.4. Equipos

- Extrusora doble tornillo Modelo: LABOR PQ DRX- 50 Serie: 1101150408. País: Brasil.
- Expeler: Prensa SEW-EURODRIVE, Marca: Movimot SEW. Modelo: FA57/G, Velocidad de giro 280-1400 rpm, Motor: 2.2 Kw.
- Módulo de molienda y tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP0011112. País: Perú.
- Tamices: Malla N°18.
- Secador de bandejas: Marca: Torrh. Modelo: SBT-10X10.
- Colorímetro. Modelo CR-400. País: EE.UU.
- Determinador de humedad- Método Analítico AOAC
- Equipo de actividad de agua, Marca: ROTRONIC. Modelo: Hydrolab2.
País: Perú

- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: EE.UU.

- Mufla. Marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania.

- Sistema extractor de grasa. Marca: FOSS, Modelo: SOXTEC, Serie: O/C 045-2015 N°161, País: China

- Balanza Analítica, Marca PRECISA GRAVIMETRICS A G, Serie: 321XL, Modelo: LX320A, Desviación: 0.01g. País: Suiza

- Agitador magnético, Marca: THERMOLYNE, Modelo: S-130815, Serie: 120110, País: EE. UU

- Cocina eléctrica, Marca: KESSEN, Modelo: HPY6870-26, Serie: 46804273, País: China.

- Selladora, Marca: TEW, Modelo 207-MCSX, Serie: 20460047, País: China.

3.2.5. Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno
- Bolsas negras de polietileno

3.2.6. Reactivos

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico 0.05N
- Éter de petróleo
- Hexano puro 98%
- Solución de hidróxido de sodio 0.1N
- Alcohol 98%

3.2.7. Otros Materiales

- Cubetas
- Marcadores
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Material para prueba sensorial: Cabinas de degustación, formatos, lapiceros, platos descartables y marcador.

3.3.Métodos

3.3.1. Caracterización de la Materia Prima

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.

3.3.1.1.Humedad

Se determinó según la N.T.P 205.037:1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación del contenido de humedad. Se determinó por el método de la estufa AOAC.

3.3.1.2.Proteína

La determinación de la proteína total se realizó según el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011): cereales y menestras. Determinación de proteínas Totales (Método de Kjeldahl), utilizando 6.25 como factor.

3.3.1.3.Grasa

Se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Metodología de la Asociación oficial de Químicos Analistas (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.

3.3.1.4.Ceniza

Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la N.T.P 205.038:1975 (Revisada el 2011): Harinas. Determinación de Cenizas.

3.3.1.5.Carbohidratos

Se obtuvo por diferencia restando el 100% la suma de todos los porcentajes de humedad, ceniza, grasa y proteínas. Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INM) señalados por (Collazos, 1993) usado la fórmula:

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

3.3.2. Otros Análisis

3.3.2.1.Color

Para la determinación del color de las harinas fue utilizado el colorímetro (Marca KONICA MINOL TA) siguiendo el sistema CIE - LAB, determinándose los valores de L * luminosidad (Negro O/ Blanco 100), a* (verde-/ rojo+) y b* (azul-/ amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.3.2.2.Fibra Dietética Total

Se determinó la fibra dietética total siguiendo la metodología AOAC 15th Edición. U.S.A. (1990). Muestras de alimentos secos y desgrasados son gelatinizadas con α - amilasas térmicamente estables 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 las otras cenizas.

$$\% Fibra Dietetica Total = \left(\frac{Masa\ del\ Residuo}{Masa\ de\ la\ Muestra} \right) * 100$$

3.3.3. Selección de las formulaciones

Para seleccionar las formulaciones se utilizaron porcentajes variables de nuestras harinas y las mezclas fueron evaluadas utilizando el paquete del Statgraphics CENTURION ESPAÑOL2 mediante el diseño Factorial Multinivel con arreglo factorial 2^3 considerando como variables independientes las formulaciones y temperatura, y como variable dependiente las proteínas y fibra.

3.3.4. Preparación de las materias primas

Para el proceso de extrusión se acondicionó las materias primas, esto se muestra en los diagramas de flujo para la obtención de harina de Arroz y Tarwi.

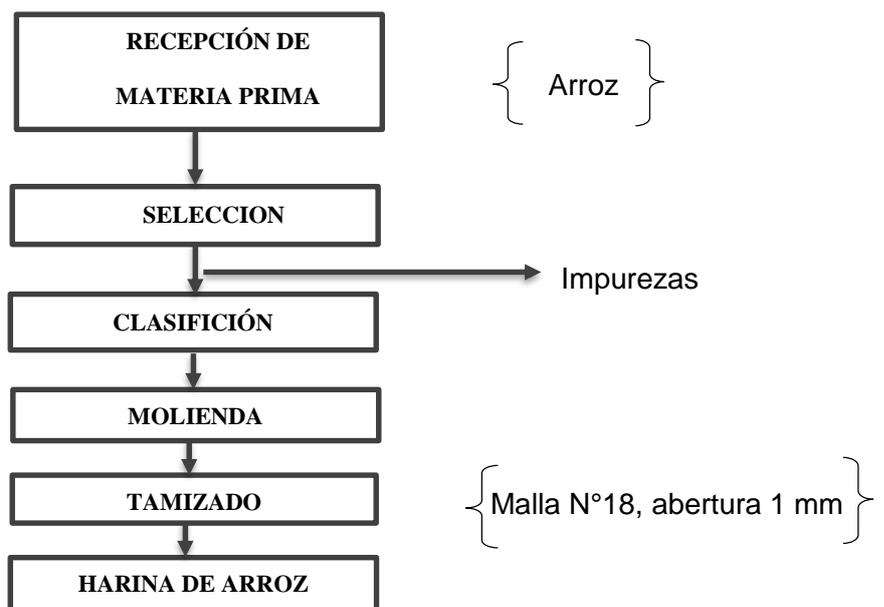


Figura 7: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Arroz

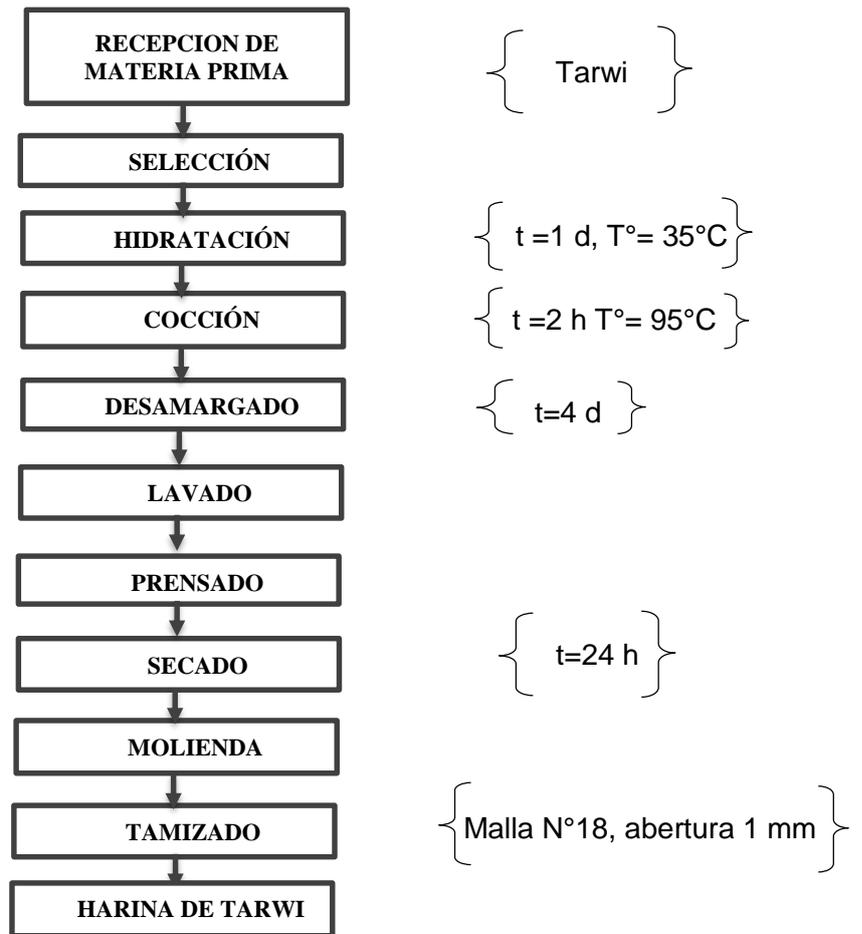


Figura 8: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Tarwi

3.3.5. Preparación de las mezclas:

Se mezclaron porcentajes de harina de tarwi y arroz, de acuerdo a la tabla 8 se muestra la temperatura de extrusión obtenido a través del paquete estadístico Statgraphics.

Tabla 8
Tratamientos de los snacks extruidos

<i>Experimento</i>	<i>Temperatura(°C)</i>	<i>Tarwi(%)</i>	<i>Arroz(%)</i>
1	A	12	88
2	A	10	90
3	A	8	92
4	B	12	88
5	B	10	90
6	B	8	92
7	C	12	88
8	C	10	90
9	C	8	92

Tabla 9
Programa de Temperatura de Extrusión

<i>Programa de Temperatura</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>
A (°C)	30	35	45	65	85	95	100
B (°C)	30	40	50	70	90	100	110
C (°C)	30	45	55	75	95	105	115

3.3.6. Extrusión de las mezclas

El proceso de extrusión se desarrolló con las condiciones de trabajo siguientes:

- Velocidad de alimentación 1 kg/min,
- Velocidad de rotación del tornillo 1560 rpm,
- Velocidad de cuchilla 630 rpm,
- Diámetro de la boquilla de salida 0.6 mm y
- Caudal de agua 19.5 ml/min

En la figura 9 se muestra el flujo de operaciones del proceso de extrusión de la mezcla entre la harina de Arroz y la de Tarwi.

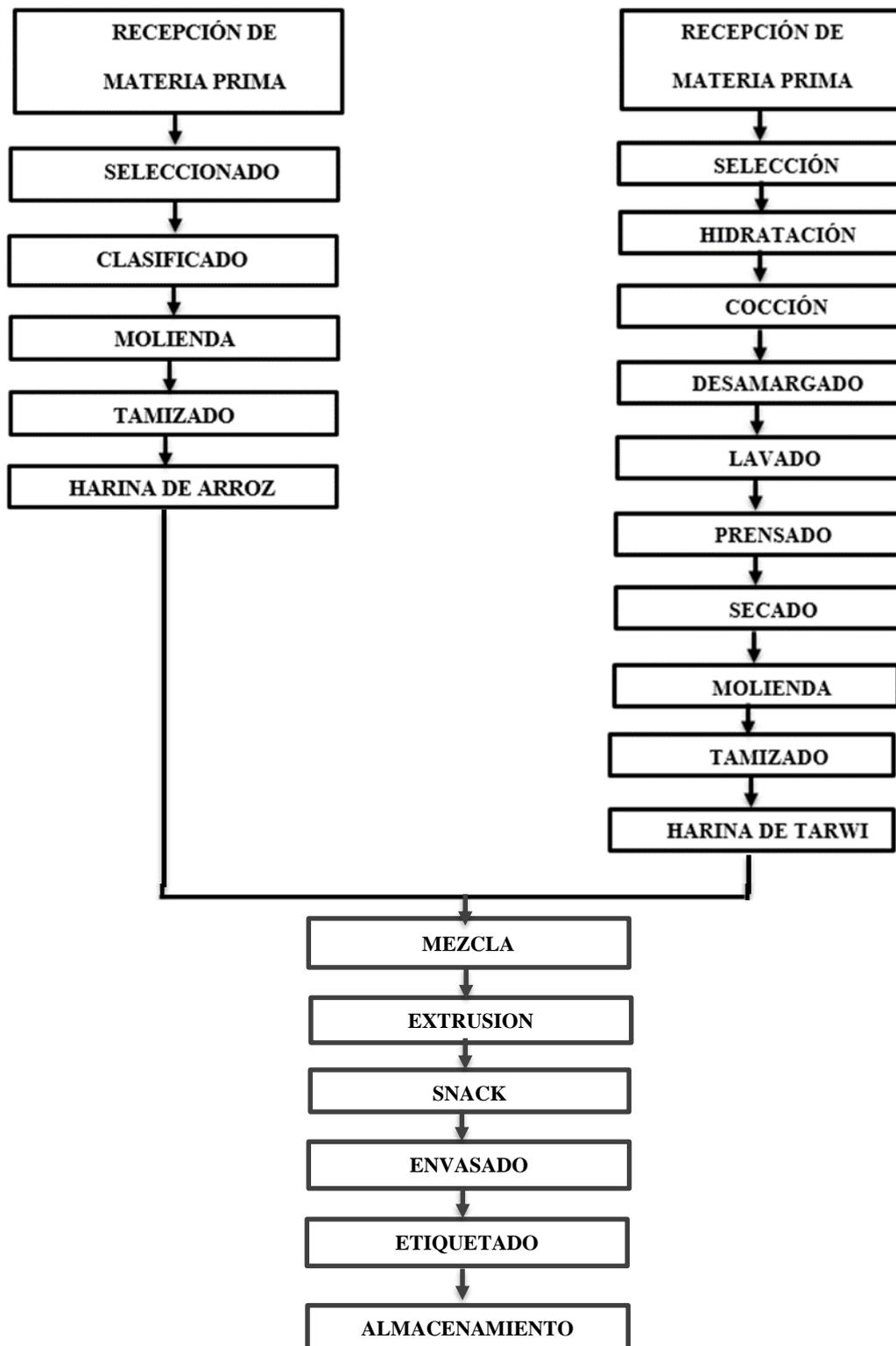


Figura 9: Flujo del Procesamiento para elaboración del Snack

3.3.7. Evaluación sensorial

Para el análisis se convocaron 37 jueces no-entrenados, las categorías evaluadas fueron: olor, color, sabor y textura, se entregó a cada consumidor 9 muestras de snacks codificados con números aleatorios de tres cifras, lográndose obtener puntajes satisfactorios obteniendo de las 9 muestras analizadas solo 3 óptimas en características organolépticas, estas tres fueron analizadas fisicoquímicamente para poder hallar su valor nutritivo.

3.3.8. Vida Útil

Para el análisis de vida útil, se determinó mediante análisis sensorial por cada semana, después de haber sido producido los snacks, estos fueron sometidos a pruebas sensoriales con una escala cuantitativa de 7 puntos, que va desde *Me disgusta mucho* hasta *Me gusta mucho*, las pruebas finalizaron cuando los catadores dieron un puntaje igual o menor a 3 que indicaría que le disgusta levemente y con esto terminaría el análisis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se presentan los resultados del análisis químico proximal de las materias primas y los snacks, el análisis estadístico de proteínas y fibra, el análisis sensorial y por último la vida útil del snack.

4.1. Caracterización Químico Proximal de las Materias Primas

4.1.1. Caracterización Químico Proximal del Arroz

La Tabla 10 muestra el análisis químico proximal del arroz en cuanto al contenido de proteínas, humedad, grasas, cenizas y carbohidratos. Debido al contenido de carbohidratos el arroz es importante en el proceso de extrusión, la gelatinización es más eficiente en el snack.

Tabla 10

Caracterización Químico Proximal del Arroz en 100 g de Porción Comestible

<i>COMPONENTES</i>	<i>ARROZ</i>
<i>Humedad(g)</i>	12,31 ± 0.51
<i>Proteína(g)</i>	7,34 ± 0.6
<i>Grasa(g)</i>	0,99 ± 0.09
<i>Cenizas(g)</i>	5,03 ± 0.17
<i>Carbohidratos(g)</i>	74,31 ± 0.87

El arroz blanco otorga 13.4% de humedad, 7.8% de proteína, 0.7% en Grasa, 0.5% de Cenizas y 77.6% de Carbohidratos (Reyes, Sánchez, Espinoza, Bravo, y Ganoza, 2009). Asimismo, en la producción de un snack a base de arroz y frijol se halló 11.74% Humedad, 7.5% Proteína, 0.36% Grasas, 0.24% Cenizas y 80.16% Carbohidratos (Carvalho, et al., 2012).

El análisis del arroz que más se asemeja es el de Ortega y Bravo (2017) que realizaron el análisis químico del arroz del mismo lugar y variedad que el nuestro encontrando 11.98% de humedad, 7.3% de proteína, 0.37% en cenizas, 0.34% de

grasas y 79.03% de carbohidratos, el porcentaje de proteínas es muy parecido y en los demás análisis las variaciones son muy mínimas, demostrando la calidad de arroz que produce el Valle del Santa, en cambio si la proteína disminuye a un 6% tiene que ver más el tema de la procedencia, las condiciones en las que llega a laboratorio y la variedad (Torres, González, Sánchez, Osella, y de la Torre, 1999).

Los resultados hallados en la caracterización del arroz están en un rango aceptable en comparación de las investigaciones analizadas, esto debido al tipo de arroz, las condiciones de análisis y el lugar de cultivo del arroz.

4.1.2. Caracterización Químico Proximal del Tarwi

La Tabla 11 muestra el análisis químico proximal del Tarwi en cuanto a proteínas, humedad, grasas, cenizas y carbohidratos por diferencia.

Tabla 11

Caracterización Químico Proximal del Tarwi en 100 g de Porción

Comestible

COMPONENTES	TARWI
<i>Humedad(g)</i>	4,51 ± 0.54
<i>Proteína(g)</i>	56,96 ± 0.43
<i>Grasa(g)</i>	23,32 ± 0.66
<i>Cenizas(g)</i>	6,27 ± 0.39
<i>Carbohidratos(g)</i>	8,93 ± 0.52

La cantidad de proteína encontrada en el tarwi es mayor (56.96%) a lo publicada por Reyes et al. (2009), obtuvieron una diferencia de 7 % menor de contenido de proteínas (49.6%), esto debido al lugar donde se cultiva, depende de la altura y la cantidad de luz solar que recibe, además demostró que el tarwi que analizó otorga 7% de humedad, 27.9% de grasa, 2.6% de cenizas y 12.9% de carbohidratos

El tarwi analizado crece a una altura de 3200 m.s.n.m ,la cantidad de luz solar que recibe y la calidad del suelo son muy buenas, esto se refleja por ejemplo en su

contenido en proteínas que es mucho mayor a lo encontrado por Jacobsen y Mujica (2006) que reporta 44.3% de proteína, observando una diferencia del 13%, pudiendo suponer la influencia del suelo y las condiciones climáticas en su contenido nutricional de la leguminosa, además reporto un contenido del 7.7% en humedad, 16.5% de grasa, 3.3% de cenizas y 28.2% de carbohidratos.

El contenido de proteína en el tarwi (44.3%) es lo que más resalta ya que es superior al de la soya (33.4%), la alimentación se hace más efectiva cuando el alimento otorga esta propiedad (Castañeda, Manrique, Gamarra, Muñoz, & Ramos, 2009). Además, Rosell, Cortez, & Repo-Carrasco, (2009) en su investigación obtuvo 57.36% Proteínas, superior a lo encontrado por los investigadores antes mencionados, además halló un contenido de 6.14% de humedad, 25.4% de grasa, 2.61% de cenizas y 8.49% de carbohidratos, esta superioridad pudo deberse a muchos factores por ejemplo las condiciones de análisis en el laboratorio, las condiciones del cultivo, el lugar y las condiciones climáticas solo por mencionar algunos factores.

4.2. Análisis Químico Proximal de los Snacks

La Tabla 12 muestra el análisis químico proximal de los 9 tratamientos, se realizó el análisis en cuanto a proteínas, humedad, grasas, cenizas y carbohidratos por diferencia.

Tabla 12

Análisis Químico Proximal de los Snacks

COMPONENTES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<i>Humedad(g)</i>	1,81	1,96	2,85	2,44	1,76	2,19	1,88	3,11	1,45
<i>Proteína(g)</i>	13,87	13,30	12,21	13,98	13,11	12,15	13,94	13,10	12,20
<i>Grasa(g)</i>	0,57	0,68	1,07	1,25	1,76	0,42	1,27	0,54	0,77
<i>Cenizas(g)</i>	5,03	6,00	5,45	5,11	5,57	6,00	5,01	5,21	5,02
<i>Carbohidratos(g)</i>	77,78	77,39	76,70	77,72	77,80	79,24	79,41	78,87	80,47

En la Tabla 12 se puede observar que el contenido de proteínas es variado en las 9 corridas, depende más del contenido de tarwi y arroz que de la temperatura de extrusión, al tener un rango aceptable de proteínas que difieren del 2%, se debe elegir el mejor tratamiento a través de factores como la formulación, el mejor programa de temperaturas, la mayor aceptabilidad en el análisis sensorial y la máxima duración del snack, con estos factores uno de los 9 por mínima que sea su diferencia debe ser el mejor.

4.3. Análisis de Proteínas

La cantidad de proteínas encontradas en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13
Análisis de proteínas

<i>Experimento</i>	<i>Tarwi (%)</i>	<i>Arroz (%)</i>	<i>Proteínas (%)</i>
1	12	88	13,87
2	10	90	13,30
3	8	92	12,21
4	12	88	13,98
5	10	90	13,11
6	8	92	12,15
7	12	88	13,94
8	10	90	13,10
9	8	92	12,20

El análisis ANOVA para las muestras de snack se observa en la Tabla 14, demuestra que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre los tratamientos a temperaturas de extrusión de 100°C, 110°C y 115°C. Estudios realizados en diferentes trabajos demuestran que los tratamientos térmicos provocan la desnaturalización de las proteínas, es decir producen un cambio en la estructura

física de las proteínas, pero en general no afectan a la composición de aminoácidos y por lo tanto a las propiedades nutricionales del snack.

Tabla 14
ANOVA para Proteínas por Temperatura

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00502739	2	0,00251369	0,00	0,9967
Intra grupos	4,59984	6	0,76664		
Total (Corr.)	4,60487	8			

En el *Grafico 1* se observa que la temperatura de extrusion no genera pérdidas en la concentración de proteínas de los snacks, todos están en un rango aceptable de acuerdo a la concentración de tarwi y arroz, se tomó como referencia la temperatura mayor en cada uno de los programas de temperatura trabajados, lo cual indica que no hay perdida de proteínas importante a 115°C en comparación con una temperatura menor como es 100°C, por ello la extrusion conserva el contenido proteico del snack porque trabaja a tiempos cortos de extrusion.

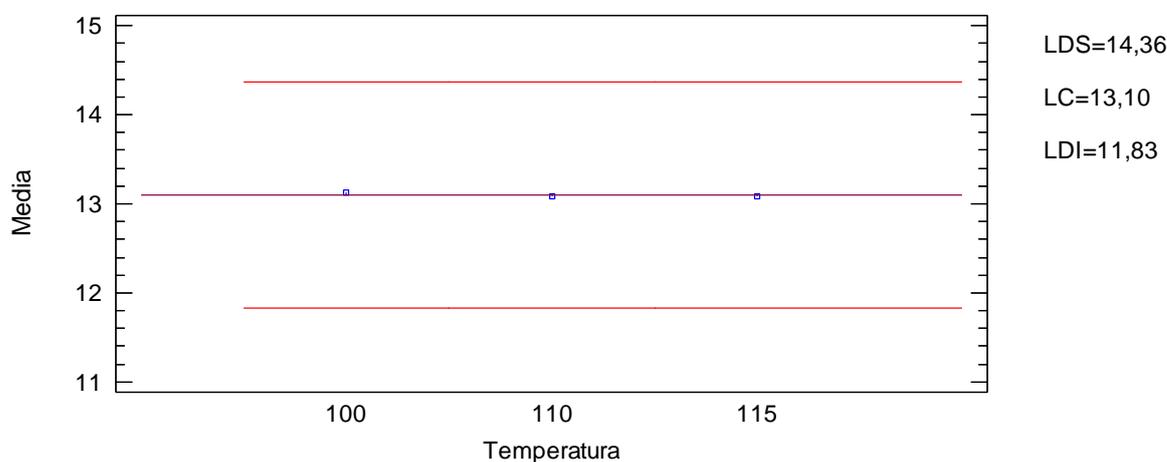


Gráfico 1: Análisis de Medias (ANOM) para Proteínas

En el *Grafico 2* se observa la cantidad de proteínas por cada tratamiento, los tratamientos 1,4 y 7 tienen un mayor porcentaje de proteínas, los que tienen menor porcentaje son los tratamientos 3,6 y 9, esto debido a la concentración de tarwi y arroz que influyen directamente con el contenido de proteínas.

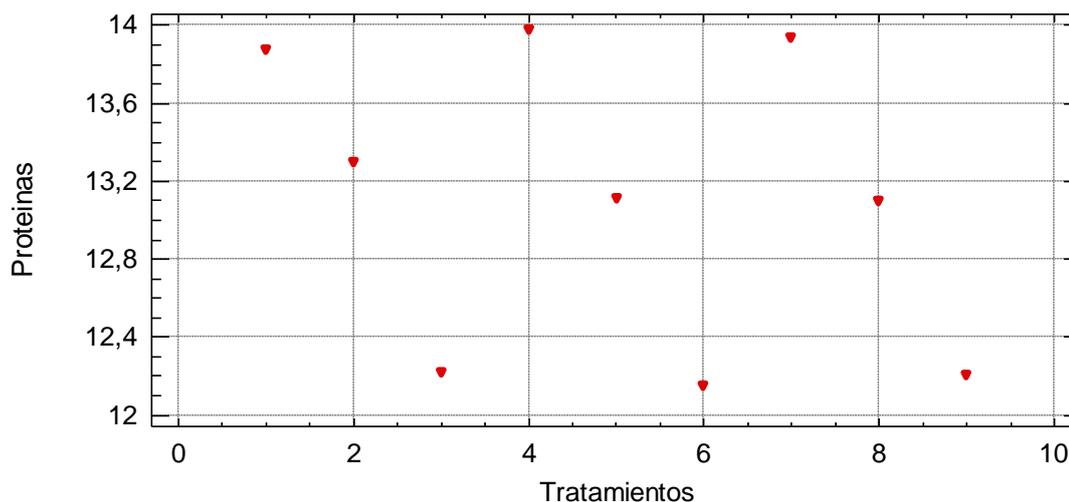


Gráfico 2: Proteínas vs Tratamientos.

Gutiérrez, et al., (2008) estudió el contenido nutricional de su snack y obtuvo 4.52% de proteína en su producto extruido a base de harina de maíz y harina de Garbanzo (21,2g HM + 78,8g HG), nuestro snack tiene un mayor contenido de proteínas superiores al 12%, esto debido a la formulación de sus materias primas, el contenido de maíz y garbanzo contienen menor proteínas en su composición.

El contenido de proteínas de nuestros snack supero a lo encontrado por Salinas (2011) que halló en su investigación un contenido de proteínas a partir de la mezcla de Ocumo (10%) y Maíz (90%) de 2.92 % expresados como base seca en g/100g. Asimismo Flores, Aytara, y Celio (2015) en su estudio de un alimento instantáneo a base de cañihua, maíz morado y oca obtuvo 9.98% de proteína sobre la formulación de cañihua (50%) maíz morado (20%) y oca negra (30%), por ultimo Martínez y Pau (1992) en la extrusión de sorgo integral y decorticado obtuvo 10.9% de proteína.

El proceso de extrusion minimizo la degradación por calor de los nutrientes, el contenido de proteína no disminuyo drásticamente, al mismo tiempo mejoró la digestibilidad mediante la gelatinización del almidón (Harper (1981).

Las propiedades funcionales de la materia prima se modificaron durante el proceso por extrusión, la extrusión también destruye o inactiva los compuestos anti-nutricionales o tóxicos (es decir, inhibidores de la tripsina, hemaglutininas y gossipol,

etc.), enzimas indeseables tales como lipoxigenasas, peroxidasas, lipoxidasas y lipasas, microorganismos y otras plagas transmitidas por los alimentos (Asp & Bjorck, 1989)

En el momento que la mezcla sale de la matriz del expansor, 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 las enzimas, de esta manera el producto se hace más digestible (Ascheri, 2005).

López (1999) muchas proteínas son desnaturalizadas por la extrusión y expansión perdiendo por tanto sus propiedades funcionales, sin embargo, Zamora (2003) indica que el proceso de expansión y/o extrusión de cereales aumentó significativamente el aprovechamiento proteico, en tanto Asp & Bjorck, (1989); observaron, en maíz extrudido, que los gránulos se encuentran incrustados en la matriz proteica (glutelinas), y en los cuerpos proteicos (zeínas).

Ramírez , Sossa, Colque & Batállanos (2013) en su estudio sobre la elaboración de cereales a partir de una mezcla de maíz y soya para un desayuno a través del proceso de extrusion obtuvo en sus dos muestras 7.58% y 7.50% de proteína total.

El resultado encontrado de proteína fue mayor a los reportados debido al contenido de proteínas de Tarwi y los parámetros utilizados, por ello la importancia de enriquecer el snack con Tarwi.

4.4.Fibra Dietética Total (%FDT)

La Fibra Dietética Total encontrada en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en el *Tabla 15*.

Tabla 15

Análisis de Fibra Dietética Total

<i>Experimento</i>	<i>Tarwi (%)</i>	<i>Arroz (%)</i>	<i>%FDT</i>
1	12	88	4.95
2	10	90	5.19
3	8	92	4.25
4	12	88	3.69
5	10	90	4.03
6	8	92	3.43
7	12	88	3.65
8	10	90	3.18
9	8	92	5.15

El análisis ANOVA (*Tabla 16*) se demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la FDT con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 16

ANOVA para FDT por Temperatura

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,88829	2	0,944144	2,04	0,2108
Intra grupos	2,7754	6	0,462567		
Total (Corr.)	4,66369	8			

El *Gráfico 3* detalla la influencia de la temperatura para la fibra, la temperatura de 110 ° C influye en mayor proporción en la disminución de la fibra sobre el snack.

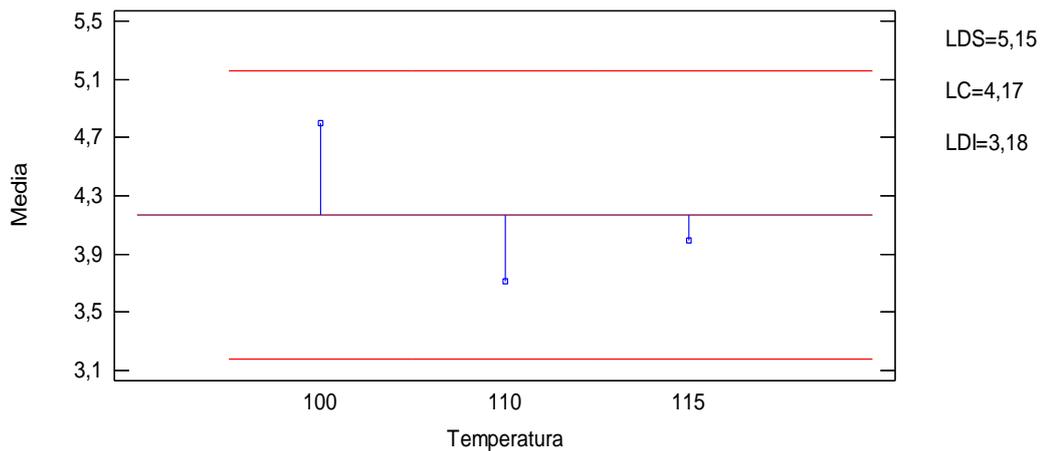


Gráfico 3: Análisis de Medias (ANOM) para FDT

El *Gráfico 4* detalla la cantidad de fibra de cada tipo de snack, el tratamiento 5 contiene una cantidad aceptable en comparación con los demás snacks.

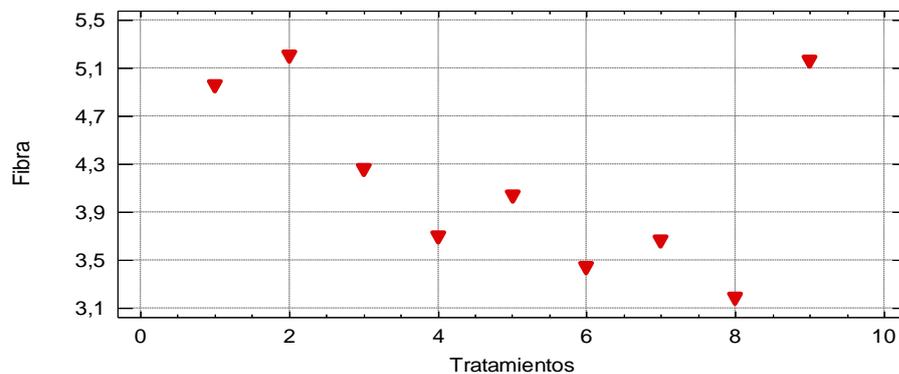


Gráfico 4: Fibra vs Tratamientos

El contenido de fibra del snack es variado y no tienen un patrón que indique la disminución por efecto de la temperatura, varía de acuerdo a las concentraciones de arroz y tarwi en los 9 tratamientos, esto comparado con la extrusión de almidón de yuca que obtuvo 7.5% de fibra (Camargo, Leonel y Mischán 2008).

4.5. Otros Análisis

4.5.1. Análisis de grasas

La cantidad de grasas encontradas en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en el *Tabla 17*.

Tabla 17*Análisis de Grasas*

<i>Experimento</i>	<i>Tarwi (%)</i>	<i>Arroz (%)</i>	<i>Grasas (%)</i>
1	12	88	0.56
2	10	90	0.67
3	8	92	1.07
4	12	88	1.25
5	10	90	1.76
6	8	92	0.42
7	12	88	1.26
8	10	90	0.53
9	8	92	0.77

Gutiérrez, et al., (2008) reportó en su análisis fisicoquímico en un producto extruido a base de Harina de Maíz Extruido y Harina de Garbanzo Extruido (21,2g HME +78,8g HGE en 100g de mezcla) obtuvo 1.28 % de grasa en su producto optimizado, en tanto que nuestra investigación se obtuvo porcentajes de grasa oscilantes entre 0.5 -2.0 %, esto es debido al tipo de harina, a las diferentes cantidades de harina (Tarwi y Arroz) utilizadas, también a una extracción máxima de contenidos grasos en el equipo expeler, para que en posteriores proceso, no dificulte los procedimientos ni equipos.

Ramírez, et al., (2013) en su estudio sobre la elaboración de cereales a partir de una mezcla de maíz y soya para un desayuno a través del proceso de extrusión obtuvo en sus dos muestras 1.24 y 0.85% de grasa total y considera que el aceite de tarwi, el principal ácido graso es el oleico, seguido por el linoleico, con bajo contenido de ácido linolénico, causante de la inestabilidad del aceite por el peligro de rancidez, dando mayor estabilidad al aceite. Por lo tanto, hay menos peligro de rancidez en los productos elaborados a partir de harina de Tarwi.

Martínez y Pau (1992) en su investigación sobre la extrusión de sorgo integral y decorticado obtuvo 2.5% de grasa en el producto integral extruido. Salinas (2011) halló en su investigación acerca de la caracterización de snacks extruidos de ocumo-maíz enriquecidos con aceite de palma parcialmente refinado como ingrediente funcional un contenido de grasas en la mezcla de Ocumo (10%) y Maíz (90%) de 32.7% expresados como base seca en g/100g.

Flores, et al., (2015) en su estudio sobre determinación de vida útil en alimento instantáneo a base de cañihua, maíz morado y oca por pruebas aceleradas de almacenamiento y estabilidad de los compuestos bioactivos obtuvo en su análisis fisicoquímico 14.12% de grasa sobre la formulación de cañihua (50%) maíz morado (20%) y oca negra (30%).

De Pilli et al. (2011) la unión de lípidos con almidón es una reacción muy importante en la cocción por el proceso de extrusión que afecta la formación de la estructura y la textura de los productos extruidos. Singh et al. (1998) afirma que la adición de ácidos grasos altera las propiedades físicas y químicas de los alimentos con almidón. Los cambios producidos en los alimentos con almidón se han atribuido a la formación de complejos entre amilosa y lípidos.

4.5.2. Humedad

La Humedad encontrada en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en el *Tabla 18*.

Tabla 18

Análisis de Humedad

<i>Experimento</i>	<i>Temperatura(°C)</i>	<i>Tarwi (%)</i>	<i>Arroz (%)</i>	<i>%Humedad</i>
1	100	12	88	1.8
2	100	10	90	1.9
3	100	8	92	2.8
4	110	12	88	2.4
5	110	10	90	1.7
6	110	8	92	2.1
7	115	12	88	1.8
8	115	10	90	3.1
9	115	8	92	1.4

Hurtado, Escobar y Estévez (2001) en su estudio sobre las mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo" snack encontró un contenido de humedad en sus tres tratamientos de 22.7, 16.7 y 19.4, las diferencias se deben a la variación inherente que se produce en el ajuste de agua durante el proceso de secado, lo cual provoca un efecto de concentración de sólidos solubles en el producto. Además, la variación también se ve reflejada en el contenido de humedad, el cual presenta diferencia entre los tres tratamientos, en comparación con el contenido de humedad de nuestro snack que está dentro de 1.5 % a 3% (según formulación), se observa una gran diferencia, esto se debe a la utilización de harina seca en nuestra investigación y por el proceso térmico que involucra el equipo el extrusor, el cual reduce la mayoría de agua en el proceso de expansión.

Singh, Sekhon y Sing (2007) los alimentos con menor humedad tienden a ser más viscosos que aquellos con mayor humedad, por lo tanto, el diferencial de presión sería más pequeño para los alimentos con mayor humedad, por lo que se obtiene mayor producto expandido.

Hashimoto y Grossmann (2003) los cambios en las propiedades de los extruidos por humedad y las variaciones de temperatura pueden atribuirse a la variación en la degradación del almidón. A temperatura muy alta y humedad más baja la vaporización ocurre de manera violenta y puede causar rotura de la estructura, obstaculizando la expansión. El bajo contenido de humedad en el material puede restringir su flujo dentro de la extrusora, aumentando cizallamiento y tiempo de residencia.

Chaiyakul et al. (2009) asegura que un aumento de la proteína o el contenido de humedad de pienso aumenta la densidad aparente pero la expansión se ve reducida en tanto la formación de estructuras tridimensionales por una red de proteínas de gluten y el agua, disminuye la hinchazón del almidón.

Derby, Miller, Miller, y Trimbo (1975) aseguran que la adición de proteína a almidón en los extruidos redujo la expansión de los productos reduciendo la extensibilidad del polímero de almidón durante su expansión en la matriz de salida.

4.5.1. Actividad de Agua

La actividad de agua encontrada en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en el *Tabla 19*:

Tabla 19

Actividad de Agua

<i>Experimento</i>	<i>Tarwi (%)</i>	<i>Arroz (%)</i>	<i>Aw</i>
1	12	88	0.484
2	10	90	0.473
3	8	92	0.511
4	12	88	0.473
5	10	90	0.479
6	8	92	0.49
7	12	88	0.491
8	10	90	0.475
9	8	92	0.486

La desnaturalización de proteínas, la gelatinización de almidón e hinchazón de la fibra bruta, que ocurre durante la extrusión, es responsable de la variación de la actividad de agua en los extruidos (Mesquita, Leonel & Mischan, 2013).

4.5.1. Colorimetría de los Snack

La colorimetría encontrada en los 9 tipos de snack obtenidos por extrusión, se detalla en el *Tabla 20*.

Tabla 20

Colorimetría de los Snack

Tratamiento	a*	b*	L*	Cromocidad	Ángulo de tonalidad
1	-1.24±0.12	21.88±0.11	89.52±0.34	230573.1±0.57	0.003±0.05
2	-1.6±0.01	23.74±0.12	88.52±0.21	321257.4±0.36	0.005±0.45
3	-1.96±0.08	22.19±0.21	90.11±0.19	249108.7±0.27	0.008±0.65
4	-0.89±0.15	23.97±0.18	89.4±0.25	333070.3±0.14	0.001±0.12
5	-1.98±0.04	21.06±0.16	91.2±0.05	206979.5±0.20	0.009±0.06
6	-1.64±0.03	20.65±0.05	92.42±0.26	184117.4±0.19	0.006±0.52
7	-1.68±0.17	23.71±0.04	91.23±0.36	320163.6±0.12	0.005±0.32
8	-1.11±0.12	23.02±0.13	89.71±0.45	283027±0.24	0.003±0.41
9	-0.71±0.13	20.8±0.24	91.73±0.28	187607.7±0.65	0.001±0.31

Güemes (2004) afirma que la disminución de los valores de luminosidad indica un mayor pardeamiento en el producto, también hace mención que en algunos procesos térmicos, cambia las características de la superficie como el color, debido a periodos largos en el proceso y temperaturas mayores, lo que ocasiona la pérdida de pigmentación, con lo expuesto por dicho autor afirmamos que en nuestra investigación el rango de luminosidad fluctúa entre 85.1 % a 91.7 % dependiente de cada formulación, lo cual nos indica que tras el sometimiento a temperaturas, en los procesos, ligeramente el color varia.

Observamos que el tratamiento T2 presenta menor luminosidad comparado con el T5 y el T9, 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.

4.6. Análisis Sensorial

La evaluación de las características organolépticas de los tratamientos se llevó a cabo a través de una escala hedónica de 7 puntos (*Anexo 3*) con la participación de 37 jueces considerados no-entrenados (*Anexo 4*) de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional del Santa.

4.6.1. Análisis de Varianza para el Atributo Color

Los resultados fueron procesados por el paquete Statgraphics, los resultados se pueden apreciar en la *Tabla 21*.

Tabla 21

ANOVA para la Evaluación de la Aceptabilidad del Color

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,88889	8	0,861111	0,62	0,7620
Intra grupos	450,811	324	1,39139		
Total (Corr.)	457,7	332			

El análisis ANOVA (*Tabla 21*) demuestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 9 snacks con un nivel del 95% de confianza.

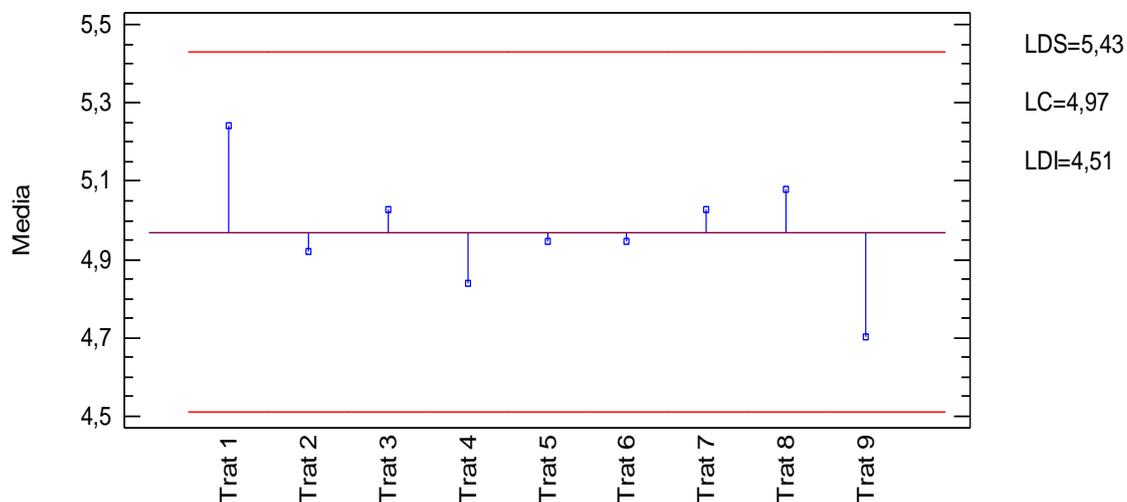


Gráfico 5: Análisis de Medias (ANOM) para Color

En el *gráfico 5* se observa las medias de los 9 tratamientos observando que los tratamientos 1, 3, 7 y 8 tienen mayor aceptabilidad en el análisis. Para los panelistas el color no es trascendental debido a que el snack no tiene variación significativa en su presentación

4.6.2. Análisis de Varianza para el Atributo Olor

Los resultados fueron procesados por el paquete Statgraphics, los resultados se pueden apreciar en la *Tabla 22*.

Tabla 22

ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad del Olor

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,07808	8	0,75976	0,68	0,7087
Intra grupos	361,73	324	1,11645		
Total (Corr.)	367,808	332			

El análisis ANOVA (*Tabla 22*) demuestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 9 snacks con un nivel del 95% de confianza.

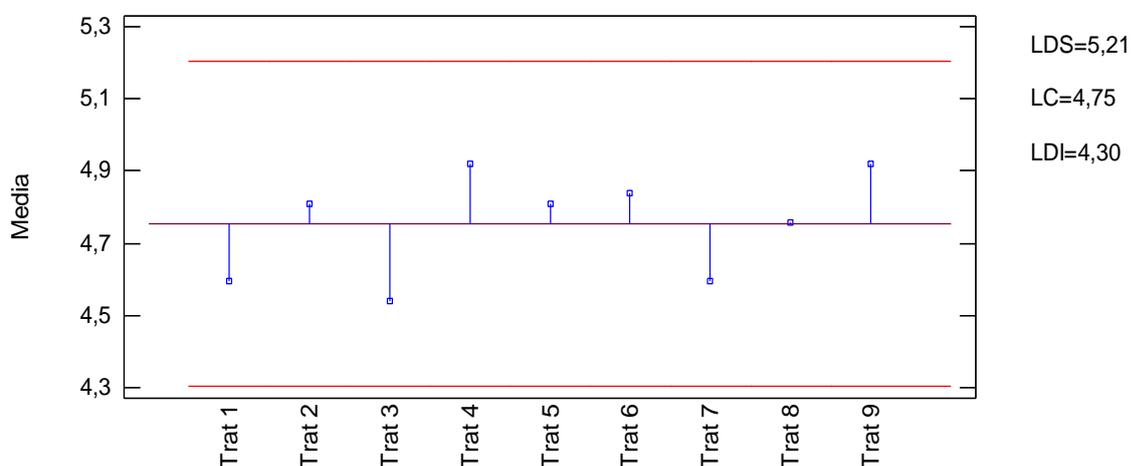


Gráfico 6: Análisis de Medias (ANOM) para Olor

En el *Gráfico 6* se observa las medias de los 9 experimentos, observando que los tratamientos 2, 4, 5, 6 y 9 son aceptables en el análisis. El contenido de tarwi y la temperatura de extrusión no influyen en el olor, se observa que el tratamiento 1,4 y 7 que contiene cantidades iguales de tarwi varían en su aceptabilidad, al igual que los tratamientos 2, 5, y 8.

4.6.3. Análisis de Varianza para el Atributo Sabor

Los resultados fueron procesados por el paquete Statgraphics, los resultados se pueden apreciar en la *Tabla 23*.

Tabla 23

ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad del Sabor

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	47,9339	8	5,99174	3,63	0,0005
Intra grupos	535,351	324	1,65232		
Total (Corr.)	583,285	332			

El análisis ANOVA (Tabla 23) demuestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 9 corridas experimentales con un nivel del 95% de confianza. Es posible que el sabor fue significativo para los panelistas debido a la cantidad de tarwi en cada formulación, el tarwi tiene un sabor muy agradable y por ello las diferencias.

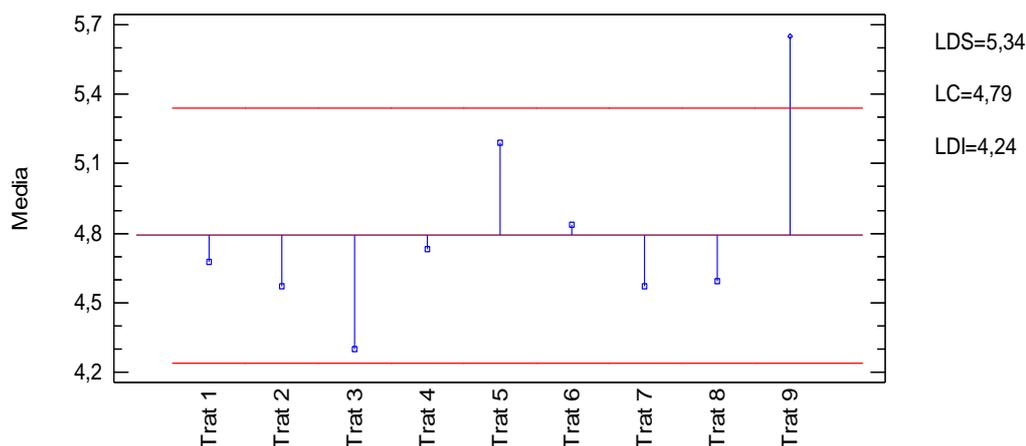


Gráfico 7: Análisis de Medias (ANOM) para Sabor

En el Grafico 7 se observa las medias de los 9 experimentos, observando que los tratamientos 2, 4, 5, 6 y 9 son aceptables en el análisis. El sabor es significativo para el panelista, el mejor sabor se lo lleva el tratamiento 9 con un contenido del 8% de tarwi y 92% de arroz, pero el tratamiento 5 que contiene 10% de tarwi y 90% sería el mejor debido al contenido intermedio de tarwi en las formulaciones.

4.6.4. Análisis de Varianza para el Atributo Textura.

Los resultados fueron procesados por el paquete Statgraphics, los resultados se pueden apreciar en la Tabla 24.

Tabla 24

ANOVA para Evaluación de Aceptabilidad de la Textura

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	100,402	8	12,5503	6,69	0,0000
Intra grupos	607,784	324	1,87588		
Total (Corr.)	708,186	332			

El análisis ANOVA (*Tabla 24*) demuestró que existió una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 9 corridas experimentales con un nivel del 95% de confianza. Es posible que la textura fue significativa para los panelistas debido al programa de temperaturas utilizadas para la extrusión, siendo más crocante y fácil de masticar por ello las diferencias.

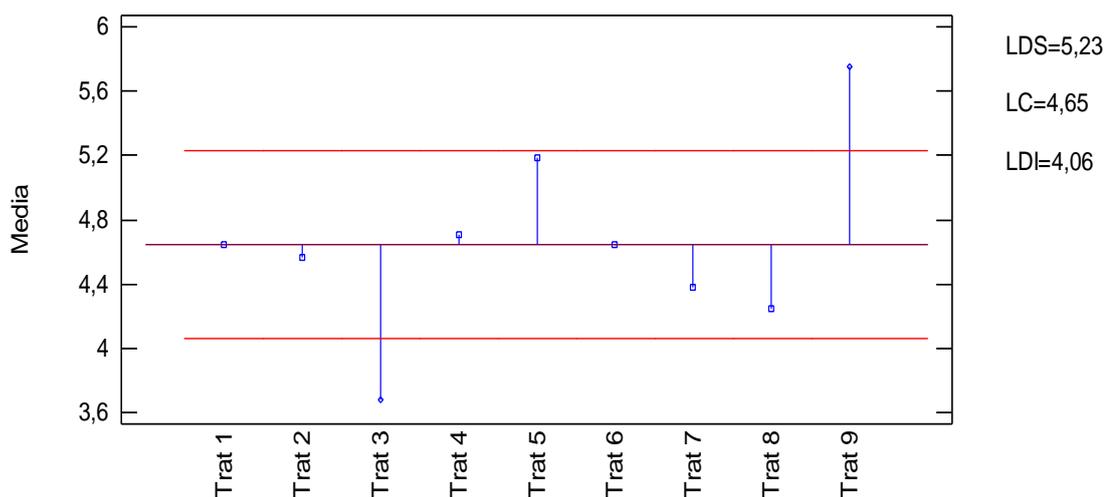


Gráfico 8: Análisis de Medias (ANOM) para Textura

En el *Gráfico 8* se observó que los tratamientos 4,5 y 9 son aceptables en el análisis. Se observó mayor preferencia para el snack que contiene mayor contenido de arroz, ya que el almidón presente en este hace que el snack sea más suave y fácil de masticar, visto desde el punto de vista de la cantidad de tarwi y la calidad nutricional que este otorga el tratamiento 5 es el mejor porque es más nutritivo.

4.7.Vida Útil

Se realizó el análisis de vida útil mediante análisis sensorial, el snack obtuvo 25 días de vida útil, el tiempo en la que el snack conserva sus características organolépticas de calidad, aptas para el consumo.

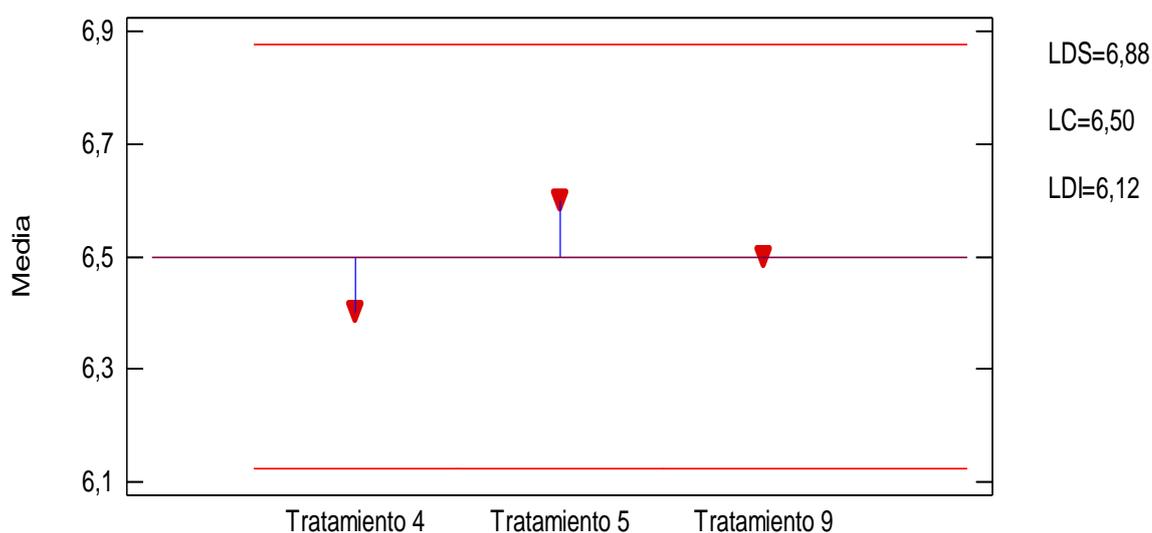


Gráfico 9: ANOM para Semana 1

En el *Gráfico 9* el análisis sensorial del snack en la semana 1, los snacks se mantuvieron por encima de una puntuación 6, esto quiere decir que a los panelistas les gustan los tres tipos de snack, en particular el tratamiento 5.

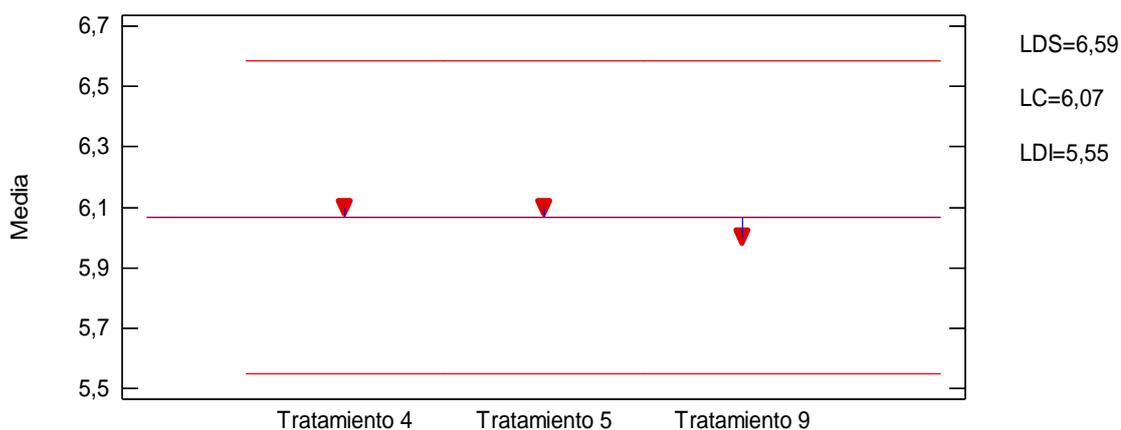


Gráfico 10: ANOM para Semana 2

En el *Gráfico 10* el análisis sensorial del snack en la semana 2, los snacks se mantuvieron por encima de una puntuación 5, esto quiere decir que a los panelistas les gustan los tres tipos de snack, en particular el tratamiento 4 y 5.

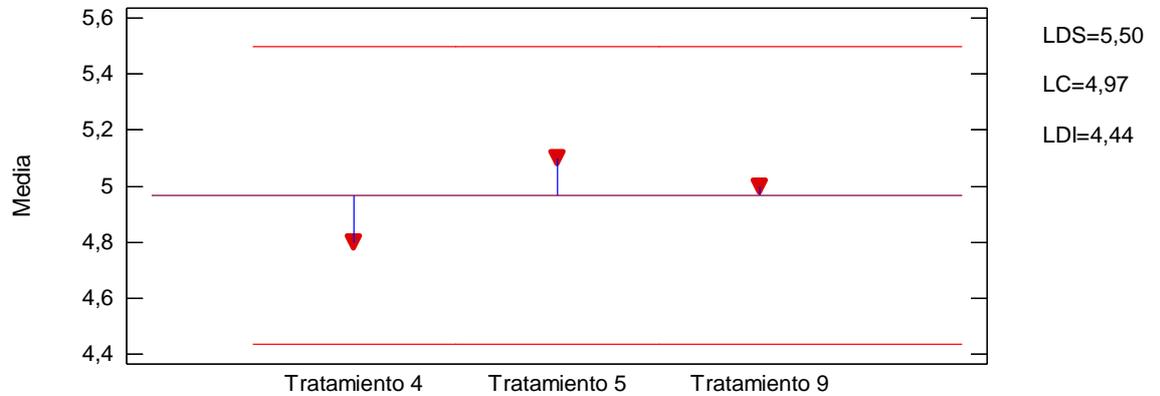


Gráfico 11: ANOM para Semana 3

En el *Gráfico 11* el análisis sensorial del snack en la semana 3, los snacks se mantuvieron por encima de una puntuación 4, esto quiere decir que a los panelistas no le gusta ni les disgustan los tres tipos de snack, tienen una leve preferencia por el tratamiento 5.

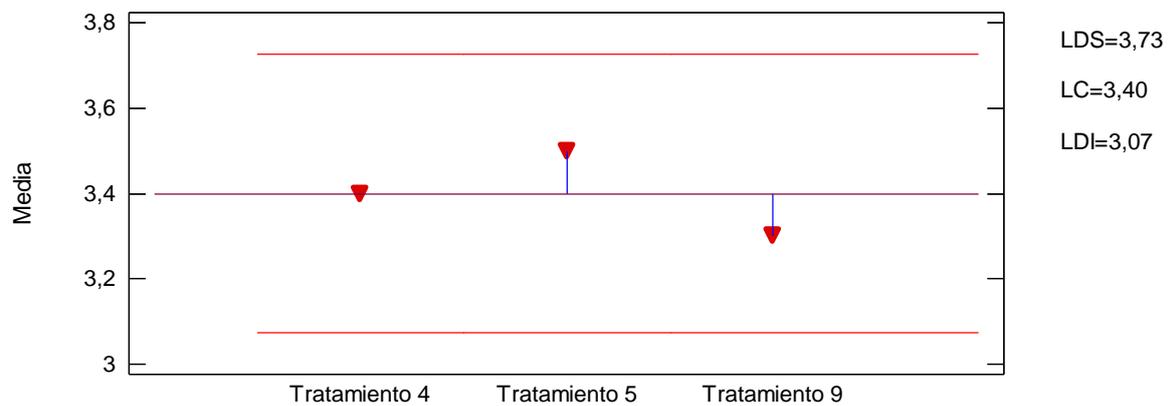


Gráfico 12: ANOM para Semana 4

En el *Gráfico 12* el análisis sensorial del snack en la semana 4, los snacks tienden a una puntuación menor a la 4, esto quiere decir que a los panelistas no le

comienza a parecer desagradable en cuestiones de textura y sabor, por lo tanto, se detiene el análisis ya que el snack ya no es apetecible para el catador.

La vida útil determinada por análisis sensorial, es la mejor opción debido a que el producto se basa en la preferencia del catador, es importantísima que sea agradable y tenga preferencia entre los consumidores, la vida útil se puede medir mediante muchos métodos como es mediante análisis de actividad de agua, el estudio sobre el efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz, quinua y torta desgrasada de chía demostraron que el snack tiene una durabilidad de 35 y 20 días en sus tratamientos (Ortega y Bravo, 2017).

V. CONCLUSIONES

El arroz está compuesto por $12,31 \pm 0.51\%$ de humedad, $7,34 \pm 0.6$ de proteínas, $0,99 \pm 0.09\%$ de grasa, $5,03 \pm 0.17 \%$ de cenizas y $74,31 \pm 0.87\%$ de carbohidratos. El tarwi está compuesto por $4,51 \pm 0.54\%$ de humedad, $56,96 \pm 0.43$ de proteínas, $23,32 \pm 0.66\%$ de grasa, $6,27 \pm 0.39 \%$ de cenizas y $8,93 \pm 0.52\%$ de carbohidratos.

La calidad tecnológica del snack se ve influenciada por la temperatura de extrusión y la concentración de tarwi y arroz. La menor temperatura de extrusión, así como la formulación con mayor cantidad de harina de arroz mejoran las características tecnológicas del snack. Se ha demostrado que la cantidad de proteínas es estadísticamente significativa, con significación de 5%, la T1 fue la mejor, contiene 12% de harina de tarwi y 88% harina de Arroz, asimismo la FDT no es estadísticamente significativa, el T2 y T9 son los mejores con un contenido de 5.19% y 5.15% de FDT.

La calidad sensorial es influenciada por el programa de temperatura y formulación puesto que existe diferencia estadística significativa a nivel de 5% en los atributos sabor y textura; determinando que los mejores tratamientos son el T4, T5 y T9, presentan las puntuaciones más altas de entre los demás tratamientos.

De la estimación de vida útil se determinó que T5 tiene una mayor durabilidad comparado con T4 y T9, determinado 25 días de vida útil del producto.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de conservación de un snack mediante el uso de empaques que protejan y alarguen la vida útil del producto.
2. Difundir el empleo de Tarwi en la elaboración de panes, galletas, pastas y jugos por sus excelentes propiedades nutritivas.
3. Realizar un estudio económico financiero que demuestre la factibilidad de la producción comercial de este producto.
4. Se recomienda que durante el proceso de elaboración del Snack con adición de harina de tarwi y Arroz, se empleen materiales inocuos, cumplir con las normativas de las buenas Prácticas de Manufactura, con la finalidad de obtener un producto con baja cantidad de carga microbiana.
5. Se recomienda que se siga desarrollando productos a base de materias primas nativas tales como la harina de tarwi, para promover la alimentación nutritiva entre los consumidores y seguir innovando con nuevos productos Agroindustriales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agustiano, J., González, R., Flores, E., Manrique, N., Sánchez, L. & Bello, L. (2005). Resistant starch production from mango starch using a single-screw extruder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (85), p. 2105-2110
- Ascheri, J.L.R. (2005). Extrusión de harina mixta de amaranto integral y arroz: Parte 1. Caracterización fisicoquímica. *Alimentaria*, v.367, p.74-83.
- Asp, N.G. & Bjorck I. (1989). Nutritional properties of extruded foods. In: *Extrusion Cooking* (edited by C. Mercier, P. Linko and J.M. Harper). St. Paul, 177 MN: American Association of Cereal Chemists, Inc. p. 399–434
- Balagopalan, C., Padmaja, G., Nanda, S., y Moorthy, S. (1988). Cassava in food, feed and industry. CRC Press, Boca Raton, FL, E.U, p. 205.
- Bello-Pérez, L. A., Méndez-Montealvo, G. y Solorza-Feria, J. (2002). Estructura molecular de almidones. *Memorias de Investigación. CeProBi-IPN, México*.
- Bello, L. y Paredes, O. (1999). El almidón lo comemos, pero no lo conocemos. *Conversa*, p. 29-33.
- Bello, L., Solorza, J. y Paredes, O. (2001). El almidón como fibra. *Conversa*. p. 10-15.
- Bhattacharya, M., & Hanna, M. (1987). Kinetics of starch gelatinization during extrusion cooking. *Journal of Food Science*. 52(3), p. 764–766.
- Bhattacharya, M., & Hanna, M. (1987). Influence of process and product variables and extrusion energy and pressure requirements. *Journal of Food Engineering*, 6, p. 153–163.
- Billiaderis, C. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal Physiology and Pharmacology*. 69,p. 60-78.
- Biliaderis, C. (1989). The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiological Pharmacology*. 69. p. 60-78.

- Birch, G., & Priestley, R. (1973). Degree of gelatinisation of cooked rice. *Starch/Stärke*. 25(3), p. 98-100.
- Blanco, D., López, B., Dias, R., Azpiroz, A. & Rilla, F. (2006). Uso de arroceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Bolet, M., & Socarrás, M. (2010). Alimentación adecuada para mejorar la salud y evitar enfermedades crónicas. *Revista Cubana de medicina general integral*, 26(2).
- Borquez, A. (2008). Evaluación nutricional del lupino blanco (*Lupinus albus*) como fuente alternativa de proteínas en dietas comerciales para salmónidos en Chile. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Chile.
- Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V. & Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*. 23. p. 85-112.
- Caicedo, C., Peralta, E., Villacrés, E., y Rivera, M. (2001). Poscosecha y mercado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. *Publicación Miscelánea*. Ecuador.
- Camargo, K. F., Leonel, M., Mischán, M. M. (2008). Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 3, p.586-591.
- Carvalho, A. V., Bassinello, P. Z., Mattietto, R. D., Carvalho, R. N., Rios, A. D. O., & Seccadio, L. L. (2012). Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas, SP. vol. 15, n. 1, (jan. /mar. 2012), p. 72-83.

- Castañeda, B. P., Manrique, R. M., Gamarra, F. C., Muñoz, A. J., & Ramos, F. E. (2009). Formulación y elaboración preliminar de un yogurt mediante sustitución parcial con harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Medicina Naturista*, 3(1).
- Chaiyakul, S., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P., & Winger, R. (2009). Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. *LWT-Food Science and Technology*, 42(3), p. 781-787.
- Cremer, H. (1983). Current aspects on legumes as a food constituent in Latin America with special emphasis on lupines: introduction. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*, 32, p. 95 - 100.
- De Pilli, T. (2011). Study of starch-lipid complexes in model system and real food produced using extruding-cooking technology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 12, n. 4, p. 610- 616
- Derby, R. I., Miller, B. S., Miller, B. F., & Trimbo, H. B. (1975). Visual observation of wheat–starch gelatinization in limited water systems. *Cereal Chemistry*, 52, p. 702–713.
- Englyst, H; Kingman, S. & Cummings, J. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46S (2), p.33-S50.
- FAO, (2007). El riego en Perú. Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO. Perú.
- FAO, (2004). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO production yearbook. Roma, Italia.

- Fennema, O. (2000). Química de los alimentos. Segunda Edición. Zaragoza, España. p.234.
- Flores, C., Aytara, C., y Celio, F. (2015). Determinación de vida útil en alimento instantáneo a base de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* aellen), maíz morado (*Zea mays* L.) y oca (*Oxalis tuberosa*) por pruebas aceleradas de almacenamiento y estabilidad de los compuestos bioactivos [Fotografía de Eduardo Peralta]. (Quito.2012). Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción, Quito, Ecuador.p.2.
- Freitas, R., Ferreira, R., & Teixeira, A. (2000). Use of a single method in the extraction of the seed storage globulins from several legume species. Application to analyse structural comparisons within the major classes of globulins. *International journal of food science and nutrition*, 51, p. 341-52.
- Güemes N., (2004). Características Reológicas, Sensoriales y Nutricionales de Masas y Productos de panificación Fortificados con Lupinus. Tesis de Doctorado ENCB_IPN. México, DF.
- Gross, R., Baer, E., Koch, F., Marquard, R., Trugo, L. y Wink, M. (1988). Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with lowalkaloid content. *Food Composition and Analysis*, 1(4), p.353-61.
- Guilbot, A. & Mercier, C. (1985). Starch. In: *The polysaccharides*, Aspinall, O. Eds. Academic Press, New York. p. 209-282.
- Gutiérrez, R., Cárdenas, O., Alarcón, C., Garzón, J., Milán, J., Armienta, E., & Reyes Moreno, C. (2008). Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos. *Interciencia*, 33(12).

- Guzmán, H. & Paredes, O. (1995). Amylolytic enzymes and products derived from starch: A review. *Critical review in food science and nutrition*. 35, p.373-403.
- Harper J. M. (1981). *Extrusion of foods –1 and –2*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hashimoto, J. M.; Grossmann, M. V. E.(2003). Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *International Journal of Food Science and Technology*,v.38,n.5,p.511-517. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00700.x>
- Hatel, M. & Guimaraes, E. (2002). International partnership for rice improvement in Latin America: CIRAD, a case study. *Brazilian society of plant Breeding. Crop Breeding and Applied Bulletin*, Vol. 165, no. 2, p. 639-648.
- Hatzold T., Elmadfa I., Gross R.(1983). Edible oil and protein concentrate from *Lupinus mutabilis*. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*, 32, p.125 - 32.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate polymers*. 45. p. 253-267.
- Hove,E., King, S., & Hill, G.(1978). Composition,protein quality, and toxins of seeds of the grain legumes *Glycine max*, *Lupinus spp.*, *Phaseolus spp.* *Pisumsativum*, and *Viciafaba*. *Agricultural Research. New Zealand*, 21, (3). p.457 - 62.
- Hurtado, M. L., Escobar, B., & Estévez, A. M. (2001). Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo" snack. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 5, p. 303-308.
- INIAP, (1997). Zonificación potencial del cultivo de chocho. Proyecto P-BID-206. Programa Nacional de Leguminosas, INIAP. Fundacyt, Quito, Ecuador, p. 30.
- Iturbe, A. (2008). Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Cereales_23038.pdf

- Jacobsen, S. E., y Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los andes centrales*, 28, p. 458-482.
- Karam, B., Eiras, V., Silva, R., Ferrero, C. & Zaritzky, N. (2005). Gel textural characteristics of corn, cassava and yam starch blends: A mixture surface response methodology approach. *Satrch/Stärke*. 57, p. 62-70.
- Lai, L. & Kokini. (1991). Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (A review). *Biotechnology Progress*. 7(3), p.251–26.
- Lentini, Z. (2006). Ingeniería genética en el desarrollo de cultivos menos dependientes de agroquímicos: arroz con resistencia a insectos plagas. Preproyecto Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Cali, Colombia.
- Lineback, D., & Rasper, V. (1988). Wheat Carbohydrates. In: *Chemistry and Technology*, Pomeranz Y., Eds. Vol. I, American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, p. 227-372.
- Lineback, D. (1984). The starch granule-organization and properties. *Baker's Digest*. March. p. 16-21.
- López, Y. (1999). Efecto de la concentración y calidad de la proteína dietaria sobre la composición corporal, la actividad de enzimas digestivas y el potencial reproductivo de gorgojos del arroz (*Sitophilus oryzae*). Caracas Venezuela. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela.
- Martínez, B. F., y Pau, C. L. (1992). Extrusión de sorgo integral y decorticado. *Agron Mesoam*, 3, 40-44.

- Martínez, F., López, M., Zazueta, J. y Morales, E. (2005). Preparación y propiedades de almidones pregelatinizados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y jícama (*Pachyrhizus erosus*). *Agrociencia*. 39, p. 275-283.
- Mazzanti de Castañón, M. y Gutiérrez de Arbola, S. (2003). Hongos asociados a granos manchados del arroz. (Cátedra de Fitopatología). Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE, Argentina.
- Mercier, C. & Feillet, P. (1975). Modification of carbohydrate components by extrusion cooking of cereal products. *Cereal Chemistry*. 52, p. 283–298.
- Millan, C. (2004). Estudios estructurales y moleculares del almidón de fuentes no convencionales: mango (*Mangifera indica*), plátano (*Musa paradisiaca*) y okenia (*Okenia hypogaea*). (Tesis de Maestría). Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, Morelos, México. p. 47-48.
- Miller, C. (2000). Tecnología de Extrusión. (En línea) Disponible: <http://www.eces.uiuc.edu/asamex/extrusion.html>, mayo del 2006.
- Minolta, (1993). *Precise colour communication*. Ramsey, NJ: Minolta camera, Ltd.
- Mori, C. y Paz, R. (2008). Eliminación de alcaloides en el tarwi (*Lupinus mutabilis*) mediante lavado con agua a diferentes pH. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Mujica, A. (1990). Investigación y producción del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Perú. INIAA-PICA, Puno, Perú. p.49.
- Mujica, A. y Sven, J. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Mujica, A. (1992). Granos y leguminosas andinas. Colección FAO, Producción y Protección Vegetal, 26, Córdoba, Argentina. p.129-146.
- OIA-MINAG. 2001. Estadística Agrícola Trimestral 2000- 2001. OIA-MINAG. Perú

- Ortega, J. F., y Bravo, E. N. (2017). Efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (*oryza sativa* L.), quinua (*chenopodium quinoa willd.*) y torta desgrasada de chía (*salvia hispánica* L.).
- Paredes, O., Barba de la rosa, A., Hernández, D., & Cárabez, A. (1990). Amaranto-características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial. Secretaría de los Estados Americanos, Washington, D.C.
- Paredes-López, O; Schevenin, M-L; Hernández-López, D and Cárabez, A. 1989. Amaranth starch isolation and partial characterization. *Starch/Stärke*. 41:205.
- Parker, R. & Ring, S. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science*. 34, (1). p. 1-17.
- Pérez, E. (1997). Characterization of starch isolated from plantain (*Musa Paradisiaca Normalis*). *Starch/Stärke*, 49(2). p. 45-49.
- Pólit, P. (1996). Efecto del procesamiento por extrusión sobre almidones. Conferencia internacional de almidón, Quito, Ecuador, p. 41-56.
- Producción Agrícola, (1995). Fundamentos Generales. Editores Terranova. Santa Fé de Bogotá, Colombia. Vol. 2
- Rabe, E. & Sievert, D. (1992). Effects of baking, pasta production, and extrusion cooking on formation of resistant starch. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46S (2), p.105-107.
- Ramírez, E., Sossa, M., Colque, R., & Batállanos, R. (2013). Elaboración de cereales de desayuno a través del proceso de extrusión: The making of breakfast cereals through extrusion process. *Revista Ventana Científica*, 1, 33.
- Reyes, M., Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., y Ganoza, L. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud. Perú.

- Rokey, G. (1995). Tecnología de la extrusión e implicaciones nutricionales. XI Curso de Especialización FEDNA, Barcelona.
- Rosell, C. M., Cortez, G., y Carrasco, R. (2009). Breadmaking use of andean crops quinoa, kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal chemistry*, 86(4), p. 386-392.
- Rivadeneira, J. (2008). Determinacion de los niveles optimos de fertilizacion quimica en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet). Quito, Ecuador, p.152.
- Rives, N. (2006). Caracterización de géneros bacterianos rizosféricos y endófitos en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). (Tesis de Maestría). Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba.
- Salinas, N. (2011, July). Caracterización de snacks extruídos de ocumo-maíz enriquecidos con aceite de palma parcialmente refinado como ingrediente funcional. In *Anales Venezolanos de Nutrición* (Vol. 24, No. 2).
- Salmanowicz, B. (1999). Primary structure and polymorphism of 2S albumins from seeds of Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Eur Food Res Technol*, 209, p. 416 - 22.
- Sanchez, R. y Madrid, J. (2004). "Enciclopedia de la Nutrición". De la Orden. Espasa Calpe, S.A. V.1. Bogotá, Colombia, p. 330-331.
- Sandoval , S. A., y Camarena, D. M. (2011). Comportamiento alimentario y perfil de consumo de los sonorenses: el caso de las comidas internacionales. *Región y sociedad*, 23(50), p. 185-213.
- Schoeneberger, H., Gross, R., Cremer, H. & Elmadfa, I.(1982). Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Nutrition*, 112, p. 70 - 76.
- Schoeneberger,H., Morón, S. y Gross, R. (1987). Safety evaluation of water debittered Andean lupins (*Lupinus mutabilis*): 12-week rat feeding study. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37, p.169 - 82.

- Sinagawa, S., Rascon, Q., Valdez, A., Medina, S., Escobar, A., Paredes, O. (2004). Safety Assesment by in vitro Digestibility and Allergenicity of Genetically Modified Maize with an Amaranth. *Agric Food Chem*, 52, p.14.
- Singh, B.; Sekhon, K.S.; Sing, N. (2007). Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behavior and product characteristics of rice. *Food Chemistry*, v. 100, n. 1, p. 198-202.
- Singh, N. et al. (1998). Physical properties of extruded wheat starch-additive mixture. *Cereal Chemistry*, v. 75, n. 3, p. 325-330.
- Slade, L. & Levine, H. (1991). Beyond water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality in *Food Science and Nutrition*. 30, p. 115-360.
- Stick, R. (2001). Carbohydrates. The sweet molecules of life. In: R. V. Stick. (Ed.), Australia, p. 217-218.
- Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago de Chile, Chile: FAO, p.93
- Torres, R. L., González, R. J., Sánchez, H. D., Osella, C. A., y de la Torre, M. A. (1999). Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 49(1), 162-165.
- Tosi, E., Ré, E., Torres, R, DeGreel, M. y Ciappini, C. (2001). Modificación de la concentración de almidón resistente por tratamiento térmico en cereales, En: *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Varela, Eds. Sao Paulo, Brasil, p. 155-161.
- Unlu, E. & Faller, J. (1998). Formation of resistant starch by a twin-screw extruder. *Cereal Chemistry*. 75(3), p. 346-350

- Urrutia, W. (2010). Determinación de Parámetros Óptimos de Extracción Alcalina Para la Obtención de Aislado Proteico a Partir de Tarwi. Universidad Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay, Apurímac.
- Valenzuela, A. y Nieto, S. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. Revista Chilena de pediatría, V.74, Chile.
- Vasanthan, T. & Bhatt, R. (1998). Enhancement of resistant starch (RS3) in amylo maize, barley, field pea and lentil starches. *Starch/Stärke*. 50. p. 286- 291
- Villacres, N. (2011). Evaluación del procedimiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., y Elías, L. G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos.
- Yañez, G., Messinger, J., Walker, C., & Rupnow, J. (1986). *Amaranthus hypochondriacus*. Starch isolation and partial characterization. *Cereal Chemistry*. 63. p. 273-276.
- Zamora N. (2003). Efecto de la extrusión sobre la actividad de factores antinutricionales y digestibilidad in vitro de proteínas y almidón en harinas de *Canavalia ensiformis*. *Arch Latinoamer Nutr*; 53: p. 293-298.
- Zobel, H. (1988). Molecules to granules: a comprehensive starch review. *Starch/Stärke*. 40,(2). P. 44-50.
- Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Fan, J., Yang, S., Hu, L., Leung, H., Mew, T., Teng, O., Wang, Z., & Mundt, C. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 2000, vol. 406, p. 718-722.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento de Harina de Arroz

La obtención de la harina de arroz, se llevó en el Instituto de Investigación de Ingeniería Agroindustrial (IITA). El rendimiento en la harina de arroz se debe a la pérdida de materia prima en las paredes internas del equipo de Molienda y Tamizado.

Tabla 25
Rendimiento de Harina de Arroz

<i>MUESTRAS</i>	<i>PESO(Kg)</i>
<i>Arroz</i>	20
<i>Harina de Arroz</i>	18,5
<i>Rendimiento (%)</i>	92,3

Anexo 2: Rendimiento de Harina de Tarwi

El rendimiento (*Tabla 26*) en la etapa de secado del tarwi, se llevó a cabo en un secador de bandejas, se separó la cascara y la pulpa con la finalidad de hacer más eficiente el secado, el proceso duro 8 horas.

Tabla 26
Rendimiento en el Secado del Tarwi

MUESTRAS	PESO(Kg)
<i>Tarwi(desamargado)</i>	20
<i>Cascara de Tarwi</i>	3.4
<i>Pulpa de Tarwi</i>	14
<i>Cascara de Tarwi Seca</i>	0.6
<i>Pulpa de Tarwi Seca</i>	4.5
<i>Rendimiento (%)</i>	25.8

El rendimiento (*Tabla 27*) en la etapa de extracción del aceite, se realizó con la finalidad de evitar problemas de estancamiento en los tornillos sin fin, obteniendo un producto de mala calidad.

Tabla 27
Rendimiento en el Proceso de Extracción de Aceite

MUESTRAS	PESO(Kg)
<i>Tarwi Seco</i>	7.4
<i>Aceite</i>	1.3
<i>Rendimiento (%)</i>	17,78

El rendimiento (*Tabla 28*) en la etapa de Molienda y Tamizado.

Tabla 28
Rendimiento en el Proceso de Molienda y Tamizado

MUESTRAS	PESO(g)
<i>Tarwi Libre de Aceite</i>	6045,79
<i>Tarwi Secado</i>	5138,92
<i>Harina de Tarwi</i>	4750,93
<i>Rendimiento (%)</i>	92,45

Anexo 3: Ficha de Evaluación Sensorial

NOMBRES Y APELLIDOS:

Fecha:

DNI:

Estimado panelista frente a usted tiene 3 muestra de Snack califique en cuanto a su color, olor, sabor, textura y su aceptabilidad general.

Las calificaciones para los parámetros de evaluación del siguiente producto están en una escala cuantitativa del 1 al 7, donde:

PUNTAJE	DEFINICIÓN
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

I.- Ficha de evaluación por atributos (color, olor, sabor, textura).

Escriba el código y el puntaje en los espacios en blanco de la muestra.

Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura

II. Aceptabilidad general.

Califique la muestra del 1 al 7 de acuerdo a su preferencia.

Muestra	Aceptabilidad

III. Información adicional

Indicaciones: Marque donde corresponde:

- Sexo
 - Masculino.....
 - Femenino.....
- Edad.....
- ¿tenía hambre al empezar la evaluación?
 - No.....
 - Un poco.....
 - Mucho.....

Anexo 4: Características Organolépticas para los tratamientos 1, 2, 3.

Tabla 29

Características Organolépticas para los tratamientos 1, 2, 3

Juez	Tratamiento 1				Tratamiento 2				Tratamiento 3			
	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura
1	6	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5
2	6	5	6	6	6	5	5	7	6	6	7	3
3	3	2	3	3	1	2	1	1	4	2	3	2
4	5	6	4	6	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	4	5	4	5	4	1	3	5	4	1	2
6	4	5	5	3	4	4	1	1	4	5	3	1
7	6	4	6	6	6	7	6	7	6	5	5	4
8	3	4	5	6	5	4	2	3	4	3	3	5
9	5	3	4	3	5	3	4	3	5	3	3	2
10	5	4	4	3	6	5	5	5	7	4	5	4
11	7	6	7	7	5	6	7	5	5	7	7	4
12	6	5	5	7	6	6	5	7	6	6	3	3
13	6	5	5	6	6	5	5	5	6	4	5	4
14	6	5	5	3	6	6	6	6	6	6	5	3
15	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	3
16	5	4	5	6	6	4	5	6	5	4	5	4
17	5	6	5	6	5	6	5	5	5	6	5	4
18	6	5	4	4	6	5	5	5	5	5	5	2
19	4	4	4	5	3	4	3	3	4	4	3	4
20	4	6	6	3	4	6	4	6	4	4	5	5
21	5	3	3	3	5	6	6	6	5	4	4	5
22	6	5	7	6	6	5	6	5	6	5	7	6
23	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
24	6	4	3	4	6	4	4	4	6	4	2	4
25	5	4	5	6	5	4	5	3	5	4	4	5
26	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6
27	6	6	6	6	4	4	5	5	5	5	4	4
28	6	6	4	5	3	6	4	3	6	6	5	4
29	6	4	2	1	6	6	5	2	6	4	2	1
30	6	5	4	3	4	5	5	5	3	4	3	4
31	3	4	2	3	4	4	3	4	4	4	3	3
32	6	4	3	6	3	4	6	4	4	4	5	2
33	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3
34	5	4	5	4	3	4	3	4	5	4	3	3
35	5	4	6	5	6	6	5	4	4	4	5	3
36	6	6	6	5	6	6	6	6	4	5	4	4
37	6	4	4	5	6	4	6	6	6	4	5	5

Anexo 5: Características Organolépticas para los tratamientos 4, 5, 6.

Tabla 30

Características Organolépticas para los tratamientos 4, 5, 6

Juez	Tratamiento 4				Tratamiento 5				Tratamiento 6			
	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura
1	4	4	6	7	4	4	6	7	6	4	7	7
2	6	4	6	6	6	4	6	5	6	4	5	3
3	3	4	2	2	3	3	2	2	4	4	5	6
4	6	6	6	7	6	6	6	7	6	7	5	5
5	1	6	5	3	5	5	5	5	4	6	3	2
6	4	6	5	6	4	5	5	3	4	5	4	5
7	5	6	5	5	6	6	5	6	6	6	4	5
8	2	4	4	4	2	4	4	6	2	4	5	4
9	5	4	3	4	5	4	3	3	5	4	6	5
10	5	5	4	5	4	4	4	6	4	4	4	5
11	5	3	5	6	4	4	5	3	4	5	4	5
12	7	6	5	6	6	5	5	5	6	6	5	5
13	6	4	5	4	6	4	5	5	6	4	5	5
14	7	7	4	3	7	7	4	6	7	7	6	5
15	5	5	5	5	5	5	5	6	6	4	4	5
16	6	6	5	4	6	5	5	7	5	5	4	4
17	5	5	5	6	6	6	5	6	5	6	6	6
18	5	4	4	2	6	4	4	6	5	4	5	2
19	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4
20	4	6	6	5	4	6	6	4	4	6	6	6
21	5	7	6	6	5	6	6	5	5	6	5	5
22	7	5	7	7	6	5	7	7	6	5	6	7
23	6	7	6	6	6	6	6	4	6	6	6	4
24	3	3	2	3	3	4	2	3	3	4	2	3
25	4	4	6	4	4	4	6	7	4	4	5	5
26	6	7	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
27	6	7	6	6	4	5	6	4	4	6	6	4
28	6	6	4	5	4	6	4	6	4	5	4	5
29	6	4	5	5	6	4	5	6	6	4	5	3
30	3	3	3	3	5	4	3	5	5	4	5	5
31	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	3
32	6	4	6	7	6	4	6	7	6	4	6	7
33	3	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3
34	4	4	3	3	5	5	3	5	4	4	4	6
35	4	4	2	2	7	5	2	6	6	5	5	4
36	5	5	5	4	5	5	5	6	6	5	6	4
37	6	5	4	3	6	5	4	5	6	5	4	5

Anexo 6: Características Organolépticas para los tratamientos 7, 8, 9.

Tabla 31

Características Organolépticas para los tratamientos 7, 8, 9.

Juez	Tratamiento 7				Tratamiento 8				Tratamiento 9			
	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura	Color	Olor	Sabor	Textura
1	6	4	5	5	5	4	4	5	4	4	3	5
2	6	5	6	4	6	5	6	5	6	5	7	7
3	3	4	2	4	5	5	5	4	1	1	4	5
4	6	7	6	5	6	6	6	7	6	7	7	7
5	6	5	5	7	6	6	3	3	2	7	4	3
6	4	4	2	4	4	5	4	5	4	6	6	7
7	5	5	5	4	5	6	6	5	5	6	7	7
8	2	4	4	2	2	4	4	3	2	4	3	5
9	5	4	4	3	5	4	3	1	5	4	5	5
10	5	4	4	4	5	5	3	3	3	4	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	3	3
12	6	5	6	6	6	5	5	5	6	5	5	7
13	6	4	5	6	6	4	5	5	6	4	5	6
14	7	6	6	5	7	6	5	5	7	6	6	5
15	6	4	5	6	6	5	6	6	4	5	6	6
16	5	6	4	3	6	6	5	5	6	5	7	7
17	5	5	6	6	5	5	5	5	6	5	5	6
18	6	5	4	3	6	5	4	3	4	5	6	6
19	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	6	6
20	4	6	6	6	4	6	4	4	4	6	6	6
21	5	4	7	6	5	4	6	5	5	4	7	5
22	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
23	6	5	5	3	6	6	6	6	6	6	7	6
24	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4
25	4	4	7	4	4	4	6	4	4	4	7	5
26	6	6	6	6	6	6	7	6	6	7	7	7
27	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	6	7
28	6	5	3	3	5	4	3	3	4	6	6	6
29	6	4	2	1	6	4	2	2	6	4	7	7
30	5	3	3	3	4	4	4	3	3	5	6	6
31	4	5	5	6	4	4	5	5	4	5	6	5
32	5	4	5	5	5	4	6	3	6	4	7	6
33	3	3	3	4	3	3	4	5	3	4	5	5
34	4	4	4	2	4	3	3	2	6	5	6	6
35	5	4	4	5	5	4	5	5	7	7	7	7
36	4	4	4	3	5	5	4	4	5	4	4	4
37	6	5	4	5	6	5	4	3	6	5	5	6

Anexo 7: Vida útil

Tabla 32

Vida Útil Semana 1

<i>SEMANA 1</i>			
<i>Panelista</i>	<i>Tratamiento 4</i>	<i>Tratamiento 5</i>	<i>Tratamiento 9</i>
1	7	6	7
2	6	7	6
3	7	6	6
4	7	7	6
5	6	6	7
6	5	6	7
7	7	7	7
8	7	7	7
9	6	7	6
10	6	7	6

Tabla 33

Vida Útil Semana 2

<i>SEMANA 2</i>			
<i>Panelista</i>	<i>Tratamiento 4</i>	<i>Tratamiento 5</i>	<i>Tratamiento 9</i>
1	6	5	5
2	7	6	6
3	7	6	7
4	5	7	6
5	7	6	7
6	7	7	7
7	5	5	6
8	6	7	6
9	6	6	5
10	5	6	5

Tabla 34

Vida Útil Semana 3

<i>SEMANA 3</i>			
<i>Panelista</i>	<i>Tratamiento 4</i>	<i>Tratamiento 5</i>	<i>Tratamiento 9</i>
1	4	4	5
2	5	6	6
3	4	6	6
4	5	4	4
5	6	6	5
6	5	5	4
7	5	5	6
8	6	4	5
9	4	6	4
10	4	5	5

Tabla 35
Vida Útil Semana 4

<i>Panelista</i>	<i>SEMANA 4</i>		
	<i>Tratamiento 4</i>	<i>Tratamiento 5</i>	<i>Tratamiento 9</i>
1	4	3	3
2	4	3	3
3	3	4	3
4	3	3	3
5	3	4	4
6	3	4	3
7	4	4	3
8	3	3	4
9	3	4	3
10	4	3	4



Figura 10: Formulaciones para el Análisis Sensorial



Figura 11: Rebeca Salvador Reyes

Anexo 8: Análisis de Proteínas

Tabla 36

Análisis detallado de Proteínas

<i>Muestra</i>	<i>Pesos</i>	<i>Gasto</i>	<i>%Nitrógeno</i>	<i>%Proteína</i>
F1	1,0203	18,94	2,60	14,81
F2	1,0174	17,82	2,45	13,98
F3	1,0101	17,64	2,44	13,94
F4	1,0670	18,02	2,36	13,48
F5	1,0954	18,00	2,30	13,11
F6	1,0046	15,29	2,13	12,15
F7	1,0127	15,78	2,18	12,43
F8	1,0174	15,66	2,15	12,28
F9	1,0401	15,47	2,08	11,87



Figura 12: Muestras en Tubos de Ensayo



Figura 13: Equipo Kjeldah

Anexo 9: Análisis de Grasas

Tabla 37

Análisis detallado de Grasas

<i>Formulación</i>	<i>Muestra(g)</i>	<i>Peso Balón(i)</i>	<i>Peso Balón(f)</i>	<i>%Grasa</i>
F1	1,0073	19,0532	19,0589	0,57
F2	1,0015	19,0464	19,0532	0,68
F3	1,0089	19,0481	19,0589	1,07
F4	1,0387	19,0389	19,0519	1,25
F5	1,0165	19,0363	19,0542	1,76
F6	1,014	19,0485	19,0528	0,42
F7	1,0315	19,0478	19,0609	1,27
F8	1,0089	19,0507	19,0561	0,54
F9	1,0072	19,0498	19,0576	0,77



Figura 14: Peso de Muestras



Figura 15: Equipo Extractor de Grasa

Anexo 10: Análisis de Actividad de Agua

Tabla 38

Análisis detallado de Actividad de Agua

<i>Formulación</i>	<i>A_w</i>	<i>T (°C)</i>
F1	0,484	31,3
F2	0,473	31,9
F3	0,511	30,4
F4	0,473	31,3
F5	0,479	31,2
F6	0,49	30,7
F7	0,491	30,9
F8	0,475	30,1
F9	0,486	30



Figura 16: Equipo de Actividad de Agua



Figura 17: Análisis de muestra

Anexo 11: Análisis de Humedad

Tabla 39

Análisis detallado de Humedad

<i>Formulación</i>	<i>Peso(i)</i>	<i>Peso(f)</i>	<i>%Humedad</i>
F1	5,0161	4,9253	1,8101
F2	5,0082	4,91	1,9607
F3	5,043	4,8992	2,8514
F4	5,0106	4,8881	2,4448
F5	5,013	4,9249	1,7574
F6	5,0073	4,8975	2,1927
F7	5,0067	4,9127	1,8774
F8	5,001	4,8457	3,1053
F9	5,0148	4,942	1,4517



Figura 18: Secado de muestras

Anexo 12: Análisis de Fibra Dietética total

Tabla 40
Análisis de Fibra Dietética Total

<i>Formulación</i>	<i>Masa de Residuo</i>	<i>Masa de Muestra</i>	<i>% FDT</i>
F1	0,0502	1,0132	4,95
F2	0,0526	1,0139	5,19
F3	0,0430	1,011	4,25
F4	0,0373	1,0108	3,69
F5	0,0408	1,0133	4,03
F6	0,0346	1,0077	3,43
F7	0,0379	1,0384	3,65
F8	0,0319	1,0043	3,18
F9	0,0519	1,0073	5,15



Figura 19: Adición del Tampón Fosfato



Figura 20: Baño María

Anexo 13: Proceso de Extracción de Aceite



Figura 21: Tolva del Expeler



Figura 22: Extracción de Aceite